



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a
proyecto de Av. Sánchez Cerro**

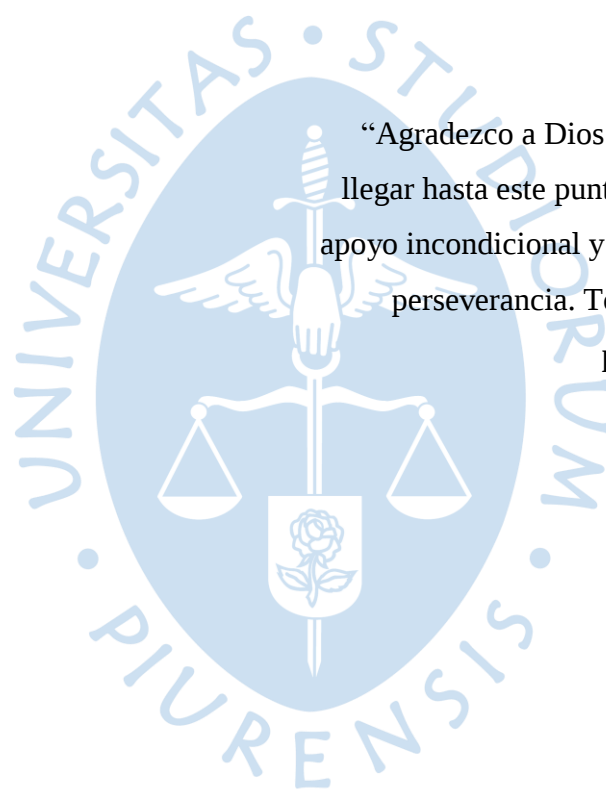
Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Franklin Daniel Fustamante Sánchez

Asesor(es):
Mgtr. Ing. Mariana del Socorro Ferrer Sancarranco

Piura, julio de 2019





“Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y a mis padres por su apoyo incondicional y ejemplo de paciencia y perseverancia. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.”



Resumen Analítico-Informativo

Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a proyecto de Av. Sánchez Cerro
Franklin Daniel Fustamante Sánchez

Asesor(es): Mgtr. Ing. Mariana del Socorro Ferrer Sancarranco

Tesis.

Título de Ingeniero Civil

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, 19 de Julio de 2019

Palabras claves: Método/cálculo/IMDA/aplicado/en/Av./Sánchez/Cerro

Introducción: Dado que la obtención del IMDA (Índice Medio Diario Anual) constituye un punto de partida para otros análisis de proyectos viales, tales como diseño de paquete estructural, diseño por capacidad de una vía o intersección y diseño operacional de una intersección controlada, se pretende dar a conocer el procedimiento detallado para su cálculo y proyecciones futuras. Así mismo, a través de la aplicación del método estructurado para el cálculo de IMDA a data correspondiente al año 2016, se realizará la evaluación de las proyecciones futuras obtenidas en el año 2010 por parte del IMP para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, con el fin de conocer la calidad de su diseño.

Metodología: Se expone la estructuración de la metodología usada en conteos vehiculares, enfocada en intersecciones; consistente en detallar los pasos a seguir para la obtención del IMDA y sus proyecciones futuras. Además, se ha realizado la aplicación de curvas de regresión planteadas por Rivera (2007), a los factores de crecimiento poblacional y tasa anual de PBI (Producto Bruto Interno) para el cálculo de proyecciones futuras de tránsito; lo que permitiría un mejor ajuste de los volúmenes futuros calculados.

Resultados: Para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, la proyección para el año 2016 con base en el conteo del año 2010 tiene una variación de 1769 vpd por debajo, con respecto al volumen real obtenido con el conteo en el año 2016. Además, para el año 2016 haciendo uso de los factores tradicionales y de los factores propuestos por Rivera (2007), se verifica que a medida que pasan los años, los valores proyectados con método clásico frente a los proyectados con factores propuestos por Rivera (2007), se vuelven divergentes.

Conclusiones: La estructuración del método clásico para el cálculo del IMDA en intersecciones y sus proyecciones a futuro facilitará la comprensión y aplicación del método a los estudiantes y/o profesionales y conllevará a reducir los errores en los cálculos. Además, se advierte la sub estimación del IMP (Instituto Metropolitano de Planificación) en el cálculo del volumen de tránsito, que puede desencadenar problemas futuros de congestión en la intersección de análisis. Finalmente, el uso de los factores propuestos por Rivera (2007) en el cálculo del tránsito futuro, implican un mejor ajuste al comportamiento de las características de nuestra economía nacional.

Analytical-Informative Summary

AADT structuring method applied to Sánchez Cerro Av. Project

Franklin Daniel Fustamante Sánchez

Advisor: Mgr. Ing. Mariana del Socorro Ferrer Sancarranco

Thesis

Civil engineer degree

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, July 19th, 2019

Keywords: Estimation/AADT/applied/to/Av./Sánchez/Cerro

Introduction: Since the obtaining of the AADT (Annual Average Daily Traffic) constitutes a starting point for other road project analyzes, such as structural package design, capacity design of a road or intersection and operational design of a controlled intersection, it is intended to present the detailed procedure for your calculation and future projections. Likewise, through the application of the structured method for the calculation of AADT to data corresponding to the year 2016, the evaluation of the future projections obtained in 2010 by the IMP for the intersection of the Sánchez Cerro Av. and Gullman Av., in order to know the quality of its design.

Methodology: The structuring of the methodology used in vehicle counts, focused on intersections, is exposed; consisting of detailing the steps to follow to obtain the AADT and its future projections. In addition, the application of regression curves proposed by Rivera (2007), population growth factors and annual GDP (Growth Domestic Product) rate for the calculation of future traffic projections has been made; which would allow a better adjustment of the future volumes calculated.

Results: For the intersection of Sánchez Cerro Av. and Gullman Av., the projection for 2016 based on the count of 2010 has a variation of 1769 vpd (veh/day) below, with respect to the real volume obtained with the count in 2016. In addition, for the year 2016 making use of the traditional factors and the factors proposed by Rivera (2007), it is verified that as the years go by, the projected values with classical method versus those projected with factors proposed by Rivera (2007), they become divergent.

Conclusions: The structuring of the classical method for the calculation of the AADT in intersections and its future projections will facilitate the understanding and application of the method to the students and / or professionals and will lead to reduce errors in the calculations. In addition, the sub estimation of the IMP (Metropolitan Planning Institute) in the calculation of traffic volume is noticed, which can trigger future problems of congestion at the intersection of analysis. Finally, the use of the factors proposed by Rivera (2007) in the calculation of future traffic implies a better adjustment to the behavior of the characteristics of our national economy.

Prefacio

El Índice Medio Diario Anual, conocido por sus siglas como IMDA, es una forma de valoración del volumen de vehículos que pasan durante un año por cierta vía en análisis y es empleada en un sinnúmero de aplicaciones viales y de estudios relacionados.

Por esto, ante la carencia de fuentes que muestren el cálculo detallado del IMDA enfocado en intersecciones, es que la tesis busca exponer la estructuración de la metodología clásica para la extrapolación del IMDA y su aplicación a proyecciones futuras; de tal manera que la presente investigación sea un texto de ayuda que permita orientar a profesionales y/o estudiantes.

Siguiendo esta metodología y con la disponibilidad de información con la que se cuenta, se revisará el expediente técnico del proyecto “Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro entre la Av. Gullman y la Av. Chulucanas – Distrito de Piura, Provincia de Piura – Piura”, elaborado por el Gobierno Regional de Piura en el año 2015; con el fin de conocer el IMDA usado en dicho proyecto, así como el análisis de proyecciones del tránsito realizadas en el año 2010 y compararlas con mediciones realizadas para el Plan de Desvíos en el año 2016, previo al inicio del proyecto en mención.

Además, se ha realizado la aplicación de curvas de regresión planteadas por Rivera (2007), quien proporciona una nueva perspectiva en cuanto al uso de factores de crecimiento poblacional y tasa anual de PBI para el cálculo de proyecciones futuras de tránsito; lo que permite un mejor ajuste de los volúmenes futuros calculados.

Agradecer al Mgtr. Ing. Jorge Timaná Rojas por haberme autorizado a utilizar información relevante del proyecto de Plan de Desvíos de la Remodelación de la Av. Sánchez Cerro y haberme brindado todas las herramientas necesarias para este estudio, así mismo, a la Mgtr. Ing. Mariana Ferrer Sancarranco por su ayuda constante y desinteresada en la realización de esta investigación.

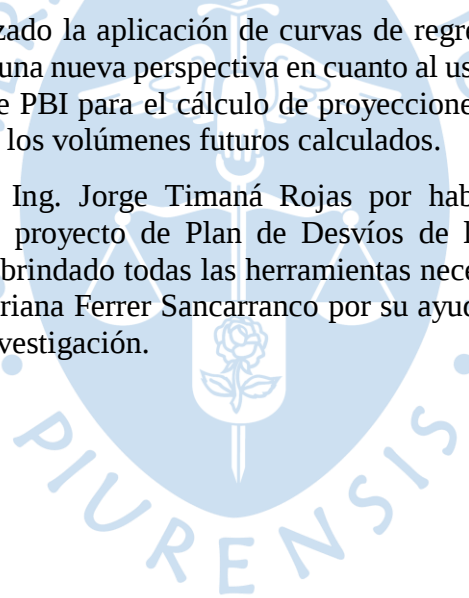


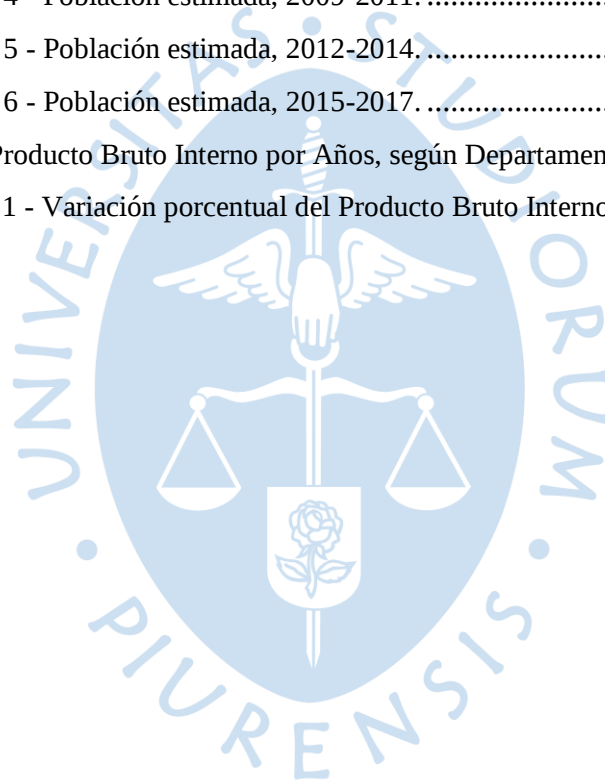


Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1 Marco teórico	3
1.1. Conceptos del tránsito y su medición	3
1.1.1. Volumen y flujo	3
1.1.2. VHP – FHP	4
1.1.3. Volúmenes de Tránsito Medios Diarios	5
1.1.4. Velocidad y densidad	6
1.1.5. Capacidad vial y nivel de servicio	6
1.1.6. Características generales del transporte	9
1.2. Tránsito futuro	9
1.2.1. Tipos de tránsito	9
1.2.1.1. Tránsito normal (Tn)	10
1.2.1.2. Tránsito generado (Tg)	10
1.2.1.3. Tránsito atraído (TAt)	10
1.2.2. Tasa de crecimiento anual	11
1.2.3. Tránsito Proyectado	11
1.3. El análisis estadístico del tránsito	15
Capítulo 2 Descripción metodológica	17
2.1. Estudio de tránsito – Trabajo de campo	17
2.1.1. Estructura metodológica clásica	17
2.1.1.1. Elección del tipo de conteo de volumen	18
2.1.1.2. Elección de tipo de encuestas	19
2.1.1.3. Uso del método manual de aforo	24
2.1.1.4. Convención de giros	26
2.1.1.5. Clasificación vehicular	29
2.1.1.6. Días y puntos de investigación	30
2.1.2. Análisis de errores	31
2.2. Estudio de tráfico – trabajo de gabinete	32
2.2.1. Estructura metodológica clásica	32
2.2.1.1. Procesamiento y cálculo de datos en Excel	35
2.2.1.2. Cálculo del Índice Medio Diario (IMD)	45
2.2.1.3. Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDS)	46
2.2.1.4. Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)	47
2.2.2. Cálculo de tránsito proyectado	51

2.2.2.1. Cálculo de la Proyección del tráfico normal.....	51
2.2.2.2. Cálculo de la Proyección del tráfico generado	54
2.2.2.3. Cálculo de la Proyección del tráfico desviado	55
2.2.3. Análisis de errores	56
2.3. Diagrama de flujo de la metodología	57
Capítulo 3 Aplicación de metodología al Proyecto Remodelación de la Av. Sánchez Cerro	61
3.1. Alcance del proyecto.....	61
3.2. Problemática en eje de estudio	68
3.2.1. Situación actual de accidentes.....	68
3.2.2. Situación actual del transporte	68
3.2.3. Situación actual de la infraestructura vial	71
3.3. Desarrollo de metodología	72
3.3.1. Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.....	74
3.3.2. Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman	85
Capítulo 4 97Evaluación de resultados de data existente y aplicación de curvas de regresión en cálculo de tránsito futuro	97
4.1. Volumen vehicular en el año 2016.....	97
4.2. Verificación de proyecciones pasadas con datos actuales	98
4.3. Enfoque estadístico	103
4.4. Cálculo de nueva proyección de tránsito	115
Conclusiones y Recomendaciones	121
Referencias Bibliográficas	125
Anexos	129
Anexo A - Factores de conversión para Unidades Vehiculares Equivalentes.	130
Anexo A 1 - Factores de conversión según tipo de vehículo.	130
Anexo A 2 - Factores de conversión según tipo de vehículo.	130
Anexo B - Factores de corrección promedio por ubicación, mes y tipo de vehículo. ..	131
Anexo B 1 - Factores de corrección promedio para vehículos ligeros.	131
Anexo C - Cálculo del tránsito diario en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	134
Anexo C 1 - Tránsito diario para el día 1 de conteo correspondiente al viernes 08 de julio del 2016.....	134
Anexo C 2 - Tránsito diario para el día 2 de conteo correspondiente al sábado 09 de julio del 2016.	135
Anexo C 3 - Tránsito diario para el día 3 de conteo correspondiente al sábado 09 de julio del 2016.	136
Anexo D - Cálculo del tránsito diario en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	137

Anexo D 1 - Tránsito diario para el día 1 de conteo correspondiente al viernes 15 de julio del 2016.	137
Anexo D 2 - Tránsito diario para el día 2 de conteo correspondiente al sábado 16 de julio del 2016.	138
Anexo D 3 - Tránsito diario para el día 3 de conteo correspondiente al lunes 18 de julio del 2016.	139
Anexo E - Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamentos.	140
Anexo E 1 - Población estimada, 2000-2002.	140
Anexo E 2 - Población estimada, 2003-2005.	141
Anexo E 3 - Población estimada, 2006-2008.	142
Anexo E 4 - Población estimada, 2009-2011.	143
Anexo E 5 - Población estimada, 2012-2014.	144
Anexo E 6 - Población estimada, 2015-2017.	145
Anexo F - Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos.....	146
Anexo F 1 - Variación porcentual del Producto Bruto Interno.....	146

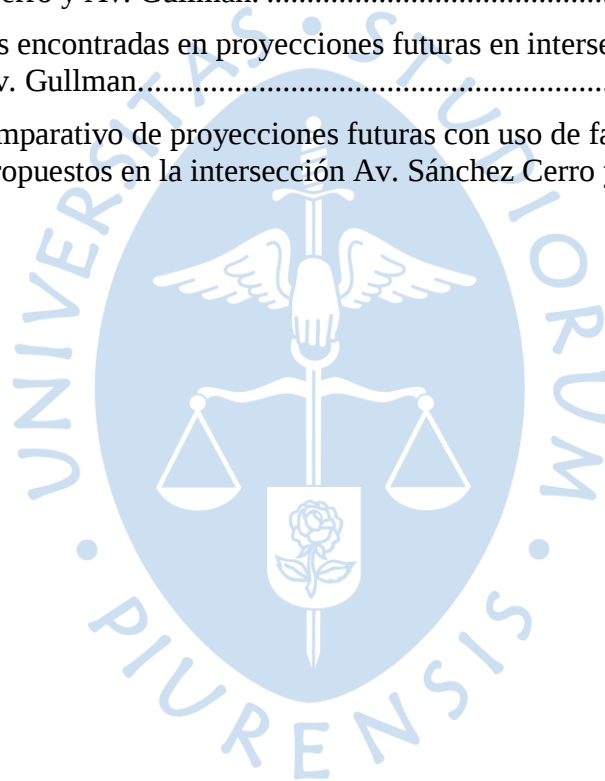




Lista de Tablas

Tabla 1. Criterios de nivel de servicios para intersecciones.....	8
Tabla 2. Tasa de crecimiento de la población por departamento.	12
Tabla 3. Tasa anual departamental del PBI.	13
Tabla 4. Horizontes de evaluación.	15
Tabla 5. Nomenclatura de capacidad por tipo de vehículo.....	21
Tabla 6. Tasa de ocupación promedio según categorías en transporte público.....	22
Tabla 7. Presupuesto referencial del Proyecto.....	63
Tabla 8. Denuncias de accidentes de tránsito fatales y no fatales, por departamento, 2013-2016.....	69
Tabla 9. Registro de motocicletas, por departamento, 2010-2015.	70
Tabla 10. Registro de mototaxis, por departamento, 2010-2015.....	71
Tabla 11. Factores por tipo de vehículo para obtener las unidades vehiculares equivalentes.....	73
Tabla 12. Factores por tipo de maniobra y tipo de giro para obtener las unidades vehiculares equivalentes.	73
Tabla 13. Flujos vehiculares para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas. ...	76
Tabla 14. Flujos vehiculares según modo de transporte para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	77
Tabla 15. Vehículos equivalentes por tipo de vehículo para cada día de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	78
Tabla 16. Cálculo del IMDA para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	80
Tabla 17. Proyección de tráfico normal para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.....	82
Tabla 18. Proyección de tráfico generado para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.....	84
Tabla 19. Flujos vehiculares para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	87
Tabla 20. Flujos vehiculares según modo de transporte para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	88
Tabla 21. Vehículos equivalentes por tipo de vehículo para cada día de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	90
Tabla 22. Cálculo del IMDA para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	91
Tabla 23. Proyección de tráfico normal para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	93
Tabla 24. Proyección de tráfico generado para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	95

Tabla 25. Resumen para intersección analizada en el año 2016.	98
Tabla 26. Diferencia absoluta y relativa en proyecciones futuras de intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	102
Tabla 27. Población total y tasa de crecimiento poblacional en el departamento de Piura.	110
Tabla 28. Población total y tasa de crecimiento poblacional proyectada en el departamento de Piura.	113
Tabla 29. Producto Bruto Interno por años para el departamento de Piura.....	114
Tabla 30. Proyección de tráfico normal con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	116
Tabla 31. Proyección de tráfico generado con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	117
Tabla 32. Diferencias encontradas en proyecciones futuras en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	118
Tabla 33. Cuadro comparativo de proyecciones futuras con uso de factores tradicionales y factores propuestos en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	119

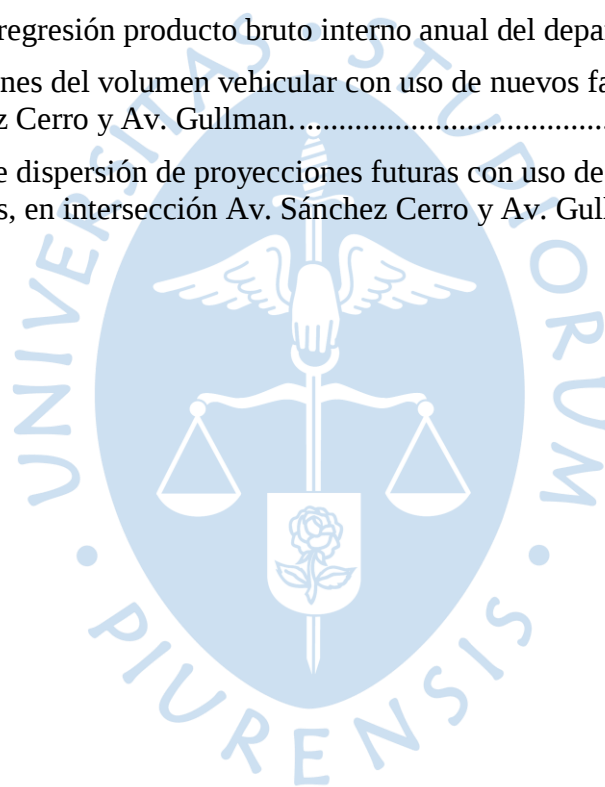


Lista de Figuras

Figura 1. Componentes del volumen de tránsito futuro.	14
Figura 2. Nivel de ocupación de los vehículos del transporte público de pasajeros.	20
Figura 3. Modelo general de hoja de conteo de capacidad vehicular.	23
Figura 4. Formato general de hoja de conteo vehicular en intersecciones.	25
Figura 5. Formato general de hoja de conteo vehicular en tramos.	26
Figura 6. Convención de maniobras establecido para el conteo por acceso.	27
Figura 7. Accesos por intersección enumerados en sentido anti horario.	27
Figura 8. Variaciones en accesos por intersección enumerados en sentido anti horario.	28
Figura 9. Representación vehicular.	30
Figura 10. Formato de registro de vehículos con intervalo de 15 minutos.	34
Figura 11. Primer y último intervalo de 15 minutos para el turno mañana.	34
Figura 12. Primer y último intervalo de 15 minutos para el turno tarde.	35
Figura 13. Cálculo del flujo existente para intervalos de 15 minutos.	37
Figura 14. Cálculo del flujo estimado en unidades vehiculares equivalentes (UVE) para intervalos de 15 minutos.	38
Figura 15. Cálculo del flujo máximo para intervalos de 60 minutos.	39
Figura 16. Cálculo del flujo horario máximo para intervalos de 60 minutos.	40
Figura 17. Cálculo del VHMD para intervalos de 15 minutos.	41
Figura 18. Cálculo del factor FHP para cada giro de intervalos de 15 minutos.	42
Figura 19. Cálculo del factor FHP para cada giro de intervalos de 15 minutos afectados por el factor Tipo de Maniobra (TM).	43
Figura 20. Ordenamiento y cálculo del volumen horario para intervalos de 60 minutos.	44
Figura 21. Ordenamiento de los FHP para intervalos de 60 minutos.	45
Figura 22. Volumen Horario de Máxima Demanda para los días de conteo.	45
Figura 23. Clasificación de tipos de vehículos.	48
Figura 24. Conteo de volumen correspondiente al VHMD a cada acceso de la intersección en estudio.	49
Figura 25. Índice Medio Diario desagregado por tipo de vehículo, acceso y giro.	49
Figura 26. Formato para el cálculo del IMDA en intersecciones.	50
Figura 27. Formato para el cálculo del IMDA en carreteras.	51
Figura 28. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico normal en intersecciones y carreteras.	53
Figura 29. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico generado en intersecciones y carreteras.	54

Figura 30. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico desviado en intersecciones y carreteras.	56
Figura 31.- Diagrama de flujo para cálculo del IMDA y proyección futura en proyectos en general.	58
Figura 32. Área de intervención del proyecto: “Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro Tramo Av. Gullman – Av. Chulucanas – Distrito de Piura, Provincia de Piura”. 62	
Figura 33. Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.....	63
Figura 34. Construcción de muro New Jersey como separador de vías principales.	64
Figura 35. Construcción de nueva calzada de asfalto, cunetas y sembrado de áreas verdes.....	64
Figura 36. Construcción de calzada auxiliar con bloques de concreto y de redes eléctricas a lo largo de Av. Sánchez Cerro.....	65
Figura 37. Transición de ingreso de vía auxiliar hacia vía principal.....	65
Figura 38. Ubicación de paraderos en puntos estratégicos, señalización vertical y pintura sobre calzada.	66
Figura 39. Construcción de badenes y alcantarillas para drenaje de aguas pluviales.	66
Figura 40. Construcción de paso desnivel en Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	67
Figura 41. Tránsito vehicular y peatonal en Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	67
Figura 42. Flujograma de intersección en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas en hora punta.	74
Figura 43. Flujo horario vehicular de Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas – Distrito y Provincia de Piura – Piura.....	75
Figura 44. Composición vehicular para hora punta del día lunes de 07:15 a.m. a 08:15 a.m. en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	77
Figura 45. Composición según modo de transporte para hora punta del día lunes de 07:15 a.m. a 08:15 a.m.	77
Figura 46. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.	85
Figura 47. Flujograma de intersección en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman en hora punta.	86
Figura 48. Flujo horario vehicular de Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman– Distrito y Provincia de Piura – Piura.....	87
Figura 49. Composición vehicular para hora punta del día sábado de 12:45 p.m. a 13:45 p.m. en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	88
Figura 50. Composición según modo de transporte para hora punta de día sábado de 12:45 p.m. a 13:45 p.m.	89
Figura 51. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	96

Figura 52. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	99
Figura 53. Comparación de proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	100
Figura 54. Análisis tradicional del tránsito.....	104
Figura 55. Análisis del tránsito según la estadística.....	105
Figura 56. Análisis del tránsito propuesto.	106
Figura 57. Modelo tradicional de cálculo del tráfico proyectado.....	107
Figura 58. Curva de regresión de la población total del departamento de Piura.	111
Figura 59. Curva de regresión para tasa de crecimiento poblacional anual del departamento de Piura.....	111
Figura 60. Curva de regresión producto bruto interno anual del departamento de Piura..	114
Figura 61. Proyecciones del volumen vehicular con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.....	118
Figura 62. Gráfico de dispersión de proyecciones futuras con uso de factores tradicionales y propuestos, en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.	119





Introducción

La presente tesis busca convertirse en un texto guía para aquellos profesionales y/o estudiantes relacionados con la Ingeniería Vial, en cuanto al cálculo del Índice Medio Diario Anual realizados con conteos vehiculares. La obtención del IMDA constituye un punto de partida para otros análisis de proyectos viales, tales como diseño de paquete estructural, diseño por capacidad de una vía o intersección y diseño operacional de una intersección controlada. Además, la tesis muestra la estructuración del método clásico para el cálculo del IMDA en donde se plasman los pasos necesarios para su obtención y su proyección de tránsito futuro, con el fin de dar a conocer el procedimiento detallado y disminuir posibles errores ocasionados por el desconocimiento del método manual de aforo tales como mal diseño y uso de hojas de conteo vehicular, en cuanto a la etapa de campo; y errores en el uso de tablas y aplicación de fórmulas, en la etapa de gabinete.

En el capítulo 1 se recogen los conceptos más importantes sobre el cálculo del IMDA y su respectiva proyección en el futuro. En el capítulo 2 se expone la estructuración de la metodología usada en conteos vehiculares, la cual está básicamente enfocada en intersecciones; y muestra detalladamente los pasos a seguir para la obtención del IMDA. En el capítulo 3, contando con información del conteo vehicular del Plan de Desvíos para el Mejoramiento de Av. Sánchez Cerro del año 2016, y aplicando la metodología descrita, se obtiene el IMDA de dicho año. En el capítulo 4 se compara la proyección futura al año 2016 obtenida del conteo realizado en el año 2010, con información obtenida en el año 2016 del Plan de Desvíos antes mencionado con el fin de conocer cuán parecidos son los IMDA obtenidos y las causas que conllevaron a posibles diferencias. Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones que se deberán tener en cuenta para futuros estudios.



Capítulo 1

Marco teórico

Conocer los conceptos de tránsito es de suma importancia en el desarrollo de un estudio de tráfico, por lo que el presente capítulo mostrará las definiciones más importantes y su respectiva forma de medición, las cuales contribuirán a la buena práctica de los trabajos de campo y gabinete, y por ende al entendimiento de cada variable implicada en la obtención del Índice Medio Diario Anual y su proyección al futuro.

1.1. Conceptos del tránsito y su medición

La definición de variables usadas en Ingeniería de tránsito y su medición son de gran importancia para los estudios de capacidad y nivel de servicio, así como para el desarrollo de la metodología que se expone en este estudio. Por lo tanto, no se busca innovar nuevas definiciones y conceptos que ya existen en este campo de la Ingeniería, sino dar a conocer los conceptos que faciliten el entendimiento de la estructuración de la metodología de cálculo del IMDA que esta investigación abordará.

1.1.1. Volumen y flujo

- Volumen: Es el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado. (Reyes y Cárdenas, 1994).

Este indicador es de suma importancia en el diseño de nuevas vías o en la realización de obras en vías existentes que lleven a mejorar la capacidad y nivel de servicio, por lo tanto, es necesaria la realización de una correcta predicción de los volúmenes de demanda, su composición y evolución a lo largo de la vida útil.

- Flujo: “Expresión horaria de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora”. (Montoya, 2005, p. 20).

Según Reyes y Cárdenas (1994) esta variable se calcula de acuerdo a la **Ecuación 1:**

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Donde:

Q = Número de vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Periodo determinado (unidades de tiempo $T < 1$ hora)

1.1.2. VHP – FHP

- El Volumen Horario de Proyecto (VHP) “es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad”. (Reyes y Cárdenas, 1994, p. 155). Este valor considera el volumen horario que pueda darse en la mayor cantidad de veces en un año, mas no el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año.

“Es el que determina las características a otorgarse al proyecto, en caminos con tránsito importante, para prevenir problemas de congestión y ofrecer al usuario un nivel de servicio aceptable” (Díaz, 2009, p. 13).

- Según Reyes y Cárdenas (1994) el Factor Hora Pico (FHP) es la relación entre el volumen horario de máxima demanda y el flujo máximo que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Este es un factor que busca uniformizar los volúmenes, dado que los flujos no son constantes durante toda una hora; lo cual significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mayores a las de la hora misma.

Éste es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos que indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Si se toma como valor máximo la unidad significa que existe una distribución uniforme de flujos durante toda la hora.

Por lo contrario, si son valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. La expresión matemática se expresa en la **Ecuación 2:**

$$FHP = \frac{VHMD}{N (q_{max})} \quad (2)$$

Donde:

FHP = Factor Hora Pico

$VHMD$ = Volumen Horario de Máxima Demanda

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

q_{max} = Flujo máximo

Lo usado con frecuencia son los periodos de 15 minutos dentro de la hora de máxima demanda, por lo que se tendría que la **Ecuación 2** tomaría valores de $N=4$ y el flujo máximo sería el flujo máximo en 15 minutos (q_{max15}).

1.1.3. Volúmenes de Tránsito Medios Diarios

Para Reyes y Cárdenas (1994), se tiene la siguiente clasificación:

- El Índice Medio Diario (IMD) es el número total de vehículos que pasan durante un día.
- El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de una semana, dividido entre 7 días.
- El Índice Medio Diario Mensual (IMDM) es el total de vehículos que transitan en un tramo o intersección por el lapso de un mes, dividido entre 30 días.
- “El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011, sección índice medio diario anual, 1). Este valor es la suma de los volúmenes diarios del año, ya sea previsible o existente, en una sección de vía y dividido entre 365 días. Este indicador proporciona información cuantitativa de la importancia de la vía y se utiliza para estudios de factibilidad económica, así como para el diseño estructural de los pavimentos.

1.1.4. Velocidad y densidad

- “El término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento y es expresada generalmente en kilómetros por hora (km/h)”. (Reyes y Cárdenas, 1994, p. 205).

Dado que la velocidad de un vehículo varía de uno a otro e incluso un mismo vehículo tiene diferentes velocidades en distintos tramos, es que por lo general se estudian velocidades medias. Esto sería la media aritmética de las velocidades de punto, de todos los vehículos que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado, a lo que llamamos velocidad media temporal o la media aritmética de las velocidades de puntos de los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle, a lo que conocemos como velocidad media espacial. Otro tipo de velocidad importante es la velocidad de proyecto o llamada también velocidad de diseño, la cual es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía. (Reyes y Cárdenas, 1994).

La importancia de conocer la velocidad de circulación es por su relación con el nivel de servicio de una carretera.

- Para Reyes y Cárdenas (1994) la densidad o concentración es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vialidad (conjunto de infraestructuras que forman la red de vías urbanas e interurbanas por la que se desarrolla el tráfico) en un momento dado. Este, es generalmente expresado en vehículos por kilómetro (veh/km) y puede referirse a un carril o a todos los carriles de una calzada.

1.1.5. Capacidad vial y nivel de servicio

- La capacidad es la tasa o flujo máximo que puede soportar una vía o calle. Esta es una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a una demanda de tránsito y es útil para determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de la arteria. (Reyes y Cárdenas, 1994).

Según Reyes y Cárdenas (1994), la capacidad se define para condiciones prevalecientes que se agrupan en tres tipos generales:

- Condiciones de la infraestructura vial: Son las características físicas de la carretera o calle, el desarrollo de su entorno, las características geométricas y el tipo de terreno donde se aloja la obra.
 - Condiciones del tránsito: Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos.
 - Condiciones de control: Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas.
- El nivel de servicio de una vía, para Reyes y Cárdenas (1994) es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. De igual forma, según Reyes y Cárdenas existen factores que llegan a afectar el nivel de servicio. Dentro de los factores internos son las variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, etc. En los factores externos están las características físicas de la vía, como anchura de los carriles, distancia libre lateral, pendientes, etc.

Para carreteras se tienen seis niveles de servicio establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, citado en Reyes y Cárdenas (1994), los cuales se describen en términos del confort del conductor y cuyas medidas de eficiencia son la densidad, velocidad media de recorrido y tasas de flujo.

Los niveles de servicio de acuerdo a la investigación de Díaz (2009) son los siguientes:

- Nivel de servicio A: Condición de flujo libre con volúmenes bajos de tránsito y velocidades elevadas. Los conductores tienen poca restricción para maniobrar y pueden mantener la velocidad deseada con una demora mínima.

- Nivel de servicio B: Las velocidades de operación están mínimamente restringidas por las condiciones del tránsito. Los conductores poseen una considerable libertad para maniobrar y mantener la velocidad deseada con poca demora.
- Nivel de servicio C: Volúmenes de tránsito más altos controlan las velocidades y la posibilidad de maniobrar. Los conductores tienen restricciones para cambiar de carril, rebasar y mantener la velocidad deseada. Se producen demoras de magnitudes bajas.
- Nivel de servicio D: La condición de flujo se acerca a la inestabilidad, con velocidades tolerables mantenidas pero afectadas por los cambios operacionales del tránsito. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar. Demoras de magnitudes aceptables.
- Nivel de servicio E: Condición de flujo inestable, con volúmenes altos de tránsito y velocidades bajas. Los conductores poseen muy poca libertad para maniobrar y el flujo puede llegar a tener interrupciones momentáneas. Existen demoras considerables.
- Nivel de servicio F: Condición de flujo congestionado, la velocidad operacional es muy baja causando demoras de gran magnitud.

Para intersecciones, de acuerdo a Reyes y Cárdenas (1994) se tiene que la medida de eficiencia es la demora media individual por paradas (s/veh). Se cuenta de igual manera con seis niveles de servicio los cuales se describen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Criterios de nivel de servicios para intersecciones.

<i>Nivel de Servicio</i>	<i>Tiempo de Demora por vehículo (s)</i>
A	≤ 10.0
B	$> 10.0 \text{ y } \leq 20.0$
C	$> 20.0 \text{ y } \leq 35.0$
D	$> 35.0 \text{ y } \leq 55.0$
E	$> 55.0 \text{ y } \leq 80.0$
F	> 80.00

Fuente: Flores (2011). Elaboración propia.

1.1.6. Características generales del transporte

De acuerdo a Rivera (2007) para realizar el análisis de las características puntuales del tránsito, se debe comprender que éste es una expresión del transporte automotor carretero y que por lo tanto arrastra características del concepto general de transporte, tales como las que se enumeran a continuación:

- a) En cuanto a transporte, se puede afirmar que éste es un bien cualitativo y diferenciado dado que existen viajes con distintos propósitos, a diferentes horas del día, por diversos medios, para variados tipos de carga; lo cual lo hace difícil de analizar y cuantificar.
- b) La demanda de transporte es una demanda derivada, es decir un viajero sólo realizará un viaje en la medida que dicho destino le conlleve a realizar ciertas actividades útiles.
- c) La demanda de transporte está localizada en el espacio.
- d) La demanda de transporte es eminentemente dinámica, de manera que corresponde a ciertos patrones en el tiempo por lo cual presenta comportamientos estacionales.

1.2. Tránsito futuro

La predicción con exactitud de los factores que intervienen en el tráfico ya sean económicos, sociales, tecnológicos y de costumbres que afectan el movimiento o flujo de tráfico, de día a día y de hora a hora, son difíciles de obtener. Incluso en estos casos son necesarios hacer las mejores aproximaciones o estimaciones posibles con el fin de establecer la proyección del tránsito futuro que haga que el proyecto sea racional con respecto al promedio probable o a las necesidades típicas. El tránsito futuro en autopistas urbanas está en función del análisis de estos componentes. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010).

1.2.1. Tipos de tránsito

La proyección del tráfico comprende diferentes tipos de tráfico según su naturaleza.

1.2.1.1. Tránsito normal (Tn)

“Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto”.

Es calculado aplicando las tasas de crecimiento, obtenidas a través del análisis por métodos estadísticos del tránsito del pasado”. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 48).

1.2.1.2. Tránsito generado (Tg)

Después de puesta en servicio una nueva vía urbana con todas las condiciones del caso, aparecen en los primeros años, el tránsito que no se hubiera producido en caso de no existir la nueva vía. En este tráfico están incluidos aquellos viajes vehiculares distintos a los del transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva vía. Por lo tanto “el tránsito generado o inducido es el tránsito consecuente de las facilidades creadas por la construcción o mejoramiento de una carretera, sin los cuales no sería originado”. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 49).

Según Hewes y Oglesby (1965) en su texto Ingeniería de Carreteras, el tránsito generado representa entre el 5% y 30% del tránsito existente y este fenómeno ocurre en la mayoría de las vías que se mejoran o construyen. (https://www.academia.edu/28685141/ESTUDIO_DE_TRAFICO).

1.2.1.3. Tránsito atraído (TAt)

“El Transito Atraído (TAt) o Tránsito Desviado es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (tránsito atraído), a la carretera proyectada (nueva o mejorada) en virtud de un menor costo de transporte”. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008, p. 49).

1.2.2. Tasa de crecimiento anual

De acuerdo al manual realizado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008) se afirma lo siguiente:

El método más conocido en nuestro medio es la estimación del tránsito en base a la tasa de crecimiento anual de los indicadores económicos nacionales y/o de cómo el tránsito se ha comportado históricamente en una región del país. Los indicadores comúnmente usados son:

- Producto Bruto Interno (PBI)
- Consumo de combustible
- Exportaciones
- Producción de determinados productos
- Estadísticas del comportamiento en un puerto, terminal de pasajeros de un aeropuerto, aduana fronteriza, caseta de peajes para cobrar, etc.
- Crecimiento histórico de tránsito a nivel de vía
- Crecimiento histórico de tránsito a nivel de región
- Crecimiento histórico del tránsito a nivel de red

Los factores de crecimiento más utilizados son la tasa de crecimiento (**Tabla 2**) y la tasa de PBI. (**Tabla 3**).

1.2.3. Tránsito Proyectado

Para Reyes y Cárdenas (1994) el pronóstico del volumen de tránsito futuro en el mejoramiento de una carretera existente o en la construcción de una nueva carretera, deberá basarse en los volúmenes normales actuales y en los incrementos del tránsito que utilice la nueva carretera para cierto año meta.

Por ende, el tránsito futuro (TF) o tránsito proyectado (TP) para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual (TA) y del incremento del tránsito (IT), esperado al final del periodo o año meta seleccionado, tal como se observa en la **Ecuación 3**.

$$TF = TA + IT \quad (3)$$

Tabla 2. Tasa de crecimiento de la población por departamento.

