



Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones

Evaluación de Movilidad en el Intercambiador de Tránsito José Peralta

Trabajo previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autor:

DANIEL FRANCISCO MONSALVE TAMARIZ

Director:

CHRISTIAN MARCELO MOYANO TOBAR

CUENCA, ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Diego y Fabiola por su apoyo y su guía constante e incondicional,

A mi hermano Diego por haber sido siempre un ejemplo y un modelo a seguir,

Y a mi sobrina Ananda por ser una fuente inagotable de cariño y alegría.

Daniel Monsalve Tamariz

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a los docentes, directivos y personal administrativo de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay, con quienes a lo largo de estos años se desarrolló una valiosa amistad, en especial al ingeniero Christian Moyano por el apoyo y tiempo brindados para la realización de este trabajo.

Un agradecimiento especial a la ingeniera Carolina Ormaza por su ayuda durante el aprendizaje del software utilizado para este trabajo.

De corazón, gracias por su apoyo

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1.1. Antecedentes.....	3
1.1.2. Justificación.....	4
1.1.3. Alcance.....	4
1.1.4. Conceptos generales.....	5

CAPÍTULO 2: CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO

2.1 Características geométricas y demanda vehicular.....	16
2.1.1 Dimensiones de cada carril de la intersección.....	17
2.1.2 Aforos vehiculares y Tráfico Promedio Diario Anual.....	18
2.1.3 Resumen de TPDA.....	25
2.2 Determinación de velocidades de flujo libre.....	31
2.3 Determinación de los factores de capacidad y niveles de servicio	
Mediante el procedimiento recomendado por el HCM 2010.....	32
2.4 Introducción al uso de Aimsun.....	47
2.4.1 Proceso de micro simulación.....	48

2.4.2 Guía de aplicación de Aimsun.....	51
2.5 Descripción del estado propuesto.....	69

CAPÍTULO 3: INFLUENCIA DEL INTERCAMBIADOR

3.1 Determinación de influencia del intercambiador en las avenidas adyacentes.....	71
3.2 Determinación de influencia del intercambiador en las avenidas fuera de su radio de influencia inmediato.....	76
3.3 Propuestas realizadas.....	80

CAPÍTULO 4: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 Dimensionamiento.....	89
4.2 Presupuesto Económico.....	93
4.3 Especificaciones Técnicas.....	109

CONCLUSIONES	132
---------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	133
---------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Criterios sobre el nivel de servicio para redondeles (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	13
Tabla 2.1: TPDA Av. 12 de Abril S-E (Fuente: Moyano, 2013).....	20
Tabla 2.2: TPDA Puente Todos Santos S-O (Fuente: Moyano, 2013).....	21
Tabla 2.3: TPDA Av. 12 de Abril N-O (Fuente: Moyano, 2013).....	22
Tabla 2.4: TPDA Av. Paucarbamba S-N (Fuente: Moyano, 2013).....	23
Tabla 2.5: TPDA Total (Fuente: Moyano, 2013).....	24
Tabla 2.6: Factor de Hora Pico Av. 12 de Abril S-E (Fuente: Moyano, 2013).....	25
Tabla 2.7: Factor de Hora Pico Todos Santos S-O (Fuente: Moyano, 2013).....	26
Tabla 2.8: Factor de Hora Pico Av. 12 de Abril N-O (Fuente: Moyano, 2013).....	26
Tabla 2.9: Factor de Hora Pico Av. Paucarbamba N-E (Fuente: Moyano, 2013).....	27
Tabla 2.10: Factor de Hora Pico Intersección (Fuente: Moyano, 2013).....	27
Tabla 2.11: Porcentaje de giros acceso Av. 12 de Abril S-E (Fuente: Moyano, 2013).....	28
Tabla 2.12: Porcentaje de giros acceso Puente Todos Santos S-O (Fuente: Moyano, 2013).....	28
Tabla 2.13: Porcentaje de giros acceso Av. 12 de Abril N-O (Fuente: Moyano, 2013).....	29
Tabla 2.14: Porcentaje de giros acceso Av. Paucarbamba S-N (Fuente: Moyano, 2013).....	29
Tabla 2.15: Porcentaje de giros salida Av. 12 de Abril S-E (Fuente: Moyano, 2013).....	30
Tabla 2.16: Porcentaje de giros salida Av. José Peralta S-O (Fuente: Moyano, 2013).....	30
Tabla 2.17: Porcentaje de giros salida Av. Paucarbamba S-O (Fuente: Moyano, 2013).....	30
Tabla 2.18: Porcentaje de giros salida Av. 12 de Abril N-O (Fuente: Moyano, 2013).....	31
Tabla 2.19: Porcentaje de giros salida Puente Todos Santos N-E (Fuente: Moyano, 2013).....	31

Tabla 2.20: Velocidades de flujo libre en los accesos.....	32
Tabla 2.21: Equivalencia de vehículos de pasajeros (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	34
Tabla 2.22: Asignación de carriles para determinar flujos de entrada (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	37
Tabla 2.23: Caudales de flujo de entrada en base a la asignación de vehículos por Carril (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	38
Tabla 2.24: Ecuación de Capacidad según carriles en conflicto en entradas (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	38
Tabla 2.25: Ecuación de Capacidad según carriles en conflicto en salidas (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	39
Tabla 2.26: Factor de Ajuste de Capacidad por Peatones en una Entrada de un Carril (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	39
Tabla 2.27: Factor de ajuste de la capacidad de entrada vs Flujo de circulación en conflicto en una entrada de un carril (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	40
Tabla 2.28: Factor de Ajuste por Peatones para la Capacidad de Entrada de Dos Carriles (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	40
Tabla 2.29: Factor de ajuste de la capacidad de entrada vs Flujo de circulación en conflicto en una entrada de dos carriles (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	41
Tabla 2.30: Algoritmo utilizado por Aimsun para la modelación microscópica (Fuente: Transport Simulation Systems, 2013).....	50
Tabla 3.1: Velocidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	71
Tabla 3.2: Tiempo de Viaje del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	72
Tabla 3.3: Tiempo de Demora del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	73
Tabla 3.4: Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	73

Tabla 3.5: Densidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	74
Tabla 3.6: Cola Máxima del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	75
Tabla 3.7: Niveles de Servicio del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta.....	75
Tabla 3.8: Velocidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	77
Tabla 3.9: Tiempo de Viaje del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	77
Tabla 3.10: Tiempo de Demora del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	78
Tabla 3.11: Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	78
Tabla 3.12: Densidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	79
Tabla 3.13: Cola Máxima del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	79
Tabla 3.14: Niveles de Servicio del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta.....	80
Tabla 3.15: Comparación de la Velocidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	82
Tabla 3.16: Comparación del Tiempo de Viaje del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	83
Tabla 3.17: Comparación del Tiempo de Demora del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	84
Tabla 3.18: Comparación de la Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	85
Tabla 3.19: Comparación de la Densidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	86

Tabla 3.20: Comparación de la Cola Máxima del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	87
Tabla 3.20: Comparación de los Niveles de Servicio del Estado Actual y del Estado Modificado de la red.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Dimensiones de los carriles de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta	18
Figura 2.2: Determinación de caudales de flujo de circulación y de salida (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	35
Figura 2.3: Caudal de Flujo de Salida (Fuente: Transportation Research Board, 2010).....	36
Figura 2.4: Representación de Niveles Macro, Meso y Micro.....	51
Figura 2.5: Importar Cartografía Base 1.....	53
Figura 2.6: Importar Cartografía Base 2.....	53
Figura 2.7: Creación de Secciones.....	54
Figura 2.8: Cambio de altura en secciones.....	55
Figura 2.9: Creación de Nodos 1.....	56
Figura 2.10: Creación de Nodos 2.....	56
Figura 2.11: Red terminada.....	57
Figura 2.12: Red del redondel terminada.....	57
Figura 2.13: Creación de intersecciones con señales de Pare o Ceda el Paso.....	58
Figura 2.14: Ingreso de Demanda de Tráfico.....	60
Figura 2.15: Ingreso de Demanda de Porcentajes de Giro.....	61
Figura 2.16: Ingreso de Demanda de Tráfico para estados.....	62
Figura 2.17: Ingreso de Líneas de Transporte Público.....	63
Figura 2.18: Ingreso de Paradas de Bus.....	63
Figura 2.19: Asignación de Paradas de Bus.....	64
Figura 2.20: Plan de Transporte Público.....	65
Figura 2.21: Asignación de Grupos Semafóricos.....	66
Figura 2.22: Plan de Control.....	67
Figura 2.23: Plan de Control Maestro.....	68
Figura 2.24: Creación de un Escenario Dinámico.....	69
Figura 4.1: Reformas en avenida Paucarbamba.....	90
Figura 4.2: Reformas en puente de Todos Santos.....	91

Figura 4.3: Reformas en avenida 12 de Abril.....92

**EVALUACIÓN DE MOVILIDAD EN EL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO
JOSÉ PERALTA**

RESUMEN

La importancia de este proyecto radica en evaluar la movilidad en el intercambiador de tránsito José Peralta. Para realizar este análisis se determinaron las características geométricas y los flujos vehiculares de las avenidas que confluyen en este redondel; y con ellos, la capacidad vial de cada una de estas avenidas, sus niveles de servicio y las reformas necesarias para mejorar su funcionamiento.

En base a datos proporcionados por Christian Moyano y utilizando el software de tránsito Aimsun se obtuvieron los datos necesarios para determinar niveles de servicio en toda la intersección, así como comparar el funcionamiento del estado actual y del estado propuesto.

Concluyendo con reformas geométricas y semaforicas para mejorar el servicio en la intersección, y un presupuesto para su implementación.

Palabras Clave: Intercambiador de tránsito, redondel, José Peralta, nivel de servicio, capacidad vial, HCM 2010, Aimsun 8.03.



Christian Marcelo Moyano Tobar
Director de Tesis



Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela



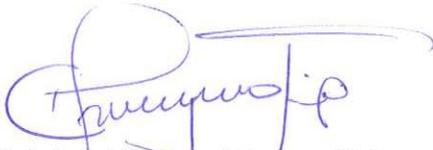
Daniel Francisco Monsalve Tamariz
Autor

ABSTRACT

MOBILITY ASSESSMENT AT *JOSÉ PERALTA* ROUNDABOUT

The importance of this project aims at assessing the mobility at José Peralta roundabout. In order to perform this analysis, the geometric characteristics and traffic flows of the intersecting avenues were determined. Along with them, road capacity, the level of service of each of these avenues, and the reforms needed to improve its operation were also established. Based on data provided by Christian Moyano and using Aimsun traffic modelling software, we obtained the data required to determine levels of service at the intersection and compare the current performance status against the proposed one. We finished the project with changes in geometric and traffic lights in order to improve the service at the intersection, as well as a budget for its implementation.

Keywords: Roundabout, José Peralta, Level of Service, Road Capacity, HCM 2010 Aimsun 8.03.



Christian Marcelo Moyano Tobar
Thesis Director



Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Daniel Francisco Monsalve Tamariz
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Monsalve Tamariz Daniel Francisco

Trabajo de Graduación

Ing. Christian Marcelo Moyano Tobar

Septiembre, 2015.

EVALUACIÓN DE MOVILIDAD EN EL INTERCAMBIADOR DE TRÁNSITO JOSÉ PERALTA

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la ciudad de Cuenca ha experimentado un crecimiento acelerado del parque automotor y por ende la congestión en sus vías ha aumentado. Si bien se han tomado decisiones de corto alcance, este crecimiento ha sido tan rápido que las iniciativas municipales han resultado insuficientes al momento de disminuir la congestión vehicular.

Per cápita, Cuenca es la ciudad con más vehículos en el país, y los constantes problemas de movilidad en su Centro Histórico, construido hace ya 450 años, son muestra clara de que la ciudad no se ha preparado para tal número de automóviles. Es por ello que las decisiones que se tomen dentro de los próximos cinco años serán vitales para el modelo de ciudad que se pretende planificar en Cuenca, donde el peatón y los medios de transporte no motorizados recuperen la prioridad y el espacio que poco a poco les fue arrebatado por los medios motorizados.

Al momento en la Atenas del Ecuador se están construyendo sistemas de transporte masivo modernos que ofrecen ser una alternativa interesante, pero para que los mismos funcionen, se debe cambiar el esquema de movilidad, pues el objetivo es un porcentaje considerable de ciudadanos deje de usar su vehículo particular y pase a

utilizar los sistemas masivos de transporte y en otros casos, medios no motorizados. En principio suena bien, sin embargo, al ser una medida que rebasa lo estrictamente técnico, teniendo un alto componente social, los resultados pueden demorar un poco más de lo previsto.

Una de las medidas que se tomaron para reducir demoras, evitar congestionamiento vehicular y ampliar la capacidad de las infraestructuras fue la construcción de un paso deprimido bajo el redondel José Peralta, junto con el cierre a la circulación vehicular del sentido de circulación oeste-este de la avenida 12 de Abril desde la avenida Fray Vicente Solano hasta el intercambiador antes mencionado. El presente documento evaluará el estado actual de este intercambiador junto con el de las vías que conecta, es decir, avenidas 12 de Abril, Florencia Astudillo, Paucarbamba, José Peralta y bajada de Todos Santos.

Para esta evaluación se utilizarán los datos otorgados por la Dirección Municipal de Tránsito a través de la consultoría “Estudio de volúmenes de tránsito en diferentes intersecciones de la ciudad de Cuenca”, así como el levantamiento planimétrico del intercambiador e información suministrada por el GAD Municipal. Con estos datos a través del método de la normativa establecida por el “Highway Capacity Manual” (HCM 2010) para rotondas se determinarán los niveles de servicio y capacidades del distribuidor. Adicionalmente se realizarán modelaciones a través de la herramienta informática Aimsun 8.03, desde un enfoque microscópico.

Finalmente se propondrán las modificaciones geométricas para mejorar la capacidad del intercambiador acompañadas de un respectivo análisis económico para justificar la viabilidad de estos cambios.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

Cuenca, como la mayoría de las ciudades de población media en América Latina, en los últimos años ha empezado a presentar serios problemas en su movilidad. Estos inconvenientes han sido generados por varios factores, dentro de los cuales sobresalen el acelerado crecimiento del parque automotor, el mismo que actualmente presenta una tasa cercana al 10% anual; con una característica especial de que generalmente en el área urbana tiene una baja tasa de ocupación de los vehículos (1 – 1.5 personas por vehículo) (Dirección Municipal de Tránsito de Cuenca, 2014), y por otro lado al regular el servicio de transporte público que opera en la ciudad en todas sus modalidades.

Estas molestias en el tránsito afectan a los usuarios de las vías y reducen la productividad de la ciudad en su conjunto. Por ello una correcta planificación urbana y vial es fundamental para garantizar que en el mediano plazo la ciudad no colapse y se evite tener los problemas de congestionamiento vehicular de Quito y Guayaquil, ciudades en las cuales se han tomado medidas de gestión de tránsito absolutamente serias como el “pico y placa” que poco han solucionado el verdadero problema de movilidad. Serán entonces las políticas a corto, mediano y largo plazo contempladas en lineamientos sólidos y fundamentados que se tomen en la planificación de la ciudad las que marquen un antes y un después en el modelo de ciudad que todos deseamos.

Todas estas políticas tienen que estar enmarcadas dentro del Primer Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la ciudad, mismo que servirá para articular varios proyectos que al momento están considerados de manera aislada como son el proyecto Tranvía Cuatro Ríos, la construcción de corredores de ciclovías a lo largo de los ríos de la ciudad y dentro de la trama urbana, y la planificación de una nueva circunvalación que conecte varias parroquias rurales de la tercera ciudad del país.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el área de influencia media del centro histórico y en el corazón de la zona de El Ejido (nueva centralidad de la ciudad) se encuentra emplazado el intercambiador de tránsito José Peralta, en la intersección de las avenidas Doce de Abril, Paucarbamba, José Peralta y Bajada de Todos Santos. Esta infraestructura fue construida hace 10 años y por ella actualmente circulan alrededor de 45000 vehículos al día, (Moyano, 2013).

Este distribuidor fue modificado en el año 2004, pues en su parte inferior se construyó un paso deprimido, sin embargo, a pesar de las modificaciones realizadas, aún existen varios problemas de congestión vehicular en las horas de máxima demanda.

Es importante destacar que por parte de las autoridades encargadas de la planificación y el control de la movilidad de la ciudad, no existe una política establecida para evaluar y dar seguimiento a las obras de infraestructura construidas. Es decir, este intercambiador fue reinaugurado hace 10 años y su vida útil prevista fue de 20, pero nadie sabe cómo está funcionando, menos aún si su funcionamiento es consecuente con los criterios para los cuales fue diseñado.

En el área de influencia media y directa de la infraestructura se han emplazado varios equipamientos públicos y privados entre los que destacamos: las nuevas sedes de la Corte de Justicia del Azuay, de la Fiscalía de la provincia, notarías, edificios de oficinas privadas, dependencias del poder ejecutivo y un sinnúmero de locales comerciales, que seguramente han modificado el comportamiento del intercambiador, contribuyendo a que el volumen de vehículos que circulan sea superior al que se proyectó hace 12 años cuando se realizaron los estudios.

1.3 ALCANCE

El alcance de este documento en un inicio es evaluar el estado actual desde el punto de vista de movilidad del intercambiador de tráfico José Peralta, así como el de la red vial en el área de influencia media. Para ello se determinarán los niveles de servicio

y varios parámetros técnicos de las avenidas Paucarbamba, 12 de Abril, Florencia Astudillo, José Peralta, subida de Todos los Santos y del intercambiador en el área de influencia directa, proponiendo soluciones geométricas sencillas que ayuden a incrementar la vida útil del mismo.

Y en segundo lugar se pretende marcar un precedente dentro de la gestión de movilidad en el cantón Cuenca pues en la actualidad no se realiza seguimiento alguno al funcionamiento de soluciones de tránsito, sino solamente se toman correctivos cuando estas soluciones dejan de cumplir la función para la cual fueron diseñadas.

1.4 CONCEPTOS GENERALES

Para analizar una intersección rotatoria, más conocida en nuestro medio como redondel, es importante en primer lugar conocer conceptos generales de tránsito y posteriormente adentrarse en conocimientos sobre el funcionamiento y operación de este tipo de intersección.

En el libro de Cal y Mayor “Fundamentos y Aplicaciones de Ingeniería de Tránsito – Séptima Edición se encuentran los conceptos básicos necesarios para introducir el tema de intersecciones rotatorias. A continuación se presentan los mismos:

Volumen

“Se define como volumen de tránsito como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

Velocidad

“Este parámetro se define como la distancia recorrida por unidad de tiempo. La velocidad de los vehículos es uno de los indicadores más importantes a la hora de medir la eficacia de un corredor vial, para lo cual, lo más común es determinar la velocidad en un punto determinado de la vía, conocida como velocidad de punto o instantánea, y debido a que este indicador varía de un tipo de vehículo a otro (livianos, pesados,

motocicletas, etc.), es mejor trabajar con valores promedio y evitar así el sesgo de la información recabada.

Densidad

“Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro, ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada.

Demora, saturación y longitud de cola

“En los periodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente, con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestión altos con las consiguientes demoras y colas asociadas.

“Las demoras pueden causarlas los dispositivos para el control de tránsito al interrumpir el flujo, y las ocasionadas por la misma corriente vehicular en situaciones de flujo continuo. En el primer caso, todos los tipos de semáforos, así como las señales de ALTO y CEDA EL PASO producen detenciones en un viaje normal.

“La influencia de todas estas demoras puede medirse como una relación de demora, que consiste en la diferencia entre la relación del movimiento observado y la relación del movimiento considerada como normal para diferentes tipos de vías urbanas. Los valores mínimos para la relación del movimiento normal en términos de velocidad de recorrido son: para autopistas de acceso controlado 56 km / h, para arterias principales 40 km / h y para calles secundarias 32 km / h.

“Se genera una cola cuando los usuarios (vehículos) llegan a una estación de servicio cualquiera, ya sea, por ejemplo, un estacionamiento, una intersección con semáforo o no, un “cuello de botella”, un enlace de entrada a una autopista, un carril especial de vuelta, etc. La prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo y puede ofrecerlo una o más estaciones.” (Cal y Mayor, 1995)

Análisis operacional

Para realizar un análisis operacional de tráfico vehicular se han desarrollado modelos de análisis dependiendo del detalle de los resultados esperados que se pretenden establecer. Principalmente se puede realizar un análisis desde tres perspectivas, descritas a continuación:

“Análisis Macroscópico: Estudia el comportamiento de los automóviles y sus conductores a gran escala, dependiendo de las condiciones de tráfico en cada situación. Este análisis es el más grande que se puede realizar en un estudio vehicular que relacione los flujos, velocidades medias espaciales y densidades.

“Análisis Mesoscópico: Para realizar este análisis se puede crear grupos de vehículos o de manera individual, observando que sus características sean similares tales como tamaño del vehículo, velocidad, deseo de viaje, etc. Este segundo análisis se comporta de manera más sintetizada que el anterior, y es de rango medio para su aplicación en un estudio de tráfico.

“Análisis Microscópico: Es el más discreto de los análisis empleados pues trata individualmente a cada uno de los vehículos, describiendo el comportamiento del flujo de tráfico con la aplicación de la teoría del seguimiento vehicular. Este análisis es la herramienta más avanzada en el campo de la representación de la circulación vehicular que se puede aplicar.” (Cal y Mayor, 1995)

Al adentrarnos más en el tema de estudio, es decir, en intersecciones rotatorias, uno de los libros más completos es *Transport Planning and Traffic Engineering* editado por C A O’Flaherty. Este libro aporta conceptos geométricos y de uso de redondeles tales como:

Intersecciones de redondel

“Un redondel es una forma de intersección canalizada en la cual los vehículos son guiados hacia un camino circular unidireccional alrededor de una isla central. La entrada a la intersección está controlada por señales de Ceda el Paso y tienen prioridad los vehículos circulando en el redondel.

“El objetivo principal del diseño de un redondel es asegurar el intercambio seguro de tráfico entre corrientes de tráfico confluyentes con una demora mínima. La eficiencia operativa de un redondel depende de que los conductores que en él ingresan acepten los espaciamientos en una corriente de tráfico circular. Como las corrientes de tráfico se unen y se dividen a ángulos pequeños y velocidades relativas bajas, los accidentes en redondeles esporádicamente tienen consecuencias fatales.

“Los redondeles son usados más efectivamente en intersecciones a nivel en áreas urbanas o rurales que poseen todas o varias de las siguientes características:

- Altas proporciones y/o altos volúmenes de tráfico que giran a la izquierda.
- No es necesario dar prioridad al tráfico de una vía en particular (accesos balanceados).
- Accesos donde exista un número desproporcionado de accidentes debidos a movimientos de giro o cruces.
- Accesos donde el uso de señales de Pare o Ceda el Paso genera demoras mayores a tráfico menor.
- Accesos donde existe un cambio significativo en las características de la vía, por ejemplo, de una vía de dos carriles a una de un solo carril.

“Los redondeles normalmente no son apropiados en sitios:

- Donde existe falta de espacio o una topografía desfavorable que no permita el desarrollo de un diseño geométrico satisfactorio.
- Donde las corrientes de tráfico sean desbalanceadas, por ejemplo en intersecciones T, y no sea recomendable o necesario causar demoras o desvíos a todo el tráfico.
- Donde existan aproximaciones con alta pendiente en bajada.
- Que tengan altos volúmenes de tráfico vehicular pero que también sean altamente utilizados por ciclistas y/o peatones (especialmente si hay proporciones de peatones de grupos vulnerables) y no existan cruces adecuados a nivel de piso o subterráneos que satisfagan las necesidades de estos usuarios.

- Donde se anticipe que carriles reversibles se puedan ocupar durante las horas de máxima demanda.
- Entre intersecciones controladas por señales de tránsito que puedan causar retrasos en las salidas del redondel o que estén sujetas a control progresivo.

Condiciones de diseño

“La alta capacidad y la seguridad dentro de un redondel mejoran con ciertas condiciones de diseño que maximizan el uso del espacio disponible.

Ancho de entrada

“El ancho de la entrada del acceso en el redondel es el factor más influyente después del ancho de carril en la capacidad del mismo. Es entonces una buena práctica la inclusión de al menos el ancho de un carril adicional a los carriles en cada salida. Sin embargo, generalmente, no más de dos carriles deben ser añadidos y ninguna entrada debe tener más de cuatro carriles.

Ángulo de entrada

“El mejor ángulo de entrada (ej., el ángulo de conflicto óptimo entre corrientes que circulan y corrientes que entran) es cercano a 30 grados. Ángulos de entrada muy agudos alientan incorporaciones a alta velocidad, mismas que deberían ser evitadas.

Salidas

“Similar a las entradas, las salidas deben ser fáciles de sortear para los vehículos. Como regla general, cada salida debe permitir un carril adicional.

Curvatura de entrada

“Por motivos de seguridad, es esencial que los vehículos reduzcan la velocidad en las aproximaciones de un redondel y que atraviesen la intersección a velocidad relativamente baja. La reducción de velocidad a lo largo de la intersección es propiciada por el uso de una curvatura de entrada que asegura que los vehículos se desvíen hacia la derecha al entrar a la intersección. Esto se logra fácilmente con el uso de una isla central

grande que obligue al conductor a desviarse y reducir la velocidad. Sin embargo, si la isla central es muy pequeña para proveer suficiente desviación hacia la derecha, esta se debe compensar a través del uso de isletas canalizadoras alargadas.

Calzada de circulación

“Idealmente, la calzada de circulación debería ser circular y tener un ancho constante que normalmente es 1.0 – 1.2 veces el ancho de entrada máximo (pero no mayor a 15 m). Por motivos de seguridad, su ancho completo debe ser visible a la izquierda para conductores que entran a la intersección, y hacia adelante para los conductores dentro de la calzada de circulación.

Carriles para giro hacia la derecha

“Los carriles para giro a la derecha son utilizados con frecuencia en redondeles entre una entrada y salida adyacentes si existe espacio suficiente y más del 50 por ciento del flujo de entrada, o más de 300 veh/h en horas pico, pretende salir del redondel en la primera salida después de su entrada. Esta segregación se logra con una isleta canalizadora alargada o señalización horizontal en la calzada.” (O’Flaherty, 1997)

Islas Canalizadoras de Tránsito

“Representan elementos que conforman el diseño-vial destinados a controlar y dirigir al conductor en los carriles apropiados con el fin de obtener una operación eficiente y ordenada de una intersección.

“Los carriles de circulación que sean previstos en una intersección conformada por islas canalizadoras, deberán ser de un ancho tal que esté relacionado con los radios de giro y el tipo o clasificación del tránsito a conducir.

“Deberán demarcarse apropiadamente y deberán ser debidamente visibles. En caso de no existir iluminación, se recomienda utilizar pintura reflectiva o elementos del mismo tipo.” (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Perú, 2014)

Finalmente, los documentos más utilizados y aceptados a nivel mundial son los del HCM (Manual de Capacidad de Carreteras por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América. El mismo fue por primera vez publicado en 1950 y provee un conjunto de técnicas de análisis para ser usadas por ingenieros de tránsito para determinar la capacidad del flujo de tráfico a ser usado en el diseño de una vía, para asegurar que una calidad especificada de servicio sea provista a los usuarios. Los procedimientos pueden también ser utilizados para evaluar la calidad de servicio de una vía existente.

Para el análisis en curso, se utilizarán los métodos y cálculos sugeridos en el Capítulo 21 de este documento, llamado Redondeles dentro del conjunto de intersecciones de flujo interrumpido.

Según el tipo de vía, se pueden tener dos condiciones de operación de acuerdo al flujo: flujo ininterrumpido y flujo interrumpido. El caso en análisis corresponde al flujo interrumpido que el HCM lo define como:

“Las vías con flujo interrumpido tienen causas fijas de demora periódica o interrupción de la corriente de tráfico, tales como señales de tránsito y signos de PARE. Las calles urbanas son la forma más común de este tipo de vías.

“Los patrones del flujo en un condición interrumpida no son solo el resultado de las interacciones entre vehículos y las características geométricas de la vía, sino también del control de tráfico utilizado en intersecciones y la frecuencia de puntos de acceso a la vía.

Calidad de Servicio

“La calidad de servicio describe cuán bien opera una vía desde el punto de vista de usuario. La calidad de servicio puede ser evaluada de varias maneras. Dentro de ellas están factores de observación directa que son perceptibles e importantes para los usuarios (ej., velocidad y demoras), entrevistas a usuarios, seguimiento de quejas y halagos sobre las condiciones de la vía, pronosticar la satisfacción de los usuarios en base a modelos entregados por encuestas a usuarios anteriores, y observar servicios no

percibidos directamente por los usuarios (ej., tiempo promedio para despejar un incidente) que afectan medidas que sí pueden percibir (ej., velocidad o tiempo para llegar al trabajo).

“Factores que influyen en la calidad de servicio:

- Tiempo de viaje, velocidad y demoras;
- Número de paradas;
- Confianza en el tiempo de viaje;
- Maniobrabilidad (ej., facilidad para cambiar de carril, porcentaje de tiempo utilizado siguiendo a otro vehículo)
- Comodidad (ej., interacciones con ciclistas y peatones con separación del tráfico, acumulación de vehículos, comodidad de desplazamiento);
- Conveniencia (ej., rutas directas, frecuencia de servicios de tránsito);
- Seguridad (real o percibida);
- Costo para el usuario;
- Acceso a servicios
- Disponibilidad de información

Nivel de Servicio

“El nivel de servicio (NS) es una estratificación cuantitativa de la medida o medidas de desempeño que representa la calidad de operación. El HCM define seis niveles de servicio, en un rango de la letra A a la F, donde el NS_A representa las mejores condiciones de operación desde la perspectiva del usuario y el NS_F , las peores. Por costo, impacto ambiental y otros motivos, las vías generalmente no son diseñadas para proveer un NS_A durante periodos pico, sino un NS más bajo que refleje el balance entre los deseos de viajeros individuales y los deseos y recursos financieros de la sociedad. Sin embargo, durante periodos de bajo volumen, un elemento del sistema puede operar en NS_A .

Criterios sobre el nivel de servicio para redondeles

“Los redondeles son intersecciones con una forma generalmente circular, caracterizadas por una entrada con ceda el paso y circulación alrededor de la isla central.

“El criterio respecto al nivel de servicio (NS) para automóviles en redondeles está dado en la tabla ilustrada a continuación. Como se ve en la tabla, el NS_F está asignado al caso donde la relación volumen-capacidad supera a 1.0, sin importar la demora de control. Para determinar el NS en la aproximación y niveles de intersección, el NS se basa solamente en la demora de control.

