

$X_{i,1+2}$: Grado combinado de saturación para los movimientos de giro mayor a la derecha y de la calle principal;

s_{i1} : Tasa de flujo de saturación para los movimientos de la calle principal (1.800 veh/h)

s_{i2} : Tasa de flujo de saturación para los movimientos de giro a la derecha de la calle principal (1.500 veh/h)

A continuación, se muestra en la siguiente tabla los cálculos efectuados para este paso para la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal:

Tabla 132. Determinación de la Capacidad de Movimientos de Rango 2 de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5			3.5					3.5			3.5
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.1			0.1					0.1			0.1
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2									0.2			0.2
Impedimento peatonal, Pp,j									0.8			0.8
Impedimento peatonal, Pp,x	0.9			0.9					0.9			0.9
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.7			0.7
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	0.9			1.0					1.0			1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	0.8			1.0								
x1,1+2	0.2			0.1								
Capacidad, Cm,j	1266.7			775.7					452.3			643.0

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.9 Paso 9: Calcular la Capacidad de Movimientos de Rango 3

Los movimientos de tráfico de calle menor de rango 3 deben ceder a movimientos de rango 1 y rango 2 en conflicto. No todos los espacios de longitud aceptable que pasan a través de la intersección están normalmente disponibles para ser utilizados por los movimientos de Rango 3, ya que es probable que algunos de ellos sean utilizados por los movimientos de Rango 2.

Paso 9a: Impedancia Peatonal de Rango 3

En la tabla siguiente se muestra que los movimientos de rango 3 v_8 y v_{11} deben ceder a los movimientos peatonales v_{15} y v_{16} :

Tabla 133. Factor de Impedancia por Peatones para Movimientos de Rango 3.

Movimiento Vehicular	Debe ceder al movimiento peatonal	Factor de impedancia por peatones (Pp, x)
V8	V15,V16	(Pp,15)(Pp,16)
V11	V15,V16	(Pp,15)(Pp,16)

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010). Adaptación Propia.



El factor de impedancia peatonal para los movimientos de Rango 3 se calcula de acuerdo con la fórmula 81 y la fórmula 82 antes descritas.

Paso 9b: Calcular la Capacidad para Movimientos de Rango 3 de Una Etapa

El factor de ajuste de capacidad, f_k , para todos los movimientos k y para todos los movimientos de Rango 3 viene dado por la siguiente fórmula:

$$f_k = \prod_j (p_{0,j}) p_{p,x}$$

Fórmula 89. Factor de Ajuste de Capacidad para Movimientos de Rango 3.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

f_k : Factor de ajuste de capacidad para movimientos de rango 3

$p_{0,j}$: Probabilidad de que el movimiento de rango 2 en conflicto j funcione en un estado libre de colas,

$p_{p,x}$: Probabilidad de movimientos peatonales de prioridad 1 o 2.

Ahora teniendo los cálculos necesarios procedemos determinar la capacidad para los movimientos de giro a la derecha en las calles menores con la siguiente ecuación:

$$C_{m,k} = (C_{p,k})f_k$$

Fórmula 90. Capacidad de Giro a la Derecha en la Calle Menor.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$C_{m,k}$: Capacidad de movimiento para los movimientos 8 y 11 (veh/h).

$C_{p,k}$: Capacidad potencial para los movimientos 8 y 11 (veh/h),

f_k : Factor de ajuste de capacidad para los movimientos 8 y 11.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos de la capacidad de movimientos de rango 3 para la intersección en análisis:

Tabla 134. Determinación de la Capacidad de Movimientos de Rango 3 de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Velocidad de caminata peatonal, Sp									3.5			3.5
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1									0.1			0.1
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2									0.1			0.1
Impedimento peatonal, Pp,j									0.9			0.9
Impedimento peatonal, Pp,x									0.9			0.9
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j									1.0			1.0
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl									0.7			0.7
Capacidad, Cm,j									152.6			279.1

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.10 Paso 10: Calcular la Capacidad de Movimientos de Rango 4

Los movimientos de rango 4 (es decir, solo los giros a la izquierda de la calle menor en una intersección de cuatro patas) pueden verse impedidos por todos los movimientos de rango superior (rangos 1, 2 y 3).

Paso 9a: Impedancia del peatón de rango 4

La siguiente tabla muestra que el movimiento de rango 4 v_7 debe ceder a los movimientos de peatones v_{15} y v_{13} , y el movimiento de rango 4 v_{10} debe ceder a los movimientos de peatones v_{16} y v_{14} :

Tabla 135. Factor de Impedancia por Peatones para Movimientos de Rango 4.

Movimiento Vehicular	Debe ceder al movimiento peatonal	Factor de impedancia por peatones (Pp, x)
V7	V15,V13	(Pp,15)(Pp,13)
V10	V16,V14	(Pp,16)(Pp,14)

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010). Adaptación Propia.

El factor de impedancia peatonal para los movimientos de Rango 4 se calcula de acuerdo con la fórmula 81 y la fórmula 82 antes descritas.

Paso 10b: Calcular la Capacidad para Movimientos de Rango 4 de Una Etapa

La probabilidad de que los movimientos de tráfico de mayor rango operen en un estado libre de colas es fundamental para determinar sus efectos de impedimento en el movimiento de giro a la izquierda en la calle menor.

El ajuste del factor de impedancia de los rangos 2 y 3 se calcula de la siguiente manera:

$$p' = 0.65p'' - \frac{p''}{p'' + 3} + 0.6\sqrt{p''}$$

Fórmula 91. Ajuste del Factor de Impedancia de los Rangos 3 y 4.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).



Donde:

p' : Ajuste del factor de impedancia de los rangos 2 y 3

p'' : $(p_{0,j})(p_{0,x})$

$p_{0,j}$: Probabilidad de un estado sin cola para el tráfico de giro a la izquierda de la calle principal en conflicto

$p_{0,x}$: Probabilidad de un estado sin cola para el tráfico de cruce de calles menores en conflicto.

Al determinar P' para el movimiento 7 en la fórmula se usa la siguiente expresión:

P'' : $(p_{0,1})(p_{0,4})(p_{0,11})$

Del mismo modo, al determinar P' para el movimiento 10:

P'' : $(p_{0,1})(p_{0,4})(p_{0,8})$

Ahora el factor de ajuste de capacidad para el movimiento de giro a la izquierda de la calle secundaria de rango 4 se puede calcular mediante siguiente fórmula:

$$f_l = (p')(p_{0,j})(p_{0,x})$$

Fórmula 92. Factor de Ajuste de Capacidad para Movimientos de Rango 4.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

f_l : Factor de ajuste de capacidad para el movimiento de giro a la izquierda de la calle secundaria de rango 4

La variable $p_{0,j}$ debe incluirse solo si el movimiento j se identifica como un movimiento en conflicto.

Finalmente, la capacidad de movimiento para los movimientos de giro a la izquierda en la calle menor del Rango 4 se determina con la siguiente fórmula, donde f_l es el factor de ajuste de capacidad que explica los efectos que impiden los movimientos de mayor rango:

$$C_{m,l} = (C_{p,l})f_l$$

Fórmula 93. Capacidad de Giro a la Derecha en la Calle Menor.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$C_{m,l}$: Capacidad de movimiento para los movimientos 7 y 10 (veh/h).

$C_{p,l}$: Capacidad potencial para los movimientos 7 y 10 (veh/h),

f_l : Factor de ajuste de capacidad para los movimientos 7 y 10.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos de capacidad para los movimientos de rango 4 que son los giros a la izquierda de las vías menores de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal:

Tabla 136. Determinación de la Capacidad de Movimientos de Rango 4 de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Velocidad de caminata peatonal, Sp							3.5			3.5		
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1							0.1			0.3		
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.1			0.1		
Impedimento peatonal, Pp,j							0.9			0.7		
Impedimento peatonal, Pp,x							0.9			0.9		
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j							1.0			1.0		
$p''=(p0,j)(p0,k)$							0.8			0.8		
Ajuste de impedancia rango 2 y 3, p'							0.9			0.9		
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.8			0.7		
Capacidad, Cm,j							143.3			240.5		

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.11 Paso 11: Determinar la Capacidad de Carril Compartido de los Accesos de la Calle Menor

Cuando varios movimientos comparten el mismo carril y no pueden detenerse uno al lado del otro en la línea de parada, la siguiente fórmula se usa para calcular la capacidad de carril compartido:

$$C_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{C_{m,y}} \right)}$$

Fórmula 94. Capacidad de Carril Compartido de los Accesos de la Calle Menor.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

C_{SH} : Capacidad del carril compartido (veh/h),

v_y : Tasa de flujo del carril compartido del sujeto (veh/h),

$C_{m,y}$: Capacidad del movimiento en el carril compartido sujeto (veh/h).

A continuación, en la siguiente tabla se muestran las capacidades de los carriles compartidos de cada acceso de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal:

Tabla 137. Determinación de la Capacidad de Carril Compartido de los Accesos de la Calle Menor de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	156	327	27	8	150	19	9	37	27	50	77	154
Capacidad, $C_{m,j}$	1266.7			775.7			143.3	152.6	452.3	240.5	279.1	643.0
Capacidad de carril compartido, CSH							200.0			388.5		

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.12 Paso 12: Determinar la Demora por Control

El retardo de control incluye el retardo debido a la desaceleración desde la velocidad del flujo libre hasta una parada en la parte posterior de la cola, el tiempo de movimiento hacia adelante en la cola, el retardo detenido en la parte delantera de la cola y el retardo debido a la aceleración de regreso al flujo libre velocidad.

Paso 12a: Calcular la Demora por Control de Movimientos de Rango 2 Hasta de Rango 4

El retardo de control promedio para cualquier movimiento menor en particular es una función de la capacidad del enfoque y el grado de saturación. Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}}\right)\left(\frac{v_x}{C_{m,x}}\right)}{450T}} \right] + 5$$

Fórmula 95. Demora por Control de Movimientos de Rango 2 Hasta de Rango 4.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d : retardo de control (s/veh),

v_x : Tasa de flujo para el movimiento x (veh/h)

$C_{m,x}$: Capacidad del movimiento x (veh/h)

T : Período de tiempo de análisis (0,25h).

La constante 5 s/veh se incluye en la fórmula anterior para explicar la desaceleración de los vehículos desde la velocidad de flujo libre hasta la velocidad de los vehículos en cola y la aceleración de los vehículos desde la línea de parada hasta la velocidad de flujo libre.

Paso 12b: Determinar la Demora de Control para Movimientos de Rango 1

El efecto de un carril compartido en el acceso de la calle principal donde los vehículos que giran a la izquierda pueden bloquear el Rango 1 de frente o los vehículos que giran a la derecha puede ser significativo. El vehículo puede bloquear los vehículos de Rango 1 detrás de él. Esto retrasará no solo los vehículos de rango 1 sino también los movimientos de rango inferior.

La demora promedio de los vehículos de rango 1 cuando el número de carriles por sentido en la calle principal es 1, se calcula con la siguiente fórmula que se muestra a continuación:

$$d_{Rank1} = (1 - p_{0,j}^*)d_{M,LT}$$

Fórmula 96. Demora por Control de Movimientos de Rango 1.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_{Rank1} : Demora por Control de los movimientos de rango 1 (s/veh);

$p_{0,j}^*$: Proporción de vehículos de rango 1 no bloqueados

$d_{M,LT}$: Demora de giros a la izquierda en la vía principal (s/veh)

A continuación, en la tabla siguiente se muestran los valores de demoras de los vehículos de los movimientos de carriles compartidos de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal:

Tabla 138. Determinación de la Demora por Control de los Carriles de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	156	327	27	8	150	19	9	37	27	50	77	154
Capacidad, Cm,j	1266.7			775.7			143.3	152.6	452.3	240.5	279.1	643.0
Capacidad de carril compartido, CSH								200.0				388.5
Relación volumen/capacidad	0.1			0.01				0.4				0.7
Retraso por control, d	9.7			11.0				33.0				35.0
Retraso de vehiculos de rango 1, dRank1		1.5	1.5		0.1	0.1						

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.13 Paso 13: Determinar la Demora por Control por Acceso e Intersección

La demora de control para todos los vehículos en un acceso particular se puede calcular como el promedio ponderado de las estimaciones de demora de control para cada movimiento en el enfoque mediante la siguiente fórmula:

$$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$$

Fórmula 97. Demora por Control en el Acceso.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_A : Demora por control en el acceso (s/veh)

d_r, d_t, d_l : Demora por control calculado para los movimientos de giro a la derecha, de frente y a la izquierda, respectivamente (s/veh);

v_r, v_t, v_l : Tasa de flujo del giro a la derecha, de frente y de giro a la izquierda en la aproximación, respectivamente (veh/h).

En el caso de carriles compartidos, la demora ya obtenida de los carriles compartidos es la demora para el acceso.

Del mismo modo, la demora de control de intersección se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_I = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$$

Fórmula 98. Demora por Control en la Intersección.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_I : Demora por control en la intersección (s/veh)

$d_{A,1}, d_{A,2}, d_{A,3}, d_{A,4}$: Demora por el control en el acceso 1, 2, 3 y 4 (s/veh),

$v_{A,1}, v_{A,2}, v_{A,3}, v_{A,4}$: Tasa de flujo en la aproximación 1, 2, 3 y 4 (veh/h).

A continuación, se muestran las demoras por acceso y por intersección, obtenidas con las fórmulas ya descritas anteriormente, para la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal en la siguiente tabla:

Tabla 139. Determinación de la Demora por Control de la Intersección y de los Accesos de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	156	327	27	8	150	19	9	37	27	50	77	154
Relación volumen/capacidad	0.1			0.01			0.4			0.7		
Retraso por control, d	9.7			11.0			33.0			35.0		
Retraso de vehiculos de rango 1, dRank1		1.5	1.5		0.1	0.1						
Retraso por control por carril, dc	4.0			0.6			33.0			35.0		
Retraso por control por intersección, dl	13.85											

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.1.14 Paso 14: Determinar el Nivel de Servicio

Para determinar el nivel de servicio hacemos uso de la tabla 7 expuesta anteriormente en el capítulo II, para la determinación se toma en cuenta los valores de la demora del control y la relación volumen – capacidad, obteniendo los siguientes niveles de servicio para la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal:

Tabla 140. Determinación del Nivel de Servicio de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Relación volumen/capacidad	0.1			0.01			0.4			0.7		
Retraso por control, d	9.7			11.0			33.0			35.0		
Retraso de vehiculos de rango 1, dRank1		1.5	1.5		0.1	0.1						
Retraso por control por carril, dc	4.0			0.6			33.0			35		
Nivel de Servicio por Acceso	A			A			D			E		
Retraso por control por intersección, dl	13.85											
Nivel de Servicio de la Inrrección	B											

Fuente: Elaboración Propia.

Al aplicar las ecuaciones 96 y 97, se supone que la demora para todos los movimientos de la calle principal de Rango 1 es 0 s/veh o son muy mínimos. Los NDS no se definen para una intersección general porque los movimientos de la calle principal con 0s de retardo generalmente dan como resultado un retardo promedio ponderado que es extremadamente bajo.

Los criterios de NDS se aplican a cada carril en un acceso determinado y a cada enfoque en la calle menor.

Entonces, los cálculos de retardo de control de intersección total se usan típicamente solo cuando se compara el retardo de control entre diferentes tipos de control de tráfico, como el control de PARE de dos vías versus el control de PARE de todas las vías.

3.6.5.2 Tablas de Cálculo del Nivel de Servicio de Intersecciones No Semaforizadas (TWSC)

Se organizaron las tablas de cálculo del nivel de servicio por módulos de la siguiente manera:

Módulo de datos de entrada, módulo de ajuste de tasas de flujo, módulo de capacidad potencial, módulo análisis de capacidad final y módulo de nivel de servicio.

Teniendo en cuenta lo anterior tenemos:

Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal

Tabla 141. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
% VEHICULOS PESADOS		FHP	PENDIENTES		ANCHO DE CARRIL		VOL. PEATONAL
				%	metros	pies	peat/h
N	5.50%	0.90	N	-6.00	4.75	15.58	84
S	16.90%		S	6.00	3.05	10.01	124
O	5.20%		O	-0.50	5.00	16.40	164
E	3.10%		E	3.00	4.05	13.29	260

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 142. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volumenes de demanda: V (veh/h)	140	294	24	7	135	17	8	33	24	45	69	139
FHP	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	156	327	27	8	150	19	9	37	27	50	77	154
Volumen peatonal, Vp	164			260			124			84		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 143. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	169			354			341			160		
Tasa de flujo en conflicto R3, vc							838			842		
Tasa de flujo en conflicto R4, vc							892			860		
Intervalo crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	7.1	6.5	6.2
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	1	1	1
Proporción de vehiculos pesados, PHV	5.20%	-	-	3.10%	-	-	16.90%	16.90%	16.90%	5.50%	5.50%	5.50%
Factor de ajuste para el grado, tc,G	1	-	-	1	-	-	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
Porcentaje de grado, G	-1	-	-	3	-	-	6	6	6	-6	-6	-6
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0.0	-	-	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Intervalo crítico por movimiento, tc,x	3.7	-	-	7.1	-	-	8.5	7.9	7.0	6.0	5.4	5.7
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4.0	3.3	3.5	4.0	3.3
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Intervalo en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.2	-	-	2.2	-	-	3.7	4.2	3.5	3.5	4.0	3.3
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	169.0	-	-	354.0	-	-	891.5	837.5	340.5	860.0	841.5	159.5
Intervalo crítico para movimientos, tc,x	3.7	-	-	7.1	-	-	8.5	7.9	7.0	6.0	5.4	5.7
Intervalo de seguimiento para movimientos, tf,x	2.2	-	-	2.2	-	-	3.7	4.2	3.5	3.5	4.0	3.3
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	1422.3	-	-	892.4	-	-	183.9	216.8	632.3	362.7	393.3	900.2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 144. Módulo de Análisis de Capacidad Final – I. Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

MODULO DE ANALISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.1			0.1			0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
Impedimento peatonal, Pp,j							0.9	0.9	0.8	0.7	0.9	0.8
Impedimento peatonal, Pp,x	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.7			0.7
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0						
x1,1+2		0.2			0.1							
p"=(p0,j)(p0,k)							0.8			0.8		
Ajuste para giro izq de la calle principal y de frente calle menor, p'							0.9			0.9		
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.8	0.7		0.7	0.7	
Capacidad, Cm,j	1266.7			775.7			143.3	152.6	452.3	240.5	279.1	643.0
Capacidad de carril compartido, CSH							200.0			388.5		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 145. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Relación volumen/capacidad	0.1			0.01					0.4			0.7
Retraso por control, d	9.7			11.0					33.0			35.0
Retraso de vehiculos de rango 1, dRank1		1.5	1.5		0.1	0.1						
Retraso por control por carril, dc		4.0			0.6			33.0			35	
Nivel de Servicio por Acceso		A			A			D			E	
Retraso por control por intersección, dl							13.85					
Nivel de Servicio de la Inrrección							B					

Fuente: Elaboración Propia.

Intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro

Tabla 146. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
	% VEHICULOS PESADOS	FHP	PENDIENTES		Ancho de carril		Volumen peatonal
				%	metros	pies	peat/h
N		0.96	N		0.00	0.00	0
S	4.30%		S	5.00	2.55	8.37	300
O	3.80%		W	-2.00	3.50	11.48	56
E	4.10%		E	2.00	3.50	11.48	220

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 147. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Volumen de demanda: V (veh/h)	0	547	64	68	499	0	32	0	15			
FHP	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96			
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	0	570	67	71	520	0	33	0	16			
Volumen peatonal, Vp		220			56			300				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 148. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
movimientos												
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	520	-	-	637	-	-				604	-	-
Tasa de flujo en conflicto R3, vc	-	-	-	-	-	-			1265.5	-	-	-
Tasa de flujo en conflicto R4, vc	-	-	-	-	-	-	1265.5			-	-	-
Progreso crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	-	-	-
Factor de ajuste para vehículos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-
Proporción de vehículos pesados, PHV	-	-	-	4.10%	-	-	4.30%		4.30%	-	-	-
Factor de ajuste para el grado, tc,G	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.1	-	-	-
Porcentaje de grado, G	-2.00	-	-	2.00	-	-	5.00	5.00	5.00	-	-	-
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0	-	-	0	-	-	0.7	0	0	-	-	-
Progreso crítico por movimiento, tc,x	4.1	-	-	4.141	-	-	7.443	7.5	6.743	-	-	-
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4	3.3	-	-	-
Factor de ajuste para vehículos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-
Avance en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.2	-	-	2.24	-	-	3.54	4	3.34	-	-	-
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	520	-	-	637	-	-	1265.5	1265.5	603.5	-	-	-
Avance crítico para movimientos menores, tc,x	4.1	-	-	4.141	-	-	7.443	7.5	6.743	-	-	-
Avance de seguimiento para movimientos menores, tf,x	2.20	-	-	2.24	-	-	3.54	4.00	3.34	-	-	-
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	1056.48	-	-	936.60	-	-	129.91		454.66	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 149. Módulo de Análisis de Capacidad Final – I. Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro.

MODULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5			3.5			3.5	3.5	3.5	-	-	-
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.0			0.3			0.1	0.2	0.2	-	-	-
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.0	0.0	0.1	-	-	-
Impedimento peatonal, Pp,j							1.0	1.0	0.9	-	-	-
Impedimento peatonal, Pp,x	1.0			0.7			0.9	0.8	0.8	-	-	-
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.7	-	-	-
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	1.0			0.9			1.0	1.0	1.0	-	-	-
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	1.0			0.9						-	-	-
x1,1+2	0.4									-	-	-
p"=(p0,j)(p0,k)							0.9			-	-	-
Ajuste de impedancia rango 2 y 3, p'							0.9			-	-	-
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.7	0.7		-	-	-
Capacidad, Cm,j	1056.5			680.5			93.0	0.0	310.9	-	-	-
Capacidad de carril compartido, CSH								120.62		-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 150. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
movimientos												
Relacion volumen/capacidad	0.0			0.10					0.41			
Demora por control, d	0.0			35					53.9			
Demora de vehiculos de rango 1, dRank1		0	0		3.6	0.0						
Demora por control por acceso, dA		0			7.4				53.9			
Nivel de Servicio por Acceso		A			A				F			
Demora por control por intersección, dl							5.5					
Nivel de Servicio de la Inrresección							A					

Fuente: Elaboración Propia.

Intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar

Tabla 151. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Cusco – Ca. Bolívar.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
ACCESO	% VEHICULOS PESADOS	FHP	PENDIENTES		Ancho de carril		Volumen peatonal
				%	metros	pies	peat/veh
N		0.95	N	-6.00	2.45	8.04	192
S	2.90%		S	6.00	2.50	8.20	224
O	3.60%		O	-2.00	4.00	13.12	160
E	2.20%		E	3.00	3.00	9.84	112

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 152. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Cusco – Ca. Bolívar.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
volumene de demanda: V (veh/h)	36	522	0	0	520	21	31	20	17			
FHP	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95			
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	38	549	0	0	547	22	33	21	18			
Volumen peatonal, Vp	112			160			224			192		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 153. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Cusco – Ca. Bolívar.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	569	-	-	549	-	-			549	-	-	-
Tasa de flujo en conflicto R3, vc	-	-	-	-	-	-		1194		-	-	-
Tasa de flujo en conflicto R4, vc	-	-	-	-	-	-	1183			-	-	-
Progreso crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	-	-	-
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-
Proporción de vehiculos pesados, PHV	3.60%	-	-	2.20%	-	-	2.90%	0.05	0.059	-	-	-
Factor de ajuste para el grado, tc,G	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.1	-	-	-
Porcentaje de grado, G	-2.00	-	-	3.00	-	-	6.00	6.00	6.00	-	-	-
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0	-	-	0	-	-	0	0	0	-	-	-
Progreso crítico por movimiento, tc,x	4.136	-	-	4.122	-	-	8.3	7.75	6.9	-	-	-
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4	3.3	-	-	-
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-
Avance en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4.0	3.4	-	-	-
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	569	-	-	549	-	-	1183.0	1194.0	549.0	-	-	-
Avance crítico para movimientos menores, tc,x	4.1	-	-	4.1	-	-	8.3	7.8	6.9	-	-	-
Avance de seguimiento para movimientos menores, tf,x	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4.0	3.4	-	-	-
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	995.4	-	-	1019.6	-	-	111.7	123.7	481.8	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 154. Módulo de Análisis de Capacidad Final – I. Av. Cusco – Ca. Bolívar.

MODULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-	-
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.2			0.2				0.1	0.1	0.1	-	-
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2								0.1	0.1	0.1	-	-
Impedimento peatonal, Pp,j								0.9	0.9	0.9	-	-
Impedimento peatonal, Pp,x	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	-	-	-
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.9	-	-	-
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0				-	-	-
x1,1+2	0.3	0.3			0.3					-	-	-
p"=(p0,j)(p0,k)								0.9		-	-	-
Ajuste de la impedancia rango 2 y 3, p'								0.9		-	-	-
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl								1.0	0.9	-	-	-
Capacidad, Cm,j	796.3			841.2			106.2	115.7	448.6	-	-	-
Capacidad de carril compartido, CSH								135.3		-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 155. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Cusco – Ca. Bolívar.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Relación Volumen/Capacidad	0.05			0.00			0.53					
Demora por control, d	21.1			0.0			58.5					
Demora de vehiculos de rango 1, dRank1	1.4 0.0			0.0 0.0								
Demora por control por acceso, dA	2.7			0.0			58.5					
Nivel de servicio del acceso	A			A			F					
Demora por control por intersección, dI							4.7					
Nivel de servicio de la intersección							A					

Fuente: Elaboración Propia.

Intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus

Tabla 156. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
ACCESOS	% VEHICULOS PESADOS	FHMD	PENDIENTES		ANCHO DE CARRIL		VOL. PEATONAL
				%	m	pies	peat/h
N	6.10%	0.92	N	-1.00	3.00	9.84	152
S	4.50%		S	0.50	3.50	11.48	244
O	4.00%		O	-2.00	4.00	13.12	156
E	3.60%		E	3.00	5.05	16.57	72

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 157. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volumenes de demanda: V (veh/h)	8	407	39	24	291	14	47	3	38	29	45	41
FHP	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Tasa deflujo de ajustado v (veh/h)	9	442	42	26	316	15	51	3	41	32	49	45
Volumen peatonal, Vp	72			156			244			152		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 158. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
Sentido del flujo vehicular	O-E			E-O			S-N			N-S		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	331	-	-	484	-	-			463			324
Tasa de flujo en conflicto R3, vc								864			878	
Tasa de flujo en conflicto R4, vc							897			879		
Progreso crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	7.1	6.5	6.2
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	1	1	1
Proporción de vehiculos pesados, PHV	4.00%	-	-	3.60%	-	-	4.50%	4.50%	4.50%	6.10%	6.10%	6.10%
Factor de ajuste para el grado, tc,G							0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
Porcentaje de grado, G	-2.00	-	-	3.00	-	-	0.50	0.50	0.50	-1.00	-1.00	-1.00
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0	-	-	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Progreso crítico por movimiento, tc,x	4.14	-	-	4.14	-	-	7.25	6.65	6.30	6.96	6.36	6.16
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4	3.3	3.5	4	3.3
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Avance en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4.0	3.3	3.6	4.1	3.4
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	331.0	-	-	484.0	-	-	897.0	864.0	463.0	878.5	877.5	323.5
Avance crítico para movimientos menores, tc,x	4.1	-	-	4.1	-	-	7.2	6.6	6.3	7.0	6.4	6.2
Avance de seguimiento para movimientos menores, tf,x	2.24	-	-	2.23	-	-	3.54	4.04	3.34	3.55	4.05	3.35
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	1217.29	-	-	1070.48	-	-	251.66	282.45	589.98	277.07	296.51	714.50

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 159. Módulo de Análisis de Capacidad – I. Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus.

MODULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.2			0.1			0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Impedimento peatonal, Pp,j							1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
Impedimento peatonal, Pp,x	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.9			1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0						
x1,1+2	0.3	0.3		0.2	0.2							
p"=(p0,j)(p0,k)							1.0			1.0		
Ajuste de impedancia rango 2y 3, p'							1.0			1.0		
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.9	0.8		1.0	0.9	
Capacidad, Cm,j	1019.5			969.1			204.3	236.8	535.6	279.3	278.0	685.8
Capacidad de carril compartido, CSH								280.39			353.47	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 160. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	OESTE			ESTE			SUR			NORTE		
	O-E			E-O			S-N			N-S		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Relación volumen/capacidad	0.01			0.02					0.3			0.4
Demora por control, d	11.8			10.9					24.3			20.7
Demora de vehiculos de rango 1, dRank1		0.1	0.1		0.4	0.4						
Demora por control por acceso, dA		0.4			1.1				24.3			20.7
Nivel de servicio del acceso		A			A				C			C
Demora por control por intersección, dl									5.13			
Nivel de servicio de la intersección									A			

Fuente: Elaboración Propia.

Intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu

Tabla 161. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
ACCESO	% VEHÍCULOS PESADOS	FHP	PENDIENTES		ANCHO DE CARRIL		VOLUMEN PEATONAL
				%	metros	pies	peat/h
O	10.00%	0.93	O	3.00	5.05	16.57	48
E	4.00%		E	-2.00	4.00	13.12	32
N	12.50%		N	-1.00	3.00	9.84	52
S	14.10%		S	0.50	3.50	11.48	38

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 162. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	NORTE			SUR			OESTE			ESTE		
	N-S			S-N			O-E			E-O		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Volumen de demanda : V (veh/h)	38	113	41	2	166	37	7	2	1	8	55	26
FHP	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	41	122	44	2	178	40	8	2	1	9	59	28
Volumen peatonal, Vp		52			38			32			48	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 163. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	NORTE			SUR			OESTE			ESTE		
	N-S			S-N			O-E			E-O		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	218	-	-	166	-	-			144			198
Tasa de flujo en conflicto R3, vc		-	-		-	-		448			450	
Tasa de flujo en conflicto R4, vc		-	-		-	-	462			429.5		
Progreso crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	7.1	6.5	6.2
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	1	1	1
Proporción de vehiculos pesados, PHV	12.50%	-	-	14.10%	-	-	4.00%	4.00%	4.00%	10.00%	10.00%	10.00%
Factor de ajuste para el grado, tc,G		-	-		-	-	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
Porcentaje de grado, G	-1.00	-	-	0.50	-	-	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	3.00	3.00
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0	-	-	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Progreso crítico por movimiento, tc,x	4.225	-	-	4.241	-	-	6.74	6.14	6.04	7.8	7.2	6.6
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4	3.3	3.5	4	3.3
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Avance en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.31	-	-	2.33	-	-	3.54	4.04	3.34	3.59	4.09	3.39
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	218	-	-	166	-	-	462	448	144	429.5	450	198
Avance crítico para movimientos menores, tc,x	4.2	-	-	4.2	-	-	6.7	6.1	6.0	7.8	7.2	6.6
Avance de seguimiento para movimientos menores, tf,x	2.3	-	-	2.3	-	-	3.5	4.0	3.3	3.6	4.1	3.4
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	1291.70	-	-	1341.79	-	-	533.28	528.47	905.33	486.13	457.10	809.68

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 164. Módulo de Análisis de Capacidad Final – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu.

MODULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	NORTE			SUR			OESTE			ESTE		
	N-S			S-N			O-E			E-O		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5			3.5			3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.0			0.0			0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Impedimento peatonal, Pp,j							0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Impedimento peatonal, Pp,x	1.0			1.0			1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									0.9			1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	1.0			1.0			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Probabilidad del giro izquierda sin cola en carril compartido, p*o,j	1.0			1.0								
x1,1+2	0.1			0.1								
p"=(p0,j)(p0,k)							1.0			1.0		
Ajuste de impedancia rango 2 y 3, p'							1.0			1.0		
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.9	0.9		0.9	0.9	
Capacidad, Cm,j	1243.3			1295.3			473.4	466.8	840.5	420.1	424.9	782.6
Capacidad de carril compartido, CSH								491.62			489.64	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 165. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	NORTE			SUR			OESTE			ESTE		
	N-S			S-N			O-E			E-O		
Sentido del flujo vehicular	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Movimientos												
Relación Volumen/capacidad	0.03			0.00				0.02			0.20	
Demora por control, d	8.47			8.35				12.49			14.14	
Demora de vehiculos de rango 1, dRank1		0.31	0.31		0.01	0.01						
Demora por control por acceso, dA		1.93			0.09			12.49			14.14	
Nivel de servicio del acceso		A			A			B			B	
Demora por control por intersección, dI							3.58					
Nivel de servicio de la intersección							A					

Fuente: Elaboración Propia.

Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa

Tabla 166. Módulo de Datos de Entrada – I. Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

MODULO DE DATOS DE ENTRADA							
% VEHÍCULOS PESADOS		FHMD	PENDIENTES		ANCHO DE CARRIL		VOLUMEN PEATONAL
				%	metros	pies	
S	-	0.80	S	-	-	-	-
N	32.00%		N	-2.00	2.55	8.37	48
E	13.00%		E	4.00	3.50	11.48	28
O	20.00%		O	-4.00	3.50	11.48	20

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 167. Módulo de Ajuste de Tasas de Flujo – I. Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

MODULO DE AJUSTE DE TASAS DE FLUJO												
ACCESOS	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
Sentido del flujo vehicular	E-O			O-E			N-S			S-N		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volumen de demanda : V (veh/h)	0	331	91	111	215	0	27	0	86			
FHP	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80			
Tasa de flujo de ajustado v (veh/h)	0	414	114	139	269	0	34	0	108			
Volumen peatonal, Vp	28			20			48					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 168. Módulo de Capacidad Potencial – I. Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

MODULO DE CAPACIDAD POTENCIAL												
ACCESOS	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
Sentido del flujo vehicular	E-O			O-E			N-S			S-N		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Tasa de flujo en conflicto R2, vc	269	-	-	528	-	-				471	-	-
Tasa de flujo en conflicto R3, vc		-	-		-	-		1018			-	-
Tasa de flujo en conflicto R4, vc		-	-		-	-	1018				-	-
Progreso crítico base, tc,base	4.1	-	-	4.1	-	-	7.1	6.5	6.2	-	-	-
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tc,HV	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-
Proporción de vehiculos pesados, PHV		-	-	20.00%	-	-	32.00%		32.00%	-	-	-
Factor de ajuste para el grado, tc,G		-	-		-	-	0.2		0.1	-	-	-
Porcentaje de grado, G	4.00	-	-	-4.00	-	-	-2.00	-2.00	-2.00	-	-	-
Factor de ajuste para la geometría de la intersección, t3,LT	0	-	-	0	-	-	0.7	0	0	-	-	-
Progreso crítico por movimiento, tc,x	4.1	-	-	4.3	-	-	6.3	6.1	6.3	-	-	-
Progreso base, tf,base	2.2	-	-	2.2	-	-	3.5	4.0	3.3	-	-	-
Factor de ajuste para vehiculos pesados, tf,HV	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-
Avance en seguimiento para el movimiento, tf,x	2.2	-	-	2.4	-	-	3.8	4.0	3.6	-	-	-
Caudal conflictivo para el movimiento, vc,x	269.0	-	-	528.0	-	-	1018.0	1018.0	471.0	-	-	-
Avance crítico para movimientos menores, tc,x	4.1	-	-	4.3	-	-	6.3	6.1	6.3	-	-	-
Avance de seguimiento para movimientos menores, tf,x	2.2	-	-	2.4	-	-	3.8	4.0	3.6	-	-	-
Capacidad potencial de movimiento, Cp,x	1306.3	-	-	953.7	-	-	259.3		549.9	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 169. Módulo de Análisis de Capacidad Final – I. Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

MODULO DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD FINAL												
ACCESOS	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
Sentido del flujo vehicular	E-O			O-E			N-S			S-N		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Velocidad de caminata peatonal, Sp	3.5			3.5			3.5	3.5	3.5			
Factor de bloqueo peatonal, fbp 1	0.0			0.0			0.0	0.0	0.0			
Factor de bloqueo peatonal, fbp 2							0.0	0.0	0.0			
Impedimento peatonal, Pp,j							1.0	1.0	1.0			
Impedimento peatonal, Pp,x	1.0			1.0			1.0	1.0	1.0			
Factor de ajuste de capacidad, f9 y f12									1.0			
Probabilidad del giro izquierda sin cola, po,j	1.0			0.8			1.0	1.0	1.0			
Probabilidad del giro izquierda sin cola carril compartido, p*o,j	1.0			0.8								
x1,1+2	0.3			0.1								
p*=(p0,j)(p0,k)							0.8					
Ajuste de impedancia rango 2 y 3, p'							0.9					
Factor de ajuste de capacidad R3, fk; R4, fl							0.8	0.8				
Capacidad, Cm,j	1306.3			912.0			202.2	0.0	525.3			
Capacidad de carril compartido, CSH								380.0				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 170. Módulo de Nivel de Servicio – I. Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa.

MODULO DE NIVEL DE SERVICIO												
ACCESOS	ESTE			OESTE			NORTE			SUR		
Sentido del flujo vehicular	E-O			O-E			N-S			S-N		
Movimientos	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Relación volumen/capacidad	0			0.15			0.4					
Demora por control, d	0.00			12.10			36.37			23.62		
Demora de vehiculos de rango 1, dRank1	0.00			0.00			1.84			0.00		
Demora por control por acceso, dA	0.00			5.34			26.67					
Nivel de servicio del acceso	A			A			D					
Demora por control por intersección, dI	5.5											
Nivel de servicio de la intersección	A											

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5.3 Análisis de la Prueba

- El nivel de servicio A determinado para la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal (ver el procedimiento desde la página 295 en adelante), esta marcadamente influenciado por los niveles de servicio de la calle mayor porque tienen tasas de flujo mayores, en este caso el acceso oeste de Av. Cusco y el acceso este de la Ca. Alemania Federal, estos niveles de servicio A responden a que los movimientos de frente y hacia la derecha en estos accesos tienen la preferencia por encima de todos los demás movimientos restantes en los accesos de la intersección, por lo que las demoras para estos accesos son mínimas como se muestra en la tabla 145.
- Por otro lado, los accesos de menor prioridad como del acceso norte de la Av. Cusco y acceso Sur de la Ca. Los Geranios tienen niveles de servicio D (ver el procedimiento desde la página 305 en adelante), es resultado del flujo conflictivo que presentan por los demás movimientos, sobre todo el de los accesos mayores y del flujo peatonal que generan demoras que afectan directamente a los niveles de servicio como se muestran en las tablas 142, 143, 144 y 145.
- La relación volumen – capacidad que también determina al nivel de servicio, en estos casos son menores a la unidad, por lo tanto, no influyen negativamente como se muestran en la tabla 145.

3.6.6 Determinación del Nivel de Servicio de Segmentos Urbanos

La metodología de determinación del nivel de servicio para segmentos urbanos está basada en la metodología del HCM2010. Los segmentos urbanos en los que se dividieron la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyro Tupac se muestran en la siguiente figura:

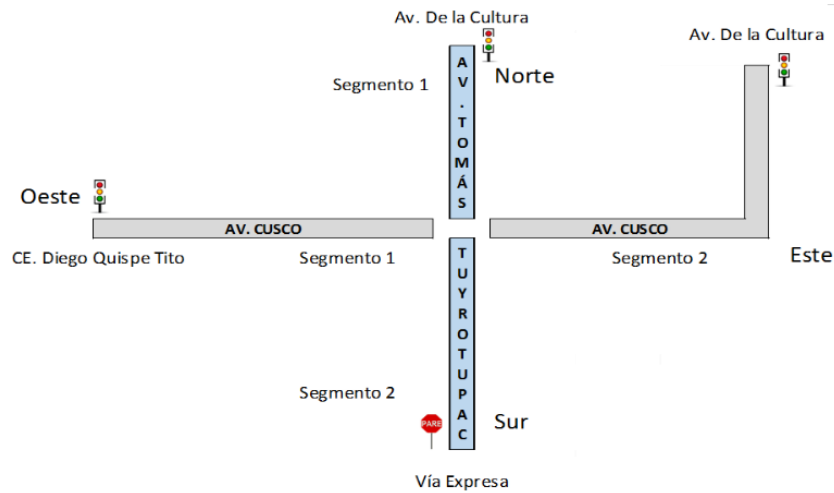


Figura 117. Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Fuente: Elaboración Propia.

De la figura anterior tenemos:

Av. Cusco en dirección de Oeste a Este

- Segmento I

Inicio: Semáforo Peatonal (Colegio Diego Quispe Tito).

Fin: Intersección Semaforizada de la Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac.

- Segmento II

Inicio: Intersección Semaforizada de la Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac.

Fin: Intersección Semaforizada de la Av. Cusco - Av. De la Cultura.

Av. Tomás Tuyo Tupac en dirección de Norte a Sur

- Segmento I

Inicio: Intersección Semaforizada de la Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura.

Fin: Intersección Semaforizada de la Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac.

- Segmento II

Inicio: Intersección Semaforizada de la Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac.

Fin: Intersección No Semaforizada de la Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa.

A continuación, se muestra el procedimiento usando como ejemplo la aplicación efectuada para el Segmento I de la Av. Cusco en ambas direcciones con los datos recopilados en este capítulo:

3.6.6.1 Procedimiento para la Determinación del Nivel de Servicio de Segmentos Urbanos

El procedimiento se basa en los datos obtenidos anteriormente en la recolección de datos:

3.6.6.1.1 Paso 1: Datos de Entrada

Tabla 171. Datos de Entrada – Segmento I – Dirección O–E de la Av. Cusco.

DATOS AV. CUSCO SEGMENTO I DIRECCIÓN O-E										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			Berma central		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	49.21		Proporción	0.00	km/h	30	m	3.49
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	pies	11.46
metros	890.00	derecho (Nap,s)	1		Proporción	1.00	Reductor vel.	3		
pies	2919.95	izquierdo (Nap,o)	2						Periodo (T)	0.25 h
		Puntos/carril	6	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2 seg

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 172. Datos de Entrada – Segmento I – Dirección E–O de la Av. Cusco.

DATOS AV. CUSCO SEGMENTO I DIRECCIÓN E-O										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			BERMA CENTRAL		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	64.63		Proporción	0.00	km/h	30	m	3.49
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	pies	11.46
metros	900.70	derecho (Nap,s)	1		Proporción	1.00	Reductor vel.	3		
pies	2955.05	izquierdo (Nap,o)	1						Periodo (T)	0.25 h
		Puntos/carril	4	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2 seg

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla anterior, cabe resaltar que las longitudes del segmento para cada dirección son diferentes, puesto que se considera que el inicio del segmento por cada sentido empieza en la línea de pare para la señal de la semaforización en la vía y termina en la línea de pare en el sector final. En el inicio del segmento para cada dirección, después de la línea de pare, está presente y se considera el ancho de la intersección (distancia de la línea de pare hasta el semáforo), mientras que en el final del segmento no se considera el ancho de la intersección final ya que esta posterior a la línea de pare. La diferencia se produce porque en el sentido de O-E, el ancho de la intersección es diferente del ancho considerado para la dirección E-O ya que son intersecciones diferentes.

Las longitudes de segmento son diferentes para cada sentido en todos los segmentos de las dos avenidas de estudio.

3.6.6.1.2 Paso 2: Ajustar la Demanda de Tráfico

Teniendo en cuenta la configuración mostrada en la figura 117, tenemos que, para el segmento en sentido O-E, se procede a colocar las tasas de flujo de entrada en la intersección de entrada, las tasas de flujo de salida en la intersección de salida y las tasas de flujo que entran y salen en los puntos de acceso para el segmento. Estas tasas de flujo de demanda son obtenidas con la metodología de intersecciones, haciendo el ajuste con el FHP a los flujos de demanda ya obtenidos en los aforos vehiculares.

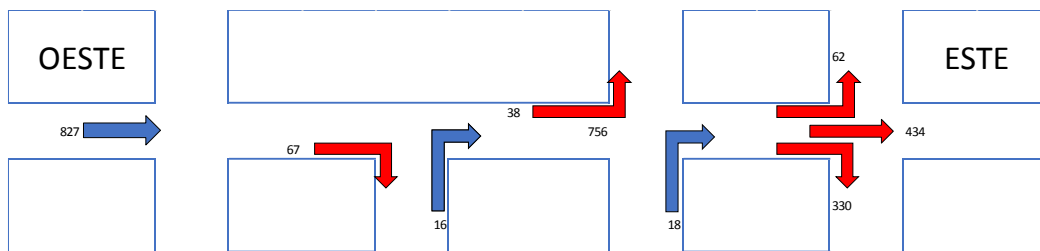


Figura 118. Demanda de Tráfico para Dirección O-E del Segmento I de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

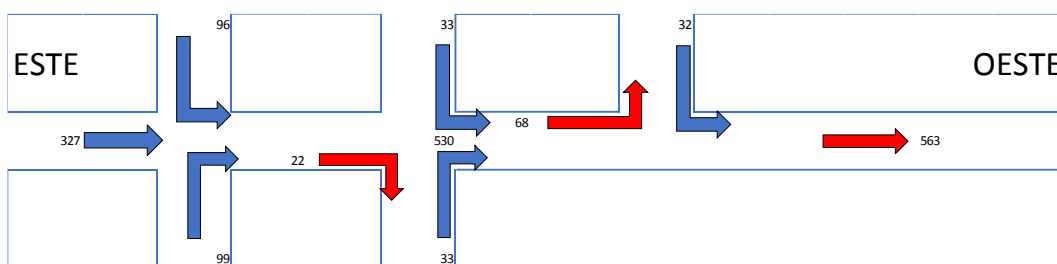


Figura 119. Demanda de Tráfico para Dirección E-O del Segmento I de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

Ahora se procede a ajustar las tasas de flujo de demanda, para esto, la sumatoria de la tasa de flujo de entrada (en flechas azules), debe ser igual a la sumatoria de la tasa de flujo de salida (en flechas rojas). Si no se da la igualdad, se procede a calcular el factor de ajuste, que es la relación de la tasa de flujo de salida dividido entre la tasa de flujo de entrada, y, por último, este factor se multiplica a cada tasa de flujo de entrada.

Las tasas de flujo de demanda ajustadas se organizaron en las siguientes tablas de volúmenes origen y destino, la distribución de los volúmenes de origen se obtuvo mediante proporciones de los volúmenes de destino.

Tabla 173. Tasas de Flujo de Demanda Ajustado en la Dirección O-E del Segmento I de la Av. Cusco.

Volumen de origen por movimiento (veh/h)				Volumen de destino veh/h	
Izquierda	De Frente	Derecha	Punto de Acceso	Movimiento	Volumen total
0	59	0	3	Izquierda	62
0	416	0	18	De Frente	434
0	316	0	14	Derecha	330
0	101	0	4	Punto de Acceso	105
0	893	0	38	Total	931

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 174. Tasas de Flujo de Demanda Ajustado en la Dirección E-O del Segmento I de la Av. Cusco.

Volumen de origen por movimiento (veh/h)				Volumen de destino veh/h	
Izquierda	De Frente	Derecha	Punto de Acceso	Movimiento	Volumen total
0	0	0	0	Izquierda	0
87	297	90	89	De Frente	563
0	0	0	0	Derecha	0
14	48	14	14	Punto de Acceso	90
101	344	104	103	Total	653

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.3 Paso 3: Determinar la Velocidad de Flujo Libre

La determinación de la velocidad de flujo libre se basa en el cálculo de la velocidad de flujo libre de la base y un factor de ajuste para el espaciado de la señal.

Paso 3a: Determinar la Velocidad de Flujo Libre Base

La velocidad de flujo libre base se define como la velocidad de flujo libre en segmentos que están influenciados por el límite de velocidad, la densidad de puntos de acceso, el tipo de mediana y la presencia de acera. Se calcula usando la siguiente fórmula:

$$S_{f0} = S_0 + f_{CS} + f_A$$

Fórmula 99. Velocidad Base de Flujo Libre.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

 S_{f0} : Velocidad base de flujo libre (mi/h) S_0 : Constante de velocidad (mi/h) f_{CS} : Ajuste por la sección transversal (mi/h) f_A : Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

Los factores utilizados en la fórmula anterior son calculados con las siguientes fórmulas:



Constante de Velocidad

$$S_0 = 25.6 + 0.47S_{pl}$$

Fórmula 100. Constante de Velocidad.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

 S_0 : Constante de velocidad (mi/h) S_{pl} : Límite de velocidad publicado (mi/h)

Ajuste por la Sección Transversal

$$f_{CS} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}$$

Fórmula 101. Ajuste por la Sección Transversal.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

 f_{CS} : Ajuste por la sección transversal (mi/h) p_{rm} : Proporción de la longitud del segmento con la berma central (decimal) p_{curb} : Proporción del segmento con la acera en el lado derecho (decimal)

Ajuste por Puntos de Acceso

$$f_A = -0.078D_a/N_{th}$$

Con

$$D_A = \frac{5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})}{L - W}$$

Fórmula 102. Ajuste por Puntos de Acceso.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

 f_A : Ajuste para puntos de acceso (mi/h) D_A : Densidad del punto de acceso en el segmento (puntos/mi) N_{th} : Número de carriles de paso en el segmento en la dirección de viaje (mi/h) L : Longitud del segmento en la dirección de viaje (pies)

w: Ancho de la intersección semaforizada (pies)

A continuación, en la siguiente tabla, se muestran los valores obtenidos de la velocidad de flujo libre base con la aplicación de la fórmula 98 antes descrita:

Tabla 175. Determinación de la Velocidad Base de Flujo Libre del Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Velocidad constante, S_o	34.36	34.36
Factor de ajuste para sección transversal, f_{cs}	-0.47	-0.47
Factor de ajuste para puntos de acceso, f_A	-0.5	-0.3
Velocidad base de flujo libre, S_{fo} (mi/h)	33.42	33.58

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 3b: Determinar el Ajuste por el Espaciamiento de las Intersecciones

Se ha encontrado que los segmentos más cortos tienen una velocidad de flujo libre más lenta, la siguiente fórmula se usa para calcular el valor de un factor de ajuste que tenga en cuenta esta influencia:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_S, 400)} \leq 1.0$$

Fórmula 103. Factor de Ajuste por Espaciamiento de las Intersecciones.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

f_L : Factor de ajuste del espaciamiento de las intersecciones

S_{fo} : Velocidad base de flujo libre (mi/h)

L_S : Distancia entre intersecciones (pies)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 176. Determinación del Ajuste por el Espaciamiento de las Intersecciones del Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Velocidad base de flujo libre, S_{fo} (mi/h)	33.42	33.58
Factor de ajuste por espaciamiento de semáforos, f_L	1.00	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 3c: Calcular la Velocidad de Flujo Libre

La velocidad de flujo libre se calcula usando la siguiente fórmula sobre la base de las estimaciones de la velocidad de flujo libre de la base y el factor de ajuste del espaciado de la señal:

$$S_f = S_{f0} f_L$$

Fórmula 104. Velocidad de Flujo libre.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h)

S_{f0} : Velocidad de base flujo libre (mi/h)

f_L : Factor de ajuste por el espaciado de las intersecciones

A continuación, se muestran en la siguiente tabla los cálculos del ajuste de velocidad de flujo libre:

Tabla 177. Determinación de la Velocidad de Flujo Libre del Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje		
Velocidad base de flujo libre, S_{f0} (mi/h)	33.42	33.58
Factor de ajuste por espaciado de semáforos, f_L	1.00	1.00
Velocidad de flujo libre, S_f (mi/h)	33.3	33.5

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.4 Paso 4: Determinar el Ajuste para la Proximidad del Vehículo

El factor de ajuste de proximidad ajusta el tiempo de ejecución de flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad del tráfico. El ajuste da como resultado un aumento en el tiempo de ejecución (y la correspondiente reducción en la velocidad) con un aumento en el volumen. La reducción en la velocidad es el resultado de avances más cortos asociados con el mayor volumen y la propensión de los conductores a ser más cautelosos cuando los avances son cortos. Este factor se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}}$$

Fórmula 105. Factor de Ajuste de Proximidad.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

f_v : Factor de ajuste de proximidad

v_m : Tasa de flujo medio del segmento (veh/h)

N_{th} : Número de carriles de paso en el segmento en la dirección de viaje

S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h)

A continuación, se muestran en la siguiente tabla los cálculos del ajuste de proximidad:

Tabla 178. Determinación del Ajuste de Proximidad del Vehículo para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Velocidad de flujo libre, S_f (mi/h)	33.3	33.3
Tasa de flujo medio, v_m	931	653
Factor de ajuste por proximidad, f_v	1.4	1.2

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.5 Paso 5: Determinar la Demora Debida a los Vehículos que Giran a la Derecha

Un vehículo que gira a la derecha desde la calle principal hacia un punto de acceso a menudo retrasa a los vehículos que lo siguen. Los vehículos que van de frente se retrasan porque tienen que reducir la velocidad para evitar una colisión con el vehículo que se detiene, el primero de los cuales tiene una velocidad reducida para evitar una colisión con el vehículo que gira a la derecha. Este retraso puede durar varios segundos para los primeros a través de los vehículos, pero siempre disminuirá a valores insignificantes para los vehículos siguientes a medida que disminuya la necesidad de reducir la velocidad.

Para el cálculo del tiempo de funcionamiento, este retraso se debe promediar a través de todos los vehículos que viajan en la dirección del sujeto. La demora media resultante se calcula usando la siguiente fórmula:

$$d_{ap,r} = 0.67 d_{t|r} \frac{P_{rt}}{1 - P_{lt} - P_{rt}}$$

Fórmula 106. Demora Media Debida a los Vehículos que Giran a la Derecha.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$d_{ap,r}$: Demora media debida a los vehículos que giran a la derecha (s/veh)



$d_{t|r}$: Demora debida a los vehículos que giran a la derecha (s/veh).

P_{rt} : Proporción de giros a la derecha en el segmento (decimal)

P_{lt} : Proporción de giros a la izquierda en el segmento (decimal)

A continuación, se describe la determinación de los parámetros para el cálculo de la demora media debida a giros a la derecha:

Paso 5a: Calcular la Velocidad Mínima para el Primer Vehículo en Seguimiento

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$u_m = 1.47S_f - r_d(H_1 - h_{\Delta < h < H_1}) \geq u_{rt}$$

Con

$$h_{\Delta < h < H_1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_1 e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}$$

$$H_1 = \frac{1.47S_f - u_{rt}}{r_d} + t_{cl} + \frac{L_h}{1.47S_f} \geq \Delta$$

$$\lambda = \frac{1}{1/q_n - \Delta}$$

$$q_n = \frac{v_n}{3600 \times N_{th}}$$

Fórmula 107. Velocidad Mínima para el Primer Vehículo en Seguimiento.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

u_m : Velocidad mínima del primer en seguimiento (ft/s)

u_{rt} : Velocidad de giro a la derecha = 10 (ft/s)

S_f : Velocidad de flujo libre (mi/h)

$h_{\Delta < h < H_1}$: Tiempo de espaciamiento medio para intervalos entre Δ y H_1 (s/veh)

Δ : Tiempo del flujo de vehículos agrupados = 1.5 (s/veh)

H_1 : Tiempo de espaciamiento máximo del primer vehículo en cola (s/veh)

r_d : Tasa de desaceleración = 6.7 (ft/s²)

t_{cl} : Tiempo de despeje del vehículo giro a la derecha = 0.6 (s)

L_h : Espacio medio entre vehículos en la cola estacionaria = 25 (ft/veh)

λ : Parámetro de velocidad de flujo (veh/s)

q_n : Flujo de carril exterior (veh/s)

v_n : Tasa de flujo para el carril exterior (veh/h/carril)

A continuación, se muestran los valores calculados en la siguiente tabla:

Tabla 179. Determinación de la Velocidad Mínima para el Primer Vehículo en Seguimiento para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	0.15	0.40
Flujo de carril exterior, q_n	0.19	1.01
Parámetro de la tasa de flujo, λ	6.9	7.0
Tiempo de espaciamiento máximo del primer vehículo en cola, $H1$	3.8	2.5
Tiempo de espaciamiento medio para intervalos entre Δ y $H1$, $h\Delta < h < H1$	27.7	19.1
Velocidad mínima del primer vehículo en seguimiento, u_m		

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 5b: Calcular la Demora del Primer Vehículo en Seguimiento

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_1 \frac{(1.47S_f - u_m)^2}{2(1.47S_f)} \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_a} \right)$$

Fórmula 108. Demora del Primer Vehículo en Seguimiento.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_1 : Demora del primer vehículo en seguimiento (s/veh)

r_a : Índice de aceleración = 3.5 (ft/s²)

A continuación, se muestran los valores calculados en la siguiente tabla:

Tabla 180. Determinación de la Demora del Primer Vehículo en Seguimiento para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	27.7	19.1
Velocidad mínima del primer vehículo en seguimiento, u_m	2.01	4.01
Demora del primer vehículo en seguimiento, $d1$		

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 5c: Calcular la Demora de los Posteriores Vehículos en Seguimiento

Este paso debe realizarse para el segundo y posteriores vehículos en seguimiento hasta que el retraso calculado para el vehículo i sea menor a 0.1 s. Esta demora se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_i = d_{i-1} - (h_{\Delta < h < H_i} - \Delta)$$

Con

$$h_{\Delta < h < H_i} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_i e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}$$

$$H_i = d_{i-1} + \Delta$$

Fórmula 109. Demora de los Posteriores Vehículos en Seguimiento.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_i : Demora del segundo vehículo en seguimiento (s/veh)

i : 2, 3, 4, ...

A continuación, se muestran los cálculos efectuados en la siguiente tabla:

Tabla 181. Determinación de la Demora de los Posteriores Vehículos en Seguimiento para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Tiempo de espaciamiento máximo de el segundo vehículo en cola, H2	3.5	5.5
Tiempo de espaciamiento medio, $h_{\Delta < h < H2}$	2.4	2.4
Demora del segundo vehiculo en seguimiento, d2	1.07	3.10
Tiempo de espaciamiento máximo de el tercer vehículo en cola, H3	2.6	4.6
Tiempo de espaciamiento medio, $h_{\Delta < h < H3}$	2.0	2.3
Demora del tercer vehiculo en seguimiento, d3	0.55	2.25
Tiempo de espaciamiento máximo de el cuarto vehículo en cola, H4	2.1	3.8
Tiempo de espaciamiento medio, $h_{\Delta < h < H4}$	1.8	2.2
Demora del cuarto vehiculo en seguimiento, d4	0.28	1.52
Tiempo de espaciamiento máximo de el quinto vehículo en cola, H5	1.8	3.0
Tiempo de espaciamiento medio, $h_{\Delta < h < H5}$	1.6	2.2
Demora del quinto vehiculo en seguimiento, d5	0.14	0.80
Tiempo de espaciamiento máximo de el sexto vehículo en cola, H6	1.6	2.3
Tiempo de espaciamiento medio, $h_{\Delta < h < H6}$	1.6	1.8
Demora del sexto vehiculo en seguimiento, d6	0.07	0.45

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra la repetición del paso 5c hasta $i = 6$, donde la demora es 0.07s que es menor a 0.1s.

Paso 5d: Calcular la Demora del Vehículo en Seguimiento por Maniobra del Giro a la Derecha

El retraso del vehículo a través de los dos primeros vehículos se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$d_{t|r} = d_1(1 - e^{-\lambda(H_1-\Delta)})(1 - P_R) + d_2(1 - e^{-\lambda(H_1-\Delta)})(1 - e^{-\lambda(H_2-\Delta)})(1 - P_R)^2$$

Fórmula 110. Demora del Vehículo en Seguimiento por Maniobra del Giro a la Derecha para los Dos Primeros Vehículos.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$d_{t|r}$: Demora del vehículo en seguimiento por maniobra de giro a la derecha (s/veh)

P_R : Proporción de giros a la derecha en el carril exterior (decimal) se calcula con la fórmula 117.

Si se retrasan tres o más vehículos, se debe agregar un término adicional a la fórmula anterior para cada vehículo subsiguiente. En este caso se puede usar la siguiente fórmula para calcular la demora para cualquier cantidad de vehículos.

$$d_{t|r} = \sum_{j=1}^i (1 - e^{-\lambda(H_j-\Delta)}) \chi (1 - P_R)^i$$

Fórmula 111. Demora del Vehículo en Seguimiento por Maniobra del Giro a la Derecha para Cualquier Número de Vehículos.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 182. Determinación de la Demora del Vehículo en Seguimiento por Maniobra del Giro a la Derecha para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Proporción de giros a la derecha en el carril exterior, PR	0.13	0.04
Demora vehicular por maniobra de giro a la derecha, $dt r$ (s/veh)	1.31	10.16

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 5e: Determinar la Demora Debida a los Vehículos que Giran a la Derecha

Este paso se calcula con la fórmula 106 descrita anteriormente. A continuación, se muestran los valores de demora calculados en la siguiente tabla:

Tabla 183. Determinación de la Demora Debida a los Vehículos que Giran a la Derecha para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje		
Demora vehicular por maniobra de giro a la derecha, $dt r$ (s/veh)	1.31	10.16
Proporción de giros a la derecha en el segmento P_{rt}	0.13	0.04
Proporción de giros a la izquierda en el segmento P_{lt}	0.05	0.12
Demora media por giro a la derecha, $d_{ap,r}$ (s/veh)	0.13	0.32

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.6 Paso 6: Determinar la Demora Debida a los Vehículos que Giran a la Izquierda

Para los vehículos que giren a la izquierda, la demora se produce cuando los siguientes vehículos deben esperar en cola mientras el vehículo que está adelante ejecuta una maniobra de giro a la izquierda en la intersección del punto de acceso. Este retraso finaliza cuando el vehículo gira a la izquierda o el vehículo que va de frente se une al carril adyacente. Esta demora se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_{ap,l} = p_{ov} d_{t,1} \left(\frac{1}{P_L} - 1 \right) \frac{P_{lt}}{1 - P_{lt} - P_{rt}}$$

Fórmula 112. Demora Media Debida a los Vehículos que Giran a la Izquierda.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$d_{ap,l}$: demora media debida a los vehículos que giran a la izquierda (s/veh)

p_{ov} : Probabilidad de desbordamiento de la bahía de giro a la izquierda (decimal)

$d_{t,1}$: Demora promedio para vehículos en el carril interior (s/veh)

P_L : Proporción de giros a la derecha en el carril compartido (decimal)

P_{rt} : Proporción de giros a la derecha en el segmento (decimal)

P_{lt} : Proporción de giros a la izquierda en el segmento (decimal)

A continuación, se describe la determinación de los parámetros para el cálculo de la demora media debida a giros a la izquierda:

Paso 6a: Calcular la Probabilidad de un Cambio de Carril

Este parámetro se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{lc} = 1 - \left(\left[2 \frac{v_{app}}{S_{lc}} \right] - 1 \right)^2 \geq 0.0$$

Con

$$v_{app} = \frac{v_{lt} + v_{th} + v_{rt}}{N_{sl} + N_t + N_{sr}}$$

$$S_{lc} = 3600/t_{lc}$$

Fórmula 113. Probabilidad de Cambio de Carril en Carriles que Van de Frente.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

P_{lc} : Probabilidad de cambio de carril en carriles que van de frente

v_{app} : Tasa de flujo de demanda promedio por carril que ingresa (veh/h/carril)

S_{lc} : Tasa máxima de flujo en la que puede ocurrir un cambio de carril (veh/h/ln)

t_{lc} : Tiempo crítico de cambio de carril = 3.7 (s)

v_{lt} : Tasa de flujo de demanda del giro a la izquierda (veh/h)

v_{lh} : Tasa de flujo de demanda del movimiento de frente (veh/h)

v_{rt} : Tasa de flujo de demanda del giro a la derecha (veh/h)

N_{sl} : Número de carriles compartidos de giro a la izquierda y de frente

N_t : Número de carriles exclusivos para movimiento de frente

N_{sr} : Número de carriles compartidos de giro a la izquierda y de frente

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 184. Determinación de la Probabilidad de Cambio de Carril para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje		
Tasa de flujo promedio de la demanda por carril de paso, V_{app}	894	550
Probabilidad de un cambio de carril, P_{lc}	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia.



En la tabla anterior se observan que los valores de probabilidad de cambio de carril son cero, porque la Av. Cusco cuenta con un solo carril para cada sentido, por lo tanto, el cambio de carril es nulo.

Paso 6b: Calcular el Equivalente de Vehículo que Va de Frente para el Vehículo de Giro a la Izquierda

Este parámetro se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E_{L1} = \frac{1800}{c_l}$$

Con

$$c_l = \frac{v_o e^{-v_o t_{cg}/3600}}{1 - e^{-v_o t_{fh}/3600}}$$

Fórmula 114. Número Equivalente de Vehículos que Van de Frente para el Vehículo de Giro a la Izquierda.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

E_{L1} : Número equivalente de vehículos que van de frente para el vehículo de giro a la izquierda

c_l : Capacidad de un movimiento de giro a la izquierda con la operación permitida de giro a la izquierda (veh/h)

v_o : Tasa de flujo de demanda opuesta (veh/h)

t_{fh} : Tiempo en seguimiento (4.5 si el giro a la izquierda del sujeto se sirve en un carril compartido, 2.5 si el giro a la izquierda del sujeto se sirve en un carril exclusivo)

t_{cg} : Intervalo crítico entre dos vehículos que avanzan en la misma dirección = 4.5 (s)

A continuación, se muestran los valores del equivalente de vehículo que va de frente para el vehículo de giro a la izquierda en la siguiente tabla:

Tabla 185. Determinación del Número Equivalente de Vehículos que Van de Frente para el Vehículo de Giro a la Izquierda para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Tasa de flujo de demanda opuesta, Vo	563	826
Capacidad de giro a la izquierda permitida, CL	551	457
Calcular el equivalente para un vehículo que gira a la izquierda, EL1	3.3	3.9

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6c: Calcular el Equivalente Modificado para el Vehículo que Va de Frente

Este parámetro se calcula con las siguientes fórmulas:

$$E_{L1,m} = (E_{L1} - 1)P_{lc} + 1$$

$$E_{R,m} = (E_{R,ap} - 1)P_{lc} + 1$$

Fórmula 115. Equivalente Modificado para el Vehículo que Va de Frente para Vehículos que Giran a la Izquierda y Derecha.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$E_{L1,m}$: Número equivalente modificado de vehículos que van de frente para el vehículo de giro a la izquierda

$E_{R,m}$: Número equivalente modificado de vehículos que van de frente para el vehículo de giro a la derecha

$E_{R,ap}$: Número equivalente de vehículos pasantes para un vehículo de giro a la derecha en un punto de acceso = 2.20

A continuación, se muestran los valores del equivalente modificado de vehículo que va de frente para el vehículo de giro a la izquierda y derecha en la siguiente tabla:

Tabla 186. Determinación del Número Equivalente Modificado de Vehículos que Van de Frente para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Probabilidad de un cambio de carril, Plc	0.00	0.00
Calcular el equivalente para un vehículo que gira a la izquierda, EL1	3.3	3.9
Vehículo equivalente modificado para un giro a la izquierda, EL1,m	1.0	1.0
Vehículo equivalente modificado para un giro a la derecha, ER,m	1.0	1.0

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6d: Calcular la Proporción de Giros a la Izquierda en el Carril Interior

Este parámetro se calcula con las siguientes fórmulas:

$$P_L = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 I_t R c}}{2 I_t R} \leq 1.0$$

Con

$$b = R - P_{lt} [I_t + (N_{sl} + N_t + N_{sr} - 1) ([1 + I_t] E_{L1,m} - 1)]$$

$$c = P_{lt} (N_{sl} + N_t + N_{sr})$$

$$R = 1 + P_{rt} (E_{R,m} - 1)$$

Fórmula 116. Proporción de Giros a la Izquierda en el Carril Interior.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

P_L : Proporción de giros a la izquierda en el carril interior (decimal)

R, b, c : Variables intermedias de cálculo

I_t : Variable de indicador (1.0 para giros a la izquierda y 0.00001 para giros a la derecha)

Si el número de carriles pasantes en el acceso de intersección sujeto (= $N_{sl} + N_t + N_{sr}$) es igual a 1.0, entonces $P_L = P_{lt}$.