DEPARTAMENTO	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
PERU	1.70	1.60	1.50	1.30
COSTA				
Callao	2.60	2.30	2.10	1.80
Ica	1.70	1.50	1.30	1.20
La Libertad	1.80	1.70	1.50	1.30
Lima	1.90	1.70	1.50	1.30
Moquegua	1.70	1.60	1.40	1.30
Piura	1.30	1.20	1.10	0.90
Tacna	3.00	2.70	2.40	2.10
Tumbes	2.80	2.60	2.30	2.00
SIERRA				
Ancash	1.00	0.90	0.80	0.70
Apurímac	0.90	1.00	1.00	1.00
Arequipa	1.80	1.70	1.50	1.30
Ayacucho	0.10	0.30	0.40	0.40
Cajamarca	1.20	1.20	1.10	0.90
Cusco	1.20	1.20	1.10	1.00
Huancavelica	0.90	1.00	0.90	0.90
Huanuco	2.00	1.80	1.70	1.60
Junín	1.20	1.20	1.00	0.90
Pasco	0.40	0.60	0.50	0.40
Puno	1.20	1.20	1.10	1.00
SELVA				
Amazonas	1.90	1.80	1.70	1.50
Loreto	2.50	2.20	2.00	1.90
Madre de Dios	3.30	2.90	2.60	2.30
San Martín	3.70	3.30	2.90	2.60
Ucayali	3.70	3.30	2.90	2.50

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI.

El tránsito actual (TA) es el volumen de tránsito que usará la carretera mejorada o la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio. Si fuera el caso de una carretera existente, esta expresión se compone del tránsito existente (TE), antes de la mejora, más el tránsito atraído (TAt), a ella de otras carreteras una vez finalizada su reconstrucción total. Dicha operación se muestra en la **Ecuación 4**.

$$TA = TE + TAt \quad (4)$$

Tabla 3. Tasa anual departamental del PBI.

PBI: Tasa Anual Departamental del PBI	
Departamentos	2009/2008
PERU	0.90
Cusco	4.40
Ica	3.80
La Libertad	1.70
Ucayali	2.30
Moquegua	-1.30
Arequipa	0.20
Apurímac	5.30
Piura	2.00
San Martín	3.60
Ayacucho	11.00
Amazonas	3.50
Madre de Dios	-2.70
Cajamarca	7.10
Ancash	0.10
Tumbes	2.20
Lima	0.40
Puno	3.40
Lambayeque	3.00
Junín	-2.30
Loreto	2.20
Huánuco	0.60
Pasco	-4.80
Tacna	-1.30
Huancavelica	3.60

Fuente: Informe Técnico N°01-Agosto 2010 – INEI.

En cuanto al incremento del tránsito (IT), éste se define como el volumen de tránsito que se espera use la nueva carretera en el año futuro seleccionado como el del proyecto. Este se muestra en la **Ecuación 5**:

$$IT = CNT + TG + TD \quad (5)$$

donde, la variable crecimiento normal del tránsito (CNT), es el incremento del volumen de tránsito a causa del aumento normal en el uso de los vehículos, por el deseo de las personas de movilizarse, la flexibilidad prestada por el vehículo y la producción industrial de más vehículos, entre otros.

El tránsito generado (TG) está compuesto por tres categorías: el tránsito inducido, tránsito convertido y tránsito trasladado. Por último, el tránsito desarrollado (TD) es el incremento del volumen debido a las mejoras realizadas en la carretera y que sigue actuando por muchos años después de la puesta en servicio de la carretera.

Entonces, reemplazando las variables en la **Ecuación 3**, obtenemos la **Ecuación 6** para el tránsito futuro:

$$TF = (TE + TAt) + (CNT + TG + TD) \quad (6)$$

Una representación gráfica de la **Ecuación 6** se puede apreciar en la **Figura 1**.

Así mismo, el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) recomienda adoptar como horizonte de evaluación del proyecto los valores indicados en la **Tabla 4**.

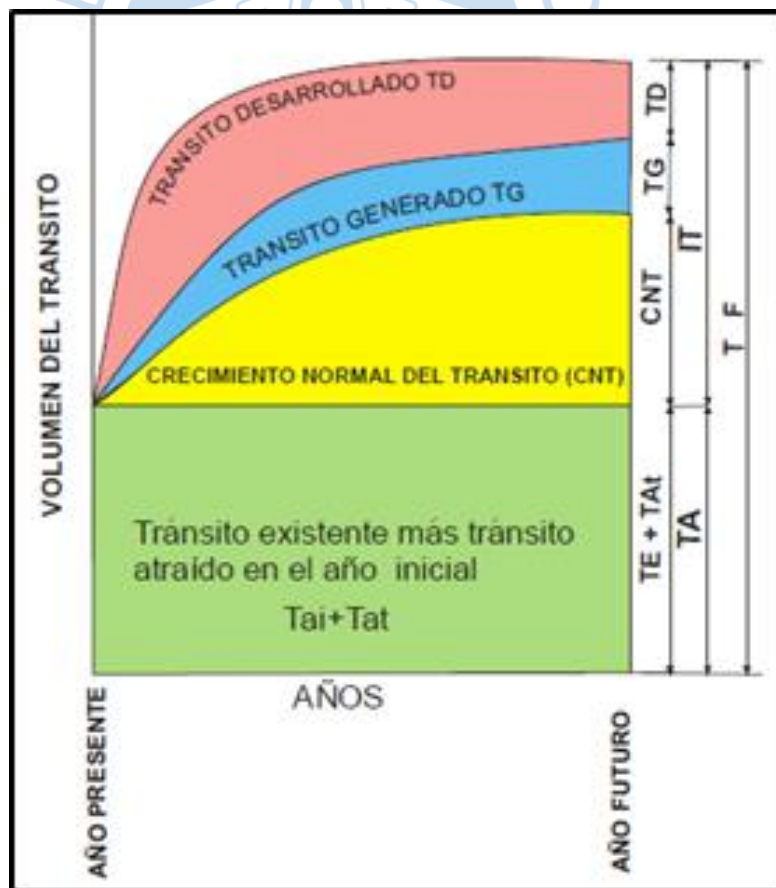


Figura 1. Componentes del volumen de tránsito futuro.

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008).

Tabla 4. Horizontes de evaluación.

Alternativas Consideradas	Horizonte de Evaluación
Calles	10 años
Avenidas	20 años
Puentes/viaductos	20 años
Intersecciones a nivel	10 años
Intersecciones a desnivel	20 años
Veredas/vías y puentes peatonales/bermas	10 años

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (2015).

1.3. El análisis estadístico del tránsito

En estudios de tránsito, es bastante común utilizar lo que se conoce como serie de tiempo, y se dice que se cuenta con una serie de tiempo cuando se recopila información sobre algunas variables agregadas tales como población, ingreso, flujos vehiculares entre otros; en distintos instantes de tiempo. (Rivera, 2007).

De acuerdo a Rivera (2007) los métodos de series de tiempo son técnicas estadísticas que hacen uso de datos históricos acumulados en un periodo de tiempo, asumiendo que lo ocurrido en el pasado seguirá ocurriendo en el futuro. Tal como su nombre lo dice, estos métodos relacionan el pronóstico a un solo momento, salvo cuando se usan las correcciones que se realizan con los factores estacionales, los cuales han sido calculados de conteos de volumen a lo largo de los años y discrepan de cierta manera con el fundamento de pronosticar el tráfico a un solo momento específico.

Lo que claramente se busca es utilizar como dato principal al volumen de tránsito contado para obtener el IMDA. Algunas de las ventajas de utilizar el volumen de tránsito:

- Los conteos de tránsito son relativamente baratos de obtener.
- Existen técnicas y equipos modernos muy eficientes para contar y procesar en forma automática la información.
- El conteo de vehículos es más sencillo que realizar encuestas.
- Algunas operaciones de conteo se realizan como parte de la operación normal de organismo de planificación y operación, como plazas de peaje.
- La mayoría de actividades de conteo no requiere interrupciones y/o demoras en el tráfico.



Capítulo 2

Descripción metodológica

Los estudios de conteo vehicular poseen dos etapas. Como primera etapa se tiene al estudio de tránsito, el cual abarca el trabajo de campo, es decir la recolección de información. La segunda etapa es la correspondiente al estudio de tráfico, la cual hace referencia al trabajo realizado en gabinete y que tiene como finalidad el almacenamiento y obtención de resultados. El correcto entendimiento de cada una de las etapas, evitará errores tales como, mal diseño e incorrecto uso de hojas de conteo vehicular, mal uso de tablas y aplicación errónea de fórmulas; lo que conllevaría a obtener un IMDA errado.

Dicho esto, el presente capítulo describe las actividades y procedimientos necesarios para la realización de los trabajos de campo y de gabinete que se requieren en un estudio vial. Así mismo se presenta la estructuración del método clásico de cálculo del IMDA y su respectiva proyección al futuro para que cualquier estudiante y/o profesional pueda hacer uso de dicho procedimiento.

2.1. Estudio de tránsito – Trabajo de campo

Los estudios de tránsito sirven para los análisis de ingeniería de las vías y para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Según Coronado (1991) la información de la demanda de transporte de pasajeros y de carga, y su relación con la oferta, permite conocer las características y necesidades de la población de una cierta región, los niveles de servicio de la vialidad y características de seguridad. Además, sirve como base para el ordenamiento del sistema vial, el proyecto de nuevas vías, el mejoramiento de las existentes o la regulación del tránsito.

Esta primera parte del estudio consiste en el levantamiento o investigaciones de campo de volúmenes de tránsito.

2.1.1. Estructura metodológica clásica

Este acápite muestra las consideraciones y actividades con el fin de ser usadas por el profesional en la etapa de recolección de data en un estudio de tránsito.

De acuerdo a Reyes y Cárdenas (1994), los estudios de volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos son expresados en relación con el tiempo y hacen posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad de servicio que el sistema presta a los usuarios.

2.1.1.1. Elección del tipo de conteo de volumen

El primer paso para realizar cualquier estudio de tránsito es conocer el tipo de conteo que es necesario realizar. Esto se elige, de acuerdo a la necesidad del proyecto.

Es por esto, que se exponen los diferentes tipos de conteos de tráfico, los cuales son preseleccionados antes del conteo, dependiendo de los datos que se pretende recoger. Para este estudio, se discutirán algunos de ellos.

a) Conteos en intersecciones

Los conteos en intersecciones son utilizados para determinar el volumen vehicular de una intersección en estudio. De éstos se obtienen la clasificación de vehículos, así como movimientos y giros en las intersecciones. La data recogida se utiliza para la determinación de duraciones de ciclos para señalización, diseño de canalización de flujo en intersecciones y diseño general de las mejoras en las mismas. (Gómez, 2004)

b) Conteos en volúmenes peatonales

Este tipo de conteo se realiza en senderos y zonas peatonales, terminales, escaleras, rampas y en toda aquella ruta exclusiva de peatones. Con esta información se busca relacionar la capacidad con la estimación de los niveles de servicio para instalaciones peatonales, así como el diseño de la capacidad de veredas que se resume en el ancho útil de las mismas.

Para este tipo de conteo se deben conocer ciertas zonas en donde es factible realizar un conteo de volumen peatonal, tales como zonas de espera,

zonas peatonales fuera de vía, zonas de cruce, zonas peatonales a lo largo de vías urbanas. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010).

c) Conteos periódicos de volúmenes

De acuerdo a Gómez (2004) cualquier estudio que requiera conocer datos de volumen de tráfico, implica recoger datos continuamente. Debido a la poca factibilidad por el elevado costo que implicaría es que a partir de conteos de 15 minutos hacia delante de diversas cuentas periódicas se puede determinar valores para estimar características anuales del tráfico.

Gómez (2004) también menciona que las cuentas periódicas conducidas generalmente son:

- De conteos continuos. - Se usan contadores mecánicos o eléctricos en estaciones permanentes de conteo.
- De control. - Son tomadas en estaciones de conteo de control, localizadas en lugares estratégicos. Los datos obtenidos se utilizan para determinar variaciones estacionales y mensuales para determinar factores de corrección.
- De cobertura. - Son conteos utilizados para estimar el tránsito promedio diario, usando factores de expansión desarrollados por conteos de control. Son realizados por un lapso de 24 horas cada 4 años en cada estación de cobertura, y éstos indican cambios en las características del tráfico del área de estudio.
- Para estudios de factibilidad vial. - Son aquellos conteos que se realizan por 24 horas para siete días y en algunos casos son conteos realizados en dos días laborables y un día no laborable. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

2.1.1.2. Elección de tipo de encuestas

La elección de una o varias encuestas mostradas en el presente sub acápite, dependerá de la naturaleza del estudio que se llevará a cabo, es por

esto, que la finalidad es mostrar al lector la variedad de encuestas posibles a realizar en un estudio de tránsito.

A) Encuesta de capacidad vehicular

El objetivo de la ocupación vehicular es determinar el número promedio de pasajeros que se transportan en todas y cada una de las unidades observadas durante el periodo de trabajo programado. (Agencia Nacional de Infraestructura, 2015).

De la misma manera, de acuerdo a la Agencia Nacional de Infraestructura, las encuestas de capacidad vehicular son conocidas como aforos vehiculares de ocupación visual, las cuales son realizadas en unidades de transporte público y privado con el fin de conocer la cantidad de usuarios que utilizan una determinada vía. Para dicho fin se elaboran formatos de inspección que permiten la identificación de información valiosa y necesaria para procesos posteriores como hora de paso, empresa de vínculo del vehículo, tipo de vehículo y nivel de ocupación. Para claridad del observador en campo, se definen códigos numéricos y/o letras para la determinación del nivel de ocupación de cada unidad.

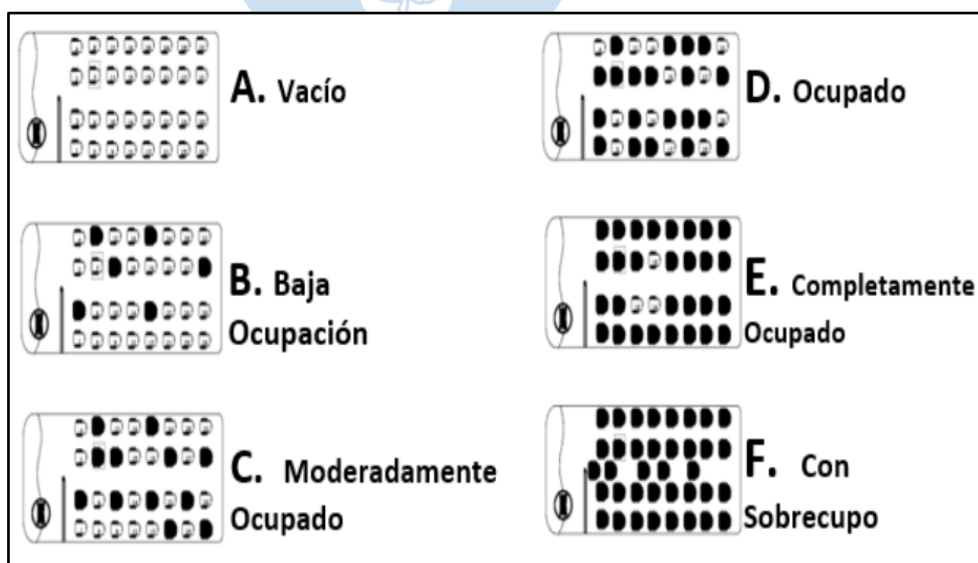


Figura 2. Nivel de ocupación de los vehículos del transporte público de pasajeros.

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura (2015).

Para la determinación de las cantidades de pasajeros transportados en los diferentes medios de transporte, es válido utilizar la nomenclatura que se muestra en la **Tabla 5**, cuya información se obtuvo del Estudio de Tráfico de la Av. Sánchez Cerro del año 2010, realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación.

Tabla 5. Nomenclatura de capacidad por tipo de vehículo.

	MOTOTAXIS	AUTOS	CAMIONETA RURAL	MICROBUS
LLENO COMPLETO	4	4	20	35
LLENO SENTADOS + 50% DE PIE	3	4	18	30
SENTADOS EL 100%	3	4	16	25
SENTADOS EL 50%	1	2	8	13
CASI VACIO	1	1	1	1

Fuente: Instituto Metropolitano de la Planificación. (2010)

De la misma manera, de acuerdo al Ministerio de Economía y Finanzas (2015) en el acápite de tasas de ocupación se menciona que este tipo de mediciones se realiza para dos horas representativas de cada uno de los periodos considerados en el proceso de modelación del proyecto.

Para vehículos livianos y pesados, el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) aclara que la medición es de forma directa ya que basta con determinar el número de ocupantes del vehículo y efectuar el registro correspondiente. Esta medición puede ser efectuada en conjunto con otras que obliguen a los vehículos a detenerse, como las encuestas origen – destino, que se tratará en el siguiente sub acápite.

El Ministerio de Economía y Finanzas (2015) también afirma que en cuanto a microbuses y ómnibus, el cálculo de la capacidad vehicular, presenta dificultades especiales, por lo complejo de contabilizar personas que ocupan cada vehículo muestreado. Para su determinación se requiere la detención de los vehículos para hacer la consulta directa al conductor o por recuento de los pasajeros.

Cuando, la detención de los vehículos no es posible, se debe realizar una clasificación de los vehículos, de acuerdo al grado de ocupación

observado, por lo que el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) recomienda usar las siguientes categorías con los respectivos valores mostrados en la **Tabla 6**, los cuales se calcularon de acuerdo a la capacidad promedio de asientos de los vehículos y suponiendo que caben cinco pasajeros de pie por metro cuadrado.

Tabla 6. Tasa de ocupación promedio según categorías en transporte público.

Categoría	Pasajeros por vehículo		
	Camioneta Rural	Microbuses	Bus
A	18	35	90
B	14	24	70
C	8	16	40
D	4	8	15

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura (2015).
Elaboración propia.

Las categorías correspondientes son A: Repleto (completamente ocupado, sin espacio para otros pasajeros), B: Lleno (más de la mitad del pasillo con pasajeros de pie y pueden subir otros), C: Semilleno (casi todos los asientos ocupados), D: Casi vacío (menos de la mitad de los asientos ocupados).

Para cualquiera de los casos, el diseño del formato que se toma para el cálculo de la capacidad vehicular se muestra en la **Figura 3**. Claro está que el diseño variará dependiendo de las especificaciones del proyecto en estudio y si la medición es directa a través del recuento de pasajeros mediante la detención de vehículos o a través de las categorías antes mencionadas a través del grado de ocupación observado por el contador.

B) Encuesta de origen – destino

Las encuestas origen-destino están dirigidas a los conductores de los vehículos de transporte público y particular, con el fin de caracterizar la demanda existente en la red carretera de influencia.

Para el diseño del formato de encuesta se considera toda la información necesaria para la localización espacial del origen y el destino de los viajes, así

como el uso de la estructura adecuada para definir la clasificación del usuario del transporte. (Agencia Nacional de Infraestructura, 2015).

Datos del consultor							
Nombre del Estudio							
FECHA:		HORA INICIO:		HORA FIN:			
NOMBRE ENCUESTADOR:		DNI:					
UBICACIÓN			ACCESO:				
Intersección	AV. GULLMAN		PROLONGACIÓN AV. GRAU				
Conductor	Nombre						
	Edad		N° de Licencia				
	Años de experiencia		Categoría				
Unidad Vehicular	Tipo de vehículo		N° de Placa				
	Ruta		Empresa				
Ocupación visual vehicular	Cantidad (N° de pasajeros)						
	Categoría (marcar con "X")						
		A	B	C	D		
		Repleto	Lleno	Semilleno	Vacío		
Hora de máxima demanda (Según conductor)	Mañana	Tarde		Noche			
ING°JEFE DE PROYECTO			SUPERVISOR DE CAMPO				

Figura 3. Modelo general de hoja de conteo de capacidad vehicular.

Fuente: Elaboración propia.

Las encuestas origen – destino deberán ser efectuadas tal que se pueda conocer de manera diferenciada los patrones de movilidad de los días de entre semana y fin de semana, para el desarrollo de múltiples procesos de análisis durante el estudio.

De acuerdo a la Agencia Nacional de Infraestructura (2015), el tamaño de la muestra de una encuesta origen – destino depende de las particularidades del estudio; es decir, de sus objetivos, naturaleza, alcance y resultados previstos. El objetivo de dicha planeación es obtener el diseño de una muestra lo suficientemente representativa de cada grupo o población estudiado, que permita dentro de los parámetros prácticos que enmarcan este tipo de ejercicios, obtener información de calidad para la caracterización de la movilidad de los usuarios del transporte.

A nivel de perfil, cuando los antecedentes disponibles no son suficientes, basta con una medición del tráfico de dos días hábiles de una semana, elegida previo análisis, durante 12 horas o durante las horas punta y horas valle. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

El número de encuestas a realizar depende del tamaño de la muestra. No existe un parámetro exacto para obtener la cantidad de encuestas, por lo que la cantidad es subjetiva y dependerá del diseñador.

2.1.1.3. Uso del método manual de aforo

Este sub acápite muestra los modelos de formatos posibles a usar en un conteo vehicular haciendo uso del método manual de aforo.

Para este tipo de estudios, si bien la información deseada puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos, se prefiere usar el conteo manual a través del uso de personal de campo (aforadores de tráfico) dado que proporciona información como el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. La desventaja que presenta este método de conteo, es el uso de los aforadores de tráfico por tiempo prolongado ya que puede llegar a ser muy costoso. Sin embargo, este método es muy usado, por toda la información recopilada que su uso implica. (Gómez, 2004).

El personal de campo registra los datos del conteo en formularios diseñados específicamente para cada caso particular, sin dejar de considerar datos importantes, tales como la ubicación, día, hora y fecha del conteo, nombre de aforador, características técnicas del vehículo, tipo de giro, entre otros.

Los diversos formatos que pueden tomarse como alternativa son los mostrados en la **Figura 4** y **Figura 5**, para intersecciones y tramos, respectivamente.

La **Figura 4** muestra un formato obtenido del Proyecto del Estudio de Impacto Vial del C.C. Plaza de la Luna, realizado por la consultora JTR en el año 2016, el cual muestra el conteo en la intersección Gullman y Grau.

En este estudio, al ingreso desde Av. Grau se le denomina ingreso 4, y al ingreso desde la Av. Gullman se le denomina ingreso 1. La combinación de números, tales como 4.2, 1.3, 1.1 y 1.2, mostrados en dicha figura, son los giros que toman en la intersección y que se explican con mayor detalle en el Acápite 2.1.1.4.

	DATOS DEL CONSULTOR			
	NOMBRE DEL PROYECTO O ESTUDIO			
	FECHA:		HORA INICIO:	HORA FIN:
	NOMBRE ENCUESTADOR:			DNI:
UBICACIÓN	Intersección 01 Gullman - Grau (GRIFO)		ACCESOS:	
		AV. GRAU	AV. GULLMAN	
ACCESOS:		4.2	1.3	1.1+1.2
T.VEHICULO	SENTIDO:			 + 
	MOTO LINEAL			
	MOTO TAXI			
	AUTO			
	PICK-UP			
	COMBIS			
	MICRO			
	BUS			
	CAMION DE UNA CARRETA			
	CAMION DE DOS CARRETAS			
TOTALES:				

Figura 4. Formato general de hoja de conteo vehicular en intersecciones.
Fuente: Timaná (2016) ^a.

El formato de la **Figura 5** corresponde al Proyecto del C.P. Las Lomas, Piura, realizado por la Municipalidad Provincial de Piura en el año 2013, el cual tiene a la Estación 1 como punto de conteo y recoge información del número de unidades vehiculares en los sentidos norte a sur y viceversa.

Con este formato, además se pueden obtener horas pico y la clasificación vehicular en dicho punto de conteo; es por esto que el diseño del formato contempla sumas parciales por horas y por tipo de vehículos.

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR																					
ESTUDIO DE TRAFICO																					
TRAMO DE LA CARRETERA										Ruta PI-533 LAS LOMAS										E1	
SENTIDO										N S											
UBICACIÓN										LAS LOMAS										2013	
HORA	MOTO TAXI	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			TOTAL										
			PICK UP	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E											
DIAGRA. VEH.																					
	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL	←	→	TOT AL
00 - 01																					
01 - 02																					
02 - 03																					
03 - 04																					
04 - 05																					
05 - 06																					
06 - 07																					
07 - 08																					
08 - 09																					
09 - 10																					
10 - 11																					
11 - 12																					
12 - 13																					
13 - 14																					
14 - 15																					
15 - 16																					
16 - 17																					
17 - 18																					
18 - 19																					
19 - 20																					
20 - 21																					
21 - 22																					
22 - 23																					
23 - 24																					
TOTAL																					

Figura 5. Formato general de hoja de conteo vehicular en tramos.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013).

2.1.1.4. Convención de giros

Previo a la realización de un conteo vehicular, es necesario que el personal de conteo conozca todos los posibles giros que se pueden dar en una intersección, es por ello, la importancia de conocer la convención de giros.

Se debe tener en cuenta que, para la realización de los conteos en campo, los formatos a usar siguen una convención establecida de acuerdo a los sentidos de los accesos, iniciando la numeración por el acceso oeste y en sentido anti horario, así como las maniobras que se detallan en la **Figuras 6** y **Figura 7**.

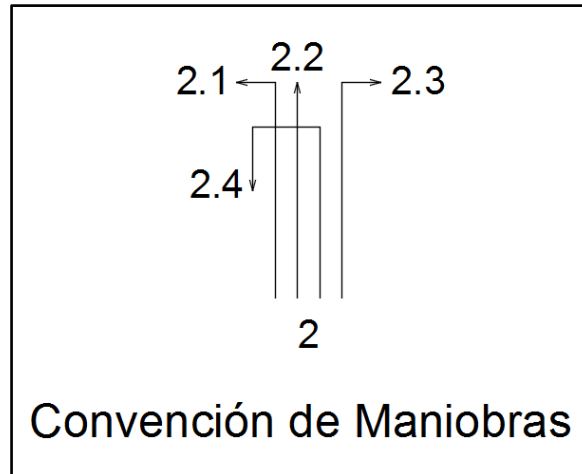


Figura 6. Convención de maniobras establecido para el conteo por acceso.

Fuente: Ruiz. (2018). Elaboración propia.

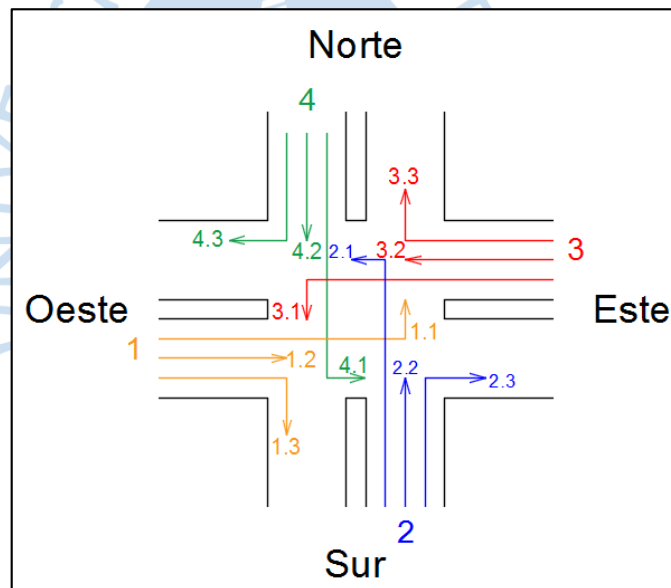


Figura 7. Accesos por intersección enumerados en sentido anti horario.

Fuente: Ruiz (2018). Elaboración propia.

Para fines explicativos, la **Figura 6** muestra el acceso 2 con todos los posibles giros. El giro 2.1 serán aquellos vehículos provenientes del ingreso 2 y giren hacia la izquierda. El giro 2.2 serán los vehículos que del acceso 2 sigan en línea recta por el mismo carril. El giro 2.3 son los vehículos provenientes del acceso 2 que giren a la derecha; y, por último, el giro 2.4 son aquellos vehículos que den vuelta y regresen por el carril contrario. (Vuelta en “U”).

La **Figura 7** muestra los posibles ingresos en una intersección y cómo éstos son nombrados.

El ingreso por el sentido oeste es denominado ingreso 1 y continúa en sentido anti horario hasta llegar al ingreso 4 que corresponde al ingreso por el norte de la intersección. Es así que para el caso del ingreso 1 se tiene tres posibles giros que parten de este acceso como son 1.1, 1.2 y 1.3 que corresponden a los giros izquierda, de frente y derecha, respectivamente. Para los ingresos 2,3 y 4 se utiliza la misma convención de maniobras.

Algunas variaciones en cuanto a las características de la intersección hacen que se puedan agregar algunas convenciones de giros cuando la intersección tiene vías alternas, tal como se observa en la **Figura 8**.

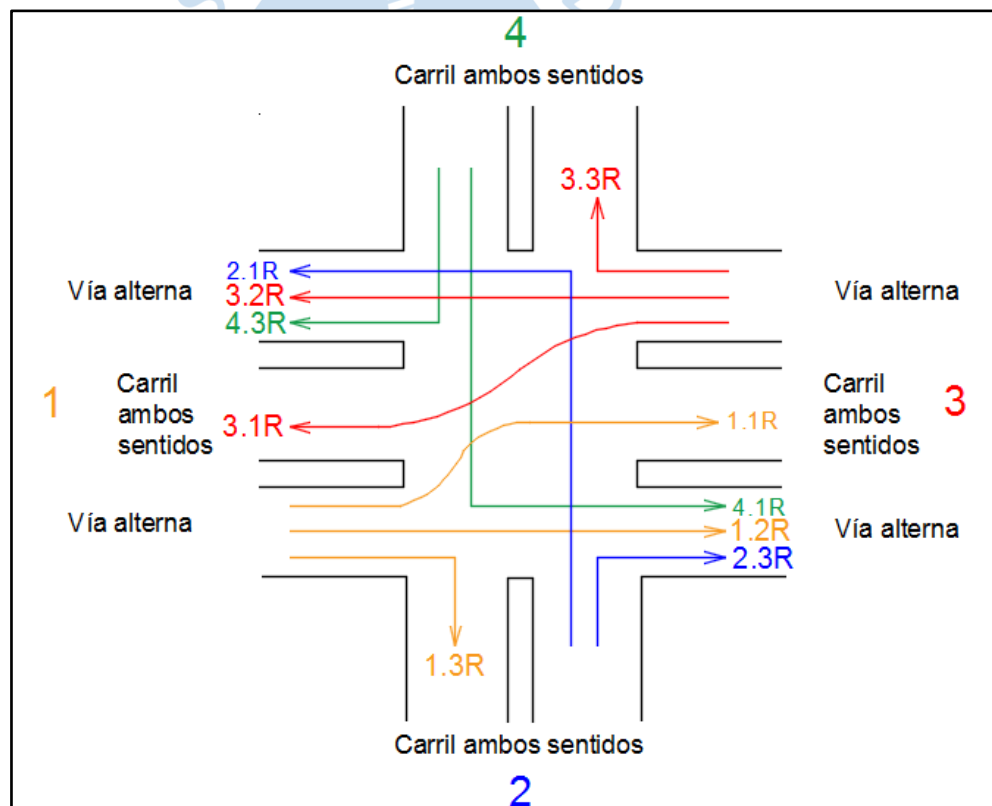


Figura 8. Variaciones en accesos por intersección enumerados en sentido anti horario.
Fuente: Ruiz (2018). Elaboración propia.

En la **Figura 8** se observan los giros adicionales provenientes de una intersección que además de vías principales, cuenta con vías alternas. Por lo que se aprecia, existen giros vehiculares que parten de una vía alterna y hacen

un determinado tipo de maniobra, tal como los giros 3.1R, 3.2R y 3.3R; y otros giros vehiculares que parten de un ingreso cualquiera y se dirigen hacia una vía alterna, como 2.1R y 2.3R. Para fines explicativos, se tiene que para el ingreso 1, además de los giros mostrados en la **Figura 7**; se tienen los siguientes casos:

- i) Cuando parten de vías alternas. - Para el caso del giro 1.1R, el cual parte de la vía alterna del ingreso 1, gira a la izquierda por lo que quedaría como 1.1, pero por haber partido de la vía alterna se le agrega la letra R (del término inglés *right*), para el giro 1.2R, se refiere al ingreso 1 de la vía alterna y que sigue de frente por la misma vía alterna, para el giro 1.3R se parte del ingreso 1 de la vía alterna y gira a la derecha.
- ii) Cuando parten de un ingreso principal y va hacia una vía alterna. - Para el caso del ingreso 2, la nomenclatura 2.1R significa que parte del ingreso principal 2 y gira a la izquierda, pero va hacia el carril alterno; para el ingreso 2.3R significaría que partiendo del ingreso principal 2 gira hacia la derecha, pero va al carril alterno. Si se parte del ingreso 2 y sigue de frente, al no tener vía alterna, la convención sería simplemente 2.2.

2.1.1.5. Clasificación vehicular

No se podría realizar un conteo vehicular, sin antes conocer las categorías de vehículos existentes. Es por esto que el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2003) detalla, de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos aprobado mediante Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, todas las categorías necesarias y la definición de las mismas.

- Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.
- Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.
- Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.
- Categoría O: Remolques y semirremolques.

- Categoría S: Son los vehículos pertenecientes a las categorías M, N u O que realizan una función específica y que requieren carrocerías y/o equipos especiales.

TIPOS DE VEHICULOS					
MOTO LINEAL		PICK UP		BUS	
MOTO TAXI		COMBIS		CAMIONES 2 EJES	
AUTO		MICRO		CAMIONES > 2 EJES	

Figura 9. Representación vehicular.

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 9** muestra los tipos de vehículos con la nomenclatura usada en los formatos de conteo por el personal de aforo. Dichos tipos de vehículos se encuentran incluidos dentro de las categorías citadas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

2.1.1.6. Días y puntos de investigación

El número de días y el lugar de levantamiento de data definirán la calidad del conteo vehicular y, por ende, la calidad del estudio de tránsito. En este apartado se mostrarán las consideraciones necesarias para conteos en tramos y en intersecciones.

- Para conteos en tramos, la duración de los aforos será de 24 horas consecutivas en 7 días de levantamiento, en forma continua, por sentido del tráfico.

En el caso de intersecciones y para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, la Secretaria de Desarrollo Social (2012) afirma que, los aforos deben ser efectuados durante días representativos, de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves), a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana, en donde se escogerá entre sábado y domingo.

Es conveniente que se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Los aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes.

Sin embargo, algunas veces es necesario efectuar aforos en intervalos menores para el diseño de carriles de giro y para cálculo de tiempos de semáforos.

Según el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008) en el caso de los volúmenes de tránsito se pueden usar criterios basados en experiencias estadísticas dependiendo del sitio geográfico y de acuerdo a lo estipulado en los Términos de Referencia dados al Consultor.

- Referente a los sitios de investigación serán determinados por el encargado del estudio de factibilidad o de pre factibilidad. La elección de un punto de investigación dependerá de variantes como el criterio de red, la zona de influencia del proyecto, y/o del método empleado para la justificación del proyecto. Un estudio, en el que se proponga una ruta alternativa y que compare costos de operación y rutas de recorrido diferentes, deberá tener en cuenta todas esas variantes. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, 2008).

2.1.2. Análisis de errores

Si no se toman en cuenta los posibles errores en la etapa de trabajo de campo, podría obtenerse información inadecuada, lo cual conllevará a malos resultados en el procesamiento de los datos.

Los errores en esta etapa pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) La mala elección del tipo de conteo de volumen a realizar para un estudio determinado.
- b) Mala elección de los días de conteo, por desconocimiento del comportamiento del tráfico en el área de estudio, cuando se trate de conteos en intersecciones.
- c) Mal diseño de la hoja de conteo vehicular.

- d) Falta de experiencia o personal no calificado en los conteos de volúmenes.

2.2. Estudio de tráfico – trabajo de gabinete

En la segunda parte de este estudio se encuentran los aspectos complementarios de los levantamientos de campo y que por lo general consiste en el análisis realizado en oficina.

Por lo tanto, para la elaboración del informe final de un estudio vial, de acuerdo al Instituto Metropolitano de Planificación (2010) es necesario contar con las siguientes etapas como mínimo:

- Recopilación de la información en campo, obtenida del trabajo de campo.
- Procesamiento y cálculo de datos tomados en campo con herramienta Excel.
- Análisis de los resultados obtenidos.

La variable del IMDA y Factores de Corrección, útiles en la elaboración de un estudio vial, pueden proceder de dos fuentes diferentes: referenciales y directas.

- Fuentes referenciales. - Se obtienen de manera oficial de las unidades de peaje más cercanas al área de estudio y se encuentran en documentos oficiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Fuentes Directas. - Recopilación de la información en campo a través de conteos vehiculares. Esta labor exige una etapa previa de trabajo en gabinete, además del reconocimiento del tramo en evaluación para identificar la estación de control vehicular y finalmente realizar el aforo vehicular programado. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010, p. 106)

2.2.1. Estructura metodológica clásica.

Para un mejor entendimiento, se procederá a estructurar a detalle la metodología clásica utilizada para el cálculo del Índice Medio Diario Anual, enfocada en intersecciones, debido a que el proyecto a analizar conlleva ese tipo de cálculo.

La obtención del IMDA requiere del cálculo previo del Índice Medio Diario (IMD) y del Índice Medio Diario Semanal (IMDS), cuya obtención de dichas variables es materia de explicación en este acápite.

Consideraciones previas:

- Ciertas operaciones seguirán un proceso repetitivo, por lo que serán sólo mencionadas una vez en el procedimiento, para no generar duplicidad de información.
- La fuente de donde se obtengan los factores de tipo de vehículo, tipo de maniobra y giro protegido, podrán influir en los resultados obtenidos.
- Se asume que los cálculos son hechos a partir de hojas de conteo de volumen previamente completadas en el trabajo de campo, las cuales incluyen conteos cada 15 minutos de 16 horas en 3 días representativos, por el lapso de 06:00 a.m. a 10:00 p.m.
- El almacenamiento de la información se realiza con ayuda del programa Excel 2013 y debe tener en cuenta lo siguiente:

Día de conteo N° “dd”

Para cada 15 minutos que conformen el total de horas de un día de conteo, se realizará el almacenamiento de acuerdo al formato mostrado en la **Figura 10**; considerando los tipos de vehículos contados y los giros previamente definidos para la intersección en estudio. Por lo tanto, dicho formato registra la cantidad de vehículos contados provenientes de las hojas físicas del conteo vehicular.

Los giros tomados como izquierda, de frente y derecha tienen fines únicamente explicativos que ayudan al entendimiento de almacenamiento de datos.

Las casillas celestes, registran el número de vehículos contados, de acuerdo al tipo de vehículo correspondiente y al giro realizado en la intersección en estudio. De acuerdo al número de horas de conteo en un día, se tendrá un número determinado de intervalos de 15 minutos. Por ejemplo, para una hora de conteo, se tendrán 4 intervalos de 15 minutos.

14:00:00 A 14:14:59			21:45:00 A 21:59:59		
←	↑	→	←	↑	→

Figura 12. Primer y último intervalo de 15 minutos para el turno tarde.

Fuente: Elaboración propia

En las celdas celestes de la **Figura 11** y la **Figura 12** se registran los volúmenes vehiculares contados según el tipo de vehículo. Este tipo de formato corresponderá a todos los intervalos de tiempo en el desarrollo del estudio. Claro está, que, para cada proyecto, los giros dependerán de la intersección en estudio.

2.2.1.1. Procesamiento y cálculo de datos en Excel

En esta parte de la investigación, se muestran las definiciones y operaciones previas al cálculo del IMDA, las cuales están referidas a la obtención de las variables Factor Hora Pico (FHP) y Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

La herramienta utilizada es el programa Excel, el cual, a través del desarrollo de las hojas de cálculo, facilita las operaciones que se sigan para la determinación de las variables antes mencionadas.

A) Cálculo del Factor Hora Pico (FHP)

Este cálculo se realiza para cada posible giro dentro del intervalo de tiempo de 15 minutos, en todas las horas de conteo realizadas. Esto es, para todos los ingresos en una intersección.

Por lo tanto, tomando como referencia la **Ecuación 2** antes mencionada, de acuerdo a Reyes y Cárdenas (1994), para periodos de 15 minutos, el Factor Hora Pico se obtiene de la **Ecuación 7**.

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * (q_{max,15})} \quad (7)$$

Donde:

FHP = Factor Hora Pico

$VHMD$ = Volumen Horario de Máxima Demanda

$q_{max,15}$ = Flujo máximo para periodos de 15 minutos

A continuación, tomando como base esta ecuación y haciendo uso de hojas de cálculo en Excel, se muestran los siete pasos que describen las operaciones necesarias para la obtención del Factor Hora Pico (FHP).