Tabla 1.1 Criterios sobre el nivel de servicio para redondeles

Demora de Control (s/veh)	NS según la razón volumen - capacidad	
	$v/c \leq 1$	$v/c > 1$
0 - 10	A	F
> 10 - 15	B	F
> 15 - 25	C	F
> 25 - 35	D	F
> 35 - 50	E	F
> 50	F	F

Nota: Para valorar aproximaciones e intersecciones, el NS se define solo por Demora de Control

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Información requerida

“La información siguiente es requerida para analizar el redondel:

1. Número y configuración de carriles en cada aproximación;
2. Cualquiera de las siguientes:
 - a. Volumen de demanda para cada movimiento vehicular de entrada y movimiento de cada paso peatonal durante los 15 minutos pico, o
 - b. Volumen de demanda para cada movimiento vehicular de entrada y movimiento de cada paso peatonal durante la hora pico, y un factor de hora pico para la hora;

3. Porcentaje de vehículos pesados;
4. Volumen de distribución a lo largo de los carriles para entradas a múltiples carriles; y
5. Duración del periodo de análisis, generalmente un periodo de 15 minutos pico dentro de la hora pico. Sin embargo, cualquier periodo de 15 minutos puede ser analizado.

Limitaciones de la metodología

“Esta metodología se aplica a redondeles aislados con un máximo de dos carriles de entrada y hasta un carril de bypass por aproximación.

Metodología

“El Capítulo 21 del HCM 2010 presenta procedimientos para el análisis de redondeles donde incluye las características únicas de capacidad del redondel, y presenta términos específicos para redondeles. Para facilidad de referencia, los siguientes términos están definidos:

v_e = tasa de flujo de entrada

v_c = tasa de flujo en conflicto, y

v_{ex} = tasa de flujo de salida.

“Los modelos de análisis de interacciones generalmente caen dentro de dos categorías. Los *Modelos de Regresión* utilizan información de campo para desarrollar relaciones derivadas estadísticamente entre características geométricas y medidas de desempeño tales como capacidad y demora. Los *Modelos Analíticos* se basan en la teoría del flujo del tráfico combinada con el uso de medidas del comportamiento de los conductores en campo, dando como resultado una formulación analítica de la relación entre esas medidas en campo y las medidas de desempeño tales como capacidad y demora.

“Ambos tipos de modelos son aplicables a redondeles. Los modelos de tolerancia de espaciamiento son un ejemplo de modelos analíticos y siendo comúnmente utilizados

para analizar intersecciones no señalizadas porque estos capturan directamente las características del comportamiento del conductor y pueden ser hechas para sitios específicos al ajustar los valores utilizados para esos parámetros.

Conceptos de Capacidad

“La capacidad de una aproximación de un redondel está directamente influenciada por los patrones de flujo. Los tres flujos de interés son: flujo de entrada, flujo de circulación y flujo de salida.

“La capacidad de una aproximación disminuye a medida que el flujo de conflicto aumenta. En general, el principal flujo de conflicto es el flujo de circulación que pasa directamente frente a la entrada del sujeto. Mientras el flujo de circulación entra en conflicto directo con el flujo de entrada, el flujo de salida puede también afectar la decisión del conductor de entrar al redondel.” (Transportation Research Board, 2010)

CAPÍTULO II

CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO

2.1 Características geométricas y demanda vehicular.

El estudio realizado por el ingeniero Christian Moyano Tobar en el mes de julio de 2013 para la I. Municipalidad de Cuenca será el utilizado como base para los cálculos a ser realizados en este capítulo. En este estudio se determinaron los aforos vehiculares, las horas de mayor demanda y los giros predominantes en la intersección rotatoria José Peralta.

Para el análisis se tomaron en cuenta cuatro accesos: Av. 12 de Abril S-E, Puente Todos Santos S-O, Av. 12 de Abril N-O, Av. Paucarbamba N-E; cinco salidas: Av. 12 de Abril S-E, Av. José Peralta S-O, Av. Paucarbamba S-O, Av. 12 de Abril N-O, y Puente Todos Santos N-E; y un total de 22 posibles giros. De estos giros un gran porcentaje son hacia la izquierda, lo que cumple la primera condición mencionada para la existencia de redondeles. De todo el conteo, el giro izquierdo proveniente de la Avenida 12 de Abril sentido sur-este hacia el Puente Todos Santos sentido norte-este representa el 9 % del TPDA, y el giro izquierdo desde la Avenida 12 de Abril sentido norte-oeste hacia la Avenida José Peralta sentido este-oeste también comprende el 9 % del TPDA. “Los principales aportes de ingreso a la intersección evidentemente son los que proporciona la Avenida 12 de abril en sus sentidos de circulación norte-oeste (40%) y sur-este (25%); el aporte vehicular de la Avenida Paucarbamba en sentido norte-oeste es un poco menor (19%), mientras que el del Puente Todos Santos en sentido sur-oeste es más bajo (17%).”

“Al ser una intersección rotatoria (redondel), las salidas principales de la intersección están definidas por la influencia de los diferentes volúmenes de cada acceso, prevaleciendo las salidas en la Avenida 12 de abril en su sentido de circulación

norte-oeste (31%) y en el Puente Todos Santos en el sentido norte-este (26%), la salida por la Avenida José Peralta en sentido este-oeste representa un 22% del total, seguida por la salida en la Avenida 12 de Abril en sentido sur-este con el 14%, y la salida por la Avenida Paucarbamba es la de menor relevancia con el 8%, analizando en conjunto con los volúmenes de acceso, los resultados indican claramente la priorización del flujo vehicular que se tendría que generar al momento de implementar algún tipo de solución de tráfico.” (Moyano, 2013)

2.1.1 Dimensiones de cada carril de la intersección.

En base a un levantamiento topográfico proporcionado por la Dirección Municipal de Tránsito de Cuenca, se ha determinado que las dimensiones de la intersección rotatoria son las siguientes:

- Diámetro de la Isla central: 25.04 m
- Ancho total de acceso Av. 12 de Abril S-E: 9.12 m (2 carriles)
- Ancho total de acceso Puente Todos Santos S-O: 10.87 m (2 carriles)
- Ancho total de acceso Av. 12 de Abril N-O: 9.88 m (2 carriles)
- Ancho total de acceso Av. Paucarbamba N-E: 4.63 m (1 carril)
- Ancho total de salida Av. 12 de Abril S-E: 6.89 m (2 carriles)
- Ancho total de salida Av. José Peralta S-O: 9.44 m (2 carriles)
- Ancho total de salida Av. Paucarbamba S-O: 5.10 m
- Ancho total de salida Av. 12 de Abril N-O: 6.61 m (2 carriles)
- Ancho total de salida Puente Todos Santos N-E: 6.44 m (2 carriles)

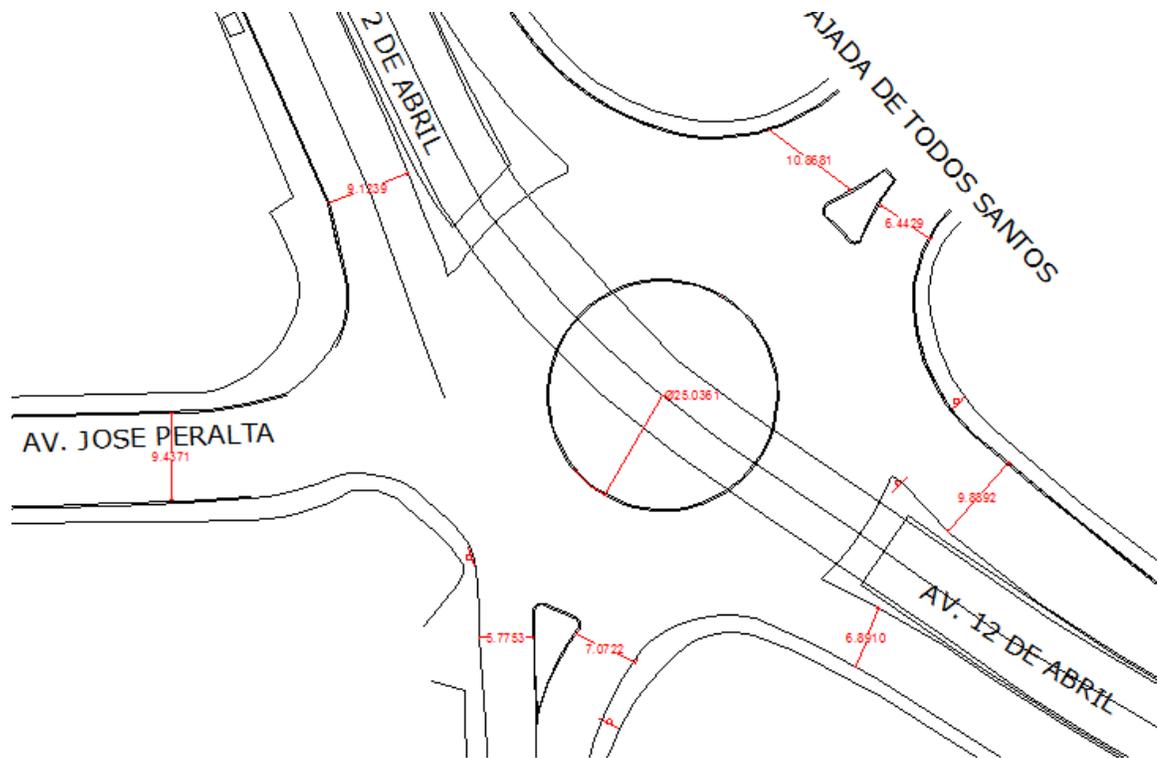


Figura 2.1 Dimensiones de los carriles de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Fuente: Autor

2.1.2 Aforos vehiculares y Tráfico Promedio Diario Anual.

El levantamiento de información fue realizado en cuatro pantallas en todos los accesos y salidas antes mencionados. Se cuantificaron también los giros de cada acceso, luego se determinó el TPDA utilizando el método de los factores y los resultados se presentan a continuación:

Para la determinación del TPDA se utilizó el método de los factores con el objetivo de calcular un factor de expansión que lleve el tráfico observado levantado en campo a un tráfico diario promedio del año en análisis. Como insumo se ha tomado como referencia un conteo automático de siete días consecutivos 24 horas de la intersección de las avenidas Remigio Crespo y Federico Proaño, resultado de lo cual se obtuvieron los siguientes factores de expansión de acuerdo a los sentidos de circulación:

- Acceso Av. 12 de Abril S-E: $fe = 1.253$
- Acceso Puente Todos Santos S-O: $fe = 1.065$
- Acceso Av. 12 de Abril N-O: $fe = 1.201$
- Acceso Av. Paucarbamba N-E: $fe = 1.013$

Tabla 2.1 TPDA Av. 12 de Abril S-E

HORAS	Pantalla 1: Av. 12 de Abril S-E								
	FLUJO 1, 2, 3, 4, 5 y 6								
	Livianos	Buses	C.L	C.M	C.P.	Trailer	2 Ruedas	TOTAL	TOTAL SIN 2 RUEDAS
7h00-7h15	214	8	3	4	0	0	1	229	228
7h15-7h30	194	8	3	0	1	0	1	207	205
7h30-7h45	194	8	4	4	0	0	3	212	209
7h45-8h00	241	9	1	3	0	0	4	257	253
8h00-8h15	262	11	0	0	0	0	3	276	273
8h15-8h30	212	10	3	1	0	0	1	227	226
8h30-8h45	184	10	1	3	0	0	0	198	198
8h45-9h00	223	9	0	4	0	0	0	236	236
9h00-9h15	244	8	1	4	0	0	5	262	257
9h15-9h30	231	8	5	4	1	0	4	252	248
9h30-9h45	282	13	1	3	0	0	4	302	298
9h45-10h00	198	9	1	1	0	0	4	213	209
10h00-10h15	256	8	3	0	0	0	10	276	266
10h15-10h30	254	11	0	3	0	0	3	271	268
10h30-10h45	241	9	4	5	0	0	6	264	258
10h45-11h00	226	11	0	4	0	0	8	248	241
11h00-11h15	187	10	3	3	0	0	8	209	202
11h15-11h30	222	9	1	1	0	0	1	234	233
11h30-11h45	289	8	8	3	0	0	8	315	307
11h45-12h00	263	10	3	0	0	0	10	286	276
12h00-12h15	298	10	5	4	0	0	14	331	317
12h15-12h30	254	10	4	3	3	0	15	288	273
12h30-12h45	283	9	5	4	0	0	5	306	301
12h45-13h00	281	8	0	0	0	0	8	296	288
13h00-13h15	253	11	5	0	0	0	8	277	269
13h15-13h30	204	10	0	1	0	0	9	224	216
13h30-13h45	205	9	0	1	0	0	6	222	216
13h45-14h00	184	13	0	1	1	0	1	200	199
14h00-14h15	229	8	0	0	0	0	0	237	237
14h15-14h30	218	11	1	1	0	0	1	233	232
14h30-14h45	241	8	4	0	0	0	5	257	252
14h45-15h00	253	10	0	3	0	0	1	267	266
15h00-15h15	309	9	0	1	0	0	8	327	320
15h15-15h30	227	10	4	1	0	0	10	252	242
15h30-15h45	262	9	1	1	0	0	0	273	273
15h45-16h00	257	11	1	0	0	0	3	272	269
16h00-16h15	253	8	0	1	1	0	3	266	263
16h15-16h30	221	11	1	1	0	0	0	234	234
16h30-16h45	242	9	1	3	0	0	4	258	254
16h45-17h00	249	10	1	3	0	0	8	271	263
17h00-17h15	323	10	1	0	0	0	3	337	335
17h15-17h30	356	8	0	1	0	0	4	368	365
17h30-17h45	239	10	3	3	0	0	5	259	254
17h45-18h00	286	9	1	3	0	0	6	304	298
18h00-18h15	304	9	0	0	0	0	8	321	313
18h15-18h30	256	14	1	0	0	0	8	278	271
18h30-18h45	222	6	0	0	0	0	5	233	228
18h45-19h00	205	6	0	0	0	0	3	214	212
TOTAL	11732	446	83	81	8	0	228	12578	12350
% TOTAL	93.28%	3.55%	0.66%	0.65%	0.06%	0.00%	1.81%	100.00%	
% TOTAL SIN 2 RUEDAS	95.00%	3.61%	0.67%	0.66%	0.06%	0.00%	0.00%		100.00%
PROMEDIO VEH/15 MIN	245	10	2	2	1	0	5	263	258

Fuente: (Moyano, 2013)

Tabla 2.2: TPDA Puente Todos Santos S-O

HORAS	Pantalla 2: Puente Todos Santos S-O								
	FLUJO 7, 8, 9, 10 y 11								
	Livianos	Buses	C.L	C.M	C.P.	Trailer	2 Ruedas	TOTAL	TOTAL SIN 2 RUEDAS
7h00-7h15	36	3	1	0	0	0	1	42	40
7h15-7h30	51	7	1	0	0	0	3	63	60
7h30-7h45	105	7	1	0	0	0	5	119	114
7h45-8h00	183	7	2	0	0	0	5	198	193
8h00-8h15	216	6	1	0	1	0	4	229	225
8h15-8h30	155	6	0	1	0	0	10	173	163
8h30-8h45	165	5	0	0	0	0	3	174	170
8h45-9h00	154	7	1	0	0	0	1	164	163
9h00-9h15	167	6	1	0	0	0	6	181	175
9h15-9h30	178	5	3	0	0	0	4	191	186
9h30-9h45	171	6	1	0	0	0	7	186	179
9h45-10h00	185	3	1	1	0	0	10	200	191
10h00-10h15	167	5	2	0	0	0	6	181	175
10h15-10h30	167	6	1	0	0	0	9	183	175
10h30-10h45	154	9	2	0	0	0	11	176	165
10h45-11h00	197	6	3	0	0	0	10	216	207
11h00-11h15	191	7	2	0	2	0	9	211	202
11h15-11h30	189	5	1	0	0	0	11	206	195
11h30-11h45	169	6	2	1	0	0	10	189	179
11h45-12h00	174	3	2	0	0	0	15	194	179
12h00-12h15	157	10	1	0	0	0	9	176	167
12h15-12h30	198	3	3	0	3	0	11	218	208
12h30-12h45	178	4	0	0	0	0	4	186	182
12h45-13h00	204	7	1	0	0	0	7	220	213
13h00-13h15	208	7	0	0	0	0	6	222	215
13h15-13h30	224	5	1	0	0	0	7	237	230
13h30-13h45	151	7	2	0	0	0	14	175	161
13h45-14h00	163	3	0	0	0	0	4	170	166
14h00-14h15	159	5	0	1	0	0	3	168	165
14h15-14h30	112	3	0	0	0	0	2	117	115
14h30-14h45	147	9	3	0	0	0	2	161	159
14h45-15h00	214	5	2	1	0	0	2	225	223
15h00-15h15	144	7	2	0	0	0	4	158	153
15h15-15h30	145	3	1	0	0	0	6	155	149
15h30-15h45	150	10	1	0	0	0	1	162	161
15h45-16h00	89	4	0	0	0	0	3	97	94
16h00-16h15	163	10	1	1	0	0	9	183	175
16h15-16h30	174	7	0	0	0	0	10	191	181
16h30-16h45	159	6	4	0	0	0	5	175	169
16h45-17h00	158	4	1	0	0	0	3	166	163
17h00-17h15	149	5	0	0	0	0	11	165	154
17h15-17h30	184	5	3	1	0	0	3	197	194
17h30-17h45	160	7	1	0	0	0	5	174	168
17h45-18h00	174	4	1	0	0	0	11	190	179
18h00-18h15	154	4	1	0	0	0	7	167	160
18h15-18h30	184	5	1	0	0	0	11	201	191
18h30-18h45	175	5	1	1	0	0	7	190	182
18h45-19h00	149	4	1	0	0	0	4	159	154
TOTAL	7801	285	64	9	6	0	313	8478	8165
% TOTAL	92.01%	3.37%	0.75%	0.10%	0.08%	0.00%	3.69%	100.00%	
% TOTAL SIN 2 RUEDAS	95.54%	3.50%	0.78%	0.10%	0.08%	0.00%	0.00%		100.00%
PROMEDIO VEH/15 MIN	163	6	2	1	1	0	7	177	171

Fuente: (Moyano, 2013)

Tabla 2.3: TPDA Av. 12 de Abril N-O

HORAS	Pantalla 3: Av. 12 de Abril N-O								
	FLUJO 12, 13, 14, 15, 16 y 17								
	Livianos	Buses	C.L	C.M	C.P.	Trailer	2 Ruedas	TOTAL	TOTAL SIN 2 RUEDAS
7h00-7h15	281	4	0	0	0	0	4	288	285
7h15-7h30	262	14	2	4	2	0	6	291	285
7h30-7h45	365	12	1	2	1	0	10	392	382
7h45-8h00	520	6	1	0	1	0	8	537	528
8h00-8h15	579	11	1	0	0	0	10	601	591
8h15-8h30	537	8	2	0	1	0	10	558	549
8h30-8h45	526	7	1	1	2	0	5	543	538
8h45-9h00	438	11	1	1	1	0	20	473	453
9h00-9h15	495	7	4	2	0	0	13	521	508
9h15-9h30	470	13	1	4	1	0	8	497	489
9h30-9h45	490	11	5	2	0	0	14	522	508
9h45-10h00	422	11	4	2	0	0	13	452	438
10h00-10h15	413	8	5	4	2	0	12	444	432
10h15-10h30	346	10	4	5	0	0	26	390	364
10h30-10h45	413	7	1	2	2	0	13	440	426
10h45-11h00	435	11	2	1	1	0	20	471	450
11h00-11h15	435	10	2	2	4	0	11	464	453
11h15-11h30	402	6	5	0	0	0	23	436	413
11h30-11h45	406	19	5	4	1	0	12	447	435
11h45-12h00	443	12	4	5	1	0	10	474	465
12h00-12h15	364	8	2	1	2	0	11	389	378
12h15-12h30	414	17	1	0	0	0	13	446	432
12h30-12h45	398	10	2	0	0	0	14	424	410
12h45-13h00	417	19	4	2	0	0	14	456	442
13h00-13h15	345	8	5	0	2	0	2	363	360
13h15-13h30	288	4	4	4	2	0	10	311	301
13h30-13h45	258	8	1	0	0	0	16	283	268
13h45-14h00	387	11	2	4	0	0	6	410	404
14h00-14h15	322	11	2	1	0	0	2	339	336
14h15-14h30	319	13	2	2	1	0	2	341	339
14h30-14h45	396	8	2	1	0	0	5	413	408
14h45-15h00	285	7	5	0	0	0	4	300	297
15h00-15h15	429	10	1	2	1	0	8	452	443
15h15-15h30	404	8	5	0	0	0	6	423	417
15h30-15h45	323	10	2	0	0	0	2	337	335
15h45-16h00	370	5	2	1	0	0	7	386	378
16h00-16h15	359	6	2	1	0	0	8	377	369
16h15-16h30	293	2	1	0	0	0	5	301	297
16h30-16h45	288	6	1	4	0	0	7	306	299
16h45-17h00	358	2	2	0	0	0	4	366	363
17h00-17h15	357	6	5	1	1	0	10	380	370
17h15-17h30	371	8	4	2	1	0	6	393	387
17h30-17h45	359	10	4	2	0	0	8	383	375
17h45-18h00	382	12	4	5	0	0	13	416	402
18h00-18h15	555	8	2	0	0	0	10	575	566
18h15-18h30	426	10	1	1	0	0	10	448	438
18h30-18h45	393	8	2	2	0	0	7	413	406
18h45-19h00	416	7	0	0	0	0	4	426	423
TOTAL	18951.8	442	125	80	35	0	464	20098	19634
% TOTAL	94.30%	2.20%	0.62%	0.40%	0.17%	0.00%	2.31%	100.00%	
% TOTAL SIN 2 RUEDAS	96.53%	2.25%	0.64%	0.41%	0.18%	0.00%	0.00%		100.00%
PROMEDIO VEH/15 MIN	395	10	3	2	1	0	10	419	410

Fuente: (Moyano, 2013)

Tabla 2.4: TPDA Av. Paucarbamba S-N

HORAS	Pantalla 4: Av. Paucarbamba S-N								
	FLUJO 18, 19, 20, 21 y 22								
	Livianos	Buses	C.L	C.M	C.P.	Trailer	2 Ruedas	TOTAL	TOTAL SIN 2 RUEDAS
7h00-7h15	95	3	0	1	0	0	4	103	99
7h15-7h30	123	6	4	2	0	0	7	142	135
7h30-7h45	128	5	0	1	0	0	0	134	134
7h45-8h00	141	9	5	1	0	0	3	159	156
8h00-8h15	153	6	0	1	0	0	0	160	160
8h15-8h30	177	5	1	1	0	0	0	184	184
8h30-8h45	104	4	1	0	2	0	6	118	111
8h45-9h00	120	4	2	3	0	0	2	131	129
9h00-9h15	108	5	2	1	0	0	1	118	116
9h15-9h30	130	4	5	1	0	0	10	150	140
9h30-9h45	119	3	0	1	0	0	2	125	123
9h45-10h00	124	3	0	1	0	0	2	130	128
10h00-10h15	128	5	0	1	0	0	7	141	134
10h15-10h30	157	4	1	2	3	0	6	173	167
10h30-10h45	152	4	3	1	6	0	6	172	166
10h45-11h00	134	4	4	1	0	0	6	149	143
11h00-11h15	165	6	5	0	0	0	5	181	176
11h15-11h30	186	5	2	0	0	0	2	196	193
11h30-11h45	292	4	0	0	0	0	3	299	296
11h45-12h00	379	4	2	0	0	0	9	394	385
12h00-12h15	210	6	4	3	0	0	3	226	223
12h15-12h30	191	4	2	1	0	0	5	204	199
12h30-12h45	160	3	0	0	2	0	9	174	165
12h45-13h00	161	5	3	7	0	0	7	183	176
13h00-13h15	206	4	1	1	0	0	8	220	212
13h15-13h30	170	2	1	1	0	0	3	177	174
13h30-13h45	153	4	1	0	1	0	10	169	159
13h45-14h00	160	4	2	0	0	0	0	166	166
14h00-14h15	191	5	1	2	2	0	0	202	202
14h15-14h30	176	4	1	1	1	0	2	185	183
14h30-14h45	220	3	1	0	0	0	5	229	224
14h45-15h00	186	2	0	2	0	0	2	192	190
15h00-15h15	196	3	0	0	0	0	4	203	199
15h15-15h30	253	5	2	1	0	0	8	269	261
15h30-15h45	205	6	5	1	0	0	3	220	217
15h45-16h00	182	2	1	1	0	0	5	191	186
16h00-16h15	179	2	2	1	0	0	8	192	184
16h15-16h30	201	5	1	0	0	0	17	224	207
16h30-16h45	248	7	6	2	0	0	5	268	263
16h45-17h00	224	3	1	1	0	0	10	239	229
17h00-17h15	199	3	1	1	0	0	5	209	204
17h15-17h30	214	8	3	1	0	0	14	240	226
17h30-17h45	201	5	0	2	0	0	6	214	208
17h45-18h00	215	7	1	1	0	0	11	235	224
18h00-18h15	225	4	0	0	0	0	10	239	229
18h15-18h30	231	9	0	0	0	0	7	247	240
18h30-18h45	224	7	0	1	0	0	11	243	232
18h45-19h00	219	3	1	1	0	0	8	232	224
TOTAL	8712	221	79	52	17	0	270	9351	9081
% TOTAL	93.16%	2.36%	0.84%	0.55%	0.18%	0.00%	2.89%	100.00%	
% TOTAL SIN 2 RUEDAS	95.94%	2.43%	0.87%	0.57%	0.19%	0.00%	0.00%		100.00%
PROMEDIO VEH/15 MIN	182	5	2	2	1	0	6	195	190

Fuente: (Moyano, 2013)

Tabla 2.5: TPDA Total

HORAS	TOTAL								
	TOTAL TPDA								
	Livianos	Buses	C.L	C.M	C.P.	Trailer	2 Ruedas	TOTAL	TOTAL SIN 2 RUEDAS
7h00-7h15	627	17	4	5	0	0	10	760	750
7h15-7h30	630	35	10	6	4	0	18	835	817
7h30-7h45	792	32	6	7	1	0	17	988	971
7h45-8h00	1085	31	10	4	1	0	21	1305	1284
8h00-8h15	1210	35	2	1	1	0	16	1423	1407
8h15-8h30	1081	30	6	3	1	0	20	1324	1304
8h30-8h45	980	27	3	4	4	0	14	1142	1128
8h45-9h00	935	31	4	8	1	0	24	1130	1107
9h00-9h15	1015	26	8	7	0	0	26	1197	1171
9h15-9h30	1008	30	14	8	2	0	27	1228	1201
9h30-9h45	1062	33	7	6	0	0	28	1256	1229
9h45-10h00	928	26	6	6	0	0	29	1120	1092
10h00-10h15	964	26	9	5	2	0	36	1174	1138
10h15-10h30	924	31	6	9	3	0	44	1182	1139
10h30-10h45	960	29	10	8	8	0	36	1216	1180
10h45-11h00	991	33	10	6	1	0	44	1225	1181
11h00-11h15	977	33	12	5	6	0	32	1239	1207
11h15-11h30	999	25	9	1	0	0	37	1262	1226
11h30-11h45	1156	37	14	7	1	0	32	1541	1508
11h45-12h00	1259	29	10	5	1	0	44	1728	1684
12h00-12h15	1028	34	13	8	2	0	36	1342	1305
12h15-12h30	1058	34	10	4	6	0	44	1352	1308
12h30-12h45	1019	26	7	4	2	0	33	1253	1220
12h45-13h00	1063	39	8	9	0	0	36	1330	1293
13h00-13h15	1011	31	11	1	2	0	24	1290	1266
13h15-13h30	886	21	6	6	2	0	29	1122	1093
13h30-13h45	768	29	4	1	1	0	46	1006	960
13h45-14h00	894	31	4	5	1	0	12	1111	1099
14h00-14h15	901	29	3	4	2	0	6	1144	1139
14h15-14h30	826	32	5	5	2	0	8	1058	1050
14h30-14h45	1004	27	10	1	0	0	17	1281	1264
14h45-15h00	938	25	7	6	0	0	9	1172	1163
15h00-15h15	1078	29	3	4	1	0	24	1335	1311
15h15-15h30	1028	27	12	2	0	0	31	1358	1327
15h30-15h45	940	34	10	2	0	0	7	1206	1200
15h45-16h00	899	22	5	2	0	0	18	1130	1112
16h00-16h15	954	25	5	5	1	0	28	1200	1173
16h15-16h30	888	26	3	1	0	0	32	1154	1123
16h30-16h45	937	28	13	8	0	0	21	1267	1246
16h45-17h00	989	20	6	4	0	0	24	1268	1244
17h00-17h15	1028	24	7	2	1	0	28	1291	1263
17h15-17h30	1125	29	10	6	1	0	27	1421	1394
17h30-17h45	959	32	7	7	0	0	25	1235	1210
17h45-18h00	1056	32	7	8	0	0	41	1366	1324
18h00-18h15	1239	25	3	0	0	0	35	1528	1494
18h15-18h30	1097	38	4	1	0	0	35	1412	1377
18h30-18h45	1013	27	3	4	0	0	31	1308	1277
18h45-19h00	989	21	2	1	0	0	18	1252	1234
TOTAL	47196.5	1394	351	222	66	0	1275	59469	58193
% TOTAL	79.36%	2.34%	0.59%	0.37%	0.11%	0.00%	2.14%	100.00%	
% TOTAL SIN 2 RUEDAS	81.10%	2.40%	0.60%	0.38%	0.11%	0.00%	0.00%		100.00%
PROMEDIO VEH/15 MIN	984	30	8	5	2	0	27	1239	1213

Fuente: (Moyano, 2013)

2.1.3 Resumen de TPDA.

A continuación se describe el resumen de los resultados del Tráfico Promedio Diario Anual general de la intersección estableciéndose un valor de 58193 vehículos.