A continuación, se muestran los valores obtenidos para la proporción de giros a la izquierda en el carril interior en la siguiente tabla:

Tabla 187. Determinación de la Proporción de Giros a la Izquierda en el Carril Interior para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	1.0	1.0
Variable intermedia, R	1.0	1.0
Variable intermedia, c	0.05	0.1
Variable intermedia, b	1.0	0.9
Proporción de vehículos girando a la izquierda en el carril interior, PL	0.05	0.12

Fuente: Elaboración Propia.

Este segmento, al tener al tener un solo carril en cada sentido, el valor de P_L es igual al valor de P_{lt} .

Paso 6e: Calcular la Proporción de Giros a la Derecha en el Carril Exterior

$$P_R = P_{rt} \frac{s_1/1800 + N_{sl} + N_t + N_{sr} - 1}{1 - P_{rt}(s_1/1800 + N_{sl} + N_t + N_{sr} - 2)(E_{R,m} - 1)} \leq 1.0$$

Con

$$s_1 = \frac{1800(1 + P_L I_t)}{1 + P_L(E_{L1,m} - 1) + (P_L E_{L1,m} I_t)}$$

Fórmula 117. Proporción de Giros a la Derecha en el Carril Exterior.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

P_R : Proporción de giros a la derecha en el carril exterior (decimal)

s_1 : Flujo de saturación para el carril interno (veh/h/ln)

Si el número de carriles pasantes en el acceso de intersección sujeto (= $N_{sl} + N_t + N_{sr}$) es igual a 1.0, entonces $P_R = P_{rt}$.

A continuación, se muestran los valores obtenidos para la proporción de giros a la derecha en el carril interior en la siguiente tabla:

Tabla 188. Determinación de la Proporción de Giros a la Derecha en el Carril Interior para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Proporción de giros a la derecha en el segmento P_{rt}	0.13	0.04
Flujo de saturación para el carril, S_1	1800	1800
Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril exterior, P_R	0.13	0.04

Fuente: Elaboración Propia.

Este segmento, al tener al tener un solo carril en cada sentido, el valor de P_R es igual al valor de P_{rt} .

Paso 6f: Calcular las Tasas de Flujo del Carril Interior y Exterior

$$v_1 = \frac{v_{lt}}{P_L}$$

$$v_n = \begin{cases} \frac{v_{rt}}{P_R} & \text{if } P_R > 0.0 \\ \frac{v_{lt} + v_{lh} + v_{rt} - v_1}{N_{sl} + N_t + N_{sr} - 1} & \text{if } P_R = 0.0 \end{cases}$$

Fórmula 118. Tasas de Flujo del Carril Interior y Exterior.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

v_1 : Tasa de flujo para el carril interior (veh/ h/carril)

v_n : Tasa de flujo para el carril exterior (veh/ h/carril)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 189. Determinación de las Tasas de Flujo del Carril Interior y Exterior para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje		
Proporción de vehículos girando a la izquierda en el carril interior, PL	0.05	0.12
Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril exterior, PR	0.13	0.04
Tasa de flujo de giros a la izquierda, Vlt	38	68
Tasa de flujo del carril interno, V1	826	563
Tasa de flujo de giros a la derecha, Vrt	67	57
Tasa de flujo del carril externo, Vn	533	1448

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6g: Calcular la Capacidad para los Vehículos que se Combinan

Para calcular la capacidad de fusión disponible para los conductores que esperan en el carril interior en un acceso de varios carriles se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$c_{mg} = \frac{v_2 e^{-v_2 t_{lc}/3600}}{1 - e^{-v_2 t_{lc}/3600}}$$

Fórmula 119. Capacidad para los Vehículos que se Combinan.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

c_{mg} : Capacidad para la combinación (veh/h)

v_2 : Tasa de flujo en el carril adyacente (veh/h/carril)

t_{lc} : Tiempo crítico de cambio de carril = 3.7 (s)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 190. Determinación de la Capacidad para los Vehículos que se Combinan para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje		
Tasa de flujo del carril externo, Vn	533	1448
Capacidad disponible para la combinación, Cmg	731	422

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6h: Calcular la Demora de los Vehículos que se Combinan

Esta demora se produce a través de vehículos que se detienen en el carril interior y, finalmente, se funden en el carril adyacente. Esta demora se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_{mg} = \left(\frac{1}{c_{mg}} - \frac{1}{1800} \right) + 900T \left[\frac{v_{mg}}{c_{mg}} - 1 \sqrt{\left(\frac{v_{mg}}{c_{mg}} - 1 \right)^2 + \frac{8v_{mg}}{c_{mg}^2 T}} \right]$$

Con

$$v_{mg} = v_1 - v_{lt} \geq 0.0$$

Fórmula 120. Demora para Vehículos que se Combinan.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_{mg} : Demora de los vehículos que se combinan (veh/h)

v_{mg} : Tasa de flujo de combinación (veh/h/carril)

T : Duración del período de análisis (h)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 191. Determinación de la Demora para Vehículos que se Combinan para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Capacidad disponible para la combinación, C_{mg}	731	422
Tasa de flujo combinada, V_{mg}	788	495
Demora para los vehículos que se combinan, d_{mg}	245	270

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6i: Calcular la Capacidad para los Vehículos que No se Combinan

Para calcular la capacidad del carril interior para vehículos que no se combinan se usa la siguiente fórmula:

$$c_{nm} = \frac{1800 (1 + P_L)}{1 + P_L (E_{L1} - 1) + (P_L E_{L1})}$$

Fórmula 121. Capacidad para los Vehículos que No se Combinan.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

c_{nm} : Capacidad para los vehículos que no se combinan (veh/h)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 192. Determinación de la Capacidad para los Vehículos que No se Combinan para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Vehículo equivalente para un vehículo que gira a la izquierda, EL1	3.3	3.9
Proporción de vehículos girando a la izquierda en el carril interior, PL	0.05	0.12
Capacidad para los vehículos que no se combinan, Cnm	1501	1102

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6j: Calcular la Demora para los Vehículos que No se Combinan

Este retraso se produce a través de vehículos que se detienen en el carril interior y esperan a que la cola se despeje. Estos vehículos no se fusionan en el carril adyacente.

$$d_{nm} = 3600 \left(\frac{1}{c_{nm}} - \frac{1}{1800} \right) + 900T \left[\frac{v_1}{c_{nm}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_1}{c_{nm}} - 1 \right)^2 + \frac{8v_1}{c_{nm}^2 T}} \right]$$

Fórmula 122. Demora para Vehículos que NO se Combinan.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_{nm} : Demora de los vehículos que no se combinan (veh/h)

v_1 : Tasa de flujo para el carril interior (veh/ h/carril)

T : Duración del período de análisis (h)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 193. Determinación de la Demora para Vehículos que se No Combinan para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Tasa de flujo del carril interno, V1	826	563
Capacidad para los vehículos que no se combinan, Cnm	1501	1102
Demora para los vehículos que no se combinan, dnm	124	116

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6k: Calcular Demora en los Vehículos en el Carril Interior

Esta demora se estima como el más pequeño de los retrasos relacionados con las maniobras de cambio de carril (combinación) y no cambio de carril (no combinación). Se calcula usando la siguiente fórmula:

$$d_{t,1} = \min(d_{nm}, d_{mg})$$

Fórmula 123. Demora en los Vehículos en el Carril Interior.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$d_{t,1}$: Demora en los vehículos en el carril interior (s/veh)

d_{mg} : Demora de los vehículos que se combinan (veh/h)

d_{nm} : Demora de los vehículos que no se combinan (veh/h)

A continuación, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 194. Determinación de la Demora en los Vehículos en el Carril Interior para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Demora para los vehículos que se combinan, d _{mg}	245	270
Demora para los vehículos que no se combinan, d _{nm}	124	116
Demora para los vehículos en el carril interior, d _{t,1}	124	116

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 6l: Calcular La Probabilidad del Desbordamiento de la Bahía del Giro a la Izquierda

Este parámetro se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{ov} = \left(\frac{v_{lt}}{c_l}\right)^{N_{qx,lt}+1}$$

Con

$$N_{qx,lt} = \frac{N_{lt} L_{a,lt}}{L_h}$$

Fórmula 124. Probabilidad del Desbordamiento de la Bahía del Giro a la Izquierda.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

P_{ov} : Probabilidad del Desbordamiento de la Bahía del Giro a la Izquierda
(decimal)

$N_{qx,lt}$: almacenamiento de cola máximo para el movimiento de giro a la
izquierda (veh)

N_{lt} : Número de carriles en la bahía de giro a la izquierda

$L_{a,lt}$: Distancia de almacenamiento de la cola disponible para el movimiento de giro a la izquierda (pies/carril)

L_h : Espaciamiento promedio del vehículo en la cola estacionaria (pies/veh)

Para una sección transversal no dividida, la cantidad de vehículos con giro a la izquierda que pueden almacenar $N_{qx,lt}$ es igual a 0.0.

Tabla 195. Determinación de la Probabilidad del Desbordamiento de la Bahía del Giro a la Izquierda para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Capacidad de giro a la izquierda permitida, CL	551	457
Tasa de flujo de giros a la izquierda, Vlt	38	68
Almacenamiento máximo de colas para giro a la izquierda, $N_{qx,lt}$	0.00	0.00
Probabilidad de desbordamiento de la bahía a la izquierda, Pov	0.07	0.15

Fuente: Elaboración Propia.

Para este segmento el almacenamiento máximo de cola para el giro a la izquierda es cero, y para los demás segmentos se consideró el valor de 1 por el ancho de carril y por la presencia de una berma central con ancho de 1 metro (Av. Tomás Tuyro Tupac) que podría almacenar 1 vehículo.

Paso 6m: Calcular la Demora Media Debida a los Vehículos que Giran a la Izquierda

Esta demora se calcula con la fórmula 112 que se describió al inicio del paso 6:

A continuación, se muestran los valores obtenidos aplicando la fórmula 112 en la siguiente tabla:

Tabla 196. Determinación de la Demora Media Debida a los Vehículos que Giran a la Izquierda para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Proporción de giros a la derecha en el segmento Prt	0.13	0.04
Proporción de giros a la izquierda en el segmento Plt	0.05	0.12
Proporción de vehículos girando a la izquierda en el carril interior, PL	0.05	0.12
Demora para los vehículos en el carril interior, dt,1	124	116
Probabilidad de desbordamiento de la bahía a la izquierda, Pov	0.07	0.15
Demora vehicular debido a giros a la izquierda, dap,l (s/veh)	9.82	18.03

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.7 Paso 7: Determinar la Demora Debida a los Vehículos que Giran

Esta demora, es la demora total para los vehículos que giran a la derecha e izquierda y se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_{ap} = d_{ap,r} N_{ap,s} + d_{ap,l} N_{ap,o}$$

Fórmula 125. Demora Debida a los Vehículos que Giran.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

d_{ap} : Demora Debida a los Vehículos que Giran (s/veh)

3.6.6.1.8 Paso 8: Estimar la Demora por Otras Fuentes

Se adicionó una demora de 3 segundos por cada reductor de velocidad ubicado a lo largo de los segmentos. En el segmento sujeto a este análisis y ejemplo se enumeraron 3 reductores de velocidad, teniendo un total de 9 segundos de demora total por otras fuentes.

3.6.6.1.9 Paso 9: Calcular el Tiempo de Recorrido del Segmento

La siguiente fórmula se usa para calcular el tiempo de ejecución del segmento en función de la consideración del control de movimiento en la intersección del límite, la velocidad del flujo libre, la proximidad del vehículo y varias fuentes de retardo medio del segmento:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_v + d_{ap} + d_{other}$$

Con

$f_x = 1.00 \rightarrow$ para control semaforizado o PARE

$f_x = 0.00 \rightarrow$ sin control

Fórmula 126. Tiempo de Recorrido del Segmento.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

t_R : Tiempo de recorrido del segmento (s)

l_1 : Tiempo perdido de puesta en marcha (2.0s para control semaforizado y 2.5s para control de PARE o CEDA EL PASO)

L : Longitud del segmento (pies)

f_x : Factor de ajuste de tipo de control

f_v : Factor de ajuste por proximidad

d_{ap} : Demora debido a giros a la izquierda y a la derecha (s/veh)

d_{other} : Demora debido a otras fuentes (s/veh)

A continuación, se muestra el tiempo de recorrido para el segmento en ambas direcciones en la siguiente tabla:

Tabla 197. Determinación del Tiempo de Recorrido del Segmento para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Velocidad de flujo libre, Sf (mi/h)	33.3	33.5
Factor de ajuste por proximidad, fv	1.4	1.2
Demora debido a giro de vehículos, dap (s/veh)	19.77	18.35
Demora por reductores de velocidad, dr	9	9
Tiempo en movimiento en el segmento, tR (s)	111	102

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.10 Paso 10: Estimar las Demoras por Control

En este paso no se hizo uso de las fórmulas de estimación de demoras por control de la metodología de segmentos urbanos, ya que en las metodologías anteriores determinamos las demoras por control semaforizado y de PARE para las intersecciones límite de los segmentos urbanos, que son valores más exactos.

A continuación, se muestran los valores de demoras por control en la siguiente tabla:

Tabla 198. Determinación de las Demoras por Control para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
Dirección de viaje	O-E	E-O
Demora uniforme: d1 (s/veh)	16	8
Demora incremental: d2 (s/veh)	26	1.5
Demora por cola inicial: d3 (s/veh)	0	0
Demora media por control del grupo: di (s/veh)	42	10

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestran los valores de demoras por control del límite final del segmento.

3.6.6.1.11 Paso 11: Determinar la Velocidad de Viaje

La siguiente fórmula se usa para calcular la velocidad de viaje para la dirección del sujeto de viaje a lo largo del segmento:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_i)}$$

Fórmula 127. Velocidad de Viaje.

Fuente: Highway Capacity Manual 2010. (TRB, 2010).

Donde:

$S_{T,seg}$: Velocidad de viaje de vehículos a través del segmento (mi/h)

L : Longitud del segmento (pies)

T_R : Tiempo de recorrido del segmento (s)

d_i : Demora total por el control (s)

A continuación, se muestran los valores de las velocidades de viaje en la siguiente tabla:

Tabla 199. Determinación de la Velocidad de Viaje para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Demora por reductores de velocidad, dr	9	9
Tiempo en moviendio en el segmento, tR (s)	111	101
Demora media por control del grupo: di (s/veh)	42	10
Velocidad de viaje, ST,seg (mi/h)	13.01	18.13

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.1.12 Paso 12: Determinar el Nivel de Servicio del Segmento Urbano

Para este último paso, se hace uso de la tabla 5 expuesta en el capítulo anterior. El NDS se determina para ambas direcciones de viaje a lo largo del segmento y se define por dos medidas de rendimiento. Una medida es la velocidad de viaje de los vehículos pasantes, expresada como un porcentaje de la velocidad base de flujo libre. La segunda medida es la relación volumen-capacidad para el movimiento a través de la intersección del límite final.

En la siguiente tabla se muestra los NDS para el segmento I de la Av. Cusco en las dos direcciones:

Tabla 200. Determinación de Nivel de Servicio para el Segmento I de la Av. Cusco.

Segmento	Segmento I	
	O-E	E-O
Dirección de viaje	O-E	E-O
Tiempo en moviendio en el segmento, tR (s)	110	101
Porcentaje de la velocidad base de flujo libre, PBFFS	39%	54%
Relacion volumen/capacidad, v/c	1.00	0.51
Nivel de servicio, NDS	E	C

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestran los NDS, cabe resaltar que para la dirección O-E, el NDS es F ya que la relación v/c es 1.41 que sobrepasa a la unidad, además, el porcentaje de velocidad

base de flujo libre es baja. Por otro lado, el NDS para la dirección E-O es E, porque el porcentaje de velocidad base de flujo libre es menor al 40% y mayor que el 30% de esta.

3.6.6.2 Tablas de Cálculo del Nivel de Servicio de Segmento Urbanos

Se organizaron las tablas de cálculo del nivel de servicio de segmentos urbanos por módulos de la siguiente manera:

- Módulo de datos de entrada.
- Módulo de velocidad.
- Módulo giros a la derecha.
- Módulo de giros a la izquierda.
- Módulo de nivel de servicio.

A continuación, se muestran las tablas de cálculo:

Tabla 201. Módulo de Datos de Entrada – Av. Cusco – Segmento I.

AV. CUSCO SEGMENTO I DIRECCIÓN O-E										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			Berma central		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	49.21		Proporción	0.00	km/h	30	Metros	3.49
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	11.46
Metros	890.00	derecho (Nap,s)	1		Proporción	1.00	Reductor vel.	3		
Pies	2919.95	izquierdo (Nap,o)	2						Periodo (T)	0.25
		Puntos/carril	6	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2
										Segundos
AV. CUSCO SEGMENTO I DIRECCIÓN E-O										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			Berma central		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	64.63		Proporción	0.00	km/h	30	Metros	3.49
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	11.46
Metros	900.70	derecho (Nap,s)	1		Proporción	1.00	Reductor vel.	3		
Pies	2955.05	izquierdo (Nap,o)	1						Periodo (T)	0.25
		Puntos/carril	4	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2
										Segundos

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 202. Módulo de Datos de Entrada – Av. Cusco – Segmento II.

AV. CUSCO SEGMENTO II DIRECCIÓN O-E										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			Berma central		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	62.34		Proporción	0.00	km/h	30	Metros	4.30
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	14.11
Metros	783.60	derecho (Nap,s)	3		Proporción	1.00	Reductor vel.	2		
Pies	2570.87	izquierdo (Nap,o)	1						Periodo (T)	0.25
		Puntos/carril	9	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2
										Segundos
AV. CUSCO SEGMENTO II DIRECCIÓN E-O										
	Número de carriles (Nth)		Ancho interseccion (W)			Berma central		Limite de velocidad		Ancho de carril
	1.00	pies	145.83		Proporción	0.00	km/h	30	Metros	4.30
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso			Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	14.11
Metros	809.05	derecho (Nap,s)	1		Proporción	1.00	Reductor vel.	2		
Pies	2654.36	izquierdo (Nap,o)	3						Periodo (T)	0.25
		Puntos/carril	9	pto/mi	factor/ tipo de control	1	semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2
										Segundos

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 203. Módulo de Datos de Entrada – Av. Tomás Tuyo Tupac – Segmento I.

AV. TOMAS TUYRO TUPAC SEGMENTO I DIRECCIÓN N-S										
	Número de carriles (Nth)		Ancho intersección (W)		Berma Central		Limite de velocidad		Ancho de carril	
	2.00	Pies	129.59	Proporción	1.00	km/h	30	Metros	3.00	
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso		Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	9.84	
Metros	153.50	derecho (Nap,s)	0	Proporción	1.00	Reductor vel.	0			
Pies	503.61	izquierdo (Nap,o)	0					Periodo (T)	0.25	Hora
		Puntos/carril	0	factor/ tipo de control	1	Semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2	Segundos
AV. TOMAS TUYRO TUPAC SEGMENTO I DIRECCIÓN S-N										
	Número de carriles (Nth)		Ancho intersección (W)		Berma Central		Limite de velocidad		Ancho de carril	
	2.00	Pies	51.18	Proporción	1.00	km/h	30	Metros	3.00	
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso		Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	9.84	
Metros	129.60	derecho (Nap,s)	0	Proporción	1.00	Reductor vel.	0			
Pies	425.20	izquierdo (Nap,o)	0					Periodo (T)	0.25	Hora
		Puntos/carril	0	factor/ tipo de control	1	Semaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2	Segundos

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 204. Módulo de Datos de Entrada – Av. Tomás Tuyo Tupac – Segmento II.

AV. TOMAS TUYRO TUPAC SEGMENTO II DIRECCIÓN N-S										
	Número de carriles (Nth)		Ancho intersección (W)		Berma Central		Limite de velocidad		Ancho de carril	
	2.00	Pies	42.65	Proporción	0.75	km/h	30	Metros	3.00	
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso		Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	9.84	
Metros	406.60	derecho (Nap,s)	1	Proporción	1.00	Reductor vel.	0			
Pies	1333.99	izquierdo (Nap,o)	1					Periodo (T)	0.25	Hora
		Puntos/carril	9	factor/ tipo de control	1	No Semaforizado Señal de PARE		Tiempo perdido de partida (s)	2.5	Segundos
AV. TOMAS TUYRO TUPAC SEGMENTO II DIRECCIÓN S-N										
	Número de carriles (Nth)		Ancho intersección (W)		Berma Central		Limite de velocidad		Ancho de carril	
	2.00	Pies	49.21	Proporción	0.75	km/h	30	Metros	3.00	
	Longitud del segmento (L)	Lado	N° Puntos de acceso		Acera lado derecho	mi/h	19	Pies	9.84	
Metros	408.60	derecho (Nap,s)	1	Proporción	1.00	Reductor vel.	0			
Pies	1340.55	izquierdo (Nap,o)	1					Periodo (T)	0.25	Horas
		Puntos/carril	9	factor/ tipo de control	1	NoSemaforizado		Tiempo perdido de partida (s)	2	Segundos

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 205. Módulo de Velocidad – Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y Av. Tomás Tuyo Tupac.

Vía	MÓDULO DE VELOCIDAD							
	AV.CUSCO				AV. TOMÁS TUYRO TUPAC			
	Segmento I		Segmento II		Segmento I		Segmento II	
Dirección de viaje	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Velocidad constante, So (mi/h)	34.36	34.36	34.36	34.36	34.36	34.36	34.36	34.36
Factor de ajuste para sección transversal, fcs	-0.47	-0.47	-0.47	-0.47	-2.67	-2.67	-2.12	-2.12
Factor de ajuste para puntos de acceso, fA	-0.5	-0.3	-0.7	-0.7	0.0	0.0	-0.4	-0.4
Velocidad base de flujo libre, Sfo (mi/h)	33.42	33.58	33.19	33.19	31.69	31.69	31.89	31.89
Factor de ajuste por espaciamiento de semaforos, fl	1.00	1.00	0.99	0.99	0.87	0.87	0.97	0.97
Velocidad de flujo libre, Sf (mi/h)	33.3	33.5	33.0	33.0	27.5	27.5	31.1	31.1
Tasa de flujo medio, vm (veh/h)	931	653						
Factor de ajuste por proximidad, fv	1.4	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 206. Módulo de Giros a la Derecha – Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y Av. Tomás Tuyo Tupac.

MÓDULO DE GIROS A LA DERECHA								
Vía	AV.CUSCO				AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
	Segmento I		Segmento II		Segmento I		Segmento II	
Segmento	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Dirección de viaje	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Flujo de carril exterior, qn	0.15	0.40	0.15	0.12	0.04	0.03	0.05	0.04
Parametro de la tasa de flujo, λ	0.19	1.01	0.19	0.15	0.04	0.03	0.06	0.04
Tiempo de espaciamiento máximo del primer vehículo en cola, H1	6.9	7.0	6.9	6.9	5.8	5.8	6.5	6.5
Tiempo de espaciamiento medio para intervalos entre Δ y H1, hΔ<h<H1	3.8	2.5	3.7	3.8	3.6	3.6	3.9	3.9
Velocidad mínima del primer vehículo en seguimiento, um	27.7	19.1	27.6	28.1	25.8	25.8	28.2	28.4
Demora del primer vehículo en seguimiento, d1	2.01	4.01	1.96	1.86	1.15	1.15	1.45	1.42
Tiempo de espaciamiento máximo de el segundo vehículo en cola, H2	3.5	5.5	3.5	3.4	2.7	2.6	2.9	2.9
Tiempo de espaciamiento medio, hΔ<h<H2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.2	2.2
Demora del segundo vehículo en seguimiento, d2	1.07	3.10	1.04	0.98	0.59	0.58	0.73	0.72
Tiempo de espaciamiento máximo de el tercer vehículo en cola, H3	2.6	4.6	2.5	2.5	2.1	2.1	2.2	2.2
Tiempo de espaciamiento medio, hΔ<h<H3	2.0	2.3	2.0	2.0	1.8	1.8	1.9	1.9
Demora del tercer vehículo en seguimiento, d3	0.55	2.25	0.54	0.50	0.30	0.29	0.37	0.36
Tiempo de espaciamiento máximo de el cuarto vehículo en cola, H4	2.1	3.8	2.0	2.0	1.8	1.8	1.9	1.9
Tiempo de espaciamiento medio, hΔ<h<H4	1.8	2.2	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7
Demora del cuarto vehículo en seguimiento, d4	0.28	1.52	0.27	0.25	0.15	0.15	0.19	0.18
Tiempo de espaciamiento máximo de el quinto vehículo en cola, H5	1.8	3.0	1.8	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7
Tiempo de espaciamiento medio, hΔ<h<H5	1.6	2.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Demora del quinto vehículo en seguimiento, d5	0.14	0.80	0.14	0.13	0.08	0.07	0.09	0.09
Tiempo de espaciamiento máximo de el sexto vehículo en cola, H6	1.6	2.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Tiempo de espaciamiento medio, hΔ<h<H6	1.6	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5
Demora del sexto vehículo en seguimiento, d6	0.07	0.45	0.07	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05
Proporcion de giros a la derecha en el carril exterior, PR	0.13	0.04	0.81	0.22	0.00	0.00	0.22	0.28
Demora vehicular por maniobra de giro a la derecha, dt r (s/veh)	1.31	10.16	0.25	0.89	0.17	0.16	0.29	0.20
Proporción de giros a la derecha en el segmento Prt	0.13	0.04	0.81	0.22	0.00	0.00	0.11	0.14
Proporción de giros a la izquierda en el segmento Plt	0.05	0.12	0.06	0.17	0.00	0.00	0.13	0.06
Demora media por giro a la derecha, dap,r (s/veh)	0.13	0.32	1.00	0.22	0.00	0.00	0.03	0.02

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 207. Módulo de Giros a la Izquierda – Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y Av. Tomás Tuyo Tupac.

MÓDULO DE GIROS A LA IZQUIERDA								
Vías	AV. CUSCO				AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
	Segmento I		Segmento II		Segmento I		Segmento II	
Segmento	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Dirección de viaje	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Tasa de flujo promedio de la demanda por carril de paso, Vapp	894	550	525	273	255	231	378	286
Probabilidad de un cambio de carril, Plc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.07	0.11	0.08
Tasa de flujo de demanda opuesta, Vo	563	826	447	525	231	255	286	378
Capacidad de giro a la izquierda permitida, CL	551	457	597	566	690	679	665	626
Vehículo equivalente para un vehículo que gira a la izquierda, EL1	3.3	3.9	3.0	3.2	2.6	2.6	2.7	2.9
Vehículo equivalente modificado para un giro a la izquierda, EL1,m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
Vehículo equivalente modificado para un giro a la derecha, ER,m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
Variable intermedia, R	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Variable intermedia, c	0.05	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1
Variable intermedia, b	1.0	0.9	0.9	0.8	1.2	1.2	1.0	1.1
Proporción de vehículos girando a la izquierda en el carril interior, PL	0.05	0.12	0.06	0.17	0.00	0.00	0.15	0.06
Flujo de saturación para el carril, S1	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1751	1783
Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril exterior, PR	0.13	0.04	0.81	0.22	0.00	0.00	0.22	0.28
Tasa de flujo de giros a la izquierda, Vlt	38	68	23	76	0	0	50	41
Tasa de flujo del carril interno, V1	826	563	387	447	0	0	333	689
Tasa de flujo de giros a la derecha, Vrt	67	57	423	100	0	0	42	40
Tasa de flujo del carril externo, Vn	533	1448	525	447	0	0	189	142
Capacidad disponible para la combinación, Cmg	731	422	734	767	0	0	882	904
Tasa de flujo combinada, Vmg	788	495	364	371	0	0	283	648
Demora para los vehículos que se combinan, dmg	245	270	114	111	0	0	74	163
Capacidad para los vehículos que no se combinan, Cnm	1501	1102	1468	1102	1800	1800	1245	1489
Demora para los vehículos que no se combinan, dnm	124	116	59.50	92.16	0.00	1.00	60.80	104.10
Demora para los vehículos en el carril interior, dt,1	124	116	59.50	92.16	0.00	0.00	60.80	104.10
Almacenamiento máximo de colas para giro a la izquierda, Nqx,lt	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Probabilidad de desbordamiento de la bahía a la izquierda, Pov	0.07	0.15	0.0015	0.0180	0.0000	0.0000	0.0056	0.0042
Demora vehicular debido a giros a la izquierda, dap,l (s/veh)	9.82	18.03	0.617	2.275	0.000	0.000	0.339	0.557
Demora debido a giro de vehículos, dap (s/veh)	19.77	18.35	3.61	7.05	0	0	0.36	0.57

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 208. Módulo de Velocidad – Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y Av. Tomás Tuyro Tupac.

MÓDULO DE NIVEL DE SERVICIO								
Vía	AV. CUSCO				AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
Segmento	Segmento I		Segmento II		Segmento I		Segmento II	
Dirección de viaje	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Demora por reductores de velocidad, dr	9	9	6	6	0	0	0	0
Tiempo en movimiendo en el segmento, tR (s)	110	101	76	79	13	11	30	31
Demora uniforme: d1 (s/veh)	16	8	27	10	22	27	0	22
Demora incremental: d2 (s/veh)	26	1.5	1.3	1.7	1.2	1.3	0.0	1.2
Demora por cola inicial: d3 (s/veh)	0	0		0			0	
Demora media por control del grupo: di (s/veh)	42	10	28	11	23	28	27	23
Velocidad de viaje, ST,seg (mi/h)	13.06	18.13	16.92	19.96	9.59	7.53	16.16	16.94
Porcentaje de la velocidad base de flujo libre, PBFFS	39%	54%	51%	60%	30%	24%	51%	53%
Relacion volumen/capacidad, v/c	1.00	0.51	0.29	0.50	0.26	0.30	0.29	0.32
Nivel de servicio, NDS	E	C	C	C	F	F	C	C

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.6.3 Cálculo del índice de Congestión

Este procedimiento se realizó con la fórmula 18 expuesta en el capítulo II, para efectuar la operación, se determinaron primero el tiempo de recorrido con velocidad de flujo libre y el tiempo de recorrido con velocidad de viaje normal.

Estos dos valores se hallaron a partir de la velocidad de flujo libre y de la velocidad de viaje de los segmentos. La longitud de cada segmento se dividió entre cada velocidad, de flujo libre y de viaje, a los tiempos de viaje obtenidos a velocidad de flujo libre se les sumó las demoras por control respectivamente.

Posteriormente se aplicó la fórmula 18 obteniendo los índices de congestión respectivos y también se hallaron las demoras de congestión para cada segmento, con la resta del tiempo de viaje a velocidad de viaje y el tiempo de viaje a velocidad de flujo libre. A continuación, se muestra la tabla correspondiente:

Tabla 209. Cálculo del Índice de Congestión.

AVENIDA	AV.CUSCO				AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
SEGMENTO URBANO	Segmento I		Segmento II		Segmento I		Segmento II	
SENTIDO	O-E	E-O	O-E	E-O	N-S	S-N	N-S	S-N
Velocidad de flujo libre (mi/h)	33.3	33.5	33.0	33.0	27.5	27.5	31.1	31.1
Velocidad de flujo libre (km/h)	53.6	53.9	53.1	53.1	44.2	44.2	50.0	50.0
Velocidad de flujo libre (m/s)	14.90	14.97	14.75	14.75	12.28	12.28	13.90	13.90
Tiempo de viaje neto (s)	60	60	53	55	12	11	29	29
Demora de control (s)	42	10	28	11	23	28	27	23
Tr: Velocidad de viaje, ST,seg (mi/h)	13.1	18.1	16.9	20.0	9.6	7.5	16.2	16.9
Tr: Velocidad de viaje, ST,seg (km/h)	21.0	29.2	27.2	32.1	15.4	12.1	26.0	27.3
Tr: Velocidad de viaje, ST,seg (m/s)	5.84	8.10	7.56	8.92	4.29	3.37	7.22	7.57
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)	102	70	81	66	35	38	56	52
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)	152	111	104	91	36	38	56	54
Indice de congestión	1.49	1.58	1.28	1.37	1.01	1.00	1.01	1.03
Demora por congestión (s)	50	41	22	24	1	0	0	2

Fuente: Elaboración Propia.