Paso 1: Cálculo del Flujo Existente en periodos de 15 minutos

Se realiza la sumatoria de los volúmenes vehiculares de cada giro correspondiente en cada 15 minutos para todos los intervalos de tiempo. La data se obtiene del conteo previo realizado por los aforadores.

Para fines explicativos, la **Figura 13** muestra, para cualquier intervalo de 15 minutos (t_n), los volúmenes vehiculares para el giro de la izquierda ($x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$), de frente (y_1, y_2, y_3, y_4, y_5) y giro derecha ($z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$). Estos volúmenes, en la práctica, resultan ser la cantidad de vehículos contados y ordenados según el tipo de vehículo.

El flujo existente para periodos de 15 minutos se obtiene como la sumatoria de las celdas del mismo color de cada columna. Por lo tanto, de acuerdo a la **Figura 13**, el flujo de cada dirección es colocado en cada celda denominada FLUJO EXIS (15').

$$\sum vertical, 1 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6$$

$$\sum vertical, 2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$$

$$\sum vertical, 3 = z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6$$

	hh:00:00 A hh:14:59 t_n		
TIPO DE VEHICULO	←	↑	→
Tipo 1	x_1	y_1	
Tipo 2		y_2	
Tipo 3	x_2	y_3	z_1
Tipo 4	x_3		z_2
Tipo 5		y_4	z_3
Tipo 6	x_4		z_4
Tipo 7	x_5	y_5	
Tipo 8	x_6		z_5
Tipo 9			z_6
FLUJO EXIS (15')	$\Sigma\text{vertical},1$	$\Sigma\text{vertical},2$	$\Sigma\text{vertical},3$

Figura 13. Cálculo del flujo existente para intervalos de 15 minutos.

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Conversión a Unidades Vehiculares Equivalentes (UVE)

Se realiza una suma del producto del flujo existente y los factores de Tipo de Vehículo (TV), para de esta manera tener la sumatoria en términos de unidades vehiculares equivalentes. Este paso es importante ya que la información almacenada en el Paso 1 corresponde a vehículos físicos, es decir son los vehículos contados en la etapa de recolección de información, los cuales son distintos entre sí y que requieren ser convertidos a UVE para la realización de cálculos.

Los factores por Tipo de Vehículo (TV) mostrados en la **Figura 14** son: $TV_1, TV_2, TV_3, TV_4, TV_5, TV_6, TV_7, TV_8, TV_9$ y corresponden al factor de conversión para cada tipo de vehículo.

Los flujos estimados (FLUJO EST) en unidades vehiculares de la **Figura 14** serán almacenados en la fila denominada FLUJO EST*TV (15') y se obtendrán los siguientes resultados por cada giro:

$$\sum \text{vertical}, 1 = x_1 * TV_1 + x_2 * TV_3 + x_3 * TV_4 + x_4 * TV_6 + x_5 * TV_7 + x_6 * TV_8$$

$$\sum vertical,2 = y_1 * TV_1 + y_2 * TV_2 + y_3 * TV_3 + y_4 * TV_5 + y_5 * TV_7$$

$$\sum vertical,3 = z_1 * TV_3 + z_2 * TV_4 + z_3 * TV_5 + z_4 * TV_6 + z_5 * TV_8 + z_6 * TV_9$$

		hh:00:00 A hh:14:59 t_n		
FACTOR TV	TIPO DE VEHICULO	←	↑	→
TV_1	Tipo 1	$x_1 * TV_1$	$y_1 * TV_1$	
TV_2	Tipo 2		$y_2 * TV_2$	
TV_3	Tipo 3	$x_2 * TV_3$	$y_3 * TV_3$	$z_1 * TV_3$
TV_4	Tipo 4	$x_3 * TV_4$		$z_2 * TV_4$
TV_5	Tipo 5		$y_4 * TV_5$	$z_3 * TV_5$
TV_6	Tipo 6	$x_4 * TV_6$		$z_4 * TV_6$
TV_7	Tipo 7	$x_5 * TV_7$	$y_5 * TV_7$	
TV_8	Tipo 8	$x_6 * TV_8$		$z_5 * TV_8$
TV_9	Tipo 9			$z_6 * TV_9$
FLUJO EST* TV (15')		$\sum vertical,1$	$\sum vertical,2$	$\sum vertical,3$

Figura 14. Cálculo del flujo estimado en unidades vehiculares equivalentes (UVE) para intervalos de 15 minutos.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Cálculo del flujo máximo (q_{max})

Se debe encontrar el flujo máximo para periodos de 15 minutos ($q_{max,15}$) de los valores obtenidos en el Paso 2 para todos los intervalos del conteo, agrupados en lapsos de 1 hora. Para conseguir esto se debe utilizar el comando MAX, el cual devuelve el valor máximo de los valores de la fila denominada FLUJO EST*TV (15'), siguiendo el formato de la **Figura 15**.

La **Figura 15** muestra el lapso de 1 hora representativa conformada por 4 intervalos de 15 minutos. Dichos intervalos de 15 minutos (t_1, t_2, t_3, t_4) poseen los giros izquierda, de frente y derecha. La **Figura 15** plasma también el Paso 1 y Paso 2, los cuales ya han sido calculados previamente.

TIPO DE VEHICULO	LAPSO DE 1 HORA											
	hh:00:00 A hh:14:59 t_1			hh:15:00 A hh:29:59 t_2			hh:30:00 A hh:44:59 t_3			hh:45:00 A hh:59:59 t_4		
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→
TIPO 1												
TIPO 2												
TIPO 3												
TIPO 4												
TIPO 5												
TIPO 6												
TIPO 7												
TIPO 8												
TIPO 9												
FLUJO EXIS (15')	Calculado previamente											
FLUJO EST* TV (15')	Calculado previamente											
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')												

Figura 15. Cálculo del flujo máximo para intervalos de 60 minutos.

Fuente: Elaboración propia

Para la configuración con el comando Máximo de Excel, la fórmula toma los datos de los 4 primeros flujos de 15 minutos, para cada giro de todos los intervalos de la fila FLUJO EST*TV (15'), asegurando de dicha manera, la entrega del resultado del mayor flujo de 15 minutos dentro de 1 hora en la fila MAX FLUJO EST*TV (15' POR 60'). Esto es, escogiendo el valor máximo de los flujos que provienen del mismo giro.

Las celdas de color amarillo, son los valores máximos de ←, ↑, → escogidos entre los valores ←, ↑, → de los intervalos t_1, t_2, t_3, t_4 , provenientes de la fila FLUJO EST*TV (15'), respectivamente.

Las celdas de color celeste, son los valores máximos de ←, ↑, → escogidos entre los valores ←, ↑, → de los intervalos t_2, t_3, t_4, t_5 , provenientes de la fila FLUJO EST*TV (15'), respectivamente.

Las celdas de color rojo, son los valores máximos de ←, ↑, → escogidos entre los valores ←, ↑, → de los intervalos t_3, t_4, t_5, t_6 , provenientes de la fila FLUJO EST*TV (15'), respectivamente.

Las celdas de color azul, son los valores máximos de $\leftarrow$, $\uparrow$, $\rightarrow$ escogidos entre los valores $\leftarrow$, $\uparrow$, $\rightarrow$ de los intervalos t_4, t_5, t_6, t_7 , provenientes de la fila FLUJO EST*TV (15'), respectivamente.

Paso 4: Cálculo del flujo horario máximo

Cuando se menciona el flujo horario máximo se hace mención al denominador de la **Ecuación 7** planteada según Reyes y Cárdenas (1994) la cual se expresa como $4 * q_{max}$.

Los valores de la fila MAX FLUJO EST*TV (15' POR 60)*4 indicada en la **Figura 16** se obtendrán al multiplicar cada valor de la fila MAX FLUJO EST*TV (15' POR 60') previamente calculados por un factor igual a cuatro.

Esta figura muestra el intervalo de 1 hora representativa compuesto por 4 intervalos de 15 minutos. Suponiendo que para la fila MAX FLUJO EST*TV (15' POR 60') del intervalo t_1 los valores encontrados en el Paso 3 fueron a_1, a_2, a_3 , entonces para este paso, los valores correspondientes serán $4 * a_1, 4 * a_2, 4 * a_3$ correspondientes a los giros izquierda, de frente y derecha, respectivamente. El mismo razonamiento se tiene para los intervalos t_2, t_3 y t_4 .

TIPO DE VEHICULO	LAPSO DE 1 HORA											
	hh:00:00 A hh:14:59 t_1			hh:15:00 A hh:29:59 t_2			hh:30:00 A hh:44:59 t_3			hh:45:00 A hh:59:59 t_4		
	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\rightarrow$	$\leftarrow$	$\uparrow$	$\rightarrow$
TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6 TIPO 7 TIPO 8 TIPO 9												
FLUJO EXIS (15')	Calculado previamente											
FLUJO EST* TV (15')	Calculado previamente											
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	c_1	c_2	c_3	d_1	d_2	d_3
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60') * 4	$4*a_1$	$4*a_2$	$4*a_3$	$4*b_1$	$4*b_2$	$4*b_3$	$4*c_1$	$4*c_2$	$4*c_3$	$4*d_1$	$4*d_2$	$4*d_3$

Figura 16. Cálculo del flujo horario máximo para intervalos de 60 minutos.

Fuente: Elaboración propia

Paso 5: Cálculo del Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

El VHMD es el máximo flujo estimado de vehículos mixtos (unidades vehiculares) en un intervalo de 60 minutos. Para esto, se debe sumar los flujos estimados de 15 minutos de los intervalos de tiempo t_1, t_2, t_3, t_4 con el fin de conseguir el flujo estimado en 60 minutos.

En la **Figura 17**, la celda de color amarillo que corresponde al flujo de 60 minutos denominada FLUJO EST*TV (60') del giro izquierda se obtiene de la sumatoria de las celdas de color naranja correspondientes al FLUJO EST*TV (15') de los intervalos de tiempo de 15 minutos t_1, t_2, t_3, t_4 para el giro izquierda. Estos flujos de 60 minutos representan el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

TIPO DE VEHICULO	LAPSO DE 1 HORA											
	hh:00:00 A hh:14:59 t_1			hh:15:00 A hh:29:59 t_2			hh:30:00 A hh:44:59 t_3			hh:45:00 A hh:59:59 t_4		
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→
FLUJO EXIS (15')												
FLUJO EST* TV (15')												
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')												
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')*4												
FLUJO EST* TV (60')												

Figura 17. Cálculo del VHMD para intervalos de 15 minutos.

Fuente: Elaboración propia.

Paso 6: Obtención del Factor Hora Pico (FHP)

Siguiendo con la **Ecuación 7**, la obtención del FHP se consigue con la división de las filas correspondientes a FLUJO EST*TV (60') y MAX FLUJO EST*TV (15' POR 60') * 4, obtenidas en los pasos anteriores.

El FHP se obtendrá para todos los giros analizados de todos los intervalos de 15 minutos que se hayan almacenado, y la información obtenida se asignará en la fila correspondiente de color naranja mostrada en la **Figura 18**.

	hh:00:00 A hh:14:59		
	←	↑	→
FLUJO EXIS (15')			
FLUJO EST* TV (15')			
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')			
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')*4			
FLUJO EST* TV (60')			
FHP EST* TV (60')			

Figura 18. Cálculo del factor FHP para cada giro de intervalos de 15 minutos.

Fuente: Elaboración propia

Paso 7: Obtención del Factor Hora Pico (*FHP*) afectado por otros factores.

De acuerdo a la **Figura 19**, el procedimiento consiste en aplicar un factor Tipo de Maniobra (TM) a los resultados dentro de las celdas de color verde, correspondientes a la fila de FLUJO EST*TV (15'), los cuales fueron previamente calculadas en el Paso 2.

Los resultados al afectar las celdas de color verde por factores TM, se plasmarán en las celdas de color celeste que corresponderán a la fila denominada FLUJO EST*TV*TM (15'). Estos factores se muestran en la **Tabla 12** del capítulo siguiente.

Luego, se seguirá el procedimiento antes descrito (desde el Paso 3 hasta el Paso 6) hasta conseguir los valores de las celdas naranja que corresponderán a la fila FHP EST*TV*TM (60') que es la información que se buscaba.

Este procedimiento se aplicará para todos los giros dentro de cada intervalo de quince minutos correspondiente a un conteo vehicular.

Al igual que los factores Tipo de Vehículo que se usen, los resultados sufrirán cierta variación en función de los factores Tipo de Maniobra que el diseñador pueda considerar.

	hh:00:00 A hh:14:59		
	←	↑	→
FLUJO EXIS (15')			
FLUJO EST* TV (15')			
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')			
MAX FLUJO EST* TV (15' POR 60')*4			
FLUJO EST* TV (60')			
FHP EST* TV (60')			
FLUJO EST* TV*TM (15')			
MAX FLUJO EST* TV*TM (15' POR 60')			
MAX FLUJO EST* TV*TM (15' POR 60')*4			
FLUJO EST* TV*TM (60')			
FHP EST* TV*TM (60')			

Figura 19. Cálculo del factor FHP para cada giro de intervalos de 15 minutos afectados por el factor Tipo de Maniobra (TM).

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura 19** muestra un intervalo representativo de 15 minutos con todos los pasos descritos hasta el momento, por lo que será el formato que se debe tener para todos los intervalos del conteo vehicular.

B) Elección del máximo Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

En este apartado se ordenan los resultados obtenidos anteriormente según los accesos de la intersección en estudio, para tener intervalos de 60 minutos en donde los datos incluidos sean los flujos afectados por los factores TV y TM, y su sumatoria sea el Volumen Horario de Máxima Demanda para cada intervalo de 60 minutos de todas las horas de conteo.

Por lo tanto, teniéndose todos los resultados de la fila correspondiente a FLUJO EST*TV*TM (60') de todos los intervalos y para cada acceso que tenga la

intersección en estudio, se copiarán dichos flujos en las filas que correspondan de acuerdo a la **Figura 20** hasta completar todas las horas de conteo vehicular.

Se observa en esta figura que la intersección denominada “A” posee 4 posibles accesos, así mismo se muestran intervalos de 60 minutos, los cuales son los siguientes:

Para el primer intervalo de 60 minutos (hh: 00:00 a hh: 59:59) se muestran las celdas de color amarillo, las cuales contendrán los flujos horarios por cada acceso.

El segundo intervalo de 60 minutos (hh: 15:00 a hh+1: 14:59) mostrarán las celdas naranjas con los flujos horarios correspondiente a cada acceso.

De la misma manera para el tercer intervalo de 60 minutos (hh: 30:00 a hh+1: 29:59) se muestran celdas verdes con los flujos horarios para cada acceso.

El proceso es repetitivo hasta completar el número de horas totales de conteo.

ACCESOS	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→
	hh:00:00 A hh:59:59			hh:15:00 A hh+1:14:59			hh:30:00 A hh+1:29:59		
ACCESO 01									
ACCESO 02									
ACCESO 03									
ACCESO 04									
INTERSECCIÓN “A”	Σ Valores interiores			Σ Valores interiores			Σ Valores interiores		

Figura 20. Ordenamiento y cálculo del volumen horario para intervalos de 60 minutos.

Fuente: Elaboración propia.

Para cada intervalo de 60 minutos se tiene que la sumatoria de valores interiores es igual al volumen horario en dicho lapso de tiempo.

A estos valores les corresponderá, sus respectivos factores hora pico (FHP) ordenados por intervalos de 60 minutos.

Los factores a introducir en la **Figura 21** se obtienen del Paso 7 correspondiente a la obtención del Factor Hora Pico, es decir de la fila denominada FHP EST*TV*TM (60’), los cuales fueron calculados para todos los intervalos de tiempo y para cada acceso de la intersección en estudio. Estos valores del Factor Hora Pico son para los mismos intervalos de 60 minutos mencionados en la **Figura 20**.

FHP	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→
	hh:00:00 A hh:59:59			hh:15:00 A hh+1:14:59			hh:30:00 A hh+1:29:59		
ACCESO 01									
ACCESO 02									
ACCESO 03									
ACCESO 04									

Figura 21. Ordenamiento de los FHP para intervalos de 60 minutos.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo todos los volúmenes horarios, se escogerá el del mayor flujo de vehículos del día de conteo, con la hora respectiva en la que se presentó este pico. Para esto, se utilizará el comando MAX de Excel, que devolverá el valor máximo escogido entre todos los volúmenes horarios calculados en la **Figura 20**. Con esto se puede obtener los valores máximos en la mañana, tarde y noche, siendo el mayor de éstos el que represente el Volumen Horario de Máxima Demanda del día de conteo.

Tipo de Maniobra	VALORES MAXIMOS EN EL DIA		
	←	↑	→
	hh:mm:00 A hh+1:mm:59		
ACCESO 01			
ACCESO 02			
ACCESO 03			
ACCESO 04			
Σvalores interiores=VHMD			

Figura 22. Volumen Horario de Máxima Demanda para los días de conteo.

Fuente: Elaboración propia.

La **Figura 22** muestra el intervalo de 1 hora (hh: mm: 00 a hh+1: mm: 59), el cual contiene los valores máximos de volumen vehicular en un día de conteo, considerándose los 4 accesos de la intersección en estudio.

2.2.1.2. Cálculo del Índice Medio Diario (IMD)

Este acápite muestra el criterio considerado para la obtención del Índice Medio Diario (IMD) habiendo ya realizado el procesamiento de cálculo de datos previos.

El máximo número de vehículos que pasan por la intersección durante el intervalo de una hora, representará el periodo de máxima demanda que se puede presentar durante un día en particular.

Por lo tanto, el criterio para el diseño que se sigue tomará este máximo Valor en Hora Pico (VHP) para realizar los cálculos siguientes. En conclusión, se tiene la **Ecuación 8:**

$$VHP = IMD \quad (8)$$

Esto quiere decir que se tendrán Valores en Hora Pico correspondientes a cada día de conteo considerado en el estudio, los cuales representan el volumen de tráfico utilizados en la obtención del Índice Medio Diario Semanal.

2.2.1.3. Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDS)

La obtención del IMDS toma como base los IMD hallados para los días de conteo realizado, y su cálculo dependerá de cada caso:

- Para el caso en intersecciones, se tiene la **Ecuación 9:**

$$I.M.D.S = \frac{5 * (VDL_1 + VDL_2) + 2 * VDNL}{7} \quad (9)$$

Donde:

VDL_1 = Volumen de tráfico registrado en día laborable 1

VDL_2 = Volumen de tráfico registrado en día laborable 2

$VDNL$ = Volumen de tráfico en día no laborable

- Para el caso en carreteras, se tiene la **Ecuación 10:**

$$I.M.D.S = \frac{(VD_L + VD_{Ma} + VD_{Mi} + VD_J + VD_V + VD_S + VD_D)}{7} \quad (10)$$

Donde:

VD_L = Volumen de tráfico registrado el día Lunes

VD_{Ma} = Volumen de tráfico registrado el día Martes

VD_{Mi} = Volumen de tráfico registrado el día Miércoles

VD_J = Volumen de tráfico registrado el día Jueves

VD_V = Volumen de tráfico registrado el día Viernes

VD_S = Volumen de tráfico registrado el día Sábado

VD_D = Volumen de tráfico registrado el día Domingo

2.2.1.4. Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

La obtención del IMDA toma como base el IMDS afectado por factores de corrección estacionales, por lo que su cálculo se describe de acuerdo a la **Ecuación 11**:

$$IMDA = IMDS * FCE \quad (11)$$

Donde:

IMDS = Índice medio diario semanal

FCE = Factor de corrección estacional

Se sabe que los volúmenes de tráfico varían cada mes dependiendo de factores como épocas de cosechas, lluvias, estaciones del año, festividades, vacaciones, entre otros; por lo que el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) ha elaborado Tablas de Factores de Corrección Estacional, con el fin de considerar todos los factores antes mencionados.

Estas tablas realizadas por el MTC han sido clasificadas por ubicación, mes y tipo de vehículos, ya sean ligeros o pesados. Estos factores se observan en el **Anexo B** y serán tomados del peaje más cercano al proyecto en evaluación.

Para la aplicación de estos factores de corrección se debe realizar una partición a los tipos de vehículos incluidos en el conteo vehicular, tal como se sigue:

MOTO LINEAL	}	MENORES
MOTO TAXI		
AUTO	}	LIGEROS
PICK UP		
COMBIS		
MICRO		
BUS	}	PESADOS
CAMIONES 2 EJES		
CAMIONES >2 EJES		

Figura 23. Clasificación de tipos de vehículos.

Fuente: Elaboración propia.

Los vehículos menores serán tomados dentro de la clasificación de vehículos ligeros con el fin de usar las Tablas para la aplicación de los Factores de Corrección Estacional de acuerdo al **Anexo B**.

Por lo tanto, conociendo el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) de cada día de conteo, se ordenarán los datos para obtener el Índice Medio Diario (IMD). Estos serán obtenidos de los formatos de conteo vehicular que fueron almacenados previamente en Excel.

Para todos los días de conteo, se tomarán los volúmenes vehiculares del intervalo de la hora pico para cada acceso que tiene la intersección, teniendo en cuenta considerar volúmenes agrupados por el mismo giro, los cuales se encuentran diferenciados por los colores verde, azul y amarillo de la **Figura 24**.

Luego, para el acceso 1, la sumatoria de las columnas de color verde para cada tipo de vehículo, correspondientes al giro de la izquierda para los cuatro intervalos de 15 minutos que se muestran en la **Figura 24**, es calculada y colocada en la columna 1.1 del acceso 1 de la **Figura 25**.

TIPO DE VEHICULO	VHMD del día "n" de Conteo											
	Acceso 1/2/3/4											
	hh:00:00 A hh:14:59			hh:15:00 A hh:29:59			hh:30:00 A hh:44:59			hh:45:00 A hh:59:59		
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→
MOTO LINEAL												
MOTO TAXI												
AUTO												
PICK UP												
COMBIS												
MICRO												
BUS												
CAMIONES 2 EJES												
CAMIONES >2 EJES												

Figura 24. Conteo de volumen correspondiente al VHMD a cada acceso de la intersección en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Día 1 de conteo											
TIPO DE VEHICULO	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			SUMA	%
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3		
MOTO LINEAL										$\sum fila, 1$	%
MOTO TAXI										$\sum fila, 2$	%
AUTO										$\sum fila, 3$	%
PICK UP										$\sum fila, 4$	%
COMBIS										$\sum fila, 5$	%
MICRO										$\sum fila, 6$	%
BUS										$\sum fila, 7$	%
CAMIONES 2 EJES										$\sum fila, 8$	%
CAMIONES >2 EJES										$\sum fila, 9$	%
TOTAL FÍSICOS	$\sum col, 1$	$\sum col, 2$	$\sum col, 3$								100%
VEHICULOS EQUIVALENTES										IMD = $\sum col$	

Figura 25. Índice Medio Diario desagregado por tipo de vehículo, acceso y giro.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera sucede con los volúmenes correspondientes al giro de frente del acceso 1 representados por las celdas de color azul de la **Figura 24**, los cuales serán sumados para cada tipo de vehículo y colocados en la columna de color azul 1.2 del acceso 1 de la **Figura 25**.

Por último, los valores de las cuatro columnas de color amarillo correspondientes al giro derecha de la **Figura 24**, se sumarán para cada tipo de vehículo y los resultados serán los mostrados en la columna 1.3 del acceso 01 y que corresponden a las celdas color amarillo en la **Figura 25**.

Así mismo, se realiza la sumatoria de las columnas para cada tipo de giro y para todos los accesos de la intersección en estudio de cada día de conteo realizado. Esta sumatoria proporciona la cantidad de vehículos que partiendo de un determinado acceso realizan diferentes maniobras de giro. Además, realizando una suma producto se puede obtener la misma información expresada en vehículos equivalentes, tal como se aprecia en la **Figura 25**.

El proceso es repetitivo, hasta completar todos los giros analizados, para cada acceso existente en la intersección, y para cada día de conteo, hasta completar los días necesarios que se necesitan para hacer el cálculo del Índice Medio Diario Semanal.

La columna denominada SUMA de la **Figura 25** representa los Índices Medio Diario por cada tipo de vehículo contado y para el Día 1 de conteo. Estos valores serán plasmados en la **Figura 26** y **Figura 27**, según sea el caso.

Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular en intersección			Total semana	IMDS	FCE	IMDA
	Día 1	Día 2	Día 3				
Moto lineal	UVE	UVE	UVE	$5*(D1+D2)+2*D3$	$\frac{\text{Total de semana}}{7}$	FCE ligeros	IMDS*FCE
Moto taxi						FCE ligeros	
Auto						FCE ligeros	
Pick Up						FCE ligeros	
Combis						FCE ligeros	
Micro						FCE ligeros	
Bus						FCE pesados	
Camiones 2 ejes						FCE pesados	
Camiones >2 ejes						FCE pesados	
Total							$\Sigma Col = IMDA$

Figura 26. Formato para el cálculo del IMDA en intersecciones.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013). Elaboración propia.

La **Figura 26** muestra el formato que se sigue para el cálculo del IMDA en intersecciones, donde se observan en las columnas de los días representativos de conteo (Día 1, Día 2 y Día 3), valores que se obtienen de la columna SUMA de la **Figura 25** y que se encuentran en Unidades Vehiculares Equivalentes (UVE). Las columnas denominadas Total semana y la columna IMDS se basan en la **Ecuación 9** para el cálculo del IMDS. Luego, se utilizan los Factores de Corrección Estacional

(FCE) del **Anexo B**, para vehículos ligeros y pesados, para obtener el IMDA por cada tipo de vehículo y donde la sumatoria de dicha columna, mostrada en la celda de color amarillo, representa el IMDA para la intersección en estudio.

Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular en Carretera							Total semana	IMDS	FCE	IMDA
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7				
Moto lineal								$\sum \text{filas}$	$\frac{\text{Total de semana}}{7}$	FCE ligeros	IMDS*FCE
Moto taxi										FCE ligeros	
Auto										FCE ligeros	
Pick Up										FCE ligeros	
Combis	UVE	UVE	UVE	UVE	UVE	UVE	UVE			FCE ligeros	
Micro										FCE ligeros	
Bus										FCE pesados	
Camiones 2 ejes										FCE pesados	
Camiones >2 ejes										FCE pesados	
Total											$\sum \text{Col} = \text{IMDA}$

Figura 27. Formato para el cálculo del IMDA en carreteras.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013). Elaboración propia.

De la misma manera, la **Figura 27** muestra el formato utilizado para el cálculo del IMDA en carreteras, donde a diferencia del formato anterior, se cuenta con 7 días representativos de conteo (Día 1, Día 2, Día 3, Día 4, Día 5, Día 6 y Día 7) y se basa en la **Ecuación 10** para el cálculo del IMDA para el tramo en estudio.

2.2.2. Cálculo de tránsito proyectado

Según el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008), el tránsito proyectado corresponde a la sumatoria del tráfico normal, tráfico desviado y tráfico generado, los cuales son materia de estudio en este apartado.

2.2.2.1. Cálculo de la Proyección del tráfico normal

El Ministerio de Economía y Finanzas (2015), a través de su guía metodológica, muestra en la **Ecuación 12**, la fórmula para la determinación del volumen vehicular en un corte temporal futuro a través de la determinación de

relaciones funcionales entre el flujo vehicular y las variables socio – económicas y descriptoras del sistema económico.

$$T_n = T_0(1 + i)^{(n-1)} \quad (12)$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año n en vehículos por día (vpd)

T_0 = Tránsito actual (año base, cero) en vehículos por día (vpd)

n = Años del periodo de diseño

i = Tasa anual de crecimiento de tránsito

La tasa anual de crecimiento de tránsito puede tomar los siguientes valores, según sea el caso:

i = Tasa de crecimiento poblacional de la zona (%)

i = Tasa de crecimiento del PBI de la zona (%)

Las tasas de crecimiento de tránsito son proyecciones realizadas por instituciones de cierto grado de confiabilidad, donde la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de pasajeros (vehículos ligeros) está relacionada con la tasa de crecimiento de la zona; y la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos de carga (vehículos pesados) está relacionado con la tasa de crecimiento del PBI de la zona. Por estas razones, el Ministerio de Economía y Finanzas (2015), en su guía aprueba el uso de estas tasas para el cálculo de proyecciones futuras.

A continuación, tomando como base la **Ecuación 12**, se describen los pasos necesarios para la obtención de la proyección del tráfico normal.

Paso 1: Elección de los porcentajes de Tasa de Crecimiento Poblacional y del indicador de PBI. Se recogen los valores en términos porcentuales.

La tasa de crecimiento poblacional se usará para vehículos ligeros. (Ver **Tabla 2**) y la tasa de crecimiento del PBI se usará para vehículos pesados. (Ver **Tabla 3**).

Estos datos se plasman en la columna denominada Tasa de crecimiento de la **Figura 28**, donde se observa que los vehículos menores se consideran dentro de los vehículos ligeros y utilizan la Tasa de Crecimiento Poblacional (TCP); y los vehículos pesados utilizan la Tasa de PBI.

Paso 2: La proyección se basará en cálculos realizados previamente correspondientes al IMDA visto en el Acápito 2.2.1.4. Así, la proyección de tráfico futuro a 20 años, se determinará usando la tabla mostrada en la **Figura 28**.

Tipo de vehículo		Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION									
			0	1	2	3	4	...	17	18	19	20
			Número de año									
1	Moto lineal	i=%TCP	I M D A									P R O Y E C T A D O
2	Moto taxi	i=%TCP										
3	Auto	i=%TCP										
4	Pick Up	i=%TCP										
5	Combis	i=%TCP										
6	Micro	i=%TCP										
7	Bus	i=%PBI										
8	Camiones 2 ejes	i=%PBI										
9	Camiones > 2 ejes	i=%PBI										
	Sub Total 1											TOTAL

Figura 28. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico normal en intersecciones y carreteras.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013). Elaboración propia.

En la **Figura 28**, se observa la aplicación de los factores de tasa de crecimiento dependiendo si éste es un vehículo ligero o pesado.

Para el año base cero, se tienen los datos ya antes calculados correspondientes al IMDA de la intersección o carretera para cada tipo de vehículo y se aplicará la **Ecuación 12** descrita anteriormente por el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) donde “n” tomará valores del 0 al 20.

La sumatoria de los valores de la columna amarilla, dará como resultado el tránsito proyectado a 20 años.

Los resultados de volúmenes vehiculares proyectados del tráfico normal para los distintos años, se han agrupado en la fila denominada Sub Total 1.

2.2.2.2. Cálculo de la Proyección del tráfico generado

El tránsito generado puede variar entre los valores del 5% al 30% del tránsito existente y será exclusividad del diseñador tomar el valor correspondiente. Existirá este tipo de tráfico en un proyecto de mejoramiento, dado que existirá una aparición de tráfico generado debido a la reducción de costos de transporte.

En la **Figura 29** se tiene que la columna denominada Tasa de crecimiento contiene los porcentajes de Tasa de Crecimiento Poblacional y del indicador de PBI, los cuales se obtienen de las **Tabla 2** y **Tabla 3**, respectivamente.

La columna del año base, es decir del año denominado cero, mostrado en la **Figura 29** contiene la información del IMDA desagregado por tipo de vehículos y multiplicado por el porcentaje que el diseñador crea conveniente utilizar, es decir entre el 5% al 30%, por lo que dicha columna contendrá el producto del IMDA por el porcentaje antes mencionado. Luego de esto, teniendo los siguientes años comprendidos entre el año 1 al año 20, se aplicará la **Ecuación 12**, ya antes descrita.

Es importante entender que los datos que deben ser afectados por el porcentaje, es la columna del año base cero, y a partir de esto se generan los nuevos volúmenes proyectados, ya que las tasas de crecimiento, al haber ya sido calculadas de manera estadística, no pueden ser afectadas por otro porcentaje.

Tipo de vehículo		Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION									
			0	1	2	3	4	...	17	18	19	20
			Número de año									
1	Moto lineal	i=%TCP	I M D A * %									P R O Y E C T A D O
2	Moto taxi	i=%TCP										
3	Auto	i=%TCP										
4	Pick Up	i=%TCP										
5	Combis	i=%TCP						...				
6	Micro	i=%TCP										
7	Bus	i=%PBI										
8	Camiones 2 ejes	i=%PBI										
9	Camiones > 2 ejes	i=%PBI										
Sub Total 2												
TOTAL (Sub total 1 + Sub total 2)												TOTAL

Figura 29. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico generado en intersecciones y carreteras.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013). Elaboración propia.

Finalmente, tendremos la sumatoria en el subtotal 2 para cada año de proyección correspondiente al tráfico generado. Si sólo existe la proyección del tráfico normal y generado, se tendrá que sumar el sub total 1 (hallado en el punto anterior) y sub total 2 para poder tener el tráfico total proyectado en el año requerido. La celda de color rojo muestra el tránsito proyectado a 20 años, considerando el tráfico normal y generado.

2.2.2.3. Cálculo de la Proyección del tráfico desviado

Para la estimación del tránsito desviado o llamado también tránsito atraído, “se deben conocer las condiciones locales de los orígenes y destinos vehiculares, y del grado de atracción de todas las vialidades comprendidas”. (Reyes y Cárdenas, 1994, p. 187).

Reyes y Cárdenas (1994) afirma lo siguiente:

Los usuarios, componentes del tránsito desviado a una nueva carretera, no cambian ni su origen, ni su destino, ni su modo de viaje, pero la eligen motivados por una mejora en los tiempos de recorrido, en la distancia, en las características geométricas, en la comodidad y en la seguridad. (p. 187).

Por lo tanto, será netamente decisión del diseñador considerar un porcentaje de tránsito desviado, dependiendo de lo que crea conveniente a su diseño.

En la **Figura 30**, se observa el formato que se sigue para el cálculo del tráfico desviado. Como primera acción se debe determinar el porcentaje de tráfico desviado, el cual se multiplicará con la columna del año base cero, para a partir de esto, aplicar la **Ecuación 12** y obtener la proyección del tráfico desviado en 20 años.

La fila denominada Sub Total 3 de la **Figura 30** recoge las proyecciones de cada año correspondiente al tráfico desviado. Por lo tanto, la proyección total futura en 20 años será la celda de color roja, cuyo total se obtiene de sumar el sub total 1, sub total 2 y sub total 3; los cuales se obtuvieron de la proyección del tráfico normal, generado y desviado, respectivamente.

Tipo de vehículo		Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION									
			0	1	2	3	4	...	17	18	19	20
			Número de año									
1	Moto lineal	i=%TCP	I M D A									P R O Y E C T A D O
2	Moto taxi	i=%TCP										
3	Auto	i=%TCP										
4	Pick Up	i=%TCP										
5	Combis	i=%TCP						...				
6	Micro	i=%TCP	*									
7	Bus	i=%PBI										
8	Camiones 2 ejes	i=%PBI										
9	Camiones > 2 ejes	i=%PBI	%									
Sub Total 3												
TOTAL (Sub total 1 + Sub total 2 + Sub total 3)												TOTAL

Figura 30. Formato para el cálculo de la proyección del tráfico desviado en intersecciones y carreteras.

Fuente: Municipalidad Provincial de Piura (2013). Elaboración propia.

2.2.3. Análisis de errores

Rivera (2007), en su Metodología para la estimación del TMDA (denominado IMDA en la presente tesis) mediante conteos de tránsito esporádicos, menciona los errores que pueden encontrarse en un estudio vial.

Para Rivera (2007) los errores pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Errores de medición, codificación y digitación de los datos, los cuales crecen con el refinamiento de las variables que deben medirse, pero que pueden reducirse mediante una mayor inversión en la verificación de datos, supervisión y entrenamiento de personal.
- Errores de muestreo, provenientes de la consideración de muestras finitas en lugar de la población completa. Dichos errores tienden a ser proporcionales a la raíz cuadrada del número de observaciones, lo cual para reducirlos a la mitad sería necesario cuadruplicar la muestra, por lo que su reducción resultaría muy costosa.

- c) Errores de especificación como la omisión de una variable relevante, presencia de hábito o inercia de comportamiento, debidos a que ningún modelo representa la realidad en forma exacta; un mejor modelo, más sofisticado, puede reducir este tipo de errores mediante una mayor inversión en la etapa de recolección y procesamiento de los datos.
- d) Errores de calibración y predicción. En cuanto al primer tipo de errores provienen de la utilización de técnicas de calibración parcialmente inexactas, ya que la generalidad de los modelos se resuelve en forma iterativa y no posee solución matemática exacta; y el segundo tipo de errores se da en la predicción a futuro de las variables independientes del modelo.
- e) Errores de transferencia, al usar un modelo desarrollado para A (cierta área o época) en B (otra área o época), aun con los ajustes necesarios.

2.3. Diagrama de flujo de la metodología

El presente acápite muestra de manera estructurada, a través de un diagrama de flujo, los pasos a seguir para cada parte que componen la metodología mostrada en la presente tesis. Así mismo, se pretende mostrar de manera general lo que cada etapa de la metodología conlleva conocer y/o calcular.

La **Figura 31** muestra el procedimiento necesario a seguir en los trabajos de campo y gabinete en cualquier tipo de proyecto, hasta la obtención del IMDA. Además, se muestra el procedimiento para la proyección del cálculo del tránsito futuro.

Es importante la aplicación de cada uno de los pasos descritos para la obtención correcta del IMDA, ya que es un parámetro que constituye un punto de partida para otros análisis de los proyectos de ingeniería vial como son:

- Diseño de paquete estructural de un pavimento.
- Diseño por capacidad de una vía o intersección.
- Diseño operacional de una intersección controlada. (semaforización)

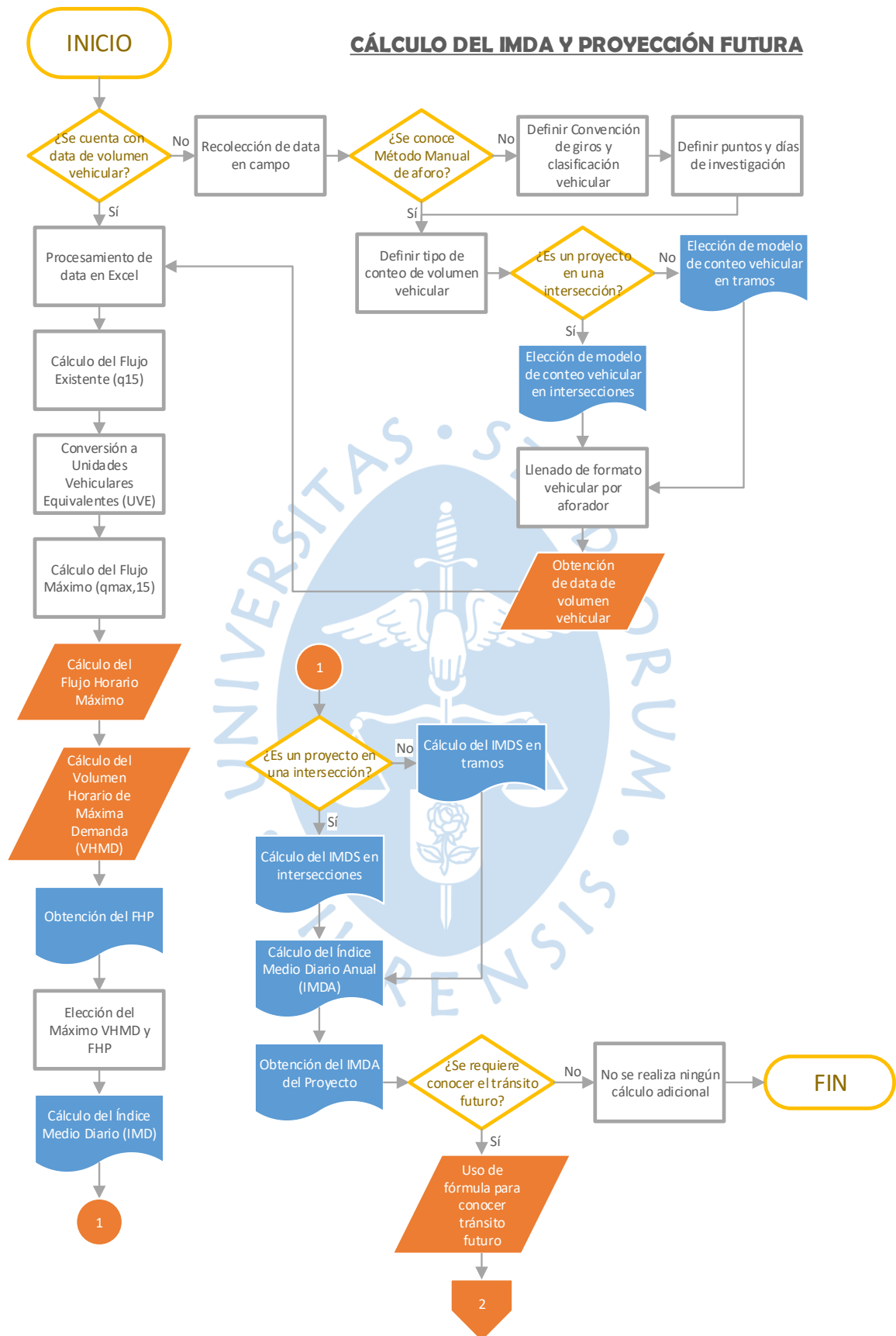


Figura 31.- Diagrama de flujo para cálculo del IMDA y proyección futura en proyectos en general.
Fuente: Elaboración propia.