Factor de hora pico

- Acceso Av. 12 de Abril S-E:

Tabla 2.6: Factor de Hora Pico Av. 12 de Abril S-E

HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
MANANA	12h00-13h00	1220	10%	2%
TARDE	17h00-18h00	1269	10%	3%

TPDA HORA PICO MAÑANA=	1220
HORA PICO MAÑANA:	12h00-13h00
FHP_MAÑANA=	0.92

TPDA HORA PICO TARDE=	1269
HORA PICO TARDE:	17h00-18h00
FHP_TARDE=	0.86

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Puente Todos Santos S-O:

Tabla 2.7: Factor de Hora Pico Todos Santos S-O

HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
MANANA	12h30-13h30	866	10%	2%
TARDE	13h00-14h00	804	9%	2%

TPDA HORA PICO MAÑANA=	866
HORA PICO MAÑANA:	12h30-13h30
FHP_MAÑANA=	0.91

TPDA HORA PICO TARDE=	804
HORA PICO TARDE:	13h00-14h00
FHP_TARDE=	0.85

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Av. 12 de Abril N-O:

Tabla 2.8: Factor de Hora Pico Av. 12 de Abril N-O

HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
MANANA	7h45-8h45	2239	11%	4%
TARDE	18h00-19h00	1863	9%	4%

TPDA HORA PICO MAÑANA=	2239
HORA PICO MAÑANA:	7h45-8h45
FHP_MAÑANA=	0.93

TPDA HORA PICO TARDE=	1863
HORA PICO TARDE:	18h00-19h00
FHP_TARDE=	0.81

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Av. Paucarbamba N-E:

Tabla 2.9: Factor de Hora Pico Av. Paucarbamba N-E

HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
MANANA	11h30-12h30	1122	12%	2%
TARDE	17h45-18h45	964	10%	2%

TPDA HORA PICO MAÑANA=	1122
HORA PICO MAÑANA:	11h30-12h30
FHP_MAÑANA=	0.71

TPDA HORA PICO TARDE=	964
HORA PICO TARDE:	17h45-18h45
FHP_TARDE=	0.98

Fuente: (Moyano, 2013)

- Total de la intersección:

Tabla 2.10: Factor de Hora Pico Intersección

HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Interseccion)
MANANA	11h30-12h30	4874	10%
TARDE	17h45-18h45	4700	9%

TPDA HORA PICO MAÑANA=	4874
HORA PICO MAÑANA:	11h30-12h30
FHP_MAÑANA=	0.90

TPDA HORA PICO TARDE=	4700
HORA PICO TARDE:	17h45-18h45
FHP_TARDE=	0.90

Fuente: (Moyano, 2013)

Porcentaje de giros

- Acceso Av. 12 de Abril S-E:

Tabla 2.11: Porcentaje de giros acceso Av. 12 de Abril S-E

Acceso 1: Av. 12 de Abril S-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
	MANANA	12h00-13h00			
	TARDE	17h00-18h00			
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% GIROS TPDA (Acceso)	% GIROS TPDA (Interseccion)
	Recto	Flujo 1	358	3%	1%
	Derecho 1	Flujo 2	1323	11%	3%
	Derecho 2	Flujo 3	798	6%	2%
	Recto (Paso desnivel abajo)	Flujo 4	5100	41%	10%
	Izquierdo	Flujo 5	4761	38%	9%
	Retorno	Flujo 6	237	2%	0.47%
TPDA TOTAL AL DIA			12578	100%	25%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Puente Todos Santos S-O:

Tabla 2.12: Porcentaje de giros acceso Puente Todos Santos S-O

Acceso 2: Puente Todos Santos S-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
	MANANA	12h30-13h30			
	TARDE	13h00-14h00			
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% GIROS TPDA (Acceso)	% GIROS TPDA (Interseccion)
	Recto	Flujo 7	4305	51%	9%
	Derecho	Flujo 8	1512	18%	3%
	Izquierdo 1	Flujo 9	1813	21%	4%
	Izquierdo 2	Flujo 10	792	9%	2%
	Retorno	Flujo 11	56	1%	0.11%
TPDA TOTAL AL DIA			8478	100%	17%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Av. 12 de Abril N-O:

Tabla 2.13: Porcentaje de giros acceso Av. 12 de Abril N-O

Acceso 3: Av. 12 de Abril N-O					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
	MANANA	7h45-8h45			
	TARDE	18h00-19h00			
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% GIROS TPDA (Acceso)	% GIROS TPDA (Interseccion)
	Recto	Flujo 12	570	3%	1%
	Derecho	Flujo 13	1254	6%	2%
	Retorno	Flujo 14	44	0.22%	0.09%
	Izquierdo 1	Flujo 15	4645	23%	9%
	Izquierdo 2	Flujo 16	1170	6%	2%
	Recto (Paso desnivel arriba)	Flujo 17	12414	62%	25%
TPDA TOTAL AL DIA			20098	100%	40%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Acceso Av. Paucarbamba N-E:

Tabla 2.14: Porcentaje de giros acceso Av. Paucarbamba S-N

Acceso 4: Av. Paucarbamba N-E					
TPDA MAXIMA DEMANDA	HORA PICO		TPDA TOTAL	% TPDA (Acceso)	% TPDA (Interseccion)
	MANANA	11h30-12h30			
	TARDE	17h45-18h45			
	GIRO	FLUJO DE ENTRADA	TOTAL TPDA	% GIROS TPDA (Acceso)	% GIROS TPDA (Interseccion)
	Recto	Flujo 18	6853	73%	14%
	Derecho	Flujo 19	869	9%	2%
	Izquierdo 1	Flujo 20	782	8%	2%
	Izquierdo 2	Flujo 21	771	8%	2%
	Retorno	Flujo 22	76	1%	0.15%
TPDA TOTAL AL DIA			9351	100%	19%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Salida Av. 12 de Abril S-E:

Tabla 2.15: Porcentaje de giros salida Av. 12 de Abril S-E

FLUJO DE SALIDA	TOTAL TPDA	% TPDA (Salida)	% TPDA (Interseccion)
Flujo 1	358	5%	1%
Flujo 4	5100	71%	10%
Flujo 10	792	11%	2%
Flujo 14	44	1%	0.09%
Flujo 19	869	12%	2%
TOTAL	7164	100%	14%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Salida Av. José Peralta S-O:

Tabla 2.16: Porcentaje de giros salida Av. José Peralta S-O

FLUJO DE SALIDA	TOTAL TPDA	% TPDA (Salida)	% TPDA (Interseccion)
Flujo 2	1323	12%	3%
Flujo 7	4305	39%	9%
Flujo 15	4645	42%	9%
Flujo 21	771	7%	2%
TOTAL	11044	100%	22%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Salida Av. Paucarbamba S-O:

Tabla 2.17: Porcentaje de giros salida Av. Paucarbamba S-O

FLUJO DE SALIDA	TOTAL TPDA	% TPDA (Salida)	% TPDA (Interseccion)
Flujo 3	798	21%	2%
Flujo 9	1813	47%	4%
Flujo 16	1170	30%	2%
Flujo 22	76	2%	0.15%
TOTAL	3857	100%	8%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Salida Av. 12 de Abril N-O:

Tabla 2.18: Porcentaje de giros salida Av. 12 de Abril N-O

FLUJO DE SALIDA	TOTAL TPDA	% TPDA (Salida)	% TPDA (Interseccion)
Flujo 6	237	2%	0.47%
Flujo 8	1512	10%	3%
Flujo 12	570	4%	1%
Flujo 17	12414	80%	25%
Flujo 20	782	5%	2%
TOTAL	15515	100%	31%

Fuente: (Moyano, 2013)

- Salida Puente Todos Santos N-E:

Tabla 2.19: Porcentaje de giros salida Puente Todos Santos N-E

FLUJO DE SALIDA	TOTAL TPDA	% TPDA (Salida)	% TPDA (Interseccion)
Flujo 5	4761	37%	9%
Flujo 11	56	0.44%	0.11%
Flujo 13	1254	10%	2%
Flujo 18	6853	53%	14%
TOTAL	12925	100%	26%

Fuente: (Moyano, 2013)

2.2 Determinación de velocidades de flujo libre.

Las velocidades de flujo libre se determinan en campo o en base a fórmulas que se sustentan en la velocidad base de la vía, anchos del carril y de espaldón, y en el número de puntos de acceso en el tramo analizado. La formulación es la siguiente:

$$Ffs = BFfs - f_{LS} - f_A$$

Ecuación 2.1

Donde:

F_{fs} = Velocidad de flujo libre

B_{FFS} = Velocidad base del flujo libre (km/h)

f_{ls} = factor de ajuste debido al ancho de carril y ancho de espaldón

f_A = factor de ajuste para puntos de acceso

Y los resultados fueron:

Tabla 2.20: Velocidades de flujo libre en los accesos

Acceso 1: Av. 12 de Abril S-E				Acceso 2: Puente Todos Santos S-O			
B_{FFS} =	50	F_{fs} =	42.53 Km/h	B_{FFS} =	50	F_{fs} =	42.53 Km/h
f_{ls} =	6.8			f_{ls} =	6.8		
f_A =	0.67			f_A =	0.67		
Acceso 3: Av. 12 de Abril N-O				Acceso 4: Av. Paucarbamba N-E			
B_{FFS} =	50	F_{fs} =	42.53 Km/h	B_{FFS} =	50	F_{fs} =	41.87 Km/h
f_{ls} =	6.8			f_{ls} =	6.8		
f_A =	0.67			f_A =	1.33		

Fuente: Autor

2.3 Determinación de los Factores de Capacidad y Niveles de Servicio mediante el procedimiento recomendado por el HCM 2010

Para determinar la Capacidad y los Niveles de Servicio del redondel y todos sus componentes, se tienen varias alternativas: primero, utilizar la metodología descrita por el HCM 2010 y segundo, el uso de herramientas informáticas que lo determinen automáticamente en función de parámetros solicitados. A continuación exponemos la primera mencionada.

PROCEDIMIENTO

1. Convertir los volúmenes de demanda de movimiento a caudales de flujo

2. Ajustar los caudales de flujo para vehículos pesados
3. Determinar los caudales de flujo de circulación y de salida
4. Determinar los caudales de flujo de entrada por carril
5. Determinar la capacidad de cada carril de entrada y carril bypass según sea apropiado en equivalencias de vehículos de pasajeros
6. Determinar el impedimento peatonal hacia los vehículos
7. Convertir los caudales de flujo y capacidades a vehículos por hora
8. Calcular la razón volumen-capacidad de cada carril
9. Calcular la demora de control promedio de cada carril
10. Calcular el Nivel de Servicio de cada carril en cada aproximación
11. Calcular la demora de control promedio y determinar el NS de cada aproximación y del redondel como un todo
12. Calcular el percentil 95to de colas de cada carril

Paso 1: Convertir los volúmenes de demanda de movimiento a caudales de flujo

Para el análisis de las condiciones existentes en las cuales el periodo pico de 15 minutos puede ser medido en campo, los volúmenes para el periodo pico de 15 minutos se convierten a caudal de flujo pico de 15 minutos al multiplicar los volúmenes pico de 15 minutos por 4.

Para el análisis de condiciones proyectadas o cuando la información cada 15 minutos no está disponible, los volúmenes de demanda horarios se convierten a demanda de caudales de flujo de 15 minutos pico en vehículos por hora, como se muestra en la ecuación 2.2, mediante el uso de un factor de hora pico para la intersección:

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

Ecuación 2.2

Donde:

$v_i =$ demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($\frac{veh}{h}$),

$V_i =$ volumen de demanda para el movimiento i ($\frac{veh}{h}$), y

$PHF =$ factor de hora pico

Paso 2: Ajustar los caudales de flujo para vehículos pesados

El caudal de flujo para cada movimiento puede ser ajustado para contabilizar las características del flujo de vehículos al utilizar los valores de la siguiente tabla:

Tabla 2.21 Equivalencia de vehículos de pasajeros

Tipo de Vehículo	Equivalente de vehículo de pasajeros, Et
Vehículo de pasajeros	1.00
Vehículo pesado	2.00

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

El cálculo para incorporar los valores previos está dado en las siguientes ecuaciones:

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{f_{HV}}$$

Ecuación 2.3

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

Ecuación 2.4

Donde:

$v_{i,pce} =$ demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($\frac{pc}{h}$),

$v_i =$ demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($\frac{veh}{h}$),

$f_{HV} =$ factor de ajuste para vehículos pesados,

$P_T =$ proporción del volumen de demanda que consiste en vehículos pesados, y

$E_T =$ equivalente de vehículos de pasajeros para vehículos pesados.

Paso 3: Determinar los caudales de flujo de circulación y de salida

Los caudales de flujo de circulación y de salida son calculados para cada rama del redondel. Aunque las siguientes secciones presentan una metodología numérica para un redondel de cuatro ramas, esta metodología se puede extender a cualquier número de ramas.

Caudal de flujo de circulación

El flujo de circulación opuesto a una determinada entrada está definido como el flujo en conflicto con el flujo de entrada. El cálculo del flujo de conflicto para el flujo que circula al norte está ilustrado en la siguiente imagen y numéricamente en la ecuación que la sigue. Todos los flujos están en equivalentes de vehículos de pasajeros.

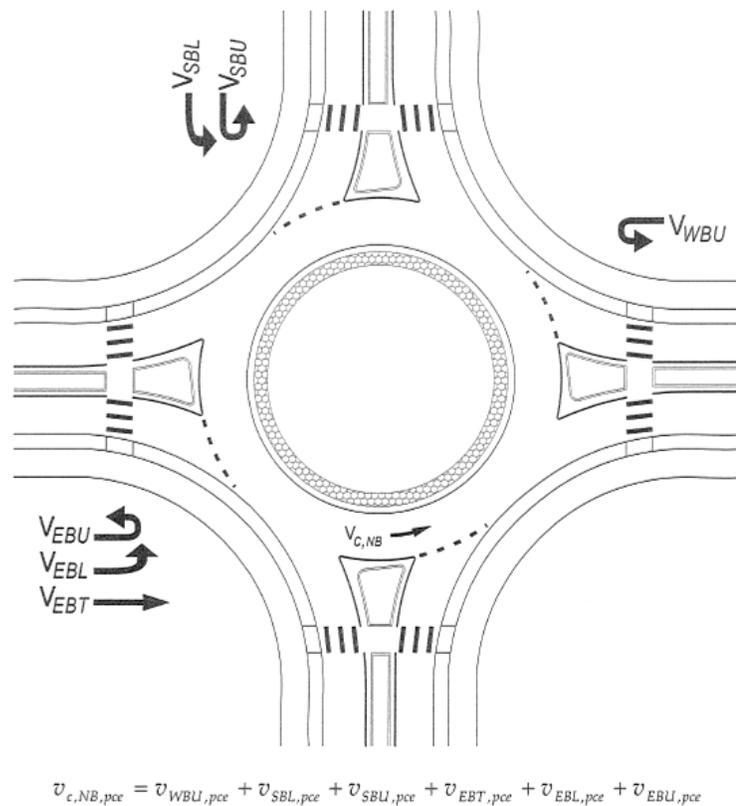
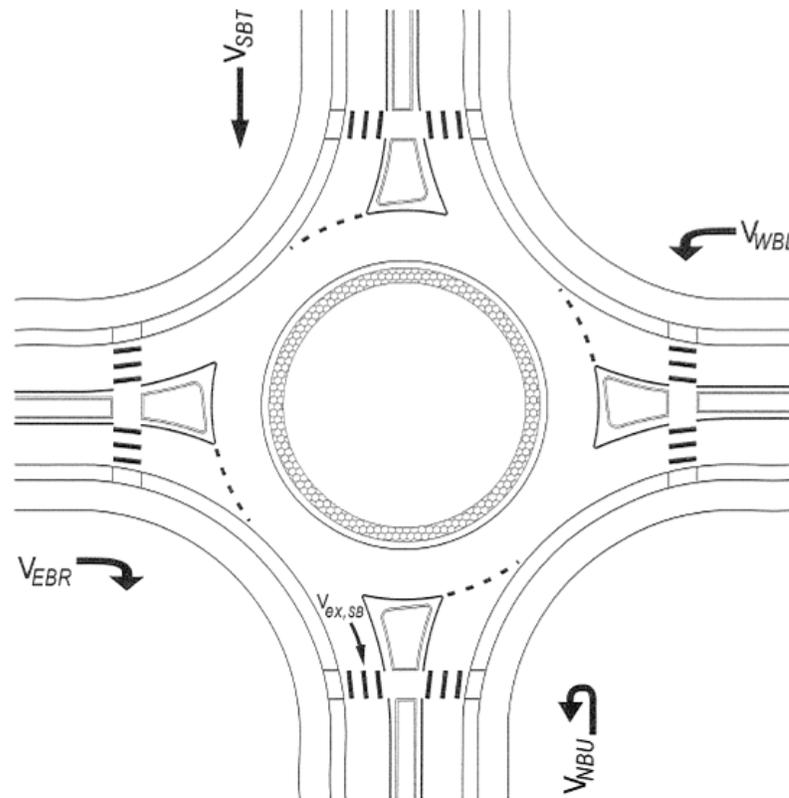


Figura 2.2 Determinación de caudales de flujo de circulación y de salida

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Caudal de flujo de salida

El caudal de flujo de salida para una rama dada es usado principalmente en el cálculo del flujo de conflicto para carriles bypass de giro a la derecha. El cálculo del flujo de salida en la dirección sur está ilustrado en la siguiente imagen y numéricamente en la ecuación que la sigue. Si un carril de bypass está presente en la corriente de entrada, el flujo que gira a la derecha es restado del flujo de salida. Todos los flujos están en equivalentes de vehículos de pasajeros.



$$v_{ex,pce} = v_{NBU,pce} + v_{WBL,pce} + v_{SBT,pce} + v_{EBR,pce} - v_{EBR,pce,bypass}$$

Figura 2.3 Caudal de Flujo de Salida

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 4: Determinar los caudales de flujo de entrada por carril

Para entradas de un solo carril, el caudal de flujo de entrada es la suma de todos los caudales de flujo que utilizan esa entrada. Para entradas de múltiples carriles o entradas

con carriles de bypass, o ambos, el siguiente procedimiento será aplicado para asignar los flujos de cada carril:

1. Si un carril de giro a la derecha existe, el flujo que use ese carril es removido del cálculo de los flujos de entrada del redondel.
2. Si solo un carril está disponible para cualquier movimiento, el flujo para ese movimiento es asignado solamente a ese carril.
3. Los flujos remanentes se asume que están distribuidos entre todos los carriles, sujeto a los impedimentos impuestos por cualquier asignación de carril por diseño y cualquier desbalance observado o estimado entre carriles.

Cinco casos generalizados de múltiples carriles pueden ser analizados con este procedimiento. Para los casos en los cuales el movimiento pueda utilizar más de un carril, se debe en primer lugar verificar qué configuración de carriles puede existir. Esto puede diferir de la asignación de carriles basada en los patrones de movimiento de giro específicos analizados. Estas asignaciones asumidas están dadas en la tabla 2.22. Para intersecciones con un número diferente de ramas, el analista deberá ejercer un juicio razonable al asignar volúmenes a cada carril.

Tabla 2.22: Asignación de carriles para determinar flujos de entrada

Asignación del carril designado	Asignación del carril asumido
LT, TR	Si $v_u + v_L > v_T + v_{R,e}$: L, TR (carril de giro izquierdo) Si $v_T + v_{R,e} > v_L + v_Y$: LT, R (carril de giro derecho) caso contrario LT, TR
L, LTR	Si $v_T + v_{R,e} > v_u + v_L$: L, TR (carril de giro derecho) caso contrario L, LTR
LTR, R	Si $v_u + v_L + v_t > v_{r,e}$: LT, R (carril izquierdo recto) caso contrario LTR, R

Notas: v_u , v_L , v_T , and $v_{R,e}$ son las demandas de flujo de giro en U, giro izquierdo, recto y giro derecho sin bypass de una entrada respectivamente.

L = izquierda, LT = izquierda recto, TR = derecha recto, LTR = izquierda-recto-derecha, y R = derecha.

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

En base a las asignaciones para cada carril asumidas para efectos de la entrada y del uso descritos anteriormente, los caudales de flujo pueden ser asignados a cada carril utilizando las fórmulas de la tabla 2.23, %RL es el porcentaje de tráfico de entrada que utiliza el carril derecho, %LL es el porcentaje de tráfico de entrada que utiliza el carril izquierdo, y $\%LL + \%RL = 1$.

Tabla 2.23: Caudales de flujo de entrada en base a la asignación de vehículos por carril

Caso	Asignación de carriles asumida	Carril izquierdo	Carril derecho
1	L,TR	$vu + vL$	$vT + vRe$
2	LT,R	$vu + vL + vT$	vRe
3	LT, TR	$(\%LL)ve$	$(\%RL)ve$
4	L, LTR	$(\%LL)ve$	$(\%RL)ve$
5	LTR, R	$(\%LL)ve$	$(\%RL)ve$

Notas: vu , vL , vT , and vRe son las demandas de flujo de giro en U, giro izquierdo, recto y giro derecho sin bypass de una entrada respectivamente.

L = izquierda, LT = izquierda recto, TR = derecha recto, LTR = izquierda-recto-derecha, y R= derecha.

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 5: Determinar la capacidad de cada carril de entrada y carril bypass según sea apropiado en equivalencias de vehículos de pasajeros

La capacidad de cada carril de entrada y carril bypass se calcula utilizando las ecuaciones de capacidad discutidas previamente. Las ecuaciones de capacidad para carriles de entrada están resumidas en la tabla 2.24; y las ecuaciones para carriles bypass están resumidas en la tabla 2.25.

Tabla 2.24: Ecuación de Capacidad según carriles en conflicto en entradas

Carriles de entrada	Carriles de Conflicto	Ecuación de Capacidad
1	1	Ecuación 21-1 HCM 2010
2	1	Cada carril: Ecuación 21-2 HCM 2010
1	2	Ecuación 21-3 HCM 2010
2	2	Carril derecho: Ecuación 21-4 HCM 2010; Carril izquierdo: Ecuación 21-5 HCM 2010

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 2.25: Ecuación de Capacidad según carriles en conflicto en salidas

Carriles de Salida en Conflicto	Ecuación de Capacidad
1	Ecuación 21-6 HCM 2010
2	Ecuación 21-7 HCM 2010

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 6: Determinar el impedimento peatonal hacia los vehículos

El tráfico peatonal puede reducir la capacidad vehicular de la entrada de un redondel si los suficientes peatones están presentes y ejercen el derecho de circulación comúnmente otorgado a los peatones en la mayoría de jurisdicciones. Bajo altos flujos de conflicto vehicular, los peatones generalmente pasan por detrás de vehículos detenidos en las entradas, y por ende tienen un impacto adicional despreciable en la capacidad vehicular de la entrada. Sin embargo, bajo flujos de conflicto vehicular bajos, los peatones pueden funcionar efectivamente como vehículos conflictivos adicionales y así reducen la capacidad vehicular de la entrada. El efecto de los peatones es más pronunciado cuando su volumen es alto.

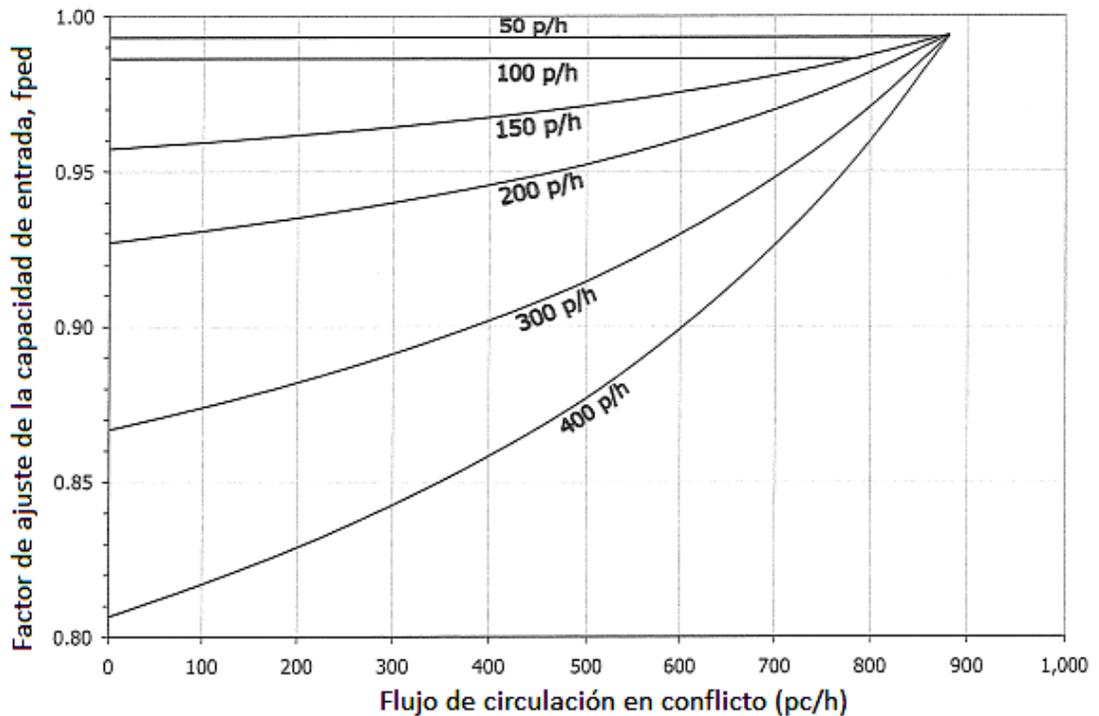
Para entradas de un carril, el modelo presentado en la tabla 2.26 puede ser utilizado para aproximar este efecto. Estas ecuaciones están ilustradas en la tabla 2.27 y están basados en la asunción de que los peatones tienen absoluta prioridad.

Tabla 2.26: Factor de Ajuste de Capacidad por Peatones en una Entrada de un Carril

Caso	Factor de Ajuste de Capacidad por Peatones en una Entrada de Un Carril
Si $v_{c,pce} > 881$	$f_{ped} = 1$
Caso contrario, Si $n_{ped} \leq 101$	$f_{ped} = 1 - 0.000137n_{ped}$
Caso contrario	$f_{ped} = \frac{1,119.5 - 0.715v_{c,pce} - 0.644n_{ped} + 0.00073v_{c,pce}n_{ped}}{1,068.6 - 0.654v_{c,pce}}$

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 2.27: Factor de ajuste de la capacidad de entrada vs Flujo de circulación en conflicto en una entrada de un carril



Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

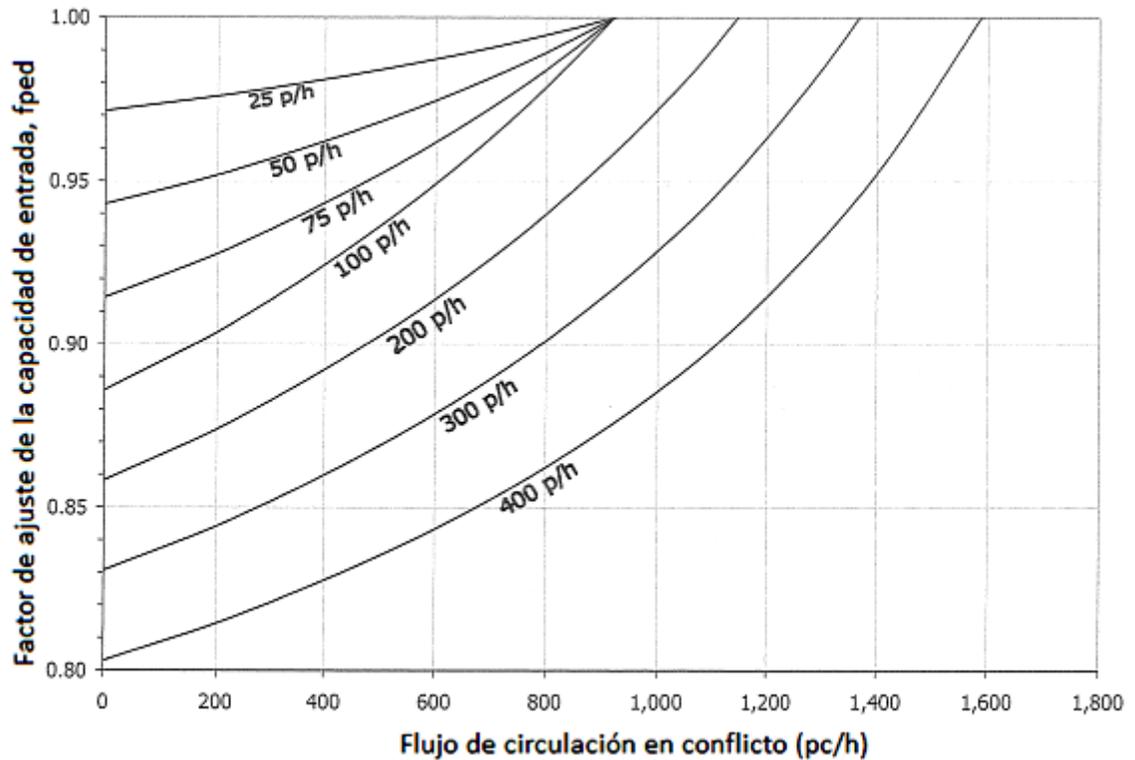
Para entradas de dos carriles, el modelo presentado en la tabla 2.28 puede ser utilizado para aproximar este efecto. Estas ecuaciones están ilustradas en la tabla 2.29 y están basados en la asunción de que los peatones tienen absoluta prioridad.

Tabla 2.28: Factor de Ajuste por Peatones para la Capacidad de Entrada de Dos Carriles

Caso	Factor de Ajuste por Peatones para la Capacidad de Entrada de Dos Carriles
Si $n_{ped} < 100$	$f_{ped} = \min \left[1 - \frac{n_{ped}}{100} \left(1 - \frac{1,260.6 - 0.329v_{c,pce} - 0.381 \times 100}{1,380 - 0.5v_{c,pce}} \right), 1 \right]$
Caso contrario	$f_{ped} = \min \left[\frac{1,260.6 - 0.329v_{c,pce} - 0.381n_{ped}}{1,380 - 0.5v_{c,pce}}, 1 \right]$

Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Tabla 2.29: Factor de ajuste de la capacidad de entrada vs Flujo de circulación en conflicto en una entrada de dos carriles



Fuente: (Transportation Research Board, 2010)

Paso 7: Convertir los caudales de flujo y capacidades a vehículos por hora

El caudal de flujo para un carril dado se convierte nuevamente a vehículos por hora al multiplicar el caudal de flujo computado en el paso previo en equivalente de vehículos de pasajeros por el factor de vehículos pesados para el carril mostrado en la ecuación 2.5:

$$v_i = v_{i,PCE} f_{HV,e}$$

Ecuación 2.5

Donde:

$v_i =$ demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($\frac{veh}{h}$),

$v_{i,pce} =$ demanda de caudales de flujo para el movimiento i ($\frac{pc}{h}$), y

$f_{HV,e} =$ factor de ajuste para vehículos pesados para el carril

De forma similar, la capacidad de un carril dado es convertida de nuevo a vehículos por hora como se muestra en la ecuación 2.6:

$$c_i = c_{i,PCE} f_{HV,e} f_{ped}$$

Ecuación 2.6

Donde:

$c_i =$ capacidad del carril i ($\frac{veh}{h}$),

$c_{i,pce} =$ capacidad del carril i ($\frac{pc}{h}$), y

$f_{HV} =$ factor de ajuste para vehículos pesados para el carril, y

$f_{ped} =$ factor de impedimento por peatones.