3.6.6.4 Análisis de Prueba

- El resultado E del nivel de servicio del segmento I de la Av. Cusco en sentido Oeste – Este (ver el procedimiento desde la página 324 en adelante), responde a la velocidad de viaje que se expresa en porcentaje de velocidad de flujo libre que es 39%, siendo este un porcentaje bajo respecto del 100%. Este nivel de servicio también se ve influenciado por la relación de volumen – capacidad de 1.00, evidenciando que la capacidad de la infraestructura opera al límite con el flujo de demanda. Así mismo, otros factores importantes que determinan este nivel de servicio son la demora por control de 42 segundos y el tiempo de viaje de 110 segundos debido a las demoras en los giros hacia la derecha e izquierda a lo largo del segmento además de los 9 segundos por los 3 reductores de velocidad presentes como se muestra en la tabla 208.
- El resultado C del nivel de servicio para el segmento I de la Av. Cusco en sentido Este – Oeste (ver el procedimiento desde la página 324 en adelante), dependen de los mismos parámetros del resultado anterior, pero estos tienen diferencias en sus magnitudes, el porcentaje de velocidad de flujo libre es 54%, lo que determina el nivel de servicio, de la misma manera, la relación volumen – capacidad de 0.51 indica que la infraestructura es suficiente para la tasa de flujo de la demanda. Por otro lado, también influyen la demora por control de 10 segundos que responde también a la relación volumen – capacidad que es menor a la unidad y el tiempo de viaje de 101 segundos además de los 9 segundos de los 3 reductores de velocidad como se muestra en la tabla 208.
- Para el segmento II de la Av. Cusco en ambos sentidos, los valores C obtenidos (ver el procedimiento desde la página 335 en adelante), responden de la misma manera a los parámetros ya explicados, y tienen valores numéricos muy parecidos como se muestra en la tabla 208.
- Los resultados F de los niveles de servicio del segmento I de la Av. Tomás Tuyo Tupac (ver el procedimiento desde la página 324 en adelante), responden a los porcentajes de velocidad de flujo libre de 30% y 24% que son bajos respecto del 100%, y estos porcentajes bajos son a consecuencia de la longitud muy corta del segmento y a las demoras por control de 23 y 28 segundos de las intersecciones aguas abajo que disminuyen notablemente las velocidades de viaje como se muestra en la tabla 208.
- Para el segmento II de la Av. Tomás Tuyo Tupac en ambas direcciones, los valores C obtenidos (ver el procedimiento desde la página 324 en adelante), responden de la



misma manera a los parámetros ya explicados, y tienen valores numéricos muy parecidos como se muestra en la tabla 208.

- Los índices de congestión calculados, responden a la relación entre el tiempo de viaje a velocidad de viaje y el tiempo de viaje a velocidad de flujo libre. Los valores de la Av. Cusco, de 1.48, 1.58, 1.28 y 1.37, que son valores que se alejan de la unidad y tienen tiempos q que exceden al tiempo de viaje a velocidad de flujo libre a las que se denominan demoras por congestión con valores de 50s, 41s, 22s y 24s, y para la Av. Tomás Túyro Tupac los valores de este índice son y próximos a la unidad, evidenciando que no existe congestión, pero cabe resaltar que el segmento I de esta segunda avenida, es un segmento muy corto que se ve muy influenciado por el dispositivo de control como se muestra en la tabla 209.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Velocidad de Flujo Libre

Según los procedimientos de la determinación de la Velocidad de Flujo Libre expuestos en el capítulo III, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 210. Resultado de la Determinación de la Velocidad de Flujo Libre.

Tramo de Carretera Clase III de la Av. Cusco		
Parámetro	mi/h	km/h
Velocidad de Flujo Libre (FFS)	27.3	44

Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Aforo Vehicular

Según los procesamientos del Aforo Vehicular expuestos en el capítulo III, tenemos los resultados en las siguientes tablas, donde se muestran el total de vehículos que ingresan a la intersección, además de los porcentajes de vehículos del transporte liviano y pesado y del servicio de transporte público para cada intersección de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 211. Resultado del Aforo Vehicular.

INTERSECCIONES	AFORO VEHICULAR							
	TOTAL		V. LIVIANOS		V. PESADOS		V. TRANSPORTE PÚBLICO	
	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	1676	100%	1587	92%	89	5%	59	4%
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	1409	100%	1363	92%	46	3%	74	5%
Av. Cusco - Av. De la Cultura	3707	100%	3487	82%	220	6%	436	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	3808	100%	3590	84%	218	6%	411	10%
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	1225	100%	1177	91%	48	4%	60	5%
Av. Cusco - Ca. Bolívar	1167	100%	1133	92%	34	3%	58	5%
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	986	100%	945	92%	41	5%	39	5%
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	935	100%	881	87%	54	6%	67	7%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	496	100%	438	76%	58	12%	58	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa	640	100%	486	69%	154	24%	42	7%

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Diseño Geométrico de la Infraestructura Vial

Según los registros de información del Diseño Geométrico expuestos en el capítulo III, tenemos los siguientes resultados:

4.3.1 Diseño Geométrico del Tramo de Carretera de Dos Carriles Clase III de la Av. Cusco

Tabla 212. Resultados del Análisis del Diseño Geométrico Tramo de Carretera de Dos Carriles Clase III de la Av. Cusco.

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAMO DE CARRETERA DE DOS CARRILES CLASE III				
LONGITUD DEL TRAMO (m)	ANCHO DE CARRIL (m)	PUNTOS DE ACCESO	TIPO DE TERRENO	ZONA DE NO ADELANTAMIENTO
324.5	3.88	0	LLANO	100%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra la longitud del tramo de carretera clase III de la Av. Cusco con un valor de 324.5m, así mismo el ancho de carril con 3.88m. Este tramo no cuenta con accesos y tienen un tipo de terreno llano donde la zona de no adelantar es del 100%.

4.3.2 Diseño Geométrico de las Intersecciones de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac

Tabla 213. Resultados del Análisis del Diseño Geométrico de las Intersecciones de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

INTERSECCIÓN	ACCESO	DISEÑO GEOMÉTRICO						
		Nº DE CARRIL/SENTIDO	SENTIDOS	ANCHO DE CARRIL (m)	PENDIENTE	ANCHO DE INTERSECCIÓN (m)	PARADEROS	ESTACIONAMIENTOS
AV. CUSCO (COLEGIO DIEGO QUISPE TITO)	O	1	2	4	-2%	15	SI	NO
	E	1	2	4	2.50%	15	SI	NO
	N	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-
AV. CUSCO - CA. DIEGO DE ALMAGRO	O	1	2	3.5	-2%	6	SI	NO
	E	1	2	3.5	2%	6	SI	NO
	N	-	-	-	-	-	-	-
AV. CUSCO - CA. BOLÍVAR	S	1	2	2.55	5%	6	NO	NO
	O	1	2	4	-2%	6	SI	NO
	E	1	2	3	3%	6	SI	NO
	N	1	1	4.25	-6%	8	NO	NO
AV. CUSCO - AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	S	1	1	2.5	6%	8	NO	NO
	O	1	2	3.1	-1%	19.7	SI	SI
	E	1	2	4.95	4%	19	SI	SI
	N	2	2	3	-2%	15.6	NO	NO
AV. CUSCO - CA. FELIPE SICUS	S	2	2	3	3%	13	SI	NO
	O	1	2	4	-2%	8	NO	SI
	E	1	2	5.05	3%	8	NO	SI
	N	1	2	3	-1.00%	10	NO	SI
AV. CUSCO - CA. ALEMANIA FEDERAL	S	1	2	3.5	0.50%	10	NO	SI
	O	1	2	5	-0.5%	30.7	NO	SI
	E	1	2	4.05	3%	30.7	SI	SI
	N	1	2	4.75	-6%	20.5	SI	SI
AV. CUSCO - AV. DE LA CULTURA	S	1	2	3.05	6%	20.5	NO	SI
	O	3	2	3.33	-4%	26.1	SI	SI
	E	3	2	3.2	0.50%	26.1	SI	NO
	N	-	-	-	-	-	-	-
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - AV. DE LA CULTURA	S	1	2	4.73	6%	44.45	NO	SI
	O	3	2	3.25	-3%	25.32	SI	NO
	E	3	2	3.17	3%	25.32	SI	NO
	N	-	-	-	-	-	-	-
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - CA. KANTU	S	2	2	3	1%	39.5	NO	NO
	O	1	2	3	-1%	10	SI	NO
	E	1	2	3.5	0.50%	10	SI	NO
	N	1	2	5.05	-3%	8	SI	NO
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - VÍA EXPRESA	S	1	2	4	2%	8	SI	NO
	O	1	2	3.5	-4%	10	SI	SI
	E	1	2	3.5	4%	10	SI	SI
	N	1	2	2.55	-2%	15	SI	SI
	S	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra los resultados de diseño geométrico de las intersecciones basado en la información recopilada en los instrumentos metodológicos expuestos en el capítulo III. En esta tabla se observa cada intersección evaluada, sus accesos, número de carriles por sentido de 1 a 3, anchos de carril de 2.55m a 5.05m, las pendientes de -6% a 6 %, los anchos de intersección de 6m a 44.45m, y, por último, la presencia de paraderos y estacionamientos.

4.3.3 Diseño Geométrico de los Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y Av. Tomás Tuyo Tupac

Tabla 214. Resultados del Análisis del Diseño Geométrico de los Segmentos Urbanos de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

DISEÑO GEOMÉTRICO DE SEGMENTOS URBANOS													
VÍA		AV. CUSCO						AV. TOMÁS TUYRO TUPAC					
DESCRIPCIÓN	UNID	SEGMENTO 1			SEGMENTO 2			SEGMENTO 1			SEGMENTO 2		
N° DE CARRILES/SENTIDO	und	1			1			2			2		
ANCHO DE CARRIL	m	3.49			4.3			3			3		
N° REDUCTORES DE VELOCIDAD	und	3			2			0			0		
LONGITUD DE SEGMENTO	m	915.7			828.05			169.1			454.4		
N° PTOS ACCESO	und	O-E	Der	Izq	O-E	Der	Izq	N-S	Der	Izq	N-S	Der	Izq
			2	1		3	1		0	0		1	1
PROPORCIÓN BERMA CENTRAL	decimal	0			0			1			0.75		
SEÑAL DE LIMITE DE VELOCIDAD	Km/h	30			30			30			30		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra los resultados del diseño geométrico de segmentos urbanos basado en la información recopilada en los instrumentos metodológicos expuestos en el capítulo III. En esta tabla se describen los segmentos de ambas avenidas, considerando el número de carriles que van de 1 a 2, los anchos de carriles de 3m a 4.30m, el número de reductores de velocidad de 0 a 3, la longitud de cada segmento de 169.1m a 915.7m, el número de puntos de acceso al segmento de 0 a 2, proporción de la berma central de 0 a 1 y el límite de velocidad para cada segmento que es 30km/h.

4.4 Tipología y Configuración de las Intersecciones

Según los registros de datos de la Tipología y Configuración de las Intersecciones expuestos en el capítulo III, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 215. Resultados de la Tipología de Intersecciones de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

INTERSECCIÓN	TIPOLOGÍA Y CONFIGURACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS							
	CONFIGURACION	TIPO DE CONTROL	N° MOVIMIENTOS	N° CONFLICTOS	PLAN DE FASES	CICLO(s)	VERDE(s)	AMARILLO(s)
AV. CUSCO (COLEGIO DIEGO QUISPE TITO)	—	PREFIJADO	2	0	φ1	91	60	3
					φ2		20	3
AV. CUSCO - AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	+	PREFIJADO	12	20	φ1	73	40	3
					φ2		20	3
AV. CUSCO - AV. DE LA CULTURA	T	PREFIJADO	6	8	φ1	83	50	3
					φ2		20	3
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - AV. DE LA CULTURA	T	PREFIJADO	6	8	φ1	83	50	3
					φ2		20	3
INTERSECCIÓN	TIPOLOGÍA Y CONFIGURACIÓN DE INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS							
	CONFIGURACIÓN	DISPOSITIVO DE CONTROL	N° MOVIMIENTOS	N° CONFLICTOS	VIA PRINCIPAL	VIA SECUNDARIA		
AV. CUSCO - CA. DIEGO DE ALMAGRO	T	PARE	6	14	AV. CUSCO	CA. DIEGO DE ALMAGRO		
AV. CUSCO - CA. BOLÍVAR	+	PARE	9	17	AV. CUSCO	CA. BOLÍVAR		
AV. CUSCO - CA. FELIPE SICUS	+	PARE	12	30	AV. CUSCO	CA. FELIPE SICUS		
AV. CUSCO - CA. ALEMANIA FEDERAL	+	PARE	12	30	AV. CUSCO/CA. ALEMANIA FEDERAL	CA. LOS GERANIOS		
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - CA. KANTU	+	PARE	12	30	AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	CA. KANTU		
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - VÍA EXPRESA	T	PARE	6	14	VÍA EXPRESA	AV. TOMÁS TUYRO TUPAC		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra los resultados de la tipología y configuración para cada intersección semaforizada y no semaforizada que fue evaluada. Se toma en cuenta la configuración de la intersección si tienen 2 accesos (-), 3 accesos (T) y 4 accesos (+), además del tipo de control para intersecciones semaforizadas que todas tienen el control prefijado y el dispositivo de control que es la de PARE para todas las intersecciones no semaforizadas. Así mismo se considera el número de movimientos permitidos en cada intersección que va de 2 a 12 movimientos, el número de conflictos que va de 0 a 30 conflictos (que fueron determinados por la metodología de análisis de intersecciones no semaforizadas). Para la intersección semaforizada se toma en cuenta el plan de fases que en general todas tienen hasta 2 fases, la duración del ciclo de 73s a 91s, el tiempo en verde de 20s a 60s y el tiempo en amarillo de 3s. por otro lado, para las intersecciones no semaforizadas se considera la vía principal de la intersección y la vía secundaria.

4.5 Niveles de Servicio

Según los valores obtenidos aplicando metodologías de procesamiento de datos para la determinación de los niveles de servicio expuestas en el capítulo III, tenemos los siguientes resultados para cada caso:

4.5.1 Nivel de Servicio del Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco.

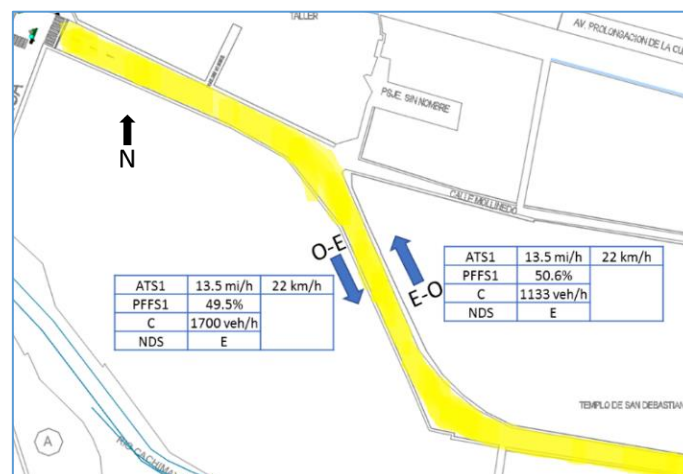


Figura 120. Nivel de Servicio del Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra los niveles de servicio del tramo de carretera clase III de la Av. Cusco, donde se resaltan los niveles de servicio E tanto para el sentido O-E y E-O.

4.5.2 Niveles de servicio de las Intersecciones Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 216. Niveles de Servicio de la Intersecciones Semaforizadas.

INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	C	29	D	42	B	11	C	23	C	24
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	B	14	B	14	B	10	-	-	-	-
Av. Cusco - Av. De la Cultura	B	15	B	12	B	14	-	-	C	28
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	B	17	B	16	B	15	-	-	C	30

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.3 Niveles de servicio de las Intersecciones No Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 217. Niveles de Servicio de la Intersecciones No Semaforizadas.

INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	A	5	A	0	A	7	-	-	F	60
Av. Cusco - Ca. Bolívar	A	5	A	3	A	0	-	-	F	58
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	A	5	A	0	A	1	C	21	C	24
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	B	14	A	4	A	1	E	35	D	33
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	A	4	B	12	B	14	A	2	A	0
Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa	A	6	A	0	A	5	D	27	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.4 Niveles de Servicio de la Av. Cusco

A continuación, se muestran los niveles de servicio de la Av. Cusco, teniendo en cuenta los accesos de las intersecciones por las que se abre paso esta avenida, los segmentos urbanos y el tramo de carretera de dos carriles de clase III, para ambos sentidos:

Tabla 218. Resultado de los Niveles de Servicio de la Av. Cusco.

AV. CUSCO																	
Dirección	Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Intersección Av. Cusco - Av. De la Cultura				
	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Sur			
O-E	Tasa de Flujo (veh/h)	844	Tasa de Flujo (veh/h)	637	Tasa de Flujo (veh/h)	587	Tasa de Flujo (veh/h)	759	Tasa de Flujo (veh/h)	493	Tasa de Flujo (veh/h)	510	Tasa de Flujo (veh/h)	231			
	Capacidad (veh/h)	1094	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	759	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	793			
	v/c	0.77	v/c	-	v/c	-	v/c	1.00	v/c	-	v/c	-	v/c	0.29			
	Demora (s)	17	Demora (s)	0	Demora (s)	3	Demora (s)	42	Demora (s)	0.4	Demora (s)	4	Demora (s)	28			
	NDS	B	NDS	A	NDS	A	NDS	D	NDS	A	NDS	A	NDS	C			
	Segmento I							Segmento II									
	Velocidad de Viaje	21.0 km/h		13.1 mi/h		Velocidad de Viaje							27.2 km/h		16.9 mi/h		
	PBFFS	39.0%		Índice de congestión		1.49		PBFFS				51.0%		Índice de congestión		1.28	
	NDS	E		Demora por congestión		50		NDS				C		Demora por congestión		22	
	Tramo de Carretera Clase III																
Velocidad de Viaje	21.8 km/h		13.5 mi/h														
Capacidad (veh/h)	1700																
PFFS	49.5%																
NDS	E																
Dirección E-O	Intersección Av. Cusco - Av. De la Cultura		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)				
	Acceso	O (TR)-E (LT)	Acceso	Norte	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este			
	Tasa de Flujo (veh/h)	1398	Tasa de Flujo (veh/h)	281	Tasa de Flujo (veh/h)	357	Tasa de Flujo (veh/h)	386	Tasa de Flujo (veh/h)	569	Tasa de Flujo (veh/h)	591	Tasa de Flujo (veh/h)	563			
	Capacidad (veh/h)	2110	Capacidad (veh/h)	388	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	773	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	1097			
	v/c	0.66	v/c	0.72	v/c	-	v/c	0.50	v/c	-	v/c	-	v/c	0.51			
	Demora	14	Demora	35	Demora	1	Demora	11	Demora	0	Demora	7	Demora	10			
	NDS	B	NDS	D	NDS	A	NDS	B	NDS	A	NDS	A	NDS	A			
	Segmento II							Segmento I									
	Velocidad de Viaje	32.1 km/h		20.0 mi/h		Velocidad de Viaje							29.2 km/h		18.1 mi/h		
	PBFFS	60.0%		Índice de congestión		1.37		PBFFS				54.0%		Índice de congestión		1.58	
NDS	C		Demora por congestión		24		NDS				C		Demora por congestión		41		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Cusco, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B, C y D. Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles C y E.

4.5.5 Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyo Tupac

A continuación, se muestran los niveles de servicio de la Av. Tomás Tuyo Tupac, teniendo en cuenta los accesos de las intersecciones por las que se abre paso esta avenida y los segmentos urbanos, para ambos sentidos:

Tabla 219. Resultado de los Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

AV. TOMÁS TUYO TUPAC										
Dirección N-S	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa			
	Acceso	O (TR)-E (LT)	Acceso	Norte	Acceso	Norte	Acceso	Norte		
	Tasa de Flujo (veh/h)	1513	Tasa de Flujo (veh/h)	255	Tasa de Flujo (veh/h)	207	Tasa de Flujo (veh/h)	142		
	Capacidad (veh/h)	2249	Capacidad (veh/h)	987	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	380		
	v/c	0.67	v/c	0.26	v/c	-	v/c	0.37		
	Demora (s)	17	Demora (s)	23	Demora (s)	2	Demora (s)	27		
	NDS	B	NDS	C	NDS	A	NDS	D		
	Segmento I					Segmento II				
	Velocidad de Viaje	15.4	km/h	9.6	mi/h	Velocidad de Viaje	26.0	km/h	16.2	mi/h
	PBFFS	30.0%	Índice de congestión	1.01		PBFFS	51.0%	Índice de congestión	1.01	
NDS	F	Demora por congestión	1		NDS	C	Demora por congestión	0		
Dirección S-N	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura			
	Acceso	O (LT)-E (TR)	Acceso	Sur	Acceso	Sur	Acceso	Sur		
	Tasa de Flujo (veh/h)	253	Tasa de Flujo (veh/h)	220	Tasa de Flujo (veh/h)	276	Tasa de Flujo (veh/h)	232		
	Capacidad (veh/h)	912 (LT)	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	864	Capacidad (veh/h)	663		
	v/c	0.15 (LT)	v/c	-	v/c	0.32	v/c	0.35		
	Demora (s)	7	Demora (s)	0	Demora (s)	24	Demora (s)	30		
	NDS	A	NDS	A	NDS	C	NDS	C		
	Segmento II					Segmento I				
	Velocidad de Viaje	27.3	km/h	16.9	mi/h	Velocidad de Viaje	11.2	km/h	7.21	mi/h
	PBFFS	53.0%	Índice de congestión	1.03		PBFFS	23.0%	Índice de congestión	1.00	
NDS	C	Demora por congestión	2		NDS	F	Demora por congestión	0		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Tomás Tuyo Tupac, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B, C y D. Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por

congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles C y F.

4.6 Escenario Proyectado sin Propuesta de Solución

El escenario proyectado a 10 años corresponde a la proyección de los datos de aforos vehiculares y peatonales obtenidos en el 2018 al 2028 manteniendo las condiciones actuales de operación, geometría y tipología y configuración de intersecciones.

4.6.1 Aforo Vehicular Proyectado sin Propuesta de Solución

El procedimiento de las proyecciones se muestra en la sección de Anexos, y a continuación se muestran los resultados de aforos vehiculares para el escenario proyectado:

Tabla 220. Resultado del Aforo Vehicular – Escenario Proyectado.

INTERSECCIONES	AFORO VEHICULAR - PROYECCIÓN							
	TOTAL		V. LIVIANOS		V. PESADOS		V. TRANSPORTE PÚBLICO	
	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	2250	100%	2167	92%	83	6%	35	2%
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	1893	100%	1831	92%	62	3%	99	5%
Av. Cusco - Av. De la Cultura	4989	100%	4687	82%	302	6%	586	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	5411	100%	5118	84%	293	6%	552	10%
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	1646	100%	1581	91%	65	4%	81	5%
Av. Cusco - Ca. Bolívar	1568	100%	1522	92%	46	3%	81	5%
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	1325	100%	1270	92%	55	5%	52	5%
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	1257	100%	1184	87%	73	6%	90	7%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	667	100%	589	76%	78	12%	78	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa	860	100%	653	69%	207	24%	56	7%

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta de Solución

4.6.2.1 Nivel de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta del Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco

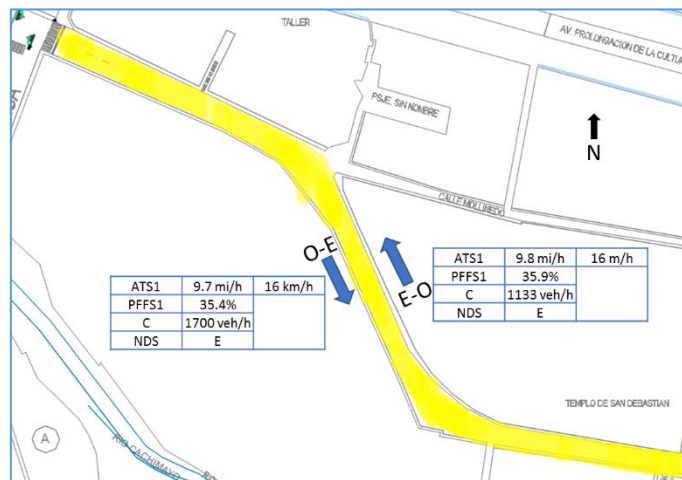


Figura 121. Nivel de Servicio – Proyección – Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.2 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta de las Intersecciones Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 221. Niveles de Servicio de la Intersecciones Semaforizadas – Escenario Proyectado.

INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO – ESCENARIO PROYECTADO									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	F	97	F	189	B	15	C	24	C	26
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	D	40	E	57	B	15	-	-	-	-
Av. Cusco - Av. De la Cultura	D	38	C	26	D	48	-	-	C	30
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	E	61	D	54	E	72	-	-	C	33

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.3 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta de las Intersecciones No Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 222. Niveles de Servicio de la Intersecciones No Semaforizadas – Escenario Proyectado.

INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO – ESCENARIO PROYECTADO									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	C	22	A	0	D	29	-	-	F	227
Av. Cusco - Ca. Bolívar	C	19	C	22	A	0	-	-	F	148
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	B	13	A	1	A	2	F	50	F	66
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	F	71	A	6	A	1	F	237	F	60
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	A	5	B	15	C	19	A	2	A	0
Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa	A	9	A	0	A	10	D	38	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2.4 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta de Solución de la Av. Cusco

Tabla 223. Resultado de los Niveles de Servicio – Proyección – Av. Cusco.

AV. CUSCO																				
Dirección	Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Av Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Semáforo Peatonal (Colegio De la Cultura)							
	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Sur						
O-E	Tasa de Flujo (veh/h)	1134	Tasa de Flujo (veh/h)	856	Tasa de Flujo (veh/h)	790	Tasa de Flujo (veh/h)	1020	Tasa de Flujo (veh/h)	664	Tasa de Flujo (veh/h)	684	Tasa de Flujo (veh/h)	309						
	Capacidad (veh/h)	1085	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	760	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	790						
	v/c	1.05	v/c	-	v/c	-	v/c	1.34	v/c	-	v/c	-	v/c	0.39						
	Demora (s)	57	Demora (s)	0	Demora (s)	22	Demora (s)	189	Demora (s)	1	Demora (s)	6	Demora (s)	30						
	NDS	E	NDS	A	NDS	C	NDS	F	NDS	A	NDS	A	NDS	C						
	Segmento I							Segmento II												
	Velocidad de Viaje		10		km/h		6.1		mi/h		Velocidad de Viaje		25		km/h		15.4		mi/h	
	PBFFS		18%		Índice de congestión		1.32		PBFFS		46%		Índice de congestión		1.37					
	NDS		F		Demora por congestión (s)		80		NDS		D		Demora por congestión (s)		75					
	Tramo de Carretera Clase III																			
Velocidad de Viaje		16		km/h		9.7		mi/h												
Capacidad (veh/h)		1700																		
PFFS		35.4%																		
NDS		E																		
Dirección	Intersección Av. Cusco - Av. De la Cultura		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Av Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)							
	Acceso	O (TR)-E (LT)	Acceso	Norte	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este						
	Tasa de Flujo (veh/h)	1885	Tasa de Flujo (veh/h)	378	Tasa de Flujo (veh/h)	481	Tasa de Flujo (veh/h)	519	Tasa de Flujo (veh/h)	765	Tasa de Flujo (veh/h)	794	Tasa de Flujo (veh/h)	798						
	Capacidad (veh/h)	2020	Capacidad (veh/h)	270	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	767	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	1088						
	v/c	0.93	v/c	1.4	v/c	-	v/c	0.68	v/c	-	v/c	-	v/c	0.73						
	Demora	30	Demora	237	Demora	2	Demora	15	Demora	0	Demora	29	Demora	15						
	NDS	C	NDS	F	NDS	A	NDS	B	NDS	A	NDS	D	NDS	B						
	Segmento II							Segmento I												
	Velocidad de Viaje		25		km/h		15.7		mi/h		Velocidad de Viaje		22		km/h		13.5		mi/h	
	PBFFS		47%		Índice de congestión		1.65		PBFFS		40%		Índice de congestión		2.00					
NDS		D		Demora por congestión (s)		46		NDS		E		Demora por congestión (s)		75						

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Cusco en el escenario proyectado, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B, C, D, E y F. Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles D, E y F.

4.6.2.5 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado Sin Propuesta de la Av. Tomás Tuyo Tupac

Tabla 224. Resultado de los Niveles de Servicio – Proyección – Av. Tomás Tuyo Tupac.

AV. TOMÁS TUYRO TUPAC												
Dirección N-S	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa					
	Acceso	O (TR)-E (LT)	Acceso	Norte	Acceso	Norte	Acceso	Norte				
	Tasa de Flujo (veh/h)	1932	Tasa de Flujo (veh/h)	341	Tasa de Flujo (veh/h)	277	Tasa de Flujo (veh/h)	190				
	Capacidad (veh/h)	2148	Capacidad (veh/h)	993	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	251				
	v/c	0.90	v/c	0.34	v/c	-	v/c	0.8				
	Demora (s)	68	Demora (s)	24	Demora (s)	2	Demora (s)	38				
	NDS	E	NDS	C	NDS	A	NDS	E				
	Segmento I				Segmento II							
	Velocidad de Viaje		15	km/h	9.2	mi/h	Velocidad de Viaje		22	km/h	13.4	mi/h
	PBFFS		29%	Índice de congestión		1.02	PBFFS		42%	Índice de congestión		1.01
NDS		F	Demora por congestión (s)		1	NDS		D	Demora por congestión (s)		1	
Dirección S-N	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura					
	Acceso	O (LT)-E (TR)	Acceso	Sur	Acceso	Sur	Acceso	Sur				
	Tasa de Flujo (veh/h)	339	Tasa de Flujo (veh/h)	297	Tasa de Flujo (veh/h)	370	Tasa de Flujo (veh/h)	310				
	Capacidad (veh/h)	1986 (LT)	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	870	Capacidad (veh/h)	661				
	v/c	0.17 (LT)	v/c	-	v/c	0.43	v/c	0.47				
	Demora (s)	11	Demora (s)	0	Demora (s)	26	Demora (s)	33				
	NDS	B	NDS	A	NDS	C	NDS	C				
	Segmento II				Segmento I							
	Velocidad de Viaje		25	km/h	15.8	mi/h	Velocidad de Viaje		11	km/h	6.7	mi/h
	PBFFS		50%	Índice de congestión		1.05	PBFFS		21%	Índice de congestión		1
NDS		D	Demora por congestión (s)		3	NDS		F	Demora por congestión (s)		0	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Tomás Tuyo Tupac en el escenario proyectado, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B, C y E. Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles D y F.



4.7 Escenario de la Propuesta de Mejora

4.7.1 Propuesta de Mejora

Las propuestas de mejora se realizaron en base a la proyección de los aforos vehiculares para 10 años en adelante, es decir, del 2018 al 2028 y el procedimiento se muestra en la sección de Anexos.

- Se realizó la segregación de vehículos pesados de la Av. Cusco, Av. Tomás Tuyro Tupac y de la Av. de la Cultura. Este procedimiento se hizo para cada intersección de acceso a estas avenidas, como lo son:
 - Para la Av. Cusco: El ingreso desde el oeste (C.E. Diego Quispe Tito), sus intersecciones con la Ca. Diego de Almagro, Ca. Bolívar, Alemania Federal y Av. De la Cultura.
 - Para la Av. Tomás Tuyro Tupac: El acceso oeste de la intersección con la Av. De la Cultura, el acceso oeste y este de la intersección con la Ca. Kantu y el ingreso desde la intersección con la Vía Expresa.
 - No se consideraron los volúmenes de vehículos pesados de las intersecciones intermedias, para evitar la duplicidad de los valores segregados.
 - Los valores segregados se añadieron a los flujos de la vía Expresa, en este caso en los accesos oeste y este de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa.
- Se hizo la optimización de los intervalos del ciclo semafórico. Se diseñaron nuevos intervalos del ciclo semafórico para cada intersección semaforizada acorde a los volúmenes vehiculares para un escenario proyectado para 10 años, el procedimiento de cálculo se muestra en la sección de Anexos.
- Se retiraron estacionamientos y paraderos cercanos a las intersecciones (dentro de los 76.2m), excepto los paraderos adyacentes al colegio Diego Quispe Tito en el semáforo peatonal de la Av. Cusco. Los paraderos se reubicarían fuera de los 76.2m cercanos a las intersecciones.
- Se optimizó la infraestructura vial del último tramo del segmento II de la Av. Cusco antes de la intersección con la Av. De la cultura.

- Se homogenizó el segmento II de la Av. Tomás Tuyo Tupac en su último tramo hasta la intersección con la Vía Expresa.
- Se propuso la infraestructura vial de la Vía Expresa acorde al estudio de Pre-Inversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto de “Mejoramiento Integral de la Vía Expresa de la Ciudad del Cusco: Ovalo los Libertadores – Puente Costanera – Nodo Versalles”. Código SNIP 245953.
- Se propuso el control mediante un dispositivo semafórico para la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

A continuación, se muestran los volúmenes proyectados considerando la segregación de vehículos pesados, también se muestran las modificaciones en la infraestructura, y el análisis correspondiente de este nuevo escenario:

4.7.1.1 Afors Vehiculares para la Propuesta de Solución

En la siguiente tabla se muestra que los vehículos pesados ya no están presentes en todas las intersecciones de estudio, con excepción de la intersección de la Av. Tomas Tuyo Tupac – Vía Expresa que es la única intersección por donde circularían los vehículos pesados.