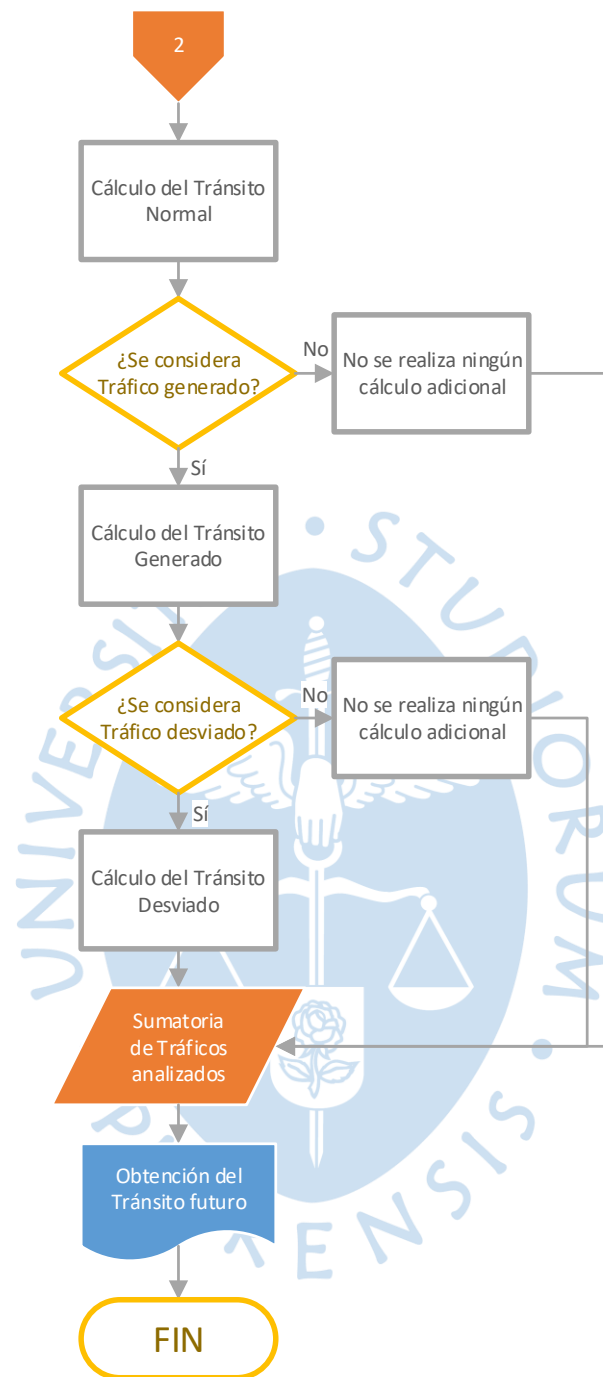


Figura 31.- Diagrama de flujo para cálculo del IMDA y proyección futura en proyectos en general. (Continuación)

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 3

Aplicación de metodología al Proyecto Remodelación de la Av. Sánchez Cerro

En este capítulo se presentan los alcances básicos del proyecto realizado en el año 2010 denominado “Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, tramo Av. Gullman – Av. Chulucanas – Distrito de Piura, Provincia de Piura – Piura”, con el fin de entender la situación vial y conocer los parámetros usados para el cálculo del IMDA del proyecto en dicho año. Así mismo, con los parámetros usados en el proyecto del año 2010, se realiza el cálculo del IMDA basándose en la data obtenida del Plan de Desvíos del año 2016. Así, los resultados del IMDA que se obtengan en las intersecciones de la Av. Sánchez Cerro con Av. Chulucanas y Av. Sánchez Cerro con Av. Gullman, serán los correspondientes al año 2016. Por último, con el fin de entender el procedimiento en el cálculo del tránsito futuro, se realiza la proyección futura en 20 años tomando como base el IMDA del 2016, para las intersecciones antes mencionadas.

3.1. Alcance del proyecto

El proyecto de “Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, Tramo Av. Gullman – Av. Chulucanas – Distrito de Piura, Provincia de Piura – Piura”, pretende solucionar las condiciones de Infraestructura de Transportes contribuyendo a una mayor eficiencia de los servicios, reducción del tiempo de recorrido y brindar la seguridad correspondiente a usuarios y transportistas. (Gobierno Regional de Piura, 2015, p. 44).

El plazo de ejecución del proyecto, es de 270 días calendario, el cual comprende la ejecución de las obras físicas del Proyecto. (Gobierno Regional de Piura, 2015).

Además de acuerdo al Ministerio de Economía y Finanzas (2018), el monto actualizado del proyecto al 01/10/2018 asciende a los S/. 96'085,446.26 soles.

La **Figura 32** muestra los dos tramos correspondientes al área de intervención del proyecto. Las metas a ejecutar para cada tramo en estudio son las siguientes:

TRAMO N° I: Desde Av. Chulucanas hasta Óvalo Cáceres

- Construcción de Auxiliares a lo largo del tramo.
- Ampliación de calzada principal.
- Construcción de veredas de concreto y martillos adoquinados.
- Se incluye además la reubicación de postes de alumbrado público, postes de teléfono, postes de media tensión y buzones de teléfono y desagüe.
- Pintado y señalización horizontal y vertical de la vía.

TRAMO N° II: Desde Óvalo Cáceres hasta Av. Hasta Av. Gullman

- Construcción de Auxiliares a lo largo del tramo.
- Rehabilitación y ampliación de la calzada principal.
- Construcción de veredas de concreto y martillos adoquinados.
- Se incluye además la reubicación de postes de alumbrado público, postes de teléfono, postes de media tensión y buzones de teléfono y desagüe.
- Pintado y señalización horizontal y vertical de la vía.
- Construcción de un paso a desnivel de 300 m de luz aproximadamente.

En cuanto al valor referencial del proyecto, se recoge del Portal de Búsqueda del SEACE información importante, la cual se resume en la **Tabla 7**.

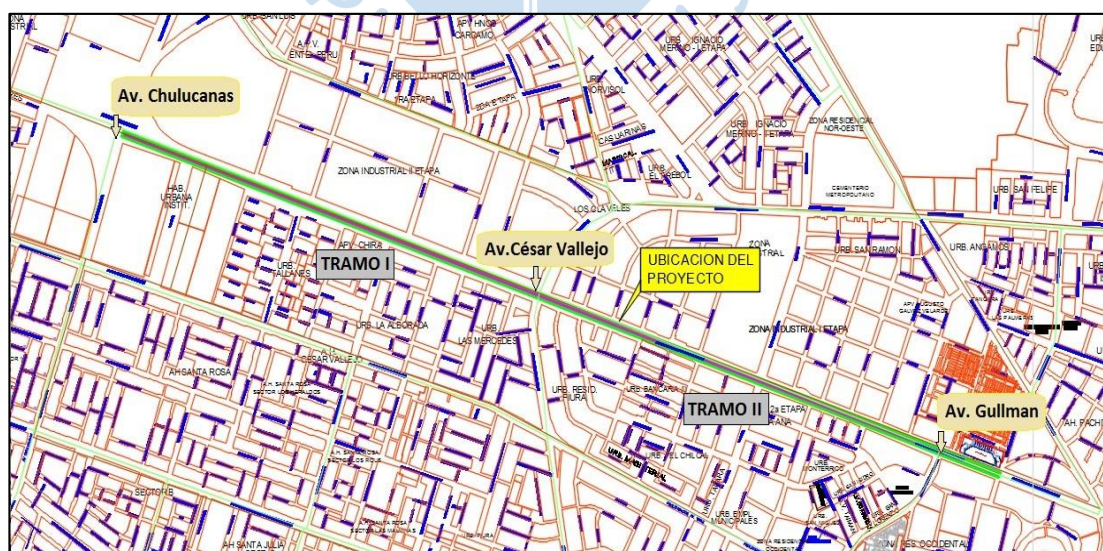


Figura 32. Área de intervención del proyecto: “Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro Tramo Av. Gullman – Av. Chulucanas – Distrito de Piura, Provincia de Piura”.

Fuente: Instituto Metropolitano de Planificación. (2010). Elaboración propia.

Tabla 7. Presupuesto referencial del Proyecto.

RUBRO	SOLES (S/.)
COSTO DIRECTO	S/. 43,266,421.52
GASTOS GENERALES (10%)	S/. 4,326,642.15
UTILIDAD (10%)	S/. 4,326,642.15
SUB TOTAL	S/. 51,919,705.82
IMPUESTO I.G.V. (18%)	S/. 9,345,547.05
PRESUPUESTO BASE	S/. 61,265,252.87

Fuente: Bases integradas del proceso RES N°002-2015/LEY 29230/GRP. Gobierno Regional de Piura. (2015). Elaboración propia.

La fecha de inicio de los trabajos en la Av. Sánchez Cerro fue en Junio 2016, con el inicio del conteo para la realización del Plan de Desvíos, previo al cierre de las calles y avenidas del área de proyecto. El avance de obra a la fecha de realización de esta investigación, se refleja en las siguientes figuras capturadas el día 09 de Octubre del 2018, donde se observan muchas de las partidas finalizadas, tales como paquete estructural de la calzada principal y vías auxiliares, construcción de veredas, pintado de señalización sobre calzadas, señalización vertical, ubicación de paraderos, sembrado de áreas verdes e instalación de redes eléctricas y sanitarias.

La **Figura 33** muestra la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas, en donde el paquete estructural se encuentra finalizado.



Figura 33. Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.
Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

La **Figura 34** y **Figura 35** muestra el detalle del Muro New Jersey, así como la construcción de cunetas y tratamiento de áreas verdes a largo de la Av. Sánchez Cerro, respectivamente.



Figura 34. Construcción de muro New Jersey como separador de vías principales.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.



Figura 35. Construcción de nueva calzada de asfalto, cunetas y sembrado de áreas verdes.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

La **Figura 36** muestra el avance en obra correspondiente a la calzada auxiliar compuesta por bloques de concreto. Además, en la **Figura 37** se aprecia la transición entre vía auxiliar y vía principal en la Av. Sánchez Cerro. Ambas figuras muestran el gran avance en cuanto a señalización, instalaciones y áreas verdes.

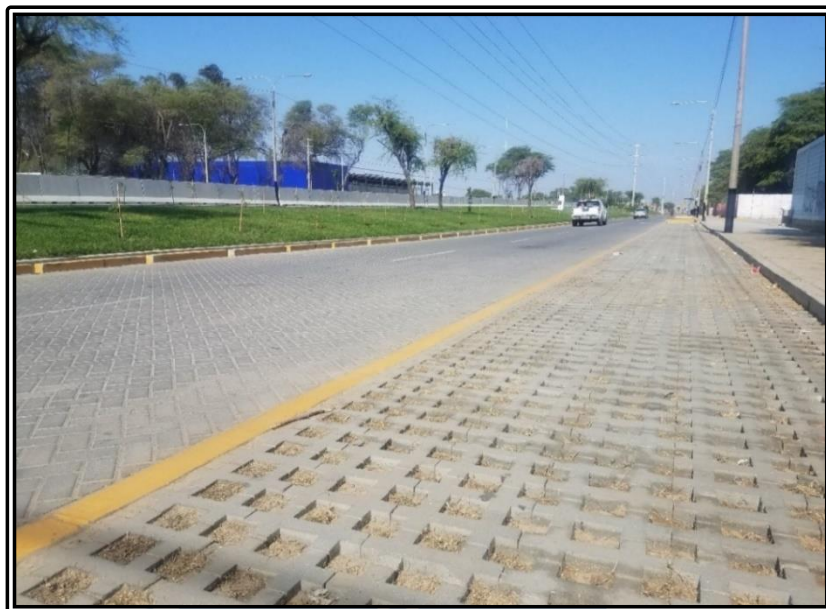


Figura 36. Construcción de calzada auxiliar con bloques de concreto y de redes eléctricas a lo largo de Av. Sánchez Cerro.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.



Figura 37. Transición de ingreso de vía auxiliar hacia vía principal.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

En la **Figura 38** se aprecia la ubicación de paraderos de buses, con su respectiva señalización; y en la **Figura 39** se muestran redes de drenaje entre vía principal y auxiliar en el eje de estudio del proyecto.



Figura 38. Ubicación de paraderos en puntos estratégicos, señalización vertical y pintura sobre calzada.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.



Figura 39. Construcción de badenes y alcantarillas para drenaje de aguas pluviales.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

En la **Figura 40** se muestra el paso a desnivel de 300 m de longitud ubicado en la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman. Por último, en la **Figura 41** se aprecian las nuevas veredas y calzadas; y también se observan los flujos vehiculares y peatonales en la intersección anteriormente mencionada.

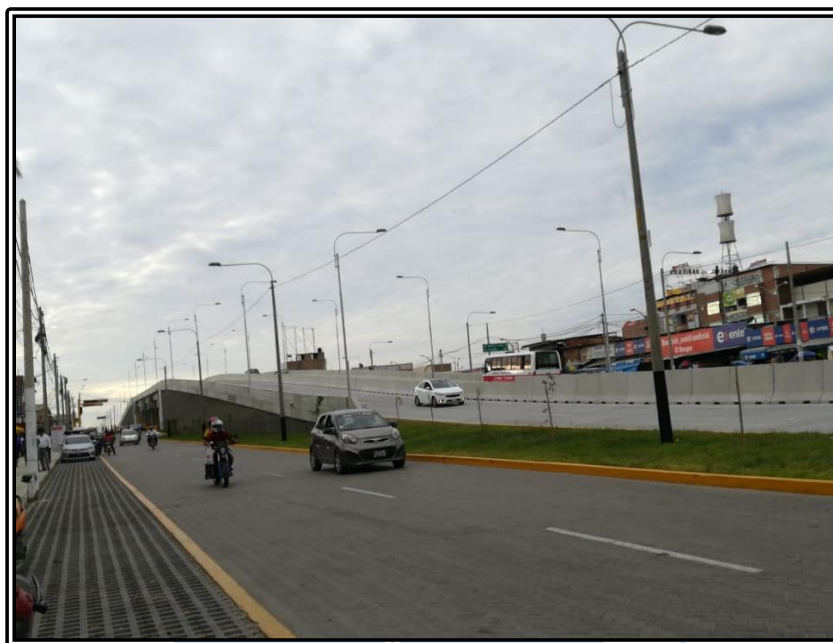


Figura 40. Construcción de paso desnivel en Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

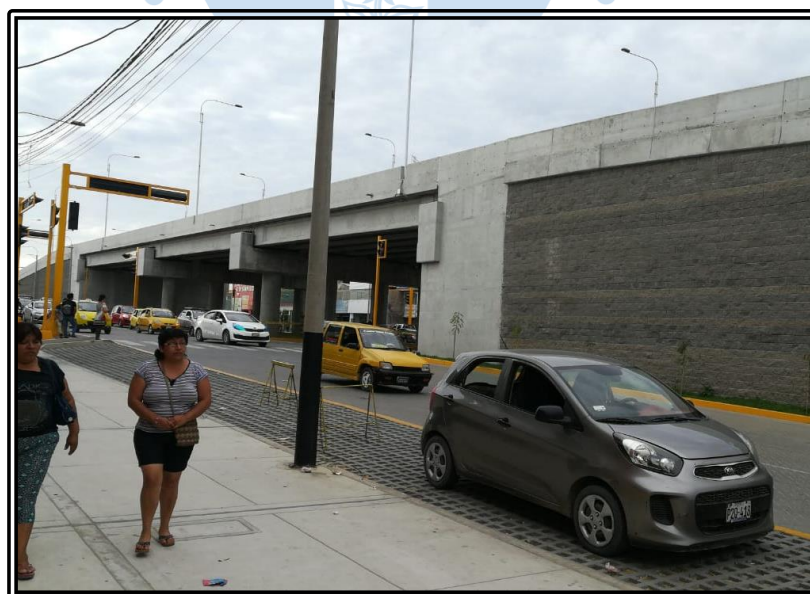


Figura 41. Tránsito vehicular y peatonal en Intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia. Captura del 09 de Octubre del 2018.

3.2. Problemática en eje de estudio

La vía en estudio, antes del inicio de los trabajos de mejoramiento y rehabilitación, presentaba un alto volumen peatonal y vehicular, compuesto por transporte público, privado y de carga. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010).

De acuerdo al estudio de tránsito, tráfico y transporte realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación (2010), las intersecciones de la Av. Sánchez Cerro con vías perpendiculares tienen problemas de caos, congestión, contaminación sonora, contaminación ambiental y demoras en el tiempo de viaje, siendo el mayor centro de atracción y generación de viajes, la intersección de la Av. Sánchez Cerro con la Av. Gullman, en donde se constató que existen agencias de viaje de transporte urbano, interurbano e interprovincial, además de estar ubicado el mercado de Piura, los centros de abastos y restaurantes.

La vía en estudio ha venido presentando mal funcionamiento y operación, por causas descritas a continuación, y que han desencadenado no sólo problemas de transitabilidad vehicular, sino en un problema social que afecta la ciudad de Piura.

3.2.1. Situación actual de accidentes

En el año 2016, Piura fue el quinto departamento con mayores casos registrados de accidentes de tránsito a nivel nacional, tal como se muestra en la **Tabla 8**. Con el buen desarrollo de este proyecto, se espera que la tendencia de accidentes atribuidos a un mal diseño vial pueda disminuir.

3.2.2. Situación actual del transporte

La moto lineal como transporte público, ha venido generando informalidad, accidentes e incluso acciones delictivas. Su gran acogida y posicionamiento en la ciudad, se debe al inferior precio y rapidez que ésta significaba con respecto a otros medios. En el año 2015, el departamento de Piura tuvo el mayor registro de motos lineales, sólo por debajo de Lima y San Martín, tal como se puede apreciar en la **Tabla 9**.

Tabla 8. Denuncias de accidentes de tránsito fatales y no fatales, por departamento, 2013-2016.

Departamento	2013		2014		2015		2016	
	Fatales	No fatales	Fatales	No fatales	Fatales	No fatales	Fatales	No fatales
Total	2 322	116 487	2 449	121 337	2 871	114 177	2 175	87 129
Amazonas	33	665	34	829	29	800	29	599
Áncash	114	3 644	91	3 866	113	3 157	126	1405
Apurímac	43	1 374	45	1 325	47	1 150	81	282
Arequipa	159	8 051	175	8 124	179	6 553	128	5282
Ayacucho	43	1 559	83	1 677	65	1 724	74	896
Cajamarca	66	2 269	95	2 344	80	2 175	99	1213
Callao	36	3 959	42	4 027	48	4 071	17	3413
Cusco	159	5 704	155	6 082	156	4 838	148	3218
Huancavelica	38	638	36	725	67	665	36	259
Huánuco	43	1 424	55	1 656	59	1 376	38	2029
Ica	105	3 551	74	3 301	91	2 228	97	950
Junín	200	4 181	137	4 085	103	2 776	98	2280
La Libertad	191	6 134	166	6 159	154	5 491	168	4536
Lambayeque	61	3 711	72	3 568	79	3 572	57	2747
Lima	409	54 634	458	59 602	922	61 256	405	48899
Provincia de Lima 1/	270	50 946	320	55 379	727	57 352	-	-
Región Lima 2/	139	3 688	138	4 223	195	3 904	-	-
Loreto	22	465	14	623	25	653	23	336
Madre de Dios	35	468	23	428	30	552	25	583
Moquegua	33	998	20	872	29	674	28	531
Pasco	24	565	27	613	37	392	14	30
Piura	102	5 452	115	4 797	111	4 451	125	3355
Puno	259	1 617	338	1 476	250	1 390	165	600
San Martín	77	1 874	119	2 326	101	1 953	97	1905
Tacna	38	1 614	42	1 247	33	906	28	882
Tumbes	7	670	15	446	22	422	21	513
Ucayali	24	1 267	17	1 140	41	952	48	386

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – V Censo Nacional de Comisarias 2016.

La moto taxi es la modalidad más numerosa e informal de la ciudad de Piura, debido a que no existe formalidad para su regularización. Esto ha venido generando congestión vehicular en muchas intersecciones y a lo largo de la vía, además de agravar el problema de la contaminación ambiental y auditiva por el pésimo estado de conservación de sus unidades.

En la **Tabla 10**, se aprecia que el departamento de Piura es el quinto lugar con mayor registro de moto taxis en el país. El crecimiento de este tipo de vehículo de manera desordenada es un indicador del problema latente que tiene la ciudad de Piura.

La problemática del transporte en taxi se ha venido incrementando informalmente, debido a que no existen límites de inscripción para los vehículos que prestan el servicio. El Instituto Metropolitano de Planificación (2010) estimó

alrededor de 8 000 unidades en el año 2010, donde el 70% del total de vehículos tenían más de 10 años de antigüedad.

Tabla 9. Registro de motocicletas, por departamento, 2010-2015.

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	122 868	152 822	170 220	121 303	171 305	164 067
Amazonas	2 425	3 467	2 950	1 803	2 263	1 948
Áncash	857	1 148	1 653	1 412	2 683	2 934
Apurímac	269	245	460	623	876	826
Arequipa	3 924	4 304	5 619	4 052	5 428	4 236
Ayacucho	1 581	1 995	2 506	2 054	3 374	2 670
Cajamarca	6 635	9 515	9 730	6 018	7 896	7 593
Cusco	4 420	7 141	7 183	5 399	8 127	6 574
Huancavelica	27	86	211	201	354	254
Huánuco	6 691	6 613	7 712	5 707	8 354	7 683
Ica	2 618	3 262	4 421	2 658	3 988	4 274
Junín	6 072	9 798	8 066	4 773	7 074	8 084
La Libertad	4 285	5 745	8 394	6 792	8 391	7 021
Lambayeque	6 674	9 120	11 177	6 261	9 655	9 106
Lima	30 352	38 495	45 318	36 372	47 326	47 853
Loreto	12 478	8 480	8 057	5 709	8 127	8 045
Madre de Dios	5 016	6 285	5 878	3 290	4 608	4 109
Moquegua	265	192	319	220	251	117
Pasco	45	147	241	208	448	365
Piura	7 352	9 565	12 335	8 059	11 636	11 536
Puno	3 157	3 937	5 275	4 048	5 424	5 752
San Martín	10 189	14 325	12 821	8 633	13 609	13 722
Tacna	1 174	1 399	1 508	1 116	1 757	1 248
Tumbes	243	341	445	343	391	238
Ucayali	6 119	7 217	7 941	5 552	9 265	7 879

Fuente: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

Por último, la ciudad de Piura posee un transporte masivo Urbano – Interurbano caótico, evidenciado en la instalación de pseudos terminales en zonas urbanas y superpobladas como es el caso de la Avenida Sánchez Cerro, en donde la accesibilidad es dificultosa y genera congestión y contaminación ambiental. Algunos de los principales terminales ubicados en dicho tramo, son los siguientes:

- Agencia de Transporte Interprovincial Piura – Paita.
- Agencia de Transporte EMTRAFESA.

- Agencia de Transporte CHICLAYO.
- Agencia de Transporte EPPO.
- Agencia de Transporte ITTSA.
- Agencia de Transporte Interprovincial LINEA.

Tabla 10. Registro de mototaxis, por departamento, 2010-2015.

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	88 981	109 620	109 818	71 315	104 336	102 520
Amazonas	1 421	2 266	1 323	846	987	1 111
Áncash	321	559	468	358	683	617
Apurímac	2	6	14	30	119	208
Arequipa	315	649	941	559	703	562
Ayacucho	212	289	417	274	535	292
Cajamarca	2 843	3 807	3 517	1 987	2 428	2 769
Cusco	748	1 136	745	463	879	489
Huancavelica	-	2	17	13	41	5
Huánuco	2 072	2 235	2 559	1 455	1 812	1 670
Ica	298	1 096	1 043	239	736	1 220
Junín	1 666	2 463	2 270	1 401	2 259	2 458
La Libertad	1 433	1 325	1 505	1 139	1 839	1 109
Lambayeque	11 004	15 002	14 832	8 693	13 243	14 872
Lima	34 991	45 176	46 574	32 346	47 941	44 855
Loreto	7 211	4 165	4 013	2 647	3 967	4 123
Madre de Dios	898	1 123	1 273	704	908	1 015
Moquegua	20	38	35	20	69	64
Pasco	1	7	8	27	62	44
Piura	7 834	8 704	8 893	5 609	6 481	6 347
Puno	2 208	3 550	4 918	3 228	3 699	3 665
San Martín	7 108	8 825	6 624	4 023	6 602	8 024
Tacna	227	264	501	307	548	494
Tumbes	141	169	242	138	144	65
Ucayali	6 007	6 764	7 086	4 809	7 651	6 442

Fuente: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

3.2.3. Situación actual de la infraestructura vial

De acuerdo al Instituto Metropolitano de Planificación (2010), el tramo I de 1.67 km aproximadamente de extensión (ver **Figura 32**) tiene problemas de desgaste en calzada, en ambos carriles, con pintura de señalización horizontal desgatada en el pavimento, con vía deteriorada y con mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes

de tránsito. Además de no contar con dispositivos de control de tránsito ni señales verticales necesarias.

En el tramo II de 1.65 km (ver **Figura 32**) la sección recomendada por la Oficina de Planificación Territorial no cumple con el Plan Director vigente. Así como las vías auxiliares no se integran con las vías principales. La rasante de la vía central, está por encima de las vías auxiliares, con taludes deslizados, cubriendo parte de las vías auxiliares y convirtiéndose en zona de botadora de basura. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010).

En líneas generales, el pavimento asfáltico se encontraba bastante deteriorado con rasante de poca pendiente, enterrado en parte por deslizamiento del suelo de los taludes de la vía central y con veredas de concreto hidráulico con ancho variable y estado de conservación de regular a malo, con roturas y fisuras, y con tramos longitudinales parchados, producto de instalaciones de redes subterráneas de servicios públicos. Existen zonas con pavimento rígido de losas de concreto hidráulico con un desgaste prematuro. Así como vías auxiliares sin pavimentar, lo cual las hace poco transitables. (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010)

3.3. Desarrollo de metodología

En este acápite se utilizará la información recogida del Plan de Desvíos de la Remodelación de la Av. Sánchez Cerro del año 2016, para realizar el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA) con el fin de aplicar paso a paso la metodología descrita en el Capítulo 2. La elaboración del Plan de Desvíos estuvo a cargo de la empresa CYF TODO TERRENO S.R.L. y tuvo al Ing. Jorge Timaná Rojas como consultor. La información utilizada para el desarrollo de esta tesis, consistió en el uso de los volúmenes vehiculares que son parte de los conteos vehiculares realizados para el Plan de Desvíos.

Luego, contando con la información del IMDA y tránsito proyectado en el Estudio de Tránsito, Tráfico y Transporte realizado por la Municipalidad Provincial de Piura en el año 2010 a través del Instituto Metropolitano de Planificación, se podrá verificar si la información proyectada para el año 2016 con data del año 2010, se asemeja a la

calculada por la metodología aplicada en esta tesis y que tuvo como base la data del Plan de Desvíos del año 2016.

Realizar el análisis para todas las intersecciones del Proyecto supone un exceso de cálculos, por lo que se decidió que los puntos a analizar son la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas correspondiente al Tramo I y la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman correspondiente al Tramo II, dado que proporcionarán información del punto inicial y final del proyecto, respectivamente.

En la **Tabla 11** y **Tabla 12** se muestran los factores utilizados por el Consultor en el cálculo del IMDA, y en el conteo vehicular del Plan de Desvíos realizado en el año 2016.

Tabla 11. Factores por tipo de vehículo para obtener las unidades vehiculares equivalentes.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR
MOTO LINEAL	0.2
MOTO TAXI	0.33
AUTO	1
PICK UP	1
COMBI	1.25
MICRO	1.5
BUS	2
CAMIONES 2 EJES	3
CAMIONES > 2 EJES	5

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

Tabla 12. Factores por tipo de maniobra y tipo de giro para obtener las unidades vehiculares equivalentes.

TIPO DE MANIOBRA	FACTOR	GIRO PROTEGIDO	
IZQUIERDA	1	SI	1
DE FRENTE	1	NO	0
DERECHA	1		
DERECHA AUXILIAR	1		
IZQUIERDA AUXILIAR	1		
IZQUIERDA PROTEGIDA	1		

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

Estos factores son utilizados para convertir los vehículos físicos contados a unidades vehiculares equivalentes y se basan en los factores propuestos por el Ministerio de Economía y Finanzas. Dichos factores se asemejan a los presentados en las tablas del **Anexo A**, pero para la realización del Plan de Desvíos, el Consultor tomó los factores descritos en la **Tabla 11** y **Tabla 12**.

3.3.1. Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas

Los movimientos identificados y realizados por los conductores en esta intersección son doce en total, así como cuatro accesos posibles reconocidos en este punto, los cuales son descritos en el flujograma de la **Figura 42**.

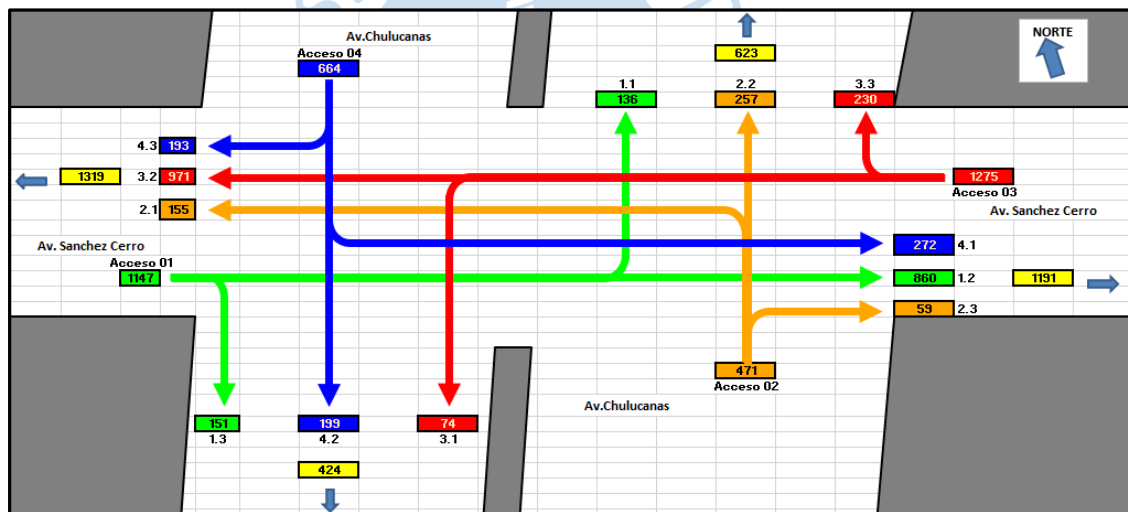


Figura 42. Flujograma de intersección en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas en hora punta.
Fuente: Timaná. (2016)^b.

Para la realización del Plan de Desvíos vehicular del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, se escogió el mes de Julio, debido a que se necesita el comportamiento vehicular en el momento previo de los trabajos iniciales de la Obra, ya que no se buscaba encontrar variables estandarizadas sino simplemente conocer volúmenes vehiculares actuales para la mejor toma de decisiones en cuanto al desvío del tránsito durante el desarrollo del proyecto en mención.

Para el análisis de esta intersección, la empresa CYF TODO TERRENO, teniendo como responsable de los conteos vehiculares al Ing. consultor Jorge Timaná

Rojas, eligió 3 días representativos de conteo de 16 horas (06:00 am – 10:00 pm), cuya información fue almacenada por intervalos de quince minutos.

Los días elegidos fueron:

- Día 1 de conteo: Viernes 08 Julio 2016 (Día laborable)
- Día 2 de conteo: Sábado 09 Julio 2016 (Día no laborable)
- Día 3 de conteo: Lunes 11 Julio 2016 (Día laborable)

De acuerdo a la **Figura 43**, el día que presenta mayor flujo durante los tres días de conteo, es el día 03 (Lunes 11 de Julio 2016) donde se aprecia un flujo horario de 3557 vehículos equivalentes, seguido por el día 01 (Viernes 08 de Julio del 2016) con un flujo horario 3405 vehículos equivalentes, finalmente el día 02 (Sábado 09 de Julio del 2016) con un flujo horario vehicular de 3062 vehículos equivalentes. Estas cantidades son flujos horarios vehiculares obtenidos durante las 16 horas de conteo.

Acorde a la **Figura 43**, se procederá a realizar el análisis en esta intersección para el día lunes por ser el día que presenta mayor flujo vehicular de los tres aforados.

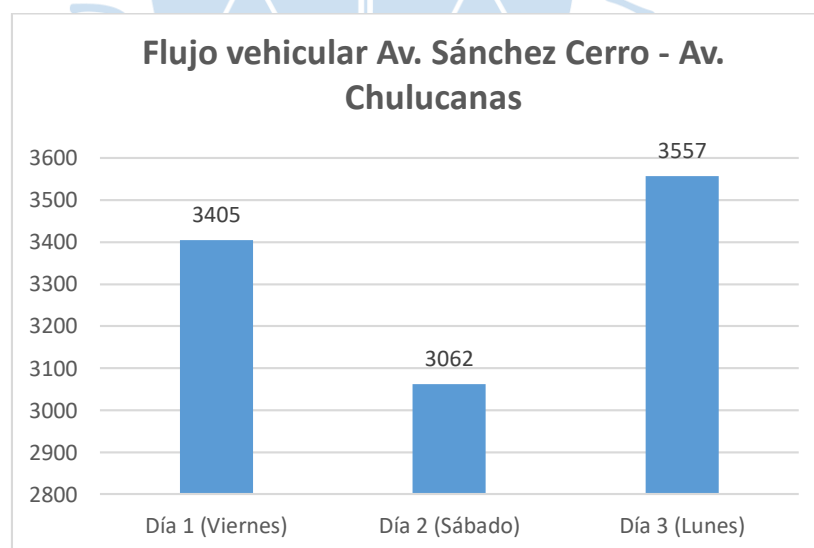


Figura 43. Flujo horario vehicular de Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas – Distrito y Provincia de Piura – Piura.

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

La hora punta de todo el día se registró de 07:15 a.m. a 08:15 a.m., presentando un total de 3557 vehículos equivalentes. De los cuales **471 vehículos provienen del**

Sur y de este total se dirigen al Este 59 vehículos, 257 vehículos se dirigen al Norte, 155 vehículos se dirigen al Oeste; **664 vehículos son provenientes del Norte** y de este total 272 vehículos se dirigen al Este, 199 vehículos al Sur y 193 vehículos al Oeste; **1275 vehículos son provenientes del Este** y de este total 971 vehículos se dirigen al Oeste, 230 vehículos se dirigen al Norte y 74 vehículos se dirigen al Sur; y **1147 vehículos son provenientes de Oeste** de los cuales 860 vehículos se dirigen al Este, 151 vehículos al Sur y 136 vehículos al Norte. La **Tabla 13** y **Figura 42** muestran los valores descritos para la intersección en análisis.

La **Tabla 13** muestra la composición vehicular para la intersección en estudio en donde se recoge que del total de los vehículos contabilizados: el 17% de los vehículos son motos lineales; el 45% son moto taxi; el 20%, son autos; 7%, son pick up; el 2% corresponden a combis; el 2% a micros; 2% para buses; 3% para camiones mayores de 2 ejes y por último el 2% corresponde a camiones mayores a 2 ejes.

Tabla 13. Flujos vehiculares para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3		
MOTO LINEAL	31	173	16	29	34	5	9	129	102	169	79	30	806	17%
MOTO TAXI	184	400	77	61	301	33	16	212	271	247	248	162	2212	45%
AUTO	32	251	15	15	106	10	18	250	81	104	58	53	993	20%
PICK UP	6	53	2	23	14	4	7	133	15	24	14	29	324	7%
COMBIS	1	29	1	4	6	0	0	26	11	11	5	8	102	2%
MICRO	0	23	17	20	1	18	20	17	0	0	0	0	116	2%
BUS	1	49	0	2	0	0	0	52	1	1	2	0	108	2%
CAMIONES 2 EJES	9	28	6	14	7	2	4	45	1	4	6	7	133	3%
CAMIONES >2 EJES	0	27	12	2	0	0	0	39	1	0	0	4	85	2%
TOTAL FÍSICOS	264	1033	146	170	469	72	74	903	483	560	412	293	4879	100%
VEHICULOS EQUIVALENTES	136	860	151	155	257	59	74	971	230	272	199	193	3557	
	Total: 1147			Total: 471			Total: 1275			Total: 664				

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

Así mismo, de la **Figura 44**, se obtiene que el vehículo predominante en esta intersección es la moto taxi.

Cabe precisar que las cantidades de los vehículos que realizan los giros son vehículos ya convertidos a vehículos equivalentes.

La clasificación vehicular, según modo de transporte y por cada acceso de la intersección en estudio, se observa en la **Tabla 14**, así como los porcentajes de incidencia, siendo los vehículos livianos el mayor porcentaje de incidencia, tal como se aprecia en la **Figura 45**.

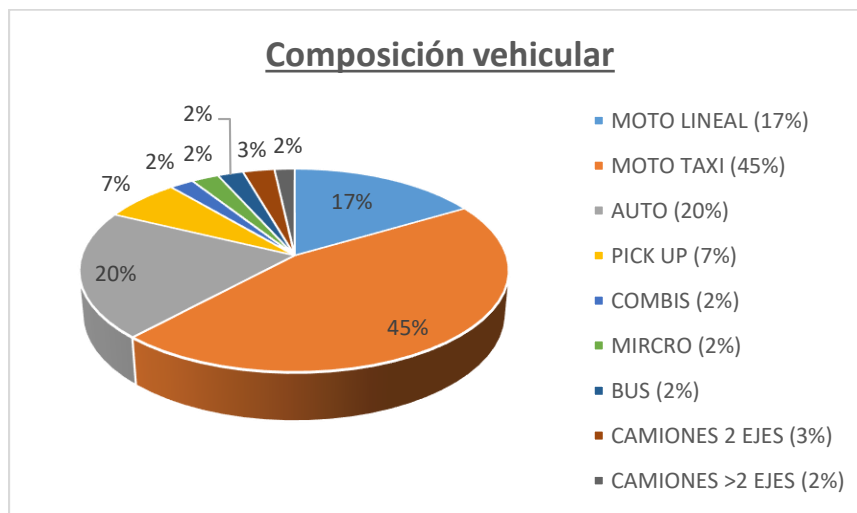


Figura 44. Composición vehicular para hora punta del día lunes de 07:15 a.m. a 08:15 a.m. en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

Tabla 14. Flujos vehiculares según modo de transporte para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

SEGÚN MODO DE TRANSPORTE	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3		
Vehículos Menores	68	168	29	26	107	12	7	96	111	116	98	60	898	25%
Vehículos Ligeros	39	375	44	73	129	41	55	441	110	142	78	92	1619	46%
Vehículos Pesados	29	317	78	56	21	6	12	434	10	14	22	41	1040	29%
% Transporte Pesado	21.00%	37.00%	52.00%	36.00%	8.00%	10.00%	16.00%	45.00%	4.00%	5.00%	11.00%	21.00%	29%	
TOTALES	136	860	151	155	257	59	74	971	231	272	198	193	3557	
%	3.82%	24.18%	4.25%	4.36%	7.23%	1.66%	2.08%	27.30%	6.49%	7.65%	5.57%	5.43%		

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

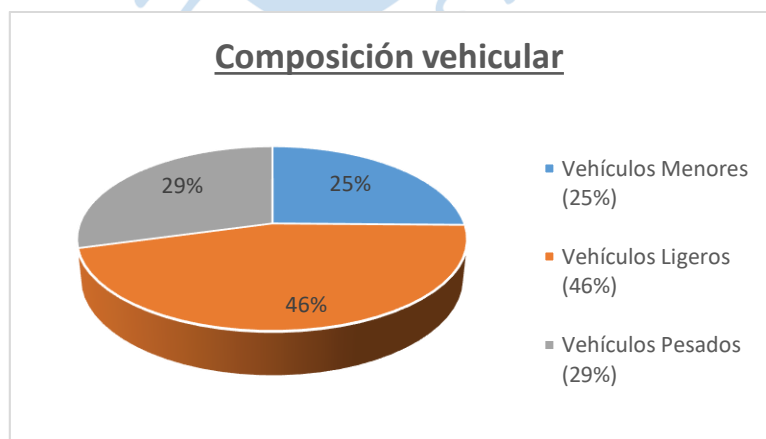


Figura 45. Composición según modo de transporte para hora punta del día lunes de 07:15 a.m. a 08:15 a.m.