El factor de ajuste para vehículos pesados para cada carril de entrada puede ser aproximado al tomar una media ponderada de los factores de ajuste por vehículos pesados para cada movimiento que entra el redondel (excepto carriles bypass si existen) ponderados por caudal de flujo, como se muestra en la ecuación 2.7:

$$f_{HV,e} = \frac{f_{HV,U} v_{U,PCE} + f_{HV,L} v_{L,PCE} + f_{HV,T} v_{T,PCE} + f_{HV,R,e} v_{R,e,PCE}}{v_{U,PCE} + v_{L,PCE} + v_{T,PCE} + v_{R,e,PCE}}$$

Ecuación 2.7

Donde:

$f_{HV,e} =$ factor de ajuste de vehículos pesados para el carril de entrada,

$f_{HV,i}$ = factor de ajuste de vehículos pesados para el movimiento i , y

$v_{i,PCE}$ = caudal de flujo de demanda para el movimiento i ($\frac{pc}{h}$)

Si el número de vehículos pesados por carril es conocido, los factores de ajuste de vehículos pesados pueden ser calculados de forma separada para cada carril.

Paso 8: Calcular la razón volumen-capacidad de cada carril

Para un carril dado, la razón volumen – capacidad se calcula al dividir la capacidad calculada del carril para su demanda de caudal de flujo, como se muestra en la ecuación 2.8. Ambos valores incluidos están en vehículos por hora.

$$x_i = \frac{v_i}{c_i}$$

Ecuación 2.8

Donde:

x_i = razón volumen – capacidad para el carril i ,

v_i = demanda de caudal de flujo del carril i ($\frac{veh}{h}$), y

$v_{i,PCE}$ = capacidad del carril i ($\frac{pc}{h}$).

Paso 9: Calcular la demora de control promedio de cada carril

La información recolectada sobre redondeles en Estados Unidos sugiere que las demoras en el control pueden ser predichas en una manera generalmente similar a la usada para intersecciones sin señalización. La ecuación 2.9 muestra el modelo que debe ser utilizado para estimar la demora de control promedio en cada carril de una aproximación a un redondel:

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 * \min[x, 1]$$

Ecuación 2.9

Donde:

$d = \text{demora de control promedio } (\frac{s}{veh}),$

$x = \text{razón volumen – capacidad para el carril},$

$c = \text{capacidad del carril } i (\frac{veh}{h}), \text{ y}$

$T = \text{periodo de tiempo } (T = 0.25 \text{ h para un análisis de 15 minutos}).$

La ecuación 2.9 es igual a la de intersecciones controladas por PARE, salvo que el término “+5” ha sido modificado. Esta modificación es necesaria para contabilizar el control de CEDA EL PASO en la entrada al redondel, la cual no requiere que los conductores se detengan del todo cuando no hay tráfico de conflicto. En razones volumen – capacidad más altas, la probabilidad de detenerse por completo aumenta, por tanto, el comportamiento se parece más a un control de PARE.

La demora de control promedio para un carril dado es una función de la capacidad del carril y su grado de saturación. El modo analítico utilizado para estimar la demora de control promedio asume que no existe una cola residual al inicio del periodo de análisis. Si el grado de saturación es mayor a 0.9, la demora de control promedio está afectada significativamente por la duración del periodo de análisis. En la mayoría de los casos, el periodo de análisis recomendado es de 15 minutos. Si la demanda excede la capacidad durante un periodo de 15 minutos, los resultados de la demora calculados por este procedimiento, pueden no ser precisos debido a la probable presencia de una cola al inicio de este periodo. Además, la demanda en conflicto para movimientos descendentes del movimiento que opera sobre la capacidad puede no ser completamente descifrado (en otras palabras, el flujo no puede pasar la entrada sobresaturada y por ende no puede entrar en conflicto con una entrada descendente). En estos casos, un enfoque iterativo que tome en cuenta este efecto y el remanente de las colas de un periodo al siguiente puede ser considerado.

Paso 10: Calcular el Nivel de Servicio de cada carril en cada aproximación

El NS de cada carril de cada aproximación se determina utilizando la tabla 1.1 y los valores de demora de control calculados o medidos.

Paso 11: Calcular la demora de control promedio y determinar el NS de cada aproximación y del redondel como un todo

La demora de control para una aproximación se calcula al computar un promedio ponderado de la demora de cada carril en la aproximación, ponderado según el volumen en cada carril. El cálculo se muestra en la ecuación 2.10. Observar que el volumen en el carril bypass debe ser incluido en el cálculo de la demora para cada aproximación. El NS para cada aproximación se determina usando la tabla 1.1 y los valores de la demora de control calculados o medidos.

$$d_{aproximación} = \frac{d_{LL}v_{LL} + d_{RL}v_{RL} + d_{bypass}v_{bypass}}{v_{LL} + v_{RL} + v_{bypass}}$$

Ecuación 2.10

La demora de control de la intersección como un todo es calculada de manera similar al computar una media ponderada de la demora de cada aproximación, ponderada según el volumen de cada aproximación. Esto se muestra en la ecuación 2.11. El NS de la intersección se determina mediante la tabla 1.1 y los valores de la demora de control medidos o calculados.

$$d_{intersección} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i}$$

Ecuación 2.11

Donde:

$d_{intersección}$ = demora de control de toda la intersección ($\frac{s}{veh}$),

d_i = demora de control de la aproximación i ($\frac{s}{veh}$), y

$v_i =$ demanda de flujo de la aproximación i ($\frac{veh}{h}$).

Paso 12: Calcular el percentil 95^{to} de colas de cada carril

El percentil 95^{to} de colas de cada carril se calcula utilizando la ecuación 2.12:

$$Q_{95} = 900T \left[x - 1 + \sqrt{(1 - x)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3,600}\right)$$

Ecuación 2.12

Donde:

$Q_{95} =$ percentil 95^{to} de colas (veh),

$x =$ razón volumen – capacidad para el carril,

$c =$ capacidad del carril i ($\frac{veh}{h}$), y

$T =$ periodo de tiempo ($T = 0.25$ h para un análisis de 15 minutos).

La longitud de cola calculada para cada carril debe ser comparada con el espacio disponible. La cola en cada carril puede interactuar con carriles adyacentes en una o más maneras:

- Si las colas en carriles adyacentes exceden el espacio disponible, la cola en el carril de estudio puede ser más larga que lo anticipado debido a colas adicionales del carril adyacente.
- Si las colas en el carril de estudio exceden el espacio disponible para carriles adyacentes, el carril adyacente puede estar vacío debido a la cola del carril de estudio.

Si una o más de estas condiciones ocurre, un análisis de sensibilidad puede ser conducido con la metodología al variar la demanda de cada carril. El analista puede también utilizar una herramienta alternativa que es sensible a los efectos carril-a-carril.

2.4 Introducción al uso de Aimsun

Para la modelación del tránsito en el sector del Ejido se utilizará el software Aimsun 8.0.3, que es un simulador de tráfico en el cual se asignarán los valores del TPDA, los porcentajes de giros, los ciclos semafóricos, las líneas de transporte público y las características geométricas de los corredores viales donde se realiza el estudio. Esta herramienta realiza todo el proceso anteriormente descrito y además presenta una representación en tres dimensiones del funcionamiento del tránsito en el área de estudio.

Los desarrolladores de este software definen a Aimsun como un entorno extensible que ofrece, en una sola aplicación todas las herramientas necesarias que un profesional del transporte necesitaría. En Aimsun, integración significa exactamente eso: simulación microscópica, mesoscópica y macroscópica en una misma aplicación de software; una única representación de la red; una única base de datos de los objetos simulados y los datos de soporte; y un fichero con el modelo.

“Aimsun es una herramienta capaz de integrar en una sola aplicación de software tres tipos de modelos de transporte: un simulador microscópico, un simulador Mesoscópico y una asignación estática de tráfico.

“Su desarrollo ha sido posible gracias a más de 20 años de investigación, a las publicaciones científicas y a la información proveniente de los miles de proyectos realizados por sus usuarios.” (Transport Simulation Systems, 2013)

Además agregan que Aimsun ofrece muchas opciones para incluir varios escenarios en la misma red: demandas, planes de control, horarios de transporte público, acciones de gestión de tráfico, anulación de atributos de la red, etc. El sistema de revisión se utiliza cuando una modificación (como un cambio en la geometría) no se puede incluir en el mismo fichero de red. (Transport Simulation Systems, 2014)

2.4.1 Proceso de Micro Simulación

En la Universidad se cuenta con manuales del programa que profundizan el método de cálculo utilizado por este software. Dichos manuales son las herramientas válidas de consulta para comprender el algoritmo con el que funciona la simulación en Aimsun 8.03.

Para el análisis del redondel José Peralta se combinarán las herramientas microscópicas y mesoscópicas de Aimsun. Este marco aporta una flexibilidad sin rival al modelar condiciones recurrentes y no recurrentes con el nivel apropiado de precisión. Además, reutilizando las rutas de asignación en equilibrio dinámico o estático obtenidas previamente en una nueva simulación y combinándolas con una elección de carril diferenciada, los usuarios de Aimsun pueden reproducir el comportamiento en la conducción y los intentos improvisados de evitar congestiones que se producen en la realidad para finalmente reproducir de la manera más realista posible el comportamiento en la elección de carril en cualquier condición.

Este análisis Híbrido permite simular grandes áreas de manera mesoscópica combinadas con zonas que requieren un mayor nivel de detalle. Aporta lo mejor de los dos mundos: la elevada eficiencia computacional de un modelo mesoscópico basado en eventos combinada con una representación precisa de las dinámicas de tráfico que un micro simulador más detallado y segmentado temporalmente puede proporcionar.

Adentrándonos más en los modelos de microsimulación, podemos decir que estos son estocásticos con generación de tráfico y características de vehículo – conductor que provienen de distribuciones estadísticas utilizando valores aleatorios.

“Los simuladores de tránsito microscópicos son probablemente las herramientas más poderosas y versátiles para el análisis de tránsito. Ellas simulan de manera real el flujo de vehículos individuales en una red vial. El microsimulador de Aimsun utiliza modelos de seguimiento vehicular, cambio de carriles y aceptación de distancias para modelar el comportamiento vehicular.

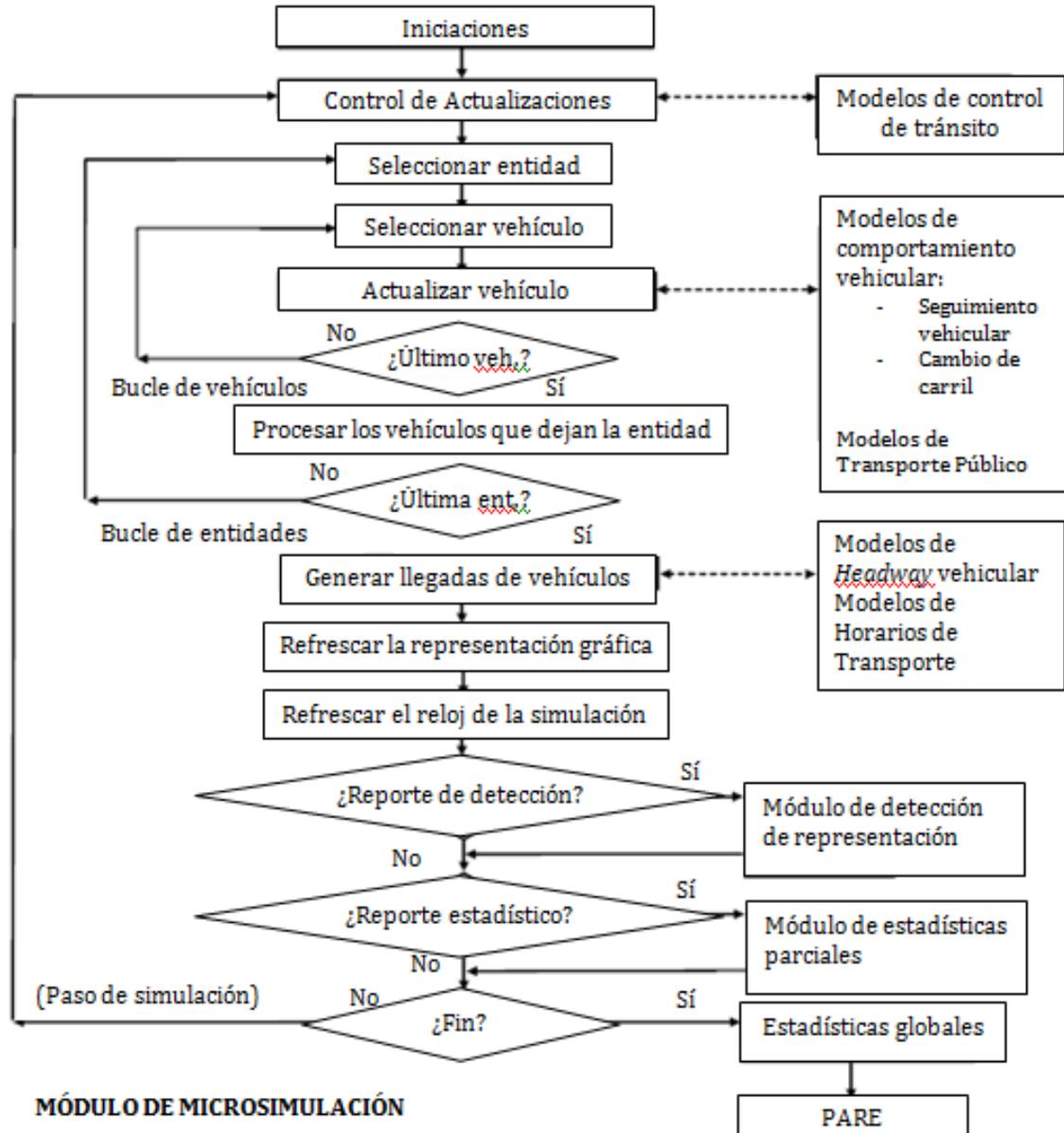
“La forma en la que el modelo de seguimiento vehicular fue implementado en Aimsun tomó en cuenta las restricciones adicionales en las capacidades de frenado de los vehículos, mismos que son impuestos en base a una hipótesis clásica de distancia-segura-de-frenado. Aimsun además captura el comportamiento del conductor según las circunstancias locales, es decir, los parámetros de modelación dependen de las condiciones y circunstancias en cada parte de la red vial.

“El proceso de cambio de carril está modelado como un proceso de toma de decisiones que simula el comportamiento del conductor cuando él o ella considera cambiarse de carril (como es el caso de maniobras de giro determinadas por la ruta), la conveniencia de cambiar de carril (por ejemplo para rebasar a un vehículo lento) y las factibilidad de poder cambiar de carril. Un cambio de carril también depende de la ubicación del vehículo dentro de la red vial. Para alcanzar una representación más precisa del comportamiento del conductor al momento de tomar la decisión, tres zonas diferentes dentro de una sección son consideradas; cada una corresponde a una diferente motivación para cambiar de carril.

“Aimsun permite que los vehículos cambien su ruta de origen a destino dependiendo de las variaciones en las condiciones de tráfico mientras viajan a través de la red vial. Esto provee la base para una asignación de tráfico al tanteo.

La tabla 2.30 indica de manera gráfica el algoritmo utilizado por Aimsun para la modelación microscópica.

Tabla 2.30: Algoritmo utilizado por Aimsun para la modelación microscópica



Fuente: (Transport Simulation Systems, 2013)

2.4.2 Guía de aplicación de Aimsun

Previo a realizar la simulación es necesario contar con la información del área de estudio que se va a analizar en la simulación. Esta información consta de los flujos de tráfico, un levantamiento planimétrico del sector, los ciclos semafóricos y las líneas de transporte público que por él circulan.

Aimsun es una herramienta capaz de integrar en una sola aplicación de software tres tipos de modelos de transporte: un simulador microscópico, un simulador Mesoscópico y una asignación estática de tráfico.



Figura 2.4: Representación de Niveles Macro, Meso y Micro

Fuente: Autor

Requisitos de información ingresada

La simulación dinámica está caracterizada por el alto nivel de detalle con el que el sistema es modelado. La calidad del mismo es altamente dependiente de la disponibilidad y precisión de la información ingresada. Por lo tanto, el usuario debe tener en cuenta que para construir un buen modelo de Aimsun, se requiere la siguiente información:

Diseño de la Red

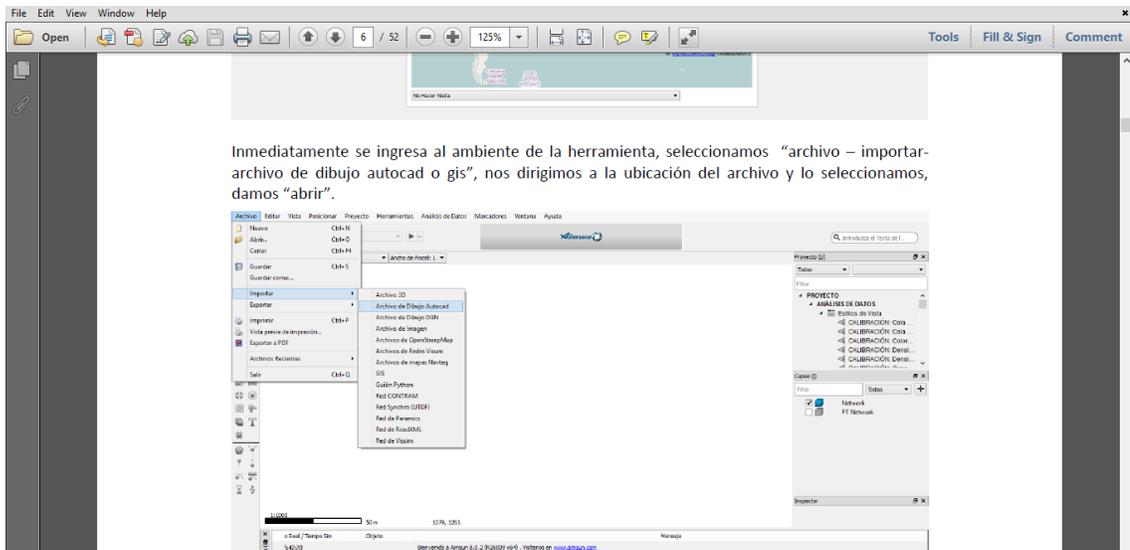
Un modelo de red de tráfico de Aimsun está compuesto por una serie de secciones (enlaces de una vía) conectados unos a otros a través de nodos (intersecciones), que pueden contener diferentes características de tráfico. Para construir el modelo de red, se siguen los siguientes pasos:

Importar la cartografía base

Esta puede ser importada desde Open Street Maps o desde un archivo .dxf de AutoCAD o ArcGis. Para este caso se utilizó un archivo de AutoCAD del levantamiento planimétrico del sector.

Una vez ejecutada la aplicación, seleccionar nuevo proyecto y escoger la plantilla “002 TSS Template ESP”, si se quiere trabajar en español, como estamos iniciando el proyecto desde micro, desactivamos las opciones de “meso y estático”, luego en la barra de herramientas inferior seleccionamos “No hacer nada” e inmediatamente pulsamos la opción “crear”.

Inmediatamente se ingresa al ambiente de la herramienta, seleccionamos “archivo – importar- archivo de dibujo AutoCAD o gis”, nos dirigimos a la ubicación del archivo y lo seleccionamos, damos “abrir”.



Inmediatamente se ingresa al ambiente de la herramienta, seleccionamos “archivo – importar-archivo de dibujo autocad o gis”, nos dirigimos a la ubicación del archivo y lo seleccionamos, damos “abrir”.

Figura 2.5: Importar Cartografía Base 1

Fuente: Autor

Luego aparecerá un cuadro de “dialogo de importación de archivos” y seleccionamos “Unidades Geo: Metros” y “Codificación: System” activamos la viñeta de “aplicar a todo” y “aceptamos”, es importante destacar que el archivo de AutoCAD o de gis, tiene que estar dibujados originalmente en escala 1:1.

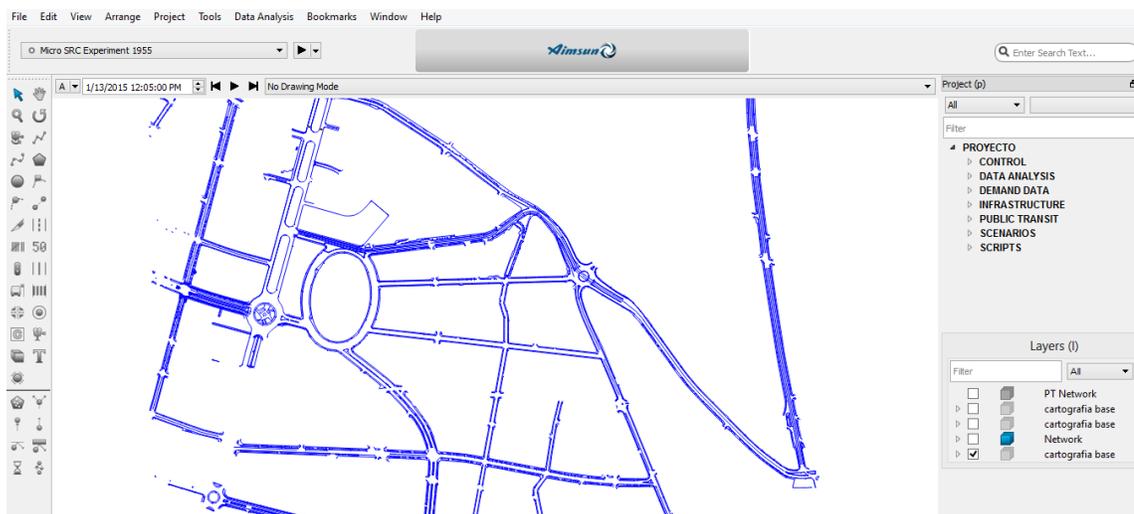


Figura 2.6: Importar Cartografía Base 2

Fuente: Autor

Como resultado obtendremos el archivo .dxf como imagen en el entorno Aimsun.

Creación de secciones

Para crear secciones de vías se escoge la opción “Crear una Sección” en la barra de herramientas de la parte izquierda del entorno. Una vez creada se da click derecho sobre ella y se cambia sus atributos como número de carriles, ancho de carriles, carriles exclusivos, velocidad, capacidad y tipo de vía.

En caso de secciones curvas es importante crear la sección con varios puntos intermedios para ir ajustando la curvatura de la vía.

También cabe mencionar que las secciones deben ser dibujadas entre dos intersecciones y no ser más largas que esto, pues luego no podríamos crear los nodos de unión.

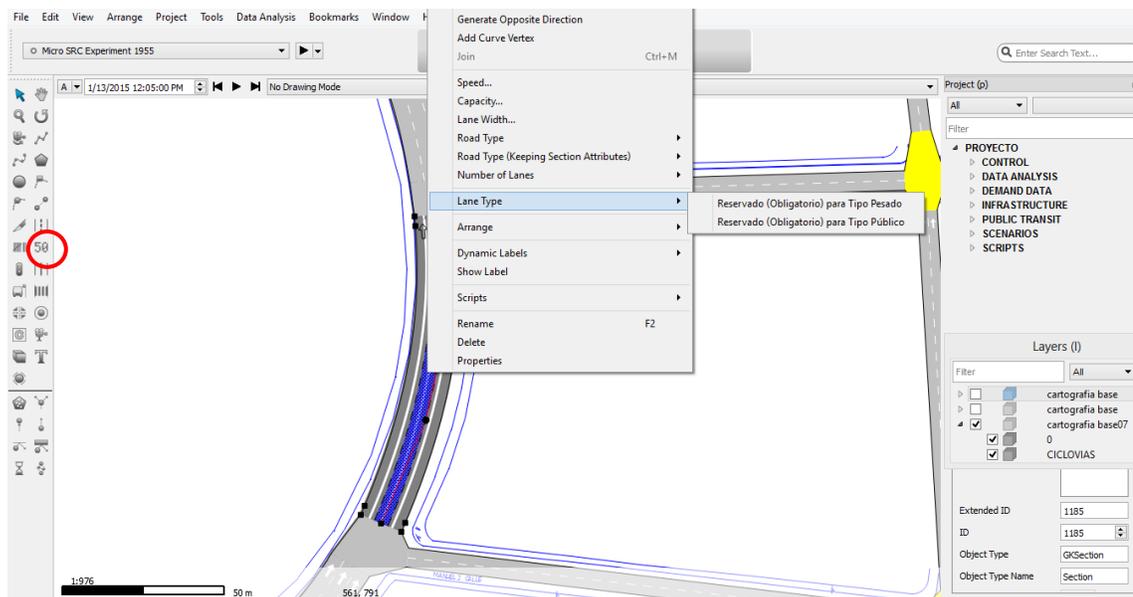


Figura 2.7: Creación de Secciones

Fuente: Autor

Dentro de la red en el intercambiador José Peralta además era necesario adicionar el paso deprimido de la avenida 12 de abril. Para ello fue necesario modificar las cotas de inicio y final de la sección. Esto se debe dar click izquierdo sobre la sección, después

click derecho – ordenar – cambiar altura y elegir la altura del paso sea deprimido o elevado.

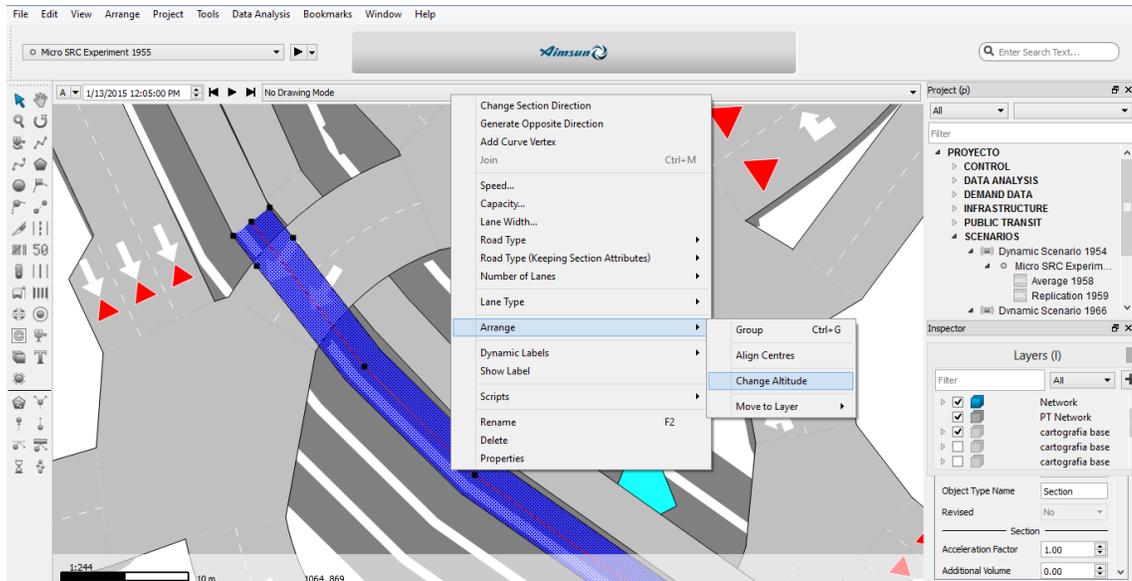


Figura 2.8: Cambio de altura en secciones

Fuente: Autor

Creación de nodos

Para crear Nodos seleccionamos la herramienta “Crear conexiones entre objetos” y trazamos una línea entre las secciones que se conectan (de origen a destino). Tenemos que realizar este paso las veces necesarias para abarcar el total de los giros posibles dentro de la intersección y así la misma se creará automáticamente.