Tabla 225. Resultado del Aforo Vehicular – Escenario con Propuesta.

AFORO VEHICULAR - PROPUESTA								
INTERSECCIONES	TOTAL		V. LIVIANOS		V. PESADOS		V. TRANSPORTE PÚBLICO	
	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%	veh/h	%
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	2125	100%	2125	100%	0	0%	59	2%
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	1832	100%	1832	100%	0	0%	99	5%
Av. Cusco - Av. De la Cultura	4686	100%	4686	100%	0	0%	586	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	5118	100%	5118	100%	0	0%	552	10%
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	1582	100%	1582	100%	0	0%	81	5%
Av. Cusco - Ca. Bolívar	1523	100%	1523	100%	0	0%	81	5%
Av. Cusco - Ca. Felipes Sicus	1270	100%	1270	100%	0	0%	52	5%
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	1184	100%	1184	100%	0	0%	90	7%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	589	100%	589	100%	0	0%	78	12%
Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa	1144	100%	653	57%	491	43%	56	5%

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.1.2 Optimización de la Infraestructura Vial

4.7.1.2.1 Optimización de la Infraestructura Vial del Acceso Norte (Av. Cusco) de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal

Este acceso pertenece al tramo de la Av. Cusco que mide 31.5 metros y que se ubica entre la Intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura y la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal, del que se modificó el diseño geométrico a 2 carriles/sentido de 3 metros de ancho cada uno, con una berma central de 1 metro que divide cada sentido.

A continuación, en la siguiente figura se puede observar la ubicación del tramo:

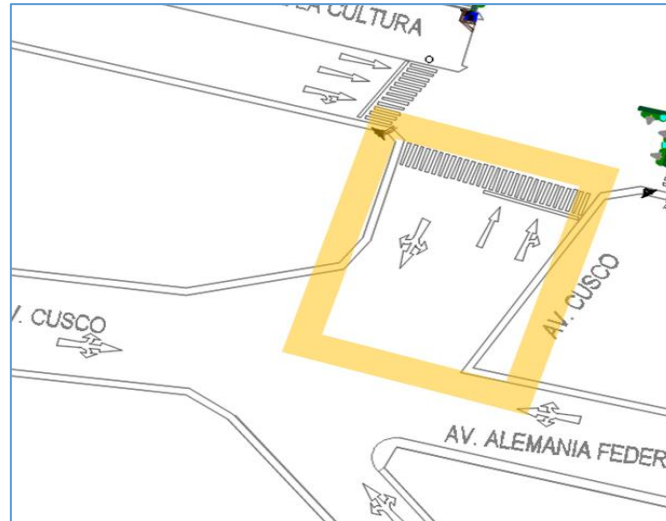


Figura 122. Ubicación del Tramo Optimizado de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, en la siguiente figura se muestra la sección transversal de la propuesta de diseño geométrico:

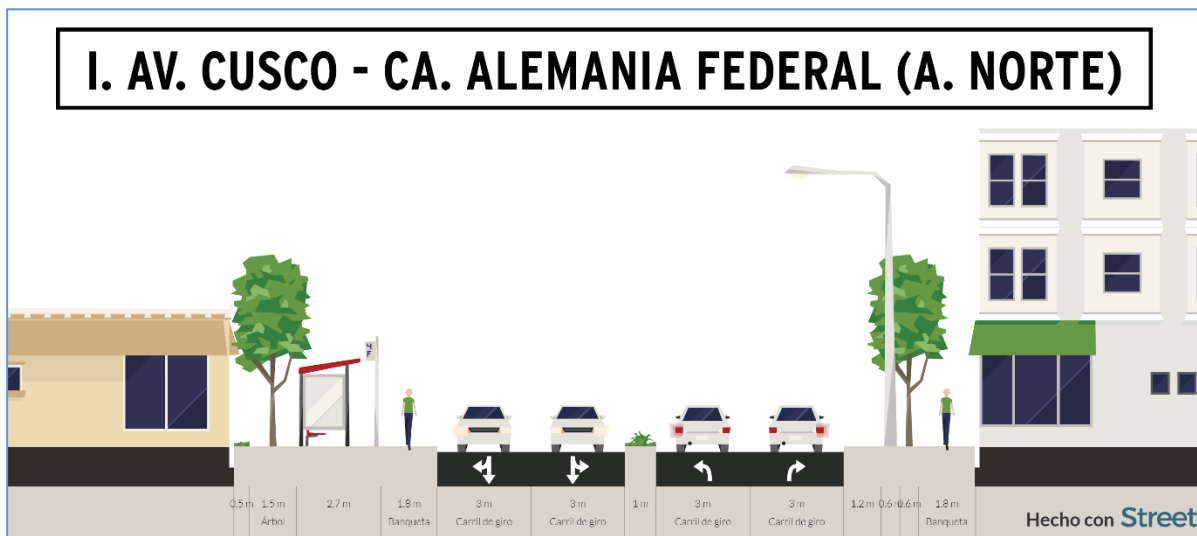


Figura 123. Propuesta de Infraestructura Vial del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente se muestra el acceso Sur de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura que pertenece a este mismo tramo y que en el escenario actual operaba con 2 carriles de entrada, pero estos no eran definidos ni homogéneos en todo el tramo:



Figura 124. Propuesta de Infraestructura Vial del Acceso Sur de la Intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura.

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.1.2.2 Optimización de la Infraestructura Vial del Segmento II de la Av. Tomás Tuyo Tupac

Se hizo la homogenización del segmento II de la Av. Tomás Tuyo Tupac hasta la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa, este segmento consta de una sección transversal de 2 carriles/sentido, con un ancho de carril de 3 metros, separados por una berma central de 1 metro. A continuación, se muestra la ubicación de este tramo del segmento II de la Av. Tomás Tuyo Tupac:

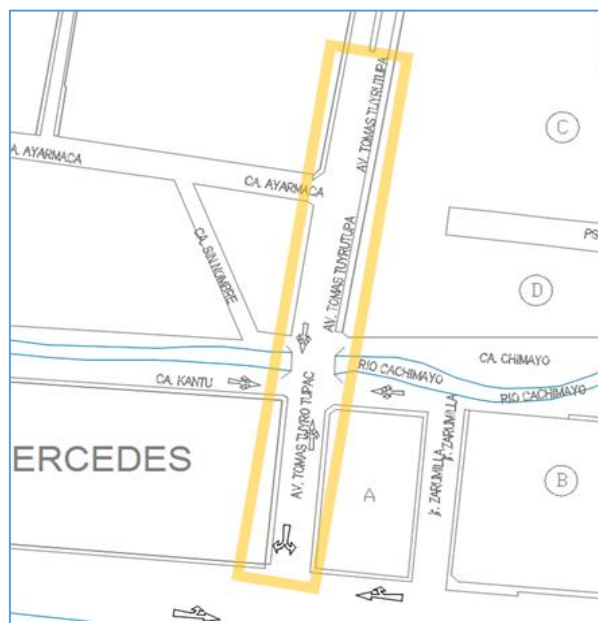


Figura 125. Ubicación del Tramo Optimizado de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura (siguiente página) se muestra el diseño para el acceso norte y sur de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Ca. Kantu:

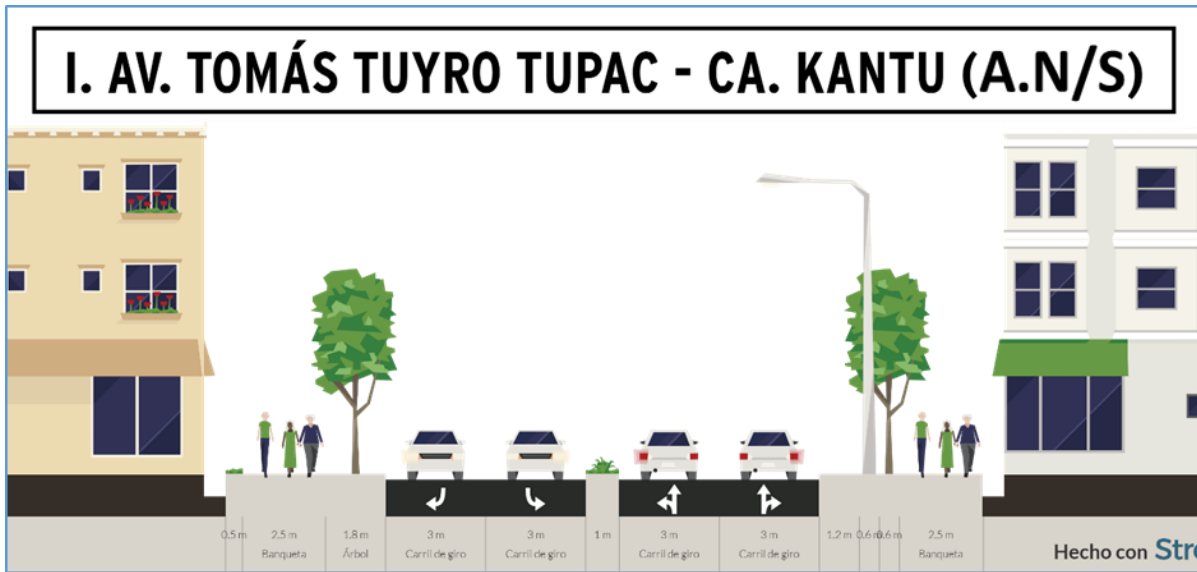


Figura 126. Propuesta de Infraestructura Vial del Acceso Norte y Sur de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Ca. Kantu.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura se muestra el acceso Norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa:

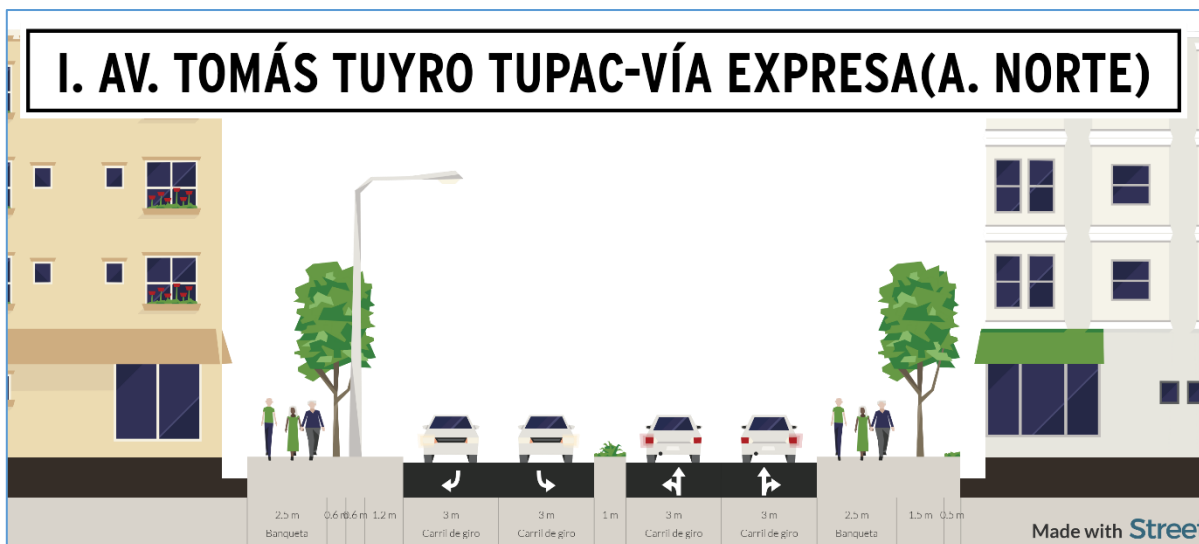


Figura 127. Propuesta de Infraestructura Vial del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.



4.7.1.2.3 Optimización de la Sección Transversal de la infraestructura de la Vía Expresa

La propuesta propone 4 carriles/sentido, de estos 2 carriles son laterales con un ancho de 3 metros para el flujo de vehículos livianos y 2 principales o internos con 3.30 metros de ancho cada uno para el flujo de vehículos pesados. Así mismo, propone una berma central de 2.50 metros que separa ambos sentidos del flujo, 2 bermas de 1 metro de ancho que separa a los carriles laterales de los internos.

En la siguiente página se muestra la sección transversal propuesta:

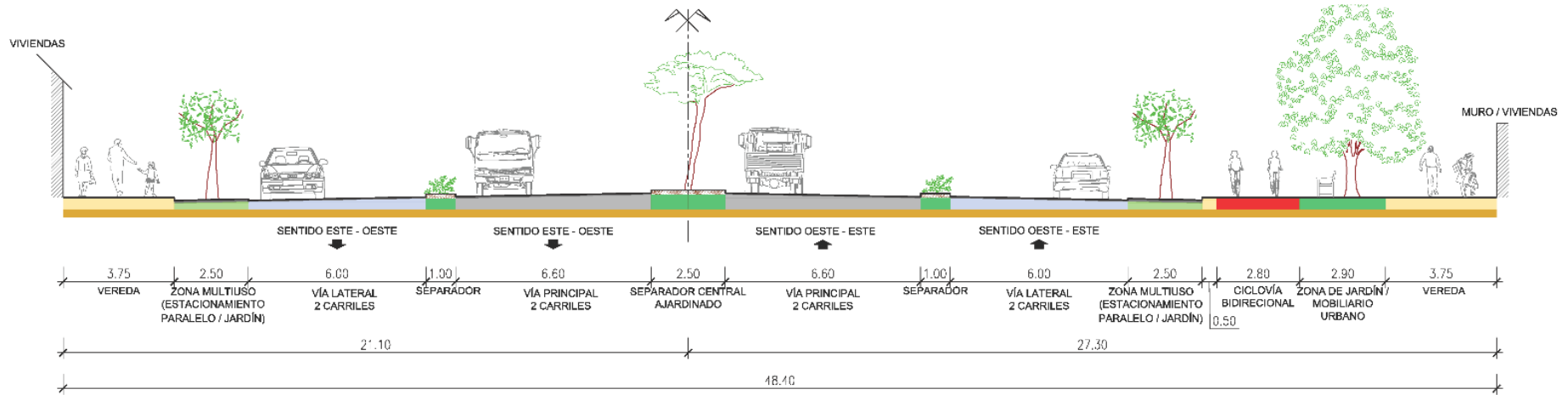


Figura 128. Propuesta de la Infraestructura Vial de la Vía Expresa.

Fuente: Estudio de Pre-Inversión a Nivel de Factibilidad. (COPESCO, 2017).

4.7.1.2.4 Movimientos de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa

En la siguiente figura se muestran los movimientos de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa:

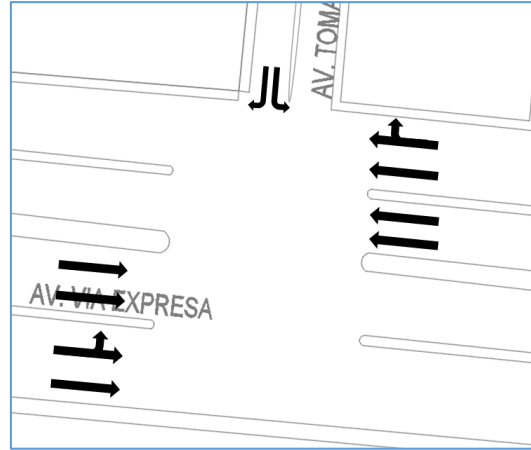


Figura 129. Movimientos de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.1.3 Optimización de Intervalos del Ciclo Semafórico

Tabla 226. Optimización de Intervalos del Ciclo Semafórico de las Intersecciones Semaforizadas.

INTERSECCIÓN	OPTIMIZACIÓN DE INTERVALOS DEL CICLO SEMAFÓRICO	
AV. CUSCO (COLEGIO DIEGO QUISPE TITO)	CICLO DE SEMAFORO 90 SEGUNDOS	
	φ1	66 68
AV. CUSCO - AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	CICLO DE SEMAFORO 80 SEGUNDOS	
	φ1	52 54
AV. CUSCO - AV. DE LA CULTURA	CICLO DE SEMAFORO 90 SEGUNDOS	
	φ1	57 59
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC AV. DE LA CULTURA	CICLO DE SEMAFORO 90 SEGUNDOS	
	φ1	57 59
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC VÍA EXPRESA	CICLO DE SEMAFORO 90 SEGUNDOS	
	φ1	40 42
	φ2	43 59 61
	φ3	16 62 87 90

Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento de optimización de los ciclos semafóricos se encuentra en la sección de anexos.

4.7.2 Tipología y Configuración de las Intersecciones

Según los registros de datos de la Tipología y Configuración de las Intersecciones expuestos en el capítulo III, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 227. Resultados de la Tipología de Intersecciones de la Av. Cusco y de la Av. Tomás Tuyro Tupac-Propuesta.

INTERSECCIÓN	TIPOLOGÍA Y CONFIGURACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS							
	CONFIGURACIÓN	TIPO DE CONTROL	N° MOVIMIENTOS	N° CONFLICTOS	PLAN DE FASES	CICLO(s)	VERDE(s)	AMARILLO (s)
AV. CUSCO (COLEGIO DIEGO QUISPE TITO)	-	PREFIJADO	2	0	φ1 φ2	90	66 14	2 1
AV. CUSCO - AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	+	PREFIJADO	12	20	φ1 φ2	80	52 20	2 2
AV. CUSCO - AV. DE LA CULTURA	T	PREFIJADO	6	8	φ1 φ2	90	57 25	2 2
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - AV. DE LA CULTURA	T	PREFIJADO	6	8	φ1 φ2	90	57 25	2 2
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - VÍA EXPRESA	T	PREFIJADO	6	6	φ1 φ2 φ3	90	40 16 25	2 2 2
INTERSECCIÓN	TIPOLOGÍA Y CONFIGURACIÓN DE INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS							
	CONFIGURACIÓN	DISPOSITIVO DE CONTROL	N° MOVIMIENTOS	N° CONFLICTOS	VIA PRINCIPAL	VIA SECUNDARIA		
AV. CUSCO - CA. DIEGO DE ALMAGRO	T	PARE	6	14	AV. CUSCO	CA. DIEGO DE ALMAGRO		
AV. CUSCO - CA. BOLÍVAR	+	PARE	9	17	AV. CUSCO	CA. BOLÍVAR		
AV. CUSCO - CA. FELIPE SICUS	+	PARE	12	30	AV. CUSCO	CA. FELIPE SICUS		
AV. CUSCO - CA. ALEMANIA FEDERAL	+	PARE	12	28	AV. CUSCO/CA. ALEMANIA FEDERAL	CA. LOS GERANIOS		
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC - CA. KANTU	+	PARE	12	28	AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	CA. KANTU		

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.3 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta de Solución

4.7.3.1 Nivel de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta del Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco

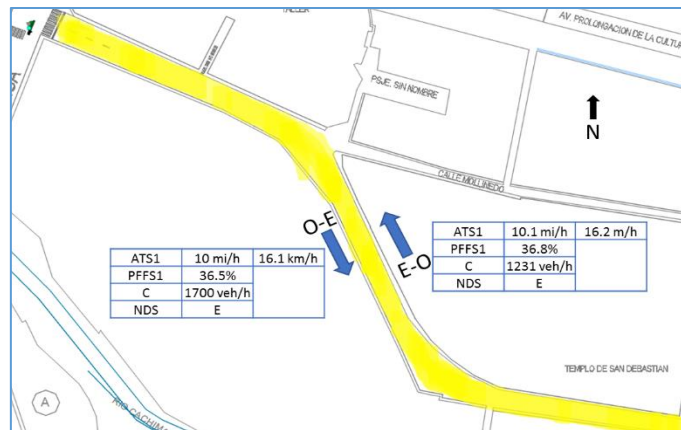


Figura 130. Nivel de Servicio – Propuesta – Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco.

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.3.2 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta de las Intersecciones Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 228. Niveles de Servicio de la Intersecciones Semaforizadas – Escenario con Propuesta.

INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO – ESCENARIO CON PROPUESTA									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	B	20	C	21	A	9	C	27	C	29
Av. Cusco (C.E. Diego Quispe Tito)	B	15	B	19	A	10	-	-	-	-
Av. Cusco - Av. De la Cultura	B	15	B	12	B	15	-	-	C	28
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	B	15	B	14	B	13	-	-	C	28
Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa	B	16	C	21	B	16	-	-	B	17

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.3.3 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta de las Intersecciones No Semaforizadas de la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyo Tupac.

Tabla 229. Niveles de Servicio de la Intersecciones No Semaforizadas – Escenario con Propuesta.

INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	NIVEL DE SERVICIO – ESCENARIO CON PROPUESTA									
	INTERSECCIÓN		ACCESO OESTE		ACCESO ESTE		ACCESO NORTE		ACCESO SUR	
	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)	NDS	DEMORAS (s/veh)
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	A	8	A	0	A	10	-	-	F	98
Av. Cusco - Ca. Bolívar	B	11	B	12	A	0	-	-	F	88
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	A	10	A	1	A	2	E	39	E	48
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	B	13	A	5	A	1	E	29	E	37
Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu	A	4	B	13	C	16	A	2	A	0

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.3.4 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta de Solución de la Av. Cusco

Tabla 230. Resultado de los Niveles de Servicio – Propuesta – Av. Cusco.

AV. CUSCO																		
Dirección	Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Av Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Intersección Av. Cusco - Av. De la Cultura					
	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Oeste	Acceso	Sur				
O-E	Tasa de Flujo (veh/h)	1085	Tasa de Flujo (veh/h)	823	Tasa de Flujo (veh/h)	762	Tasa de Flujo (veh/h)	990	Tasa de Flujo (veh/h)	637	Tasa de Flujo (veh/h)	649	Tasa de Flujo (veh/h)	290				
	Capacidad (veh/h)	1242	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	1066	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	903				
	v/c	0.87	v/c	-	v/c	-	v/c	0.93	v/c	-	v/c	-	v/c	0.32				
	Demora (s)	19	Demora (s)	0	Demora (s)	12	Demora (s)	21	Demora (s)	1	Demora (s)	5	Demora (s)	28				
	NDS	B	NDS	A	NDS	B	NDS	C	NDS	A	NDS	A	NDS	C				
	Segmento I																	
	Velocidad de Viaje	26 km/h				15.9 mi/h				Velocidad de Viaje						27 km/h	18.3 mi/h	
	PBFFS	48%				Índice de congestión				1.55		PBFFS		51%		Índice de congestión		1.28
	NDS	D				Demora por congestión (s)				44		NDS		C		Demora por congestión (s)		23
	Tramo de Carretera Clase III																	
Velocidad de Viaje	16 km/h		10 mi/h															
Capacidad (veh/h)	1700																	
PFFS	36.5%																	
NDS	E																	
Dirección E-O	Intersección Av. Cusco - Av. De la Cultura		Intersección Av. Cusco - Ca. Alemania Federal		Intersección Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus		Intersección Av. Cusco - Av Tomás Tuyo Tupac		Intersección Av. Cusco - Ca. Bolívar		Intersección Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro		Semáforo Peatonal (Colegio Quispe Tito)					
	Acceso	O (TR)-E (LT)	Acceso	Norte	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este	Acceso	Este				
	Tasa de Flujo (veh/h)	1776	Tasa de Flujo (veh/h)	356	Tasa de Flujo (veh/h)	463	Tasa de Flujo (veh/h)	495	Tasa de Flujo (veh/h)	748	Tasa de Flujo (veh/h)	762	Tasa de Flujo (veh/h)	785				
	Capacidad (veh/h)	2487	Capacidad (veh/h)	636	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	947	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	-	Capacidad (veh/h)	1214				
	v/c	0.7	v/c	0.6	v/c	-	v/c	0.52	v/c	-	v/c	-	v/c	0.65				
	Demora	14	Demora	29	Demora	2	Demora	9	Demora	0	Demora	10	Demora	10				
	NDS	B	NDS	D	NDS	A	NDS	A	NDS	A	NDS	A	NDS	A				
	Segmento II																	
	Velocidad de Viaje	32 km/h				19.9 mi/h				Velocidad de Viaje						29 km/h	18.3 mi/h	
	PBFFS	60%				Índice de congestión				1.44		PBFFS		54%		Índice de congestión		1.58
NDS	C				Demora por congestión (s)				28		NDS		C		Demora por congestión (s)		41	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Cusco en el escenario de la propuesta de mejora, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B y C. Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles C y D.

4.7.3.5 Niveles de Servicio del Escenario Proyectado con Propuesta de la Av. Tomás Tuyo Tupac

Tabla 231. Resultado de los Niveles de Servicio – Propuesta – Av. Tomás Tuyo Tupac.

AV. TOMÁS TUYRO TUPAC										
Dirección N-S	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa			
	Acceso O (TR)-E (LT)		Acceso Norte		Acceso Norte		Acceso Norte			
	Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)			
	Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)			
	v/c		v/c		v/c		v/c			
	Demora (s)		Demora (s)		Demora (s)		Demora (s)			
	NDS		NDS		NDS		NDS			
	Segmento I					Segmento II				
	Velocidad de Viaje		14 km/h		8.6mi/h		Velocidad de Viaje		31 km/h 19.2mi/h	
	PBFFS		27%		Índice de congestión 1.01		PBFFS		61% Índice de congestión 1.04	
NDS		F		Demora por congestión (s) 1		NDS		C Demora por congestión (s) 2		
Dirección S-N	Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Vía Expresa		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Ca. Kantu		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. Cusco		Intersección Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura			
	Acceso O (LT)-E (TR)		Acceso Sur		Acceso Sur		Acceso Sur			
	Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)		Tasa de Flujo (veh/h)			
	Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)		Capacidad (veh/h)			
	v/c		v/c		v/c		v/c			
	Demora (s)		Demora (s)		Demora (s)		Demora (s)			
	NDS		NDS		NDS		NDS			
	Segmento II					Segmento I				
	Velocidad de Viaje		26 km/h 16.3 mi/h		Velocidad de Viaje		12 km/h 7.6 mi/h			
	PBFFS		52.0%		Índice de congestión 0.96		PBFFS		24% Índice de congestión 1	
NDS		C		Demora por congestión (s) -2		NDS		F Demora por congestión (s) 0		

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra las tasas de flujo de cada acceso para cada sentido para la Av. Tomás Tuyo Tupac en el escenario de la propuesta de mejora, considerándose la capacidad de cada acceso y la relación volumen/capacidad, con excepción de las capacidades de los accesos principales de las intersecciones no semaforizadas ya que estas no son determinadas por la metodología aplicada y de la misma manera para la relación volumen/capacidad, también se muestra las demoras de cada acceso y los niveles de servicio teniendo niveles A, B y C . Por otro lado, se muestra también los resultados de los segmentos urbanos considerándose la velocidad de viajes, el porcentaje de velocidad base de flujo libre, los índices de congestión, las demoras por congestión y finalmente los niveles de servicio para cada segmento y sentido, teniendo niveles C y F.

4.8 Contraste de Escenarios

El contraste de los escenarios se realizó entre los escenarios actual, proyectado sin propuesta de mejora (proyección) y proyectado con propuesta de mejora (propuesta), en referencia a los resultados mostrados anteriormente en este capítulo, los cuales fueron obtenidos en el capítulo de metodología, específicamente en los ítems de determinación de niveles de servicio de carreteras de dos carriles clase III. intersecciones semaforizadas, intersecciones no semaforizadas y segmentos urbanos.

4.8.1 Contraste de Conflictos Según la Tipología y Configuración de las Intersecciones

Este contraste se realiza en base a los resultados de Tipología y Configuración de Intersecciones expuestos anteriormente.

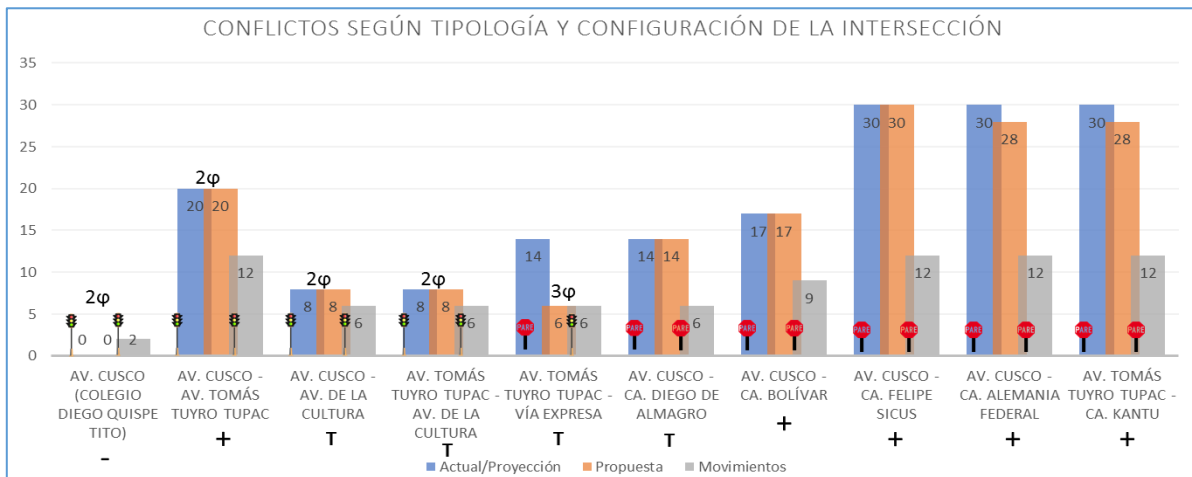


Figura 131. Conflictos según la Tipología y Configuración de la Intersección.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa el contraste de conflictos según la tipología y configuración de intersecciones, en azul, están los conflictos del escenario actual que son los mismos del escenario proyectado, en naranja, tenemos los conflictos del escenario propuesto, que son iguales o menores que los del escenario actual o proyectado, y en plomo, tenemos los movimientos permitidos en cada intersección que varían de 6 a 12 movimientos. Cabe resaltar que en el semáforo peatonal (C.E. Diego Quispe Tito) de la Av. Cusco no tenemos conflictos vehiculares por su configuración de 2 accesos y un control semaforizado. Las intersecciones semaforizadas tienen menos conflictos que las intersecciones no semaforizadas, un claro ejemplo es el de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa, que en el escenario actual o proyectado tiene un control con señal de PARE con 14 conflictos para los 6 movimientos, mientras que en el escenario de la propuesta de mejora tenemos una intersección

semaforizada que reduce sus conflictos a 6. Otro detalle a considerar en el gráfico es que las intersecciones semaforizadas con una misma configuración de accesos tienen menos conflictos si tiene más fases, como es el caso de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura con un control semaforizado de 2 fases y 3 teniendo 8 conflictos para sus 6 movimientos a diferencia de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa en el escenario propuesto tiene 3 fases y consta de 3 accesos presentando 6 conflictos para sus 6 movimientos.

4.8.2 Contraste de Parámetros de los Niveles de Servicio del Tramo de Carretera de Clase III de la Av. Cusco

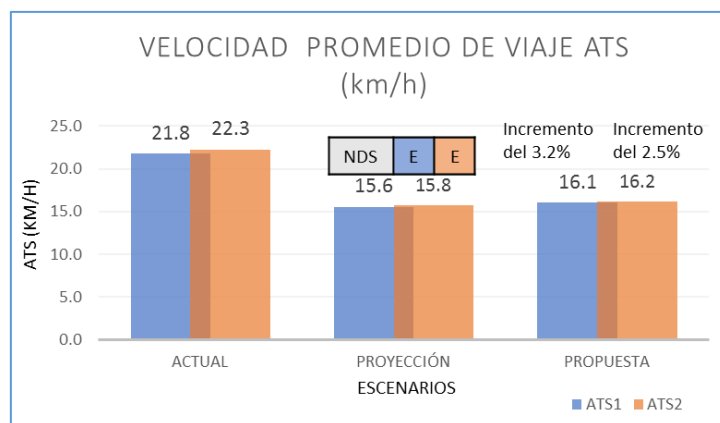


Figura 132. Contraste de la Velocidad de Viajes ATS.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra la velocidad promedio de viaje (ATS1 para el sentido O-E y ATS2 para el sentido E-O) para el tramo de carretera de clase III de la Av. Cusco. En el escenario actual se observan velocidades de 21.8km/h y 22.3km/h, para el escenario proyectado estas velocidades decaen a 15.6km/h y 15.8km/h, y en el escenario de la propuesta de mejora estas velocidades incrementan en 3.2% y 2.5% teniendo valores de 16.1km/h y 16.2km/h. Y finalmente se muestra que en los 3 escenarios los niveles de servicio son E.