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

• CÁLCULO DEL IMDA

Datos utilizados: (Ver **Anexo B**)

- ✓ Factor de Corrección de estación de Peaje Piura Sullana
- ✓ Mes de conteo: Julio
- ✓ Factor de Corrección Ligeros: 0.9965
- ✓ Factor de Corrección Pesados: 0.9915

El sustento del cálculo del tránsito diario (TD) por hora para los tres días de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas se presenta en el **Anexo C**.

Se debe tener en cuenta que dichos volúmenes vehiculares, deberán ser convertidos a vehículos equivalentes utilizando los factores por tipo de vehículos (TV) indicados en la **Tabla 11**.

Por lo tanto, los volúmenes vehiculares equivalentes para cada día de conteo serán obtenidos del producto de la columna denominada Vehículos contados y la columna denominada Factor TV, indicados en la **Tabla 15**. Además, estos volúmenes vehiculares equivalentes serán almacenados dentro de la columna denominada Tránsito Vehicular por hora, tal como se indica en la **Tabla 16**.

Tabla 15. Vehículos equivalentes por tipo de vehículo para cada día de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR TV	Día 1		Día 2		Día 3	
		VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES	VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES	VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES
MOTO LINEAL	0.2	784	157	603	121	806	161
MOTO TAXI	0.33	2010	671	1611	537	2212	737
AUTO	1	822	822	604	604	993	993
PICK UP	1	303	303	281	281	324	324
COMBIS	1.25	76	95	48	60	102	128
MICRO	1.5	143	215	154	231	116	174
BUS	2	99	198	92	184	108	216
CAMIONES 2 EJES	3	128	384	168	504	133	399
CAMIONES >2 EJES	5	112	560	108	540	85	425

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

Con los vehículos equivalentes para cada día de conteo, se realizará el cálculo del IMDS e IMDA siguiendo la **Ecuación 9**.

Por lo tanto, los resultados se obtendrán de la siguiente manera:

$$Total\ semana = 5 * (TD_{lab,1} + TD_{lab,2}) + 2 * TD_{no\ lab}$$

$$IMDS = \frac{Total\ semana}{7}$$

$$IMDA = IMDS * FC$$

Para el caso de vehículos livianos, es decir menores y ligeros, se usará el FC ligeros, ya que como anteriormente se mencionó, para los vehículos menores se hará uso de los factores de corrección de los vehículos ligeros, por sus similares características. A manera de ejemplo se hará el cálculo del IMDS e IMDA para el caso de la moto lineal:

$$Total\ semana = 5 * (157 + 161) + 2 * 121 = 1832\ uve$$

$$IMDS = \frac{1832}{7} = 262\ uve$$

$$IMDA = 262 * 0.9965 = 261\ uve$$

Los vehículos equivalentes para los tres días de conteo se obtuvieron de la fila denominada moto lineal, de la **Tabla 15**.

Para el caso de vehículos pesados, se usará el FC pesados, como en el caso de buses:

$$Total\ semana = 5 * (198 + 216) + 2 * 184 = 2438\ uve$$

$$IMDS = \frac{2438}{7} = 348\ uve$$

$$IMDA = 348 * 0.9915 = 345\ uve$$

De la misma manera, los volúmenes vehiculares equivalentes utilizados para el cálculo del IMDA para buses fueron obtenidos de la fila denominada buses de la **Tabla 15**.

El proceso es repetitivo para cada tipo de vehículo, donde la sumatoria de los IMDA de cada fila arroja el IMDA total para la intersección en estudio. Todos los resultados se observan en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Cálculo del IMDA para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular por hora			Total	IMDs	FC	IMDa
	Vie 08	Sab 09	Lun 11	Semana	(vpd)		(vpd)
Moto lineal	157	121	161	1832	262	0.9965	261
Moto taxi	671	537	737	8114	1159	0.9965	1155
Auto	822	604	993	10283	1469	0.9965	1464
Pick Up	303	281	324	3697	528	0.9965	526
Combis	95	60	128	1235	176	0.9965	175
Micro	215	231	174	2407	344	0.9965	343
Bus	198	184	216	2438	348	0.9915	345
Camiones 2 ejes	384	504	399	4923	703	0.9915	697
Camiones > 2 ejes	560	540	425	6005	858	0.9915	851
Total	3405	3062	3557	40934	5848		5817

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 16** muestra el Índice Medio Diario Anual para cada tipo de vehículo, donde la sumatoria, proporciona el IMDA para la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas, que en este caso es la celda de color verde. Cabe resaltar que los volúmenes calculados en la **Tabla 16** contienen información en unidades vehiculares equivalentes, por lo que no debería confundirse con las Tablas del **Anexo C**, ya que estas últimas, contienen volúmenes vehiculares físicos provenientes del conteo vehicular.

En conclusión, para la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas, el Índice Medio Diario Anual para el año 2016 es de 5 817 vehículos por día.

$$IMDA_{calculado_{2016}} = 5\,817\,uve$$

- **PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO**

- a) Proyección del tráfico normal

Datos utilizados: (Ver **Tabla 2** y **Tabla 3**)

- Tasa de crecimiento poblacional anual Departamento de Piura: 0.90%
- Porcentaje de PBI Transporte terrestre a nivel nacional: 2.00%

La primera columna, correspondiente al año base 0 de la **Tabla 17**, son recogidas del cálculo anterior del IMDA.

Moto lineal: 261 uve

Moto taxi: 1155 uve

Auto: 1464 uve

Pick up: 526 uve

Combis: 175 uve

Micro: 343 uve

Bus: 345 uve

Camiones 2 ejes: 697 uve

Camiones > 2 ejes: 851 uve

Se empleará la **Ecuación 12** para la estimación del tránsito proyectado, aplicada a cada tipo de vehículo y para un determinado año proyectado “n”.

$$T_n = T_0(1 + i)^{(n-1)}$$

T_n = Tránsito proyecto al año n en vehículos por día (vpd)

T_0 = Tránsito actual (año base, cero) en vehículos por día (vpd)

n = Años del periodo de diseño

i = Tasa anual de crecimiento de tránsito

Para el caso de vehículos menores y ligeros, se hace uso de la tasa de crecimiento poblacional anual departamental de Piura. Las proyecciones de tráfico normal para moto lineal en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 261(1 + 0.9\%)^{(1-1)} = 261 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 261(1 + 0.9\%)^{(2-1)} = 263 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 261(1 + 0.9\%)^{(3-1)} = 266 \text{ uve}$$

.

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 261(1 + 0.9\%)^{(20-1)} = 309 \text{ uve}$$

Para el caso de vehículos pesados, se hace uso del porcentaje de PBI del transporte terrestre. Las proyecciones de tráfico normal para buses en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 345(1 + 2\%)^{(1-1)} = 345 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 345(1 + 2\%)^{(2-1)} = 352 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 345(1 + 2\%)^{(3-1)} = 359 \text{ uve}$$

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 345(1 + 2\%)^{(20-1)} = 503 \text{ uve}$$

El cálculo completo para cada tipo de vehículo y con una proyección a 20 años se muestra en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Proyección de tráfico normal para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

Tipo de vehículo	Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Moto lineal	0.9	261	261	263	266	268	271	273	275	278	280	283	285	288	291	293	296	299	301	304	307	309
Moto taxi	0.9	1155	1155	1165	1176	1186	1197	1208	1219	1230	1241	1252	1263	1275	1286	1298	1309	1321	1333	1345	1357	1369
Auto	0.9	1464	1464	1477	1490	1504	1517	1531	1545	1559	1573	1587	1601	1616	1630	1645	1660	1675	1690	1705	1720	1736
Pick Up	0.9	526	526	531	536	540	545	550	555	560	565	570	575	580	586	591	596	602	607	613	618	624
Combis	0.9	175	175	177	178	180	181	183	185	186	188	190	191	193	195	197	198	200	202	204	206	207
Micro	0.9	343	343	346	349	352	356	359	362	365	368	372	375	379	382	385	389	392	396	399	403	407
Bus	2	345	345	352	359	366	373	381	389	396	404	412	421	429	438	446	455	464	474	483	493	503
Camiones 2 ejes	2	697	697	711	725	740	754	770	785	801	817	833	850	867	884	902	920	938	957	976	995	1015
Camiones > 2	2	851	851	868	885	903	921	940	958	978	997	1017	1037	1058	1079	1101	1123	1145	1168	1192	1215	1240
Sub Total 1		5817	5817	5890	5964	6040	6116	6194	6273	6352	6434	6516	6599	6684	6770	6858	6946	7036	7128	7220	7314	7410

Fuente: Elaboración propia.

b) Proyección del tráfico generado

El estudio de tráfico, tránsito y transporte realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación en el año 2010, usó como incremento del tráfico generado el 10% del volumen registrado en dicho año. Por esta razón, para la data obtenida del año 2016, se tomará el mismo porcentaje de incremento para el cálculo

de la proyección del tráfico generado en la intersección en estudio, con el fin de tener igualdad de condiciones en el cálculo del tránsito futuro para ambos casos.

La columna correspondiente al año base 0 de la **Tabla 18**, se obtuvo de afectar la columna del año base 0 de la **Tabla 17** por el 10%. Se tienen los siguientes resultados:

$$\text{Moto lineal: } 10\% * 261 = 26 \text{ uve}$$

$$\text{Moto taxi: } 10\% * 1155 = 116 \text{ uve}$$

$$\text{Auto: } 10\% * 1464 = 146 \text{ uve}$$

$$\text{Pick up: } 10\% * 526 = 53 \text{ uve}$$

$$\text{Combis: } 10\% * 175 = 18 \text{ uve}$$

$$\text{Micro: } 10\% * 343 = 34 \text{ uve}$$

$$\text{Bus: } 10\% * 345 = 35 \text{ uve}$$

$$\text{Camiones 2 ejes: } 10\% * 697 = 70 \text{ uve}$$

$$\text{Camiones } > 2 \text{ ejes: } 10\% * 851 = 85 \text{ uve}$$

Una vez obtenida la primera columna perteneciente a la **Tabla 18**, se procede a utilizar la **Ecuación 12** para cada tipo de vehículo y para un determinado año proyectado “n”.

$$T_n = T_0(1 + i)^{(n-1)}$$

Para el caso de vehículos menores y ligeros, se hace uso de la tasa de crecimiento poblacional anual departamental de Piura.

Las proyecciones de tráfico normal para moto lineal en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 26(1 + 0.9\%)^{(1-1)} = 26 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 26(1 + 0.9\%)^{(2-1)} = 26 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 26(1 + 0.9\%)^{(3-1)} = 27 \text{ uve}$$

.

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 26(1 + 0.9\%)^{(20-1)} = 31 \text{ uve}$$

Para el caso de vehículos pesados, se hace uso del porcentaje de PBI del transporte terrestre.

Las proyecciones de tráfico normal para buses en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 35(1 + 2\%)^{(1-1)} = 35 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 35(1 + 2\%)^{(2-1)} = 35 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 35(1 + 2\%)^{(3-1)} = 36 \text{ uve}$$

.

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 35(1 + 2\%)^{(20-1)} = 50 \text{ uve}$$

El cálculo completo para cada tipo de vehículo y con una proyección a 20 años se muestra en la **Tabla 18**.

c) Proyección del tráfico desviado

Considerar la proyección del tráfico desviado y el porcentaje que éste debe tomar, es decisión del diseñador. Dado que la intención en el Capítulo 4 es comparar resultados y al no haber sido considerado este tipo de tráfico en el estudio realizado en el año 2010 por el diseñador, tampoco será considerado en los cálculos del tránsito futuro con data del año 2016.

Tabla 18. Proyección de tráfico generado para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

Tipo de vehiculo	Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Moto lineal	0.9	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	29	30	30	30	30	31	31
Moto taxi	0.9	116	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	129	130	131	132	133	135	136	137
Auto	0.9	146	146	148	149	150	152	153	154	156	157	159	160	162	163	164	166	167	169	170	172	174
Pick Up	0.9	53	53	53	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62
Combis	0.9	18	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21
Micro	0.9	34	34	35	35	35	36	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39	39	40	40	40	41
Bus	2	35	35	35	36	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
Camiones 2 ejes	2	70	70	71	73	74	75	77	78	80	82	83	85	87	88	90	92	94	96	98	100	102
Camiones > 2	2	85	85	87	89	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	115	117	119	122	124
Sub Total 2		582	582	589	596	604	612	619	627	635	643	652	660	668	677	686	695	704	713	722	731	741

Fuente: Elaboración propia.

De la sumatoria de los subtotales anteriores (sub total 1 y sub total 2) que corresponden a las proyecciones del tráfico normal y generado, respectivamente, se

obtiene la información descrita en el diagrama de la **Figura 46**, que responde al tránsito futuro proyectado a 20 años.

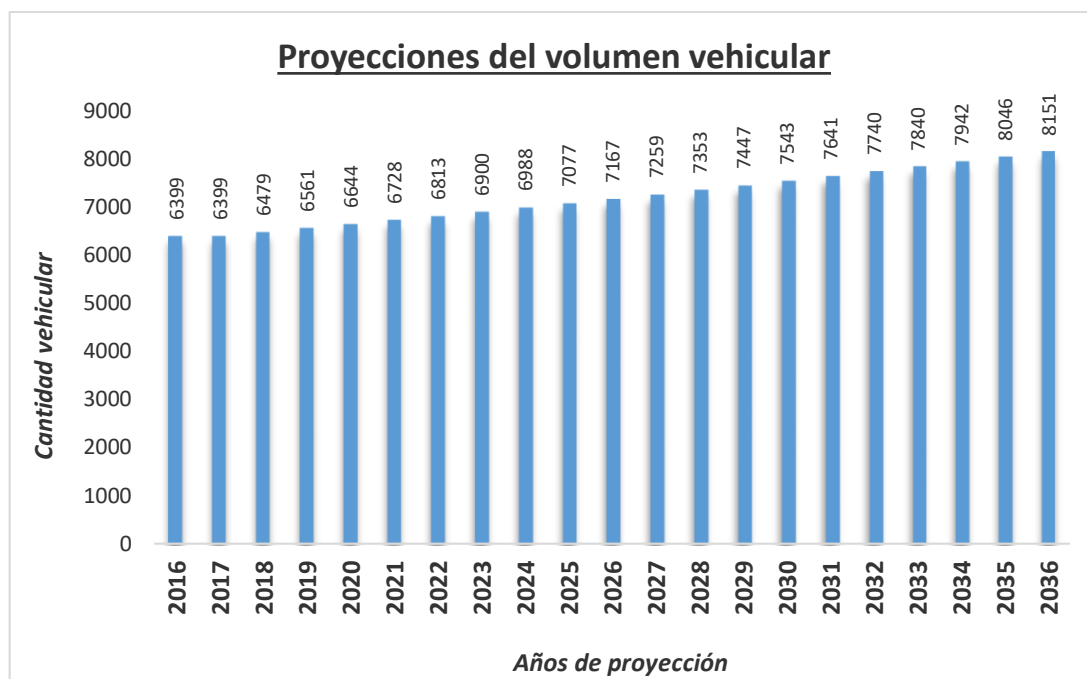


Figura 46. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman

Los movimientos identificados y realizados por los conductores en esta intersección son catorce en total, así como cuatro accesos posibles reconocidos en este punto, los cuales son descritos en el flujograma de la **Figura 47**.

Para el análisis de esta intersección, la empresa CYF TODO TERRENO, teniendo como responsable de los conteos vehiculares al Ing. consultor Jorge Timaná Rojas, eligió 3 días representativos de conteo de 16 horas (06:00 am – 10:00 pm), cuya información fue almacenada por intervalos de quince minutos.

Los días elegidos fueron:

- Día 1 de conteo: Viernes 15 Julio 2016 (Día laborable)
- Día 2 de conteo: Sábado 16 Julio 2016 (Día no laborable)
- Día 3 de conteo: Lunes 18 Julio 2016 (Día laborable)

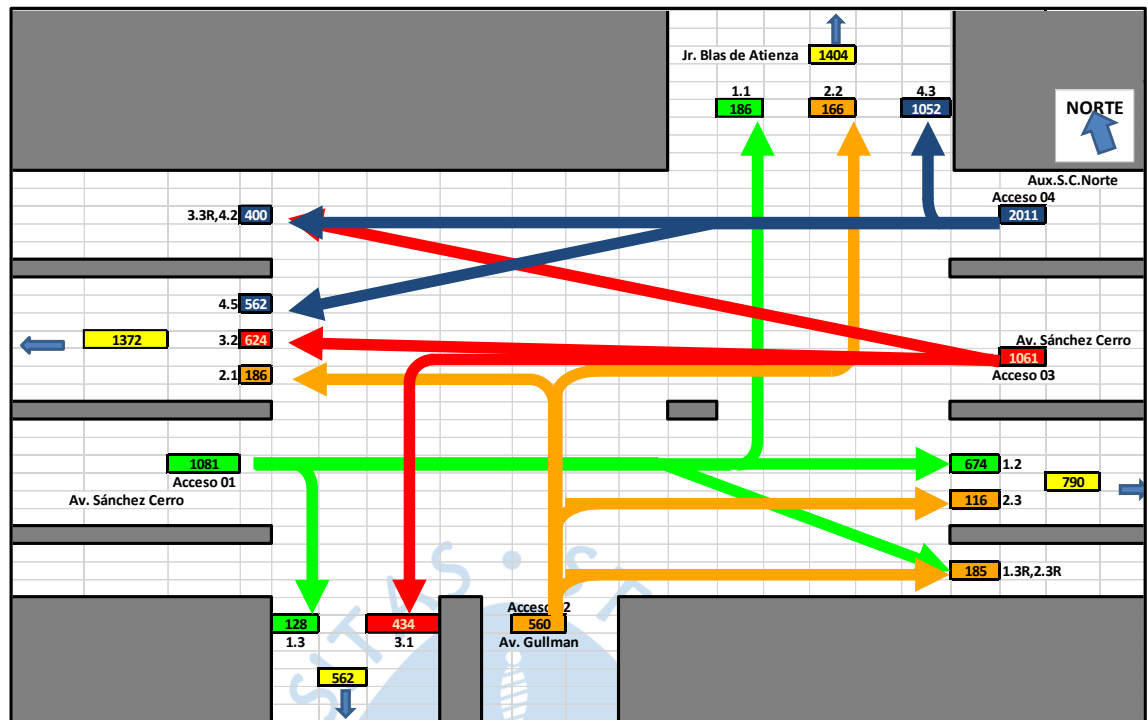


Figura 47. Flujograma de intersección en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman en hora punta.
Fuente: Timaná. (2016) ^b.

De acuerdo a la **Figura 48**, el día que presenta mayor flujo durante los tres días de conteo aforo, es el día 02 (Sábado 16 de Julio 2016) donde se aprecia un flujo horario de 4713 vehículos equivalentes, seguido por el día 01 (Viernes 15 de Julio del 2016) con un flujo horario 4314 vehículos equivalentes, finalmente el día 03 (Lunes 18 de Julio del 2016) con un flujo horario vehicular de 4145 vehículos equivalentes. Estas cantidades son flujos horarios vehiculares obtenidos durante las 16 horas de conteo.

Acorde a la **Figura 48**, se procederá a realizar el análisis en esta intersección para el día sábado por ser el día que presenta mayor flujo vehicular de los tres días aforados.

La hora punta de todo el día se registró de 12:45 p.m. a 13:45 p.m., presentando un total de 4713 vehículos equivalentes por hora. De los cuales **560 vehículos provienen del Sur**, y de este total se dirigen al Este 116 vehículos por la av. Principal y 92 por la vía auxiliar, 166 vehículos se dirigen al Norte, 186 vehículos se dirigen al Oeste, **1061 vehículos son provenientes del Este** y de este total 624 vehículos se dirigen al Oeste, 434 vehículos se dirigen al Sur, 3 se dirigen al Oeste y toman la vía auxiliar, **1081 vehículos son provenientes del Oeste** de los cuales 674 vehículos se

dirigen al Este, 128 vehículos al Sur, 186 vehículos al Norte, 93 vehículos al Este por la vía auxiliar y **2011 vehículos son provenientes de vía auxiliar Este**, de los cuales 397 vehículos se dirigen al Oeste por la vía alterna, 562 vehículos se dirigen al Oeste por la vía principal y 1052 vehículos se dirigen al Norte. La **Tabla 19** y **Figura 47** muestran los valores descritos para la intersección en análisis.

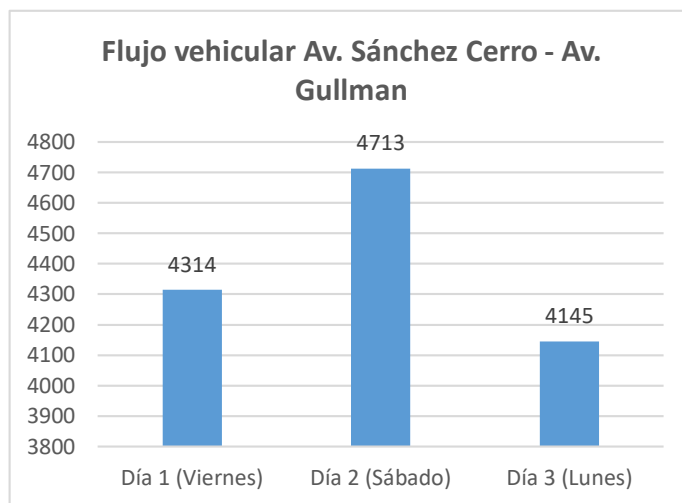


Figura 48. Flujo horario vehicular de Intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman– Distrito y Provincia de Piura – Piura.

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

Tabla 19. Flujos vehiculares para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01				Acceso 02				Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	1.3R	2.1	2.2	2.3	2.3R	3.1	3.2	3.3R	4.2	4.3	4.5		
MOTO LINEAL	100	165	18	18	37	77	14	28	38	72	1	74	110	70	822	15%
MOTO TAXI	102	59	72	127	238	74	1	121	0	2	0	13	0	4	813	14%
AUTO	120	338	57	34	52	97	44	37	348	462	3	338	972	493	3395	60%
PICK UP	6	94	12	2	10	16	11	9	11	29	0	14	34	9	257	5%
COMBIS	2	18	4	2	8	1	8	0	8	9	0	4	7	13	84	1%
MICRO	0	76	1	0	13	0	28	0	24	42	0	0	0	19	203	4%
BUS	0	11	5	2	4	0	3	0	9	16	0	0	0	0	50	1%
CAMIONES 2 EJES	1	2	0	0	0	4	0	0	1	4	0	7	5	0	24	0%
CAMIONES >2 EJES	0	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0%
TOTAL FÍSICOS	331	768	172	186	362	269	109	195	439	636	4	450	1128	608	5657	100%
VEHICULOS	186	674	128	93	186	166	116	92	434	624	3	397	1052	562	4713	
	Total: 1081				Total: 560				Total: 1061			Total: 2011				

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

La **Tabla 19** muestra la composición vehicular para la intersección en estudio en donde se recoge que del total de los vehículos contabilizados: el 15% de los vehículos son motos lineales; el 14% son moto taxi, el 60%, son autos; 5%, son pick

up; el 1% corresponden a combis; el 4% a micros; 1% para buses; 0% para camiones de 2 ejes y, por último, el 0% corresponde a camiones mayores a 2 ejes.

Así mismo, de la **Figura 49**, se obtiene que el vehículo predominante en esta intersección es el auto.

Cabe precisar que las cantidades de los vehículos que realizan los giros son vehículos ya convertidos a vehículos equivalentes.

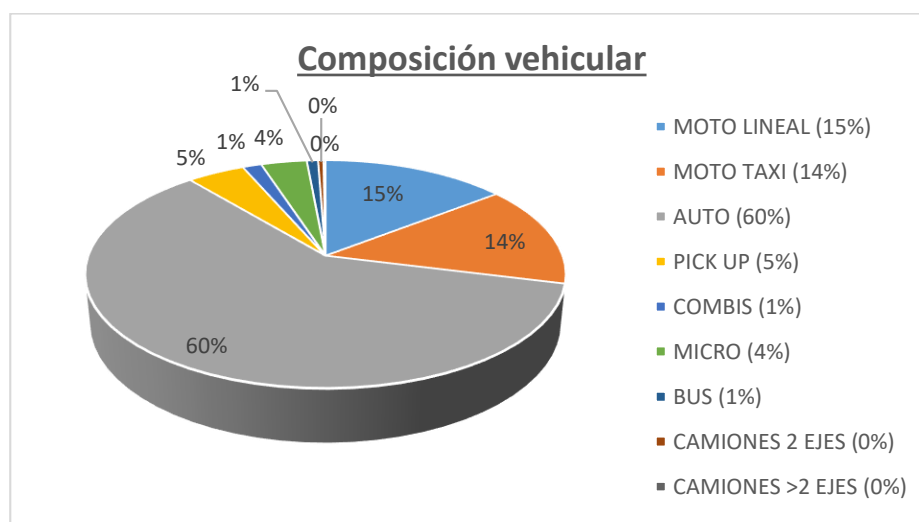


Figura 49. Composición vehicular para hora punta del día sábado de 12:45 p.m. a 13:45 p.m. en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

La clasificación vehicular según modo de transporte y por cada acceso de la intersección en estudio se observa en la **Tabla 20**, así como los porcentajes de incidencia, siendo los vehículos livianos el de mayor porcentaje de incidencia, tal como se aprecia en la **Figura 50**.

Tabla 20. Flujos vehiculares según modo de transporte para hora punta en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

SEGÚN MODO DE TRANSPORTE	Acceso 01				Acceso 02				Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	1.3R	2.1	2.2	2.3	2.3R	3.1	3.2	3.3R	6.2	6.3	6.5		
Vehículos Menores	54	53	28	46	87	40	3	46	8	15	0	19	22	15	436	9%
Vehículos Ligeros	129	569	76	39	92	114	107	46	405	565	3	357	1015	547	4064	86%
Vehículos Pesados	3	52	24	8	7	12	6	0	21	44	0	21	15	0	213	5%
% Transporte Pesado	2.00%	8.00%	19.00%	9.00%	4.00%	7.00%	5.00%	0.00%	5.00%	7.00%	0.00%	5.00%	1.00%	0.00%	5%	
TOTALES	186	674	128	93	186	166	116	92	434	624	3	397	1052	562	4713	
%	3.95%	14.30%	2.72%	1.97%	3.95%	3.52%	2.46%	1.95%	9.21%	13.24%	0.06%	8.42%	22.32%	11.92%		

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

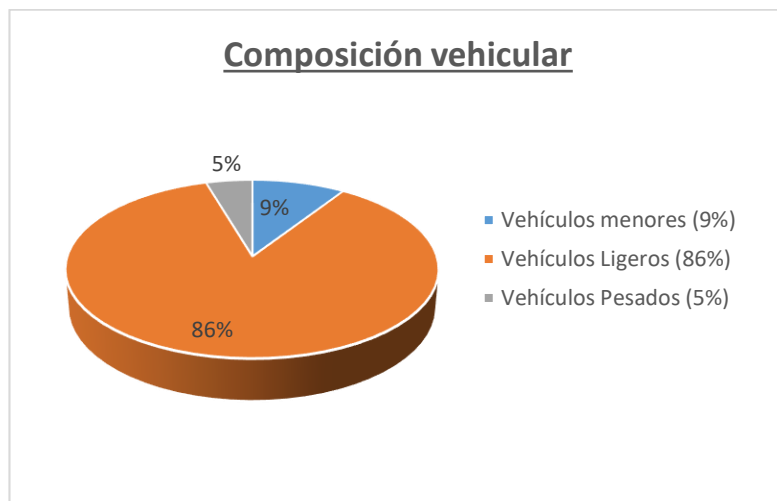


Figura 50. Composición según modo de transporte para hora punta de día sábado de 12:45 p.m. a 13:45 p.m.

Fuente: Timaná. (2016)^b. Elaboración propia.

• **CÁLCULO DEL IMDA**

Datos utilizados: (Ver **Anexo B**)

- ✓ Factor de Corrección de estación de Peaje Piura Sullana
- ✓ Mes de conteo: Julio
- ✓ Factor de Corrección Ligeros: 0.9965
- ✓ Factor de Corrección Pesados: 0.9915

El sustento del cálculo del tránsito diario (TD) por hora para los tres días de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman se presenta en el **Anexo D**.

Se debe tener en cuenta que dichos volúmenes vehiculares, deberán ser convertidos a vehículos equivalentes utilizando los factores por tipo de vehículos (TV) indicados en la **Tabla 11**.

Por lo tanto, los volúmenes vehiculares equivalentes para cada día de conteo serán obtenidos del producto de la columna denominada Vehículos contados y la columna denominada Factor TV, indicados en la **Tabla 21**. Además, estos volúmenes vehiculares equivalentes serán almacenados dentro de la columna denominada Tránsito Vehicular por hora, tal como se indica en la **Tabla 22**.

Tabla 21. Vehículos equivalentes por tipo de vehículo para cada día de conteo en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR TV	Día 1		Día 2		Día 3	
		VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES	VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES	VEHÍCULOS CONTADOS	VEHÍCULOS EQUIVALENTES
MOTO LINEAL	0.2	739	148	822	164	791	158
MOTO TAXI	0.33	922	307	813	270	903	301
AUTO	1	2931	2931	3395	3395	2808	2808
PICK UP	1	307	307	257	257	263	263
COMBIS	1.25	67	84	84	105	64	80
MICRO	1.5	228	342	203	305	202	303
BUS	2	47	94	50	100	45	90
CAMIONES 2 EJES	3	17	51	24	72	24	72
CAMIONES >2 EJES	5	10	50	9	45	14	70

Fuente: Timaná. (2016) ^b. Elaboración propia.

Con los vehículos equivalentes para cada día de conteo, se realizará el cálculo del IMDS e IMDA siguiendo la **Ecuación 9**.

Por lo tanto, los resultados se obtendrán de la siguiente manera.

$$Total\ semana = 5 * (TD_{lab,1} + TD_{lab,2}) + 2 * TD_{no\ lab}$$

$$IMDS = \frac{Total\ semana}{7}$$

$$IMDA = IMDS * FC$$

Para el caso de vehículos livianos, es decir menores y ligeros, se usará el FC ligeros, ya que como anteriormente se mencionó, para los vehículos menores se hará uso de los factores de corrección de los vehículos ligeros, por sus similares características. A manera de ejemplo se hará el cálculo del IMDS e IMDA para el caso de la moto lineal:

$$Total\ semana = 5 * (148 + 158) + 2 * 164 = 1858\ uve$$

$$IMDS = \frac{1858}{7} = 265\ uve$$

$$IMDA = 265 * 0.9965 = 264\ uve$$

Los vehículos equivalentes para los tres días de conteo se obtuvieron de la fila denominada moto lineal, de la **Tabla 21**.

Para el caso de vehículos pesados, se usará el FC pesados, como en el caso de buses:

$$Total\ semana = 5 * (94 + 90) + 2 * 100 = 1120\ uve$$

$$IMDS = \frac{1120}{7} = 160\ uve$$

$$IMDA = 160 * 0.9915 = 159\ uve$$

De la misma manera, los volúmenes vehiculares equivalentes utilizados para el cálculo del IMDA para buses fueron obtenidos de la fila denominada buses de la **Tabla 21**.

El proceso es repetitivo para cada tipo de vehículo, donde la sumatoria de los IMDA de cada fila arroja el IMDA total para la intersección en estudio. Todos los resultados se observan en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Cálculo del IMDA para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Tipo de vehículo	Tránsito Vehicular por hora			Total Semana	IMDS (vpd)	FC	IMDa (vpd)
	Vie 15	Sab 16	Lun 18				
Moto lineal	148	164	158	1858	265	0.9965	264
Moto taxi	307	270	301	3580	511	0.9965	509
Auto	2931	3395	2808	35485	5069	0.9965	5051
Pick Up	307	257	263	3364	481	0.9965	479
Combis	84	105	80	1030	147	0.9965	146
Micro	342	305	303	3835	548	0.9965	546
Bus	94	100	90	1120	160	0.9915	159
Camiones 2 ejes	51	72	72	759	108	0.9915	107
Camiones > 2 ejes	50	45	70	690	99	0.9915	98
Total	4314	4713	4145	51721	7389		7359

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 22** muestra el Índice Medio Diario Anual para cada tipo de vehículo, donde la sumatoria, proporciona el IMDA para la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, que en este caso es la celda de color verde. Cabe resaltar que los volúmenes calculados en la **Tabla 22** contienen información en unidades vehiculares

equivalentes, por lo que no debería confundirse con las Tablas del **Anexo D**, ya que estas últimas, contienen volúmenes vehiculares físicos provenientes del conteo vehicular.

En conclusión, para la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, el Índice Medio Diario Anual para el año 2016 es de 7 359 vehículos por día.

$$IMDA_{calculado_{2016}} = 7\,359\,uve$$

- **PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO**

- a) Proyección del tráfico normal

Datos utilizados: (Ver **Tabla 2** y **Tabla 3**)

- Tasa de crecimiento poblacional anual Departamento de Piura: 0.90%
- Porcentaje de PBI Transporte terrestre a nivel nacional: 2.00%

La primera columna, correspondiente al año base 0 de la **Tabla 23**, son recogidas del cálculo anterior del IMDA.

Moto lineal: 264 uve

Moto taxi: 509 uve

Auto: 5051 uve

Pick up: 479 uve

Combis: 146 uve

Micro: 546 uve

Bus: 159 uve

Camiones 2 ejes: 107 uve

Camiones > 2 ejes: 98 uve

Se empleará la **Ecuación 12** para la estimación del tránsito proyectado, aplicada a cada tipo de vehículo y para un determinado año proyectado “n”.

$$T_n = T_0(1 + i)^{(n-1)}$$

Para el caso de vehículos menores y ligeros, se hace uso de la tasa de crecimiento poblacional anual departamental de Piura. Las proyecciones de tráfico normal para moto lineal en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 264(1 + 0.9\%)^{(1-1)} = 264 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 264(1 + 0.9\%)^{(2-1)} = 266 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 264(1 + 0.9\%)^{(3-1)} = 269 \text{ uve}$$

.

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 264(1 + 0.9\%)^{(20-1)} = 313 \text{ uve}$$

Para el caso de vehículos pesados, se hace uso del porcentaje de PBI del transporte terrestre. Las proyecciones de tráfico normal para buses en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 159(1 + 2\%)^{(1-1)} = 159 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 159(1 + 2\%)^{(2-1)} = 162 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 159(1 + 2\%)^{(3-1)} = 165 \text{ uve}$$

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 159(1 + 2\%)^{(20-1)} = 232 \text{ uve}$$

El cálculo completo para cada tipo de vehículo y con una proyección a 20 años se muestra en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Proyección de tráfico normal para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Tipo de vehículo	Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Moto lineal	0.9	264	264	266	269	271	274	276	279	281	284	286	289	291	294	297	299	302	305	307	310	313
Moto taxi	0.9	509	509	514	518	523	528	532	537	542	547	552	557	562	567	572	577	582	587	593	598	603
Auto	0.9	5051	5051	5096	5142	5189	5235	5282	5330	5378	5426	5475	5524	5574	5624	5675	5726	5778	5830	5882	5935	5988
Pick Up	0.9	479	479	483	488	492	496	501	505	510	515	519	524	529	533	538	543	548	553	558	563	568
Combis	0.9	146	146	147	149	150	151	153	154	155	157	158	160	161	163	164	166	167	169	170	172	173
Micro	0.9	546	546	551	556	561	566	571	576	581	587	592	597	603	608	613	619	625	630	636	642	647
Bus	2	159	159	162	165	169	172	176	179	183	186	190	194	198	202	206	210	214	218	223	227	232
Camiones 2 ejes	2	107	107	109	111	114	116	118	120	123	125	128	130	133	136	138	141	144	147	150	153	156
Camiones > 2 ejes	2	98	98	100	102	104	106	108	110	113	115	117	119	122	124	127	129	132	135	137	140	143
Sub Total 1		7359	7359	7429	7500	7572	7644	7717	7791	7866	7941	8017	8094	8172	8251	8330	8410	8491	8573	8656	8739	8823

Fuente: Elaboración propia.

La columna correspondiente al año base 0 de la **Tabla 24**, se obtuvo de afectar la columna del año base 0 de la **Tabla 23** por el 10%. Se tienen los siguientes resultados:

$$\text{Moto lineal: } 10\% * 264 = 26 \text{ uve}$$

$$\text{Moto taxi: } 10\% * 509 = 51 \text{ uve}$$

$$\text{Auto: } 10\% * 5051 = 505 \text{ uve}$$

$$\text{Pick up: } 10\% * 479 = 48 \text{ uve}$$

$$\text{Combis: } 10\% * 146 = 15 \text{ uve}$$

$$\text{Micro: } 10\% * 546 = 55 \text{ uve}$$

$$\text{Bus: } 10\% * 159 = 16 \text{ uve}$$

$$\text{Camiones 2 ejes: } 10\% * 107 = 11 \text{ uve}$$

$$\text{Camiones } > 2 \text{ ejes: } 10\% * 98 = 10 \text{ uve}$$

Una vez obtenida la primera columna perteneciente a la **Tabla 24**, se procede a utilizar la **Ecuación 12** para cada tipo de vehículo y para un determinado año proyectado “n”.

$$T_n = T_0(1 + i)^{(n-1)}$$

Para el caso de vehículos menores y ligeros, se hace uso de la tasa de crecimiento poblacional anual departamental de Piura.

Las proyecciones de tráfico normal para moto lineal en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 26(1 + 0.9\%)^{(1-1)} = 26 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 26(1 + 0.9\%)^{(2-1)} = 27 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 26(1 + 0.9\%)^{(3-1)} = 27 \text{ uve}$$

.

.

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 26(1 + 0.9\%)^{(20-1)} = 31 \text{ uve}$$

Para el caso de vehículos pesados, se hace uso del porcentaje de PBI del transporte terrestre.

Las proyecciones de tráfico normal para buses en la intersección en estudio se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Año proyectado 1: } T_{2017} = 16(1 + 2\%)^{(1-1)} = 16 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 2: } T_{2018} = 16(1 + 2\%)^{(2-1)} = 16 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 3: } T_{2019} = 16(1 + 2\%)^{(3-1)} = 17 \text{ uve}$$

$$\text{Año proyectado 20: } T_{2036} = 16(1 + 2\%)^{(20-1)} = 23 \text{ uve}$$

El cálculo completo para cada tipo de vehículo y con una proyección a 20 años se muestra en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Proyección de tráfico generado para intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Tipo de vehículo	Tasa de crecimiento	AÑOS DE PROYECCION																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Moto lineal	0.9	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	29	30	30	30	30	31	31	31
Moto taxi	0.9	51	51	51	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60
Auto	0.9	505	505	510	514	519	524	528	533	538	543	548	552	557	562	567	573	578	583	588	593	599
Pick Up	0.9	48	48	48	49	49	50	50	51	51	51	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	57
Combis	0.9	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17
Micro	0.9	55	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62	63	64	64	65
Bus	2	16	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	21	22	22	23	23
Camiones 2 ejes	2	11	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15	15	16
Camiones > 2 ejes	2	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14
Sub Total 2		736	736	743	750	757	764	772	779	787	794	802	809	817	825	833	841	849	857	866	874	882

Fuente: Elaboración propia.

b) Proyección del tráfico desviado

Considerar la proyección del tráfico desviado y el porcentaje que éste debe tomar, es decisión del diseñador. Dado que la intención en el Capítulo 4 es comparar resultados, y al no haber sido considerado este tipo de tráfico en el estudio realizado en el año 2010 por el diseñador, tampoco será considerado en los cálculos del tránsito futuro con data del año 2016.