Figura 2.9: Creación de Nodos 1

Fuente: Autor

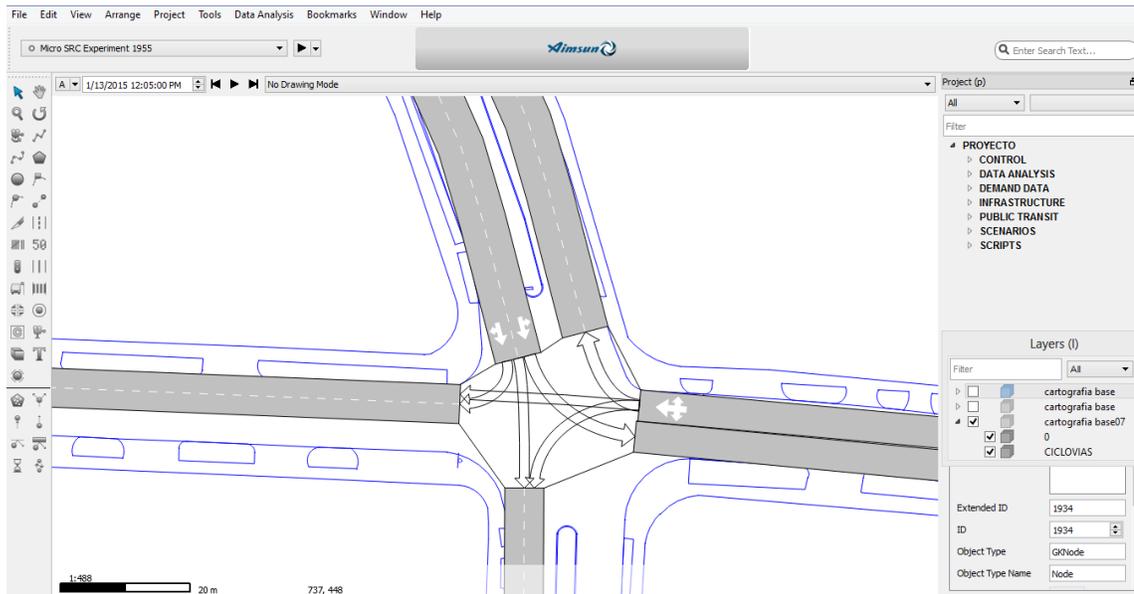


Figura 2.10: Creación de Nodos 2

Fuente: Autor

La Red en su totalidad se ve de la siguiente manera:

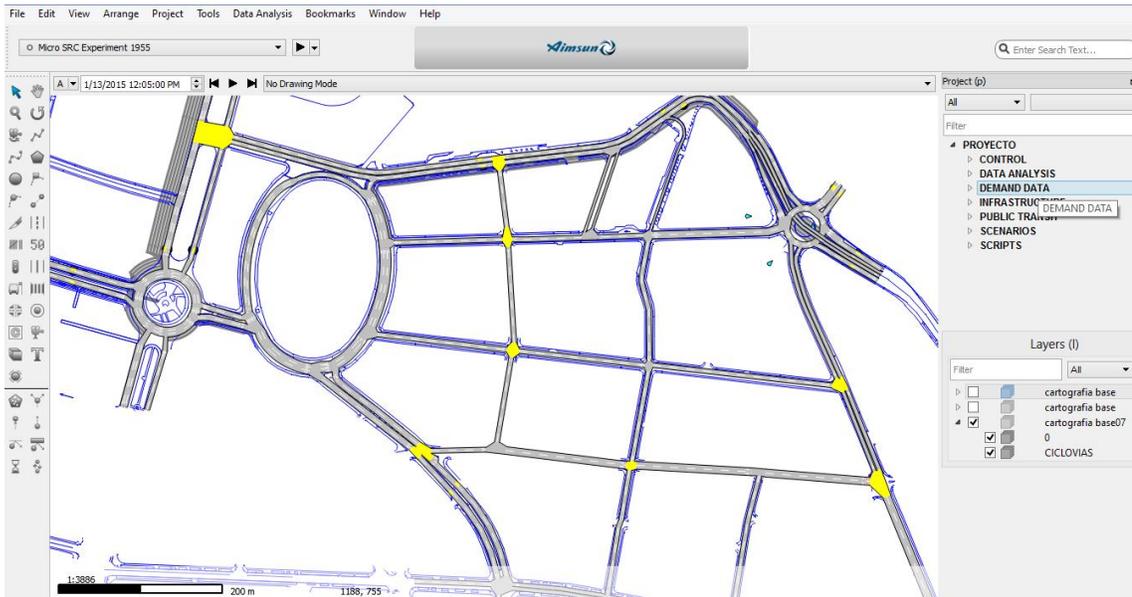


Figura 2.11: Red terminada

Fuente: Autor

Y realizando un zoom sobre el redondel:

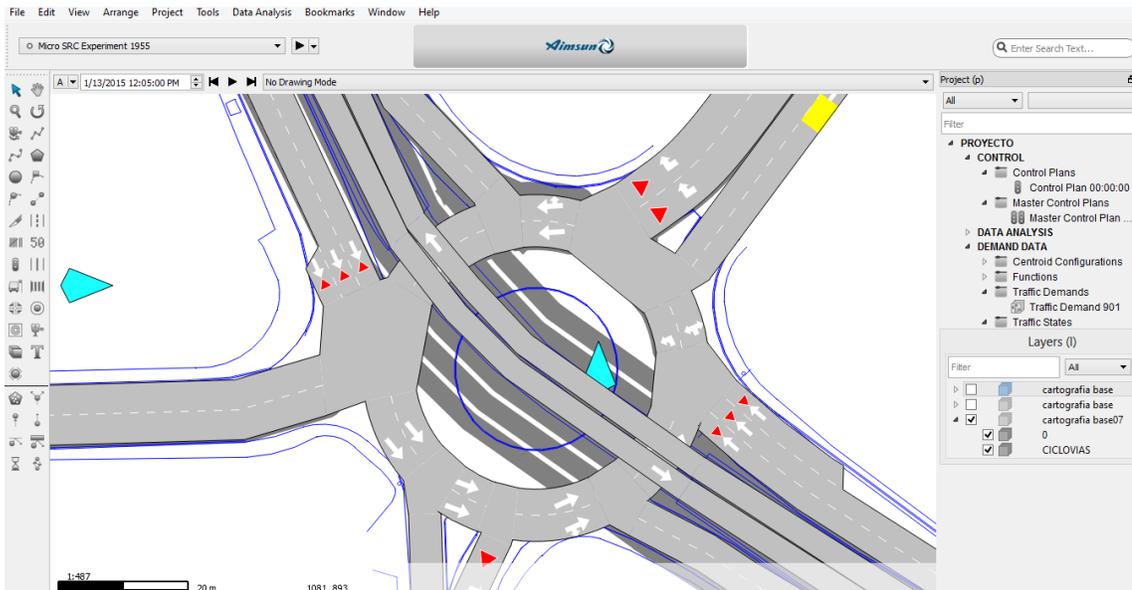


Figura 2.12: Red del redondel terminada

Fuente: Autor

Creación de intersecciones con señales de Pare o Ceda el Paso

Luego de realizar la jerarquización vial, el establecimiento del número de carriles, sus anchos y velocidades, es necesario realizar la priorización en los sentidos de circulación, para lo cual si se trata de intersecciones no sanforizadas se procede a colocar indicadores de PARE o CEDA EL PASO. Para indicar a la herramienta informática que se realice la simulación de pare o ceda el paso en una intersección, se señala el *nodo*, luego se selecciona con doble click el *giro* y en el cuadro de *dialogo – zonas* se selecciona entre STOP-PARE o CEDA EL PASO.

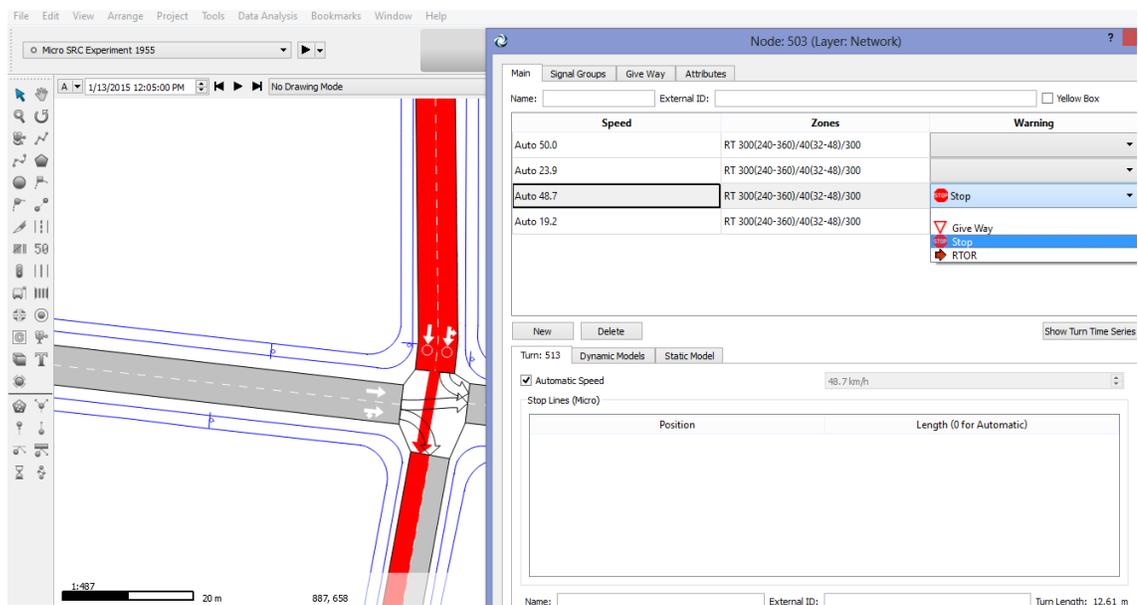


Figura 2.13: Creación de intersecciones con señales de Pare o Ceda el Paso

Fuente: Autor

Creación de nodos semaforizados

El procedimiento es el mismo que los anteriormente mencionados, pero comúnmente en las intersecciones semaforizadas, se producen o no el bloqueo de circulación en uno u otro sentido, por lo que se recomienda que en función de lo que suceda en la realidad se utilice la opción *yellow box*, para ello se selecciona el nodo y se pulsa el botón derecho, a continuación se marca la opción “*yellow box*”, lo que indica al programa que no se puede ocupar la intersección cuando se genere colas.

Datos de Demanda de Tráfico

Los datos de demanda de tráfico se pueden definir de dos maneras diferentes:

- Por el flujo de tráfico en las secciones
- Por una matriz Origen – Destino

Dependiendo del tipo de modelo seleccionado, los siguientes datos de entrada deben ser provistos:

1. Flujos de tráfico.
 - Tipos de vehículos y sus atributos
 - Clases de vehículos (para carriles exclusivos)
 - Flujos en las secciones de entrada (entradas a la red) para cada tipo de vehículo
 - Proporciones de giros en todas las secciones para cada tipo de vehículo
2. Matriz O/D
 - Definiciones de centroides: fuentes de tráfico
 - Tipos de vehículos y sus atributos
 - Clases de vehículos (para carriles exclusivos)
 - Número de viajes que van desde cada centroide de origen hacia cualquier destino.

Para esta simulación se utilizaron los flujos de tráfico detallados anteriormente en este capítulo, y para ingresarlos al modelo se siguió el siguiente proceso: Proyecto – Nuevo – Datos de Demanda – Estado de Tráfico.

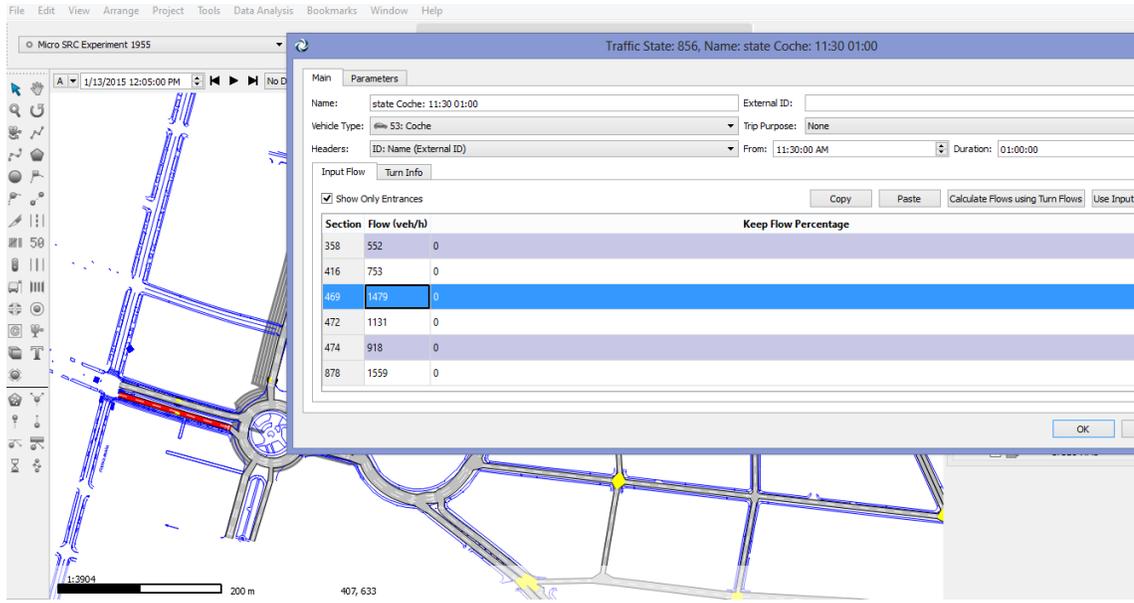


Figura 2.14: Ingreso de Demanda de Tráfico

Fuente: Autor

En este cuadro se llenan los casilleros de las secciones de entrada a la red. A continuación en la pestaña de Información de Giros se ingresan los porcentajes de vehículos que van desde una sección a cada uno de los posibles giros.

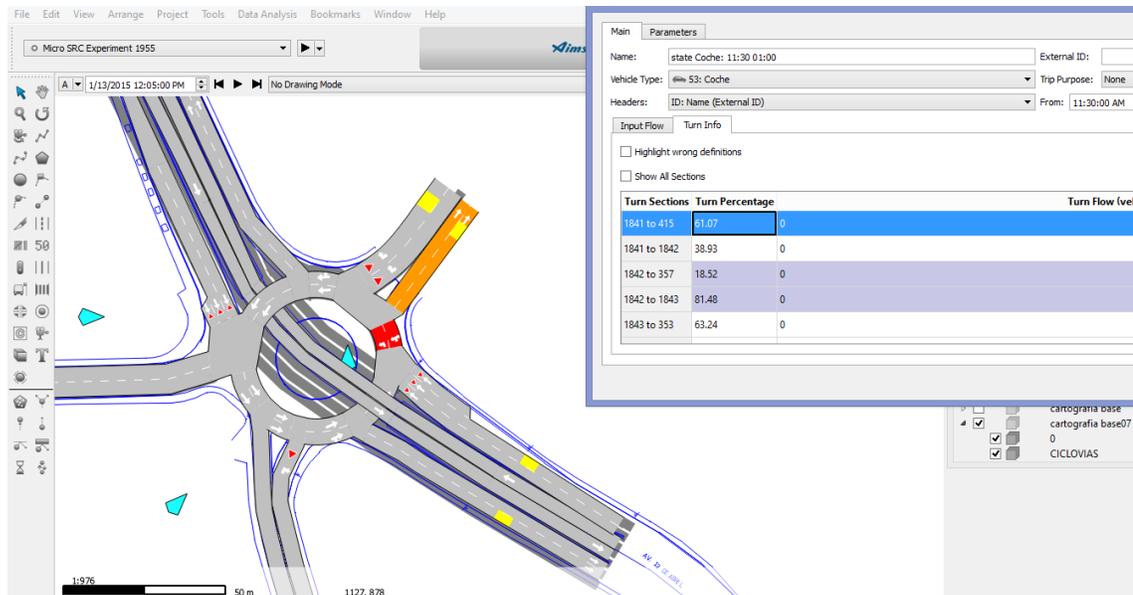


Figura 2.15: Ingreso de Demanda de Porcentajes de Giro

Fuente: Autor

Demanda de Tráfico para Estados

Con el objeto de generar una demanda de tráfico en función a los estados de tráfico que hemos creado, pulsamos botón derecho sobre “Demanda de Trafico” y seleccionamos crear demanda de tráfico. Destacamos que es necesario colocar la hora de inicio: “07H30”, el tiempo de duración: “1 hora”, el tipo: “Estados” y el factor: 100% en el caso de la demanda de hora pico, hecho esto procedemos a “añadir elemento de demanda” y cargamos los estados creados tanto para coches como para buses.

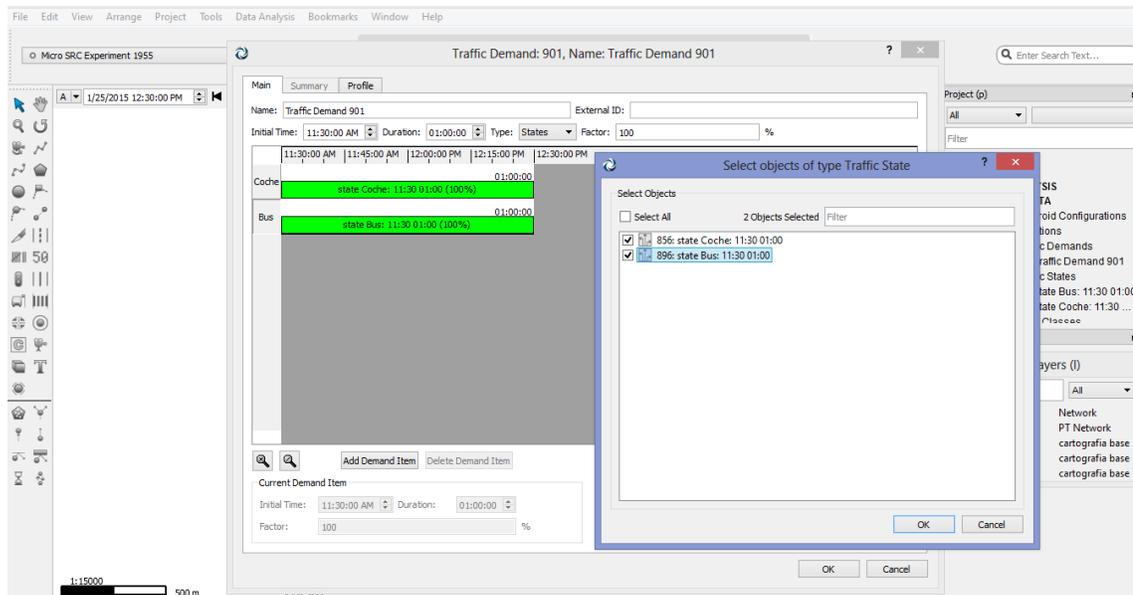


Figura 2.16: Ingreso de Demanda de Tráfico para estados

Fuente: Autor

Transporte Público

El usuario puede optar por hacer que Aimsun considere el Transporte Público. Para ello se requiere la siguiente información:

- Líneas de Transporte Público: un conjunto de secciones que componen la ruta de un bus en particular.

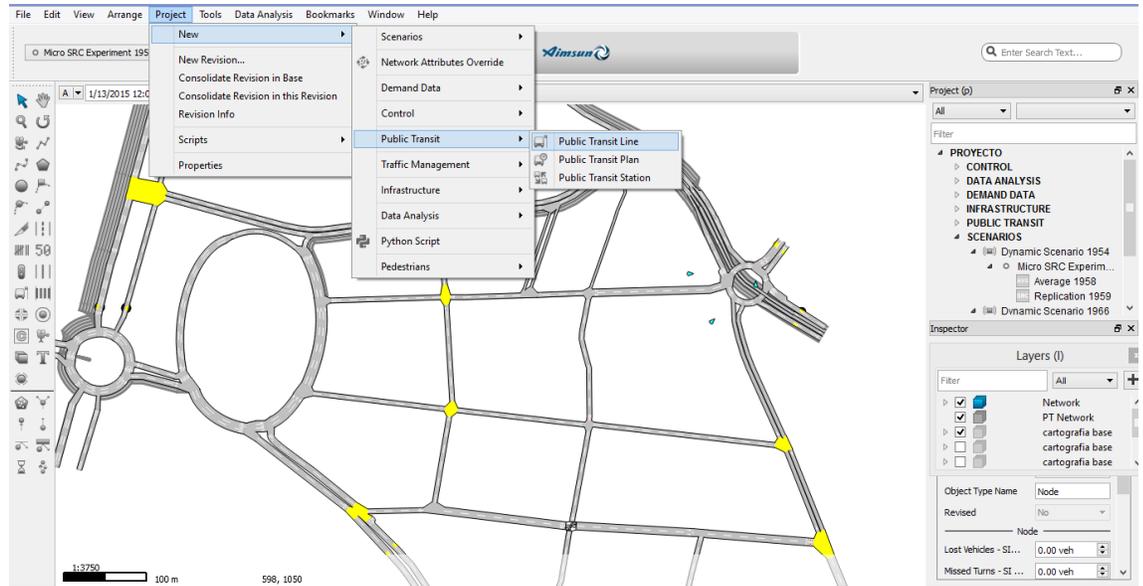


Figura 2.17: Ingreso de Líneas de Transporte Público

Fuente: Autor

- Carriles exclusivos.
- Paradas de Transporte Público: ubicación, longitud y tipo de paradas. Para ello existe una herramienta llamada Crear una Parada de Transporte Público.

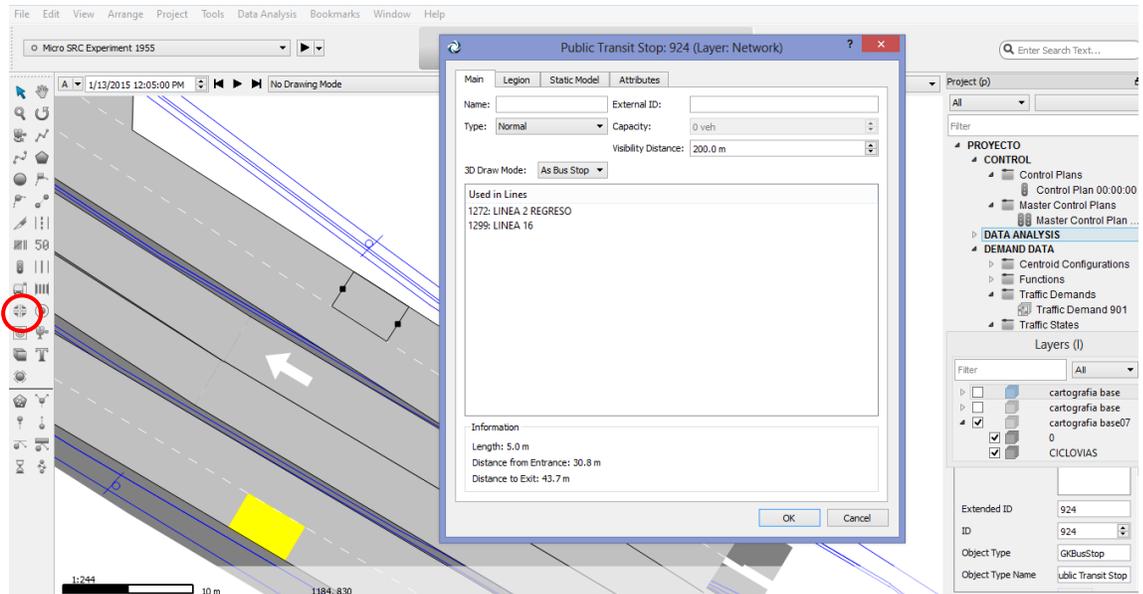


Figura 2.18: Ingreso de Paradas de Bus

Fuente: Autor

- Asignación de Paradas a las Líneas de Transporte Público.

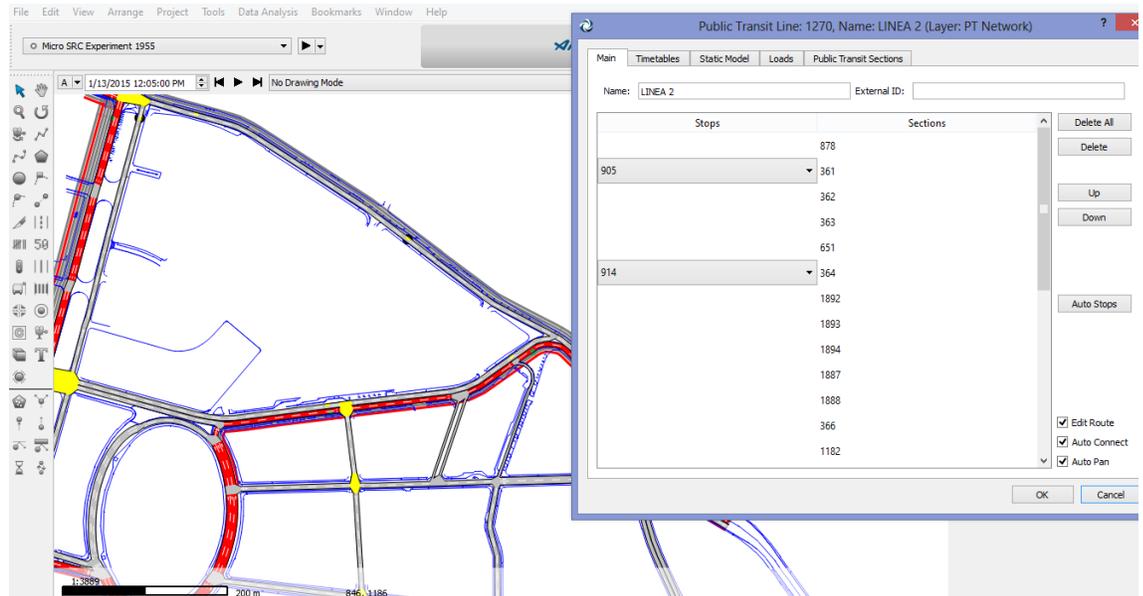


Figura 2.19: Asignación de Paradas de Bus

Fuente: Autor

- Horarios: horario de salidas (ajuste de tiempos y frecuencia), tipo de vehículo, y tiempos de parada para cada una de ellas. Esto se ajusta en la pestaña Horarios.

Plan de Transporte Público

Para cargar a la red de modelación las líneas de transporte público, debemos crear un “Plan de Transporte Público” con la siguiente ruta: Proyecto - Nuevo - Transporte Público - Plan de Transporte público

Al generar el plan de transporte público se agrupan todas las líneas de transporte con el propósito de incluir la influencia del tráfico de buses.

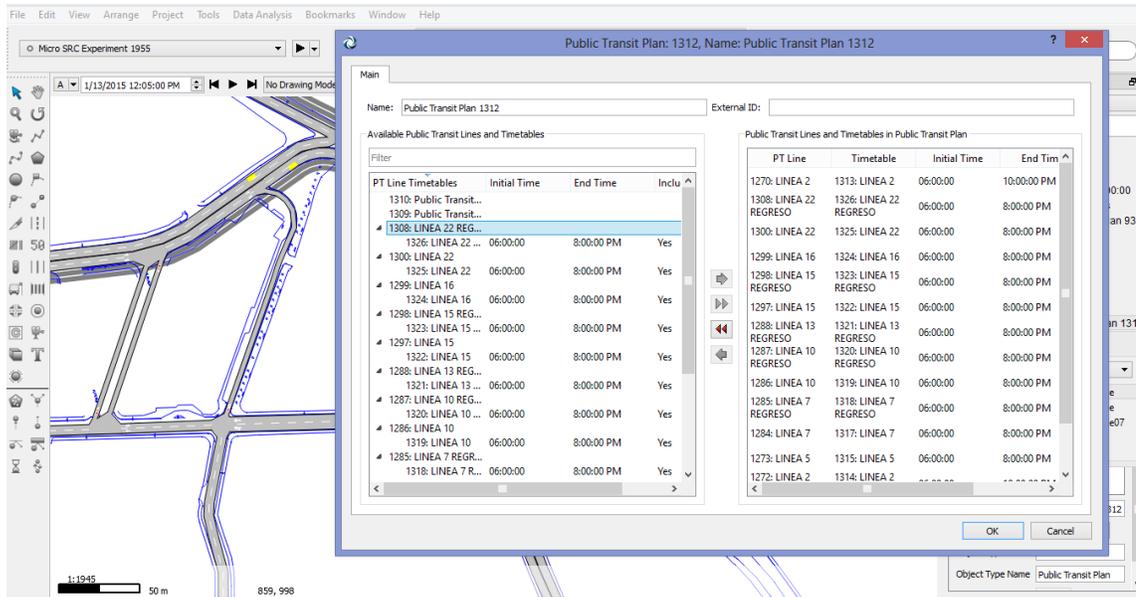


Figura 2.20: Plan de Transporte Público

Fuente: Autor

Control de Tráfico

En primer lugar es necesario agrupar los giros o movimientos permitidos para cada una de las fases semafóricas. Esto se lo realiza dando doble click en la intersección y generando grupos semafóricos.

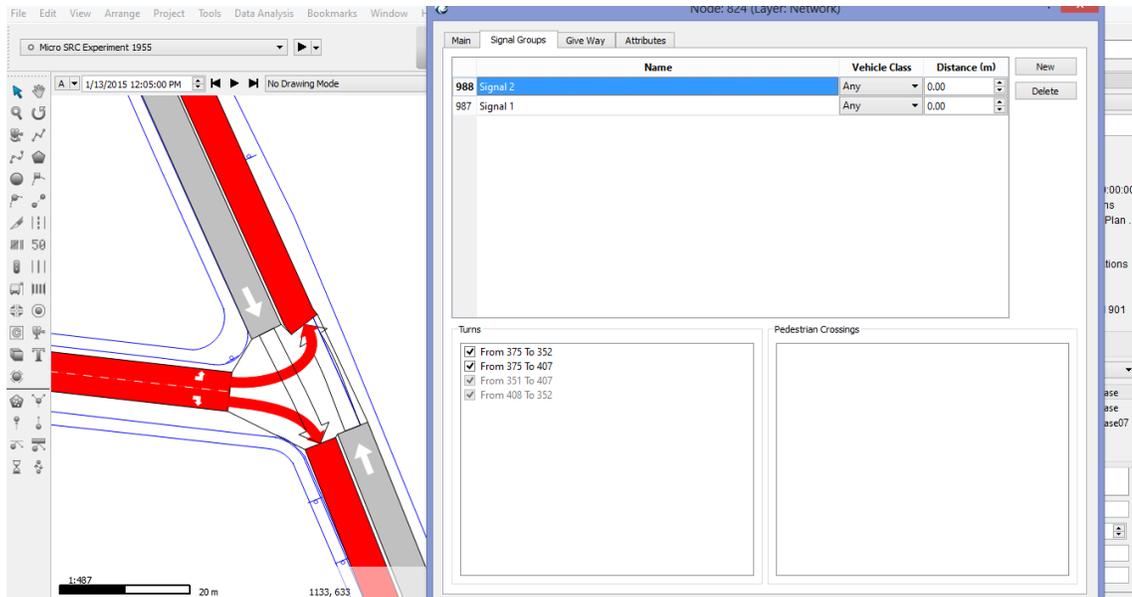


Figura 2.21: Asignación de Grupos Semafóricos

Fuente: Autor

Para generar un Plan de Control se sigue la siguiente ruta: Proyecto - Nuevo – Control - Plan de Control, doble click en la intersección que deseamos y modificamos los datos de entrada.

Este Plan se abarca las intersecciones semaforizadas, y los datos que requiere son: ubicación de las señales, los grupos de señales dentro de los cuales los movimientos de giro están agrupados, la secuencia de fases y, para cada grupo de señales que tengan derecho de vía, el desplazamiento de la intersección y duración de cada fase.