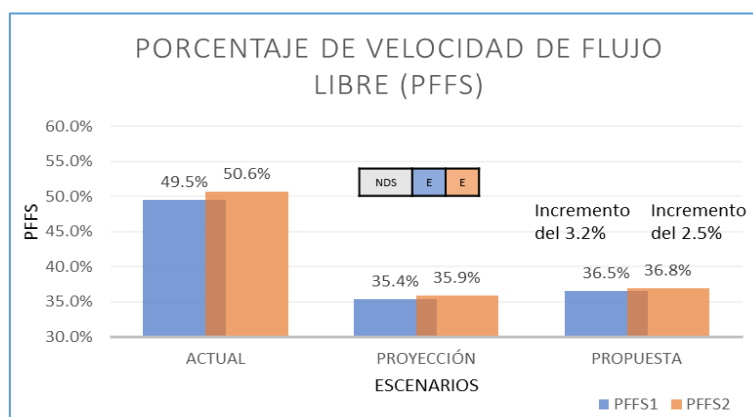


Figura 133. Contraste de la Velocidad de Flujo Libre.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra el porcentaje de velocidad de flujo libre (PFFS1 para el sentido O-E y PFFS2 para el sentido E-O) para el tramo de carretera de clase III de la Av. Cusco. En el escenario actual se observan porcentajes de 49.5% y 50.6%, para el escenario proyectado estos porcentajes decaen a 35.4% y 35.9%, y en el escenario de la propuesta de mejora estos porcentajes se incrementan en 3.2% y 2.5% teniendo valores de 36.5% y 36.8%. Y finalmente se muestra que en los 3 escenarios los niveles de servicio son E.

4.8.3 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio de las Intersecciones Semaforizadas

Tabla 232. Contraste de Parámetros de los Niveles de Servicio de las Intersecciones Semaforizadas.

INTERSECCIÓN	Volumen (veh/hora)			Volumen / Capacidad			Demora (s)			Nivel de Servicio		
	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyo Tupac	1676	2250	2125	0.50	0.66	0.56	29.0	97.0	20.0	C	F	B
Semáforo Peatonal de la Av. Cusco	1407	1932	1870	0.64	0.89	0.76	14.0	40.0	15.0	B	D	B
Av. Cusco - Av. De la Cultura	3903	5249	4933	0.61	0.85	0.66	15.0	38.0	15.0	B	D	B
Av. Tomás Tuyo Tupac - Av. De la Cultura	4239	5694	5387	0.65	0.90	0.70	17.0	61.0	15.0	B	E	B

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se observan los volúmenes, la relación volumen/capacidad y las demoras para los escenarios actual, proyectado y de la propuesta de solución para las intersecciones semaforizadas. Respecto al volumen se puede observar que en el primer escenario tienen valores que se incrementan en el escenario de la proyección y a consecuencia de las propuestas en el tercer escenario estos valores disminuyen. De la misma manera ocurre con la relación volumen/capacidad. Por otro lado, las demoras del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y se reducen en general en el escenario de la propuesta. Finalmente, en la tabla también se observan los niveles de servicio, en el escenario actual tenemos niveles B y C que para el escenario de la proyección disminuyen a D, E y F, y en el escenario de la propuesta de mejora estos niveles aumentan a B. En las tres siguientes figuras se grafican los valores de la tabla anterior:

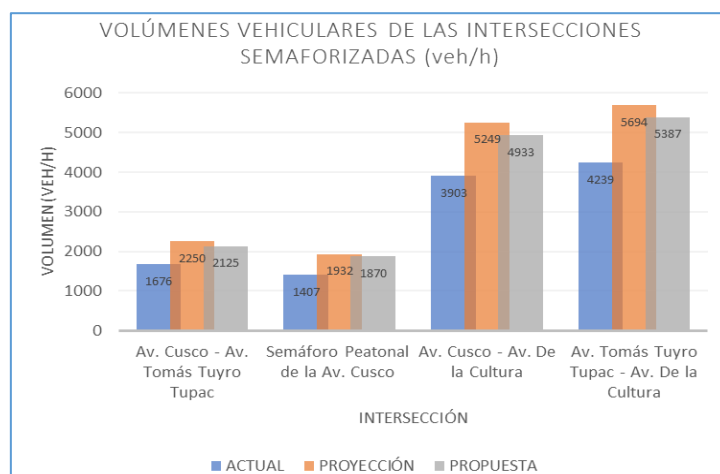


Figura 134. Contraste de Volúmenes Vehiculares de las Intersecciones Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa los volúmenes vehiculares para cada intersección semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

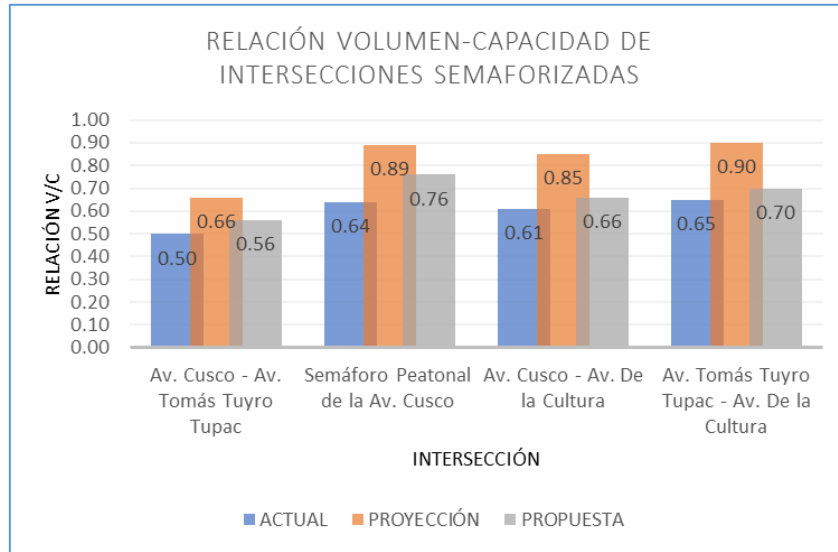


Figura 135. Contraste de la Relación Volumen - Capacidad de las Intersecciones Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las relaciones volumen/capacidad para cada intersección semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

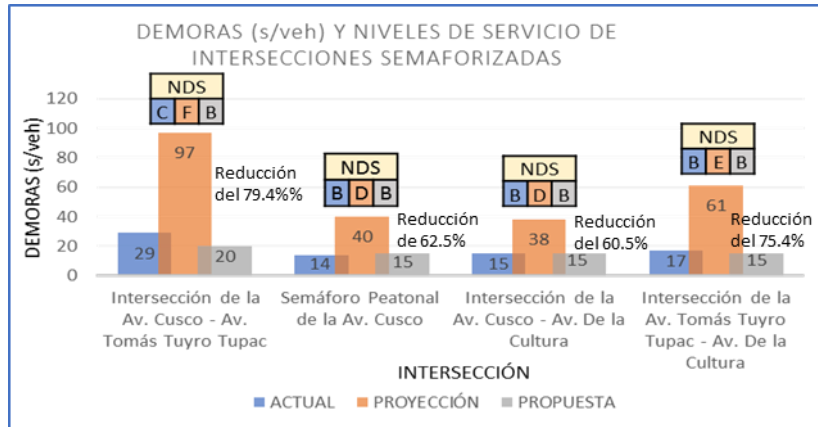


Figura 136. Contraste de las Demoras de las Intersecciones Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las demoras para cada intersección semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora. Así mismo se muestra los

niveles de servicio del escenario actual que disminuyen en el escenario proyectado y mejoran en el escenario de la propuesta de mejora.

Tabla 233. Contraste de la Relación Volumen-Capacidad Crítica de las Intersecciones Semaforizadas.

INTERSECCIÓN	RELACIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD CRÍTICA		
	ACTUAL	PROYECCIÓN	PROPUESTA
Av. Cusco - Av. Tomás Tuyro Tupac	1.39	1.86	1.50
Semáforo Peatonal de la Av. Cusco	0.91	1.26	1.19
Av. Cusco - Av. De la Cultura	1.37	1.98	1.42
Av. Tomás Tuyro Tupac - Av. De la Cultura	1.51	2.10	1.41

Fuente: Elaboración Propia.

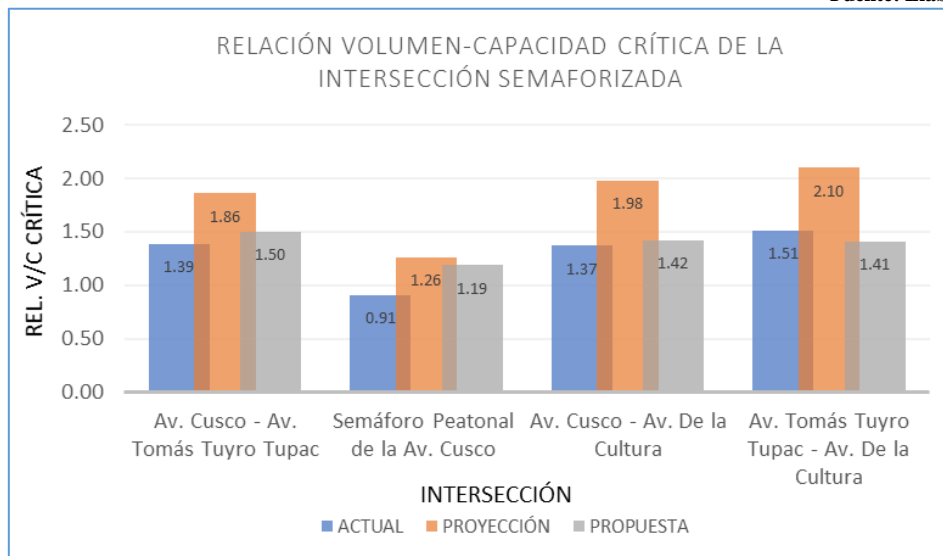


Figura 137. Contraste de la Relación Volumen-Capacidad Crítica de las Intersecciones Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla y figura anteriores se muestra la relación volumen/capacidad crítica que define el uso de la infraestructura, los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado, pero decrecen en el escenario de la propuesta evidenciando el incremento de la capacidad.

4.8.4 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio de las Intersecciones No Semaforizadas

Tabla 234. Contraste de Niveles de los Niveles de Servicio de las Intersecciones No Semaforizadas.

INTERSECCIÓN	Volumen (veh/hora)			Volumen / Capacidad			Demora (s)			Nivel de Servicio		
	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta	Actual	Proyección	Propuesta
Av. Cusco - Ca. Diego de Almagro	1277	1716	1648	0.69	1.00	0.90	5.0	22.0	8.0	A	C	A
Av. Cusco - Ca. Bolívar	1228	1651	1604.0	0.69	1.10	1.00	5.0	19.0	11.0	A	C	B
Av. Cusco - Ca. Felipe Sicus	1071	1439	1380	0.41	0.66	0.61	5.0	13.0	10.0	A	B	A
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	1041	1396	1316	0.40	0.62	0.48	14.0	71.0	13.0	B	F	B
Av. Tomás Tuyro Tupac - Ca. Kantu	534	718	635	0.15	0.23	0.18	4.0	5.0	4.0	A	A	A

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se observan los volúmenes, la relación volumen/capacidad y las demoras para los escenarios actual, proyectado y de la propuesta de solución para las intersecciones no semaforizadas. En las 3 figuras siguientes se grafican los valores de la tabla anterior:

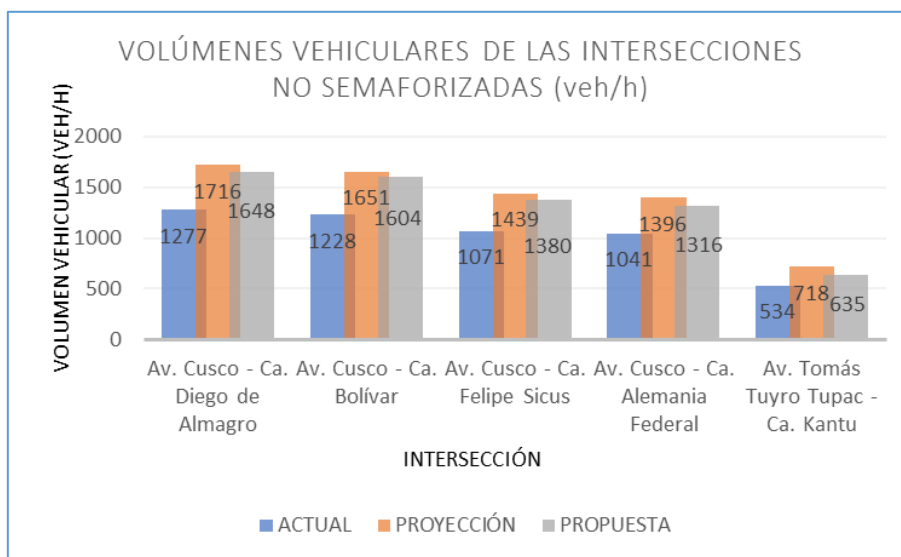


Figura 138. Contraste de Volúmenes Vehiculares de las Intersecciones No Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa los volúmenes vehiculares para cada intersección no semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

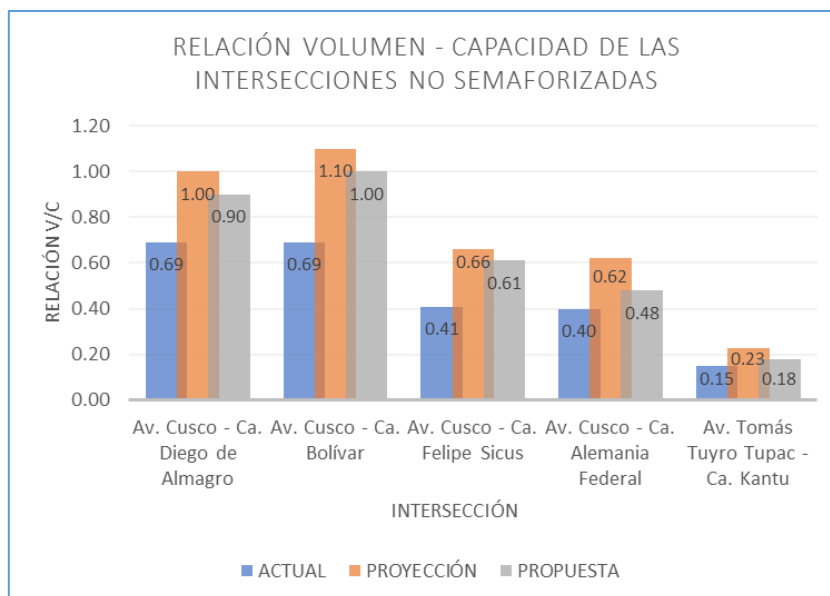


Figura 139. Contraste de la Relación Volumen - Capacidad de las Intersecciones No Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las relaciones volumen/capacidad para cada intersección no semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

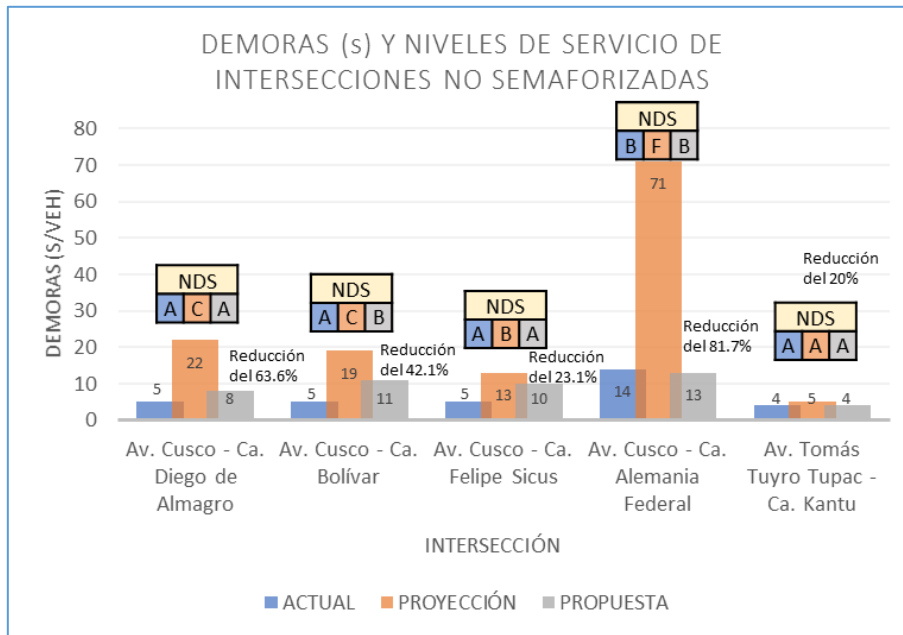


Figura 140. Contraste de las Demoras de las Intersecciones No Semaforizadas.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las demoras para cada intersección no semaforizada y para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora. Así mismo se muestra los niveles de servicio del escenario actual A y B disminuyen en el escenario proyectado B, C y F y mejoran en A y B en el escenario de la propuesta de mejora.

4.8.5 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio de la Intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vías Expresa

Esta intersección al ser inicialmente no semaforizada en el escenario actual y en la proyección sin propuesta, y semaforizada en el escenario proyectado con propuesta, resulta difícil de contrastar respecto a los niveles de servicio globales de intersección, por lo que toma mayor sentido en el ítem de contraste de la Av. Tomás Tuyro Tupac que se ve más adelante en este ítem se muestra el contraste del acceso Norte. Sin embargo, a continuación, se muestran las figuras correspondientes al contraste de esta intersección:

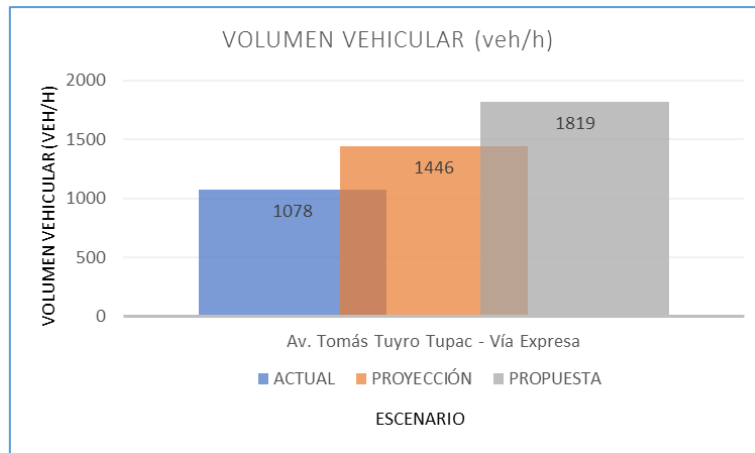


Figura 141. Contraste de Volúmenes Vehiculares Intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa los volúmenes vehiculares para la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y aumentan aún más en el escenario de la propuesta de mejora por el incremento de los vehículos pesados en la Vía Expresa.

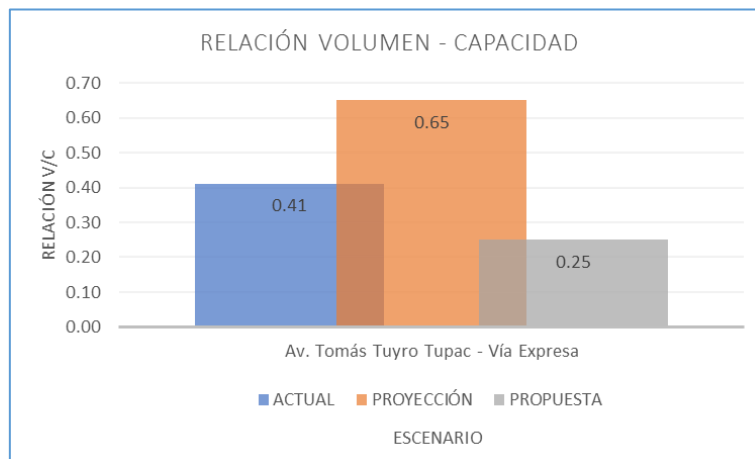


Figura 142. Contraste de la Relación Volumen – Capacidad de la Intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa la relación volumen/capacidad para la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y disminuyen notoriamente en el escenario de la propuesta de mejora, debido que se incrementó la capacidad en esta intersección por la propuesta de mejora de la infraestructura vial.

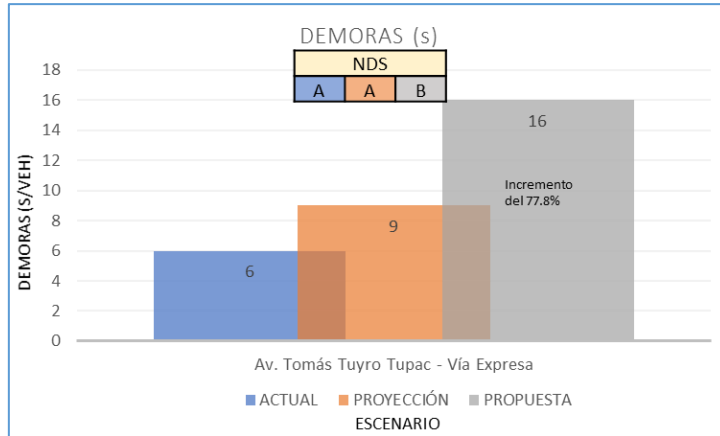


Figura 143. Contraste de las Demoras de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las demoras para la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y aumentan aún más en el escenario de la propuesta de mejora debido al cambio del tipo de control de PARE de la intersección por un control semaforizado. A continuación, tenemos el contraste del acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa:

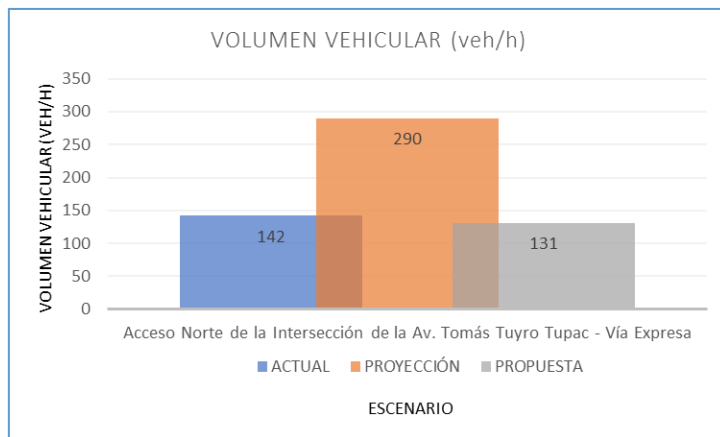


Figura 144. Contraste del Volumen Vehicular del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa los volúmenes vehiculares del acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora por la ausencia de los vehículos pesados en la Av. Tomás Tuyo Tupac.

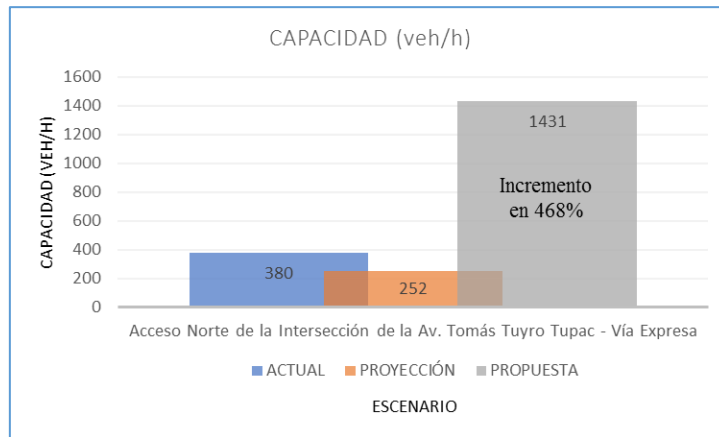


Figura 145. Contraste la Capacidad del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa la capacidad del acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual decrecen en el escenario proyectado y aumentan notoriamente en el escenario de la propuesta de mejora, debido a la optimización de la infraestructura vial de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

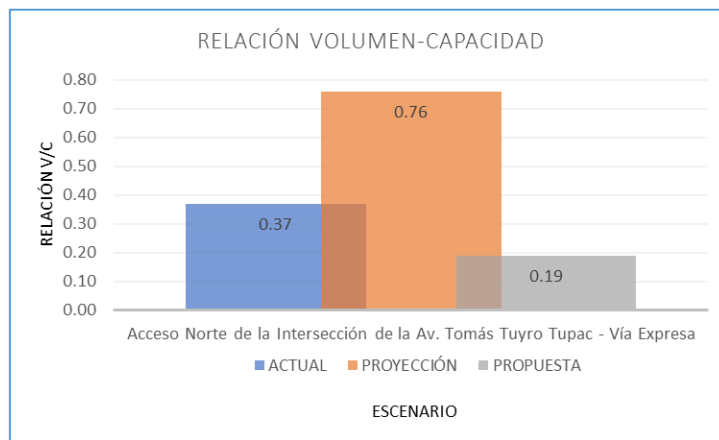


Figura 146. Contraste la Relación-Capacidad del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa la relación volumen/capacidad del acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y disminuyen notoriamente en el escenario de la propuesta de mejora, debido a que se incrementó la capacidad en esta intersección por la propuesta de mejora de la infraestructura vial.

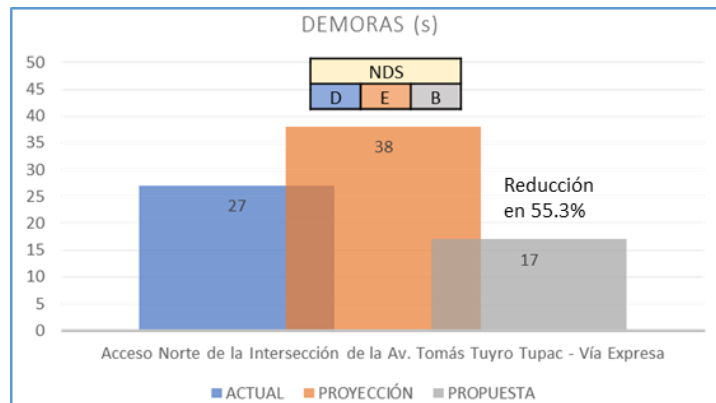


Figura 147. Contraste de Demoras del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las demoras para el acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

4.8.6 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio del Acceso Norte la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal

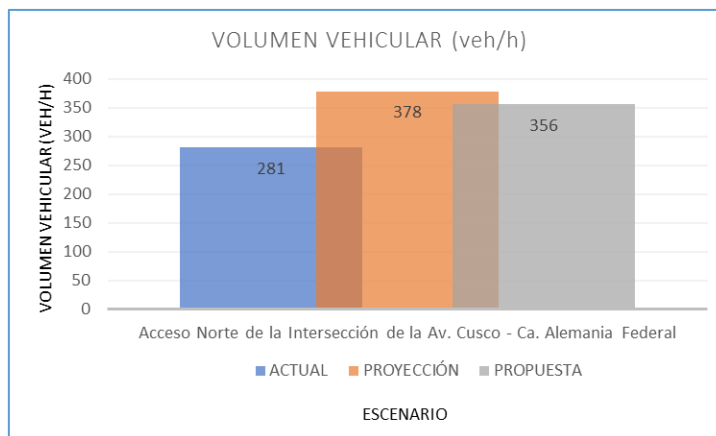


Figura 148. Contraste del Volumen Vehicular del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa los volúmenes vehiculares del acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora por la ausencia de los vehículos pesados en la Av. Cusco.

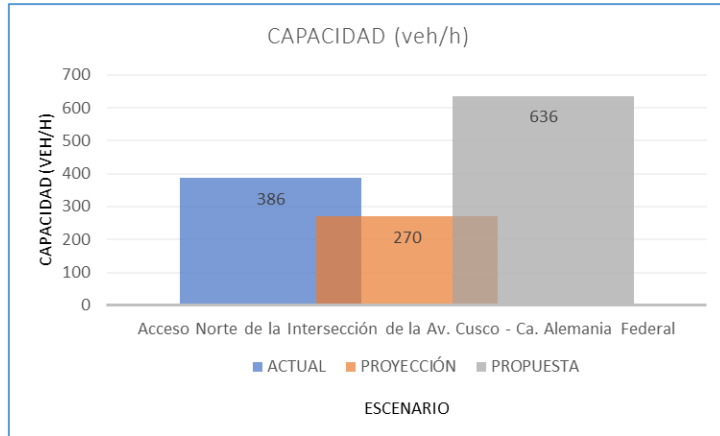


Figura 149. Contraste la Capacidad del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa la capacidad del acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual decrecen en el escenario proyectado y aumentan notoriamente en el escenario de la propuesta de mejora, debido a la optimización de la infraestructura vial de la Av. Cusco.

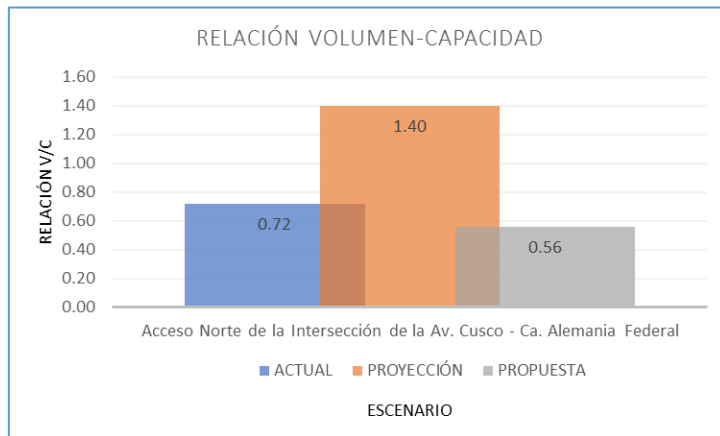


Figura 150. Contraste la Relación-Capacidad del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa la relación volumen/capacidad del acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan en el escenario proyectado y disminuyen notoriamente en el escenario de la propuesta de mejora, debido a que se incrementó la capacidad en esta intersección por la propuesta de mejora de la infraestructura vial.

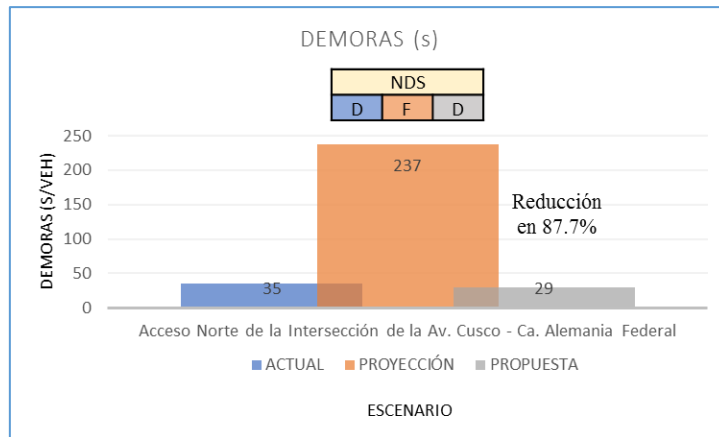


Figura 151. Contraste de Demoras del Acceso Norte de la Intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se observa las demoras para el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal para cada escenario, observándose que los valores del escenario actual se incrementan notoriamente en el escenario proyectado y se reducen en el escenario de la propuesta de mejora.

4.8.7 Contraste de Capacidad de las Intersecciones Optimizadas en su Diseño Geométrico

Tabla 235. Contraste de la Capacidad de las Intersecciones Optimizadas en su Diseño Geométrico.

INTERSECCIÓN	CAPACIDAD (veh/h)		
	ACTUAL	PROYECCIÓN	PROPUESTA
Av. Tomás Tuyro Tupac - Av. De la Cultura	6523	6321	7500
Av. Tomás Tuyro Tupac - Vía Expresa	2600	2237	7359
Av. Cusco - Ca. Alemania Federal	2631	2257	2735

Fuente: Elaboración Propia.

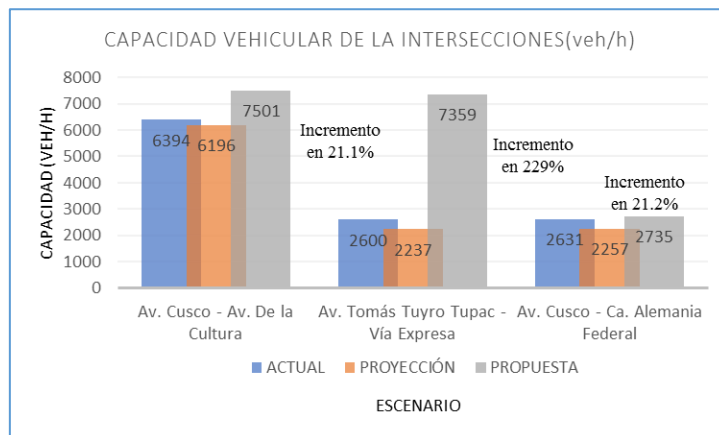


Figura 152. Contraste de la Capacidad de las Intersecciones Optimizadas en su Diseño Geométrico.

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.8 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio de la Av. Cusco

4.8.8.1 Contraste de Parámetros de Niveles de Servicio de la Av. Cusco Sentido Oeste – Este

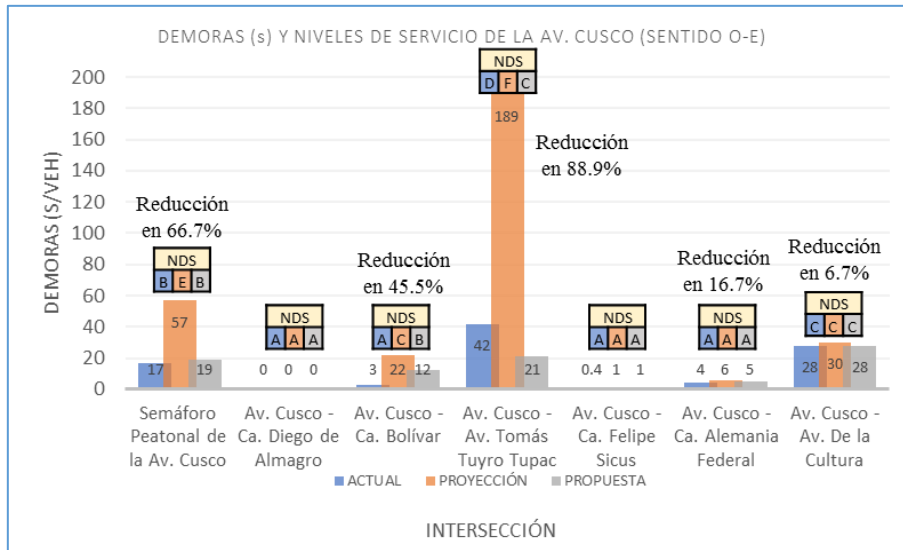


Figura 153. Contraste de las Demoras y Niveles de Servicio de la Av. Cusco – Sentido O-E.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora de accesos por donde la Av. Cusco se abre paso en sentido O-E. De la misma manera sucede con los niveles de servicio.