De la sumatoria de los subtotales anteriores (sub total 1 y sub total 2) que corresponden a las proyecciones del tráfico normal y generado, respectivamente, se obtiene la información descrita en el diagrama de la **Figura 51**, que responde al tránsito futuro proyectado a 20 años, siendo el año 2016 el año de obtención de data; y el año 2017 en adelante, las proyecciones calculadas en pasos previos.

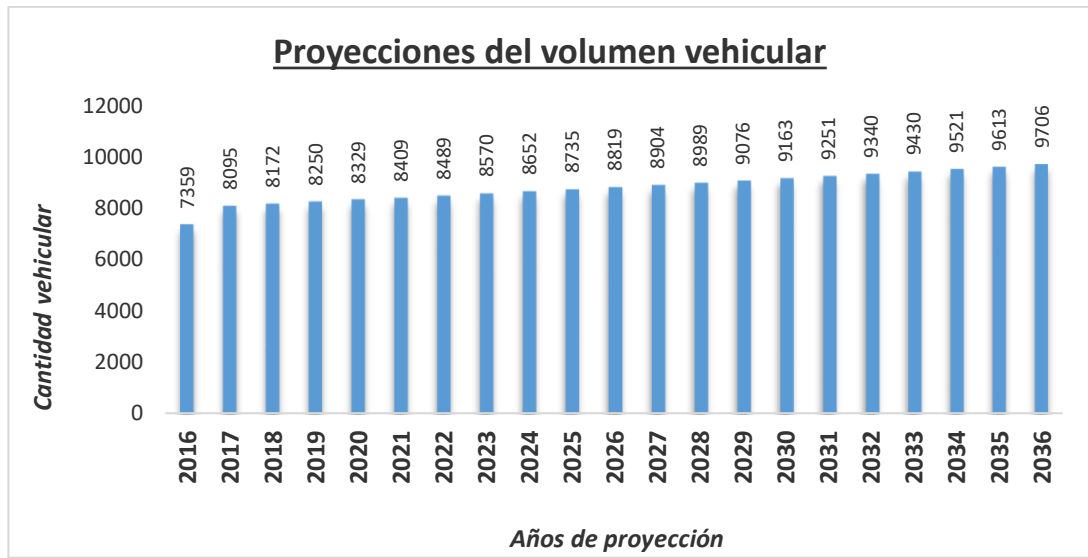


Figura 51. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4

Evaluación de resultados de data existente y aplicación de curvas de regresión en cálculo de tránsito futuro

El presente capítulo muestra para la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, el IMDA y sus proyecciones al año 2030, calculadas en la presente tesis con data del año 2016; y los resultados de las proyecciones futuras obtenidas del Estudio de Tráfico del año 2010, también proyectadas al año 2030. Para ambos casos, se ha utilizado el mismo método y los mismos parámetros para el cálculo del IMDA y sus respectivas proyecciones, determinándose que la proyección al 2016 fue muy inferior al conteo real del mismo año. Dada la existencia de las diferencias mencionadas y con la finalidad de obtener proyecciones a futuro que reflejen las fluctuaciones reales de la economía y crecimiento poblacional, se adopta la metodología propuesta por Rivera (2007) consistente en el uso de curvas de regresión para los parámetros de crecimiento poblacional y tasa anual de PBI. De esta manera, se consigue evaluar los resultados del método tradicional y el propuesto por Rivera (2007).

Dado que se cuenta únicamente con los resultados de las proyecciones futuras vehiculares realizadas en el año 2010 para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, sólo se evaluó la data existente en dicha intersección.

4.1. Volumen vehicular en el año 2016

La finalidad del conteo realizado en el año 2016, fue elaborar el Plan de Desvíos que permita durante la etapa de ejecución del proyecto de Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, evitar el congestionamiento debido al cierre de la mencionada avenida y calles anexas.

La **Tabla 25** muestra el IMDA obtenido para la intersección analizada, que tuvo como base el uso de la metodología clásica para el cálculo del IMDA del Capítulo 3, y cuya data fuera obtenida en el año 2016 para el Plan de Desvíos previo al inicio de la ejecución del Proyecto.

Tabla 25. Resumen para intersección analizada en el año 2016.

Intersección	Horas de conteo	Nº Movimientos	Día crítico	Hora Pico	IMDA ₂₀₁₆
Av. Sánchez Cerro -Av. Gullman	16 horas	14	Sábado 16 Julio 2016	12:45 p.m. a 13:45 p.m.	7359 uve

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Verificación de proyecciones pasadas con datos actuales

De acuerdo a las proyecciones pasadas recogidas del Estudio de Tránsito, Tráfico y Transporte realizado por el Instituto Metropolitano de Planificación (2010), la intersección crítica del proyecto es el cruce de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman. Por lo que el estudio antes mencionado, planteó la construcción del paso a desnivel de 300 m de luz aproximadamente en dicho punto.

El emplazamiento de este nuevo paso a desnivel en dicha intersección podría generar serios problemas de congestionamiento, a causa del sub dimensionamiento del IMDA, debido a ser resultados desactualizados, obtenidos en el año 2010. Por esto, resulta importante comparar y verificar los valores proyectados calculados por el Instituto Metropolitano de Planificación en el año 2010, con los resultados obtenidos en esta tesis haciendo uso de conteos realizados en el año 2016 para ese punto del tramo en estudio.

El Instituto Metropolitano de Planificación (2010) en su estudio realizado, calculó las proyecciones futuras en esta intersección con un horizonte a 20 años, el cual se fundamenta en la **Tabla 4** proporcionada por el MEF. Para esto, utilizó el factor de crecimiento poblacional y el factor de crecimiento del PBI de la Provincia de Piura, justificados en dicho informe por haber sido calculados en dicho año. Éstos, se detallan a continuación:

- Para vehículos Ligeros: 2.18%
- Para vehículos pesados: 6.90%

La **Figura 52** recoge las proyecciones realizadas con el conteo vehicular del año 2010 realizado para el diseño del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, tomando como inicio el año 2015 y finalizando las proyecciones de tránsito en el año 2030. La obtención de estos valores fueron calculados en el informe haciendo uso de la **Ecuación 12**.

Además, el Instituto Metropolitano de Planificación (2010), a través del Estudio de Tránsito, Tráfico y Transporte, obtuvo la información de la **Figura 52**, considerando la proyección del tránsito normal y generado; tomando como criterio técnico para éste último, un incremento del 10% del tránsito existente; y además en dicho estudio no se consideró la proyección del tránsito desviado.

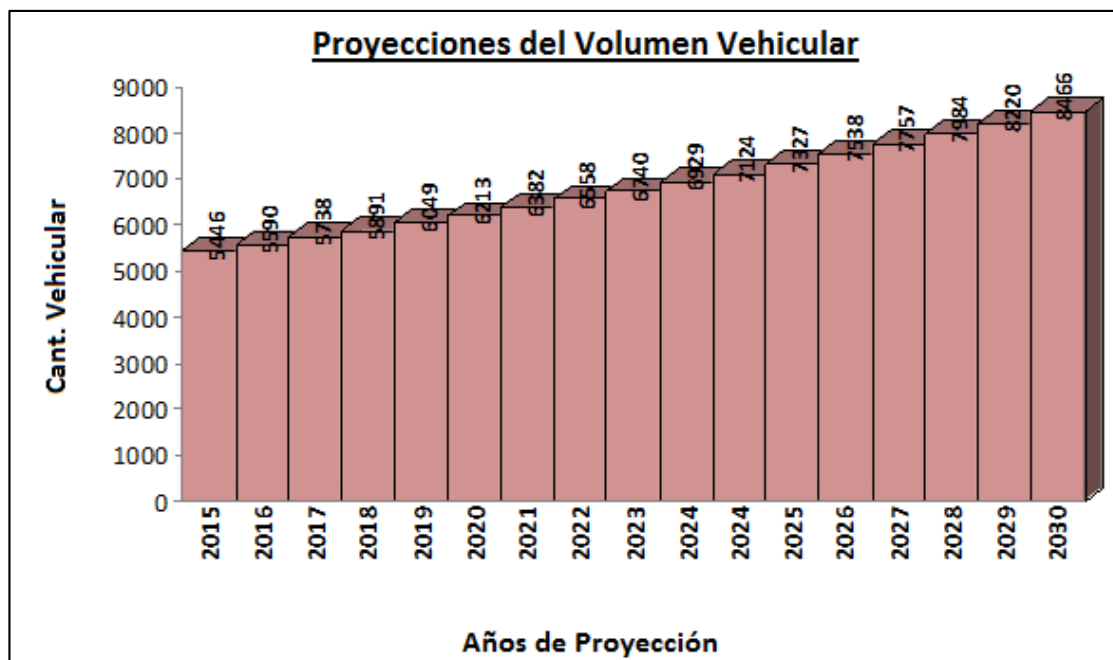


Figura 52. Proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Instituto Metropolitano de Planificación (2010).

La **Figura 53** presenta la comparación de las proyecciones del 2016 en adelante, del volumen vehicular obtenido en el año 2010 haciendo uso del método clásico basado en manuales de Encuestas de Transporte Urbano, así como del libro de Fundamentos y Aplicaciones de Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor R., con las proyecciones obtenidas con data del año 2016 aplicando la estructuración de la metodología clásica descrita en esta tesis. Las proyecciones calculadas en el año 2010 están representadas con barras de color azul; y el volumen vehicular obtenido en el año 2016 y sus proyecciones, representados con las barras de color naranja.

Las proyecciones futuras fueron realizadas por el Instituto Metropolitano de Planificación en el año 2010 y se recogieron del Estudio de Tránsito, Tráfico y Transporte. Esta información fue mostrada anteriormente en la **Figura 52**.

Además, se tiene el IMDA del año 2016 calculado con conteos vehiculares de dicho año y que fue presentado en el Capítulo 3 de la presente tesis. Con esto, se evidencia la diferencia entre el valor proyectado y el valor real contado para el año 2016, la cual se muestra en la **Figura 53**.

En dicha figura se detecta que las proyecciones al año 2030 realizadas con data del año 2010 por el Instituto Metropolitano de Planificación, se encuentran muy por debajo del volumen vehicular proyectado con data del año 2016, lo cual puede traer como consecuencias el congestionamiento vehicular en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, ya que dicho punto se diseñó con valores sub dimensionados.

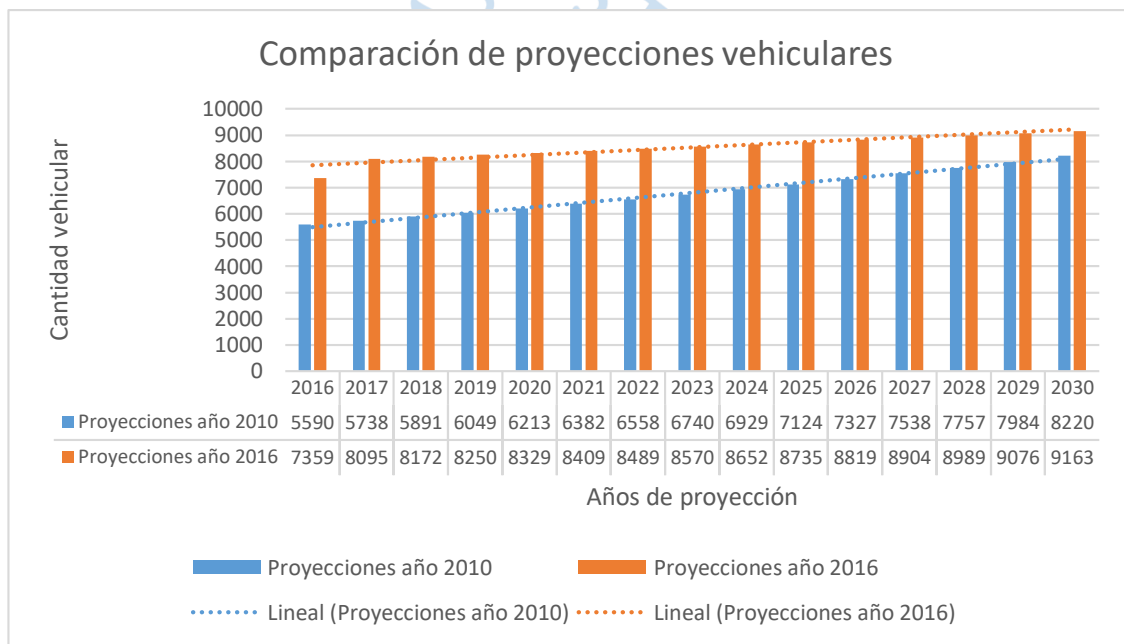


Figura 53. Comparación de proyecciones del volumen vehicular en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de las diferencias absolutas y relativas, se siguen la **Ecuación 13** y **Ecuación 14**, basadas en la teoría de cálculo de errores.

$$\varepsilon_a = |V_e - V_a| \quad (13)$$

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{V_e} * 100 \quad (14)$$

donde:

$\varepsilon_a = \text{Error absoluto}$

$\varepsilon_r = \text{Error relativo}$

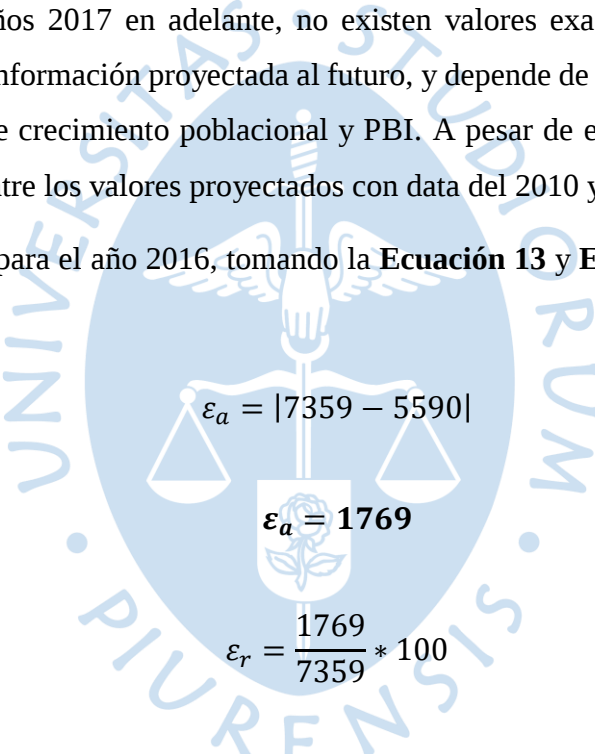
$V_e = \text{valor exacto}$

$V_a = \text{valor aproximado}$

Para el año 2016, se tiene que el valor exacto es aquel obtenido del conteo del mismo año y calculado en esta tesis; y el valor aproximado, es aquél obtenido de la proyección al año 2016, con conteos realizados por el IMP en el año 2010.

Para los años 2017 en adelante, no existen valores exactos para ningún caso, debido a que es información proyectada al futuro, y depende de parámetros estadísticos como las tasas de crecimiento poblacional y PBI. A pesar de ello, se buscará conocer las diferencias entre los valores proyectados con data del 2010 y con data del 2016.

Es así que para el año 2016, tomando la **Ecuación 13** y **Ecuación 14**, se tiene lo siguiente:



$$\begin{aligned}\varepsilon_a &= |7359 - 5590| \\ \varepsilon_a &= 1769 \\ \varepsilon_r &= \frac{1769}{7359} * 100 \\ \varepsilon_r &= 24.04\%\end{aligned}$$

Dichos valores fueron tomados de la **Figura 53** y se seguirá el mismo procedimiento para el cálculo de las diferencias para los demás años. Los resultados se muestran en la **Tabla 26**.

En base a lo mostrado en la **Figura 53** y de acuerdo a la **Tabla 26**, se muestra la diferencia relativa obtenida entre los resultados del conteo realizado en el año 2016 y los resultados proyectados con los datos del año 2010. Este error es de 24.04%, lo que significa que la diferencia es de 1769 vpd.

Tabla 26. Diferencia absoluta y relativa en proyecciones futuras de intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Año	Diferencia absoluta	Diferencia relativa
2016	1769	24.04%
2017	2357	29.12%
2018	2281	27.91%
2019	2201	26.68%
2020	2116	25.41%
2021	2027	24.10%
2022	1931	22.75%
2023	1830	21.36%
2024	1723	19.92%
2025	1611	18.45%
2026	1492	16.92%
2027	1366	15.34%
2028	1232	13.71%
2029	1092	12.03%
2030	943	10.29%

Fuente: Elaboración propia.

A partir del año 2017, los valores comparados son volúmenes proyectados para ambos casos, en donde se obtiene que las diferencias absolutas y relativas, tienden a disminuir con el acontecer de los años, pero considerando el año 2018 que es el del pronóstico de finalización del proyecto en estudio, la diferencia es de 2281 unidades vehiculares, siendo mayor las unidades vehiculares proyectadas con data del conteo del 2016, lo cual ocasionaría inconvenientes en la intersección donde se emplazó el paso a desnivel, por existir una sub estimación del tráfico en dicho punto.

Entre las posibles causas de las diferencias encontradas en las proyecciones vehiculares, puede advertirse y analizarse las siguientes:

- Factores de conversión a unidades vehiculares. - Los factores tipos de vehículos y factores de giro pueden afectar ligeramente el cálculo del IMDA, si es que para el mismo proyecto se utilizan factores diferentes. Claro está, que los factores que puedan llegar a utilizarse para los cálculos respectivos deben ser obtenidos de fuentes confiables como de estudios de tránsito anteriores y/o tablas publicadas en manuales del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) o Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

- Cantidad de horas y días de conteo. - Si se eligen días representativos dentro de 1 semana para realizar los conteos respectivos, debemos considerar que, si bien existen días laborables y no laborables, cada uno de ellos tendrán comportamientos diferentes entre sí, por lo que elegir días de conteo diferentes para un mismo proyecto, podrían generar, aunque en mínima intensidad, cambios en los resultados.
- Factores de corrección promedio para vehículos ligeros y pesados. - Este factor es de suma importancia para la corrección que se debe realizar a los vehículos contados, en donde se debe tomar en cuenta el mes en el que se hizo el conteo, así como recoger la información del peaje más cercano al proyecto. (Ver **Anexo B**).
- Proyección del tránsito futuro. - La obtención de las proyecciones futuras del tránsito recae únicamente en el análisis que el diseñador pueda considerar, dado que las variables y sus respectivos porcentajes a tomar de cada una de éstas, como las proyecciones del tránsito normal, generado y desviado, están sustentados por el diseñador y subjetivamente avalados por tasas de incremento que varían entre el 5% al 30% para el caso del tránsito generado. Por lo que, el criterio del diseñador tendrá mucha incidencia en los errores que se obtienen en el cálculo de estas proyecciones.
- Factores de crecimiento poblacional y PBI. - La metodología clásica en el cálculo del tránsito futuro, supone el uso de los factores de crecimiento poblacional y de PBI para el lugar y año del proyecto en estudio. Dichos factores son proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y se encuentran desactualizados en su mayoría. Así mismo, por tratarse de muestras estadísticas, no son valores exactos y pueden generar en el cálculo de las proyecciones vehiculares futuras, sub o sobre dimensionamiento para un proyecto.

4.3. Enfoque estadístico

La teoría del tránsito establece que los volúmenes de tránsito futuro (TF) se derivan a partir del tránsito actual (TA) y del incremento del tránsito (IT), de acuerdo a la **Ecuación 3**, ya antes mencionada:

$$TF= TA+IT$$

El tránsito actual se calcula a partir de aforos vehiculares que han sido materia de estudio en esta investigación. El incremento de tránsito se define como la variación del volumen de tránsito que se espera en cierto año futuro proyectado y se calcula haciendo uso de los factores que suponen este incremento para cierto año de estudio.

Para Rivera (2007), el cálculo del tránsito futuro lleva en la práctica a una falencia y acumulación de errores en cuanto al estudio de series desde la estadística, siendo posible incluir otra conceptualización en los análisis de tránsito, que resultaría en una mejor adaptación a la realidad y que además involucraría un nuevo paso en el tratamiento de los datos.

Por una cuestión de cálculos, al aplicar el concepto de incremento de tránsito se suele tender a la simplificación de considerarlo como un fenómeno escalonado año a año. Esto quiere decir que, para cada año, el crecimiento del tránsito será independiente y no existirá tendencia que relacione las tasas de crecimiento del tránsito de los diferentes años a proyectar. Es por esto, que la **Figura 54** muestra las tasas de crecimiento de tránsito sin línea de tendencia que las relacione. Esta relación entre las tasas de crecimiento que se menciona, se observarán en la **Figura 55** y **Figura 56**. (Rivera, 2007).

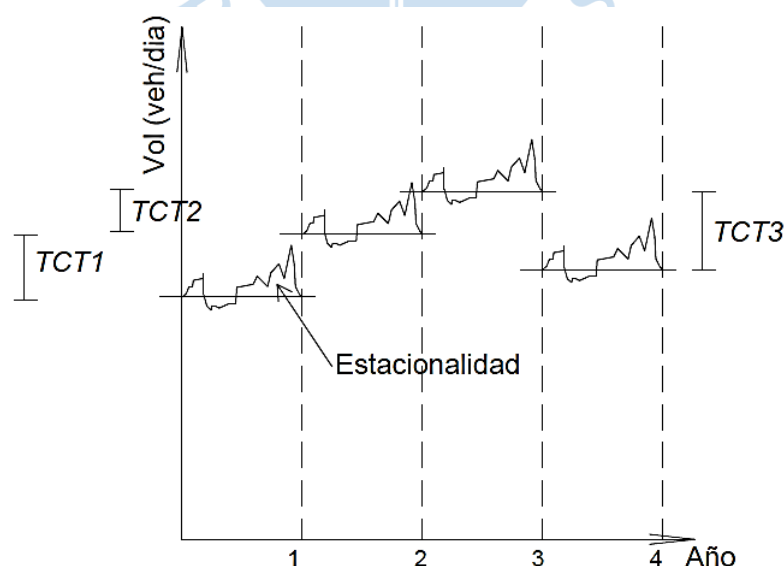


Figura 54. Análisis tradicional del tránsito.

Fuente: Rivera (2007).

La interpretación gráfica de lo expuesto, se observa en la **Figura 54**, donde la TCT1, TCT2 y TCT3 son las Tasas de Crecimiento del Tránsito para los años 1, 2 y 3; respectivamente. Éstas fueron vistas en el Capítulo 1 de esta tesis, y para el cálculo del tránsito futuro se utilizaron la Tasa de Crecimiento Poblacional y el PBI de la zona de proyecto.

Según Rivera (2007) “una visión análoga de lo que dicta la teoría de series de tiempos, sería la que se observa en la **Figura 55**, en donde se da una curva de tendencia, en este caso lineal, al largo plazo de la serie, de la cual se desprenden las estacionalidades”. (p. 76).

Para dicha figura, se tiene que la Tasa de Crecimiento de Tránsito sigue una sola línea de tendencia para todos los años, a diferencia que el caso anterior.

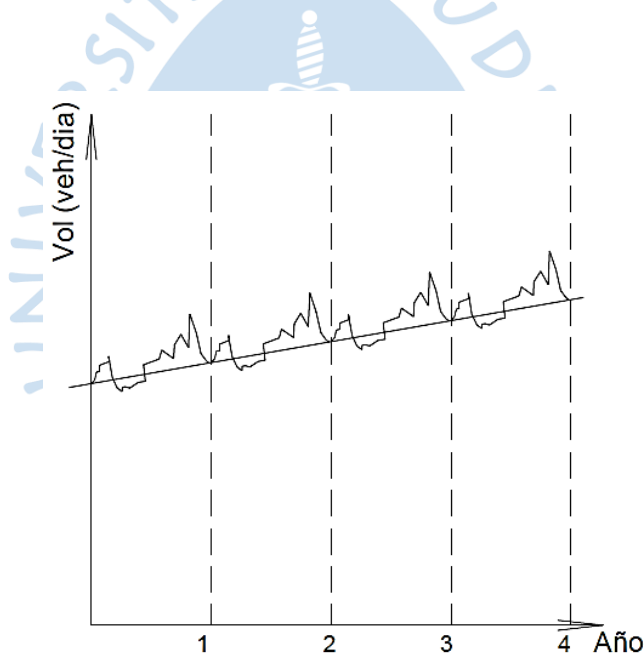


Figura 55. Análisis del tránsito según la estadística.
Fuente: Rivera (2007).

El considerar los incrementos de tránsito en forma anual como valores de referencia, según se hace tradicionalmente, es una técnica por demás empleada y difundida, que tiene una buena adaptación para su empleo y que el profesional relacionado con la temática acepta intuitivamente. Lo que resulta difícil de aceptar es la idea de llevar al crecimiento del tránsito en un hecho escalonado en el tiempo. Resulta más realista aceptar el comportamiento del tránsito futuro como algo gradual dentro del propio ciclo anual, en forma proporcional (crecimiento lineal), pero con una tendencia

anual más sincerada del comportamiento del tránsito futuro, de acuerdo a la **Figura 56**. (Rivera, 2007).

La **Figura 56** muestra el cambio de pendiente para la línea de tendencia, el cual refleja con mayor realismo el comportamiento del volumen vehicular diario con el transcurrir de los años.

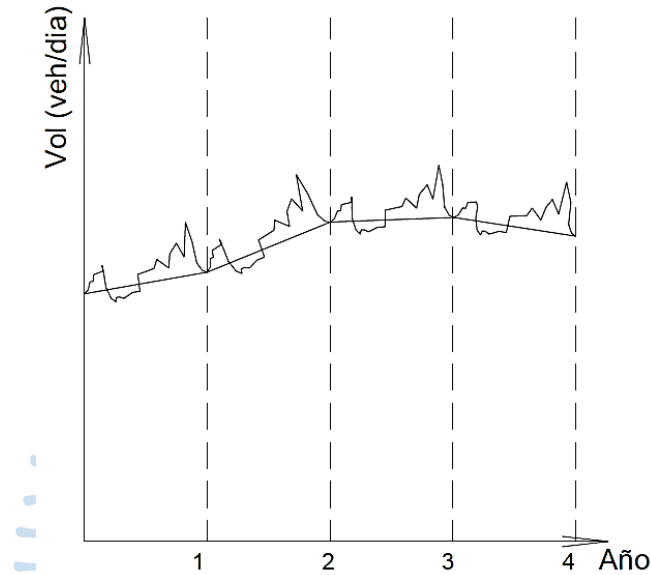


Figura 56. Análisis del tránsito propuesto.
Fuente: Rivera (2007).

El modelo planteado seguido por Rivera (2007), se resume en rasgos generales en la **Ecuación 15**:

$$TMDA = TD_o * ALG_{COEF,D} * ALG_{COEF,M} * ALG_{TCT} \quad (15)$$

donde:

$TMDA$ = Es el Tránsito Medio Diario Anual, conocido como IMDA

TD_o = Es el Tránsito Diario determinado por conteos de volumen.

$ALG_{COEF,D}$ = Es el algoritmo que permite obtener el coeficiente de corrección diario que lleva el valor TD_o a la media mensual.

$ALG_{COEF,M}$ = Es el algoritmo que permite obtener el coeficiente de corrección mensual que lleva el valor de la media mensual a la media anual.

ALG_{TCT} = Es el algoritmo que permite obtener la tasa de crecimiento de tránsito para llevar el valor de la media anual al IMDA para cierto año en estudio.

El modelo mostrado en la **Ecuación 15** tiene características del modelo tradicional, el cual se describe de forma general en la **Figura 57**, y además se usó como modelo base para los cálculos en esta tesis.

Para la aplicación del modelo se realiza un análisis en el Algoritmo que permite obtener la tasa de crecimiento de tránsito (ALG_{TCT}), el cual está involucrado en la **Ecuación 15** del modelo propuesto por Rivera (2007). Así mismo, el ALG_{TCT} , influye en la fórmula del crecimiento del tráfico ya mostrada en la **Ecuación 12** y que forma parte del modelo tradicional ilustrado en la **Figura 57**.

Algoritmo para el incremento de tránsito (ALG_{TCT}).-

Esta parte del estudio se centra en la posible disminución de error en cuanto a los valores vehiculares proyectados en el futuro. Esto se pretende conseguir, haciendo un análisis de cómo se están usando los parámetros socioeconómicos como la población total, la población económicamente activa, la población ocupada, entre otros; los cuales se utilizan para la estimación de los volúmenes que circularán en el futuro.

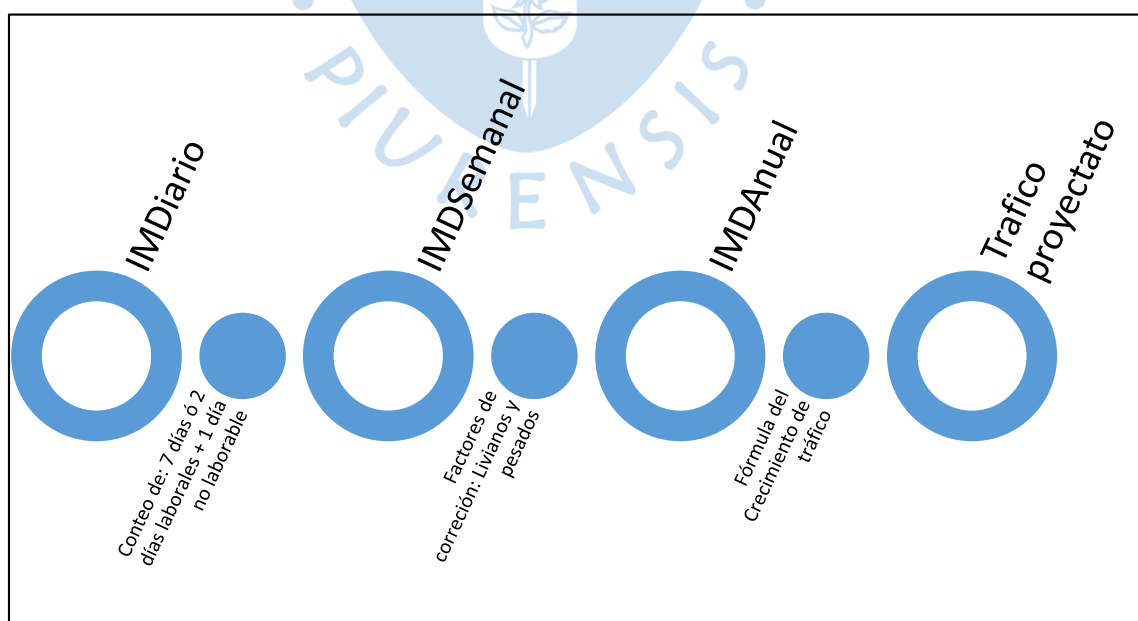


Figura 57. Modelo tradicional de cálculo del tráfico proyectado.
Fuente: Elaboración propia.

La variable socioeconómica a elegir para explicar el incremento del tránsito, debe ser en lo posible recabada con relativa facilidad, además de cumplir con las siguientes características:

- Que la posible variable a incluir en el estudio tenga series de duración y desagregación acorde a la serie temporal de tránsito, es decir que la variable sea una secuencia de datos medidos en el tiempo y además esté desagregada para cierto sector o localidad conveniente al estudio.
- Que la posible variable a incluir en el estudio fuera más fácil de predecir que el propio tránsito.

En resumen, la predicción de las tasas de crecimiento del tránsito en lugares en los que ya se cuenta con datos previos es relativamente sencilla, ya que puede establecerse una tendencia observando los ciclos anteriores. Cuando el análisis se realiza en cambio por profesionales no directamente vinculados a la temática o en lugares en donde no se cuenta con series históricas de tránsito, la predicción se debe realizar en forma subjetiva o empleando otros parámetros relacionados de más sencilla predicción, o que son comúnmente supuestos en estudios socioeconómicos para una amplia gama de estimaciones. (Rivera, 2007, p. 86).

Los principales indicadores macroeconómicos, discriminados por departamentos y años, con los que el INEI cuenta en su portal web y que pueden ser de utilidad para el cálculo de proyecciones futuras, son los siguientes:

- PBI
- Indicadores del sector transporte
- Flujo de vehículos ligeros y pesados registrados en peajes
- Crecimiento Poblacional
- Estimaciones y proyecciones de Población
- Migración
- Vivienda
- Tasa de actividad
- Población económicamente activa, ocupada, desocupada, inactiva
- Ingresos
- Pobreza

- Salud
- Educación

Las variables antes descritas tienen la función de ser las variables independientes (variable X) dentro de una regresión¹, donde la variable dependiente (variable Y) es el crecimiento de tránsito. Teniendo ésta, se debe analizar la validez, mediante procedimientos estadísticos que no se abordarán en profundidad en esta investigación.

La función de regresión debe tener la siguiente forma base: $Y = aX + b$ y debe cumplir con un R² cercano a 1 para que sea válida, además debe permitir interpolar resultados dentro del rango de los datos con el menor error posible. Esta será la forma más óptima de verificar si la función de regresión encontrada puede ser útil para el uso de la misma por los profesionales encargados del estudio. Para Rivera (2007) la función de regresión recomendada es la denominada regresión doble-log la cual tiene la forma $\log Y = a \log X + b$, por lo que para cada curva de regresión se buscará la función más parecida a ésta.

Al sólo contar con data del año 2016 obtenida del Plan de Desvíos, se realizará la estimación del tránsito futuro, utilizando los factores de tasa de crecimiento poblacional y tasa anual de PBI recreados con métodos estadísticos que permitan utilizar factores que más se asemejan al comportamiento del análisis propuesto en la **Figura 56**. De esta manera, se afinarán los resultados de proyecciones de tránsito, obtenidos con datos del conteo del 2016, con el uso de estos nuevos factores.

a) Factor de tasa de crecimiento poblacional

Como ya se ha mencionado, este factor está ligado al crecimiento de tránsito de vehículos menores y ligeros, por lo que para el método tradicional contempla elegir el crecimiento de la población por departamento de acuerdo al intervalo de año y lugar en donde se realiza el conteo. Las tasas de crecimiento de población por departamento fueron mostradas en la **Tabla 2**.

¹ Cuando se desea estimar, basados en datos de una muestra, el valor de una variable Y correspondiente a un valor dado de la variable X, podemos hacerlo mediante una curva de mínimos cuadrados que ajuste los datos. La curva resultante se denomina Curva de *regresión de Y sobre X*.

Ahora, contando con las tablas obtenidas del INEI y descritas en el **Anexo E**, se llega a obtener la información de la **Tabla 27**. Las tablas del **Anexo E** muestran las cantidades de población total diferenciadas entre hombres y mujeres, mientras que la **Tabla 27**; muestra el resumen de la población total para cada año, así como la tasa de crecimiento poblacional respectivos desde el año 2001 al año 2017.

Tabla 27. Población total y tasa de crecimiento poblacional en el departamento de Piura.

Año	Población total	Tasa de crecimiento poblacional
2001	1,628,074	1.18%
2002	1,645,795	1.09%
2003	1,662,570	1.02%
2004	1,678,777	0.97%
2005	1,694,797	0.95%
2006	1,710,456	0.92%
2007	1,725,502	0.88%
2008	1,740,194	0.85%
2009	1,754,791	0.84%
2010	1,769,555	0.84%
2011	1,784,551	0.85%
2012	1,799,607	0.84%
2013	1,814,622	0.83%
2014	1,829,496	0.82%
2015	1,844,129	0.80%
2016	1,858,617	0.79%
2017	1,873,024	0.78%

Fuente: Elaboración propia.

Las curvas de regresión obtenidas de la **Tabla 27**, fueron calculadas tomando el valor de población total y la tasa de crecimiento poblacional anual, tal como se observa en la **Figura 58** y **Figura 59**, respectivamente.

Se tiene dos formas de obtener las nuevas tasas de crecimiento poblacional. La primera, es tomar la curva de regresión de la población total descrita en la **Figura 58** y obtener la tasa de crecimiento poblacional a través de cálculos matemáticos. La segunda forma es utilizar directamente la curva de regresión para la obtención de la tasa de crecimiento poblacional anual, mostrada en la **Figura 59**. La elección de la curva de regresión dependerá de la que tenga mayor exactitud.

Teniendo ambas curvas de regresión, se elegirá la curva de regresión de la población total dado que su R^2 es 1, lo cual significa que es la que más se acerca al comportamiento real. Luego, teniendo la población proyectada se calculará la tasa de

crecimiento poblacional para cada año a proyectar. Esto, quiere decir que sólo se usará la ecuación de la curva de regresión de la población de la **Figura 58**, por ser la más real.

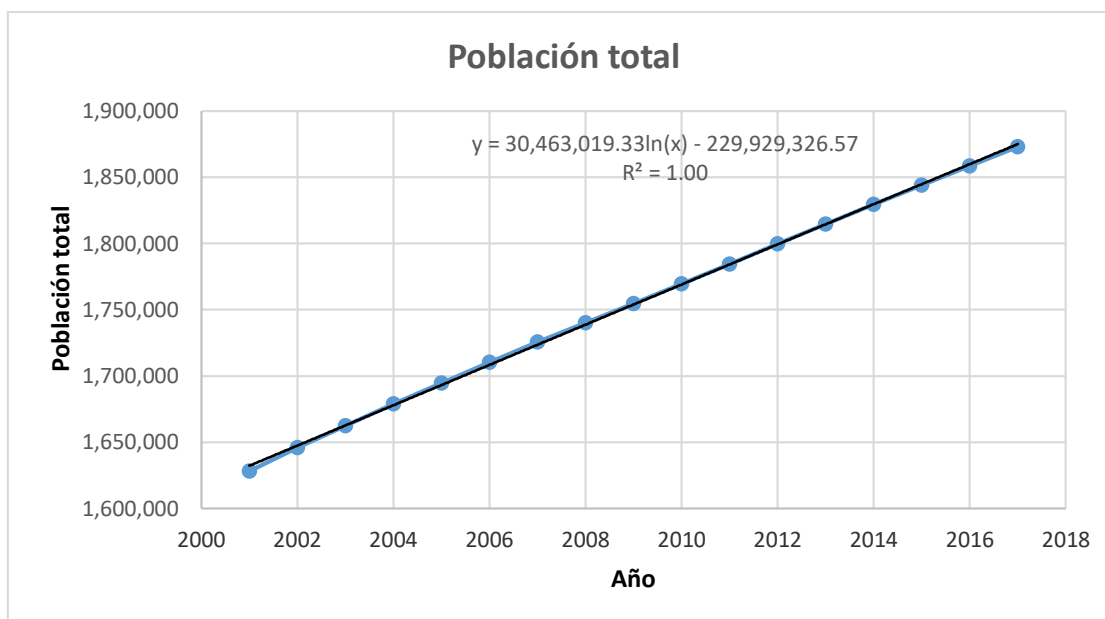


Figura 58. Curva de regresión de la población total del departamento de Piura.

Fuente: Elaboración propia.

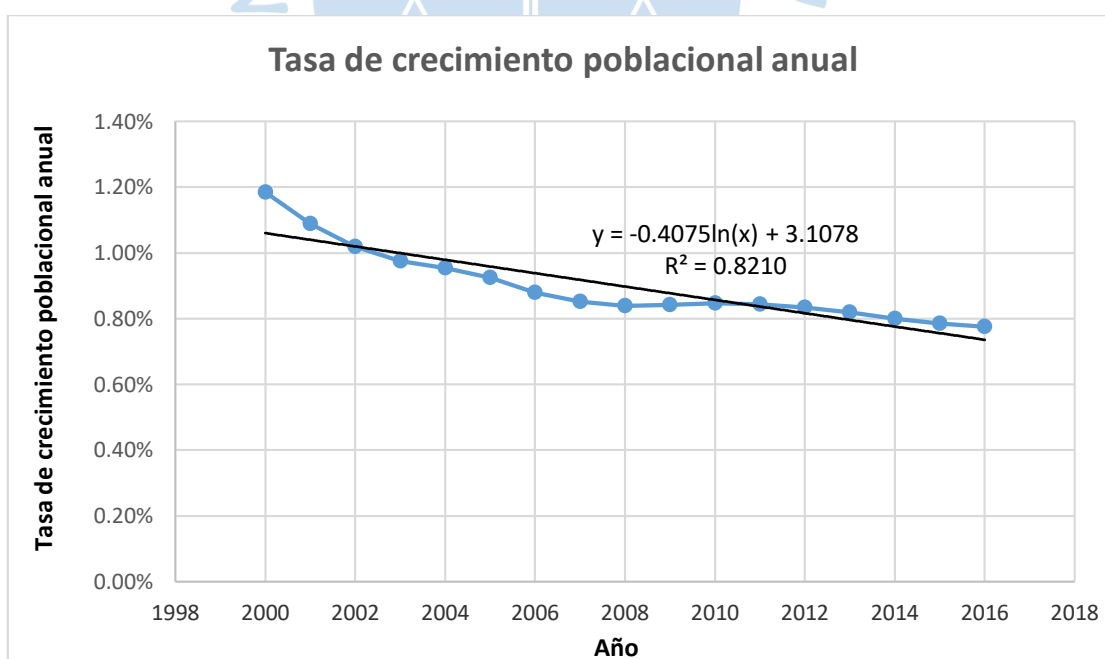


Figura 59. Curva de regresión para tasa de crecimiento poblacional anual del departamento de Piura.