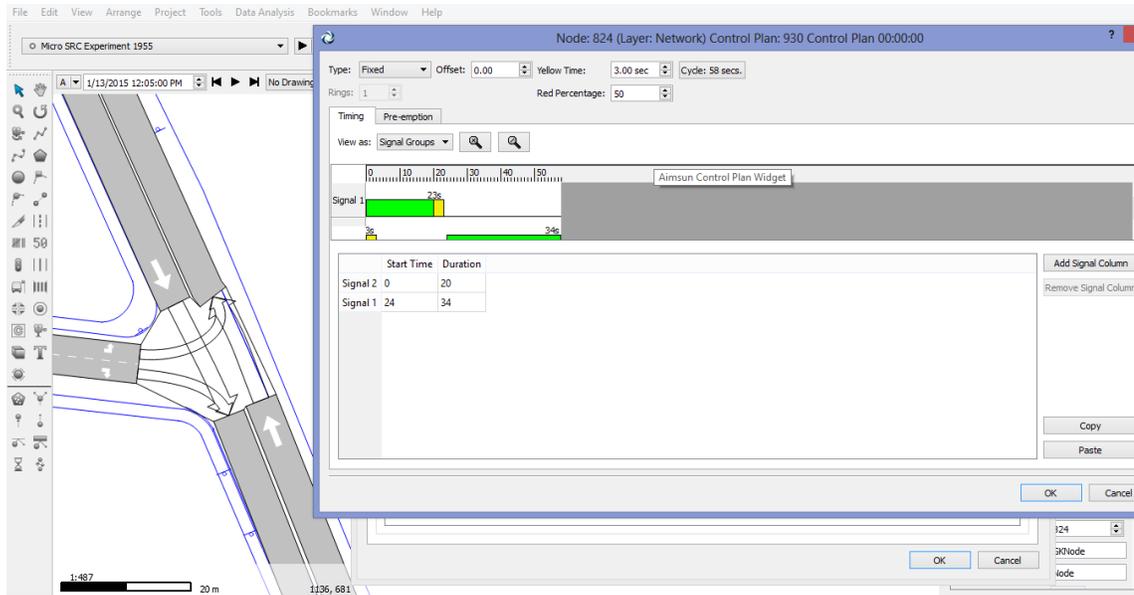


Figura 2.22: Plan de Control

Fuente: Autor

Finalmente se genera un Plan de Control Maestro: Proyecto – Nuevo – Control – Plan de Control Maestro. Una vez creado el plan de control maestro, se procede a cargar el plan de control realizado anteriormente, lo cual se ilustra a continuación.

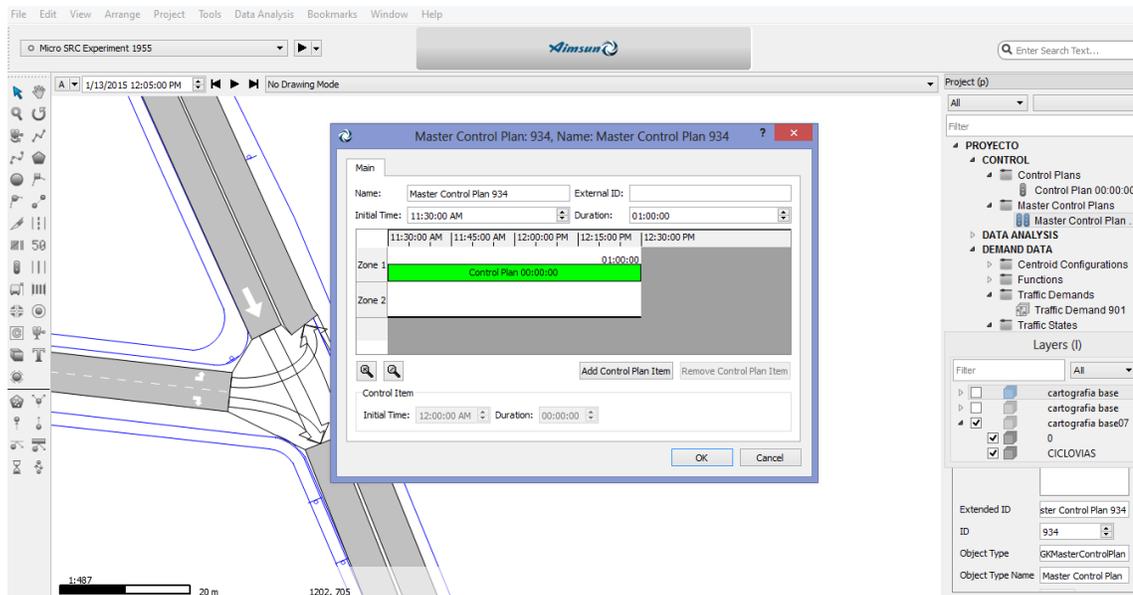


Figura 2.23: Plan de Control Maestro

Fuente: Autor

Escenarios

Una vez que se ha ingresado toda la información, se procede a realizar la modelación propiamente dicha. Para ello se crea un nuevo escenario: Nuevo – Escenario – Escenario Dinámico.

El escenario se utiliza para proporcionar todos los datos de entradas y salidas realizadas en el referente a asignación de tráfico, transporte público, control semafórico, etc.

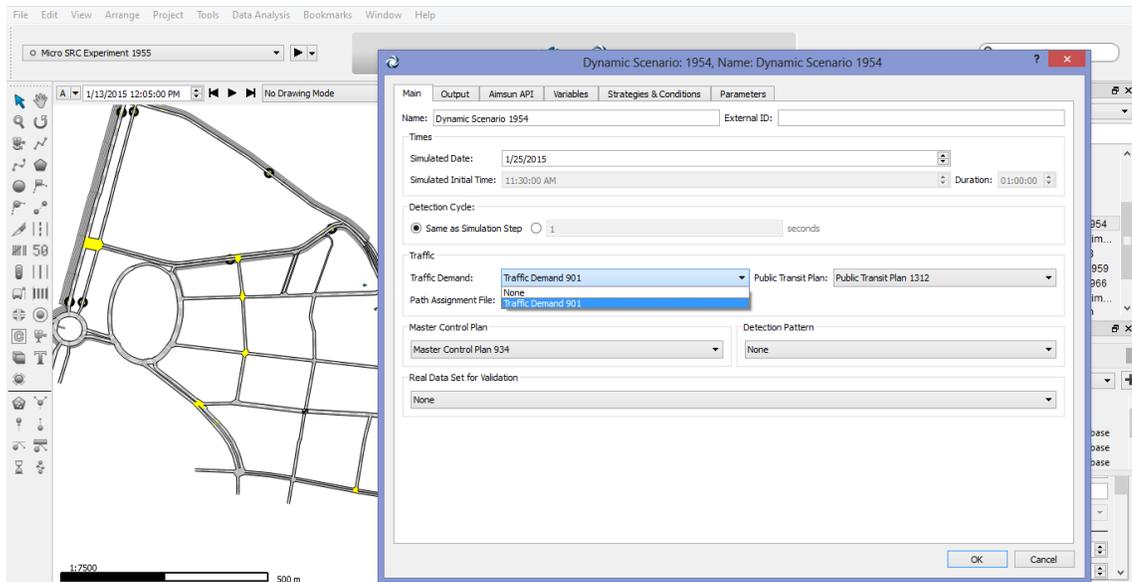


Figura 2.24: Creación de un Escenario Dinámico

Fuente: Autor

2.5 Descripción del estado propuesto

Con el fin de mejorar la movilidad en el redondel José Peralta y la zona del Ejido en general, se ha modelado una propuesta que modifica ciertos aspectos del tránsito del área de estudio.

En primer lugar, se ha visto que la Avenida Paucarbamba es uno de los corredores viales más críticos. Su sección es de 10 metros dividida en dos carriles que tienen sentidos opuestos. Sin embargo debido a la larga cola que se forma, los conductores por lo general convierten el carril Sur-Norte en dos carriles de 2.5 metros de ancho cada uno; mientras en el otro sentido se tiene un carril subutilizado de cinco metros.

Asimismo, en el puente de Todos Santos la salida tiene un ancho de 6.44 m mientras el ancho del acceso es 10.87 m. Si bien la salida debería estar dividida en dos carriles pues su geometría lo permite, los usuarios por lo general solo salen por un carril. Paralelamente, en el acceso se pueden generar tres carriles (como en el caso de la Av. Paucarbamba, subutilizados) cuando en realidad son necesarios solo dos.

Otra área conflictiva es el acceso de la Av. 12 de Abril para los vehículos que vienen desde la Av. Florencia Astudillo. La gran mayoría de los giros realizados por los usuarios son hacia el puente de Todos Santos, pero solo el carril izquierdo permite este giro y ello genera largas colas y demoras. Además, cerca de unirse con el redondel, el acceso tiene un ancho de 9.12 m, pero ese espacio adicional no es aprovechado.

Finalmente, al realizar la simulación se encontró que el semáforo de la intersección de las avenidas Florencia Astudillo y Fray Vicente Solano está generando largas colas y demoras en la Av. Solano, especialmente para aquellos conductores que precisan girar hacia la Av. Florencia Astudillo. El ciclo semafórico en esta intersección está dividido en tres fases: Av. Florencia Astudillo (45 s), Av. Solano giro y recto en sentido N-S (35 s), y Av. Solano en ambos sentidos (30 s). Sin embargo, el flujo de vehículos en la Av. Florencia Astudillo durante el periodo de análisis no amerita una fase tan larga, y esto a su vez genera conflicto en la Av. Solano.

CAPÍTULO III

INFLUENCIA DEL INTERCAMBIADOR

3.1 Determinación de influencia del intercambiador en las avenidas adyacentes.

Tras realizar la modelación, los resultados dejan ver que el funcionamiento del intercambiador es bueno. Se ha llegado a esta conclusión en base a parámetros medidos por el Software tras efectuar la simulación de un escenario dinámico. Los parámetros más importantes e influyentes en el funcionamiento de una vía o de una red vial que se han tomado en cuenta son: velocidad, tiempo de viaje, relación volumen/capacidad, tiempo de demora, densidad y cola máxima.

En base a estos factores se determina el Nivel de Servicio de cada avenida que confluye en el intercambiador José Peralta. Y ellos son:

Velocidad

Tabla 3.1: Velocidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Velocidad Estado Actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	9.58
415	Salida Subida de Todos Santos	36.14
416	Acceso Bajada de Todos Santos	13.11
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	44.51
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	3.86
353	Salida Av. José Peralta	51.07
351	Salida Av. Paucarbamba	38.59
202777	Acceso Av. Paucarbamba	13.87
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	48.27

Fuente: Autor

La velocidad permitida en todas las avenidas circundantes al redondel es 50 Km/h. Basándonos en esta velocidad, se puede observar que las velocidades de las

salidas del redondel se encuentran cercanas a este valor. La única salida con una velocidad un tanto distante de los 50 Km/h es de la subida de Todos Santos.

Estos resultados reflejan la correcta geometría de las salidas y del redondel.

Paralelamente, en los accesos al acercarse a una señal de Ceda el Paso, esta velocidad disminuye. Sin embargo la velocidad en el acceso de la Av. 12 de Abril que viene desde la Av. Florencia Astudillo hacia el redondel es preocupantemente baja. Las demás velocidades de todos los demás accesos son normales y no ameritan mayor atención.

Tiempo de Viaje

Tabla 3.2: Tiempo de Viaje del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Tiempo de viaje (s) Estado Actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	66.84
415	Salida Subida de Todos Santos	4.01
416	Acceso Bajada de Todos Santos	19.57
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	5.33
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	79.79
353	Salida Av. José Peralta	10.59
351	Salida Av. Paucarbamba	19.18
202777	Acceso Av. Paucarbamba	14.08
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	6.27

Fuente: Autor

El tiempo de viaje refleja el tiempo que demora un vehículo en recorrer una sección vial y salir de ella. En la tabla 3.2 se observa que este tiempo es aceptable en todas las secciones viales excepto los accesos de la Av. 12 de Abril al redondel.

Tiempo de Demora

Tabla 3.3: Tiempo de Demora del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Tiempo de demora (s) Estado Actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	61.60
415	Salida Subida de Todos Santos	1.37
416	Acceso Bajada de Todos Santos	17.01
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	1.03
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	75.92
353	Salida Av. José Peralta	0.77
351	Salida Av. Paucarbamba	7.73
202777	Acceso Av. Paucarbamba	12.50
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.77

Fuente: Autor

El tiempo de demora muestra la cantidad de tiempo en exceso que utiliza un vehículo para salir de una sección vial y por ende, la demora que esto causa al conductor. Nuevamente, los datos más preocupantes son los de los accesos de la Av. 12 de Abril al redondel, pues en ambos casos se genera una demora superior a un minuto.

Relación Volumen/Capacidad

Tabla 3.4: Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	relación v/c estado actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	0.37
415	Salida Subida de Todos Santos	0.83
416	Acceso Bajada de Todos Santos	0.49
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	0.17
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	0.49
353	Salida Av. José Peralta	0.52
351	Salida Av. Paucarbamba	0.45
202777	Acceso Av. Paucarbamba	0.54
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.15

Fuente: Autor

La relación v/c es el número de vehículos que circulan por una sección (flujo) versus la cantidad de vehículos que pueden circular por ella (capacidad). A medida que esta relación se acerca a 1, todos los demás factores disminuyen, así como su Nivel de Servicio debido a que la facilidad de circular por la sección vial se ve comprometida.

En este marco, la sección del redondel con mayor complicación es la salida del puente de Todos Santos.

Densidad

Tabla 3.5: Densidad del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Densidad Estado Actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	60.61
415	Salida Subida de Todos Santos	18.59
416	Acceso Bajada de Todos Santos	54.52
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	3.42
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	147.75
353	Salida Av. José Peralta	9.29
351	Salida Av. Paucarbamba	12.54
202777	Acceso Av. Paucarbamba	78.13
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	2.43

Fuente: Autor

Cola Máxima

Tabla 3.6: Cola Máxima del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Cola Máxima (veh) Estado Actual
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	7.00
415	Salida Subida de Todos Santos	0.00
416	Acceso Bajada de Todos Santos	7.00
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	0.00
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	9.00
353	Salida Av. José Peralta	0.00
351	Salida Av. Paucarbamba	7.00
202777	Acceso Av. Paucarbamba	5.00
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.00

Fuente: Autor

La cola máxima en una sección refleja el número máximo de vehículos que esperan en fila para acceder a una intersección. Los datos de la modelación no reflejan conflictos en cuanto a la cola máxima.

Niveles de Servicio

En base a las tablas 1.1 y 3.3 se determinaron los Niveles de Servicio de los accesos, las salidas y del redondel como un todo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.7: Niveles de Servicio del Estado Actual de las avenidas que confluyen en el intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Tiempo de demora (s) Estado Actual	NS actual	Demora Promedio Actual Intersección	NS actual Intersección
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	61.60	F		
415	Salida Subida de Todos Santos	1.37	A		
416	Acceso Bajada de Todos Santos	17.01	C		
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	1.03	A		
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	75.92	F	20.96789899	C
353	Salida Av. José Peralta	0.77	A		
351	Salida Av. Paucarbamba	7.73	A		
202777	Acceso Av. Paucarbamba	12.50	B		
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.77	A		

Fuente: Autor

Como se había recalcado anteriormente, las secciones con mayor conflicto son los accesos al redondel en ambos sentidos de la Av. 12 de Abril. Esto se vuelve a reflejar en el NS_F que presentan ambos accesos.

Las demás secciones están funcionando de manera adecuada, en especial las salidas y eso es de vital importancia puesto que al colapsar una salida, colapsa toda la intersección.

Asimismo el redondel como un todo está funcionando bien, con un NS_C que permite una circulación y maniobrabilidad adecuada.

3.2 Determinación de influencia del intercambiador en las avenidas fuera de su radio de influencia inmediato.

En vista de que se realizó una simulación mesoscópica que incluía un área importante del sector del Ejido, en los resultados finales se han analizado adicionalmente dos intersecciones críticas y las vías que en ellas confluyen. Estas son la intersección de la Avenida Fray Vicente Solano con la Avenida Florencia Astudillo y el redondel de las Avenidas Remigio Crespo y Fray Vicente Solano.

En estas dos intersecciones se han medido los mismos parámetros que en el redondel José Peralta, y los resultados se muestran a continuación.

Velocidad

Tabla 3.8: Velocidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Velocidad Estado Actual
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	33.09
470	Salida Av. Remigio Crespo	49.58
469	Acceso Av. Remigio Crespo	5.52
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	51.19
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redondel	35.40
366	Salida Av. Del Estadio	40.93
367	Acceso Av. Del Estadio	28.63
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	18.87
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	9.47
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	45.60
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	27.71
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	51.93

Fuente: Autor

Tiempo de Viaje

Tabla 3.9: Tiempo de Viaje del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Tiempo de viaje (s) Estado Actual
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	13.06
470	Salida Av. Remigio Crespo	10.69
469	Acceso Av. Remigio Crespo	116.40
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	6.62
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	13.72
366	Salida Av. Del Estadio	5.72
367	Acceso Av. Del Estadio	8.48
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	49.90
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	97.64
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	5.38
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	56.30
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	12.04

Fuente: Autor

Tiempo de Demora

Tabla 3.10: Tiempo de Demora del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	9.23	A
470	Salida Av. Remigio Crespo	1.02	A
469	Acceso Av. Remigio Crespo	110.58	F
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.54	A
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	7.43	A
366	Salida Av. Del Estadio	1.63	A
367	Acceso Av. Del Estadio	5.83	A
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	41.59	E
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	91.43	F
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.96	A
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	35.04	E
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.63	A

Fuente: Autor

Relación Volumen/Capacidad

Tabla 3.11: Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	relación v/c estado actual
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	0.46
470	Salida Av. Remigio Crespo	0.46
469	Acceso Av. Remigio Crespo	0.76
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.58
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	0.45
366	Salida Av. Del Estadio	0.56
367	Acceso Av. Del Estadio	0.28
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	0.29
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	0.55
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.33
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	0.24
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.35

Fuente: Autor

Densidad

Tabla 3.12: Densidad del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Densidad Estado Actual
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	20.31
470	Salida Av. Remigio Crespo	8.30
469	Acceso Av. Remigio Crespo	147.08
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	10.32
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	16.34
366	Salida Av. Del Estadio	12.82
367	Acceso Av. Del Estadio	12.47
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	23.16
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	144.07
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	6.63
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	10.15
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	5.20

Fuente: Autor

Cola Máxima

Tabla 3.13: Cola Máxima del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Cola Máxima (veh) Estado Actual
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	5.00
470	Salida Av. Remigio Crespo	0.00
469	Acceso Av. Remigio Crespo	28.00
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.00
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	5.00
366	Salida Av. Del Estadio	3.00
367	Acceso Av. Del Estadio	3.00
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	11.00
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	18.00
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.00
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	8.00
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.00

Fuente: Autor

Nivel de Servicio

Tabla 3.14: Niveles de Servicio del Estado Actual de las avenidas fuera del radio de influencia inmediato del intercambiador José Peralta

Sección	Descripción	Tiempo de demora (s) Estado Actual	NS actual	Demora Promedio Actual Intersección	NS actual Intersección
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	9.23	A		
470	Salida Av. Remigio Crespo	1.02	A		
469	Acceso Av. Remigio Crespo	110.58	F		
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.54	A	25.0587016	D
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	7.43	A		
366	Salida Av. Del Estadio	1.63	A		
367	Acceso Av. Del Estadio	5.83	A		
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	41.59	E		
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	91.43	F		
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.96	A		
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	35.04	E		
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.63	A	77.70766653	F
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	9.23	A		
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	41.59	E		

Fuente: Autor

Dentro de las vías que se analizaron que no están en el área de influencia inmediata del intercambiador observamos que las tres secciones en peor estado de tránsito son el tramo de la Avenida Solano entre la Av. 12 de Abril y el Sindicato de Choferes, el tramo de la Avenida Remigio Crespo desde la Avenida Federico Proaño hasta el redondel con la Avenida Solano, y el tramo de la Avenida Florencia Astudillo desde el Parque de la Madre hasta la Avenida Solano.

En el caso de las dos primeras, el problema se da por el elevado número de vehículos que circulan por ellas. Es tan elevado que las colas máximas son 18 y 28 vehículos; y las demoras son 110.58 y 91.43 segundos respectivamente. Es decir, por la alta demanda de circulación de estas vías, se puede llegar a perder hasta cerca de dos minutos en estas intersecciones.

3.3 Propuestas realizadas

En vista de los resultados obtenidos que se presentaron previamente, a la red vial del estudio se le realizaron cuatro cambios puntuales que consisten en lo siguiente:

1. Creación de tres carriles en la Av. Paucarbamba: La Avenida Paucarbamba tiene un ancho de sección de 10 metros, pero solo dos carriles. Sin embargo, se ha constatado que en muchos casos el carril que va en sentido Sur – Norte es utilizado por dos vehículos de manera simultánea. Por ello, la propuesta consiste en generar dos carriles en este sentido y uno que sirva de salida del redondel, todos con una sección de 3.30 metros.
2. Ampliación de la salida del puente de Todos Santos: actualmente el ancho del acceso del puente es considerablemente superior al de la salida y los vehículos no utilizan los dos carriles existentes para salir. Debido a este problema, el cambio sugerido es balancear mejor los anchos del acceso y la salida de manera que el acceso tenga un ancho de 8.90 metros y la salida 8.70 metros.
3. Ampliación del acceso de la Avenida 12 de Abril que viene desde la Avenida Florencia Astudillo: en vista de que este acceso es uno de los que peor está funcionando, la sugerencia es generar un tercer carril invadiendo en 80 centímetros el espacio de vereda y vegetación del edificio Paseo del Puente por una longitud de 55 metros. De esta manera se gana un carril en el acceso y por ende mejora la capacidad del mismo. Los vehículos que accedan al redondel a través de este carril pueden girar hacia la Av. José Peralta o hacia la Av. Paucarbamba, mientras que los dos carriles izquierdos pueden girar hacia el puente de Todos Santos que es el giro más realizado por los conductores en la intersección.
4. Reducir el tiempo de verde para la Avenida Florencia Astudillo: en el semáforo de la intersección de las Avenidas Fray Vicente Solano y Florencia Astudillo el tiempo de verde para esta última es de 45 segundos, pero este tiempo es elevado. Si ese tiempo se reduce de a 40, los vehículos que circulan por la Avenida Solano no tendrán que esperar tanto tiempo para circular libremente, y el congestionamiento en este punto será menor.

Tras implementar las anteriores modificaciones, los resultados de la modelación y su comparación con los resultados del estado actual se muestran a continuación:

Velocidad

Tabla 3.15: Comparación de la Velocidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red

Sección	Descripción	Velocidad Estado Actual	Velocidad Estado Modificado	Diferencia	Porcentaje
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	9.58	28.96	19.38	202.30%
415	Salida Subida de Todos Santos	36.14	39.26	3.12	8.63%
416	Acceso Bajada de Todos Santos	13.11	12.29	-0.82	-6.25%
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	44.51	44.14	-0.37	-0.83%
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	3.86	7.06	3.2	82.90%
353	Salida Av. José Peralta	51.07	51.31	0.24	0.47%
351	Salida Av. Paucarbamba	38.59	35.53	-3.06	-7.93%
202777	Acceso Av. Paucarbamba	13.87	14.69	0.82	5.91%
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	48.27	47.97	-0.3	-0.62%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	33.09	32.74	-0.35	-1.06%
470	Salida Av. Remigio Crespo	49.58	49.75	0.17	0.34%
469	Acceso Av. Remigio Crespo	5.52	5.19	-0.33	-5.98%
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	51.19	51.53	0.34	0.66%
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redondel	35.40	36.11	0.71	2.01%
366	Salida Av. Del Estadio	40.93	41.67	0.74	1.81%
367	Acceso Av. Del Estadio	28.63	29.32	0.69	2.41%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	18.87	19.44	0.57	3.02%
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	9.47	16.23	6.76	71.38%
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	45.60	45.95	0.35	0.77%
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	27.71	29.07	1.36	4.91%
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	51.93	52.06	0.13	0.25%

Fuente: Autor

Tras los cambios en la red el incremento en la velocidad es evidente, especialmente en los tramos más críticos que eran los accesos al redondel José Peralta desde ambos sentidos de la Av. 12 de Abril y el tramo de la Av. Fray Vicente Solano que va desde la Av. 12 de Abril hasta la intersección con la Av. Florencia Astudillo.

Todos estos tramos incrementaron sus velocidades en al menos un 71.38%, lo que quiere decir que al menos en cuanto a velocidades, los cambios fueron un éxito.

Cabe también recalcar que el acceso de la Avenida Paucarbamba que previo al análisis se consideraba uno de los más conflictivos también aumentó su velocidad en un 5.91 %, lo que indica que la ampliación de los carriles dio frutos.

Si bien es cierto, la salida hacia la Avenida Paucarbamba sufrió una disminución en su velocidad, esta es mínima y comparada con el beneficio causado en el acceso, es un sacrificio necesario y conveniente.

Tiempo de viaje

Tabla 3.16: Comparación del Tiempo de Viaje del Estado Actual y del Estado Modificado de la red

Sección	Descripción	Tiempo de viaje (s) Estado Actual	Tiempo de viaje (s) Estado Modificado	Diferencia	Porcentaje
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	66.84	16.46	50.38	75.37%
415	Salida Subida de Todos Santos	4.01	3.76	0.25	6.23%
416	Acceso Bajada de Todos Santos	19.57	25.61	-6.04	-30.86%
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	5.33	5.37	-0.04	-0.75%
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	79.79	57.69	22.1	27.70%
353	Salida Av. José Peralta	10.59	10.53	0.06	0.57%
351	Salida Av. Paucarbamba	19.18	21.20	-2.02	-10.53%
202777	Acceso Av. Paucarbamba	14.08	12.09	1.99	14.13%
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	6.27	6.32	-0.05	-0.80%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	13.06	12.64	0.42	3.22%
470	Salida Av. Remigio Crespo	10.69	10.65	0.04	0.37%
469	Acceso Av. Remigio Crespo	116.40	123.18	-6.78	-5.82%
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	6.62	6.57	0.05	0.76%
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	13.72	13.07	0.65	4.74%
366	Salida Av. Del Estadio	5.72	5.51	0.21	3.67%
367	Acceso Av. Del Estadio	8.48	7.80	0.68	8.02%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	49.90	48.63	1.27	2.55%
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	97.64	57.81	39.83	40.79%
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	5.38	5.35	0.03	0.56%
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	56.30	54.41	1.89	3.36%
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	12.04	12.00	0.04	0.33%

Fuente: Autor

En cuanto al tiempo de viaje, el objetivo era reducir el tiempo que emplea un vehículo en recorrer un tramo de vía. En este caso nuevamente se observa que los cambios fueron fructíferos pues en general los tiempos han sido reducidos.

Las mayores reducciones se han dado en las mismas secciones en que aumentó la velocidad, y las secciones en las que el tiempo de viaje aumenta, el mismo lo hace de manera casi imperceptible.

Tiempo de Demora

Tabla 3.17: Comparación del Tiempo de Demora del Estado Actual y del Estado

Modificado de la red

Sección	Descripción	Tiempo de demora (s) Estado Actual	Tiempo de demora (s) Estado Propuesto	Diferencia	Porcentaje
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	61.60	15.60	46	74.68%
415	Salida Subida de Todos Santos	1.37	1.08	0.29	21.17%
416	Acceso Bajada de Todos Santos	17.01	23.04	-6.03	-35.45%
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	1.03	1.03	0	0.00%
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	75.92	53.47	22.45	29.57%
353	Salida Av. José Peralta	0.77	0.71	0.06	7.79%
351	Salida Av. Paucarbamba	7.73	9.52	-1.79	-23.16%
202777	Acceso Av. Paucarbamba	12.50	10.65	1.85	14.80%
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.77	0.81	-0.04	-5.19%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	9.23	7.50	1.73	18.74%
470	Salida Av. Remigio Crespo	1.02	1.01	0.01	0.98%
469	Acceso Av. Remigio Crespo	110.58	111.96	-1.38	-1.25%
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.54	0.42	0.12	22.22%
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redondel	7.43	6.78	0.65	8.75%
366	Salida Av. Del Estadio	1.63	1.42	0.21	12.88%
367	Acceso Av. Del Estadio	5.83	4.68	1.15	19.73%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	41.59	37.33	4.26	10.24%
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	91.43	49.58	41.85	45.77%
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.96	0.93	0.03	3.12%
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	35.04	31.21	3.83	10.93%
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.63	0.63	0	0.00%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	9.23	7.50	0.48	5.83%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	41.59	37.33	2.54	6.42%

Fuente: Autor

El tiempo de viaje y el tiempo de demora van de la mano, por ello no es sorprendente ver que los porcentajes en los que ambos varían son similares. En términos generales se logró reducir significativamente las demoras.

Un punto donde se pensó que la demora iba a incrementar debido al cambio de las fases semafóricas de la intersección era la de la Avenida Florencia Astudillo. Sin embargo, esta demora se mantiene casi invariable tras las modificaciones.

Relación Volumen/Capacidad

Tabla 3.18: Comparación de la Relación Volumen/Capacidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red

Sección	Descripción	relación v/c estado actual	relación v/c Estado Modificado	Diferencia	Porcentaje
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	0.37	0.31	-0.06	-16.22%
415	Salida Subida de Todos Santos	0.83	0.86	0.03	3.61%
416	Acceso Bajada de Todos Santos	0.49	0.46	-0.03	-6.12%
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	0.17	0.17	0	0.00%
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	0.49	0.54	0.05	10.20%
353	Salida Av. José Peralta	0.52	0.49	-0.03	-5.77%
351	Salida Av. Paucarbamba	0.45	0.47	0.02	4.44%
202777	Acceso Av. Paucarbamba	0.54	0.52	-0.02	-3.70%
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.15	0.14	-0.01	-6.67%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	0.46	0.48	0.02	4.35%
470	Salida Av. Remigio Crespo	0.46	0.45	-0.01	-2.17%
469	Acceso Av. Remigio Crespo	0.76	0.71	-0.05	-6.58%
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.58	0.57	-0.01	-1.72%
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	0.45	0.45	0	0.00%
366	Salida Av. Del Estadio	0.56	0.54	-0.02	-3.57%
367	Acceso Av. Del Estadio	0.28	0.26	-0.02	-7.14%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	0.29	0.28	-0.01	-3.45%
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	0.55	0.61	0.06	10.91%
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.33	0.31	-0.02	-6.06%
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	0.24	0.24	0	0.00%
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.35	0.39	0.04	11.43%

Fuente: Autor

En vista de que se mejoraron las condiciones geométricas de algunos accesos y salidas, aumentando su capacidad, era de esperar que el acceso de la Av. Paucarbamba mejore su relación Volumen /Capacidad. Otras secciones donde se mejoró esta relación fueron los accesos del puente de Todos Santos y de la Av. 12 de Abril (Vergel – Redondel).

Esta relación mejoró en general en ambos redondeles, pero en la intersección de las Avenidas Solano y Florencia Astudillo ella empeoró. Esto sin embargo no conlleva consecuencias adversas en el funcionamiento de la red.

Densidad

Tabla 3.19: Comparación de la Densidad del Estado Actual y del Estado Modificado de la red

Sección	Descripción	Densidad Estado Actual	Densidad Estado Modificado	Diferencia	Porcentaje
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	60.61	86.83	-26.22	-43.26%
415	Salida Subida de Todos Santos	18.59	17.72	0.87	4.68%
416	Acceso Bajada de Todos Santos	54.52	68.61	-14.09	-25.84%
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	3.42	3.41	0.01	0.29%
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	147.75	98.17	49.58	33.56%
353	Salida Av. José Peralta	9.29	8.71	0.58	6.24%
351	Salida Av. Paucarbamba	12.54	14.22	-1.68	-13.40%
202777	Acceso Av. Paucarbamba	78.13	73.54	4.59	5.87%
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	2.43	2.36	0.07	2.88%
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	20.31	20.59	-0.28	-1.38%
470	Salida Av. Remigio Crespo	8.30	8.21	0.09	1.08%
469	Acceso Av. Remigio Crespo	147.08	146.24	0.84	0.57%
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	10.32	10.09	0.23	2.23%
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	16.34	15.56	0.78	4.77%
366	Salida Av. Del Estadio	12.82	12.04	0.78	6.08%
367	Acceso Av. Del Estadio	12.47	10.78	1.69	13.55%
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	23.16	21.88	1.28	5.53%
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	144.07	94.22	49.85	34.60%
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	6.63	6.30	0.33	4.98%
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	10.15	9.98	0.17	1.67%
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	5.20	6.82	-1.62	-31.15%

Fuente: Autor

La densidad fue el parámetro analizado con menores mejoras, sin embargo, se lograron reducciones considerables de densidad en el acceso de la Av. Paucarbamba y el Acceso de la Av. 12 de Abril junto al edificio Paseo del Puente.

El rápido flujo de vehículos en la Avenida Solano también produjo que su densidad disminuya, al tiempo que la densidad en las avenidas que confluyen en el redondel de la Avenida Remigio Crespo y Avenida Solano casi no sufrió variaciones.

Cola Máxima

Tabla 3.20: Comparación de la Cola Máxima del Estado Actual y del Estado

Modificado de la red

Descripción	Cola Máxima (veh) Estado Actual	Cola Máxima (veh) Estado Actual	Diferencia	Porcentaje
Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	7.00	2.00	-5	-71.43%
Salida Subida de Todos Santos	0.00	0.00	0	
Acceso Bajada de Todos Santos	7.00	8.00	1	14.29%
Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	0.00	0.00	0	
Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	9.00	9.00	0	0.00%
Salida Av. José Peralta	0.00	0.00	0	
Salida Av. Paucarbamba	7.00	8.00	1	14.29%
Acceso Av. Paucarbamba	5.00	5.00	0	0.00%
Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	0.00	0.00	0	
Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	5.00	5.00	0	0.00%
Salida Av. Remigio Crespo	0.00	0.00	0	
Acceso Av. Remigio Crespo	28.00	28.00	0	0.00%
Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	0.00	0.00	0	
Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redonde	5.00	5.00	0	0.00%
Salida Av. Del Estadio	3.00	1.00	-2	-66.67%
Acceso Av. Del Estadio	3.00	4.00	1	33.33%
Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	11.00	11.00	0	0.00%
		17.00		
Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	18.00	18.00	0	0.00%
Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	0.00	0.00	0	
Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	8.00	8.00	0	0.00%
Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	0.00	0.00	0	

Fuente: Autor

Con los cambios realizados, uno de los mayores logros fue reducir las longitudes de cola en dos secciones analizadas, aunque ella aumente en otras tres. Sin embargo, como ya se ha descrito, las secciones más críticas se han visto más beneficiadas en tanto que las secciones donde no había conflictos están funcionando aún sin dificultades.

Niveles de Servicio

El último parámetro a analizar y el más concluyente de todos es el Nivel de Servicio de cada sección. Para ello se comparan los Niveles de Servicio del estado actual con los del estado modificado tanto de las secciones como de las intersecciones.

Tabla 3.20: Comparación de los Niveles de Servicio del Estado Actual y del Estado Modificado de la red

Sección	Descripción	NS actual	NS propuesta	Demora Promedio Actual Intersección	Demora Promedio Propuesta Intersección	NS actual Intersección	NS propuesto Intersección
358	Acceso 12 de Abril (Vergel - Redondel)	F	C				
415	Salida Subida de Todos Santos	A	A				
416	Acceso Bajada de Todos Santos	C	C				
357	Salida 12 de Abril (Redondel - Hospital Militar)	A	A				
356	Acceso 12 de Abril (F. Astudillo - Redondel)	F	F	20.96789899	14.65573319	C	B
353	Salida Av. José Peralta	A	A				
351	Salida Av. Paucarbamba	A	A				
202777	Acceso Av. Paucarbamba	B	B				
359	Salida 12 de Abril (Redondel - Vergel)	A	A				
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	A	A				
470	Salida Av. Remigio Crespo	A	A				
469	Acceso Av. Remigio Crespo	F	F				
471	Salida Av. Solano Redondel - Virgen de Bronce	A	A	25.0587016	23.62629055	D	C
472	Acceso Av. Solano Virgen de Bronce - Redondel	A	A				
366	Salida Av. Del Estadio	A	A				
367	Acceso Av. Del Estadio	A	A				
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	E	E				
363	Av. Solano junto a Sindicato de Choferes	F	E				
379	Av. Solano frente a Sindicato de Choferes	A	A				
388	Florencia Astudillo P. Madre - Sindicato	E	D				
382	Florencia Astudillo Sindicato - P. Madre	A	A	77.70766653	49.682497	F	E
364	Acceso Av. Solano Benigno Malo - Redondel	A	A				
378	Salida Av. Solano Redondel - Benigno Malo	E	E				

Fuente: Autor

Por lo tanto, el redondel José Peralta pasó de un NS_C a un NS_B; el redondel que une las avenidas Remigio Crespo y Fray Vicente Solano pasó de NS_D a NS_C; y la intersección de las avenidas Fray Vicente Solano y Florencia Astudillo pasó de NS_F a NS_E.

De esta manera podemos concluir que los cambios han sido exitosos pues contribuyeron a mejorar los más importantes parámetros de tránsito en el área de análisis.

CAPÍTULO IV

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 Dimensionamiento

En base a los resultados de las modelaciones realizadas en Aimsun 8.0.3 pudimos en primer lugar comprender cómo está funcionando el intercambiador de tránsito José Peralta y cómo está influyendo sobre sus vías circundantes. Y en segundo lugar realizamos una comparación de cómo funcionaría si se implementaran cuatro cambios en el área de estudio.

En vista de que estos cambios generaron resultados positivos, se detallará con mayor precisión cada una de ellas.

1. Creación de tres carriles en la Av. Paucarbamba

Esta propuesta consiste en mejorar una situación que ya se está dando pero de manera inadecuada, que es el uso de dos carriles como acceso de la Av. Paucarbamba al redondel.

El problema es que ahora esto está pasando dentro de un carril de cinco metros de ancho que no es suficiente para albergar dos automóviles cómodamente. Por ello se plantea generar dos carriles para el sentido Sur – Norte de 3.30 m cada uno, y un carril en sentido Norte – Sur de 3.30 m.

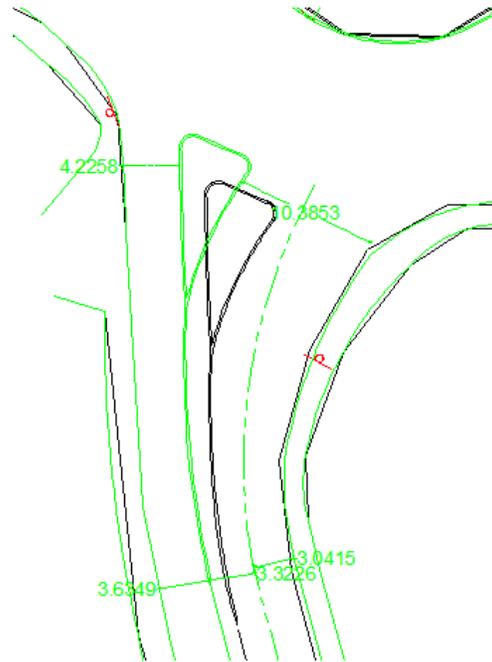


Figura 4.1: Reformas en avenida Paucarbamba

Fuente: Autor

2. Ampliación de la salida del puente de Todos Santos

En la actualidad los espacios de la salida y el acceso del puente de Todos Santos no están compensados. El ancho del acceso es excesivo, mientras el ancho de la salida si bien no es bajo, si creciera, mejoraría las condiciones generales del redondel.

La propuesta consiste en reducir el ancho del acceso de 10.87 m a 8.92 m y ampliar la salida de 6.44 m a 8.72 m.

De esta forma, acceso y salida quedan con anchos similares, y como se observó en la modelación, el beneficio en la salida es considerable, mientras el funcionamiento del acceso no se ve afectado.

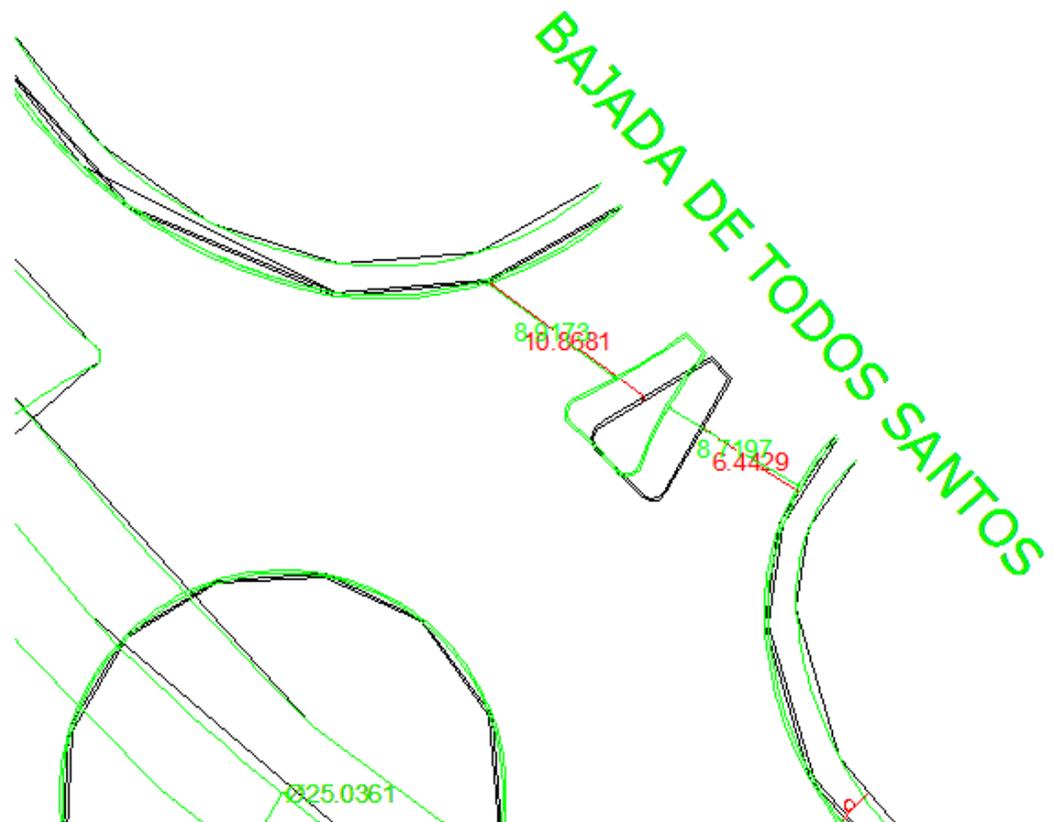


Figura 4.2: Reformas en puente de Todos Santos

Fuente: Autor

3. Ampliación del acceso de la Avenida 12 de Abril que viene desde la Avenida Florencia Astudillo

Esta modificación requiere la apropiación de un espacio de 80 centímetros de vereda junto al edificio Paseo del Puente. Al ampliar la calzada estos 80 cm por una longitud de 55 metros.

Con este cambio se puede generar un nuevo carril para el acceso para que este abarque exclusivamente los giros hacia las Avenidas José Peralta y Paucarbamba, así como la opción de continuar en la Avenida 12 de Abril pero sobre el paso deprimido.

En el conteo vehicular se observó que el giro que va desde este acceso hacia el puente de Todos Santos tiene la mayor demanda de toda la intersección. Por ello

esta propuesta combinada con la ampliación de la salida al puente, permitirá que los dos carriles actuales del acceso giren hacia Todos Santos sin complicación.

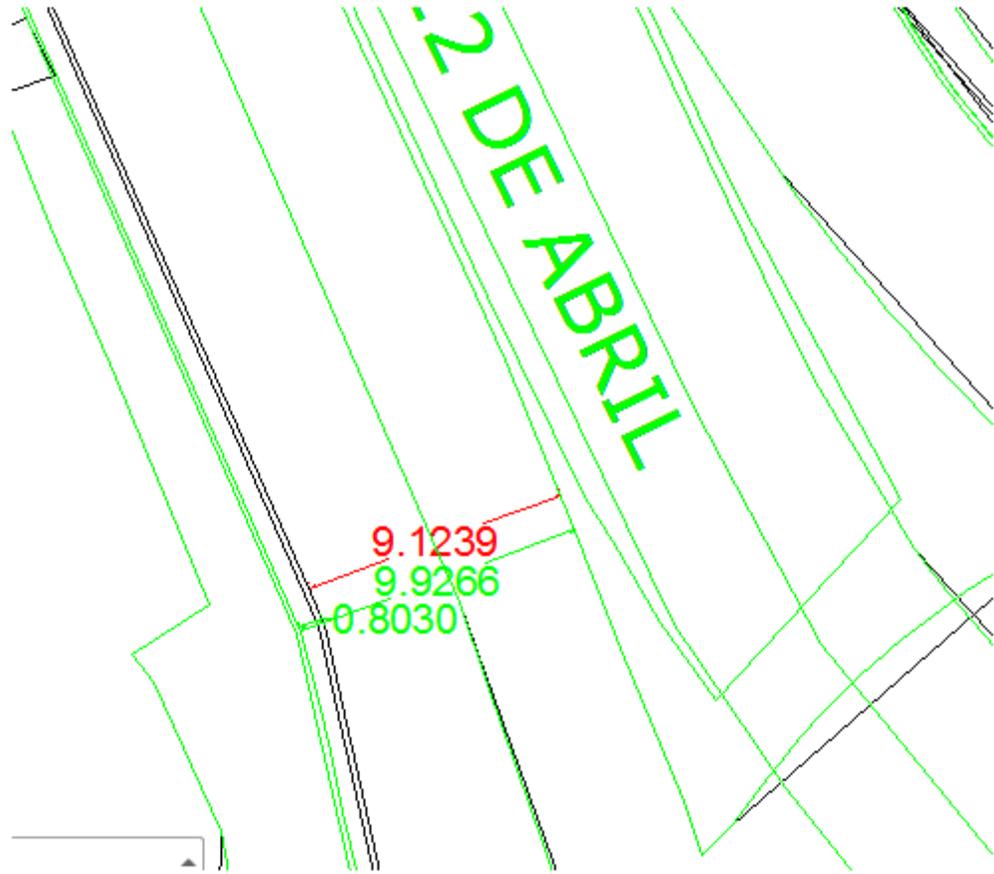


Figura 4.3: Reformas en avenida 12 de Abril

Fuente: Autor

4. Reducir el tiempo de verde para la Avenida Florencia Astudillo

La propuesta final no se enfoca en reformas geométricas, sino en el cambio de un ciclo semafórico. Actualmente el semáforo de la intersección otorga un tiempo muy elevado de verde a la Avenida Florencia Astudillo (45 segundos), y esto genera colas y congestión en la Avenida Solano.

En la modelación se observó que una simple reducción de 5 segundos a este tiempo de verde mejoraría sustancialmente la circulación en la Av. Solano. Por ende, esta sugerencia consiste en revisar el ciclo semafórico de la intersección durante el periodo de análisis.

4.2 Presupuesto Económico

Análisis de Precios Unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REMOCIÓN DE VEGETACIÓN (EXCAVACIÓN MANUAL)

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.438	1.000	0.438
SUBTOTAL EQUIPOS						0.438

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	1.250	3.996
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	1.250	4.767
SUBTOTAL MANO DE OBRA						8.763

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	21.624	3.500	75.684
SUBTOTAL TRANSPORTE					75.684

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		84.885
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	17.826
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		102.711
VALOR OFERTADO		102.711

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REMOCIÓN DE ÁRBOL

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	5.473	3.000	16.419
1111	RETROEXCAVADORA	1.000	27.000	3.375	3.000	10.125
SUBTOTAL EQUIPOS						26.544

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	5.000	3.197	15.985	3.000	47.955
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	3.000	11.441
51	Licencia TIPO E	1.000	4.784	4.784	3.000	14.352
4	Ayudante Op. Eq. Liviano	1.000	2.841	2.841	3.000	8.522
13	Albañil	2.000	3.399	6.797	4.000	27.188
SUBTOTAL MANO DE OBRA						109.458

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	8.000	3.500	28.000
1126	Sobrecarreo	m3/km	8.000	2.000	16.000
SUBTOTAL TRANSPORTE					44.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		180.001
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	37.800
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		217.802
VALOR OFERTADO		217.802

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: REMOCIÓN DE ADOQUÍN
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.438	1.000	0.438
175	MARTILLO ROMPEDOR BOSH ELECTRICO	1.000	38.000	4.750	0.750	3.563
SUBTOTAL EQUIPOS						4.001

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	1.250	3.996
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	1.250	4.767
SUBTOTAL MANO DE OBRA						8.763

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	6.281	3.500	21.984
SUBTOTAL TRANSPORTE					21.984

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		34.747
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	7.297
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		42.044
VALOR OFERTADO		42.044

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REMOCIÓN DE PASAMANOS DE SEGURIDAD

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	1.005	1.000	1.005
272	AMOLADORA DW849-7/9" 3000RPH	1.000	244.080	30.510	0.750	22.883
SUBTOTAL EQUIPOS						23.888

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	3.000	3.197	9.591	1.500	14.387
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	1.500	5.720
SUBTOTAL MANO DE OBRA						20.107

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	29.682	3.500	103.887
SUBTOTAL TRANSPORTE					103.887

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		147.882
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	31.055
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		178.937
VALOR OFERTADO		178.937

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: DEMOLICIÓN DE VEREDAS
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.438	1.000	0.438
175	MARTILLO ROMPEDOR BOSH ELECTRICO	1.000	38.000	4.750	0.750	3.563
SUBTOTAL EQUIPOS						4.001

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	1.250	3.996
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	1.250	4.767
SUBTOTAL MANO DE OBRA						8.763

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	11.000	3.500	38.500
SUBTOTAL TRANSPORTE					38.500

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		51.264
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	10.765
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		62.029
VALOR OFERTADO		62.029

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: DEMOLICIÓN DE BORDILLOS
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.438	1.000	0.438
175	MARTILLO ROMPEDOR BOSH ELECTRICO	1.000	38.000	4.750	0.750	3.563
SUBTOTAL EQUIPOS						4.001

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	1.250	3.996
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	1.250	4.767
SUBTOTAL MANO DE OBRA						8.763

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
					0.000
					0.000
					0.000
					0.000
SUBTOTAL MATERIALES					0.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
1125	Transporte de Materiales	m3/km	1.940	3.500	6.788
SUBTOTAL TRANSPORTE					6.788

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		19.552
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	4.106
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		23.658
VALOR OFERTADO		23.658

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: SUB-BASE GRANULAR

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.045	1.000	0.045
179	RODILLO WEBER DVH 550, ANCHO 550MM, PESO 350 KG	1.000	55.000	6.875	0.750	5.156
1113	Motoniveladora	1.000	45.000	0.045	2.030	0.091
1114	Tanquero de agua	1.000	25.000	0.045	1.130	0.051
SUBTOTAL EQUIPOS						5.344

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	0.045	0.172
55	Operador de rodillo neumatico	1.000	3.020	3.020	0.045	0.136
56	Ayudate de operador	2.000	3.020	6.040	0.045	0.272
57	Chofer profesional (Estrc.Oc.C1)	1.000	4.160	4.160	0.045	0.187
58	Operador de motoniveladora	1.000	3.020	3.020	0.045	0.136
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0.902

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
200003	Sub-base Clase 1	m3	1.250	12.000	15.000
SUBTOTAL MATERIALES					15.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
300003	Transporte de sub-base	km/m3	8.000	0.220	1.760
SUBTOTAL TRANSPORTE					1.760

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		23.006
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	4.831
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		27.837
VALOR OFERTADO		27.837

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: ENCOFRADO METÁLICO
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.172	1.000	0.172
SUBTOTAL EQUIPOS						0.172

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	0.330	1.258
1	Peón	1.000	3.197	3.197	0.330	1.055
13	Albañil	1.000	3.399	3.399	0.330	1.122
SUBTOTAL MANO DE OBRA						3.435

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
200007	Encofrado metalico para vías	ml	1.000	1.750	1.750
SUBTOTAL MATERIALES					1.750

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		5.357
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	1.125
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		6.482
VALOR OFERTADO		6.482

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: HORMIGON SIMPLE 210 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	1.518	1.000	1.518
165	CONCRETERA 1 SACO	1.000	21.000	2.625	1.610	4.226
SUBTOTAL EQUIPOS						5.744

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	5.000	2.841	14.204	1.400	19.885
13	Albañil	2.000	3.399	6.797	1.400	9.516
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	0.252	0.961
SUBTOTAL MANO DE OBRA						30.362

MATERIALES						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
975	CEMENTO	saco	7.000	7.230	50.610	
124	ARENA	m3	0.800	22.000	17.600	
127	GRAVA 3/4	m3	0.750	21.000	15.750	
10147	Agua	litro	0.170	1.660	0.282	
SUBTOTAL MATERIALES						84.242

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		120.349
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	25.273
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		145.622
VALOR OFERTADO		145.622

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: HORMIGON SIMPLE 300 kg/cm2

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	1.916	1.000	1.916
165	CONCRETERA 1 SACO	1.000	21.000	2.625	1.610	4.226
SUBTOTAL EQUIPOS						6.142

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	7.000	2.841	19.885	1.400	27.839
13	Albañil	2.000	3.399	6.797	1.400	9.516
31	Maestro de obra	1.000	3.814	3.814	0.252	0.961
SUBTOTAL MANO DE OBRA						38.316

MATERIALES						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
975	CEMENTO	saco	9.000	7.230	65.070	
124	ARENA	m3	0.800	22.000	17.600	
127	GRAVA 3/4	m3	0.750	21.000	15.750	
10147	Agua	litro	0.170	1.660	0.282	
SUBTOTAL MATERIALES						98.702

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		143.160
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	30.064
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		173.224
VALOR OFERTADO		173.224

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: TIERRA PARA ÁREAS VERDES
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.032	1.000	0.032
SUBTOTAL EQUIPOS						0.032

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	0.200	0.639
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0.639

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1116	TIERRA PARA ÁREAS VERDES	m3	1.000	7.000	7.000
SUBTOTAL MATERIALES					7.000

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.671
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	1.611
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		9.282
VALOR OFERTADO		9.282

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: CÉSPED

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.032	1.000	0.032
SUBTOTAL EQUIPOS						0.032

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	0.200	0.639
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0.639

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1117	CÉSPED	m2	1.000	6.500	6.500
SUBTOTAL MATERIALES					6.500

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.171
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	1.506
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.677
VALOR OFERTADO		8.677

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
 RUBRO: ADOQUÍN PARA VERDAS
 DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1065	HERRAMIENTAS MENORES	1.000	5% de la mano de obra	0.032	1.000	0.032
SUBTOTAL EQUIPOS						0.032

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1	Peón	1.000	3.197	3.197	0.200	0.639
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0.639

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
1117	CÉSPED	m2	1.000	6.500	6.500
SUBTOTAL MATERIALES					6.500

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		7.171
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	1.506
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		8.677
VALOR OFERTADO		8.677

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PINTURA DE ALTO TRÁFICO SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1120	Franjeadora	1	44.140	2.000	0.045	0.090
SUBTOTAL EQUIPOS						0.090

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
51	Licencia TIPO E	1.000	4.784	4.784	0.045	0.217
59	Inspector de Obra	1.000	3.519	3.519	0.045	0.010
60	Ayudate de operador	1.000	2.000	3.473	0.045	0.270
SUBTOTAL MANO DE OBRA						0.497

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
201007	Pintura de pavimento	gl	0.010	25.000	0.250
216001	Diluyente	gl	0.002	15.000	0.030
SUBTOTAL MATERIALES					0.280

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		0.867
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	0.182
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		1.049
VALOR OFERTADO		1.049

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PINTURA DE ALTO TRÁFICO PARA PASO CEBRA

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
1120	Franjeadora	1	44.140	2.000	0.330	0.660
SUBTOTAL EQUIPOS						0.660

MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
51	Licencia TIPO E	1.000	4.784	4.784	0.330	1.579
1	Inspector de Obra	2.000	3.519	7.038	0.330	2.323
60	Ayudate de operador	1.000	2.000	2.000	0.330	0.660
SUBTOTAL MANO DE OBRA						4.561

MATERIALES					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
201007	Pintura de pavimento	gl	0.110	25.000	2.750
201008	Esfers Reflectivas	kg	0.010	5.000	0.050
SUBTOTAL MATERIALES					2.800

TRANSPORTE					
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL TRANSPORTE					0.000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		8.021
INDIRECTOS Y UTILIDAD	0.210	1.684
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		9.706
VALOR OFERTADO		9.706

MODIFICACIONES REDONDEL JOSÉ PERALTA					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
1.1	REMOCIÓN DE CÉSPED EN ISLETAS CANALIZADORAS	m ²	25.95	\$ 102.71	\$ 2,665.23
1.2	REMOCIÓN DE ÁRBOLES	u	7.2	\$ 217.80	\$ 1,568.17
1.3	REMOCIÓN DE ADOQUÍN EN PASOS PEATONALES Y VEREDAS	m ²	75.372	\$ 42.04	\$ 3,168.96
1.4	REMOCIÓN DE PASAMANOS DE SEGURIDAD	ml	118.728	\$ 178.94	\$ 21,244.80
1.5	DEMOLICIÓN DE VEREDAS	m ²	52.8	\$ 62.03	\$ 3,275.14
1.6	DEMOLICIÓN DE BORDILLOS	m ²	23.274	\$ 23.66	\$ 550.62
2.1	SUB BASE	m ³	22.5096	\$ 27.84	\$ 626.60
2.2	ENCOFRADO PARA CALZADA	ml	22.5096	\$ 6.48	\$ 145.90
2.3	FUNDICIÓN DE CALZADA	m ³	33.174	\$ 173.22	\$ 5,746.54
2.4	ENCOFRADO PARA BORDILLOS	ml	2.3274	\$ 6.48	\$ 15.09
2.5	FUNDICIÓN DE BORDILLOS	m ³	13.968	\$ 145.62	\$ 2,034.05
2.6	TIERRA PARA CÉSPED EN ISLETAS	m ³	93.12	\$ 9.28	\$ 864.37
2.7	CÉSPED EN ISLETAS	m ²	22.572	\$ 8.68	\$ 195.87
2.8	ADOQUÍN PARA ISLETAS	m ²	118.728	\$ 43.00	\$ 5,105.30
2.9	PINTURA PARA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	ml	2179.866	\$ 1.05	\$ 2,286.08
2.10	PINTURA PARA PASO CEBRA	m ²	102.06	\$ 9.71	\$ 990.57
3.1	EXPROPIACIÓN DE ESPACIO DE CIRCULACIÓN PASEO DEL PUENTE	m ²	44.00	\$ 870.00	\$ 38,280.00
	SUBTOTAL			\$	88,763.28

4.3 Especificaciones Técnicas

1.1 Remoción de césped en isletas canalizadoras:

Este proceso se lo realizará de manera manual con herramienta menor.

Unidad de medición y pago: metro cuadrado (m²) medido, chequeado y aprobado por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor

Mano de obra mínima calificada: Categorías I y IV.

1.2 Remoción de árboles:

Este proceso se lo realizará de manera manual con herramienta menor y con retroexcavadora. Consiste en el proceso de remover de raíz los árboles ornamentales que se encuentran en las veredas.

Unidad de medición y pago: unidad, chequeada y aprobada por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor, retroexcavadora.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I, II, III y IV.

1.3 Remoción de césped adoquín en veredas y pasos peatonales en isletas:

Se refiere al proceso de remoción total del recubrimiento de adoquín sobre las veredas y pasos peatonales, incluyendo mano de obra.

El rubro consiste en el trabajo de eliminación del recubrimiento de adoquín existente en los pisos, hasta conseguir la eliminación total del mismo.

El rubro incluye todos los trabajos de demolición a mano o con herramienta mecánica o eléctrica, la recolección y acarreo cuidadosos de escombros en bolsas usadas de

cemento, evitando la salida de materiales y polvo, y el acumulamiento en un sitio de establecido por fiscalización.

Unidad de medición y pago: metro cuadrado (m^2) medido, chequeado y aprobado por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor y martillo eléctrico.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I y IV.

1.4 Remoción de pasamanos de seguridad:

Este proceso se lo realizará de manera manual con herramienta menor y amoladora para los cortes de las piezas metálicas.

Unidad de medición y pago: metro lineal (ml) medido, chequeado y aprobado por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor y amoladora.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I y IV.

1.5 Demolición de veredas:

Se refiere al proceso de remoción total de las veredas, incluyendo mano de obra.

El rubro incluye todos los trabajos de demolición a mano o con herramienta mecánica o eléctrica, la recolección y acarreo cuidadosos de escombros en bolsas usadas de cemento, evitando la salida de materiales y polvo, y el acumulamiento en un sitio de establecido por fiscalización.

Unidad de medición y pago: metro cúbico (m^3) medido, chequeado y aprobado por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor y martillo eléctrico.

Mano de obra mínima calificada: Categorías I y IV.

1.6 Demolición de bordillos:

Se refiere al proceso de remoción total de los bordillos segregadores de tránsito, incluyendo mano de obra.

El rubro incluye todos los trabajos de demolición a mano o con herramienta mecánica o eléctrica, la recolección y acarreo cuidadosos de escombros en bolsas usadas de cemento, evitando la salida de materiales y polvo, y el acumulamiento en un sitio de establecido por fiscalización.

Unidad de medición y pago: metro cuadrado (m²) medido, chequeado y aprobado por el fiscalizador, antes de su remoción.

Equipo mínimo: Herramienta menor

Mano de obra mínima calificada: Categorías I y IV.

1.7 Cargada de material a máquina, cargada de material a mano, transporte de materiales hasta 6km y sobreacarreos de materiales para desalojo distancia mayor a 6km:

Se entenderá por cargado la actividad de colocar el material producto de las excavaciones, demoliciones y limpieza en volquetas previo al transporte y desalojo de estos materiales.

Se entenderá por transporte y desalojo de material producto de excavación y no apto para relleno a la operación consistente para el transporte de dicho material hasta los bancos de desperdicio o de almacenamiento que señale el proyecto y/o el ingeniero Fiscalizador, ubicados hasta una distancia predefinida.

Se entenderá por sobreacarreo al transporte de materiales a distancias mayores a la distancia predefinida, medidos a partir de esta distancia.

No se incluye en este rubro los residuos de materiales, desperdicios y demás sobrantes generados en la obra, cuyo manejo, recogida, cargado, transporte, descarga y demás actividades relacionadas, son de responsabilidad del Contratista.

El cargado puede ser de tipo manual y/o mecánico mediante la utilización de minicargadoras, retroexcavadoras y similares.

El transporte y desalojo de material producto de excavación se deberá realizar por medio de equipo mecánico en buenas condiciones, sin ocasionar la interrupción del tráfico de vehículos, ni causar molestias a los habitantes. Para el efecto, los volquetes que transporten el material deberán disponer de una carpa cobertora que evite el derrame del material por efectos del viento o el movimiento mismo del vehículo.

El desalojo incluye el transporte y manejo o acondicionamiento del botadero de disposición final de los desechos y residuos (regado, tendido y compactado) durante y al final de ejecutada la obra, ya sean estos manejados por la EMAC o por el Contratista.

Cuando los botaderos sean manejados por la EMAC (Empresa Municipal de Aseo de Calles), el Contratista deberá pagar a ésta las tasas respectivas conforme a lo señalado en la Ordenanza Municipal que Regula la gestión integral de los Desechos y Residuos Sólidos en el Cantón Cuenca, cuyo valor está considerado dentro de los costos directos de los rubros de los que forma parte.

No se podrá desalojar materiales fuera de los sitios definidos por la Fiscalización. Para esto, se implementará un mecanismo de control para la entrega de materiales mediante una boleta de recibo-entrega.

Clasificación del transporte y Desalojo por Distancias

- Transporte de materiales hasta una distancia igual a 6 Km (distancia predefinida)
- Sobreacarreo de materiales a distancias comprendidas entre 6 y 12 Km

- Sobrecarreo de materiales a distancias mayores a 12 Km

De cualquier manera, la ruta para el desalojo lo establecerá el Fiscalizador, así como también constatará que el sitio de la obra y la zona de influencia de la misma estén completamente limpios.

Medición y Forma de Pago:

- El cargado de materiales, ya sea manual y/o máquina, se pagará en metros cúbicos medidos sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.
- El transporte de materiales de desalojo hasta 6 km, se medirá y pagará en metros cúbicos. El volumen se medirá sobre el perfil excavado. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.
- El sobrecarreo se pagará considerando el rubro determinado de acuerdo a la distancia medida y constatada por el Fiscalizador; se medirá en metros cúbicos-kilómetro y se lo calculará multiplicando el volumen transportado (calculado sobre el perfil excavado) por el exceso de la distancia total de transporte sobre los 6 km. El precio unitario incluirá el porcentaje de esponjamiento.

2.1 Sub-base clase 1, conformación y compactación en calzadas

En base a consideraciones experimentales y del uso de materiales en obra, se estipula a la mezcla de sub-base granular CLASE I con una plasticidad menor o igual a 9 y un límite líquido menor o igual a 30.

Esta norma se aplicará en los trabajos de pavimento de calzada, rellenos de zanjas, conformación de plataformas, etc.

Este rubro consistirá en la preparación y suministro del material y la colocación de la capa de sub-base, sobre la subrasante natural o mejoramiento conformada y compactada, previa a la autorización del Ingeniero Fiscalizador.

El agregado será el producto de la trituración de fragmentos de roca y de cantos rodados. El material, estará constituido de fragmentos limpios, resistentes y durables, libres de exceso de partículas alargadas. Estabilizados con agregados finos provenientes de la trituración o de un suelo fino seleccionado en caso de que se requiera para cumplir con las especificaciones de granulometría y plasticidad. Además estará exenta de material vegetal, grumos de arcilla u otro material inconveniente.

La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante, previamente preparada conforme lo estipula en las especificaciones dadas para esta capa en los numerales anteriormente anotados, y previa autorización del Ingeniero Fiscalizador. La sub-base granular deberá ser construida en capas que tengan 20 centímetros de espesor como máximo, una vez compactadas.

Los diferentes agregados que constituyen los componentes de la sub-base, serán mezclados en planta central y graduados uniformemente de grueso a fino.

Inmediatamente después de terminada la distribución y conformación del material, se procederá a compactarlo en todo su ancho por medio del rodillo liso, vibratorio, hasta que se obtenga la densidad requerida y una superficie uniforme de conformidad con la alineación, gradiente y sección transversal que consta en los planos.

El promedio del espesor de la sub-base terminada deberá ser igual o mayor que el espesor indicado en el diseño del pavimento, y en ningún punto la cota deberá variar en más de 0.01 m. de lo indicado en los planos.

En todos los sitios no accesibles a los rodillos, el material de sub-base deberá ser compactado íntegramente mediante el empleo de apisonadores mecánicos apropiados.

Luego de la compactación final de la sub-base, la Fiscalización comprobará el espesor y densidad de la misma a intervalos de aproximadamente 20 m lineales a cada lado de las vías o plataformas y/o en los puntos que la fiscalización lo determine. Los puntos para los ensayos serán también seleccionados al azar, disminuyendo esta distancia en zonas en las cuales existan dudas acerca del grado de compactación requerida, si existieren varias franjas o carriles, estos ensayos se efectuarán en cada una de ellas.

La densidad de la capa compactada deberá ser como mínimo el 100% de la máxima densidad obtenida según el ensayo AASHO T-180 método D.

Medición y Forma de Pago: Las mediciones para la determinación de volúmenes de sub-base clase I se las efectuará en obra en base a los datos del Proyecto, y será medido el volumen compactado, es decir no se considerará el esponjamiento.

Las cantidades determinadas anteriormente se pagarán a los valores de los precios unitarios establecidos en el contrato.

Este precio y pago constituirá la compensación total por la extracción, suministro, manipuleo y transporte del material de ser el caso; y toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para ejecutar los trabajos descritos en esta sección.

Este rubro se pagará previo a la presentación del informe técnico de granulometría y compactación del laboratorio designado por la fiscalización.

2.2 Encofrados

Un encofrado es el sistema de moldes temporales o permanentes, metálicos o de madera, que se utilizan para dar una forma determinada al hormigón u otros materiales similares antes de fraguar.

Generalidades

Los encofrados pueden ser rectos o curvos de acuerdo a los requerimientos definidos en los diseños, los cuales deberán estar sujetos rígidamente en su posición correcta, ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón, a más de la permeabilidad que deberán presentar con el objeto de evitar la pérdida de la lechada.

Se deberá considerar, al momento de colar el hormigón contra las formas, que éstas estén libres de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales extraños que pudieran contaminar el hormigón; de ser el caso, se hará una limpieza adecuada con un cepillo de alambre. Antes de depositar el hormigón, las superficies del encofrado deberán ser recubiertas con aceite comercial para encofrados de origen mineral.

Luego de la fundición de los elementos, las formaletas deberán conservarse en su lugar hasta que Fiscalización autorice su remoción, proceso en el cual se tomarán las debidas precauciones de manera que no se afecte al nuevo elemento.

Cuando se utilicen acelerantes, el desencofrado podrá hacerse en el menor tiempo posible de acuerdo a las especificaciones del aditivo utilizado.

Los encofrados deberán construirse de manera que permitan la remoción sin martilleo o uso de palancas contra el hormigón. Los encofrados no permanecerán por más de 15 días a la intemperie antes de ser utilizados; pasado este tiempo serán reconstruidos.

Con la máxima anticipación posible para cada caso, el Constructor dará a conocer a Fiscalización los métodos y materiales que empleará para la construcción y/o colocación de los encofrados. La autorización previa del Fiscalizador para el procedimiento del colado, no relevará al Constructor de sus responsabilidades en cuanto al acabado final del hormigón dentro de las líneas y niveles ordenados.

Después de que los encofrados para las estructuras de hormigón hayan sido colocados en su posición final, serán inspeccionados por Fiscalización antes de verter el hormigón.

Encofrados de madera

Los encofrados estarán formados por tableros compuestos de tablas y bastidores o de madera contrachapada de un espesor adecuado al objetivo del encofrado, pero en ningún caso menores de 1 cm.

Los tableros se mantendrán en su posición, mediante pernos, de un diámetro mínimo de 8 mm roscados de lado a lado, con arandelas y tuercas.

Seguidamente se deberá suministrar a las formaletas los soportes y puntales adecuados, los cuales podrán ser de madera o metálicos extensibles. Dicho apuntalamiento deberá colocarse con una separación adecuada y contraventados entre sí para mantener su forma y posición y asentados al mismo tiempo sobre una tabla corrida de mínimo 2 cm de espesor.

Se verificará que la madera no esté en un “estado verde” porque se puede retraer antes del vaciado del hormigón, ni demasiado seca porque puede pandearse cuando se humedezca al colocar la mezcla.

Encofrados metálicos

En caso de requerirse módulos metálicos de encofrado, se deberá prever que el espesor de los mismos no sea inferior a 2 mm.

Si se tratará de la construcción de muros, columnas, vigas, losas y demás elementos con una determinada altura proyectada y sea cual sea el material del encofrado, se deberá asegurar y mantener los tableros en su posición vertical, para lo cual, se utilizarán riostras y puntales, ya sean estos últimos pingos y/o metálicos extensibles, según el caso y previa autorización de Fiscalización.

Encofrado metálico para vías

Consiste en la dotación y colocación de encofrados metálicos para la colocación del hormigón.

Antes que se coloquen los moldes metálicos y se comience con la operación de pavimentación, la calzada deberá ser debidamente compactada y conformada de acuerdo a los perfiles longitudinales y transversales establecidos en los planos respectivos, todos los pozos de revisión y otras obras de arte tendrán que haber sido alineados convenientemente a la pendiente adecuada. En todo momento, una suficiente extensión de la calzada tendrá que haber sido preparada para permitir la instalación adecuada de los cofres.

Será responsabilidad del Contratista, el chequeo de los pozos y de otras obras de infraestructura, así como de las pendientes longitudinales y transversales que quedarán a la entera satisfacción del Fiscalizador.

ACONDICIONAMIENTO DE LA CALZADA

La calzada deberá ser examinada para su corrección conveniente y se aceptarán variaciones de 1,5 cm. en exceso o en defecto. Los excesos de material de este valor deberán ser retirados cuanto antes de la misma.

Todas las depresiones que sean mayores a un centímetro y medio deberán llenarse convenientemente utilizando material aprobado que se compacte en dichos lugares o concreto integral con la losa de pavimento. No se pagará compensación alguna en concepto del hormigón empleado para corregir las depresiones de la calzada.

La capa de mejoramiento terminada deberá encontrarse lisa y compacta, cuando se coloca el hormigón deberá estar húmeda. Cuando ésta estuviese seca en el momento de la colocación del hormigón, será humedecida. El método de humedecimiento será uno que no forme barro ni acumulación de agua.

COLOCACIÓN DE LOS MOLDES

Los moldes se colocarán a una distancia de por lo menos 30 metros por delante del punto donde se esté vertiendo el hormigón de tal manera que puedan ser comprobados sus niveles. Los moldes se fijarán en el lugar por medio de los de elementos metálicos (varillas), 3 como mínimo para una longitud de cofre de 3 metros de largo, debiendo colocarse uno de estos elementos cerca de cada extremo de cada uno de los cofres. Las secciones de los moldes se fijarán rígidamente de un modo que carezca de juego o movimiento en cualquier dirección.

Los moldes no podrán desviarse en ningún punto más de 1 cm de su alineamiento correspondiente y serán limpiados y lubricados antes de colocar el hormigón.

Los moldes no podrán ser retirados hasta que el hormigón colocado haya fraguado durante por lo menos 12 horas. Al retirar los moldes, se deberá proceder con cuidado para evitar daños al pavimento.

Medición y Forma de Pago

- Los encofrados tanto de madera como metálico se medirán en metros cuadrados con aproximación de dos decimales.
- Para el caso del encofrado metálico para vías, la cantidad a pagarse por este concepto será por metro lineal con aproximación de dos decimales.

En los dos casos anteriores el precio a pagar será de acuerdo al establecido en el contrato.

2.3 Fundición con hormigón $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ para calzada $e = 20 \text{ cm}$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para bordillos:

Se entiende por hormigón al producto endurecido de la mezcla del cemento portland, agua y agregados pétreos, en proporciones adecuadas.

Se utilizará este tipo de hormigones para los elementos que vengan especificados en los diseños y planos. Este hormigón simple de 240 Kg/cm^2 , incluye toda la mano de obra, dirección, materiales, herramientas, equipo, transporte y todos los medios de construcción necesarios para los trabajos en cemento y hormigón dentro del conjunto, como se estipule en los planos y/o se halle descrito en las especificaciones a fin de terminar las edificaciones con acabados de primera calidad.

Materiales.- Serán de primera calidad sujetos siempre a las siguientes especificaciones:

Cemento.- Será del tipo Portland normal, especificado en la ASTM-C-150. Queda prohibido mezclar 2 o más marcas de cemento; Y, el almacenaje por un tiempo que garantice sus propiedades, el fiscalizador autorizará el uso, previa constatación.

Agregados.- Especificaciones acordes con la ASTM-C-33-D-448

Arena.- Será totalmente limpia de impurezas arcillosas y materiales orgánicos, se controlará la humedad de la arena para efectos de dosificación.

Gravilla.- Hace referencia a grava triturada; esta deberá ser limpia de impurezas, debidamente lavada y de un diámetro de 3 cm.

Agua.- se utilizará agua limpia y proveniente del servicio público de la red municipal.

Dosificación.- La dosificación de los agregados deberá realizarse al volumen de acuerdo al diseño de hormigones.

El agua deberá dosificarse y calibrarse por medio de un aparato medidor junto a la hormigonera.

Para la cantidad total del agua por parada se considerará la humedad que traen los agregados y se regulará para la prueba de consistencia, el agua adicional que se vierte en la hormigonera. El control del aparato medidor del agua se realizará durante el tiempo de la fundición.

El hormigón se mezclará hasta conseguir una distribución uniforme de los materiales, para ello no debe sobrecargarse la hormigonera debiendo descargarse la misma completamente antes de cada parada. Se colocará el agua de manera uniforme durante el período de mezclado. Como tiempo mínimo de mezclado se dará un minuto y medio a dos minutos las hormigoneras tendrán una velocidad de periferia por lo menos 6 ciclos por minuto.

Transporte.- Los métodos usados para el transporte de hormigón deberán ser tales que lo deposite en los encofrados con características uniformes y de la resistencia requerida. Evitarán por lo tanto segregación de los agregados y un secado del hormigón que cambie su consistencia hasta el sitio del depósito o fundación.

Condiciones previas a la colocación del Hormigón.-

Fundaciones.- Las excavaciones deberán estar hechas de acuerdo a los planos y especificaciones retirando todo el suelo suelto o flojo y compactado los lados y fondo, se drenará el agua existente o que apareciere en las excavaciones para la cimentación.

Encofrados.- La suspensión o sustentación de los encofrados deberá ser tal que impidan su desplazamiento durante la vertida y vibrada del hormigón. Los soportes laterales o los pasadores para ajustarlos deberán estar calculados para resistir la presión de 2.400 Kg

Ductos eléctricos, canalizaciones, agua potable, espaciadores, estacas, fijadores de nivel, marcos y todos los elementos a quedar empotrados en el hormigón deberán estar en forma y sitios adecuados para no lesionar la resistencia de los miembros estructurales.

Los encofrados deberán pulirse, limpiarse y humedecerse inmediatamente antes de colocar el hormigón. Deberá ponerse especial cuidado en que las tablas del encofrado se hallen unidas y en todo caso se llenarán sus juntas con papel impermeable o un material en forma tal de evitar el escape del lechado.

Si los encofrados fueren diseñados para usarse más de una vez, deberán ser reacondicionados, limpiados, rasqueteados y aceitados. (antes de colocar las armaduras).

Colocación del Hormigón.- Los métodos de colocación y compactación del hormigón serán tales como para obtener una masa uniforme y densa previniendo las segregaciones y cavidades. Se usará vibración para compactar el hormigón en todas las unidades, la vibración alcanzará a toda la superficie en que se vierte el concreto y con agujas vibratoras se vibrará de 5 a 15 segundos en cada sitio solamente hasta conseguir que aparezca el mortero a la superficie.

Se colocará mortero: cemento-arena 1:2, en todas las superficies de concreto con partes ya fundidas anteriormente luego que estas superficies hayan sido limpiadas y humedecidas.

Si la fundición debe suspenderse antes de completar un miembro estructural este deberá hacerse donde el esfuerzo cortante sea pequeño (recomendable al tercio medio de la luz en vigas).

Deberá transcurrir por lo menos 6 horas de fundida una columna, para fundir elementos soportados por ella.

Curado del Hormigón.- Mientras la hidratación del Cemento tenga por lo menos de 7 a 15 días, el hormigón deberá ser curado, este curado deberá empezar de 2 a 4 horas después de la fundición en las superficies sean encofrados o inmediatamente desencofrados en las otras superficies en todo caso después que el hormigón hubiese cristalizado.

Los encofrados de madera deberán mantenerse húmedos, podrá utilizarse cualquier sistema de curado.

En caso de que el contratista considere necesario, y la fiscalización dé el visto bueno, se podrá usar aditivos en el hormigón tanto acelerantes como plastificantes.

Está prohibido el uso de materiales, equipo o forma de trabajo que no se ciñan a las especificaciones, se inspeccionarán todas las condiciones preliminares de la obra (excavaciones, entibaciones, encofrados, armaduras, disposición del equipo y personal), con anterioridad al permiso del comienzo de fundación.

Se realizará el control de las pruebas de consistencia, tomas de muestras de ensayos de compresión y de los ensayos mismos, los que serán costeados por el constructor. Se determinará o exigirá modificaciones en cualquier trabajo y obra que no estuviese ejecutándose de acuerdo a los planos. Podrá exigir la reposición o cambio de cualquier parte deficiente de la estructura.

Unidad: Metro cúbico.

Materiales mínimos: Cemento portland, arena, grava, y agua.

Equipo Mínimo: Una concretera, Herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada: Categoría I, II, III y V.

Medición y Pago. La medición y pago para el Hormigón simple de 210 Kg/cm² será por metro cúbico (m³) realmente efectuado, aceptado y comprobado por fiscalización y al costo que estipule el respectivo contrato.

2.4 Tierra para césped en isletas

Consiste en la colocación de tierra negra como base de la capa vegetal en el interior de las isletas canalizadoras de tráfico.

Materiales mínimos: Tierra negra.

Equipo Mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada: Categoría I.

Medición y Pago. La medición y pago para será por metro cúbico (m³), aceptado y comprobado por fiscalización y al costo que estipule el respectivo contrato.

2.5 Césped en isletas

Consiste en la colocación de césped en el interior de las isletas canalizadoras de tráfico.

Materiales mínimos: Césped.

Equipo Mínimo: Herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada: Categoría I.

Medición y Pago. La medición y pago para será por metro cuadrado (m²), aceptado y comprobado por fiscalización y al costo que estipule el respectivo contrato.

2.6 Adoquín en isletas

Para la colocación se utilizará hormigón simple con material fino hasta un diámetro de 3/8 con resistencia 300 kg/cm² con un espesor no mayor a 3m. Para el sellado de las juntas se utilizará este mismo mortero. Los cortes en esquinas deberán ser biselados con un corte a 45 grados.

El rubro consiste en la provisión de la mano de obra y los materiales necesarios para la colocación de adoquín.

Unidad de medición y pago: Metro cuadrado (m²) de las zonas realmente ejecutadas y verificadas en la obra, revisadas y aprobadas por fiscalización.

Materiales mínimos: Cemento Pórtland, arena con diámetro menor a 3/8, agua, adoquín.

Equipo mínimo: Herramienta menor, amoladora.

Mano de obra mínima calificada: Categoría II, III y V.

2.7 Pintura marcas de pavimento 1 franja y Pintura para pasos cebra

Este trabajo consistirá en la aplicación de marcas permanentes sobre el pavimento terminado, de acuerdo a los planos de señalización, especificaciones técnicas particulares, disposiciones especiales o las expuestas por el Fiscalizador.

Los detalles no contemplados en esta especificación se realizarán conforme al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 Parte 2. “REGLAMENTO TÉCNICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL” – 2006.

Materiales: Se empleará pintura de tráfico blanco y/o amarillo, según los planos de señalización correspondientes. La pintura deberá garantizar un tiempo de durabilidad mínimo de 6 meses, luminosidad reflectiva, además de reunir otras condiciones físicas tales como resistencia al tráfico vehicular constante, aceite, diesel, entre otras posibles causas que pudieran originar desgaste en la pintura.

Las especificaciones mínimas que este tipo de pintura deberán cumplir son:

- Tipo de pintura: pintura acrílica específica para señalización de vías (pintura de Tráfico)
- Tiempo de duración: mínimo de 6 meses en buenas condiciones (75% de legibilidad).
- Espesor total mínimo de la película: 500 micras
- Color de acabado: Blanco y/o amarillo, según los diferentes tipos de líneas y de acuerdo a los planos de señalización.
- Retroreflectividad: Mínimo 40 gramos de microesferas de vidrio por cada metro lineal de señalización, espolvoreadas y/o embebidas en la pintura de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Las microesferas deberán ser del tipo 1 de acuerdo a la norma AASHTO M 247.
- Secamiento: 15 minutos al tacto.

Procedimiento de Trabajo

- Al momento de la aplicación de la pintura, la capa de rodadura, sea esta de pavimento rígido o flexible, estarán completamente secas, libres de polvo y libre de residuos de la pintura colocada anteriormente.
- La pintura que se aplique a la superficie será de tipo acrílico, la cual se aplicará en una sola capa y cuando la temperatura ambiental sea igual o superior a 15 grados centígrados.
- El pintado se realizará de forma manual mediante la utilización de la herramienta necesaria y adecuada de manera que cumpla con el objetivo.

Características de las Señales Horizontales

Líneas Transversales

Líneas de Pare (LT-1): indican al conductor el sitio en donde deben detener su vehículo antes de cruzar o incorporarse a una vía luego de verificar las condiciones de seguridad.

Longitud señalizada = variable (línea continua).

Ancho de línea = 0.40 m.

Color = blanco

Líneas de Ceda el Paso (LT-3): indican al conductor el límite en donde se debe tener precaución antes de ingresar a otro carril o vía, siendo necesario ante la presencia de flujo transversal, el detenerse antes de continuar su circulación.

Longitud señalizada = 0.60 m.

Separación entre líneas = 0.60 m.

Ancho de línea = 0.30 m.

Color = blanco

Pasos cebra: indican por un lado al conductor el límite en donde se debe detener su vehículo para el paso de peatones, en cambio que a estos últimos indican por donde deben caminar al instante en que los automotores detengan su ritmo.

Longitud señalizada = 3.60 m.

Separación entre líneas = 0.60 m.

Ancho de línea	=	0.60 m.
Color	=	blanco

Líneas Longitudinales

Líneas de División de Carriles (LG-1): ayudan a delimitar los carriles de circulación y por tanto permiten organizar la circulación vehicular.

Longitud señalizada	=	3 m.
Separación entre líneas	=	9 m.
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco

Líneas de Continuidad (LG-2): previene a los conductores de la presencia de obstáculos más adelante (muros, isletas, parterres).

Longitud señalizada	=	1 m.
Separación entre líneas	=	3 m.
Ancho de línea	=	0.20 m.
Color	=	blanco

Líneas de Barrera Simple Unidireccional (LG-3): indica a los conductores la restricción de rebasamiento, cuando existen por lo menos 2 carriles en un solo sentido (una vía).

Longitud señalizada	=	variable (líneas continuas).
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco

Líneas Doble de Barrera Bidireccional (LG-4): indica a los conductores la restricción de rebasamiento atravesando dicha doble línea. Se aplica cuando se circula en doble sentido (doble vía).

Longitud señalizada	=	variable (líneas continuas).
Separación entre líneas	=	0.125 m.
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	amarillo

Líneas de Borde (LG-5a): indica a los conductores el límite exterior de las calzadas de circulación.

Longitud señalizada	=	variable (líneas continuas).
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco

Líneas de Borde (LG-5b): indica a los conductores el límite interior de las calzadas de circulación, es decir junto a un parterre o separación de calzadas.

Longitud señalizada	=	variable (líneas continuas).
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco

Líneas de Borde (LG-6a): indica a los conductores el límite de las zonas de estacionamiento lateral en la calzada de circulación.

Longitud señalizada	=	0.60 m.
Separación entre líneas	=	0.90 m.
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco.

Líneas de Borde (LG-7a): Demarca el andarivel de cruce de los peatones a través de las vías e indica a los conductores la zona donde éstos tienen prioridad.

Longitud señalizada	=	0.60 m.
Separación entre líneas	=	0.90 m.
Ancho de línea	=	0.125 m.
Color	=	blanco.

Chevrones (CHV-1): franjas transversales a 45° del sentido de circulación y ayudan a los conductores a identificar obstáculos en la vía, generalmente referidos a la aparición de isletas canalizadoras de tráfico en un sentido de circulación.

Ancho de franja señalizada	=	0.4 m.
Separación entre franjas	=	0.6 m.
Ancho de línea de límite	=	0.20 m.
Colores	=	blanco.

Chevrones (CHV-2): franjas transversales a 45° del sentido de circulación y ayudan a los conductores a identificar obstáculos en la vía, generalmente referidos a la aparición de parterres o isletas canalizadoras de tráfico en doble sentido de circulación.

Ancho de franja señalizada	=	0.4 m.
Separación entre franjas	=	0.6 m.
Ancho de línea de límite	=	0.20 m.
Colores	=	amarillo.

Símbolos y Leyendas

BUS (PS-2): Leyenda utilizada en la zona de parada de bus.

Las dimensiones se encuentran detalladas el plano respectivo

Flechas Direccionales

Flechas (F-1 a F-7): ayudan a los conductores y peatones a ratificar el sentido de dirección en cada carril de circulación, generalmente en las aproximaciones a intersecciones.

Las dimensiones se encuentran detalladas el plano respectivo.

Elementos luminosos de calzada

Tachas reflectivas (T-1 a T3): denominadas también cerámicos reflectivos o comúnmente “ojos de gato”, se utilizan para reforzar la demarcación de la señalización horizontal en situaciones nocturnas, en donde generalmente las marcas de pavimento pierden sus características de reflectividad, sobre todo cuando existe la presencia de lluvia o neblina y tienen mayor importancia en las aproximaciones a obstáculos (muros, isletas, parterres).

Los diseños tipo de aplicación de la Señalización horizontal se encuentran detallados en los el plano respectivo.

Medición y Forma de Pago: Las señales de tipo horizontal se pagarán de dos modos, dependiendo de lo que sigue a continuación:

- Para el caso de Pintura marcas de pavimento 1 franja, se pagará por metros lineales con aproximación de dos decimales siempre y cuando el ancho de la línea no exceda de los 15 cm, al precio establecido en el contrato.
- Para el caso de Pintura pasos cebra, se pagará por metros cuadrados con aproximación de dos decimales cuando el ancho de la línea supere los 15 cm y de acuerdo al rubro correspondiente, al precio establecido en el contrato.

El precio incluye los materiales, herramienta, mano de obra y demás operaciones conexas para el perfecto desarrollo del proceso.

CONCLUSIONES

- Tras realizar la simulación en Aimsun, se pudo observar que el redondel José Peralta está funcionando correctamente como un todo. Sin embargo, existen dos accesos con demoras elevadas y por ende Niveles de Servicio pobres. Estos accesos corresponden a la Avenida 12 de Abril y ambos actualmente presentan un NS_F .
- El grado en el que influye el redondel en el tránsito del sector del Ejido es alto. Esto se pudo comprobar cuando se realizaron modificaciones al mismo y se obtuvieron mejoras significativas en toda la red.
- Con tres mejoras puntuales y pequeñas se puede mejorar considerablemente el funcionamiento de todo el redondel. Después de llevar a cabo una simulación con las propuestas planteadas, fue evidente cómo ellas mejoraron el tránsito en el sector. El Nivel de servicio del acceso de la Avenida 12 de Abril que viene desde el Vergel hasta el redondel mejoró de NS_F a NS_B y el del redondel como un todo pasó de NS_C a NS_B .
- t
- Las largas colas que se generan en la Avenida Paucarbamba pueden ser mitigadas con el uso de dos carriles en vez de uno para el acceso. Sin embargo en la actualidad esos dos carriles tienen un ancho de 2.60 metros cada uno y este ancho está lejos de ser óptimo. La ventaja es que el ancho de toda la sección de la Av. Paucarbamba es 10 metros y puede ser dividida en tres carriles de modo que cada carril del acceso pase a tener un ancho de 3.30 metros y el uso de esta vía sea mucho más cómodo y fácil para los conductores.

BIBLIOGRAFÍA

- CAL y Mayor, J. C. (1995). *Ingeniería de Tránsito, fundamentos y aplicaciones*. México.
- DIRECCIÓN Municipal de Tránsito de Cuenca. (2014). Movilidad del Cantón Cuenca.
- MINISTERIO de Transporte y Telecomunicaciones de Perú, M. (27 de 10 de 2014). *Manual de Tránsito*. Obtenido de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones: <http://www.mtc.gob.pe/portal/inicio.html>
- MOYANO, C. (2013). *Estudio de Volúmenes de Tránsito en Diferentes intersecciones de la Ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- O'Flaherty, C. (1997). *Transport Planning and Traffic Engineering*. Arnold.
- Transport Simulation Systems. (2013). *Manual de Aimsun*.
- Transport Simulation Systems, T. (2014). *Aimsun DTS*.
- Transportation Research Board, T. (2010). *Highway Capacity Manual 2010*. Transportation Research Board.