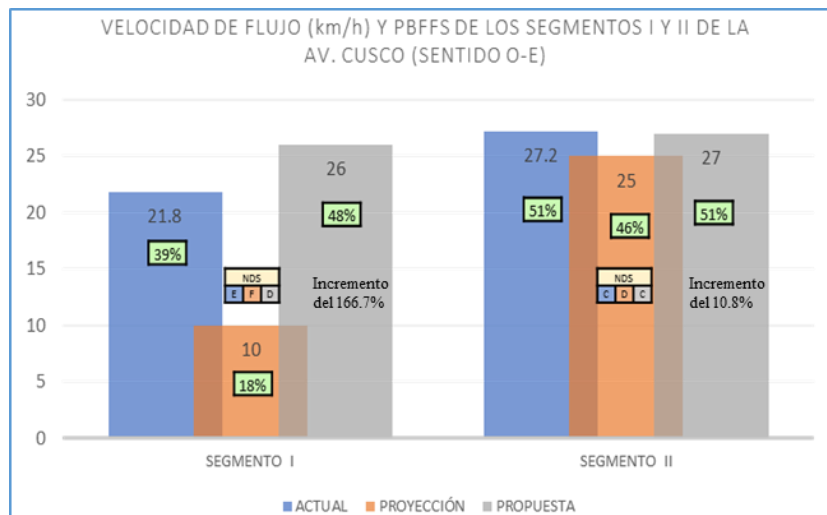


Figura 154. Contraste de Parámetros de Segmentos Urbanos I y II de la Av. Cusco – Sentido O-E.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las velocidades de flujo y el PBFFS del escenario actual disminuyen en el escenario de la proyección e incrementan en el escenario de la propuesta de

mejora para los segmentos I y II la Av. Cusco en sentido O-E. De la misma manera sucede con los niveles de servicio.

4.8.8.2 Contraste Parámetros de Niveles de Servicio de la Av. Cusco Sentido Este – Oeste

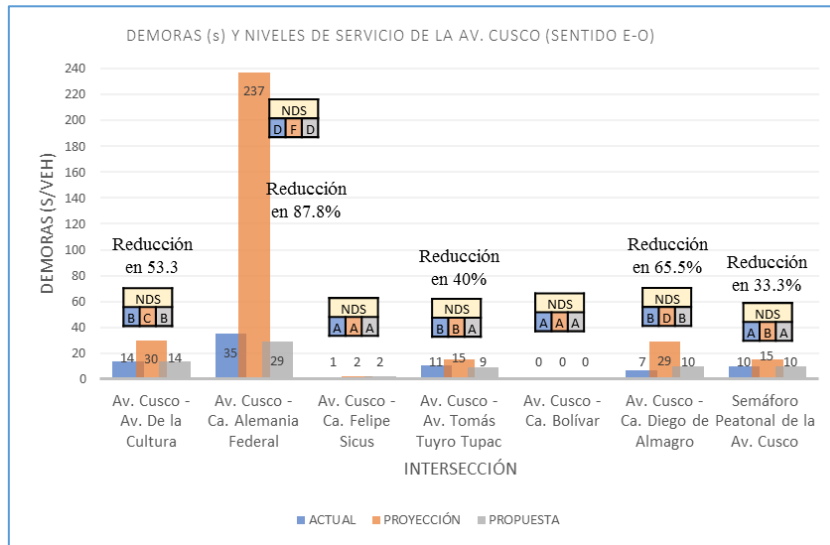


Figura 155. Contraste de las Demoras y Niveles de Servicio de la Av. Cusco – Sentido E-O.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora de accesos por donde la Av. Cusco se abre paso en sentido E-O. De la misma manera sucede con los niveles de servicio.

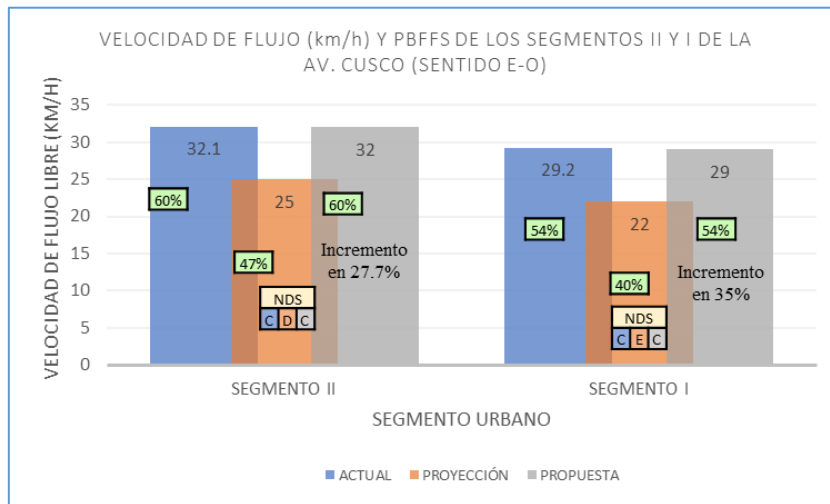


Figura 156. Contraste de Parámetros de Segmentos Urbanos II y I de la Av. Cusco – Sentido E-O.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las velocidades de flujo y el PBFSS del escenario actual disminuyen en el escenario de la proyección e incrementan en el escenario de la propuesta de

mejora para los segmentos I y II la Av. Cusco en sentido E-O. De la misma manera sucede con los niveles de servicio.

4.8.8.3 Contraste de Parámetros del Índice de Congestión de la Av. Cusco

Tabla 236. Contraste de Parámetros del Índice de Congestión de la Av. Cusco.

ESCENARIO ACTUAL				
AVENIDA AV. CUSCO				
SEGMENTO URBANO	Segmento I		Segmento II	
SENTIDO	O-E	E-O	O-E	E-O
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)	102	70	81	66
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)	152	111	104	91
Índice de congestión	1.49	1.58	1.28	1.37
Demora por congestión (s)	50	41	22	24
ESCENARIO PROYECTADO SIN PROPUESTA				
AVENIDA AV. CUSCO				
SEGMENTO URBANO	Segmento I		Segmento II	
SENTIDO	O-E	E-O	O-E	E-O
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)	248	75	83	70
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)	328	150	114	115
Índice de congestión	1.32	2.00	1.37	1.65
Demora por congestión (s)	80	75	31	46
ESCENARIO PROPUESTO				
AVENIDA AV. CUSCO				
SEGMENTO URBANO	Segmento I		Segmento II	
SENTIDO	O-E	E-O	O-E	E-O
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)	81	70	81	63
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)	125	110	104	91
Índice de congestión	1.55	1.58	1.28	1.44
Demora por congestión (s)	44	41	23	28

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se observan los parámetros de tiempo de viaje a velocidad de flujo libre, tiempo de viaje a velocidad de viaje, índice de congestión y la demora por congestión para los segmentos I y II de la Av. Cusco en sentido O-E y E-O para los escenarios actual, proyectado sin propuesta y proyectado con propuesta de mejora.

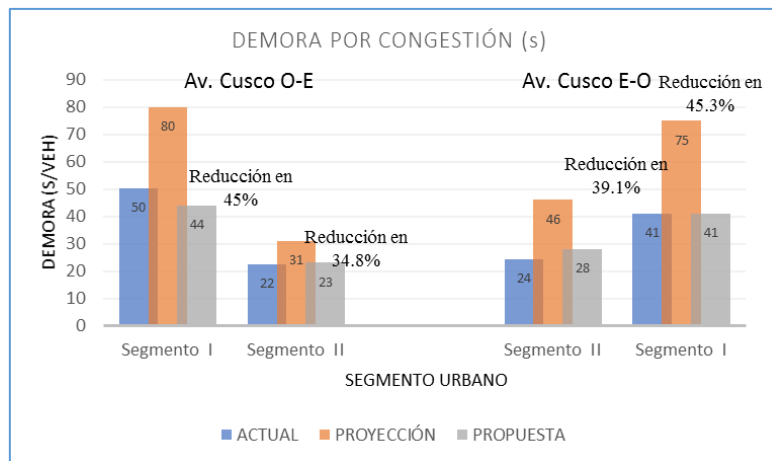


Figura 157. Contraste de Demoras por Congestión de la Av. Cusco em Sentido O – E y E – O.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras por congestión del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora para los segmentos I y II la Av. Cusco en sentido O-E y E-O.

4.8.9 Contraste Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyro Tupac

4.8.9.1 Contraste Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyro Tupac Sentido Norte – Sur

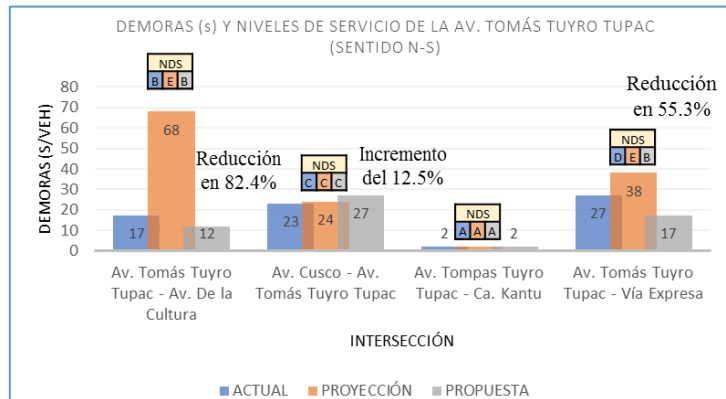


Figura 158. Contraste de las Demoras y Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Sentido N-S.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora de accesos por donde la Av. Tomás Tuyro Tupac se abre paso en sentido N-S, con la excepción del acceso de la intersección con la Av. Cusco donde la demora del escenario proyectado se incrementa en el escenario de la propuesta de mejora. Con respecto a los niveles de servicio en dos de los accesos en el escenario actual son A, B, C y de, en el escenario proyectado se disminuyen o mantienen en A, C y E, y en el escenario de la propuesta de mejora se mejora o mantienen en A, B y C.

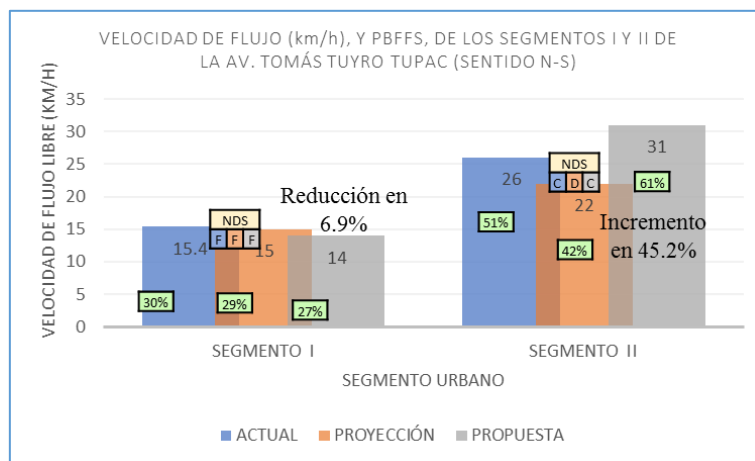


Figura 159. Contraste de Parámetros de Segmentos Urbanos I y II de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Sentido N-S.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las velocidades de flujo y el PBFFS del escenario actual disminuyen en el escenario de la proyección y disminuyen o incrementan en el escenario de la

propuesta de mejora para los segmentos I y II la Av. Tomás Tuyro Tupac en sentido O-E. De la misma manera sucede con los niveles de servicio.

4.8.9.2 Contraste Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyro Tupac Sentido Sur – Norte

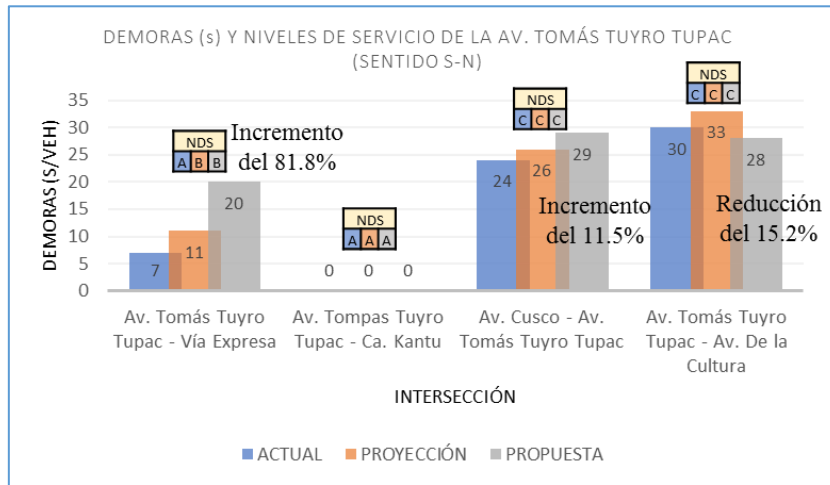


Figura 160. Contraste de las Demoras y Niveles de Servicio de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Sentido S-N.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras del escenario actual incrementan en el escenario de la proyección y disminuyen o aumentan en el escenario de la propuesta de mejora de accesos por donde la Av. Tomás Tuyro Tupac se abre paso en sentido N-S. Mientras que los niveles de servicio por lo general se mantienen.

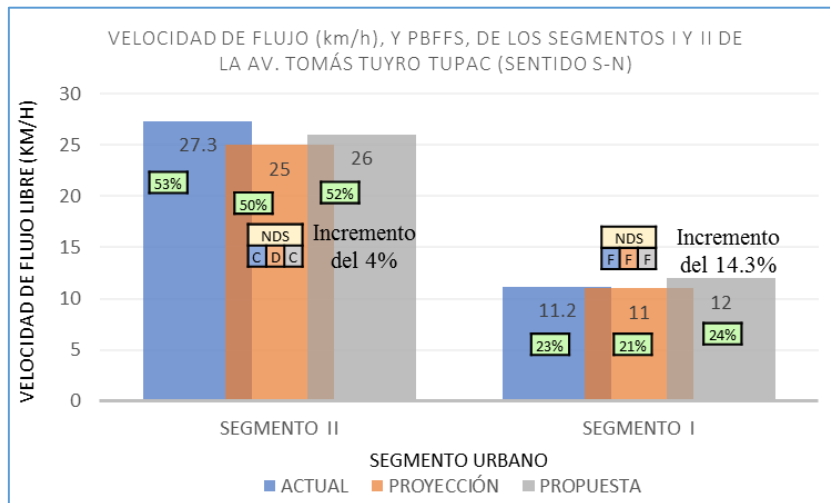


Figura 161. Contraste de Parámetros de Segmentos Urbanos I y II de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Sentido S-N.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las velocidades de flujo y el PBFSS del escenario actual disminuyen en el escenario de la proyección e incrementan en el escenario de la propuesta de

mejora para los segmentos I y II la Av. Tomás Tuyo Tupac en sentido S-N. De la misma manera sucede con los niveles de servicio en el segmento II y en el segmento I se mantiene.

4.8.9.3 Contraste de Parámetros del Índice de Congestión de la Av. Tomás Tuyo Tupac

Tabla 237. Contraste de Parámetros del Índice de Congestión de la Av. Tomás Tuyo Tupac.

		ESCENARIO ACTUAL			
		AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
SEGMENTO URBANO		Segmento I		Segmento II	
SENTIDO		N-S	S-N	N-S	S-N
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)		35	38	56	52
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)		36	38	56	54
Índice de congestión		1.01	1.00	1.01	1.03
Demora por congestión (s)		1	0	0	2
		ESCENARIO PROYECTADO SIN PROPUESTA			
		AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
SEGMENTO URBANO		Segmento I		Segmento II	
SENTIDO		N-S	S-N	N-S	S-N
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)		37	43	67	55
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)		37	43	68	58
Índice de congestión		1.02	1.00	1.01	1.05
Demora por congestión (s)		1	0	1	3
		ESCENARIO PROPUESTO			
		AV. TOMAS TUYRO TUPAC			
SEGMENTO URBANO		Segmento I		Segmento II	
SENTIDO		N-S	S-N	N-S	S-N
Tiempo de viaje a velocidad de flujo libre (s)		39	38	46	59
Tiempo de viaje a velocidad de viaje (s)		40	38	48	56
Índice de congestión		1.01	1.00	1.04	0.96
Demora por congestión (s)		1	0	2	-2

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se observan los parámetros de tiempo de viaje a velocidad de flujo libre, tiempo de viaje a velocidad de viaje, índice de congestión y la demora por congestión para los segmentos I y II de la Av. Tomás Tuyo Tupac en sentido N-S y S-N para los escenarios actual, proyectado sin propuesta y proyectado con propuesta de mejora.

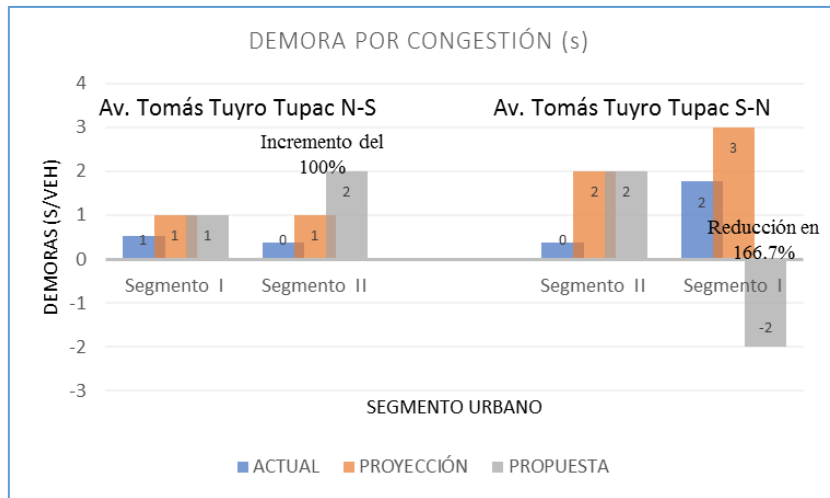


Figura 162. Contraste de Demoras por Congestión de la Av. Tomás Tuyo Tupac en Sentido N-S y S-N.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura anterior se muestra que las demoras por congestión del escenario actual se mantienen o incrementan en el escenario de la proyección y se mantienen, aumentan o disminuyen en el escenario de la propuesta de mejora para los segmentos I y II la Av. Tomás Tuyo Tupac en sentido N-S y S-N.



CAPITULO V: DISCUSIÓN

a) Contraste de Resultados con Referentes del Marco Teórico

Discusión 01

¿Cómo influyen los parámetros en los niveles de servicio del tramo de carretera de clase III?

Uno de los parámetros es la velocidad de flujo libre que se ajusta por el factor de las zonas de no paso (no adelantar) obteniendo la velocidad de viaje y el segundo es la tasa de flujo de demanda ajustado por factores de vehículos pesados y pendientes, ambos se utilizan para determinar el porcentaje de velocidad de flujo libre que es indispensable para determinar los niveles de servicio.

Estos parámetros para el caso del tramo de carretera clase III de la Av. Cusco en el Sentido O-E se tienen tanto para el escenario de la proyección sin propuesta y de la propuesta el siguiente comportamiento; se mantiene la velocidad de flujo libre (44km/h) y se disminuye la tasa de flujo de demanda (de 1196veh/h a 1131veh/h), entonces se obtienen porcentajes de velocidad de flujo libre más altos (de 35.4% a 36.5%) que determinarían niveles de servicio mejores si se supera el límite superior de 66.7% para pasar al nivel de servicio D, en este caso no supera y se mantiene en E. Por el contrario, si la velocidad de flujo libre se mantiene y se incrementa la tasa de flujo de demanda, el porcentaje de velocidad de flujo libre se reducirá y los niveles de servicio serán más defectuosos.

Discusión 02

¿Cómo influye la relación de verde, la tasa de saturación y el volumen vehicular en los niveles de servicio de intersecciones semaforizadas?

Tenemos la relación de verde que influye en la demora uniforme y en la demora incremental, si este parámetro es mayor en un mismo ciclo, menores serán las demoras. Para el caso del escenario proyectado sin propuesta y el de la propuesta del acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco-Av. Tomás Tuyro Tupac tenemos; una relación de verde de 0.56 con demoras de 28s y 160s respectivamente para el primer escenario y una relación de verde de 0.65 con demoras de 12s y 9s respectivamente para la propuesta. De la misma manera, se considera también la tasa de saturación, que es



ajustada por muchos factores, principalmente por el ancho de carril, porcentaje de vehículos pesados, pendientes, maniobras de estacionamiento, bloqueo por buses de transporte público y conflictos peatonales con los giros a la izquierda y derecha, obteniendo para los dos escenarios sujetos una tasa flujo de saturación ajustada de 1177veh/h y 1506veh/h respectivamente. Así mismo, los parámetros anteriores influyen directamente en la determinación de la capacidad de la infraestructura, si estos incrementan hará lo mismo la capacidad de la infraestructura, en los escenarios en cuestión tenemos una capacidad de 760veh/h y 1166veh/h respectivamente. Y, por último, el volumen vehicular, que es el parámetro que influye también en las demoras y niveles de servicio poniendo a prueba a la capacidad de la infraestructura, en este caso tenemos un volumen de 1020veh/h y 990veh/h, si el volumen se aproxima al valor de la capacidad, entonces las demoras incrementarán y los niveles de servicio serán cada vez más deficientes, si el volumen es equivalente a la capacidad significa que el funcionamiento está al límite del colapso de la infraestructura y si el volumen supera a la capacidad tendremos niveles de servicio F. Para el caso sujeto del escenario proyectado sin propuesta y el de la propuesta del acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac tenemos para el primer escenario que el volumen vehicular supera a la capacidad en una relación de 1.34 con una demora de 189s con un nivel de servicio F, y para el segundo escenario el volumen es menor que la capacidad con una relación de 0.93 con una demora de 21s y un nivel de servicio C.

Discusión 03

¿Cómo influye el volumen en conflicto y el rango de prioridad de los movimientos en los niveles de servicio de intersecciones no semaforizadas

Para el escenario actual de acceso sur de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal tenemos volúmenes en conflicto; para el movimiento LT 892veh/h con una capacidad de 143veh/h, para el movimiento TH 838veh/h con una capacidad de 153veh/h y para el movimiento RT 341veh/h con una capacidad de 452veh/h, mientras mayores sean estos volúmenes conflictivos menores serán las capacidades de las infraestructuras. Para este caso, el rango de prioridad de movimiento es el siguiente; para el movimiento LT tenemos el rango 4 con una capacidad de 143veh/h, para el movimiento TH tenemos el rango 3 con una capacidad de 153veh/h y para el movimiento RT tenemos el rango 2 con una capacidad de 452veh/h, donde el rango 2



tiene mayor prioridad que el rango 3 y este último mayor que el rango 4, mientras menor sea el rango del movimiento mayores conflictos presentará, por lo tanto, menor capacidad y mayores demoras. Para el acceso sur de la intersección de la Av. Cusco Ca. Alemania Federal tenemos una capacidad promedio de 200veh/h, una demora de 33s y un nivel de servicio D.

Discusión 04

¿Cómo influye el volumen vehicular, la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste por proximidad y las demoras por control en los niveles de servicio de los segmentos urbanos?

Los parámetros que influyen son los volúmenes que recorren el segmento que determinan las demoras por giros a la izquierda y derecha con mayor influencia a la primera, para el caso del escenario actual del segmento I de la Av. Cusco en sentido O-E tenemos; un volumen de 931veh/h con demora por giro a la izquierda de 19.77s/veh y demora por giro a la derecha de 0.13s/veh. Así mismo, la velocidad de flujo libre estimada a partir del límite de velocidad influye en las demoras por giros la derecha, ya que, si la velocidad de flujo libre es mayor, la brecha entre vehículos en la cola también se incrementará, para el caso sujeto tenemos una velocidad de flujo libre de 54km/h con una demora por giros a la derecha de 0.13s/veh. Otro parámetro importante es el factor de ajuste por proximidad, porque este factor ajusta el tiempo en movimiento en el segmento considerando la proximidad entre vehículos, es decir si el volumen se incrementa, la densidad en el flujo aumenta y los conductores tienden a ser más cauteloso disminuyendo la velocidad e incrementando el tiempo en movimiento en el segmento, para este caso tenemos un factor de 1.4 con un tiempo en movimiento en el segmento de 110s. Otro de los factores que determinan los niveles de servicio y el más importante es la demora por control, este parámetro influye considerablemente en la velocidad de viaje u operación en el segmento junto con el tiempo en movimiento en el segmento, para este caso la demora de la intersección del límite inferior es 42s, un tiempo de movimiento en el segmento de 110s, obteniendo una velocidad de viaje de 21km/h. Y los niveles de servicio de segmentos urbanos dependen del porcentaje de la velocidad de viaje respecto a la velocidad de flujo libre que para este caso tenemos un porcentaje de 39% con un nivel de servicio E.

**Discusión 05**

¿Los estacionamientos ubicados fuera de la vía pública dejarían de influir en los niveles de servicio de intersecciones semaforizadas?

No, los estacionamientos fuera de la vía pública siguen teniendo influencia en las tasas de flujo de saturación que determinan la capacidad de la infraestructura y en los niveles de servicio, pero estos influirían con menor incidencia ya que las maniobras de ingreso a los estacionamientos fuera la vía pública son más rápidas que las maniobras de estacionamiento en la vía pública, aunque el rápido acceso a los estacionamientos fuera de la vía dependerá del flujo peatonal presente.

Discusión 06

¿Los paraderos de servicio público ubicados fuera de la vía pública en una bahía para este fin, dejan de influir en los niveles de servicio de intersecciones semaforizadas?

Se puede considerar que ya no influirían en los niveles de servicio ya que el bloqueo por buses en la vía se reduciría, pero este bloqueo de buses no dejaría de existir porque de todas maneras habría cierto conflicto al momento de reducir la velocidad e ingresar a la bahía y en el reingreso a la vía, entonces no deja de influir.

Habría que considerar este escenario y desarrollar algún método para considerar este factor como uno de menos incidencia que el bloqueo por buses como tal.

Discusión 07

¿Cómo influyen las intersecciones “T” en los niveles de servicio?

Las intersecciones T influyen en los niveles de servicio de los accesos opuestos, es decir, si tenemos accesos O, E y S, los dos primeros, son los accesos que mejoraran sus niveles de servicio ya que no tienen movimientos de giros a la izquierda y derecha respectivamente.

Si comparamos una intersección + con una intersección T con los mismos parámetros, podremos indicar que la intersección T tendrá mejor nivel de servicio que la otra.

- b) Interpretación de los Resultados Encontrados en la Investigación

Discusión 08



¿Influye la operación del tránsito en los niveles de servicio obtenidos para la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyro Tupac?

Si, la influencia de la operación del tránsito se evidencia de manera general en la demanda vehicular que soportan las infraestructuras, flujos peatonales y los porcentajes de vehículos pesados que presentan.

Para el tramo de carretera de clase III en el escenario actual, la velocidad de flujo libre es 44km/h para ambos sentidos, lo que determina niveles de servicio deficientes tomando en consideración la demanda vehicular de 889veh/h para el sentido O-E y 696veh/h para el sentido inverso, Entonces se requeriría el incremento de la velocidad de flujo libre para obtener niveles de servicio superiores a los obtenidos (NDS E para ambos sentidos).

En el caso de las intersecciones, la operación del tránsito influye también en los niveles de servicio de los accesos que tienen giros a la izquierda y a la derecha, porque estos tienen conflictos con los peatones, por ejemplo, tenemos los casos en el escenario actual de la intersección de las Av. Cusco – Av. De la Cultura con 516peat/h, de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac con 1288peat/h y de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la cultura con 1041peat/h, donde se le incrementa la presencia de buses del servicio público que se detienen en los paraderos, en este caso 25buses/h, 143buses/h y 145buses/h respectivamente que reducen las capacidades (3383veh/h, 6394veh/h y 6523veh/h respectivamente) incrementando las demoras y disminuyendo los niveles de servicio (29s con un NDS C, 15s con un NDS B y 17s con un NDS B respectivamente).

Por otro lado, en el caso de las intersecciones no semaforizadas, también influye el mismo hecho de que son intersecciones que operan con dos señales de PARE (en la práctica), esto significa que siempre la avenida de menor prioridad y los movimientos que tienen los accesos de esta, tendrán parámetros menos favorables o más deficientes que los movimientos de los accesos de las vías principales. Teniendo por lo general resultados de niveles de servicio mejores para las vías principales que para las vías secundarias como se explica en la Discusión 03.

Y, por último, para el caso de los niveles de servicio de segmentos urbanos, también influye además de los puntos anteriores, la velocidad de flujo libre y de operación, que influyen en las demoras por giros tomando en cuenta la incidencia del volumen



vehicular en el factor de ajuste por proximidad entre vehículos y las demoras por control resultantes de las intersecciones límite aguas abajo (intersecciones de llegada) como se explica en la Discusión 04.

Discusión 09

¿Influye el diseño geométrico en los niveles de servicio obtenidos para la Av. Cusco y la Av. Tomás Tuyro Tupac?

Si, influyen de tal manera que los anchos de carriles para las metodologías de intersecciones determinan la capacidad de la infraestructura, para el caso del escenario actual del acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac tenemos un factor de ajuste por ancho de carril de 1 por tener un ancho de carril de 3m. De la misma manera influyen las pendientes, si estas son positivas influirán negativamente y por el contrario si son negativas influirán positivamente mejorando los valores de tasas de flujo saturación y capacidades, para este caso tenemos un factor de ajuste por pendiente de 1.01 por tener una pendiente de -1%, considerando el factor de ajuste por ancho de carril y lo anterior se obtiene un flujo de saturación de 1176veh/h y una capacidad de 759 que determinan una demora de 42s con un nivel de servicio D.

Algo muy importante en el caso del nivel de servicio de la carretera de clase III, esta presenta gran demanda 1409veh/h por lo que necesita de velocidades de flujo libre altas (velocidad actual 44km/h) para que el nivel de servicio sea aceptable, pero la geometría de este tramo no brinda las características para que los vehículos alcancen grandes velocidades de flujo libre, además de la presencia de reductores de velocidad en este tramo (2 reductores de velocidad), por lo que los niveles de servicio resultan muy bajos (NDS E).

Así mismo, para los resultados de niveles de servicio del segmento I de la Av. Tomás Tuyro Tupac, tenemos que este segmento cuenta con una longitud muy corta (130m - 150m) que impide alcanzar velocidades altas y tiene dos intersecciones semaforizadas que la delimitan, esto ocasiona que el tiempo que demoran en salir los vehículos del segmento es demasiado (tiempo de recorrido de 36s N-S y 39s S-N) y esto determina porcentajes de velocidad de flujo libre del 30% N-S y 24% S-N y niveles de servicio muy bajos de F para cada sentido.

Discusión 10



¿El nivel de servicio global de las intersecciones no semaforizadas están bien definidos?

No, porque a consecuencia de no estar bien definido, generalmente, no se utilizan los valores globales de nivel de servicio de la intersección no semaforizada, por presentar demoras muy bajas en la vía principal, que camuflan los niveles de servicio deficientes de los accesos menores. Sin Embargo, para este estudio los niveles de servicio de los accesos menores son irrelevantes para la determinación del nivel de servicio de las avenidas que son vías mayores, exceptuando los accesos norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa y de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal cuyos niveles de servicio fueron tomados aisladamente para los resultados combinados de los ejes de las avenidas Cusco y Tomás Tuyo Tupac.

Discusión 11

¿Por qué los niveles de servicio obtenidos en el segmento I de la Av. Tomás Tuyo Tupac resultaron F y no tuvieron mejora alguna?

Porque al tener este segmento una longitud muy corta (130m-150m), considerándose además las demoras por control semafórico de la intersección de llegada, el tiempo de viaje en el segmento resulta elevado, lo cual, determina velocidades de viaje menores que consecuentemente disminuyen los niveles de servicio notoriamente.

c) Comentario de la Demostración de la Hipótesis

Discusión 12

¿Es posible disminuir las demoras y en efecto, mejorar los niveles de servicio determinados en la presente tesis desde una optimización de los tiempos semafóricos, mejor ubicación de paraderos y retiro de estacionamientos, y la segregación de vehículos pesados?

Si, es justamente lo que se realizó en el escenario proyectado con propuesta de solución, donde se incrementaron las capacidades de las infraestructuras retirando paraderos y estacionamientos, para el caso de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal la capacidad incremento de 2257veh/h a 2735veh/h y aislando los vehículos pesados que redujeron la demanda vehicular de 1396veh/h a 1316veh/h y mejoraron los niveles de servicio de F a B.

Discusión 13



¿Los niveles de servicio son dinámicos en el tiempo?

Si, los niveles de servicio varían en cuanto varíen los parámetros que la determinan. Al pasar el tiempo se incrementa la demanda, pero no siempre la infraestructura vial cambia, entonces la capacidad no es suficiente para estas nuevas demandas, sin embargo, se pueden tomar otras acciones, como son las de incentivar modos de transporte masivos, segregar tipos determinados de vehículos, que permitan reducir la demanda de la infraestructura vial mejorando los niveles de servicio. En este sentido, los niveles de servicio son dinámicos en el tiempo.

d) Aporte de la Investigación

Discusión 14

¿Se determinaron antes niveles de servicio de vías urbanas considerando la velocidad de operación y las demoras durante el recorrido de estas, en la ciudad del Cusco?

No, es por eso el incentivo para realizar esta investigación y aportar la aplicación de la metodología de análisis de segmentos urbanos respaldado por las otras metodologías aplicadas y la determinación del índice de congestión.

Los softwares como el Synchro arrojan resultados que no están acorde a nuestra realidad por la geometría y otros factores que tenemos en nuestro entorno, por esta razón, es necesario contar con procedimientos manuales que contrasten estos resultados y la aplicación de estas metodologías es una posibilidad.

Discusión 15

¿Es posible la implementación de las metodologías estudiadas del HCM2010 en el país?

Si es posible su implementación, las metodologías y conceptos que nos brinda el HCM 2010 son las que toman de base muchos de los países del mundo, como, por ejemplo, Australia con su Organización Principal de las Agencias de Tráfico y Transporte por Carretera (Austroads) que ha creado manuales de aplicación procedimental en base al HCM2010 considerando criterios acordes a su realidad.

Sería una buena alternativa hacer lo mismo aquí en el país, mejorando nuestro Manual de Carreteras (DG-2018) o crear nuevos manuales especializados con criterios acorde a las distintas condiciones de geometría y otros que se presentan en el Perú.



e) Incorporación de Temas Nuevos que se han Presentado Durante el Proceso de la Investigación que No Estaba Considerado dentro de los Objetivos de la Investigación

Discusión 16

¿Por qué se proyectó el escenario actual a 10 años en el futuro?

Porque las propuestas de solución desarrolladas para el escenario actual no tendrían mucho sentido, por lo que se tuvo la necesidad de proyectarlo a 10 años para analizar este nuevo escenario y plantear la propuesta de solución para tener indicios de cómo podría ser el escenario real en un futuro y su posible solución.

Discusión 17

¿Por qué se realizó el análisis del índice de congestión?

Se realizó para evidenciar la congestión de cada segmento urbano, es decir, para descubrir cuanto tiempo adicional toma recorrer cada segmento urbano con la velocidad de operación o viaje, respecto al recorrido del segmento con la velocidad de flujo libre y evidenciar la relación con los niveles de servicio de segmentos urbanos.

Discusión 18

¿Los índices de congestión pueden ser contrastados entre escenarios o segmentos distintos?

No, cada índice de congestión indica la proporción del tiempo de viaje a velocidad de flujo libre y velocidad de viaje para cada segmento en un escenario determinado, si comparamos el índice de un mismo segmento en dos escenarios distintos, vamos a tener conclusiones engañosas, ya que un índice alto puede darnos demoras por congestión más bajas, que las demoras por congestión de un índice más bajo.

Por otro lado, si se pueden comparar las demoras por congestión entre segmentos diferentes y en escenarios diferentes y además se pueden observar que guardan relación con los niveles de servicio de cada segmento y en cada escenario diferente.



GLOSARIO

Acceso: Parte de una intersección, es un carril o conjunto de carriles con un mismo sentido por el que transita el flujo vehicular hasta cruzar intersección.

Autopista: Infraestructura vial de calzadas separadas, con dos carriles o más por sentido, con control total de accesos y sin comunicación a las propiedades colindantes.

Berma: Instalación de concreto ubicada generalmente a los bordes de la calzada y la vereda, también dividiendo carriles de flujo de sentidos opuestos.

Calzada: Superficie de rodadura destinada a la circulación de vehículos.

Capacidad vial: Es la tasa máxima de flujo por hora sostenible en la que se puede esperar que las personas o los vehículos atraviesen un punto o una sección.

Carril: Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de vehículos.

Ciclo: Tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones del semáforo.

Demora: Retraso del proceso de recorrido de un vehículo.

FHMD, FHP: Factor horario de máxima demanda o de hora pico. Es una característica del flujo en periodos máximos.

Intersección de 3 Patas: Intersección con 3 accesos o también llamada intersección T.

Intersección de 4 patas: Intersección de 4 acceso o también llamado intersección cruz (+)

Intervalo todo Rojo: Es el que tiene el fin de dar un tiempo adicional que permite a los vehículos que pierden el derecho de paso despejar la intersección antes de que los vehículos que lo ganan reciban el verde.

Intervalo Verde: Derecho de paso en el cual la indicación de la señal es verde

Segmento Urbano: Es el tramo de una vía delimitado por dos intersecciones, estas últimas pueden ser controladas por un semáforo o señales de PARE.

Nivel del Servicio: es una estratificación cuantitativa de una medida de rendimiento o medidas que representan calidad de servicio.



Nivel de Servicio Aceptable: Por lo general son los niveles de servicio C o que están por encima de este.

Pendiente: Inclinación del acceso en el sentido de avance.

Tasa de Flujo: Es el número de vehículos o personas que pasan durante un tiempo específico menor a una hora.

Tránsito: Fenómeno ocasionado por la presencia de vehículos, personas y demás que circulan por una infraestructura vial.

Vehículo Liviano o Ligero: Vehículo autopulsado diseñado para el transporte de personas.

Vehículo Pesado: Vehículo más grande que el vehículo ligero, con capacidades de operación más deficientes que el vehículo ligero.

Velocidad de Flujo libre: Es la velocidad deseada con la que los conductores atraviesan determinado tramo o segmento en condiciones libres de todo tipo de retraso.

Velocidad de Viaje o de Operación: Es la velocidad con la que los vehículos recorren un determinado segmento considerando todos los retrasos posibles durante la ejecución.

VHMD: Es el volumen horario de máxima demanda.



CONCLUSIONES

Tomando en referencia los resultados del escenario proyectado sin propuesta y del escenario proyectado con propuesta tenemos las siguientes conclusiones:

Conclusión 1

Se demuestra parcialmente la sub-hipótesis 1 que a la letra dice: “La operación del tránsito en las avenidas “Cusco” y “Tomas Tuyro Tupac” del distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco mejorará si segregamos los vehículos pesados, reubicamos los paraderos, retiramos los estacionamientos y optimizamos los intervalos semafóricos”:

i. Tramo de Carretera de Dos Carriles Clase III de la Av. Cusco

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al incrementar las velocidades promedio de viaje para los sentidos O-E y E-O de 15.6 km/h y 15.8 km/h a 16.1 km/h y 16.2 km/h respectivamente. Así mismo, se mejora la operación del tránsito al incrementar los porcentajes de velocidad de flujo libre de los sentidos O-E y E-O de 35.4% y 35.9% a 36.5% y 36.8%.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

ii. Intersecciones Semaforizadas

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir la relación volumen-capacidad de las intersecciones semaforizadas:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se reduce de 0.66 a 0.56.
 - b) En el sector del semáforo peatonal de la Av. Cusco de 0.89 a 0.76.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura de 0.85 a 0.66.
 - d) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura de 0.90 a 0.70.
 - e) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa de 0.65 a 0.25.
- ✓ De la misma manera se mejora la operación del tránsito al reducir en la mayoría de las intersecciones las demoras por control:



- a) En la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyo Tupac se reduce de 97s a 20s.
- b) En el semáforo peatonal de la Av. Cusco de 40s a 15s.
- c) En la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura de 38s a 15s.
- d) En la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Av. De la Cultura de 61 a 15s.
- e) En la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa, al cambiarse de tipo de control de dos señales de PARE a control semaforizado, la demora se incrementa de 9s a 16s.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

iii. Intersecciones No Semaforizadas

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir la relación volumen-capacidad de las intersecciones no semaforizadas:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro se reduce de 1.00 a 0.90.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar de 1.10 a 1.00.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus de 0.66 a 0.61.
 - d) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal de 0.62 a 0.48.
 - e) En la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Ca. Kantu de 0.23 a 0.18.
- ✓ Así mismo, se mejora la operación del tránsito al reducir las demoras por control en la mayoría de los casos:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro se reduce de 22s a 8s.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar de 19s a 11s.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus de 13s a 10s.
 - d) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal de 71s a 13s.
 - e) En la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Ca. Kantu de 5s a 4s.



En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

iv. Eje de la Av. Cusco y sus Segmentos Urbanos

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir las demoras en la mayoría de los accesos por los que la Av. Cusco se abre paso:

En el sentido O-E

- a) En el acceso oeste del semáforo peatonal de la Av. Cusco se reduce de 57s a 19s.
- b) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro se mantiene en 0s.
- c) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar se reduce de 22s a 12s.
- d) En el acceso oeste de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac de 189s a 21s.
- e) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus se mantiene en 1s.
- f) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal se reduce de 6s a 5s.
- g) En el acceso sur de la intersección de las Av. Cusco – Av. De la Cultura de 30s a 28s.

Sentido E-O:

- a) En los accesos este (giro a la izquierda) y oeste (giro a la derecha) de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura se reducen las demoras de 30s a 14s.
- b) En el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal de 237s a 29s.
- c) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus se mantiene en 2s.
- d) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se reduce de 15s a 9s.



- e) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar se mantiene en 0s.
- f) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro se reduce de 29s a 10s.
- g) En el acceso este del semáforo peatonal de la Av. Cusco de 15s a 10s.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al incrementar las velocidades de viaje y los porcentajes de velocidad base de flujo libre de los segmentos urbanos I y II de la Av. Cusco:

Sentido O-E

- a) En el segmento I se incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 10 km/h con 18% a 26 km/h con 48% respectivamente.
- b) En el segmento II se incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre 25 km/h con 46% a 27 km/h con 51% respectivamente.

Sentido E-O

- a) En el segmento II incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 25 km/h con 47% a 32km/h con 60%.
- b) En el segmento I de 22 km/h con 40% a 29 km/h con 54%.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir las demoras por congestión de los segmentos urbanos I y II de la Av. Cusco.

Sentido O-E

- a) En el segmento I se reduce la demora por congestión en 45% de 80s a 44s.
- b) En el segmento II se reduce la demora por congestión en 25.8% de 31s a 23s.

Sentido E-O:



- a) En el segmento II se reduce la demora por congestión en 45.4% de 46s a 28s.
- b) En el segmento I se reduce la demora por congestión en 74.5% de 75s a 41s.

Se ha demostrado al sub-hipotesis 1.

v. Eje de la Av. Tomás Tuyro Tupac y sus Segmentos Urbanos

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir las demoras en la mayoría de los accesos por los que la Av. Tomás Tuyro Tupac se abre paso:

Sentido N-S

- a) En los accesos este (giro a la izquierda) y oeste (giro a la derecha) de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura se reducen las demoras de 68s a 12s.
- b) Por el contrario, en el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac la demora se incrementa de 24s a 27s.
- c) En el acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu la demora se mantiene en 2s.
- d) En el acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa se mejora de 38s a 17s.

Sentido S-N

- a) En los accesos este (giro a la derecha) y oeste (giro a la izquierda) de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa se incrementa la demora de 11s a 20s.
- b) En el acceso sur de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu se mantiene en 0s.
- c) En el acceso sur de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se incrementa también de 26s a 29s.
- d) En el acceso de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura se reduce la demora de 33s a 28s.

En este caso se ha demostrado parcialmente la sub-hipotesis 1.



- ✓ Se mejora la operación del tránsito al incrementar en la mayoría de casos las velocidades de viaje y los porcentajes de velocidad base de flujo libre de los segmentos urbanos I y II de la Av. Tomás Tuyro Tupac:

Sentido N-S

- a) En el segmento I se disminuye la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 15 km/h con 29% a 14 km/h con 27% respectivamente.
- b) En el segmento II se incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 22 km/h con 42% a 31 km/h con 61% respectivamente.

Sentido S-N

- a) En el segmento II se incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 25 km/h con 50% a 26km/h con 52% respectivamente.
- b) En el segmento I se incrementa la velocidad de viaje y el porcentaje de velocidad base de flujo libre de 11 km/h con 21% a 12 km/h con 24% respectivamente.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 1.

- ✓ Se mejora la operación del tránsito al reducir las demoras por congestión en la mayoría de los segmentos urbanos I y II de la Av. Tomás Tuyro Tupac:

En el sentido N-S

- a) En el segmento I se mantiene la demora por congestión en 1s.
- b) En el segmento II se incrementa la demora por congestión en 100% de 1s a 2s.

En el sentido S-N

- a) En el segmento II se mantiene la demora por congestión de 2s.
- b) En el segmento I de se reduce la demora por congestión en 166.7% de 3s a - 2s.



En este caso se ha demostrado parcialmente la sub-hipotesis 1.

Conclusión 2

Se demuestra la sub-hipótesis 2 que a la letra dice: “La propuesta del diseño geométrico de las avenidas "Cusco" y “Tomas Tuyro Tupac” del distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco incrementarán la fluidez del tránsito”:

i. Intersecciones

- ✓ Se incrementa la fluidez del tránsito si aumenta la capacidad vehicular de la infraestructura de las intersecciones donde se efectuaron las optimizaciones del diseño geométrico:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal se aumenta la capacidad en 21.2% de 2257 veh/h a 2735 veh/h.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura se aumenta la capacidad en 21.1% de 6196 veh/h a 7501 veh/h.
 - c) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa se aumenta la capacidad en 229% de 2237 veh/h a 7359 veh/h.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 2.

ii. Eje de la Av. Cusco

- ✓ Se incrementa la fluidez del tránsito si aumenta la capacidad vehicular de la infraestructura de los accesos donde se efectuaron optimizaciones del diseño geométrico:

Sentido O-E

- a) En el acceso sur de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura aumenta la capacidad en 14.3% de 790veh/h a 903veh/h

Sentido E-O

- a) En el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal aumenta la capacidad en 135.5% de 270veh/h a 636veh/h.

En este caso se ha demostrado la sub-hipotesis 2.



iii. Eje de la Av. Tomás Tuyro Tupac

- ✓ Se incrementa la fluidez del tránsito si aumenta la capacidad vehicular de la infraestructura de los accesos donde se efectuaron optimizaciones del diseño geométrico:

Sentido N-S

- a) En el acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa aumenta la capacidad en 468% de 252 veh/h a 1431 veh/h.

Se ha demostrado la sub-hipótesis 2.

Conclusión 3

Se demuestra la sub-hipótesis 3 que a la letra dice: “Las optimizaciones de la tipología y configuración de las intersecciones de las avenidas "Cusco" y “Tomás Tuyro Tupac” del distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco favorecerán a la circulación del tránsito”:

Según su tipología y configuración, las intersecciones semaforizadas favorecen de mejor manera a la circulación del tránsito que las intersecciones no semaforizadas, como es el caso de la intersección semaforizada de la Av. Cusco – Tomás Tuyro Tupac de 4 accesos con 20 conflictos respecto a las intersecciones no semaforizadas de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal, Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus y Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu que presentan en general 30 conflictos. Consecuentemente, una intersección semaforizada con gran volumen vehicular funciona mejor que una intersección no semaforizada a pesar de tener bajo volumen vehicular. Como se muestra en la figura 191.

i. Intersecciones Semaforizadas

- ✓ Se favorece a la circulación del tránsito al reducir la relación volumen-capacidad crítica de las intersecciones semaforizadas:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se reduce la relación volumen-capacidad crítica de 1.86 a 1.50.
 - b) En el semáforo peatonal de la Av. Cusco de 1.26 a 1.19.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura de 1.98 a 1.42.
 - d) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura de 2.10 a 1.41.



- ✓ Se favorece más a la circulación del tránsito cuando las intersecciones tienen menos conflictos vehiculares:
 - a) En el caso del semáforo peatonal de la Av. Cusco donde se tiene una configuración de 2 accesos (un carril por acceso y 2 movimientos) no se presentan conflictos vehiculares.
 - b) En las intersecciones de la Av. Cusco – Av. De la Cultura y de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura se presenta una configuración de 3 accesos (con 3 carriles en los accesos O y E, 2 carriles en el acceso S y 6 movimientos) con 8 conflictos de movimiento vehicular.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se tienen 4 accesos (con 1 carril por acceso, 2 carriles en el acceso norte y 12 movimientos) con 20 conflictos de movimiento vehicular.
- ✓ Las intersecciones semaforizadas de 3 fases favorecen más a la circulación del tránsito que una intersección semaforizada de 2 fases, como es el caso de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa que presenta 3 fases (configuración T con 6 movimientos) respecto a las intersecciones de la Av. Cusco – Av. de la Cultura y Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura con 2 fases (configuración T con 6 movimientos) donde los conflictos se reducen de 8 a 6.

ii. Intersecciones No Semaforizadas

- ✓ Se favorece más a la circulación del tránsito cuando las intersecciones tienen menos conflictos vehiculares:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro y en la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa (situación actual o escenario proyectado), se tienen una configuración de 3 accesos (un carril por acceso y 6 movimientos) con 14 conflictos de movimiento vehicular.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar tenemos 4 accesos (un carril por acceso y 9 movimientos) con 17 conflictos de movimiento vehicular (porque por del acceso norte no ingresan vehículos a la intersección).



- c) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus se tiene 4 accesos (un carril por acceso y 12 movimientos) con 30 conflictos de movimiento vehicular.
- d) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal y en la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu se tienen 12 movimientos y 4 accesos (ambas intersecciones con un carril por acceso en los escenarios sin propuesta y en el escenario con propuesta con 2 carriles en el acceso norte), donde se reducen los conflictos de 30 a 28.

Conclusión 4

Se demuestra la hipótesis general que a la letra dice: “Con las propuestas de mejora para la operación del tránsito, diseño geométrico y tipología y configuración de las intersecciones se mejorarán los niveles de servicio de las avenidas “Cusco” y “Tomas Tuyro Tupac” del distrito de San Sebastián en la ciudad del Cusco”:

i. Carretera de Dos Carriles Clase III

- ✓ El nivel de servicio del tramo de carretera de dos carriles clase III se mantiene en E para ambos sentidos (O-E y E-O), sin embargo, el porcentaje de velocidad de flujo libre mejora en 3.2% para el sentido O-E y en 2.5% para el sentido E-O.

ii. Intersecciones Semaforizadas

- ✓ Los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas mejoran:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac el nivel de servicio mejora de F a B, reduciéndose la demora en 79.4%.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura el nivel de servicio mejora de D a B, reduciéndose la demora en 60.5%.
 - c) En el sector del semáforo peatonal de la Av. Cusco se mejora el nivel de servicio de D a B, reduciéndose la demora en 62.5%
 - d) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura se mejora de E a B, reduciéndose la demora en 75.4%.



- e) Además, se considera la mejora del nivel de servicio del acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa de E a B, reduciéndose la demora en 55.2%

iii. Intersecciones No Semaforizadas

- ✓ Los niveles de servicio de las intersecciones no semaforizadas mejoran:
 - a) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro mejora el nivel de servicio de C a A, reduciéndose en 63.6%.
 - b) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar mejora el nivel de servicio de C a B, reduciéndose en 42.1%.
 - c) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus mejora el nivel de servicio de B a A, reduciéndose la demora en 23.1%.
 - d) En la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal mejora el nivel de servicio de F a B, reduciéndose la demora en 81.7%.
 - e) En la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu se mantiene el nivel de servicio en A, pero se mejora la demora en 20%.

iv. Eje de la Av. Cusco y sus Segmentos Urbanos

- ✓ Los niveles de servicio de los accesos por los que la Av. Cusco se abre paso en sentido O-E mejoran:
 - a) En el nivel de servicio del acceso oeste del sector del semáforo peatonal de la Av. Cusco mejora de E a B, reduciéndose la demora en 66.6%.
 - b) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro el nivel de servicio se mantiene en A con una demora de 0s.
 - c) En el acceso oeste de la Av. Cusco – Ca. Bolívar mejora de C a B, reduciéndose la demora en 45.5%.
 - d) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac mejora de F a C, reduciéndose la demora en 88.9%.
 - e) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus se mantiene en A con una demora de 1s.



- f) En el acceso oeste de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal se mantiene en A, pero se mejora la demora en 16.7%.
- g) En el acceso sur de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura se mantiene en C, pero se mejora la demora en 6.7%.
- ✓ Los niveles de servicio de los accesos por los que la Av. Cusco se abre paso en sentido E-O mejoran:
 - a) En los accesos este (giro a la izquierda) y oeste (giro a la derecha) de la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura mejora de C a B, reduciéndose la demora en 53.3%.
 - b) En el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal mejora de F a D, reduciéndose la demora en 87.8%.
 - c) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Felipe Sicus el nivel de servicio se mantiene en A con una demora de 2s.
 - d) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac mejora de B a A, reduciéndose la demora en 40%.
 - e) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Bolívar se mantiene en A con una demora de 0s.
 - f) En el acceso este de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Diego de Almagro mejora de D a B, reduciéndose la demora en 65.5%.
 - g) En el acceso este del sector del semáforo peatonal de la Av. Cusco mejora de B a A, reduciéndose la demora en 33.3%.
- ✓ El nivel de servicio del segmento I de la Av. Cusco en sentido O-E mejora de F a D, incrementándose el porcentaje de velocidad base de flujo libre en 166.7% y reduciéndose la demora por congestión en 45%, así mismo, el nivel de servicio del segmento II de la Av. Cusco en sentido O-E mejora de D a C, incrementándose el porcentaje de velocidad base de flujo libre en 10.8% y reduciéndose la demora por congestión en 25.8%. Por otro lado, el nivel de servicio del segmento II de la Av. Cusco en sentido E-O mejora de D a C, incrementándose el porcentaje de velocidad base de flujo libre en 27.7% y reduciéndose la demora por congestión en 39.1%, así mismo, el nivel de servicio



del segmento I de la Av. Cusco en el sentido E-O mejora de E a C, incrementándose el porcentaje de velocidad base de flujo libre en 35% y reduciéndose la demora por congestión en 45.3%.

v. Eje de la Av. Tomás Tuyro Tupac y sus Segmentos Urbanos

- ✓ Los niveles de servicio de los accesos por los que la Av. Tomás Tuyro Tupac se abre paso en sentido N-S mejoran:
 - a) El nivel de servicio del acceso este (giro a la izquierda) y oeste (giro a la derecha) de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura mejora de E a D, reduciéndose la demora en 82.4%.
 - b) En el acceso norte de la intersección de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac el nivel de servicio se mantiene en C, con una demora de 27s.
 - c) En el acceso norte de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Ca. Kantu se mantiene en A, con una demora de 2s.
 - d) En el acceso norte de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa mejora de E a B, reduciéndose la demora en 55.3%.
- ✓ Los niveles de servicio de los accesos por los que la Av. Tomás Tuyro Tupac se abre paso en sentido S-N se mantienen:
 - a) El nivel de servicio del acceso este (giro a la derecha) y oeste (giro a la izquierda) de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Vía Expresa se mantiene en B con una demora de 20s.
 - b) En el acceso sur de la intersección de la Av. Cusco – Ca. Kantu se mantiene en A con una demora de 0s.
 - c) En el acceso sur de la Av. Cusco – Av. Tomás Tuyro Tupac se mantiene en C con una demora de 29s.
 - d) En el acceso sur de la intersección de la Av. Tomás Tuyro Tupac – Av. De la Cultura se mantiene en C, reduciéndose la demora en 15.2%.
- ✓ El nivel de servicio del segmento I de la Av. Tomás Tuyro Tupac en sentido N-S se mantiene en F, de manera distinta, el nivel de servicio del segmento II de la Av. Tomás Tuyro Tupac en sentido N-S mejora de D a C, incrementándose el



porcentaje de velocidad base de flujo libre en 45.2% con una demora por congestión de 2s. Por otro lado, el nivel de servicio del segmento II de la Av. Tomás Tuyro Tupac en el sentido S-N mejora de D a C, incrementándose del porcentaje de velocidad base de flujo libre en 4% y manteniéndose la demora por congestión de 2s, finalmente, el nivel de servicio del segmento I de la Av. Tomás Tuyro Tupac en el sentido S-N se mantiene en F, incrementándose la velocidad base de flujo libre en 14.3% y reduciéndose la demora por congestión en 166.7%.



RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Desviar los vehículos pesados antes de que ingresen a las avenidas Cusco, Tomás Tuyo Tupac, de la Cultura y calles adyacentes, de manera que estos circulen únicamente por la Vía Expresa.

Recomendación 2

Realizar estudios para la proyección, implementación, operación y mantenimiento de sistemas de transporte masivo, que permitan la reducción de la demanda vehicular para las infraestructuras viales, y consecuentemente, mejoren los niveles de servicio de una manera más sostenible y duradera en el tiempo.

Recomendación 3

Reubicar los paraderos adyacentes a los accesos de las intersecciones, esto es, el traslado de paraderos ubicados próximos a las de las intersecciones dentro de los 76.2 metros, a zonas ubicadas a mayor distancia, con excepción del paradero adyacente al Centro Educativo Diego Quispe Tito en la Av. Cusco.

Recomendación 4

Retirar y/o reubicar los estacionamientos próximos a las intersecciones a zonas alejadas a más de 76.2 metros de las intersecciones.

Recomendación 5

Optimizar el diseño geométrico del tramo, entre la intersección de la Av. Cusco – Ca. Alemania Federal y la intersección de la Av. Cusco – Av. De la Cultura como se muestra en la figura 172. Dentro de esta optimización se recomiendan 2 carriles por sentido, de 3 metros de ancho cada uno, separados los sentidos por una berma central de 1 metro como se muestra en la figura 173 y 174 del capítulo IV.

Recomendación 6

Homogenizar el diseño geométrico de la Av. Tomás Tuyo Tupac hasta su intersección con la Vía Expresa, con 2 carriles por sentido, de 3 metros de ancho cada uno y con una berma central de 1 metro de ancho como se muestran en las figuras 175, 176 y 177 del capítulo IV.

**Recomendación 7**

Optimizar el diseño geométrico de la Vía Expresa con 4 carriles por sentido, de los cuales, 2 carriles son principales (interiores) con anchos de 3.30 metros cada uno, separados por una berma central de 2.50 metros de ancho, para circulación de vehículos pesados y 2 carriles secundarios (laterales), con anchos de 3 metros cada uno para el flujo de vehículos livianos, estos carriles laterales están separados de los principales por 1 berma central de 1 metro a cada extremo como se puede observar en la figura 178 en el capítulo IV. Los movimientos en la nueva intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa se muestran en la figura 179 en el capítulo IV.

Recomendación 8

Implementar un control semaforizado para la intersección de la Av. Tomás Tuyo Tupac – Vía Expresa como se muestra en la tabla 271 en el capítulo IV.

Recomendación 9

Concluir con la implementación de sistemas de transporte inteligentes que permitan la gestión del transporte de manera automatizada de modo que, se optimicen los intervalos semafóricos dinámicamente en tiempo real, y que, además, nos proporcionen de una continua la recolección de información para la creación de una base de datos que facilite estudios futuros para la retroalimentación y mejora constante de dichos sistemas de transporte.

Recomendación 10

Realizar estudios de Origen – Destino para determinar los porcentajes de viajes que se trasladarán a la Vía expresa desde otras vías como la Av. Cusco, Av. De la Cultura, Av. 28 de Julio, Av. Velasco Astete, etc., para plantear y analizar nuevos escenarios.

Recomendación 11

En el diseño de vías urbanas se recomienda no colocar controles semaforizados en intersecciones muy próximas, debido a que esto determina niveles de servicio de segmentos urbanos, deficientes.



Recomendación 12

Fomentar y efectuar este tipo de investigaciones en avenidas importantes de nuestra ciudad, como lo son, la Av. De la cultura, Av. 28 de julio, Av. Velasco Astete, Av. Collasuyo, Av. Tupac Amaru, Av. El Sol, en vías del centro histórico, etc., para obtener distintos indicadores que nos permitan una mejor gestión del transporte en nuestra ciudad.

**REFERENCIAS**

- Alcántara Quispe, M. (2018). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la avenida San Martín de Porres, ubicada entre la avenida Atahualpa y la avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2010*. (U. N. Cajamarca, Ed.) Cajamarca, Perú.
- Austroroads. (2015). *Guide to Traffic Management Part 2: Traffic Theory*. Sydney, Australia: Austroroads Ltd.
- Austroroads. (2018). *Guide to Traffic Management Part 3: Traffic Studies and Analysis*. Sydney, Australia: Austroroads Ltd.
- Austroroads. (2018'). *Guide to Traffic Management Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings*. Sydney, Australia: Austroroads Ltd.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras: Elementos y Proyectos* (Vol. I). Alicante, España: Universidad de Alicante: Departamento de Ingeniería de la Construcción: Obras Públicas e Infraestructura Urbana.
- Cal y Mayor R., R., & Cárdenas G., J. (2018). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones* (Novena ed.). Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor.
- COPESCO. (2017). *ESTUDIO DE PRE INVERSIÓN A NIVEL DE FACTIBILIDAD: Proyecto "Mejoramiento integral de la vía expresa de la ciudad del Cusco: Ovalos los Libertadores-Puentes Costanera-Nodo Versalles. Código SNIP 245953*. Cusco, Perú: Gobierno Regional del Cusco, The World Bank.
- de Benito Fernández, J., García Milá, J., Juncà Ubierna, J. A., de Rojas Torralba, C., & Santos Guerras, J. J. (2005). *Manual para un Entorno Accesible*. Madrid, España: Industrias Gráficas Caro, S.L.
- Flores Zarzosa, J. R. (2015). *Análisis vial de la intersección sin semáforo Av. Bolognesi-Ramón Castilla cerca al nuevo puente Chilina. Cayma - Arequipa 2015*. Arequipa, Paerú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2009). *Traffic & Highway Engineering* (Fourth ed.). Virginia, United States of America: Cengage Learning.
- García Castañeda, P. M. (2016). *Aplicación del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), para la Evaluación del Nivel de Servicio en el Tramo de Carretera rural de dos Carriles Santa LLara-Universidad*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Gómez Johnson, R. C. (2004). *Texto del Alumno: Ingeniería de Tráfico CIV-326*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Henández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education.
- Hoel, L. A., Garber, N. J., & Sadek, A. W. (2011). *Transportation Infrastructure Engineering: A Multimodal Integration* (SI ed.). Stamford, United States of America: Cengage Learning.



- KCS. (2011). *Congestion Index Report*. Kansas, United States of America: Kansas and Missouri Departments of Transportation.
- Mannering, F. L., & Washburn, S. S. (2013). *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis* (Fifth ed.). Florida, United States of America: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Mathew, T. V. (2014). *Transportation Systems Engineering*. Bombay, India: Indian Institute of Technology Bombay.
- MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2016). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para las Calles y Carreteras*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- MTC. (2016). *Reglamento Nacional del Sistema de Emisión de Licencias de Conducir*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de http://portal.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/licencias/info_general_clasificacion_licencias.html
- MTC. (2018'). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Municipalidad Provincial del Cusco. (2013). *Plan de Desarrollo Urbano Cusco 2013-2023*. Gerencia de Desarrollo Urbano y Rural.
- NACTO. (2016). *Global Street Design Guide: Designing Cities Initiative*. New York, United States of America: National Association of City.
- Nuñez Castillo, C. G., & Villanueva Troncoso, C. (2014). *Solucion Vial de la Av. Primavera comprendida entre las Avenidas La Encalada y José Nicolás Rodrigo, Lima-Lima-Surco*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Pande, A., & Wolshon, B. (2016). *Traffic Engineering: Handbook* (Seventh ed.). New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- RAE. (4 de Noviembre de 2018). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <http://www.rae.es/>
- Roess, R. P., & Prassas, E. S. (2013). *The Highway Capacity Manual: A Conceptual and Research history* (Vol. 5). New York, United States of America: New York University School of Engineering.
- Roess, R. P., Prassas, E. S., & McShane, W. R. (2011). *Traffic Engineering* (Fourth ed.). New York, States United of America: Pearson.
- Sabando Santibañez, I. F. (2017). *Determinación del nivel de servicio en calles urbanas*. Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.



- Santos y Ganges, L., & de las Rivas Sanz, J. I. (2008). Ciudades con Atributos: Conectividad, Accesibilidad y Movilidad. *Ciudades: Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, 17 y 20.
- Slinn, M., Matthews, P., & Guest, P. (2005). *Traffic Engineering Design* (Second ed.). London, England: Elsevier.
- Tapia Arandia, J. G., & Veizaga Balta, R. D. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
- Teodorovic, D., & Janic, M. (2017). *Transportation Engineering: Theory, Practice, and Modeling*. Delft, The Netherlands: Elsevier.
- Tisoc Porcel, R. (2017). *Evaluación de los ejes transversales en los distritos de Wanchaq, San Sebastián y San Jerónimo y su influencia en la congestión vehicular de la ciudad del Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.
- TRB. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington, DC, United States of America: Transportation Research Board of the National Academies.
- TRB. (2013). *TCRP Report 165: Transit Capacity and Quality of Service Manual* (Third ed.). Washington, DC, United States of America: National Academy of Sciences.
- Velásquez M, C. V. (2015). *Espacio Público y Movilidad Urbana: Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM)*. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.