Fuente: Elaboración propia.

Es así que, tomando la ecuación $y = 30\,463\,019.33 \ln(x) - 229\,929\,326.57$, se obtendrá la población para cada año en Piura y luego se calculará la tasa de crecimiento para cada año correspondiente, y finalmente se utilizarán las tasas de crecimiento obtenidas, en el cálculo de la proyección futura del tránsito para esta nueva metodología.

A modo de ejemplo, para el año 2018, se tendrá que, para la ecuación antes descrita, la variable “x” es el año a proyectar, y la variable “y” es la población en el departamento de Piura que se espera para dicho año.

$$y = 30\,463\,019.33 * \ln(2018) - 229\,929\,326.57$$

$$Poblacion\ estimada_{2018} = y = 1'890,053\ personas$$

Conociendo la cantidad de población para cada año se tiene que la tasa de crecimiento anual se obtiene utilizando la **Ecuación 16** descrita a continuación:

$$\%Tasa\ de\ crecimiento\ anual = \frac{Pob_{año\ n} - Pob_{año\ n-1}}{Pob_{año\ n-1}} * 100 \quad (16)$$

Es así que teniendo la población del año 2017 fijada en 1'873,024 habitantes (Ver **Tabla 27**) y la población proyectada para el año 2018 de acuerdo al cálculo anterior, se obtiene:

$$\%Tasa\ de\ crecmiento\ anual_{2018} = \frac{1'890,053 - 1'873,024}{1'873,024} * 100$$

$$\%Tasa\ de\ crecmiento\ anual_{2018} = 0.91\%$$

De esta manera, la población proyectada hasta el año 2030 calculada con la curva de regresión hallada anteriormente y su respectiva tasa de crecimiento poblacional obtenida a través de cálculo de porcentajes, se muestran en la **Tabla 28**.

Tabla 28. Población total y tasa de crecimiento poblacional proyectada en el departamento de Piura.

Años	Población total	Tasa de crecimiento poblacional
2018	1,890,053	0.91%
2019	1,905,145	0.80%
2020	1,920,229	0.79%
2021	1,935,306	0.79%
2022	1,950,376	0.78%
2023	1,965,438	0.77%
2024	1,980,492	0.77%
2025	1,995,539	0.76%
2026	2,010,579	0.75%
2027	2,025,612	0.75%
2028	2,040,636	0.74%
2029	2,055,654	0.74%
2030	2,070,664	0.73%

Fuente: Elaboración propia.

b) Factor Producto Bruto Interno (PBI)

Este factor está ligado al crecimiento de tránsito de vehículos pesados. El método clásico contempla elegir la tasa anual de PBI de acuerdo a la **Tabla 3** descrita anteriormente, la cual fue obtenida en el año 2010, y que, a la fecha, se sigue utilizando por los diseñadores.

Por esto, contando con la tabla del **Anexo F** obtenido del INEI, se obtiene la información de la **Tabla 29**, la cual resume el porcentaje de PBI desde el año 2008 al año 2016, y se buscará realizar a través de una curva de regresión la proyección del PBI, para su uso en el cálculo de proyecciones del tránsito futuro.

Es importante resaltar que si bien la **Tabla 3** indica que el año 2010 contó con un PBI diferente al brindado por el INEI en el mismo año (**Anexo F**), el valor correspondiente a dicho año y demás valores de la **Tabla 29** serán tomados en cuenta para los cálculos, por ser información más actualizada.

La curva de regresión obtenida del PBI de Piura de los últimos años no es estadísticamente confiable. Esto se evidencia gráficamente en la **Figura 60** ya que no existe un comportamiento predecible para esta variable, lo cual significa que proyectar

la tasa anual del PBI, tal como se hizo con la tasa de crecimiento poblacional, sería erróneo.

Tabla 29. Producto Bruto Interno por años para el departamento de Piura.

Años	%PBI
2008	8.6
2009	-10.3
2010	9.7
2011	12.6
2012	7.5
2013	-2.3
2014	0.6
2015	5.1
2016	1.2

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI.

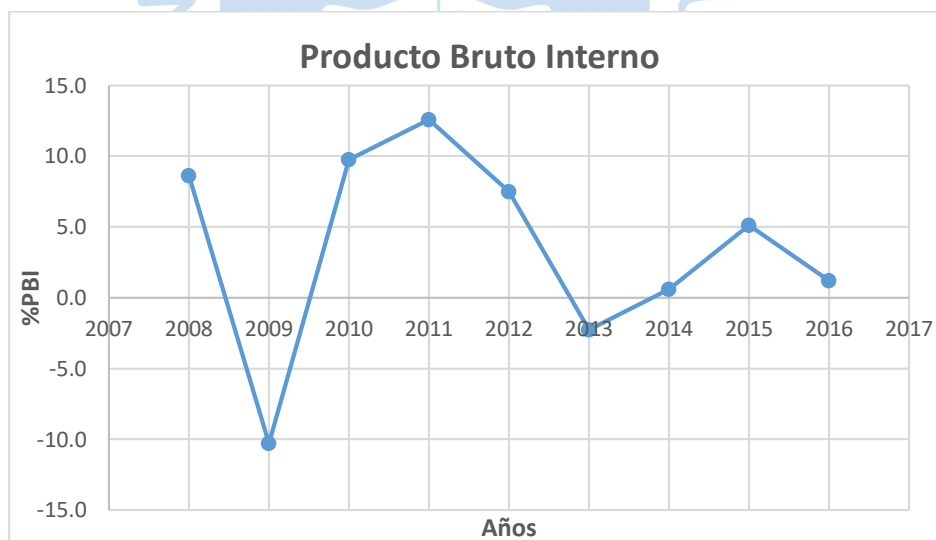


Figura 60. Curva de regresión producto bruto interno anual del departamento de Piura.

Fuente: Elaboración propia.

Es así que, se usará la tasa anual de PBI de Piura del año 2016, por ser éste un valor más actual calculado por el INEI y que ayudará a afinar los resultados del tránsito

futuro calculados con el método tradicional. Por lo tanto, la tasa anual del PBI a usar para el cálculo de la proyección del tránsito futuro, será:

$$\%PBI_{2016} = 1.2\%$$

4.4. Cálculo de nueva proyección de tránsito

Se hará uso de la **Ecuación 12** ya descrita en el Capítulo 2, donde T_n es el tránsito proyectado al año n , T_o es el tránsito actual (año base, cero), la variable i es la tasa anual de crecimiento de tránsito la cual podrá tomar la tasa de crecimiento poblacional anual departamental y tasa anual del porcentaje de PBI, calculados anteriormente; y n el número de años del periodo de diseño.

$$T_n = T_o(1 + i)^{(n-1)}$$

Se realizará el cálculo para la proyección de tráfico normal y tráfico generado, tal como se realizó para el cálculo del tránsito futuro con el método tradicional para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Para el caso de vehículos menores y ligeros, se hace uso de las tasas de crecimiento poblacional anual departamental de Piura calculadas con la ecuación de regresión, considerando los nuevos porcentajes de crecimiento poblacional para el año al que se desea proyectar. Para el caso de vehículos pesados, se hará uso del %PBI establecido anteriormente.

A modo de ejemplo, teniendo al año 2016 como el año base, cuyos valores de tránsito se muestran en la columna denominada IMDA de la **Tabla 22** y con el fin de obtener las proyecciones del tráfico normal para el año 2018, se utilizará la tasa de crecimiento poblacional para el 2018 (Ver **Tabla 28**), así como el PBI del año 2016 (Ver **Tabla 29**).

$$T_{moto\ lineal, 2018} = 264(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 266\ uve$$

$$T_{moto\ taxi, 2018} = 509(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 514\ uve$$

$$T_{auto,2018} = 5051(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 5097 \text{ uve}$$

$$T_{pick\ up,2018} = 479(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 483 \text{ uve}$$

$$T_{combis,2018} = 146(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 147 \text{ uve}$$

$$T_{micro,2018} = 546(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 551 \text{ uve}$$

$$T_{bus,2018} = 159(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 161 \text{ uve}$$

$$T_{camiones\ 2\ ejes,2018} = 107(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 108 \text{ uve}$$

$$T_{camiones\ >2\ ejes,2018} = 98(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 99 \text{ uve}$$

Para cada año en el que se proyecta el tránsito futuro se debe usar la tasa de crecimiento poblacional correspondiente a ese año, así como la tasa anual de PBI antes ya mencionada. La **Tabla 30** muestra el cálculo total de las proyecciones de tránsito normal hasta el año 2030.

Tabla 30. Proyección de tráfico normal con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Tipo de vehículo	TCP	0.78	0.91	0.8	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
	PBI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
	AÑOS DE PROYECCION														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Moto lineal	264	264	266	268	270	272	274	276	279	280	282	284	286	288	290
Moto taxi	509	509	514	517	521	525	529	533	537	541	544	548	552	556	559
Auto	5051	5051	5097	5132	5172	5213	5251	5289	5330	5366	5402	5443	5478	5518	5552
Pick Up	479	479	483	487	490	494	498	502	505	509	512	516	519	523	527
Combis	146	146	147	148	149	151	152	153	154	155	156	157	158	160	160
Micro	546	546	551	555	559	563	568	572	576	580	584	588	592	597	600
Bus	159	159	161	163	165	167	169	171	173	175	177	179	181	183	186
Camiones 2 ejes	107	107	108	110	111	112	114	115	116	118	119	121	122	123	125
Camiones > 2 ejes	98	98	99	100	102	103	104	105	107	108	109	110	112	113	114
Sub Total 1	7359	7359	7427	7480	7539	7600	7658	7715	7777	7832	7887	7948	8001	8062	8114

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del tráfico generado, se toma la columna del año base 2016 de la **Tabla 30** multiplicado por el 10%, y el resultado se coloca como columna inicial para las proyecciones a futuro del tráfico generado conforme se muestra en la **Tabla 31**.

Por lo tanto, con el fin de obtener las proyecciones del tráfico generado para el año 2018, se utilizará la tasa de crecimiento poblacional para el 2018 (Ver **Tabla 28**), así como el PBI del año 2016 (Ver **Tabla 29**).

$$T_{moto\ lineal,2018} = 26(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 26 \text{ uve}$$

$$T_{moto\ taxi,2018} = 51(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 51 \text{ uve}$$

$$T_{auto,2018} = 505(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 510 \text{ uve}$$

$$T_{pick\ up,2018} = 48(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 48 \text{ uve}$$

$$T_{combis,2018} = 15(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 15 \text{ uve}$$

$$T_{micro,2018} = 55(1 + 0.91\%)^{(2-1)} = 55 \text{ uve}$$

$$T_{bus,2018} = 16(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 16 \text{ uve}$$

$$T_{camiones\ 2\ ejes,2018} = 11(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 11 \text{ uve}$$

$$T_{camiones\ >2ejes,2018} = 10(1 + 1.20\%)^{(2-1)} = 10 \text{ uve}$$

Para cada año en el que se proyecta el tránsito futuro se debe usar la tasa de crecimiento poblacional correspondiente a ese año, así como la tasa anual de PBI antes ya mencionada. La **Tabla 31** muestra el cálculo total de las proyecciones de tránsito generado hasta el año 2030.

Tabla 31. Proyección de tráfico generado con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Tipo de vehículo	Tasa de crecimiento	TCP	0.78	0.91	0.8	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73
		PBI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
		AÑOS DE PROYECCION														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Moto lineal	0.9	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	28	29	29	29
Moto taxi	0.9	51	51	51	52	52	53	53	53	54	54	54	55	55	56	56
Auto	0.9	505	505	510	513	517	521	525	529	533	537	540	544	548	552	555
Pick Up	0.9	48	48	48	49	49	49	50	50	51	51	51	52	52	52	53
Combis	0.9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16
Micro	0.9	55	55	55	55	56	56	57	57	58	58	58	59	59	60	60
Bus	2	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	18	18	18	18	19
Camiones 2 ejes	2	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
Camiones > 2 ejes	2	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11
Sub Total 2		736	736	742	748	754	760	766	772	778	783	789	795	800	806	811
TOTAL		8095	8095	8169	8228	8293	8361	8424	8487	8554	8615	8676	8743	8801	8868	8925

Fuente: Elaboración propia.

La sumatoria de ambas proyecciones, mostradas en las **Tablas 30** y **Tabla 31** arroja el tránsito futuro para los años en estudio, el cual se muestra en la **Figura 61**.

La **Tabla 32** muestra las diferencias encontradas entre las proyecciones recogidas del Estudio de tráfico, tránsito y transporte del 2010 y las proyecciones obtenidas con el uso de los nuevos factores de crecimiento propuestos en esta tesis. Se recoge la información desde el año 2018, siendo éste el año de apertura de la vía.

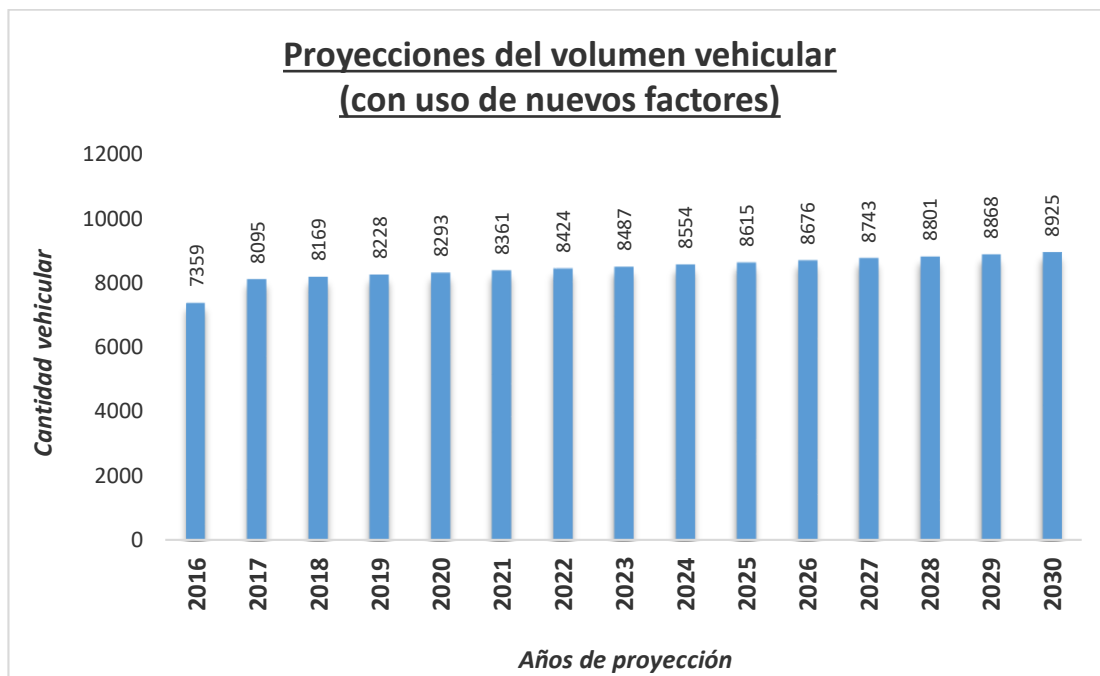


Figura 61. Proyecciones del volumen vehicular con uso de nuevos factores en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Diferencias encontradas en proyecciones futuras en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Año	Proyecciones (Año base 2010)	Proyecciones (Año base 2016)	Diferencia absoluta	Diferencia relativa
2018	5891	8169	2278	27.89%
2019	6049	8228	2179	26.48%
2020	6213	8293	2080	25.08%
2021	6382	8361	1979	23.66%
2022	6558	8424	1866	22.15%
2023	6740	8487	1747	20.58%
2024	6929	8554	1625	19.00%
2025	7124	8615	1491	17.31%
2026	7327	8676	1349	15.54%
2027	7538	8743	1205	13.78%
2028	7757	8801	1044	11.86%
2029	7984	8868	884	9.97%
2030	8220	8925	705	7.90%

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 33** y la **Figura 62**, muestra la comparación de las proyecciones futuras realizadas con data del año 2016, haciendo uso de los factores tradicionales y de los factores propuestos por Rivera (2007). Del análisis de ambas, se verifica que a medida que pasan los años, los valores proyectados con método clásico frente a los proyectados con factores propuestos por Rivera (2007), se vuelven divergentes.

Dicho esto, se tiene que para el año 2030, con el uso de factores propuestos por Rivera (2007) se deberá tener presente que esta metodología se adapta mejor a las características de nuestra economía nacional.

Tabla 33. Cuadro comparativo de proyecciones futuras con uso de factores tradicionales y factores propuestos en la intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Año	Proyecciones futuras con data del año 2016			
	Uso de factores tradicionales	Uso de factores propuestos	Diferencia absoluta	Diferencia relativa
2016	7359	7359	0	0.00%
2017	8095	8095	0	0.00%
2018	8172	8169	3	0.04%
2019	8250	8228	22	0.27%
2020	8329	8293	36	0.43%
2021	8409	8361	48	0.58%
2022	8489	8424	65	0.77%
2023	8570	8487	83	0.98%
2024	8652	8554	98	1.15%
2025	8735	8615	120	1.39%
2026	8819	8676	144	1.66%
2027	8904	8743	161	1.84%
2028	8989	8801	188	2.14%
2029	9076	8868	207	2.34%
2030	9163	8925	238	2.66%

Fuente: Elaboración propia.

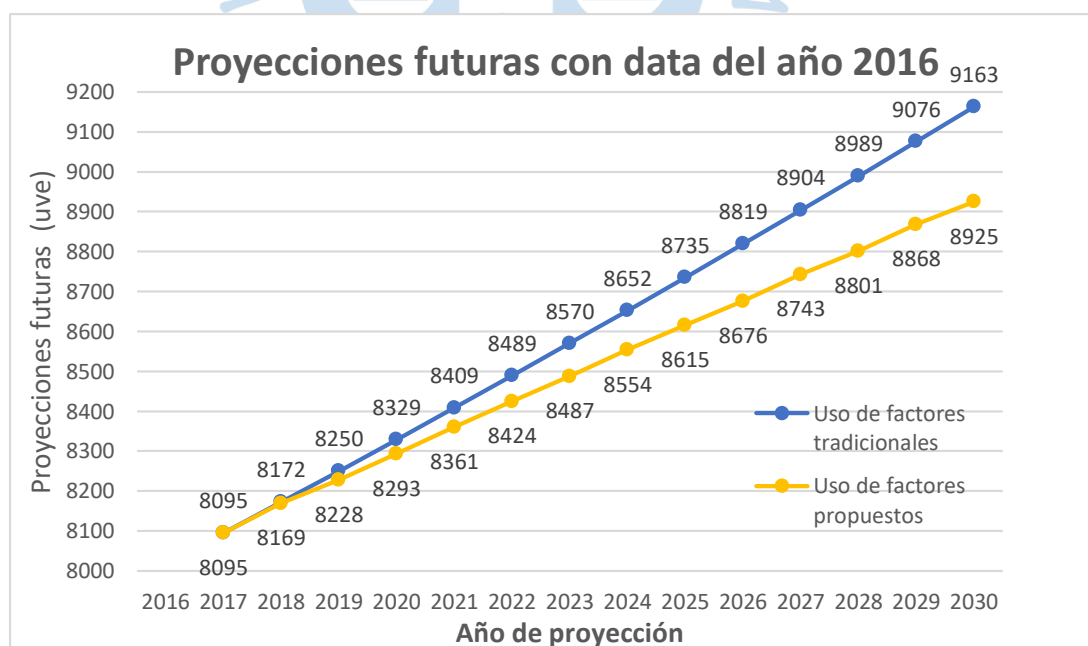


Figura 62. Gráfico de dispersión de proyecciones futuras con uso de factores tradicionales y propuestos, en intersección Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

Fuente: Elaboración propia.



Conclusiones y Recomendaciones

Después de haber mostrado paso a paso el procedimiento para el cálculo del IMDA y su aplicación en las intersecciones Av. Sánchez Cerro con la Av. Chulucanas y con la Av. Gullman, correspondientes al tramo de estudio del Proyecto de Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, así como la introducción en el uso de curvas de regresión para el cálculo de proyecciones futuras de tránsito, se concluye lo siguiente:

- a) La estructuración del método clásico para el cálculo del IMDA en intersecciones y sus proyecciones a futuro facilitará la comprensión y aplicación del método a los estudiantes y/o profesionales y conllevará a reducir los errores en los cálculos.
- b) Comparando el método de cálculo del IMDA en carreteras e intersecciones, se verifica que para las intersecciones se requiere de una mayor elaboración y exhaustivo análisis, debido a la aparición de giros y maniobras que requieren un correcto diseño de hojas de conteo, experiencia para el conteo vehicular, correcto llenado de formatos y el almacenamiento de data en Excel.
- c) El uso de plantillas programadas es importante para el almacenamiento y procesamiento de la información de los conteos vehiculares, así como para la obtención de variables importantes en un estudio de tráfico.
- d) Para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, el IMDA calculado en el año 2016 con conteos vehiculares en esta tesis y el IMDA del año 2010, proyectado al año 2016 por la Municipalidad Provincial de Piura, a través del IMP, no es del todo compatible. Por lo que se advierte la sub estimación del IMP en el cálculo del volumen de tránsito, que puede desencadenar problemas futuros de congestión.
- e) Para la intersección de la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, la proyección para el año 2016 con base en el conteo del año 2010 tiene una variación de 1769 vpd por

debajo, con respecto al volumen real obtenido con el conteo en el año 2016, lo cual es una señal de alarma en cuanto a la sub estimación de los volúmenes futuros.

Así mismo, para el 2018, año de apertura de la Av. Sánchez Cerro, a pesar de contar con valores proyectados para ambos casos, se tiene que la proyección con data base del año 2010 está 2281 vpd por debajo de la proyección obtenida con data base del año 2016; la cual es una diferencia elevada para valores que debieran ser muy parecidos.

- f) La informalidad del transporte público como moto taxis, motos lineales y taxis, afectan en gran magnitud a las proyecciones vehiculares futuras, ya que no existe un control adecuado para el crecimiento de este tipo de vehículos.
- g) En la comparación de resultados correspondientes al cálculo de proyecciones futuras con los factores tradicionales de crecimiento de tránsito y los nuevos factores de proyección teniendo como base teórica las curvas de regresión de Rivera (2007), se tiene que para los primeros años de análisis no existe mucha diferencia, pero a medida del paso de los años, estas proyecciones tienen diferencias más significativas. El uso de los nuevos factores propuestos por Rivera (2007), podrían afinar y optimizar los cálculos del tránsito futuro, dado que se utilizan factores de crecimiento con un comportamiento más real, que se adaptan mejor a las constantes fluctuaciones características de nuestra economía como país en vías de desarrollo.

Para implementar una mejora en un estudio de tránsito, tráfico y transporte, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Tomar como guía de ayuda, el procedimiento descrito en esta tesis ya sea para el caso de estudios en carreteras o intersecciones, con el fin de asegurar que los cálculos para la obtención del IMDA sean correctos.
- Actualizar la metodología tradicional para el cálculo de proyecciones futuras, implementando los nuevos conceptos propuestos por Rivera (2007), que consisten en incluir el uso de la tasa de crecimiento poblacional para cada año a proyectar como un valor variable y la tasa anual de PBI.

- Tomar acciones de mitigación, ya que de acuerdo a los cálculos obtenidos en la intersección crítica donde está emplazado el paso desnivel, es decir la Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, se recibirá mayor volumen vehicular del pronosticado en el estudio del año 2010, lo cual es ocasionado por la informalidad vehicular, y podría ser frenado con el mayor control en el crecimiento de vehículos y/o la prohibición de tránsito de ciertos vehículos menores y ligeros en el eje de estudio.





Referencias Bibliográficas

- Agencia Nacional de Infraestructura. (2015). Proyecto de Asociación Público Privada de iniciativa Privada Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá-Girardot.
- Coronado, A. (1991). Estudios de Ingeniería de Transito para la planeación Regional del Transporte Carretero. (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León– Monterrey.
- Cumpa, D. (2002). Criterios para el planeamiento de la ciudad de Piura. (Tesis de grado) Universidad de Piura. Piura-Perú.
- Díaz, L. (2009). Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura. (Tesis de grado) Universidad de Piura. Piura-Perú.
- Flores, C. (2011). Capacidad y nivel de servicio en las intersecciones. SlideShare. (07 julio 2011). Recuperado de: <https://es.slideshare.net/3ktorce/capacidad-y-nivel-de-servicio-en-las-intersecciones>
- Gobierno Regional de Piura. (2015). Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro Tramo, Av. Gullman-Av. Chulucanas-Distrito de Piura, Provincia de Piura-Piura, Código SNIP N° 61017. (GRP Circular N° 003-2015/Ley 29230) Piura: Lima.
- Gómez, R. (2004). Texto del alumno Ingeniería de Tránsito. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Hewes, C. y Oglesby, C. (1965). Ingeniería de carreteras. México: Compañía Editorial Continental.
- Instituto Metropolitano de Planificación (2010) Proyecto Mejoramiento de la Av. Sánchez Cerro, entre la Av. Chulucanas hasta la Av. Gullman, Distrito de Piura, Provincia de Piura, p. 3-124. Perú, DC: Imprenta Municipalidad Provincial de Piura.
- Mejoramiento de la vía en la Calle Perú. (s.f.). Recuperado el 10 de agosto de 2018, de: https://www.academia.edu/28685141/ESTUDIO_DE_TRAFICO
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). Datos generales del proyecto o inversión. Recuperado de: <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/ejecucion/traeListaEjecucionSimplePublica/2048987>

- Ministerio de Economía y Finanzas (2015) Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil. (DLBN Publicación N° 2015-02694) Lima, Perú. Impresión Servicios Graficos JMD S.R.L.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2008). Manual para la revisión de estudios de tránsito. Nicaragua: CORASCO.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). Índice medio diario anual. Recuperado de: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). Reglamento Nacional de Vehículos. (DS N°. 058-2003) Perú.
- Montoya, G. (2005). Ingeniería de Transito. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú.
- Municipalidad Provincial de Piura. (2013). Proyecto C.P. Las Lomas. Piura: Instituto Vial Provincial Municipal de Piura.
- Reyes, R. y Cárdenas, J. (1994). Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones. Cali, Colombia: Ediciones Alfaomega, S.A.
- Rivera, J. (2007). Metodología para la estimación del TMDA (Transito Medio Diario Anual) mediante conteos de transito esporádicos en la zona central de la República Argentina. (Tesis de maestria) Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe- Argentina.
- Ruiz, J. A. (2018). Propuesta de Plan de Desvíos para Mejoramiento de Av. Sánchez Cerro usando Synchro 8.0. (Tesis de grado). Universidad de Piura. Piura – Perú.
- Secretaria de Desarrollo Social. (2012). Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas (SDS Publicación No. 01-229)
- Timaná, J. A. (2016)^a. EIV: Construcción de hotel en Centro Comercial Plaza de la Luna. Piura: Centenario Corporativo S.A.C.

Timaná, J. A. (2016)^b. Informe de plan de desvios para mejoramiento de Av. Sánchez Cerro entre Av. Chulucanas y Av. Mártires de Uchuracay. Piura: CyF Todo Terreno.





Anexos



Anexo A - Factores de conversión para Unidades Vehiculares Equivalentes.

Vehículo Equivalente	
Automóvil o camioneta	1.0
Camión	2.5
Camión de 2 ejes o más	3.5
Microbuses	2.0
Ómnibus	3.0
Articulados	4.0
Camionetas rurales	1.25
Mototaxis	0.50

Anexo A 1 - Factores de conversión según tipo de vehículo.
Fuente: Dirección General de Inversión Pública – DGIP.
 Ministerio de Economía y Finanzas.

Factor por tipo de vehículo (TV)	
MOTOCICLETAS	0.20
MOTO TAXI	0.33
AUTO	1.00
PICK UP	1.00
COMBIS	1.25
CUSTER	1.50
AUTOBUS	3.00
CAMIONES UNA CARRETA	4.00
CAMIONES DOBLE CARRETA	6.00

Anexo A 2 - Factores de conversión según tipo de vehículo.
Fuente: Estudio de Transporte de MPP – año 2011.

Anexo B - Factores de corrección promedio por ubicación, mes y tipo de vehículo.

Código		Factores de corrección promedio para vehículos ligeros (2000-2010)												Peaje	
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros		
P001	Aguas Calientes	0.992382	0.920195	1.068743	1.075160	1.169200	1.194254	0.936857	0.879831	0.867443	1.050135	1.040737	1.010235		
P002	Aguas Calientes	1.120729	1.160005	1.095403	1.045593	0.973398	0.953971	0.860315	0.923189	1.050493	1.033557	1.008657	0.932598		
P003	Ambo	1.035571	1.102719	1.094765	1.028035	1.011158	1.047825	1.020222	0.979908	1.031114	0.982223	0.952948	0.861538		
P004	Alco	0.934263	0.764183	1.000100	1.047085	1.162355	1.221341	1.023385	0.999045	1.141732	1.095546	1.105757	0.864690		
P005	Avayviri	1.036550	0.967293	1.509918	1.121253	1.191289	1.173181	0.957975	0.883276	0.880329	0.996700	0.985409	0.865891		
P006	Bagua	1.056196	1.109595	1.169597	1.102517	1.074476	1.024215	0.969604	0.949647	0.955497	1.009393	1.038757	0.876256		
P007	Bujama	0.619887	0.602335	0.689777	1.018653	1.681345	1.793992	1.366112	1.514720	1.653584	1.297168	1.217959	1.012960		
P009	Morona	0.985368	0.962598	1.015888	1.097588	1.088704	1.041461	1.020978	0.914051	1.045342	1.047322	1.025820	0.888989		
P040	Montalvo	0.952951	0.882183	1.081383	1.089070	1.116355	1.20768	0.979418	0.915922	1.020771	1.047322	1.025820	0.888989		
P041	Morona	0.882757	0.924620	1.070067	1.124741	1.150790	1.169035	0.882586	0.979680	1.183850	1.101893	1.140363	0.785395		
P042	Moribamba	1.178276	1.138916	1.113240	1.051469	1.033499	0.926456	0.927374	0.928111	0.963041	0.971935	0.942950	0.938618		
P043	Nazca	0.998482	0.988412	1.029346	1.054918	1.084271	1.123463	0.924936	0.902211	1.025323	1.025347	1.058925	0.898882		
P044	Pacangulla	0.951242	0.972866	1.088221	1.033149	1.067478	1.103862	0.880865	0.949588	1.131137	1.130123	1.126137	0.939516		
P045	Piura	1.110540	1.116333	1.032097	0.874511	1.126100	1.055599	0.916323	0.996966	1.069166	1.029532	1.005852	0.968826		
P046	Paita	0.888820	0.846215	0.955539	1.087148	1.152649	1.148220	1.380730	1.068104	1.028845	1.105145	1.089163	0.791692		
P047	Pampa Cuellar	1.049977	0.941641	1.121317	1.130921	1.165483	1.203320	0.967152	0.740558	1.051413	1.029272	1.039633	0.914684		
P048	Pampa Galera	1.049449	1.115322	1.189206	1.141811	0.953547	1.044147	0.968598	0.820651	1.029797	1.005944	1.030903	0.827163		
P049	Patnusi	1.154511	0.945466	1.168518	1.091643	1.128276	1.126704	0.924874	0.767332	0.989006	0.952423	1.006260	0.952558		
P050	Pedro Ruiz	0.993233	1.029596	1.080265	1.101653	1.073966	1.014653	0.924837	0.982339	1.028882	1.004107	0.997269	0.914684		
P051	Piura Sullana	0.920508	0.918597	1.012812	1.067426	1.079278	1.051401	0.996521	0.994501	1.034053	1.082971	1.066464	0.939187		
P052	Pomacocha	0.765321	0.749243	0.728892	0.831381	0.786013	1.014466	1.783785	0.974946	0.991258	1.017340	1.051915	0.998837		
P053	Pomahuacra	0.906348	1.043085	1.080231											
P054	Pozo Redondo	0.918618	0.883502	0.989741	1.057298	1.050785	1.191273	1.046164	1.000723	1.103416	1.048364	1.036116	0.848653		
P055	Pucallá	0.925683	0.968912	1.081974	1.108365	1.182826	1.008010	0.923353	0.909883	1.038513	1.071227	1.030331	0.937501		
P056	Punta Perdida	1.016504	0.741978	1.141825	1.231290	1.206355	1.198819	0.886978	0.597177	1.158515	1.107127	1.283573	1.128881		
P057	Quilisa	1.054813	1.055522	1.094876	0.922164	1.007071	1.069803	0.857949	0.958422	1.048872	1.058378	1.023953	0.930233		
P058	Ramiro Prialé	0.993362	0.990265	1.019429	1.028051	1.032356	1.019612	0.953779	0.941970	1.024400	0.996399	1.016927	0.958203		
P059	Rumichaca	1.313437	1.02745	0.995061	0.926767	1.189725	1.183775	0.864668	0.951512	1.214331	1.028613	1.086110	1.047818		
P060	Santa Lucia	1.265383	0.949892	1.283140	1.238950	1.307553	1.048459	1.033066	0.840059	1.165849	1.130071	1.155767	0.847905		
P061	Saylla	1.012254	0.962672	1.084325	1.222715	1.179586	1.171810	1.045085	0.979378	0.931480	1.058679	1.067440	0.987959		
P062	Serpentin de Pasaj	1.095483	1.007880	1.022644	1.013634	0.978524	0.993843	0.964806	1.037533	1.080017	0.895230	0.886778	0.852263		
P063	Sicuyani	0.971417	0.758596	1.088523	1.111386	1.229779	1.311310	1.031490	0.683282	1.384191	1.019804	1.119919	0.978867		
P064	Simbala														
P065	Socos	1.208747	1.059142	0.999469	0.877132	1.075259	1.064181	0.972343	0.965082	1.033340	0.996466	1.008091	0.997857		
P066	Tambo Grande	0.883966	0.939828	1.044682	1.119472	1.138508	1.082810	1.038351	1.062226	1.074473	0.952555	0.961313	0.828841		
P067	Tomasiri	1.046521	1.044316	1.084451	1.073745	1.064572	1.071224	1.333246	0.967206	0.858623	1.033469	1.028658	0.848004		
P068	Tunan	1.010867	1.060881	1.080981	0.966025	1.086867	1.037544	0.817707	0.878406	0.969556	0.927743	1.001607	0.880768		
P069	Variente de Pasam	0.958010	0.941581	0.982048	0.933566	1.072566	1.124447	0.939651	1.019855	1.135207	1.051909	1.075789	0.877845		
P070	Variente de Uchum	0.906582	0.620889	0.955525	1.121510	1.146576	1.186811	1.086168	1.089820	1.171095	1.235808	1.728518	0.938697		
P071	Vesque	0.814895	0.841455	0.958830	1.088780	1.118806	1.523528	1.020828	1.066687	1.146105	1.100048	1.096971	0.875895		
P072	Viro	0.946645	0.927037	0.998822	1.021412	1.100525	1.082779	0.964774	1.053462	1.148958	1.072133	1.092897	0.861916		
P073	Yauca	0.920191	0.837839	1.027447	1.055378	1.212323	1.080176	1.007029	1.015024	1.119397	1.098244	1.177167	0.866008		
P074	Zanumilla	1.065796	0.985743	1.057975	1.062092	1.208126	1.037788	0.997303	0.955574	0.976400	0.987004	1.011604	1.555471		

Anexo B 1 - Factores de corrección promedio para vehículos ligeros.

Fuente: Unidades Peaje PVN_OGPP.

Factores de corrección promedio para vehículos pesados (2000-2010)																								
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre											
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados											
P001	Aguas Calientes	1.152056	0.983900	1.013868	1.017953	1.070015	1.106987	1.066392	0.916331	0.917894	0.969084	0.893941	0.936015											
P002	Aguas Calientes	1.115155	1.063206	1.013084	1.026083	0.980271	0.922331	0.937617	0.980422	1.028749	1.036881	1.028577	1.013063											
P003	Ambo	0.975396	1.001856	0.990894	1.022654	1.064697	1.062693	1.084708	1.012073	1.023322	0.979103	0.967478	0.909352											
P004	Alto	1.002637	0.967990	1.001283	1.003859	1.053150	1.101172	1.037379	0.991104	1.041947	1.014947	0.957478	0.893016											
P005	Avayiri	1.111406	1.020008	1.264724	1.071785	1.063508	1.094743	1.004545	0.957472	0.973269	0.988975	0.952043	0.872650											
P006	Bagua	1.037192	1.036776	1.064756	1.480583	1.036709	0.969377	0.969377	0.969377	1.010844	1.004341	1.005912	0.935287											
P007	Bujama	1.023799	0.990646	1.008912	1.029835	1.062501	1.047167	1.057903	1.020388	1.063902	1.008981	1.009429	1.060760											
P008	Camaná	0.987878	0.918781	0.980818	1.024526	1.076158	1.138837	1.059435	0.986145	1.048190	1.025370	1.012327	0.919004											
P009	Cancas	1.003327	0.966222	0.999436	1.052351	1.154232	1.039043	1.007255	1.005452	1.017838	1.003000	0.978151	0.923694											
P010	Caracoto	1.088225	0.962206	1.025379	1.037511	1.060026	1.080077	1.033234	0.913116	1.006702	0.981624	1.016104	0.935704											
P011	Casiracra	1.017211	0.988911	0.972089	1.045903	0.975861	1.016677	1.024040	1.012904	1.055118	1.014133	1.018031	0.969961											
P012	Casinchihua	1.228084	1.107590	1.095992	1.091502	1.052918	1.013756	0.956503	0.892909	0.951161	0.933450	0.951626	0.919227											
P013	Catac	1.004148	1.032875	1.148238	1.065226	1.084667	0.997205	0.974436	0.926899	0.998365	0.955673	0.789874	0.921448											
P014	Cerro de Pasco		1.566990	0.900925	0.978369	1.147177																		
P015	Chalhuanca	1.112331	1.074472	1.080783	1.114410	1.180500	0.986149	0.980858	0.938133	0.953677	0.946843	0.983575	0.948397											
P016	Chalhuanquito (El)	1.070696	1.105688	1.127595	1.025655	0.950560	0.942942	0.920036	0.948340	0.981226	0.956729	1.027332	1.008267											
P017	Chicama	0.995423	0.990930	1.050979	1.071837	1.069606	1.027862	0.998617	0.971590	1.014403	1.045753	1.027710	0.936320											
P018	Chilca	0.924254	0.893745	0.965260	1.010401	1.138275	1.170316	1.112000	1.104255	1.085696	1.019542	1.000055	0.947991											
P019	Chuliqui	0.988934	1.020285	1.016843	1.072139	1.119779	1.066516	1.079471	0.974837	0.974932	0.946290	0.932717	0.873061											
P020	Chulucanas	0.999638	1.010383	1.157890	1.162122	1.091797	1.031974	0.991163	0.942327	0.967505	0.969838	0.936877	0.879145											
P021	Ciudad de Dios	1.008812	0.960739	1.080950	1.097941	1.106456	1.087975	1.097579	0.958345	0.940883	0.943467	0.968021	0.974525											
P022	Corcona	1.051301	1.018810	1.012837	0.949320	0.967974	1.005690	1.066033	0.989782	1.044532	1.011459	1.034433	0.977987											
P023	Cruce Bayóvar	0.937815	0.951394	1.025536	1.141136	1.081117	1.037478	1.013926	0.986825	1.037905	1.051864	1.039579	0.923090											
P024	Cuculí	0.950059	0.984751	1.402962	1.577595	1.246496	0.969531	1.009785	1.004337	0.920463	0.986391	0.907746	0.880555											
P025	Desvío Olmos	1.017454	1.033046	1.049123	2.271120	1.097925	1.035464	0.990143	0.934963	0.967011	0.981228	0.964788	0.909910											
P026	Desvío Talara	1.048883	1.003056	1.019170	1.036528	1.033714	1.021900	1.028971	1.017993	1.042366	0.992930	0.957055	0.886397											
P027	El Fiscal	1.038485	0.906822	1.003871	1.080024	1.066607	1.184776	1.103372	1.061418	1.025289	1.083050	1.068755	0.995044											
P028	El Paraiso	0.973067	0.994277	1.057835	1.057798	1.059652	1.044822	1.006399	1.002948	1.044331	0.992956	0.977680	0.881354											
P029	Huacrapuquio	1.152575	1.115503	1.029777	1.007784	0.947483	0.980152	0.961270	0.955024	0.957631	0.972342	1.050900	0.991492											
P030	Huamey	0.933535	0.942690	1.010130	1.088803	1.123693	1.087157	1.028693	1.007590	1.065906	1.008860	1.010062	0.894778											
P031	Huillique	1.078885	1.082401	1.122024	1.134512	1.072256	0.904700	0.988543	0.962388	0.960562	0.968604	0.946677	0.927700											
P032	Ica	1.024076	1.011173	1.029908	1.022044	1.068010	1.079791	1.043697	1.002446	0.991907	0.944277	0.939216	0.891610											
P033	Ilaye	1.088290	1.036475	1.042219	1.643594	1.074546	1.072822	0.974334	0.861489	1.014579	0.994777	0.996874	0.886819											
P034	Ilo	1.014983	0.977024	0.976785	1.089421	1.036196	1.093447	1.019384	1.045911	0.991919	1.027302	0.989154	0.883206											
P035	Jahauy Chinchta	1.044226	1.016989	1.028146	1.001722	1.035235	1.059892	1.016620	1.004940	1.012376	0.970028	1.011518	0.887131											
P036	Lunahuaná	1.117705	1.074653	1.072419	1.064922	0.861465	1.070093	1.031545	1.036390	0.998830	0.907237	0.935730	1.045676											
P037	Marcona	1.048281	0.999218	0.968828	1.065838	1.084418	1.012221	1.025558	1.108238	0.974742	0.979689	0.932855	1.025148											

Factores de corrección promedio para vehículos pesados (2000-2010)													
Código	Peaje	Enero Pesados	Febrero Pesados	Marzo Pesados	Abril Pesados	Mayo Pesados	Junio Pesados	Julio Pesados	Agosto Pesados	Setiembre Pesados	Octubre Pesados	Noviembre Pesados	Diciembre Pesados
P038	Maarani	0.84486	0.76059	0.932370	1.136254	1.155390	1.188635	1.161362	1.144690	1.132786	1.09607	1.133596	1.138546
P039	Mocce	0.989739	1.02667	1.110047	1.122763	1.035493	0.963260	0.93512	0.915971	1.082418	1.019173	1.003834	0.917766
P040	Montalvo	1.018973	0.968837	1.004121	1.020575	1.025752	1.081602	1.033640	0.986394	1.049480	1.025486	1.010318	0.880087
P041	Morrope	0.949054	0.951983	1.014531	1.078873	1.068757	1.029589	1.013005	0.994290	1.049866	1.056761	1.045365	0.906338
P042	Moycamba	1.100681	0.996518	1.015598	1.078532	1.055468	0.988711	0.990681	0.944552	0.961954	0.980645	0.964170	0.987785
P043	Nazca	0.956162	1.083271	1.105598	1.098732	1.134669	1.145323	1.086919	1.031972	1.094248	1.058282	1.052412	0.971032
P044	Pacangulla	0.949198	0.953274	1.018721	1.133846	1.173096	1.019806	0.993534	0.963591	1.027556	1.066321	1.032569	0.924794
P045	Pacara	1.118314	1.067730	1.065327	0.948125	0.907553	0.959127	0.959425	0.980288	1.021957	1.005330	1.031313	0.976288
P046	Palla	1.018951	0.952383	0.942930	1.041141	1.021755	1.028817	1.379026	1.027868	0.994480	1.018765	0.990450	0.904940
P047	Pampa Cuellar	1.112577	1.075219	1.080287	1.072265	1.018126	1.112320	0.965437	0.914365	1.024142	0.999119	0.963115	0.886168
P048	Pampa Galera	1.104728	1.114355	1.130416	1.078073	0.945893	1.034742	1.067603	0.916792	0.963632	0.943888	0.938628	0.941910
P049	Patihuasi	1.089206	1.044719	1.059195	1.025297	1.062170	1.065018	1.026730	0.916007	0.971307	0.926516	0.941959	0.945931
P050	Petro Ruiz	1.003620	0.964426	1.013598	3.570378	1.043144	1.114995	0.956615	0.943412	0.988379	1.077231	0.987071	1.136302
P051	Pura Sullana	0.971908	0.945697	1.017577	1.050156	1.041486	0.996695	0.991567	1.005433	1.029725	1.076486	1.047890	0.961201
P052	Ponalca	1.028688	0.994591	0.915422	0.911452	0.875076	0.853631	1.121234	1.174516	1.012305	0.999612	1.062928	1.056331
P053	Pomahuanca	0.979519	1.011112	1.012354									
P054	Pozo Redondo	0.965093	0.959281	1.009001	1.017464	0.993529	1.123378	1.026023	0.989466	1.049556	1.021359	1.014444	0.935085
P055	Pucará	1.067441	1.057953	1.116125	1.051319	1.066638	1.004507	0.951360	0.946114	0.972668	1.003390	0.970048	0.959383
P056	Punta Perdida	1.123175	0.974032	1.114108	1.102411	1.054607	1.150000	0.912521	0.845455	0.999358	0.996328	1.036562	1.009794
P057	Quilla	1.094620	1.029769	0.994728	0.899388	0.932131	0.980680	0.969740	1.010022	1.032476	1.041747	1.038144	1.036301
P058	Ranito Priale	1.224222	0.939355	0.907594	1.086915	1.040677	0.973959	1.026707	0.935233	0.971744	0.907958	0.997630	1.055491
P059	Rumichaca	1.162753	1.022717	1.033297	0.941196	0.983642	0.934395	0.918484	0.947720	1.154767	0.990122	1.044174	1.052340
P060	Santa Lucía	1.089248	1.031527	1.091317	1.097922	1.039566	0.987479	1.040651	0.923008	0.986300	0.979695	0.951238	0.888871
P061	Saylla	1.033154	1.002258	1.048227	1.197009	1.087123	1.085906	1.026910	0.967106	0.968674	0.996550	0.953322	0.913599
P062	Serpentin de Pasaj	0.984569	1.009589	1.044372	1.053622	1.046078	1.026596	1.012132	1.011370	1.030776	0.984974	0.975315	0.911831
P063	Sciuyani	1.062381	0.970722	1.036539	1.034088	1.039184	1.279381	1.026615	0.894581	1.453616	0.980164	0.945178	0.905259
P064	Smbila												
P065	Socos	1.146400	1.017059	1.019566	0.938151	0.980499	0.950679	0.981700	0.975897	1.036117	1.011057	1.063374	1.020175
P066	Tambo Grande	0.679286	0.793920	1.111716	1.336708	1.248861	1.105966	1.196294	1.225046	1.254410	1.089327	1.005565	0.729283
P067	Tomasiri	1.028449	0.994837	1.008505	1.027927	1.032552	1.091474	1.378336	0.981490	0.928631	1.005755	1.004334	0.878170
P068	Tunan	0.931984	1.004743	1.110132	1.079946	1.030331	0.962541	0.954718	0.988826	0.934054	0.903603	0.924840	0.848276
P069	Variante de Pasam	1.547650	1.297654	1.613231	1.442094	1.176629	1.026730	0.966506	0.998111	1.022116	0.857908	0.931199	0.984059
P070	Variante de Uchum	0.991809	0.957938	1.049206	1.109913	1.363200	0.982197	1.096105	1.041322	1.076587	1.025523	1.039436	0.976793
P071	Vesque	0.935848	0.938301	0.989097	1.093545	1.088104	1.454017	1.045259	1.008173	1.062021	1.020666	0.998231	0.906764
P072	Viru	0.965911	0.947022	1.001504	1.074519	1.953666	1.012392	1.042734	1.086210	6.949809	0.999724	0.998837	0.906233
P073	Yauca	1.026866	0.991589	1.031376	1.028534	1.081314	1.020634	1.046597	0.993168	1.040947	1.005764	0.998653	0.892818
P074	Zamulla	0.951598	0.871844	0.961710	0.977700	1.136449	0.959047	0.988594	1.046416	1.012343	1.085088	1.198038	1.754950

Anexo B 2 - Factores de corrección promedio para vehículos pesados. (Continuación)
Fuente: Unidades Peaje PVN_OGPP.

Anexo C - Cálculo del tránsito diario en Av. Sánchez Cerro y Av. Chulucanas.

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3		
TIPO DE VEH.	18	179	29	31	53	7	7	141	77	108	111	23	784	18%
MOTO LINEAL	131	487	112	102	290	3	13	176	202	212	215	67	2010	45%
MOTO TAXI	20	208	37	28	76	1	11	172	60	116	46	47	822	18%
AUTO	14	37	10	27	16	3	3	121	12	27	16	17	303	7%
PICK UP	5	9	5	2	9	3	1	19	8	8	4	3	76	2%
COMBIS	0	41	13	22	14	12	18	22	1	0	0	0	143	3%
MICRO	0	46	1	0	0	0	3	46	1	0	1	1	99	2%
BUS	11	38	8	9	3	1	2	44	2	1	6	3	128	3%
CAMIONES 2 EJES	0	42	11	7	0	0	0	51	0	0	1	0	112	3%
CAMIONES >2 EJES	199	1087	226	228	461	30	58	792	363	472	400	161	4477	100%
TOTAL FÍSICOS	121	932	197	193	241	31	60	916	174	248	186	106	3405	
VEHICULOS EQUIVALENTES	Total: 1250			Total: 465			Total: 1150			Total: 540				

Anexo C 1 - Tránsito diario para el día 1 de conteo correspondiente al viernes 08 de julio del 2016.
Fuente: Plan de Desvíos 2016

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3		
TIPO DE VEH.	31	144	15	9	29	5	5	103	57	98	83	24	603	16%
MOTO LINEAL	165	412	78	44	152	8	15	146	163	184	125	119	1611	44%
MOTO TAXI	19	152	23	20	49	5	10	133	56	60	32	45	604	16%
AUTO	14	67	6	17	1	2	3	98	16	13	16	28	281	8%
PICK UP	1	16	3	0	2	2	0	19	0	2	2	1	48	1%
COMBIS	1	25	19	16	0	19	20	54	0	0	0	0	154	4%
MICRO	0	43	1	0	0	0	0	47	0	0	1	0	92	3%
BUS	18	53	6	10	5	1	2	51	4	5	2	11	168	5%
CAMIONES 2 EJES	3	38	11	4	0	0	1	46	2	0	1	2	108	3%
CAMIONES >2 EJES	252	950	162	120	238	42	56	697	298	362	262	230	3669	100%
TOTAL FÍSICOS	166	878	165	127	124	45	60	882	160	171	122	162	3062	
VEHICULOS EQUIVALENTES	Total:	1209		Total:	296		Total:	1102		Total:	455			

Anexo C 2 - Tránsito diario para el día 2 de conteo correspondiente al sábado 09 de julio del 2016.

Fuente: Plan de Desvíos 2016

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01			Acceso 02			Acceso 03			Acceso 04			SUMA	%
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3		
TIPO DE VEH.	31	173	16	29	34	5	9	129	102	169	79	30	806	17%
MOTO LINEAL	184	400	77	61	301	33	16	212	271	247	248	162	2212	45%
MOTO TAXI	32	251	15	15	106	10	18	250	81	104	58	53	993	20%
AUTO	6	53	2	23	14	4	7	133	15	24	14	29	324	7%
PICK UP	1	29	1	4	6	0	0	26	11	11	5	8	102	2%
COMBIS	0	23	17	20	1	18	20	17	0	0	0	0	116	2%
MICRO	1	49	0	2	0	0	0	52	1	1	2	0	108	2%
BUS	9	28	6	14	7	2	4	45	1	4	6	7	133	3%
CAMIONES 2 EJES	0	27	12	2	0	0	0	39	1	0	0	4	85	2%
CAMIONES >2 EJES	264	1033	146	170	469	72	74	903	483	560	412	293	4879	100%
TOTAL FÍSICOS	136	860	151	155	257	59	74	971	230	272	199	193	3557	
VEHICULOS EQUIVALENTES	Total: 1147			Total: 471			Total: 1275			Total: 664				

Anexo C 3 - Tránsito diario para el día 3 de conteo correspondiente al sábado 09 de julio del 2016.
Fuente: Plan de Desvíos 2016

Anexo D - Cálculo del tránsito diario en Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman.

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01					Acceso 02					Acceso 03					Acceso 06					SUMA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	1.3R		2.1	2.2	2.3	2.3R		3.1	3.2	3.3R			6.2	6.3	6.5				
MOTO LINEAL	68	130	16	27		25	71	65	23		29	50	2			49	83	101			739	14%
MOTO TAXI	58	101	105	171		251	74	6	117		0	0	0			13	12	14			922	18%
AUTO	68	266	42	30		31	97	103	32		246	315	3			244	927	527			2931	56%
PICK UP	18	60	16	9		12	23	49	3		10	34	0			26	26	21			307	6%
COMBIS	3	22	4	0		2	2	16	0		0	1	0			2	11	4			67	1%
MICRO	0	86	0	0		16	0	45	0		22	51	0			0	0	8			228	4%
BUS	0	9	6	1		3	0	3	0		4	21	0			0	0	0			47	1%
CAMIONES 2 EJES	1	0	0	0		6	0	0	1		0	6	0			0	2	1			17	0%
CAMIONES >2 EJES	0	8	2	0		0	0	0	0		0	0	0			0	0	0			10	0%
TOTAL FÍSICOS	216	682	191	238		346	267	287	176		311	478	5			334	1061	676			5268	100%
VEHICULOS EQUIVALENTES	126	600	123	103		182	161	261	82		303	497	3			287	993	593			4314	
	Total: 952					Total: 686					Total: 803					Total: 1873						

Anexo D 1 - Tránsito diario para el día 1 de conteo correspondiente al viernes 15 de julio del 2016.

Fuente: Plan de Desvíos 2016

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01				Acceso 02				Acceso 03			Acceso 06			SUMA	%
	1.1	1.2	1.3	1.3R	2.1	2.2	2.3	2.3R	3.1	3.2	3.3R	6.2	6.3	6.5		
TIPO DE VEH.	100	165	18	18	37	77	14	28	38	72	1	74	110	70	822	15%
MOTO LINEAL	102	59	72	127	238	74	1	121	0	2	0	13	0	4	813	14%
MOTO TAXI	120	338	57	34	52	97	44	37	348	462	3	338	972	493	3395	60%
AUTO	6	94	12	2	10	16	11	9	11	29	0	14	34	9	257	5%
PICK UP	2	18	4	2	8	1	8	0	8	9	0	4	7	13	84	1%
COMBIS	0	76	1	0	13	0	28	0	24	42	0	0	0	19	203	4%
MICRO	0	11	5	2	4	0	3	0	9	16	0	0	0	0	50	1%
BUS	1	2	0	0	0	4	0	0	1	4	0	7	5	0	24	0%
CAMIONES 2 EJES	0	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0%
CAMIONES >2 EJES	331	768	172	186	362	269	109	195	439	636	4	450	1128	608	5657	100%
TOTAL FÍSICOS	186	674	128	93	186	166	116	92	434	624	3	397	1052	562	4713	
VEHICULOS EQUIVALENTES	Total: 1081				Total: 560				Total: 1061			Total: 2011				

Anexo D 2 - Tránsito diario para el día 2 de conteo correspondiente al sábado 16 de julio del 2016.
Fuente: Plan de Desvíos 2016

SEGÚN TIPO DE VEHICULO	Acceso 01				Acceso 02				Acceso 03			Acceso 06			SUMIA	%
TIPO DE VEH.	1.1	1.2	1.3	1.3R	2.1	2.2	2.3	2.3R	3.1	3.2	3.3R	6.2	6.3	6.5		
MOTO LINEAL	65	197	21	32	30	86	15	38	37	60	1	27	73	109	791	15%
MOTO TAXI	42	48	168	125	302	54	3	146	0	2	0	0	10	3	903	18%
AUTO	96	420	33	40	37	88	63	30	257	364	3	276	742	359	2808	55%
PICK UP	21	98	19	8	17	12	8	3	9	27	0	14	17	10	263	5%
COMBIS	3	17	1	1	5	1	7	3	7	6	0	0	6	7	64	1%
MICRO	0	90	1	0	15	0	24	0	23	41	0	0	0	8	202	4%
BUS	0	4	7	1	7	0	4	0	8	14	0	0	0	0	45	1%
CAMIONES 2 EJES	5	5	2	0	3	1	1	1	0	4	0	0	2	0	24	0%
CAMIONES >2 EJES	0	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0%
TOTAL FÍSICOS	232	890	254	208	416	242	125	221	341	518	4	317	850	496	5114	100%
VEHICULOS EQUIVALENTES	163	808	145	104	212	139	131	96	333	513	3	295	790	413	4145	
	Total: 1220				Total: 578				Total: 849			Total: 1498				

Anexo D 3 - Tránsito diario para el día 3 de conteo correspondiente al lunes 18 de julio del 2016.

Fuente: Plan de Desvíos 2016

Anexo E - Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo, según departamentos.

UBIGEO	DEPARTAMENTO	2000			2001			2002		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
000000	PERÚ	25,983,588	13,039,529	12,944,059	26,366,533	13,230,410	13,136,123	26,739,379	13,416,024	13,323,355
010000	AMAZONAS	385,241	202,294	182,947	388,720	204,225	184,495	391,938	206,009	185,929
020000	ÁNCASH	1,049,379	523,653	525,726	1,056,484	527,682	528,802	1,063,510	531,740	531,770
030000	APURÍMAC	419,585	212,033	207,552	422,361	213,623	208,738	425,104	215,180	209,924
040000	AREQUIPA	1,084,725	542,719	542,006	1,100,094	550,089	550,005	1,114,590	557,000	557,590
050000	AYACUCHO	571,739	285,828	285,911	578,465	289,658	288,807	586,290	294,073	292,217
060000	CAJAMARCA	1,404,767	704,951	699,816	1,416,728	711,048	705,680	1,427,948	716,843	711,105
070000	CALLAO	788,961	398,013	390,948	805,478	406,079	399,399	821,283	413,689	407,594
080000	CUSCO	1,173,757	596,972	576,785	1,185,457	602,841	582,616	1,196,650	608,395	588,255
090000	HUANCAYELICA	435,491	215,025	220,466	439,405	217,188	222,217	443,404	219,429	223,975
100000	HUÁNUCO	747,309	378,669	368,640	756,187	383,249	372,938	764,559	387,572	376,987
110000	ICA	657,255	327,112	330,143	666,976	332,095	334,881	676,667	337,177	339,490
120000	JUNÍN	1,198,307	604,551	593,756	1,209,950	610,535	599,415	1,221,386	616,353	605,033
130000	LA LIBERTAD	1,519,967	755,214	764,753	1,544,794	767,732	777,062	1,568,885	779,937	788,948
140000	LAMBAYEQUE	1,084,317	530,521	553,796	1,099,245	537,497	561,748	1,113,080	543,982	569,098
150000	LIMA	7,767,873	3,822,081	3,945,792	7,913,690	3,890,948	4,022,742	8,057,558	3,958,651	4,098,907
160000	LORETO	847,288	441,664	405,624	862,190	449,515	412,675	876,497	457,048	419,449
170000	MADRE DE DIOS	89,018	50,961	38,057	92,185	52,759	39,426	95,420	54,605	40,815
180000	MOQUEGUA	152,129	81,222	70,907	154,339	82,436	71,903	156,420	83,554	72,866
190000	PASCO	267,286	138,011	129,275	269,807	139,511	130,296	272,355	141,039	131,316
200000	PIURA	1,609,027	808,348	800,679	1,628,074	817,784	810,290	1,645,795	826,618	819,177
210000	PUNO	1,223,955	610,655	613,300	1,238,294	617,927	620,367	1,252,654	625,291	627,363
220000	SAN MARTÍN	662,052	360,218	301,834	675,190	367,516	307,674	687,427	374,210	313,217
230000	TACNA	269,033	140,108	128,925	274,878	143,096	131,782	280,596	146,013	134,583
240000	TUMBES	184,866	100,103	84,763	188,601	102,181	86,420	192,336	104,249	88,087
250000	UCAYALI	390,261	208,603	181,658	398,941	213,196	185,745	407,027	217,367	189,660

Anexo E 1 - Población estimada, 2000-2002.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

UBIGEO	DEPARTAMENTO	2003			2004			2005		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
000000	PERÚ	27,103,457	13,597,121	13,506,336	27,460,073	13,774,414	13,685,659	27,810,540	13,948,639	13,861,901
010000	AMAZONAS	394,959	207,679	187,280	397,848	209,267	188,581	400,668	210,807	189,861
020000	ÁNCASH	1,070,450	535,806	534,644	1,077,295	539,854	537,441	1,084,038	543,863	540,175
030000	APURÍMAC	427,826	216,715	211,111	430,539	218,243	212,296	433,256	219,775	213,481
040000	AREQUIPA	1,128,454	563,581	564,873	1,141,933	569,963	571,970	1,155,267	576,273	578,994
050000	AYACUCHO	594,733	298,817	295,916	603,311	303,632	299,679	611,542	308,262	303,280
060000	CAJAMARCA	1,438,547	722,367	716,180	1,448,651	727,654	720,997	1,458,379	732,735	725,644
070000	CALLAO	836,622	421,003	415,619	851,739	428,180	423,559	866,877	435,378	431,499
080000	CUSCO	1,207,423	613,704	593,719	1,217,862	618,837	599,025	1,228,055	623,863	604,192
090000	HUANCAVELICA	447,455	221,715	225,740	451,519	224,011	227,508	455,562	226,285	229,277
100000	HUÁNUCO	772,600	391,727	380,873	780,483	395,801	384,682	788,380	399,883	388,497
110000	ICA	686,254	342,269	343,985	695,663	347,284	348,379	704,822	352,135	352,687
120000	JUNÍN	1,232,569	622,008	610,561	1,243,455	627,506	615,949	1,253,996	632,849	621,147
130000	LA LIBERTAD	1,592,392	791,881	800,511	1,615,464	803,613	811,851	1,638,251	815,183	823,068
140000	LAMBAYEQUE	1,126,116	550,099	576,017	1,138,651	555,972	582,679	1,150,982	561,727	589,255
150000	LIMA	8,199,172	4,025,118	4,174,054	8,338,208	4,090,241	4,247,967	8,474,342	4,153,927	4,320,415
160000	LORETO	890,388	464,358	426,030	904,035	471,538	432,497	917,618	478,685	438,933
170000	MADRE DE DIOS	98,690	56,479	42,211	101,962	58,361	43,601	105,205	60,233	44,972
180000	MOQUEGUA	158,407	84,606	73,801	160,334	85,622	74,712	162,237	86,633	75,604
190000	PASCO	274,919	142,590	132,329	277,491	144,163	133,328	280,061	145,755	134,306
200000	PIURA	1,662,570	835,014	827,556	1,678,777	843,137	835,640	1,694,797	851,152	843,645
210000	PUNO	1,266,832	632,614	634,218	1,280,629	639,762	640,867	1,293,843	646,602	647,241
220000	SAN MARTÍN	699,146	380,554	318,592	710,732	386,805	323,927	722,567	393,218	329,349
230000	TACNA	286,166	148,850	137,316	291,563	151,594	139,969	296,767	154,237	142,530
240000	TUMBES	196,063	106,305	89,758	199,771	108,344	91,427	203,452	110,363	93,089
250000	UCAYALI	414,704	221,262	193,442	422,158	225,030	197,128	429,576	228,816	200,760

Anexo E 2 - Población estimada, 2003-2005.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

UBIGEO	DEPARTAMENTO	2006			2007			2008		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
000000	PERÚ	28,151,443	14,118,112	14,033,331	28,481,901	14,282,346	14,199,555	28,807,034	14,443,858	14,363,176
010000	AMAZONAS	403,428	212,298	191,130	406,087	213,719	192,368	408,629	215,069	193,560
020000	ÁNCASH	1,090,637	547,823	542,814	1,097,098	551,751	545,347	1,103,481	555,658	547,823
030000	APURÍMAC	436,000	221,324	214,676	438,761	222,881	215,880	441,507	224,428	217,079
040000	AREQUIPA	1,168,238	582,402	585,836	1,180,683	588,265	592,418	1,192,932	594,025	598,907
050000	AYACUCHO	619,437	312,713	306,724	627,317	317,156	310,161	635,167	321,583	313,584
060000	CAJAMARCA	1,467,758	737,624	730,134	1,476,708	742,300	734,408	1,485,188	746,742	738,446
070000	CALLAO	882,066	442,612	439,454	897,144	449,775	447,369	912,065	456,847	455,218
080000	CUSCO	1,237,955	628,762	609,193	1,247,503	633,486	614,017	1,256,770	638,068	618,702
090000	HUANCAVELICA	459,598	228,543	231,055	463,651	230,807	232,844	467,700	233,068	234,632
100000	HUÁNUCO	796,330	403,992	392,338	804,220	408,071	396,149	811,989	412,088	399,901
110000	ICA	713,692	356,802	356,890	722,321	361,343	360,978	730,767	365,788	364,979
120000	JUNÍN	1,264,050	637,967	626,083	1,273,648	642,858	630,790	1,283,003	647,627	635,376
130000	LA LIBERTAD	1,660,535	826,483	834,052	1,682,213	837,478	844,735	1,703,617	848,333	855,284
140000	LAMBAYEQUE	1,163,003	567,309	595,694	1,174,519	572,637	601,882	1,185,684	577,789	607,895
150000	LIMA	8,605,145	4,214,951	4,390,194	8,730,820	4,273,371	4,457,449	8,855,022	4,331,027	4,523,995
160000	LORETO	931,218	485,842	445,376	944,717	492,946	451,771	957,992	499,930	458,062
170000	MADRE DE DIOS	108,412	62,096	46,316	111,604	63,962	47,642	114,791	65,830	48,961
180000	MOQUEGUA	164,090	87,626	76,464	165,871	88,581	77,290	167,616	89,516	78,100
190000	PASCO	282,660	147,390	135,270	285,291	149,068	136,223	287,913	150,756	137,157
200000	PIURA	1,710,456	858,973	851,483	1,725,502	866,491	859,011	1,740,194	873,834	866,360
210000	PUNO	1,306,226	653,012	653,214	1,317,911	659,081	658,830	1,329,272	664,992	664,280
220000	SAN MARTÍN	734,689	399,815	334,874	746,844	406,427	340,417	758,974	413,019	345,955
230000	TACNA	301,728	156,753	144,975	306,461	159,149	147,312	311,038	161,462	149,576
240000	TUMBES	207,125	112,372	94,753	210,798	114,375	96,423	214,439	116,354	98,085
250000	UCAYALI	436,967	232,628	204,339	444,209	236,368	207,841	451,284	240,025	211,259

Anexo E 3 - Población estimada, 2006-2008.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

UBIGEO	DEPARTAMENTO	2009			2010			2011		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
000000	PERÚ	29,132,013	14,605,206	14,526,807	29,461,933	14,768,901	14,693,032	29,797,694	14,935,396	14,862,298
010000	AMAZONAS	411,043	216,349	194,694	413,314	217,557	195,757	415,466	218,706	196,760
020000	ÁNCASH	1,109,849	559,557	550,292	1,116,265	563,462	552,803	1,122,792	567,405	555,387
030000	APURÍMAC	444,202	225,947	218,255	446,813	227,421	219,392	449,365	228,862	220,503
040000	AREQUIPA	1,205,317	599,848	605,469	1,218,168	605,900	612,268	1,231,553	612,214	619,339
050000	AYACUCHO	642,972	325,984	316,988	650,718	330,352	320,366	658,400	334,685	323,715
060000	CAJAMARCA	1,493,159	750,930	742,229	1,500,584	754,844	745,740	1,507,486	758,498	748,988
070000	CALLAO	926,788	463,807	462,981	941,268	470,635	470,633	955,385	477,267	478,118
080000	CUSCO	1,265,827	642,540	623,287	1,274,742	646,933	627,809	1,283,540	651,260	632,280
090000	HUANCAVELICA	471,720	235,314	236,406	475,693	237,536	238,157	479,641	239,746	239,895
100000	HUÁNUCO	819,578	416,013	403,565	826,932	419,818	407,114	834,054	423,505	410,549
110000	ICA	739,087	370,164	368,923	747,338	374,501	372,837	755,508	378,792	376,716
120000	JUNÍN	1,292,330	652,381	639,949	1,301,844	657,228	644,616	1,311,584	662,187	649,397
130000	LA LIBERTAD	1,725,075	859,210	865,865	1,746,913	870,271	876,642	1,769,181	881,540	887,641
140000	LAMBAYEQUE	1,196,655	582,845	613,810	1,207,589	587,885	619,704	1,218,492	592,911	625,581
150000	LIMA	8,981,440	4,389,797	4,591,643	9,113,684	4,451,497	4,662,187	9,252,401	4,516,451	4,735,950
160000	LORETO	970,918	506,728	464,190	983,371	513,273	470,098	995,355	519,568	475,787
170000	MADRE DE DIOS	117,981	67,697	50,284	121,183	69,562	51,621	124,404	71,428	52,976
180000	MOQUEGUA	169,365	90,450	78,915	171,155	91,400	79,755	172,995	92,371	80,624
190000	PASCO	290,483	152,419	138,064	292,955	154,022	138,933	295,315	155,558	139,757
200000	PIURA	1,754,791	881,129	873,662	1,769,555	888,507	881,048	1,784,551	896,001	888,550
210000	PUNO	1,340,684	670,928	669,756	1,352,523	677,073	675,450	1,364,752	683,409	681,343
220000	SAN MARTÍN	771,021	419,557	351,464	782,932	426,009	356,923	794,730	432,388	362,342
230000	TACNA	315,534	163,731	151,803	320,021	165,992	154,029	324,498	168,246	156,252
240000	TUMBES	218,017	118,293	99,724	221,498	120,174	101,324	224,895	122,004	102,891
250000	UCAYALI	458,177	243,588	214,589	464,875	247,049	217,826	471,351	250,394	220,957

Anexo E 4 - Población estimada, 2009-2011.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

UBIGEO	DEPARTAMENTO	2012			2013			2014		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
000000	PERÚ	30,135,875	15,103,003	15,032,872	30,475,144	15,271,062	15,204,082	30,814,175	15,438,887	15,375,288
010000	AMAZONAS	417,508	219,797	197,711	419,404	220,810	198,594	421,122	221,729	199,393
020000	ÁNCASH	1,129,391	571,378	558,013	1,135,962	575,331	560,631	1,142,409	579,214	563,195
030000	APURÍMAC	451,881	230,283	221,598	454,324	231,664	222,660	456,652	232,984	223,668
040000	AREQUIPA	1,245,251	618,679	626,572	1,259,162	625,246	633,916	1,273,180	631,863	641,317
050000	AYACUCHO	666,029	338,989	327,040	673,609	343,265	330,344	681,149	347,517	333,632
060000	CAJAMARCA	1,513,892	761,905	751,987	1,519,764	765,045	754,719	1,525,064	767,895	757,169
070000	CALLAO	969,170	483,718	485,452	982,800	490,081	492,719	996,455	496,451	500,004
080000	CUSCO	1,292,175	655,500	636,675	1,300,609	659,633	640,976	1,308,806	663,640	645,166
090000	HUANCAVELICA	483,580	241,951	241,629	487,472	244,132	243,340	491,278	246,268	245,010
100000	HUÁNUCO	840,984	427,094	413,890	847,714	430,580	417,134	854,234	433,958	420,276
110000	ICA	763,558	383,018	380,540	771,507	387,189	384,318	779,372	391,313	388,059
120000	JUNÍN	1,321,407	667,187	654,220	1,331,253	672,198	659,055	1,341,064	677,188	663,876
130000	LA LIBERTAD	1,791,659	892,909	898,750	1,814,276	904,342	909,934	1,836,960	915,804	921,156
140000	LAMBAYEQUE	1,229,260	597,871	631,389	1,239,882	602,759	637,123	1,250,349	607,572	642,777
150000	LIMA	9,395,149	4,583,424	4,811,725	9,540,996	4,651,967	4,889,029	9,689,011	4,721,605	4,967,406
160000	LORETO	1,006,953	525,658	481,295	1,018,160	531,538	486,622	1,028,968	537,202	491,766
170000	MADRE DE DIOS	127,639	73,298	54,341	130,876	75,164	55,712	134,105	77,021	57,084
180000	MOQUEGUA	174,859	93,350	81,509	176,736	94,332	82,404	178,612	95,309	83,303
190000	PASCO	297,591	157,049	140,542	299,807	158,507	141,300	301,988	159,944	142,044
200000	PIURA	1,799,607	903,527	896,080	1,814,622	911,031	903,591	1,829,496	918,461	911,035
210000	PUNO	1,377,122	689,813	687,309	1,389,684	696,312	693,372	1,402,496	702,934	699,562
220000	SAN MARTÍN	806,452	438,716	367,736	818,061	444,972	373,089	829,520	451,136	378,384
230000	TACNA	328,915	170,466	158,449	333,276	172,655	160,621	337,583	174,813	162,770
240000	TUMBES	228,227	123,793	104,434	231,480	125,533	105,947	234,638	127,216	107,422
250000	UCAYALI	477,616	253,630	223,986	483,708	256,776	226,932	489,664	259,850	229,814

Anexo E 5 - Población estimada, 2012-2014.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

DEPARTAMENTO	2015			2016			2017		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
PERÚ	31,151,643	15,605,814	15,545,829	31,488,625	15,772,385	15,716,240	31,826,018	15,939,059	15,886,959
AMAZONAS	422,629	222,536	200,093	423,898	223,215	200,683	424,952	223,779	201,173
ÁNCASH	1,148,634	582,978	565,656	1,154,639	586,623	568,016	1,160,490	590,184	570,306
APURÍMAC	458,830	234,224	224,606	460,868	235,390	225,478	462,791	236,495	226,296
AREQUIPA	1,287,205	638,480	648,725	1,301,298	645,128	656,170	1,315,528	651,841	663,687
AYACUCHO	688,657	351,747	336,910	696,152	355,966	340,186	703,629	360,171	343,458
CAJAMARCA	1,529,755	770,434	759,321	1,533,783	772,636	761,147	1,537,172	774,515	762,657
CALLAO	1,010,315	502,923	507,392	1,024,439	509,525	514,914	1,038,706	516,194	522,512
CUSCO	1,316,729	667,502	649,227	1,324,371	671,215	653,156	1,331,758	674,793	656,965
HUANCAVELICA	494,963	248,341	246,622	498,556	250,366	248,190	502,084	252,357	249,727
HUÁNUCO	860,537	437,223	423,314	866,631	440,379	426,252	872,523	443,431	429,092
ICA	787,170	395,398	391,772	794,919	399,454	395,465	802,610	403,476	399,134
JUNÍN	1,350,783	682,129	668,654	1,360,506	687,070	673,436	1,370,274	692,031	678,243
LA LIBERTAD	1,859,640	927,260	932,380	1,882,405	938,754	943,651	1,905,301	950,309	954,992
LAMBAYEQUE	1,260,650	612,304	648,346	1,270,794	616,960	653,834	1,280,788	621,543	659,245
LIMA	9,838,251	4,791,877	5,046,374	9,989,369	4,863,113	5,126,256	10,143,003	4,935,630	5,207,373
LORETO	1,039,372	542,646	496,726	1,049,364	547,866	501,498	1,058,946	552,865	506,081
MADRE DE DIOS	137,316	78,863	58,453	140,508	80,690	59,818	143,687	82,506	61,181
MOQUEGUA	180,477	96,276	84,201	182,333	97,234	85,099	184,187	98,186	86,001
PASCO	304,158	161,372	142,786	306,322	162,793	143,529	308,465	164,200	144,265
PIURA	1,844,129	925,765	918,364	1,858,617	932,992	925,625	1,873,024	940,176	932,848
PUNO	1,415,608	709,705	705,903	1,429,098	716,664	712,434	1,442,930	723,792	719,138
SAN MARTÍN	840,790	457,187	383,603	851,883	463,131	388,752	862,822	468,981	393,841
TACNA	341,838	176,941	164,897	346,013	179,025	166,988	350,105	181,064	169,041
TUMBES	237,685	128,833	108,852	240,590	130,366	110,224	243,362	131,821	111,541
UCAYALI	495,522	262,870	232,652	501,269	265,830	235,439	506,881	268,719	238,162

Anexo E 6 - Población estimada, 2015-2017.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

Anexo F - Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos.

Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013P/	2014P/	2015E/	2016E/
Amazonas	...	8.3	1.1	1.5	10.2	0.2	-1.8	10.1	4.7	3.1
Ancash	...	-9.6	-6.2	21.0	13.5	-8.9	-0.2	2.1	-0.1	2.4
Apurímac	...	5.4	1.9	4.0	4.3	3.0	6.2	5.2	1.2	-11.0
Arequipa	...	0.2	1.0	10.2	8.6	-1.1	-1.9	3.8	1.3	-7.1
Ayacucho	...	3.8	2.9	7.6	12.4	-2.0	0.1	2.3	1.5	5.5
Cajamarca	...	4.2	5.1	9.8	15.0	-1.5	-5.3	0.0	3.7	3.5
Cusco	...	3.6	-11.0	8.2	20.1	-4.4	-1.7	-4.4	-11.8	0.4
Huancavelica	...	2.4	-0.5	5.3	11.5	-1.0	0.8	3.4	6.2	7.7
Huánuco	...	4.9	3.4	2.0	2.8	3.1	3.8	4.1	5.6	4.3
Ica	...	6.3	-6.2	15.0	13.0	-3.8	-0.4	1.0	6.9	2.0
Jurín	...	-5.2	5.2	6.0	10.6	-2.7	0.6	1.6	-1.5	5.2
La Libertad	...	3.7	7.7	7.1	7.5	0.8	-2.3	1.1	5.1	5.8
Lambayeque	...	5.5	3.1	2.9	4.8	0.3	2.0	5.2	4.8	4.1
Lima	...	2.7	5.9	1.8	2.1	3.7	3.3	3.3	5.0	4.2
Callao	...	3.7	4.6	4.0	0.1	8.6	0.1	4.0	11.3	4.0
Lima Provincias	...	-2.9	4.9	5.7	8.1	-0.7	4.3	0.6	4.5	6.9
Lima Metropolitana	...	3.1	6.1	1.2	1.8	3.6	3.6	3.5	4.3	4.0
Loreto	...	10.3	-16.3	12.5	20.7	-2.7	-5.1	-0.5	-7.3	14.9
Madre de Dios	...	7.7	10.7	12.4	21.3	-10.5	-4.4	-7.7	3.6	11.0
Moquegua	...	-13.9	-12.9	28.8	15.7	-9.6	-4.9	-4.7	-6.5	-1.2
Pasco	...	-24.6	0.5	21.4	29.8	-9.9	-3.7	-1.8	-1.1	5.0
Pura	...	8.6	-10.3	9.7	12.6	7.5	-2.3	0.6	5.1	1.2
Puno	...	8.3	6.3	6.0	4.5	1.3	3.2	6.3	2.3	5.2
San Martín	...	4.9	2.6	-0.1	10.7	-1.1	2.2	8.0	2.7	2.8
Tacna	...	-5.8	-5.8	10.0	7.4	-0.9	-0.5	-0.1	-4.9	7.3
Tumbes	...	5.7	-3.0	1.4	10.0	0.5	2.0	3.1	1.7	4.7
Ucayali	...	6.0	-0.6	3.8	5.3	4.4	-1.0	6.1	2.3	5.1
Valor Agregado Bruto	...	1.6	1.8	6.1	7.2	0.7	0.9	2.5	2.9	3.3
Impuestos a los Productos	...	1.3	3.8	2.3	3.5	8.0	2.2	1.9	-1.2	-1.8
Derechos de Importación	...	-48.9	-0.8	-1.3	-35.5	-2.5	15.3	33.7	-8.2	-1.6
Producto Bruto Interno	...	1.1	2.1	5.7	6.7	1.2	1.1	2.6	2.6	2.9

Anexo F 1 - Variación porcentual del Producto Bruto Interno.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI