

### 3.6.1.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

#### 3.6.1.4.1. Procesamiento.

Se realiza la acumulación de los volúmenes peatonales de la hora de mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 101: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	232
P3 - P4	204
P5 - P6	92
P7 - P8	104

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.1.4.2. Diagrama.

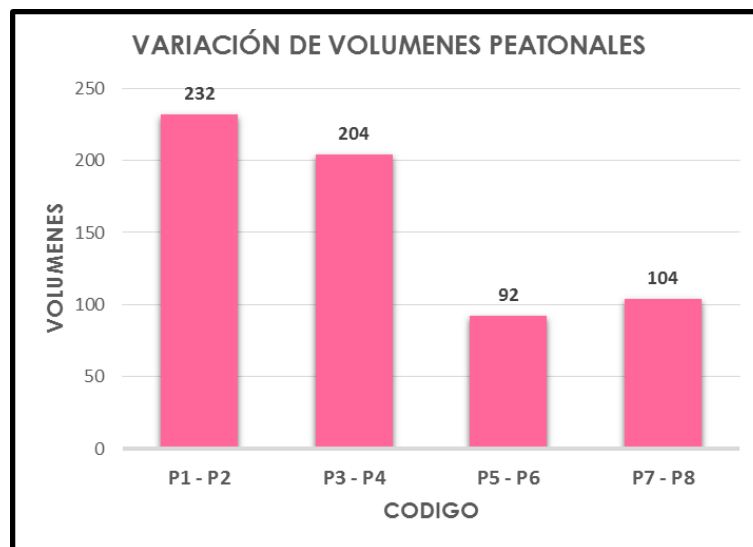


Figura 97: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.1.4.3. Conclusión.

Visto en la *figura 97* en la que se determina que el sentido con mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

3.6.1.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.1.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 102: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
2	932	144	108	124	40	328	24	0	36	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	76	20	4	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	148	60	12	8	4	16	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	996	256	96	148	56	228	36	0	92	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
6	40	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	44	8	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	76	12	8	4	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	16	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	92	44	24	8	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	44	24	0	8	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	12	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2484	580	260	304	108	600	60	0	176	12	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
%	54.14	12.64	5.67	6.63	2.35	13.08	1.31	0.00	3.84	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.5.2. Diagrama.

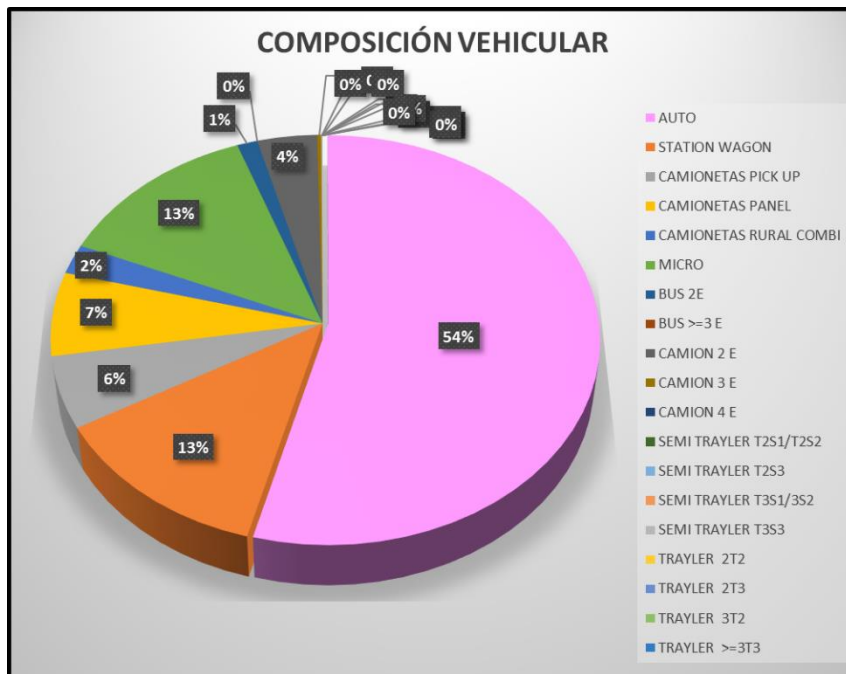


Figura 98: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.5.3. Conclusión.

En la *tabla 102* se muestra para cada sentido de circulación los volúmenes totales. Con dichos resultados para cada tipo de vehículo se pudo determinar el porcentaje. En la *figura 98* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

### 3.6.1.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

#### 3.6.1.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 103: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1676	72	4.30
3	100	12	12.00
1	248	12	4.84
5	1780	132	7.42
6	44	0	0.00
4	64	0	0.00
12	108	8	7.41
10	16	0	0.00
11	24	0	0.00
9	168	16	9.52
7	92	0	0.00
8	16	0	0.00
TOTAL	4336	252	
%	94.51	5.49	

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.6.2. Diagrama.

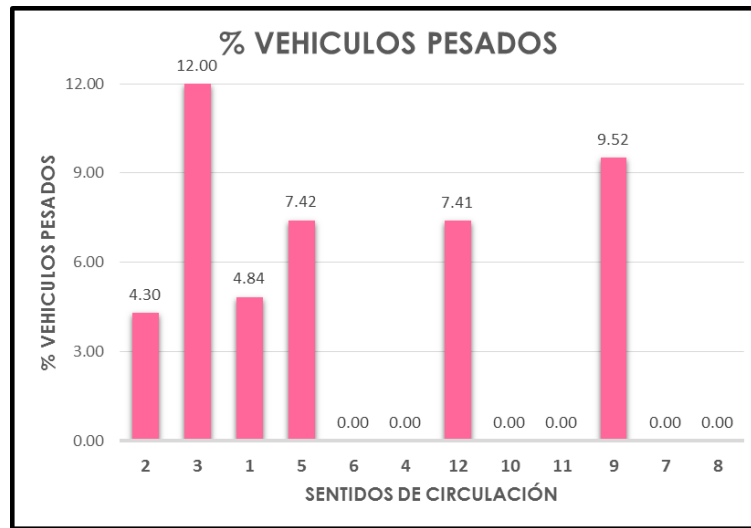


Figura 99: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 100: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.6.3. Conclusión.

En la *tabla 103* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 99* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 100* se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **5.49%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.1.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.1.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 104*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 104: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1145
5:45 - 6:00	1162
6:00 - 6:15	1140
6:15 - 6:30	1141
<b>TOTAL</b>	<b>4588</b>

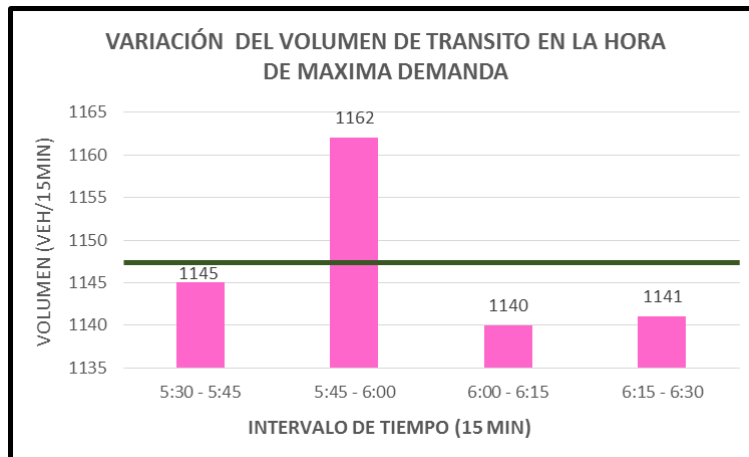
Fuente: Elaboración propia

Tabla 105: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari*

<b>PHF =</b>	<b><math>\frac{n_{60}}{4 n_{15}}</math></b>
<b><math>n_{60}</math> =</b>	<b>4588</b>
<b><math>n_{15}</math> =</b>	<b>1162</b>
<b>PHF =</b>	<b>0.99</b>
<b>VHMD <math>n_{15}</math> =</b>	<b>1147</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.7.2. Diagrama.



*Figura 101:* Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 101*.

### 3.6.1.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.1.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Calle Tomás Katari.



*Figura 102:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se pudo definir los datos de entrada a partir del análisis de datos de tránsito con que se ha estado trabajando. Se logró identificar los movimientos de cada carriles como se muestra en la *Figura 103*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 104*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 100* y *Tabla 101*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 103*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 328veh/hora en el sentido de norte-sur y 228veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.

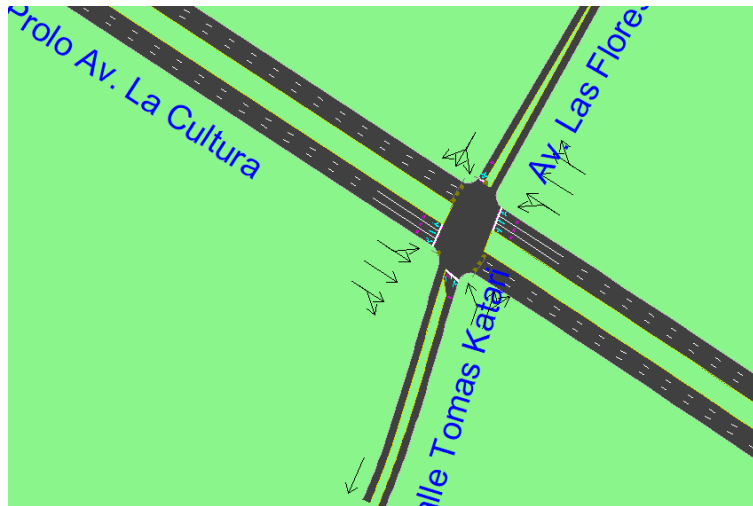


Figura 103: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 56 min 42 sec / 1 hr 56 min 54 sec

8 Calle Tomas Katari/Av. Las Flores & Prolo Av. La Cultura

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#/RL)	↕ ↕ ↕			↕ ↕ ↕			↕ ↕			↕ ↕		
Traffic Volume (vph)	136	2242	304	76	2430	44	216	16	108	16	24	140
Conflicting Peds. (#/hr)	92		104	104		92	228		168	168		228
Conflicting Bicycles (#/hr)			0			0			0			0
Peak Hour Factor	0.90	0.99	0.97	0.84	0.99	0.73	0.98	0.80	0.96	0.80	0.75	0.91
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)												
Traffic from mid-block (%)		0						0			0	
Link OD Volumes	EB			WB			NB			SB		
Adjusted Flow (vph)	151	2265	313	90	2455	60	220	20	112	20	32	154
Traffic in shared lane (%)												
Lane Group Flow (vph)	0		2729	0	0	2605	0	220	132	0	0	206

Figura 104: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforzada Prolongación Av.

La Cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Synchro 8



Figura 105: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8



**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 106: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
22.8	22.9	318.10	50
23.7			
22.2			
22.9			

Fuente: Elaboración propia

Se definieron cada ancho de carril y grado de pendiente desde la **Tabla 9** a la **Tabla 14**. El tipo de área para este caso es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↑↑↑			↑			↑		
Traffic Volume (vph)	136	2242	304	76	2430	44	216	16	108	16	24	140
Street Name	Prolo Av. La Cultura						Calle Tomas Katari			Av. Las Flores		
Link Distance (m)	318.1			562.1			132.5			143.5		
Links Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	22.9			40.5			9.5			10.3		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	2			-2			-1			9		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (m)	0.0			0.0			1.0			0.0		
Storage Lanes (#)	-			-			1			-		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	-			-			-			-		
Add Lanes (#)	-			-			-			-		
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.983			0.997			1.000			0.873		
Left Turn Factor (prot)	0.997			0.998			0.950			1.000		
Saturated Flow Rate (prot)	4757			5078			1778			1224		
Left Turn Factor (perm)	0.634			0.645			0.554			1.000		
Right Ped Bike Factor	0.964			0.994			1.000			0.749		
Left Ped Factor	1.000			1.000			0.809			1.000		
Saturated Flow Rate (perm)	3025			3282			839			1224		
Right Turn on Red?	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)	44			7			0			3		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

Figura 106: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujo datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 107* así como las fases *Figura 108*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo de saturación ajustada, la capacidad, la relación volumen/capacidad, tiempos de demora y nivel de servicio según todos los datos puestos para cada carril por separado. En el cuadro marrón se puede apreciar el nivel de servicio, y tiempo de demora el cual se calculó para toda esta intersección.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (IRL)	↕↕			↕↕			↕		↕	↕				
Traffic Volume (vph)	136	2242	304	76	2430	44	216	16	108	16	24	140		
Turn Type	Perm			Perm			custom			Perm				
Protected Phases	4			8			2		2	6				
Detector Phases	4	4		8	8		2	2		6	6			
Switch Phase	0	0		0	0		0	0		0	0			
Leading Detector (m)		10.0			10.0		2.0	10.0			10.0			
Trailing Detector (m)		0.0			0.0		0.0	0.0			0.0			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0			
Total Split (s)	61.0	61.0		61.0	61.0		31.0	31.0		31.0	31.0			
Yellow Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0			
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0			
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0		
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode	Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)		55.0			55.0		25.0	25.0			25.0			
Actuated g/C Ratio		0.60			0.60		0.27	0.27			0.27			
Volume to Capacity Ratio		1.534			1.33		0.96	0.39			0.66			
Control Delay (s)		246.8			171.8		87.3	30.9			41.2			
Queue Delay (s)		0.0			0.0		0.0	0.0			0.0			

*Figura 107:* Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari  
Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	8														
Zone															
X East (m)	6093.9														
Y North (m)	2566.3														
Z Elevation (m)	0.0														
Description															
Control Type	Pretimed														
Cycle Length (s)	92.0														
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>														
Optimize Cycle Length:	Optimize														
Optimize Splits:	Optimize														
Actuated Cycle(s)	92.0														
Natural Cycle(s)	140.0														
Max v/c Ratio	1.43														
Intersection Delay (s)	195.7														
Intersection LOS:	F														
ICU:	1.54														
ICU LOS:	H														
Offset (s):	0.0														
Referenced to:	Begin of Green														
Reference Phase:	2+6 - NBT1 SBT1														
Master Intersection:															
Yield Point:	Single														

*Figura 108:* Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari  
Fuente: Synchro 8

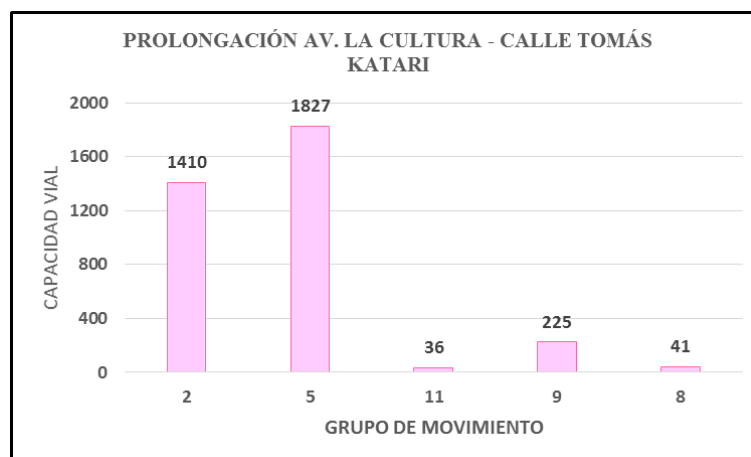
**PASO 5:** En esta parte se exportará automáticamente el trabajo al otro software y se simulará el movimiento mostrado desde la parte elevada de la intersección.



*Figura 109:* Simulación de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari

Fuente: Synchro 8

### 3.6.1.8.2. Diagrama:



*Figura 110:* Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.8.3. Conclusión:

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial y niveles de servicio, de cada intersección en estudio en la actualidad, dando como resultado un nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la *Figura 110*.

### 3.6.1.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.

Se realizó una proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

#### 3.6.1.9.1. Procesamiento:

##### A. Proyección Vehicular:

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

##### Demanda proyectada:

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

##### Dónde:

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 107: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari (parte I)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 3 (N - E)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)		CODIGO 4 (S - W)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1076	1249	96	111	208	242	1252	1454	40	46	52	60
PICK UP	232	269	4	5	20	23	244	283	4	5	0	0
BUS	736	855	0	0	40	46	568	660	0	0	24	28
BUS TRANSPORTE	48	56	0	0	0	0	72	84	0	0	0	0
CAMION LIGERO	108	125	36	42	36	42	276	320	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	42	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	18	21	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2242</b>	<b>2603</b>	<b>136</b>	<b>158</b>	<b>304</b>	<b>353</b>	<b>2430</b>	<b>2822</b>	<b>44</b>	<b>51</b>	<b>76</b>	<b>88</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Tomás Katari (parte II)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 12 (E - N)		CODIGO 10 (E - S)		CODIGO 11 (E - W)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)		CODIGO 8 (W - E)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	88	102	16	19	20	23	136	158	68	79	12	14
PICKUP	12	14	0	0	32	37	32	37	8	9	4	5
BUS	16	19	0	0	0	0	0	0	32	37	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	24	28	0	0	0	0	48	56	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	140	163	16	19	52	60	216	251	108	125	16	19

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 109: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6		P7 - P8	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	232	269	204	237	92	107	104	121

Fuente: Elaboración propia

**3.6.1.9.2. Diagrama:**

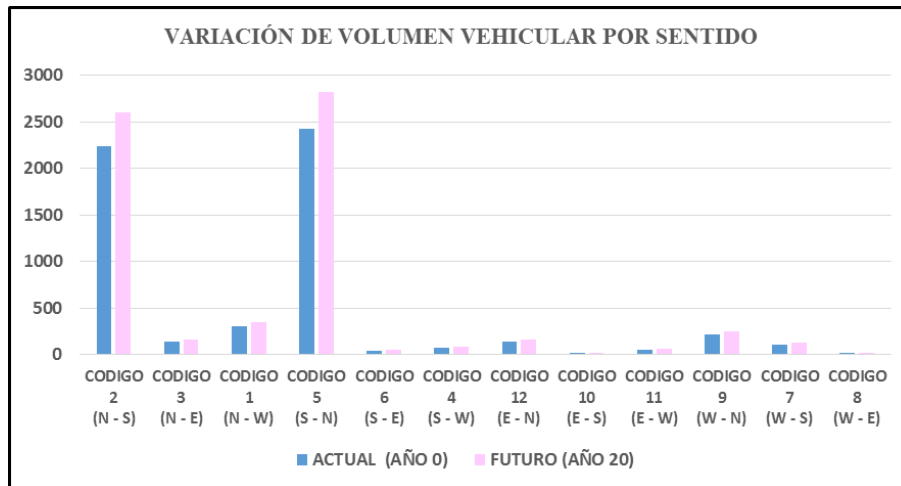


Figura 111: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

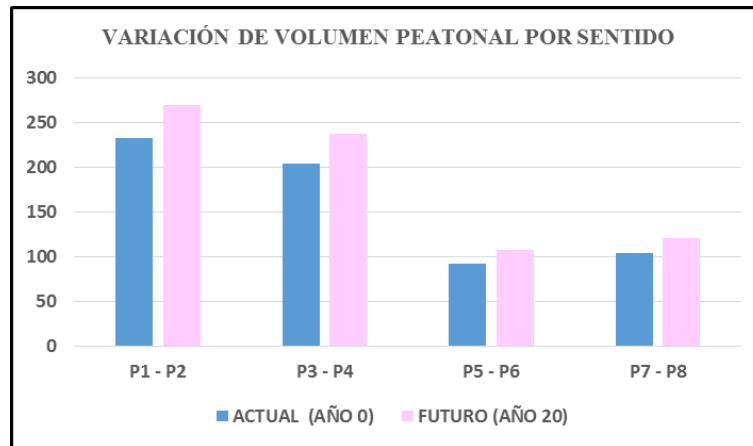


Figura 112: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.9.3. Conclusión:

Las *figura 111* y *figura 112* muestran las variaciones de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con estos resultados obtenidos se puede calcular el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

## 3.6.2. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá.

### 3.6.2.1. Determinación de la Variación Diaria.

#### 3.6.2.1.1. Procesamiento.

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, con lo cual se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 110: Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	9005	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.2. Diagrama.

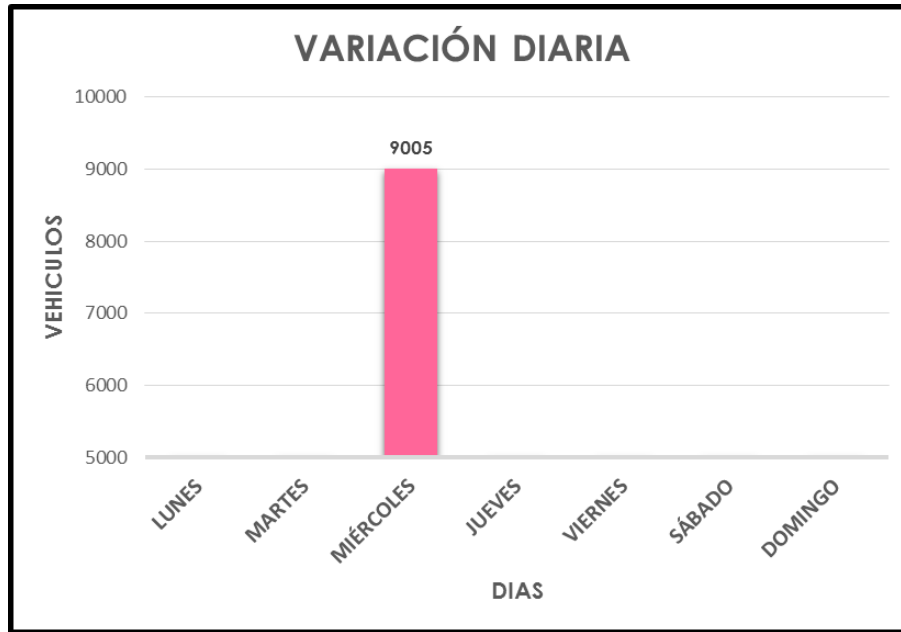


Figura 113: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.1.3. Conclusión.

En la *figura 113* se puede apreciar la determinación del día con mayor demanda vehicular el cual es el día **MIERCOLES**.

3.6.2.2. Variación Horaria.

3.6.2.2.1. Procesamiento.

Realizamos la adición de todos los volúmenes vehiculares para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 111: Volúmenes horarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

VOLUMENES HORARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4548	4457

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2.2.2. Diagrama.

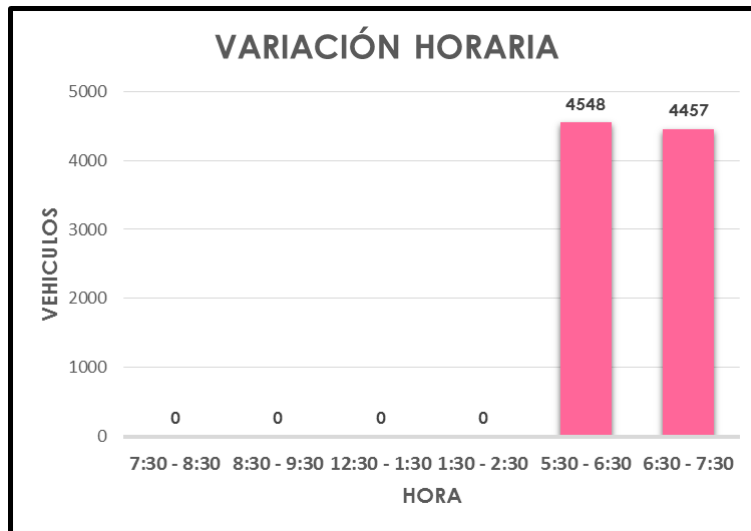


Figura 114: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2.2.3. Conclusión.

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

### 3.6.2.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:

#### 3.6.2.3.1. Procesamiento.

Se realizó la adición de volúmenes vehiculares de la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 112: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1628
5	2600
6	52
12	268

Fuente: Elaboración propia



### 3.6.2.3.2. Diagrama.

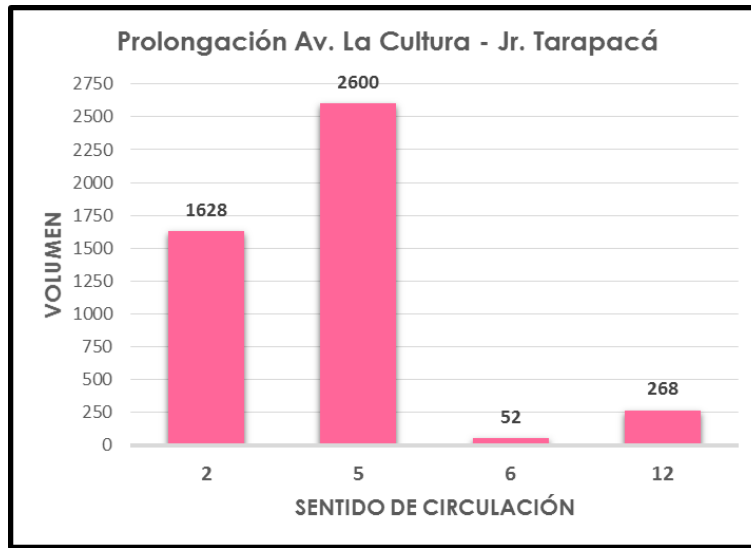


Figura 115: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2.3.3. Conclusión.

En la *figura 115* se calculó que los sentidos con mayor demanda vehicular son los sentidos 2 y 5.

### 3.6.2.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

#### 3.6.2.4.1. Procesamiento.

Se realiza la adición de los volúmenes peatonales de la hora de mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 113: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	834
P3 - P4	656
P5 - P6	200

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.4.2. Diagrama.

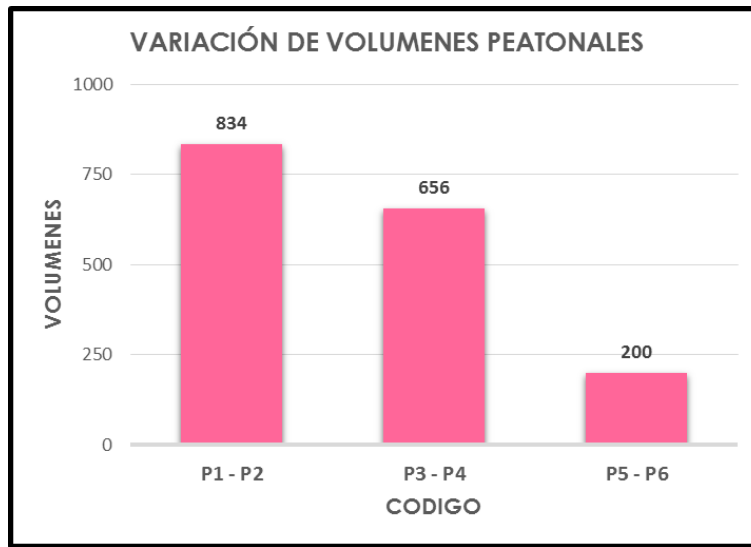


Figura 116: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.4.3. Conclusión.

Se puede apreciar en la *figura 116* la determinación del sentido con mayor demanda peatonal el cual es el sentido P1 – P2.

3.6.2.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.2.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 114: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá, por movimiento de circulación*

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
2	972	132	164	4	64	244	20	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1600	244	328	32	124	140	56	0	72	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	220	12	12	0	4	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2840</b>	<b>392</b>	<b>504</b>	<b>36</b>	<b>192</b>	<b>400</b>	<b>80</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
%	62.45	8.62	11.08	0.79	4.22	8.80	1.76	0.00	2.20	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.5.2. Diagrama.

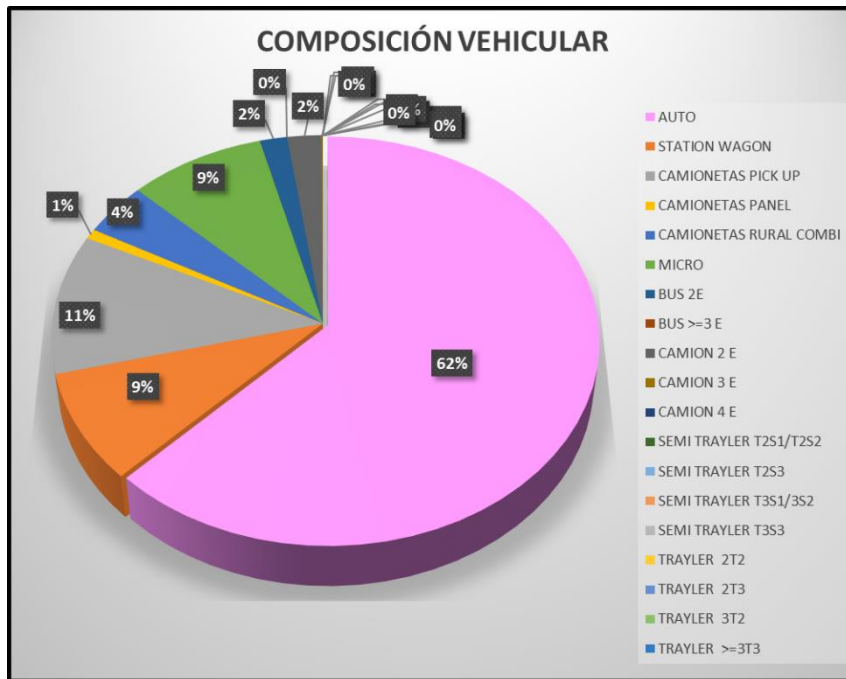


Figura 117: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.5.3. Conclusión.

En la *tabla 114* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 117* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

3.6.2.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

3.6.2.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 115: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá (ligero-pesado)

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1580	48	3.04
5	2468	132	5.35
6	52	0	0.00
12	264	4	1.52
<b>TOTAL</b>	<b>4364</b>	<b>184</b>	
<b>%</b>	<b>95.95</b>	<b>4.05</b>	

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.6.2. Diagrama.

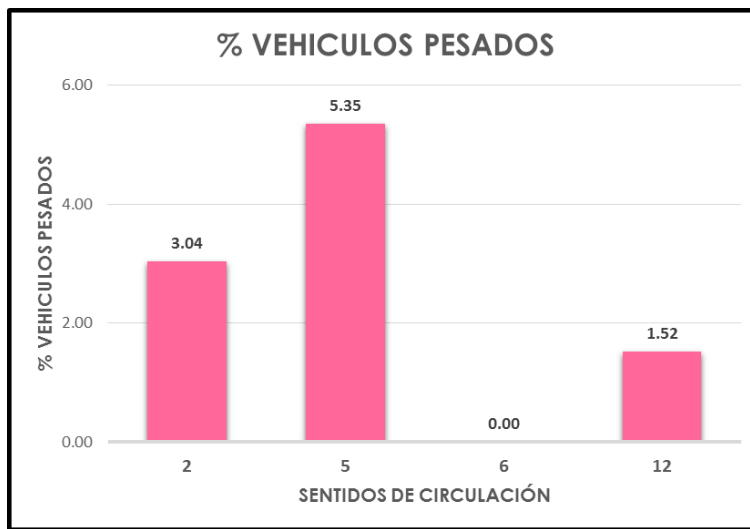


Figura 118: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 119: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2.6.3. Conclusión.

Para la *tabla 115* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 118* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 119* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **4.05%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.2.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.2.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 104*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 116: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1137
5:45 - 6:00	1128
6:00 - 6:15	1153
6:15 - 6:30	1130
<b>TOTAL</b>	<b>4548</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 117: Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada

Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

<b>PHF =</b>	$n_{60}/4 n_{15}$
<b><math>n_{60}</math> =</b>	4548
<b><math>n_{15}</math> =</b>	1153
<b>PHF =</b>	<b>0.99</b>
<b>VHMD <math>n_{15}</math> =</b>	<b>1137</b>

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.7.2. Diagrama.

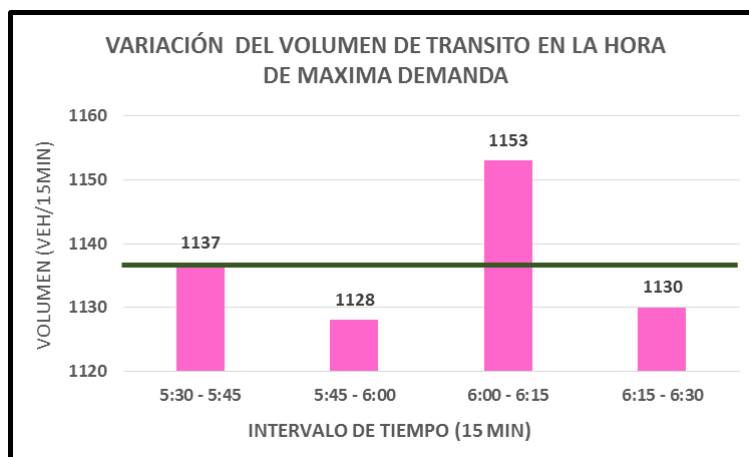


Figura 120: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

3.6.2.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la figura 120.

### 3.6.2.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.2.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo del programa con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Jr. Tarapacá.



*Figura 121:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se definen los siguientes datos de ingreso a partir de datos para el análisis de tránsito con que se ha estado trabajando. Se identificó los movimientos de carriles como se muestra en la *Figura 122*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 123*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 112* y *Tabla 113*, para los factores de vehículos pesados se usarán los datos de la *Tabla 115*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 188veh/hora en el sentido de norte-sur y 208veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calculará por si solo la tasa de flujo por hora.



Figura 122: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 31 min 59 s

HCM 2010

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	1	3	3	3	1	1
Traffic Volume (vph)	0	2012	3074	52	0	292
Conflicting Peds. (#/hr)	0	—	—	400	0	400
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	—	0	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.99	0.99	0.87	0.92	0.99
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	0	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	WB	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	0	2032	3105	60	0	295
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	2032	3165	0	0	295

Figura 123: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8





Figura 124: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8

**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 118: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av.*

*La cultura – Jr. Tarapacá*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
10.0	10.0	139.20	50
9.5			
10.3			
10.2			

Fuente: Elaboración propia

Cada ancho de carril y grado de pendiente serán definidos desde la **Tabla 27** a la **Tabla 32**. El tipo de área está definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se definirá como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación por grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018

File Edit Transfer Options Optimize Help

0 hr 35 min 17 s

HCM 2010

LANE SETTINGS	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	▼	↑↑↑	↑↑↑			↑
Traffic Volume (vph)	0	2012	3074	52	0	292
Street Name	Prolo. Av. Cultura		Prolo. Av. Cultura		Jr. Tarapaca	
Link Distance (m)	—	139.2	440.0	—	112.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	50	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	WB	—	SB	—
Travel Time (s)	—	10.0	31.7	—	8.1	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	4.0	4.0	4.0	4.0	3.6	3.6
Grade (%)	—	2	-2	—	3	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	0.997	—	—	0.865
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	1.000	—	—	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	—	5236	5264	—	—	1587
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	1.000	—	—	1.000
Right Ped Bike Factor	—	1.000	0.988	—	—	0.634
Left Ped Factor	—	1.000	1.000	—	—	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	—	5236	5264	—	—	1006
Right Turn on Red?	—	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	0	6	—	—	0
Link Is Hidden	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—
Hide Name in Node Title	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—

Figura 125: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos para el tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja **Figura 126** así como las fases **Figura 127**. De esta forma el software, determina cada tasa de flujo de saturación calculada, la capacidad, la relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado.

En el cuadro marrón se puede apreciar el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección de estudio.

1 hr 8 min 57 sec / 1 hr 9 min 9 sec

1 Prolo. Av. Cultura & Jr. Tarapaca

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑↑	↑↑↑					
Traffic Volume (vph)	0	2012	3074	52	0	292		
Turn Type						custom		
Protected Phases		4	8					
Permitted Phases						6		
Detector Phases		4	8			6		
Switch Phase		0	0			0		
Leading Detector (m)		10.0	10.0			2.0		
Trailing Detector (m)		0.0	0.0			0.0		
Minimum Initial (s)		4.0	4.0			4.0		
Minimum Split (s)		22.0	22.0			22.0		
Total Split (s)		56.0	56.0			25.0		
Yellow Time (s)		5.0	5.0			5.0		
All-Red Time (s)		1.0	1.0			1.0		
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0			0.0		
Lagging Phase?								
Allow Lead/Lag Optimize?								
Recall Mode		Max	Max			Max		
Actuated Effct. Green (s)		50.0	50.0			19.0		
Actuated g/C Ratio		0.62	0.62			0.23		
Volume to Capacity Ratio		0.63	0.97			1.25		
Control Delay (s)		10.8	26.5			173.2		
Queue Delay (s)		0.0	0.0			0.0		

Figura 126: Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av.

La cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 8 min 57 sec / 1 hr 9 min 9 sec

1 Prolo. Av. Cultura & Jr. Tarapaca

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS
Node #	1
Zone	
X East (m)	3093.7
Y North (m)	3237.1
Z Elevation (m)	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s)	81.0
Lock Timings	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length	Optimize
Optimize Split	Optimize
Actuated Cycle(s)	81.0
Natural Cycle(s)	90.0
Max v/c Ratio	1.25
Intersection Delay (s)	28.6
Intersection LOS	C
ICU	0.98
ICU LOS	F
Offset (s)	0.0
Referenced to	Begin of Green
Reference Phase	2+6 - Unassigned
Master Intersection	<input type="checkbox"/>
Yield Point	Single

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)		↑↑↑	↑↑↑					
Traffic Volume (vph)	0	2012	3074	52	0	292		
Turn Type						custom		
Protected Phases		4	8					
Permitted Phases						6		
Detector Phases		4	8			6		
Switch Phase		0	0			0		
Leading Detector (m)		10.0	10.0			2.0		
Trailing Detector (m)		0.0	0.0			0.0		
Minimum Initial (s)		4.0	4.0			4.0		
Minimum Split (s)		22.0	22.0			22.0		
Total Split (s)		56.0	56.0			25.0		
Yellow Time (s)		5.0	5.0			5.0		
All-Red Time (s)		1.0	1.0			1.0		
Lost Time Adjust (s)		0.0	0.0			0.0		
Lagging Phase?								
Allow Lead/Lag Optimize?								
Recall Mode		Max	Max			Max		
Actuated Effct. Green (s)		50.0	50.0			19.0		
Actuated g/C Ratio		0.62	0.62			0.23		
Volume to Capacity Ratio		0.63	0.97			1.25		
Control Delay (s)		10.8	26.5			173.2		
Queue Delay (s)		0.0	0.0			0.0		

Number of lanes and sharing (0 to 8, L, R) v/c > 1 Mins ok

Figura 127: Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada

Prolongación Av. La cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.

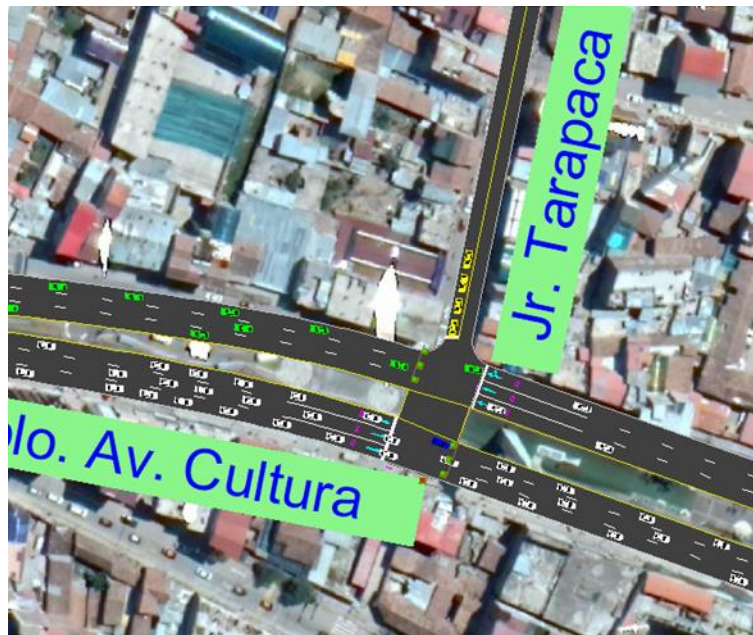


Figura 128: Simulación de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Synchro 8

**3.6.2.8.2. Diagrama:**

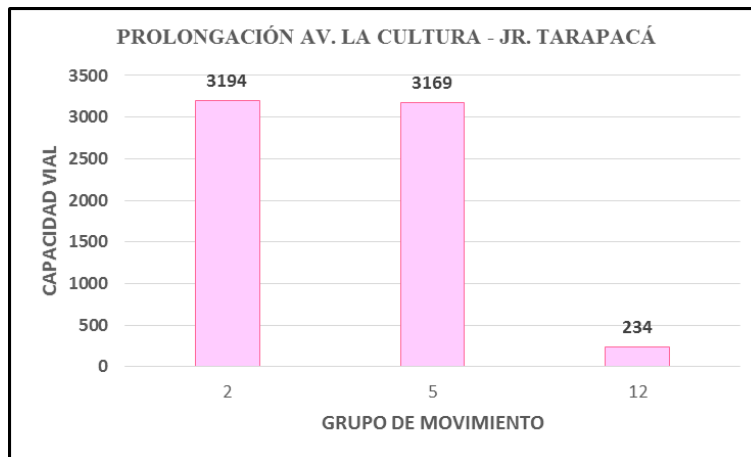


Figura 129: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

**3.6.2.8.3. Conclusión:**

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial y niveles de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando como resultado el nivel de servicio promedio C, las capacidades viales se pueden apreciar en la **Figura 129**.

**3.6.2.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para los vehículos de pasajeros (livianos) y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga (pesados). Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

**3.6.2.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 119: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Jr. Tarapacá*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)		CODIGO 12 (E - N)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1104	1282	1844	2141	52	60	232	269
PICK UP	168	195	360	418	0	0	12	14
BUS	616	715	528	613	0	0	40	46
BUS TRANSPORTE	40	95	112	267	0	0	8	19
CAMION LIGERO	84	200	216	514	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	14	33	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2012</b>	<b>2487</b>	<b>3074</b>	<b>3986</b>	<b>52</b>	<b>60</b>	<b>292</b>	<b>349</b>

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 120: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	834	968	656	762	200	232

Fuente: Elaboración propia

**3.6.2.9.2. Diagrama:**

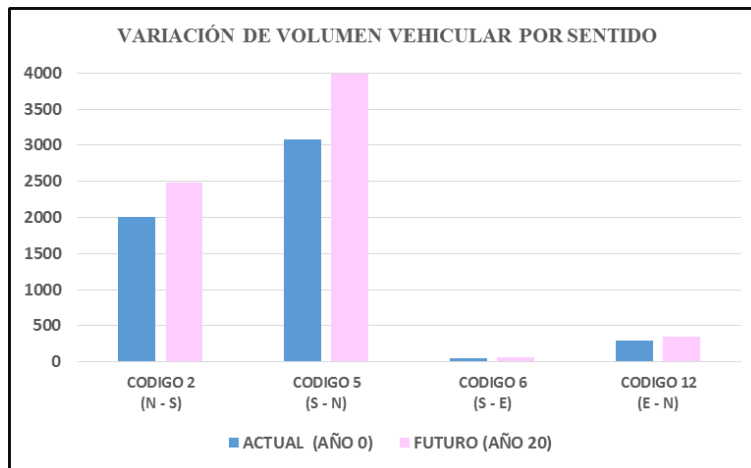


Figura 130: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

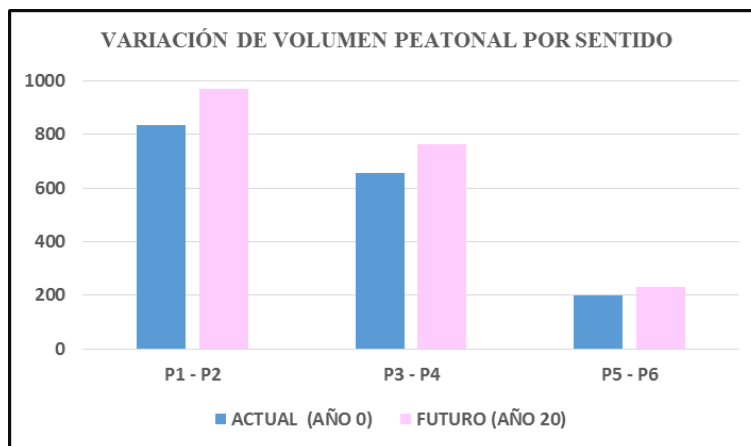


Figura 131: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.2.9.3. Conclusión:**

En la *figura 130* y *figura 131* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

### 3.6.3. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar.

#### 3.6.3.1. Determinación de la Variación Diaria.

##### 3.6.3.1.1. Procesamiento.

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 121: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8216	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.3.1.2. Diagrama.

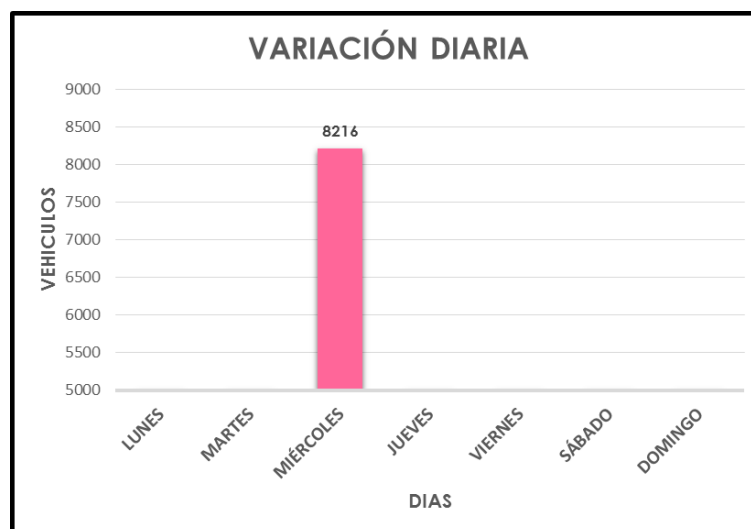


Figura 132: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.3.1.3. Conclusión.

Se puede apreciar que en la *figura 132* se calculó que el día con mayor demanda de vehículos es el día **MIERCOLES**.

### 3.6.3.2. Variación Horaria.

#### 3.6.3.2.1. Procesamiento.

Se realizó la adición del volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 122: *Volúmenes horarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar*

VOLUMENES HORARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4164	4052

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.3.2.2. Diagrama.

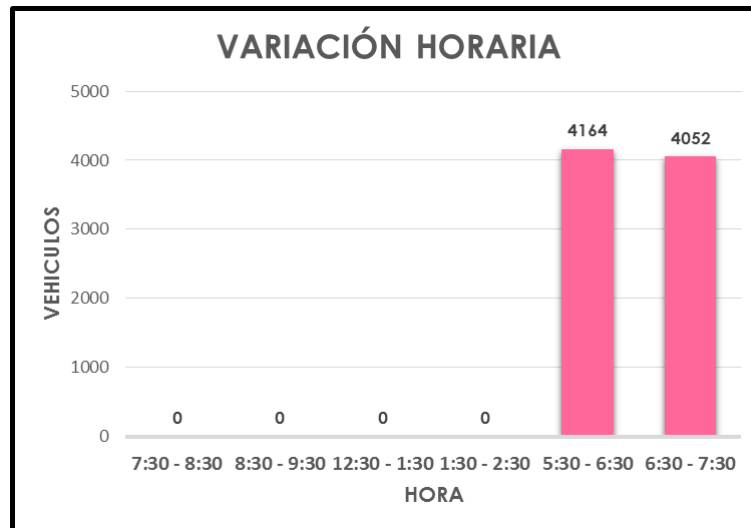


Figura 133: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.3.2.3. Conclusión.

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

### 3.6.3.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:

#### 3.6.3.3.1. Procesamiento.

Se realizó la adición del volúmen vehicular de la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.



Tabla 123: Volúmenes vehiculares de la intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1416
3	48
5	2160
6	52
12	44
10	128
9	168
7	136
8	12

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.3.2. Diagrama.

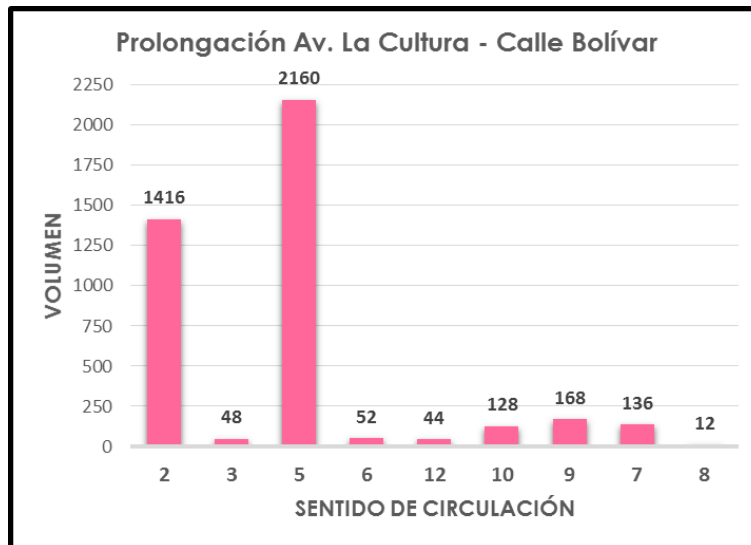


Figura 134: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.3.3. Conclusión.

Se puede apreciar que en la *figura 134* se calculó que los sentidos de mayor demanda de vehiculos son los sentidos 2 y 5.

### 3.6.3.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

#### 3.6.3.4.1. Procesamiento.

Se realiza la adición del volumen peatonal de la hora con mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 124: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	132
P3 - P4	328
P5 - P6	100
P7 - P8	148

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.3.4.2. Diagrama.

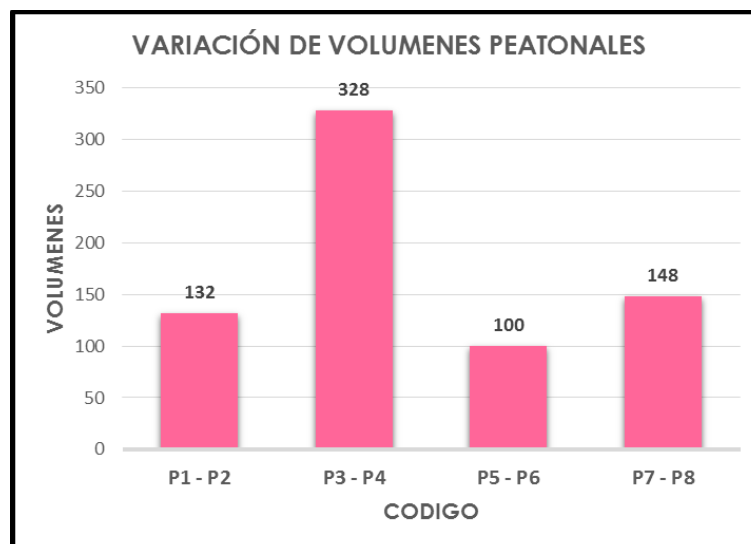


Figura 135: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.3.4.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 135* se calculó que el sentido con mayor cantidad peatonal es el sentido P1 – P2.

### 3.6.3.5. Determinación de la Composición Vehicular:

#### 3.6.3.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 125: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
2	832	112	132	44	48	188	28	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28	8	8	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1320	260	176	52	52	208	12	0	72	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	32	12	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	24	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	80	16	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	124	16	20	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	88	28	12	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2532	468	376	104	100	396	64	0	116	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
%	60.81	11.24	9.03	2.50	2.40	9.51	1.54	0.00	2.79	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.5.2. Diagrama.

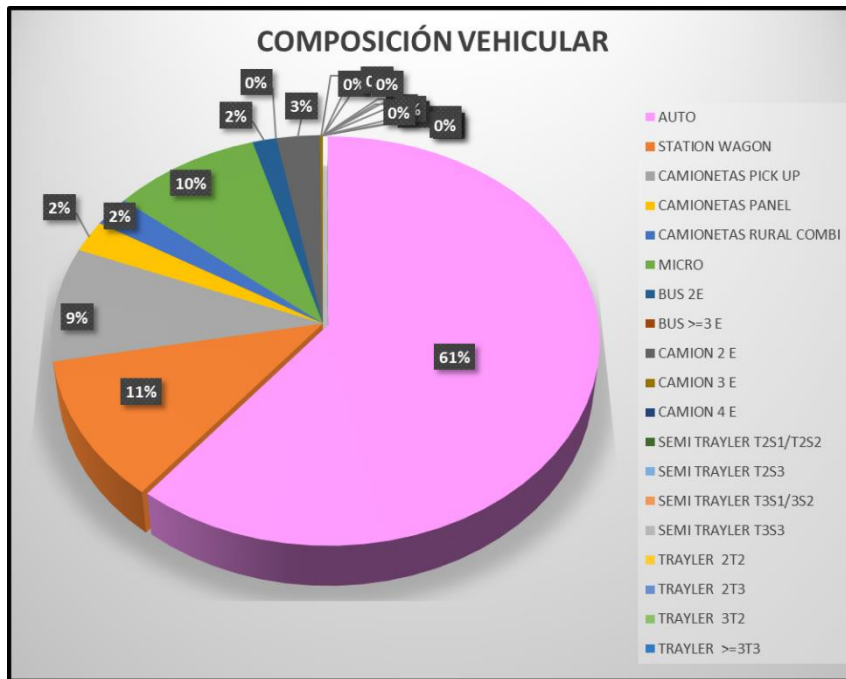


Figura 136: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.5.3. Conclusión.

En la *tabla 125* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 136* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

**3.6.3.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):**

**3.6.3.6.1. Procesamiento.**

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 126: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1356	60	4.42
3	44	4	9.09
5	2068	92	4.45
6	44	8	18.18
12	44	0	0.00
10	112	16	14.29
9	164	4	2.44
7	132	4	3.03
8	12	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>3976</b>	<b>188</b>	
<b>%</b>	<b>95.49</b>	<b>4.51</b>	

Fuente: Elaboración propia

**3.6.3.6.2. Diagrama.**

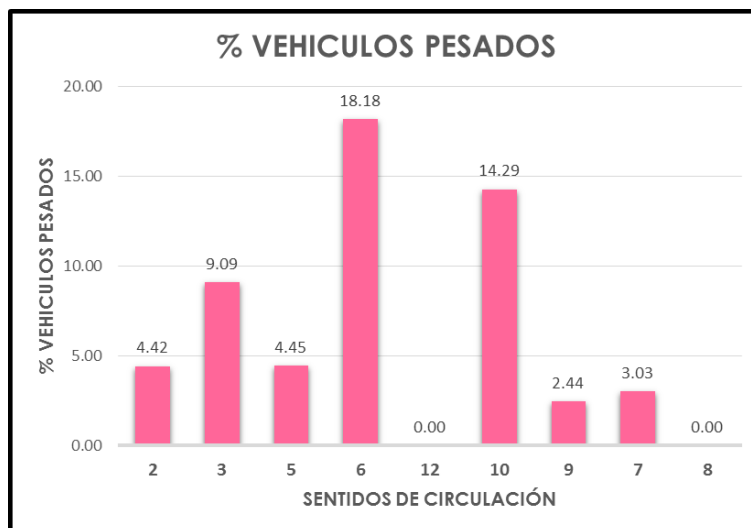


Figura 137: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 138: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3.6.3. Conclusión.

En la *tabla 126* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 137* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 138* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **4.51%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.3.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.3.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 127*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 127: Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1040
5:45 - 6:00	1014
6:00 - 6:15	1070
6:15 - 6:30	1040
<b>TOTAL</b>	<b>4164</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 128: Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4164
$n_{15}$ =	1070
PHF =	<b>0.97</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1041</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3.7.2. Diagrama.

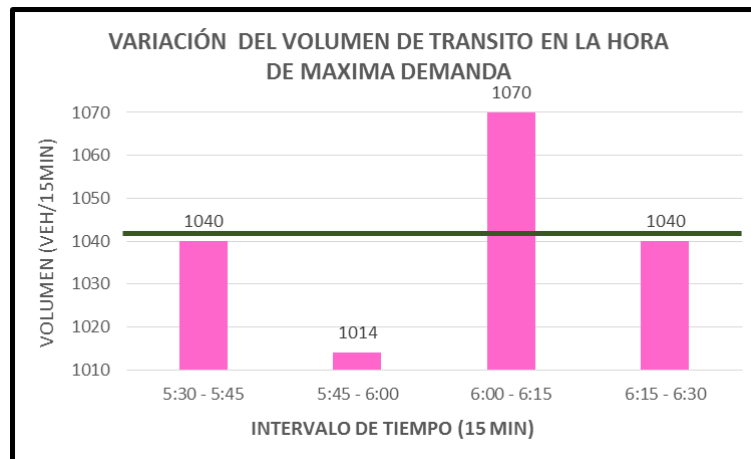


Figura 139: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3.7.3. Conclusión.

El factor hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 139*.

### 3.6.3.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.3.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Calle Bolívar.



*Figura 140:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Los datos de ingreso para la modelación se definió a partir de los datos del análisis de tránsito vehicular con lo que se está trabajando. También se identificó cada movimiento de carril como se muestra en la *Figura 141*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 142*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 123* y *Tabla 124*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 126*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 168veh/hora en el sentido de norte-sur y 88veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.



Figura 141: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 28 min 49 sec / 1 hr 29 min 1 sec

HCM 2010

2 Calle Bolívar & Prolo. Av. Cultura

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#/RL)	56	1744	0	0	2596	68	172	12	140	144	0	44
Traffic Volume (vph)	100	0	0	0	100	132	328	328	0	132	0	0
Conflicting Peds. (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peak Hour Factor	0.86	0.97	0.92	0.92	0.97	0.87	0.91	0.60	0.92	0.89	0.92	0.85
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffic from mid-block (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Link OD Volumes	EB			WB								
Adjusted Flow (vph)	65	1798	0	0	2676	78	189	20	152	162	0	52
Traffic in shared lane (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	0	1863	0	0	2754	0	0	361	0	162	0	52

Figura 142: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Synchro 8



Figura 143: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8



**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 129: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
31.8	31.7	440.00	50
32.6			
31.4			
31.0			

Fuente: Elaboración propia

Cada ancho de carril y grado de pendiente está definido desde la **Tabla 37** a la **Tabla 41**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 30 min 58 sec / 1 hr 31 min 10 sec

HCM 2010

2 Calle Bolivar & Prolo. Av. Cultura

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	4↑↑↑			↑↑↑			↑↑			↑		
Traffic Volume (vph)	56	1744	0	0	2596	68	172	12	140	144	0	44
Street Name	Prolo. Av. Cultura			Prolo. Av. Cultura			Calle Bolivar			Calle Bolivar		
Link Distance (m)	440.0			387.4			149.3			164.2		
Links Speed (km/h)	50			50			30			30		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	31.7			27.9			17.9			19.7		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	-2			-2			-2			-2		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0
Storage Lanes (#)	1			1			1			1		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	-			-			-			-		
Add Lanes (#)	-			-			-			-		
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	1.000			0.996			0.943			1.000		
Left Turn Factor (prot)	0.998			1.000			0.974			0.950		
Saturated Flow Rate (prot)	5024			5076			1476			1752		
Left Turn Factor (perm)	0.683			1.000			0.974			0.535		
Right Ped Bike Factor	1.000			0.992			0.854			1.000		
Left Ped Factor	1.000			1.000			0.894			0.873		
Saturated Flow Rate (perm)	3439			5076			1319			861		
Right Turn on Red?	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)	0			9			20			0		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

Calle Bolivar & Prolo. Av. Cultura (3508 3089)

Figura 144: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 145* así como las fases *Figura 146*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado. En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (HRL)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Traffic Volume (vph)	56	1744	0	0	2596	68	172	12	140	144	0	44	—	—
Turn Type	Perm	—	—	—	—	—	Perm	—	—	custom	—	custom	—	—
Protected Phases	4	—	—	—	8	—	—	2	—	—	—	—	—	—
Permitted Phases	4	—	—	—	—	—	2	—	—	6	—	6	—	—
Detector Phases	4	4	—	—	8	—	2	2	—	6	—	6	—	—
Switch Phase	0	0	—	—	0	—	0	0	—	0	—	0	—	—
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0	—	2.0	—	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	—	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	—	4.0	—	—
Minimum Split (s)	22.0	22.0	—	—	22.0	—	22.0	22.0	—	22.0	—	22.0	—	—
Total Split (s)	56.0	56.0	—	—	56.0	—	26.0	26.0	—	26.0	—	26.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	5.0	—	—	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	—	5.0	—	—
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	—	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	—	1.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	Max	—	Max	Max	—	Max	—	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	—	50.0	—	—	50.0	—	—	20.0	—	20.0	—	20.0	—	—
Actuated g/C Ratio	—	0.61	—	—	0.61	—	—	0.24	—	0.24	—	0.24	—	—
Volume to Capacity Ratio	—	0.89	—	—	0.89	—	—	1.07	—	0.77	—	0.17	—	—
Control Delay (s)	—	20.6	—	—	17.1	—	—	100.5	—	55.2	—	26.0	—	—
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	—

*Figura 145:* Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar  
Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	2													
Zone	3508.0													
X East (m)	3508.0													
Y North (m)	0.0													
Z Elevation (m)	—													
Description	—													
Control Type	Pretimed													
Cycle Length (s)	82.0													
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>													
Optimize Cycle Length:	Optimize													
Optimize Split:	Optimize													
Actuated Cycle(s)	82.0													
Natural Cycle(s)	75.0													
Max v/c Ratio	1.07													
Intersection Delay (s)	25.5													
Intersection LOS:	C													
ICU:	1.14													
ICU LOS:	H													
Offset (s):	0.0													
Referenced to:	Begin of Green													
Reference Phase:	2+6 - NBT L SBL													
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>													
Yield Point:	Single													

*Figura 146:* Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar  
Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



Figura 147: Simulación de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar

Fuente: Synchro 8

**3.6.3.8.2. Diagrama:**

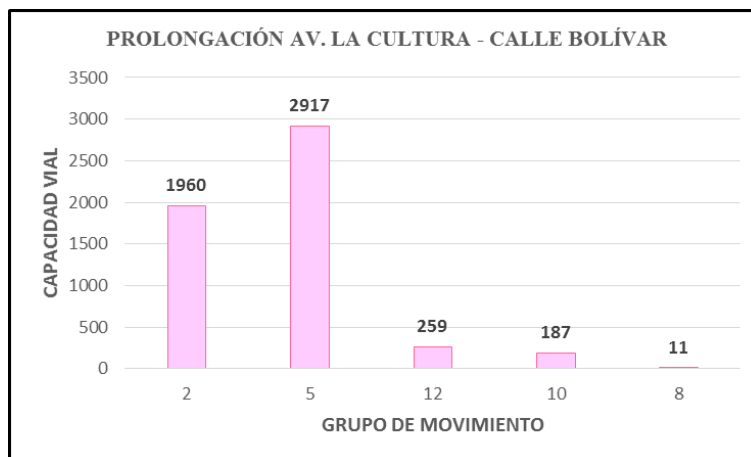


Figura 148: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

**3.6.3.8.3. Conclusión:**

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **E**, las capacidades viales se pueden apreciar en la *Figura 148*.

### 3.6.3.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

#### 3.6.3.9.1. Procesamiento:

##### A. Proyección Vehicular:

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

##### Demanda proyectada:

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

##### Dónde:

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 130: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar (parte I)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 3 (N - E)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)		CODIGO 12 (E - N)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	944	1096	36	42	1580	1835	44	51	40	46
PICK UP	176	204	8	9	228	265	0	0	4	5
BUS	472	548	0	0	520	604	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	56	65	0	0	24	28	0	0	0	0
CAMION LIGERO	96	111	12	14	216	251	24	28	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	28	33	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1744</b>	<b>2025</b>	<b>56</b>	<b>65</b>	<b>2596</b>	<b>3014</b>	<b>68</b>	<b>79</b>	<b>44</b>	<b>51</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 131: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle Bolívar (parte II)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 10 (E - S)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)		CODIGO 8 (W - E)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	96	111	140	163	116	135	4	5
PICK UP	16	19	24	28	16	19	8	9
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	32	37	8	9	8	9	0	0
CAMION LIGERO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>167</b>	<b>172</b>	<b>200</b>	<b>140</b>	<b>163</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 132: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6		P7 - P8	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	132	153	328	381	100	116	148	172

Fuente: Elaboración propia

**3.6.3.9.2. Diagrama:**

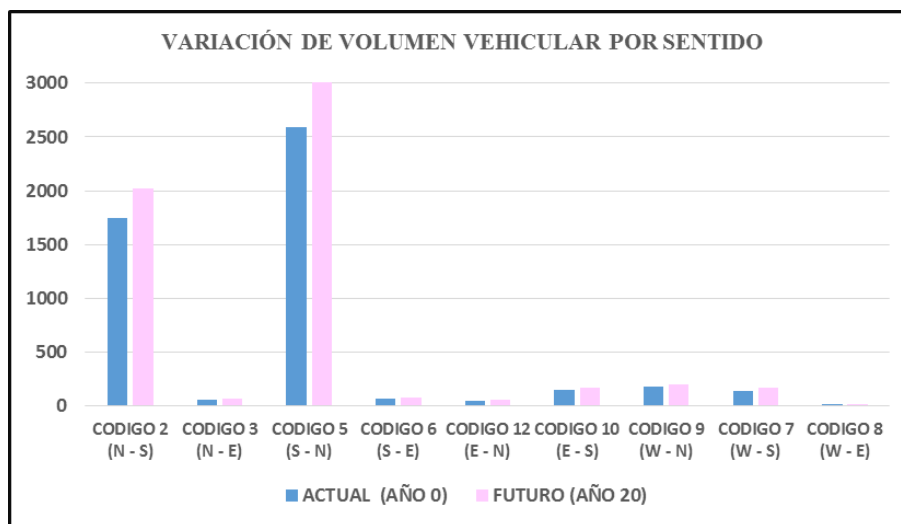


Figura 149: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

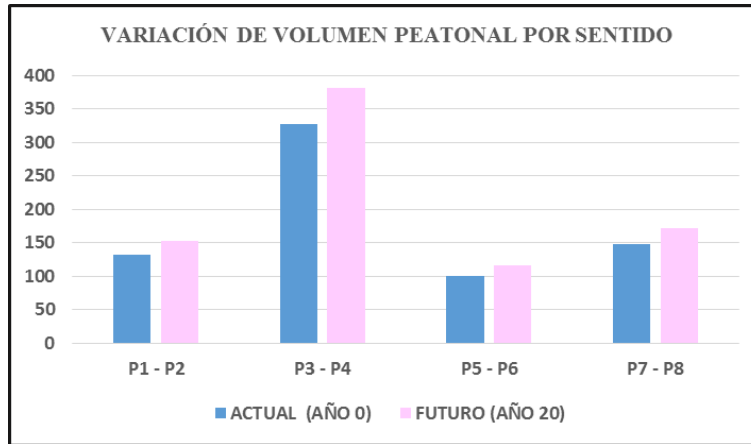


Figura 150: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.3.9.3. Conclusión:**

En la *figura 149* y *figura 150* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

**3.6.4. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac.**

**3.6.4.1. Determinación de la Variación Diaria.**

**3.6.4.1.1. Procesamiento.**

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 133: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8529	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.2. Diagrama.

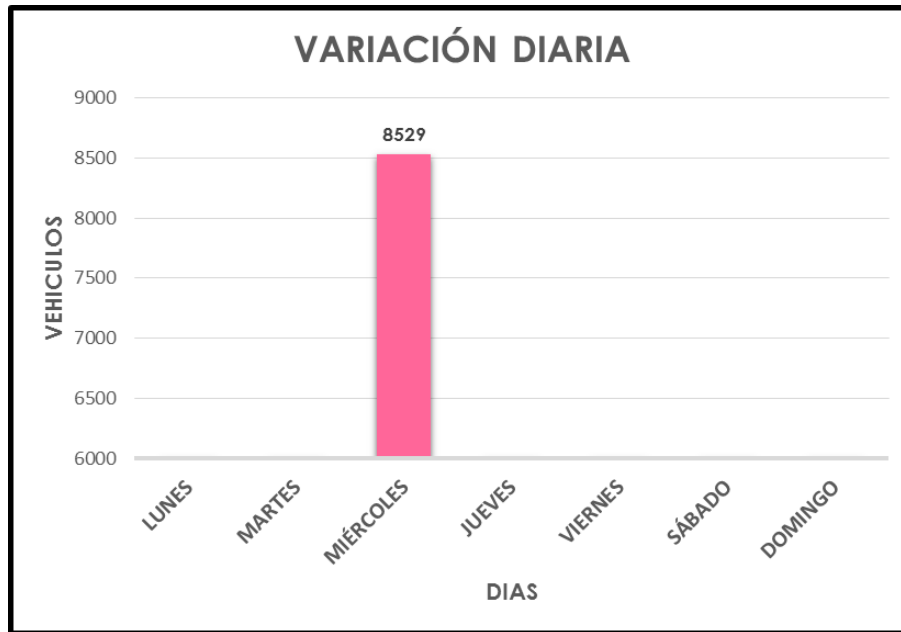


Figura 151: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac  
Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.3. Conclusión.

Como se puede apreciar en la *figura 151* se calculó que el día con mayor demanda de vehículos es el día **MIERCOLES**.

3.6.4.2. Variación Horaria.

3.6.4.2.1. Procesamiento.

Se realizó la acumulación del volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 134: *Volúmenes Horarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

VOLUMENES HORARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4288	4241

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.2.2. Diagrama.

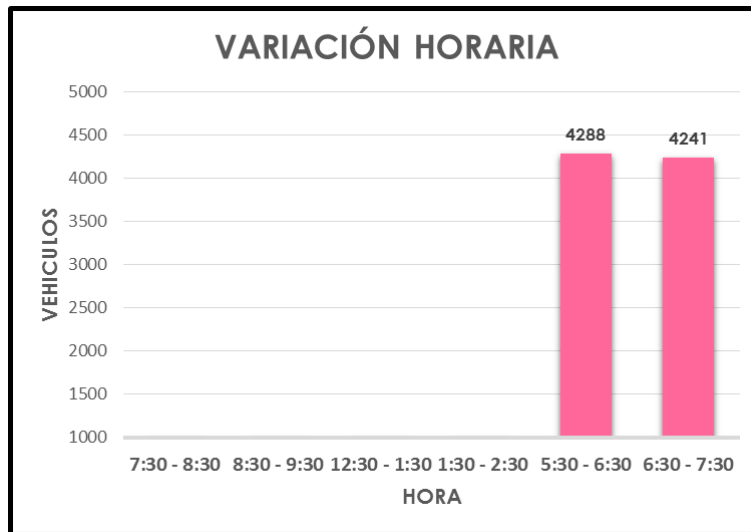


Figura 152: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.2.3. Conclusión.

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

### 3.6.4.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:

#### 3.6.4.3.1. Procesamiento.

Se realizó la adición del volumen vehicular de la hora con mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 135: *Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1812
1	124
5	2104
4	88
9	116
7	44

Fuente: Elaboración propia



3.6.4.3.2. Diagrama.

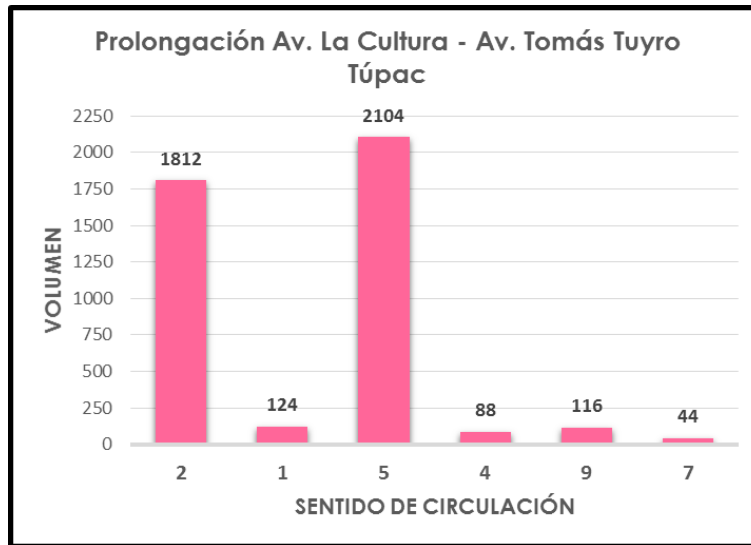


Figura 153: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyo Túpac

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3.3. Conclusión.

Como se logra apreciar en la **figura 153** se calculó que los sentidos con mayor demanda de vehículos son los sentidos 2 y 5.

3.6.4.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

3.6.4.4.1. Procesamiento.

Se realiza la adición del volumen peatonal de la hora con mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 136: Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyo Túpac

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	384
P3 - P4	276
P5 - P6	152

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.4.2. Diagrama.

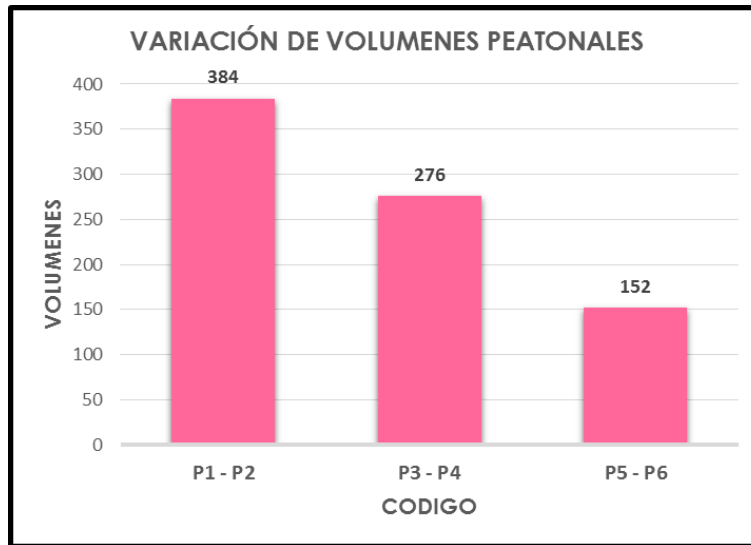


Figura 154: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.4.3. Conclusión.

Se puede apreciar que en la *figura 154* se calculó que el sentido con mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

3.6.4.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.4.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 137: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Túyro Túpac, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
2	1196	180	72	120	32	168	24	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	120	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1588	204	60	64	56	88	36	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	48	12	12	4	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
9	96	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	24	8	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
TOTAL	3072	424	152	188	88	260	68	4	20	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0
%	71.64	9.89	3.54	4.38	2.05	6.06	1.59	0.09	0.47	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.5.2. Diagrama.

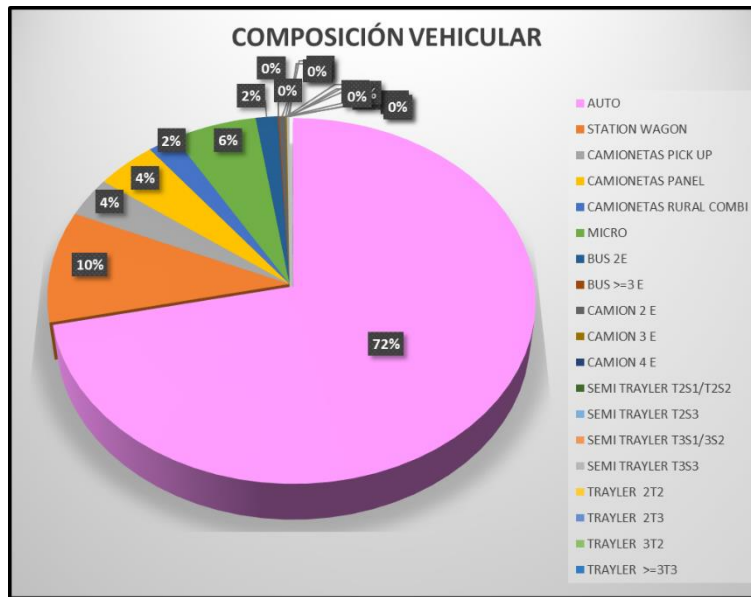


Figura 155: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.5.3. Conclusión.

En la *tabla 137* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 155* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

3.6.4.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

3.6.4.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 138: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac (ligero-pesado)

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1768	44	2.49
1	124	0	0.00
5	2060	44	2.14
4	80	8	10.00
9	116	0	0.00
7	36	8	22.22
TOTAL	4184	104	
%	97.57	2.43	

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.6.2. Diagrama.

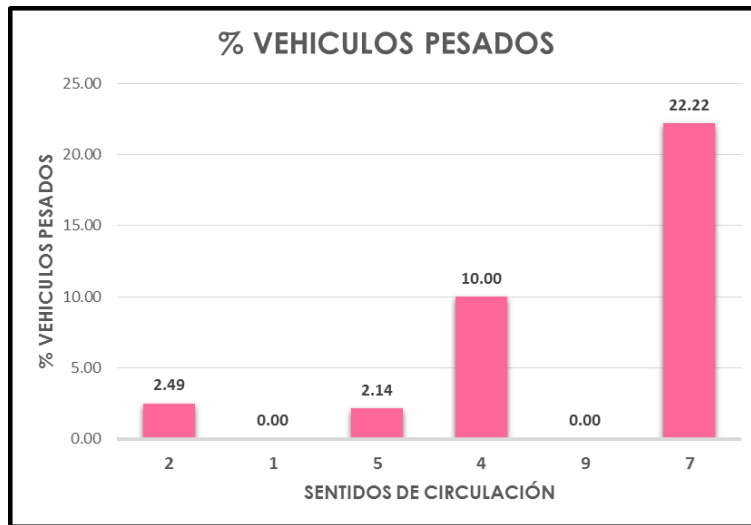


Figura 156: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 157: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

3.6.4.6.3. Conclusión.

En la *tabla 138* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 156* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 157* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **2.43%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.4.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.4.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 139*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 139: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1072
5:45 - 6:00	1055
6:00 - 6:15	1070
6:15 - 6:30	1091
TOTAL	4288

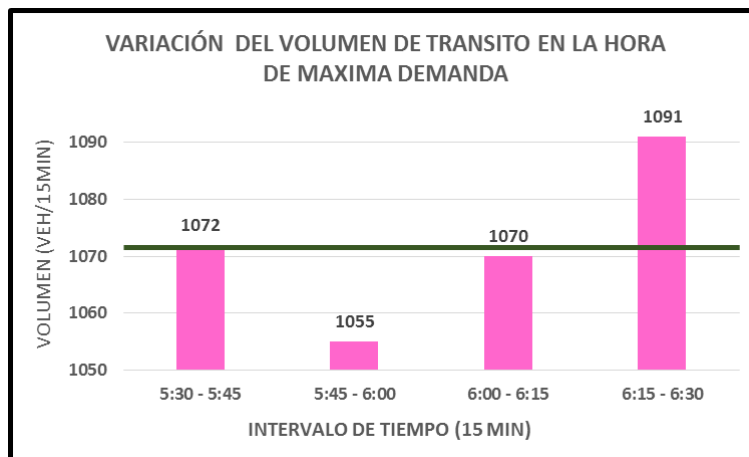
Fuente: Elaboración propia

Tabla 140: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

PHF =	$n_{60}/4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4288
$n_{15}$ =	1091
PHF =	0.98
VHMD $n_{15}$ =	1072

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.7.2. Diagrama.



*Figura 158:* Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 158*.

### 3.6.4.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.4.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Av. Tomás Tuyro Túpac.



*Figura 159:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Los datos de ingreso para la modelación se definió a partir de los datos del análisis de tránsito vehicular con lo que se está trabajando. También se identificó cada movimiento de carril como se muestra en la *Figura 160*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 161*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 135* y *Tabla 136*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 138*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 204veh/hora en el sentido de norte-sur y 180veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.

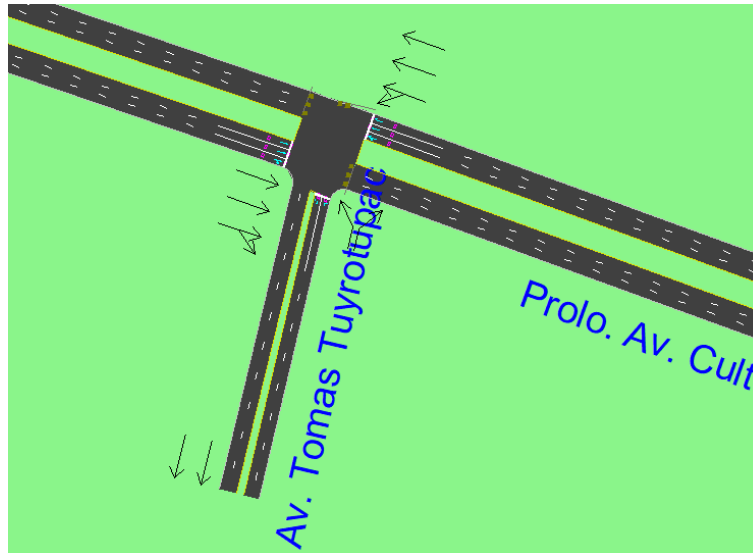


Figura 160: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018'

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 37 min 18

HCM 2010

VOLUME SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	3	3	3	3	3	3
Traffic Volume (vph)	2072	124	110	2302	116	62
Conflicting Peds. (#/hr)	—	152	152	—	336	276
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	0	—	—	—	0
Peak Hour Factor	0.97	0.91	0.96	0.98	0.94	0.79
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	0	—	—	0	0	—
Link OD Volumes	EB	—	—	WB	—	—
Adjusted Flow (vph)	2136	136	115	2349	123	78
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	2272	0	0	2464	123	78

Figura 161: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Synchro 8





Figura 162: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8

**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 141: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av.*

*La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
27.7	27.9	387.40	50
28.8			
26.7			
28.4			

Fuente: Elaboración propia

El ancho de carril y el grado de pendiente está definido desde la **Tabla 45** a la **Tabla 50**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 38 min 10

HCM 2010

LANE SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	3	1	2	2	1	1
Traffic Volume (vph)	2072	124	110	2302	116	62
Street Name	Prolo. Av. Cultura		Prolo. Av. Cultura		Av. Tomas Tuyrotupac	
Link Distance (m)	387.4	—	—	297.6	143.1	—
Links Speed (km/h)	50	—	—	50	40	—
Set Arterial Name and Speed	EB	—	—	WB	NB	—
Travel Time (s)	27.9	—	—	21.4	12.9	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	3.0
Grade (%)	3	—	—	-3	-2	—
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.991	—	—	1.000	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	1.000	—	—	0.998	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	4892	—	—	5151	1716	1535
Left Turn Factor (perm)	1.000	—	—	0.644	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	0.986	—	—	1.000	1.000	0.670
Left Ped Factor	1.000	—	—	1.000	0.657	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	4892	—	—	3324	1127	1028
Right Turn on Red?	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	22	—	—	0	0	4
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—

Av. Tomas Tuyrotupac & Prolo. Av. Cultura (3874 2963)

Figura 163: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 164* así como las fases *Figura 165*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado.

En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

1 hr 38 min 19 sec / 1 hr 38 min 31 sec

3 Av. Tomas Tuyrotupac & Prolo. Av. Cultura

TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	4	2	8	2	2	2	—	—
Traffic Volume (vph)	2072	124	110	2302	116	62	—	—
Turn Type	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Protected Phases	4	—	—	8	2	—	—	—
Permitted Phases	—	—	8	—	—	2	—	—
Detector Phases	4	—	8	8	2	2	—	—
Switch Phase	0	—	0	0	0	0	—	—
Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	—	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	22.0	—	22.0	22.0	22.0	22.0	—	—
Total Split (s)	56.0	—	56.0	56.0	26.0	26.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	—	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—
All-Red Time (s)	1.0	—	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	—	Max	Max	Max	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	50.0	—	—	50.0	20.0	20.0	—	—
Actuated g/C Ratio	0.61	—	—	0.61	0.24	0.24	—	—
Volume to Capacity Ratio	0.76	—	—	1.25d	0.29	0.31	—	—
Control Delay (s)	13.8	—	—	121.4	27.6	28.1	—	—
Queue Delay (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—

Figura 164: Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av.

La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2019\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2019\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 38 min 19 sec / 1 hr 38 min 31 sec

3 Av. Tomas Tuyrotupac & Prolo. Av. Cultura

NODE SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Node #	3							
Zone								
X East (m)	3874.5							
Y North (m)	2963.3							
Z Elevation (m)	0.0							
Description								
Control Type	Pretimed							
Cycle Length (s)	82.0							
Lock Timings	<input type="checkbox"/>							
Optimize Cycle Length	Optimize							
Optimize Splits	Optimize							
Actuated Cycle(s)	82.0							
Natural Cycle(s)	100.0							
Max v/c Ratio	1.22							
Intersection Delay (s)	68.1							
Intersection LOS	E							
ICU	1.18							
ICU LOS	H							
Offset (s)	0.0							
Referenced to	Begin of Green							
Reference Phase	2+6 - Unassigned							
Master Intersection	<input type="checkbox"/>							
Yield Point	Single							

TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	4	2	8	2	2	2	—	—
Traffic Volume (vph)	2072	124	110	2302	116	62	—	—
Turn Type	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Protected Phases	4	—	—	8	2	—	—	—
Permitted Phases	—	—	8	—	—	2	—	—
Detector Phases	4	—	8	8	2	2	—	—
Switch Phase	0	—	0	0	0	0	—	—
Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	—	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	22.0	—	22.0	22.0	22.0	22.0	—	—
Total Split (s)	56.0	—	56.0	56.0	26.0	26.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	—	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—
All-Red Time (s)	1.0	—	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	—	Max	Max	Max	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	50.0	—	—	50.0	20.0	20.0	—	—
Actuated g/C Ratio	0.61	—	—	0.61	0.24	0.24	—	—
Volume to Capacity Ratio	0.76	—	—	1.25d	0.29	0.31	—	—
Control Delay (s)	13.8	—	—	121.4	27.6	28.1	—	—
Queue Delay (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—

Figura 165: Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada

Prolongación Av. La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac

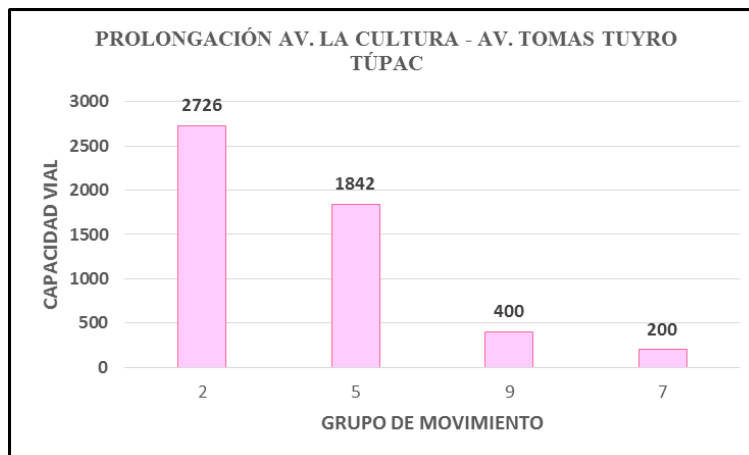
Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



*Figura 166:* Simulación de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac  
Fuente: Synchro 8

#### 3.6.4.8.2. Diagrama:



*Figura 167:* Capacidad vial por sentido de circulación  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.4.8.3. Conclusión:

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **E**, las capacidades viales se pueden apreciar en la *Figura 167*.

**3.6.4.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

**3.6.4.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 142: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Tomás Túyro Túpac*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 4 (S - W)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1376	1598	124	144	1792	2081	60	70	112	130	32	37
PICK UP	192	223	0	0	124	144	16	19	4	5	4	5
BUS	400	464	0	0	288	334	8	9	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	56	65	0	0	72	84	8	9	0	0	8	9
CAMION LIGERO	48	56	0	0	12	14	0	0	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	18	21	0	0	18	21
TOTAL	2072	2406	124	144	2302	2673	110	128	116	135	62	72

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 143: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	384	446	656	762	200	232

Fuente: Elaboración propia

**3.6.4.9.2. Diagrama:**

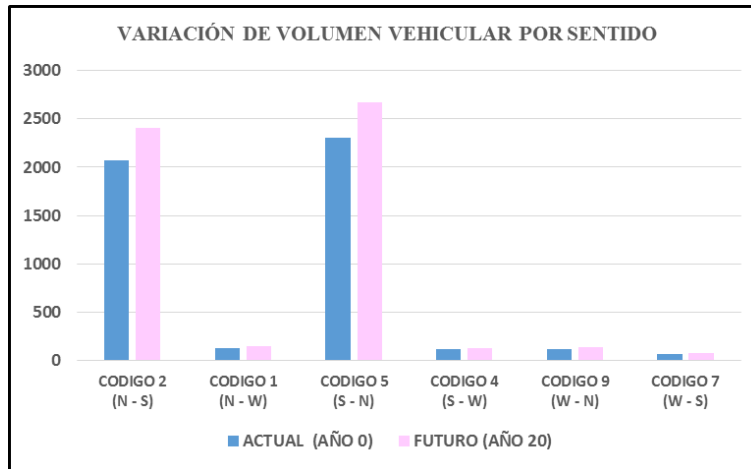


Figura 168: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

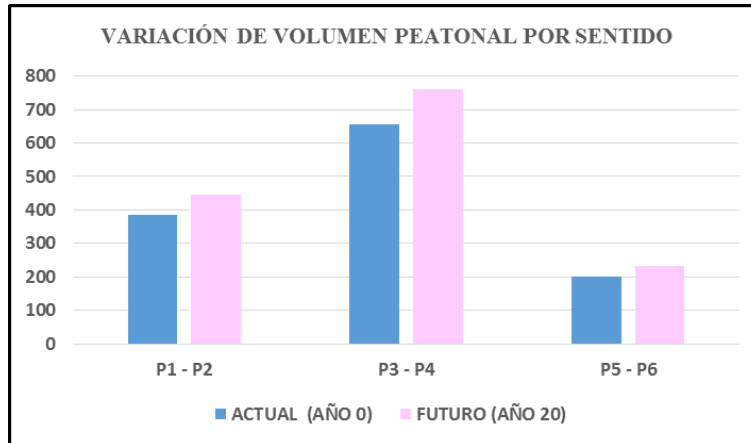


Figura 169: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.4.9.3. Conclusión:**

En la *figura 168* y *figura 169* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

### 3.6.5. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José.

#### 3.6.5.1. Determinación de la Variación Diaria.

##### 3.6.5.1.1. Procesamiento.

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 44: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8153	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.5.1.2. Diagrama.

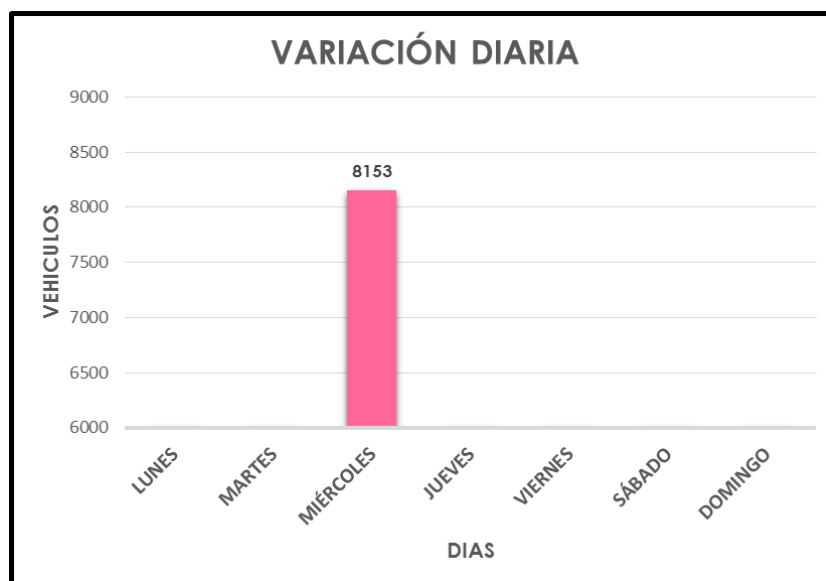


Figura 170: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.5.1.3. Conclusión.

Como se puede apreciar en la *figura 170* se determinó que el día de mayor demanda vehicular es el día **MIERCOLES**.

### 3.6.5.2. Variación Horaria.

#### 3.6.5.2.1. Procesamiento.

Se realizó la adición de volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 145: *Volúmenes horarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

VOLUMENES DIARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4104	4049

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.5.2.2. Diagrama.

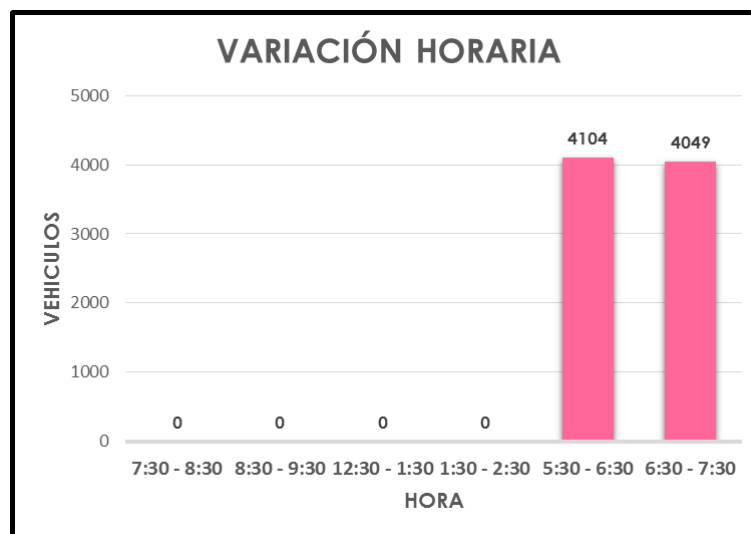


Figura 171: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.5.2.3. Conclusión.

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.



**3.6.5.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:**

**3.6.5.3.1. Procesamiento.**

Se realizó la adición de volumen vehicular de la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 146: *Volúmenes vehiculares de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1776
3	20
1	32
5	2188
6	12
4	24
12	24
10	4
9	8
7	16

Fuente: Elaboración propia

**3.6.5.3.2. Diagrama.**

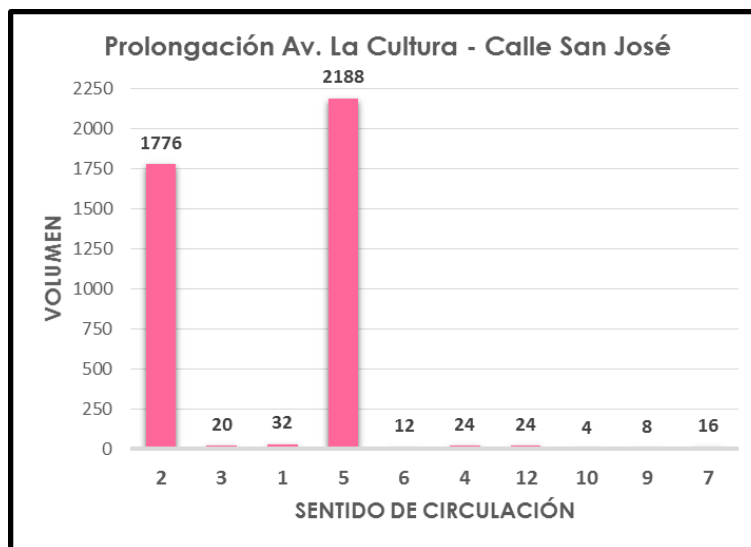


Figura 172: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José

Fuente: Elaboración propia

**3.6.5.3.3. Conclusión.**

Se puede apreciar en la *figura 172* la determinación de los sentidos con mayor demanda vehicular son los sentidos 2 y 5.

### 3.6.5.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

#### 3.6.5.4.1. Procesamiento.

Se realiza la adición de volúmenes peatonales de la hora de mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 147: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	204
P3 - P4	304
P5 - P6	164
P7 - P8	148

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.6.5.4.2. Diagrama.

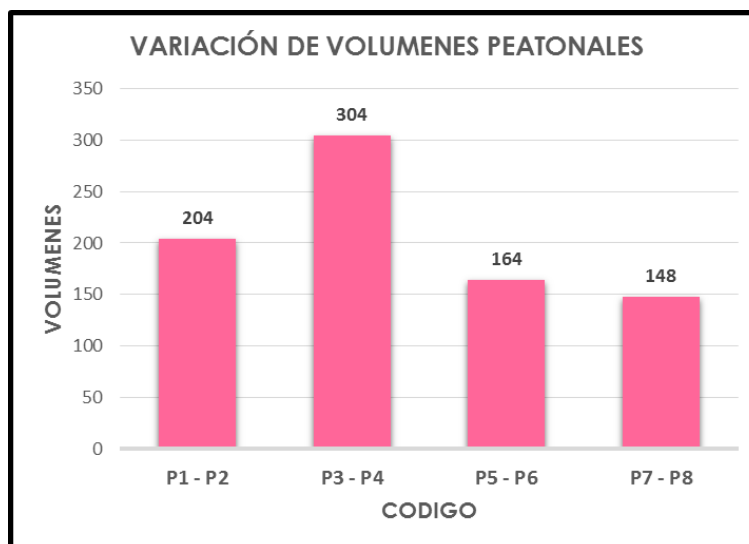


Figura 173: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.6.5.4.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 173* se calculó que el sentido con mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

### 3.6.5.5. Determinación de la Composición Vehicular:

#### 3.6.5.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 148: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José, por movimiento de circulación*

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
2	1056	176	92	108	48	204	4	0	80	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
3	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
1	28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1292	292	88	92	80	180	40	0	108	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0
6	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	16	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	12	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2432	492	192	200	128	388	48	0	196	8	0	0	0	20	0	0	0	0	0
%	59.26	11.99	4.68	4.87	3.12	9.45	1.17	0.00	4.78	0.19	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5.5.2. Diagrama.

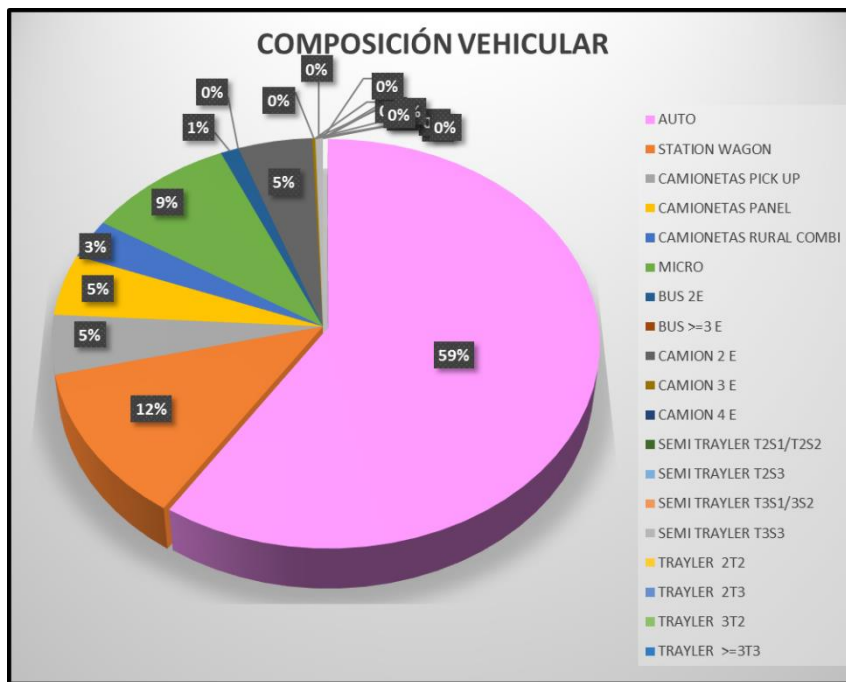


Figura 174: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5.5.3. Conclusión.

En la *tabla 148* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 174* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

**3.6.5.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):**

**3.6.5.6.1. Procesamiento.**

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 149: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1684	92	5.46
3	16	4	25.00
1	32	0	0.00
5	2024	164	8.10
6	12	0	0.00
4	20	4	20.00
12	20	4	20.00
10	4	0	0.00
9	8	0	0.00
7	12	4	33.33
<b>TOTAL</b>	<b>3832</b>	<b>272</b>	
<b>%</b>	<b>93.37</b>	<b>6.63</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**3.6.5.6.2. Diagrama.**

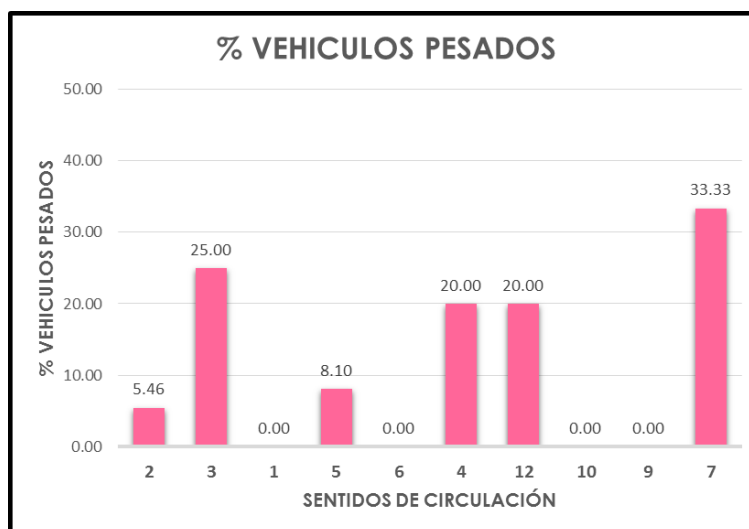


Figura 175: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación

Av. La Cultura – Calle San José, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 176: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.5.6.3. Conclusión.

En la *tabla 149* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 175* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 176* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **6.63%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.5.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.5.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 150*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 150: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1025
5:45 - 6:00	1019
6:00 - 6:15	1030
6:15 - 6:30	1030
<b>TOTAL</b>	<b>4104</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 151: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4104
$n_{15}$ =	1030
PHF =	<b>1.00</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1026</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.5.7.2. Diagrama.

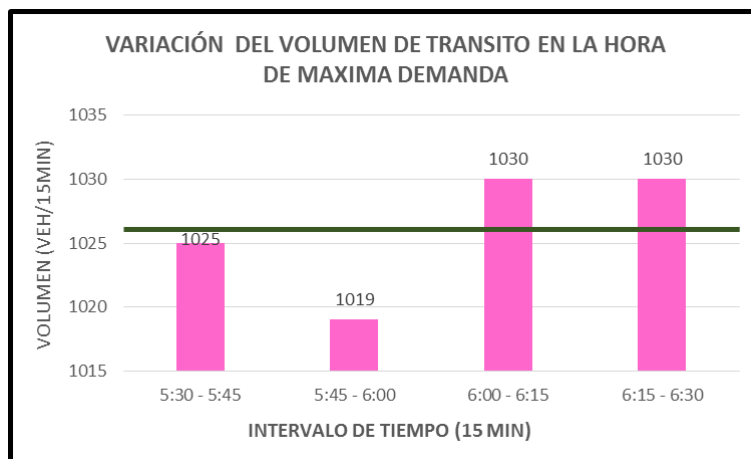


Figura 177: *Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.5.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 177*.

### 3.6.5.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.5.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo del programa con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Calle San José.



*Figura 178:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José.

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se definieron los siguientes datos de entrada a partir de los datos del análisis de tránsito con que se ha estado trabajando. Se identificó los movimientos de carriles como se muestra en la *Figura 179*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 180*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 146* y *Tabla 147*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 149*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 184veh/hora en el sentido de norte-sur y 260veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.

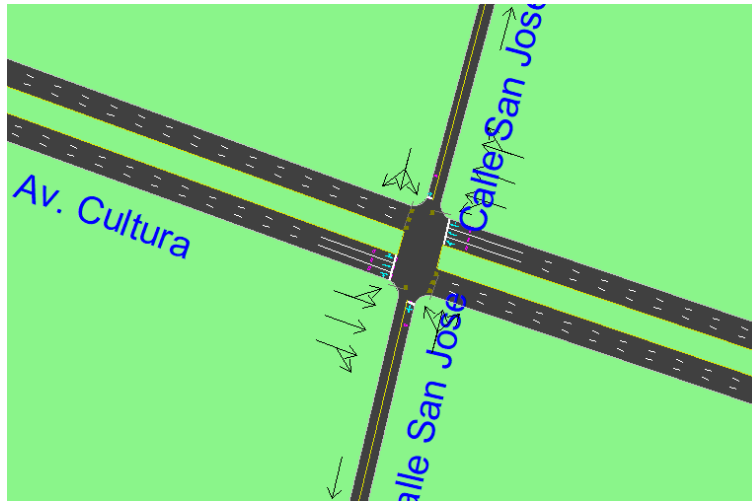


Figura 179: Movimiento de carriles.

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 40 min 18 sec / 1 hr 40 min 30 sec

4 Calle San Jose & Prolo. Av. Cultura

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	wBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	34	2220	32	32	2752	12	8	1	24	4	1	32
Traffic Volume (vph)	34	2220	32	32	2752	12	8	1	24	4	1	32
Conflicting Peds. (#/hr)	164	—	148	148	—	164	204	—	272	272	—	204
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	1.00	0.98	0.89	0.75	1.00	1.00	0.67	0.92	1.00	1.00	0.92	0.75
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	— EB	—	—	— WB	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	34	2265	36	43	2752	12	12	1	24	4	1	43
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	2335	0	0	2807	0	0	37	0	0	48	0

Figura 180: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Calle San José.

Fuente: Synchro 8

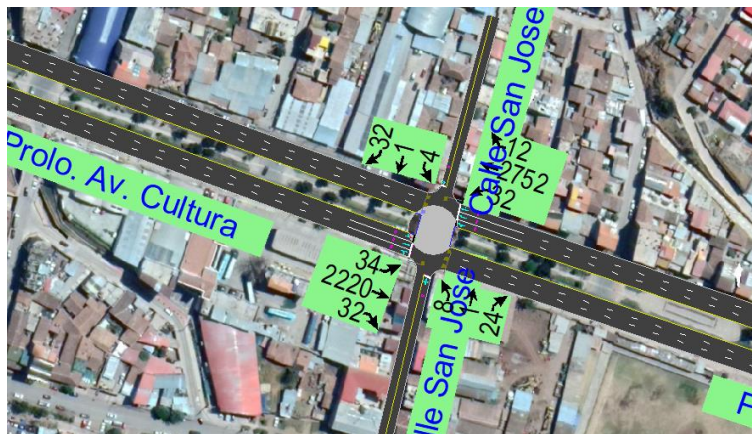


Figura 181: Volúmenes por sentido de circulación.

Fuente: Synchro 8



**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 152: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Calle San José.*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
21.8	21.4	297.60	50
21.1			
21.3			
21.4			

Fuente: Elaboración propia.

Cada ancho de carriles y el grado de pendiente está definido desde la **Tabla 55** a la **Tabla 59**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	4 ↑ ↑ ↑			4 ↑ ↑ ↑			1 ↔			1 ↔		
Traffic Volume (vph)	34	2220	32	32	2752	12	8	1	24	4	1	32
Street Name	Prolo. Av. Cultura			Prolo. Av. Cultura			Calle San Jose			Calle San Jose		
Link Distance (m)	297.6			444.0			106.5			104.6		
Links Speed (km/h)	50			50			30			30		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	21.4			32.0			12.8			12.6		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	3.6	3.0	2.4	2.4	2.4
Grade (%)	-2			-2			-2			9		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	-			-			-			-		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	-			-			-			-		
Add Lanes (#)	-			-			-			-		
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.998			0.999			0.912			0.879		
Left Turn Factor (prot)	0.999			0.999			0.984			0.996		
Saturated Flow Rate (prot)	4982			5115			1305			1061		
Left Turn Factor (perm)	0.690			0.669			0.984			0.985		
Right Ped Bike Factor	0.992			0.998			0.773			0.709		
Left Ped Factor	1.000			1.000			0.903			0.973		
Saturated Flow Rate (perm)	3441			3425			1179			1020		
Right Turn on Red?	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)	2			1			24			43		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

Figura 182: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Calle San José

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 183* así como las fases *Figura 184*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado. En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Shairng (HRL)	4 ↑↑↑			4 ↑↑↑			8 ↑	1 ↑	24	4 ↑	1 ↑	32		
Traffic Volume (vph)	34	2220	32	32	2752	12	8	1	24	4	1	32		
Turn Type	Perm			Perm			Split			Perm				
Protected Phases	4			8			2	2		6				
Permitted Phases	4			8			2	2		6				
Detector Phases	4	4		8	8		2	2		6	6			
Switch Phase	0	0		0	0		0	0		0	0			
Leading Detector (m)		10.0			10.0			10.0			10.0			
Trailing Detector (m)		0.0			0.0			0.0			0.0			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0			
Total Split (s)	41.0	41.0		41.0	41.0		31.0	31.0		31.0	31.0			
Yellow Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0			
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0			
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0	0.0		0.0			0.0	0.0		
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode	Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)		35.0			35.0			25.0			25.0			
Actuated g/C Ratio		0.34			0.34			0.24			0.24			
Volume to Capacity Ratio		1.99			2.41			0.11			0.17			
Control Delay (s)		473.9			658.2			17.1			12.7			
Queue Delay (s)		0.0			0.0			0.0			0.0			

*Figura 183:* Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José

Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	4			4			8	1	24	4	1	32		
Zone														
X East (m)	4154.2													
Y North (m)	2861.5													
Z Elevation (m)	0.0													
Description														
Control Type	Pretimed													
Cycle Length (s)	103.0													
Lock Timings	<input type="checkbox"/>													
Optimize Cycle Length	Optimize													
Optimize Splits	Optimize													
Actuated Cycle(s)	103.0													
Natural Cycle(s)	150.0													
Max v/c Ratio	2.41													
Intersection Delay (s)	565.4													
Intersection LOS	F													
ICU	0.99													
ICU LOS	F													
Offset (s)	0.0													
Referenced to	Begin of Green													
Reference Phase	2 - NBT													
Master Intersection	<input type="checkbox"/>													
Yield Point	Single													

*Figura 184:* Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José

Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



Figura 185: Simulación de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José

Fuente: Synchro 8

### 3.6.5.8.2. Diagrama:

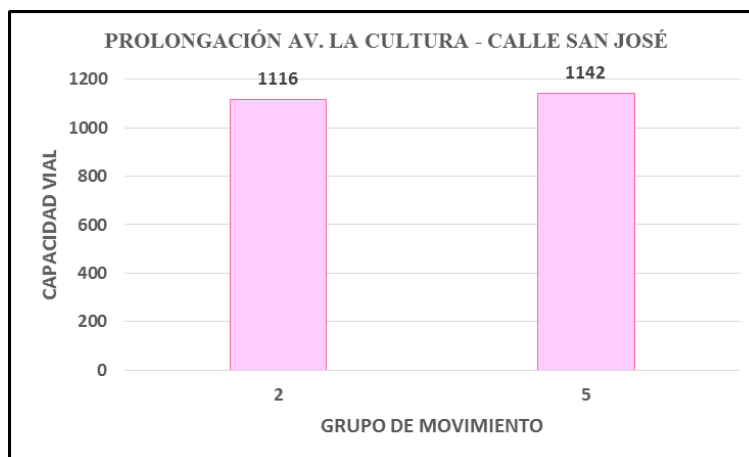


Figura 186: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.5.8.3. Conclusión:

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la **Figura 186**.

**3.6.5.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

**3.6.5.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 153: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José (parte I)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 3 (N - E)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1232	1431	8	9	32	37	1584	1839	12	14
PICK UP	200	232	8	9	0	0	180	209	0	0
BUS	504	585	0	0	0	0	520	604	0	0
BUS TRANSPORTE	8	9	0	0	0	0	80	93	0	0
CAMION LIGERO	240	279	0	0	0	0	324	376	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	28	33	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	36	42	18	21	0	0	36	42	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2220</b>	<b>2578</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>2752</b>	<b>3196</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 154: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Calle San José (parte II)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 4 (S - W)		CODIGO 12 (E - N)		CODIGO 10 (E - S)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	20	23	16	19	4	5	8	9	8	9
PICK UP	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
BUS	0	0	8	9	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	8	9	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	12	14	0	0	0	0	0	0	12	14
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>32</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>28</b>

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 155 *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6		P7 - P8	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	204	237	304	353	164	190	148	172

Fuente: Elaboración propia

**3.6.5.9.2. Diagrama:**

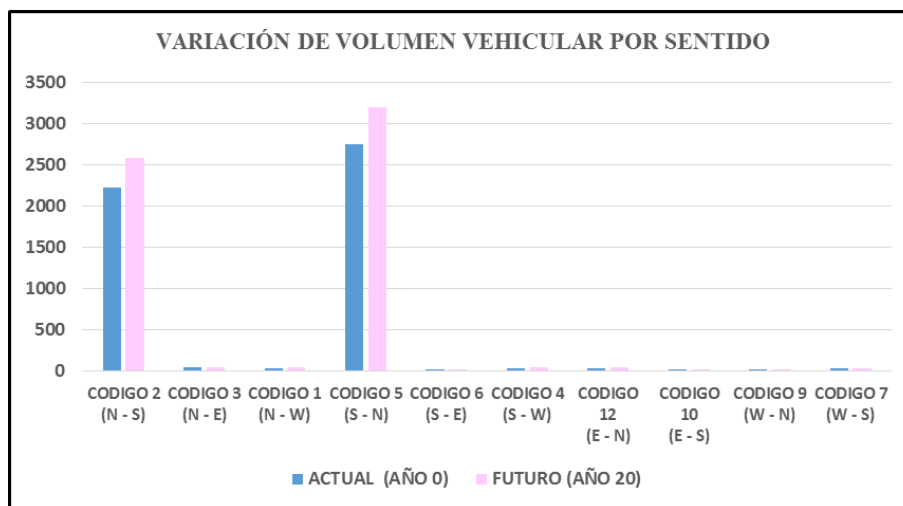


Figura 187: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

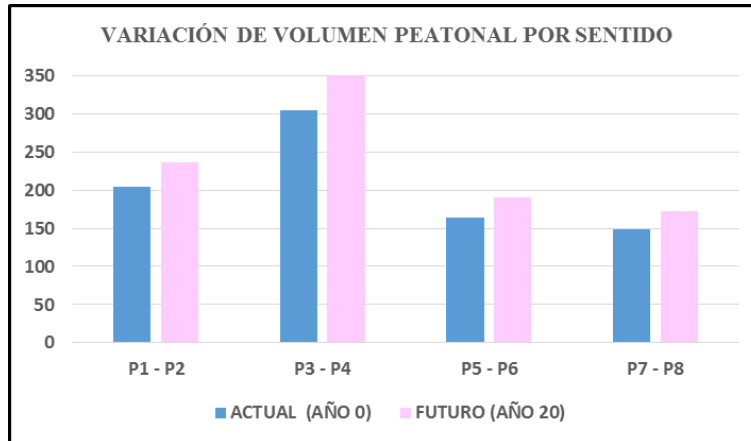


Figura 188: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.5.9.3. Conclusión:**

En la *figura 187* y *figura 188* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

**3.6.6. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco.**

**3.6.6.1. Determinación de la Variación Diaria.**

**3.6.6.1.1. Procesamiento.**

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, con lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 156: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8586	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.1.2. Diagrama.

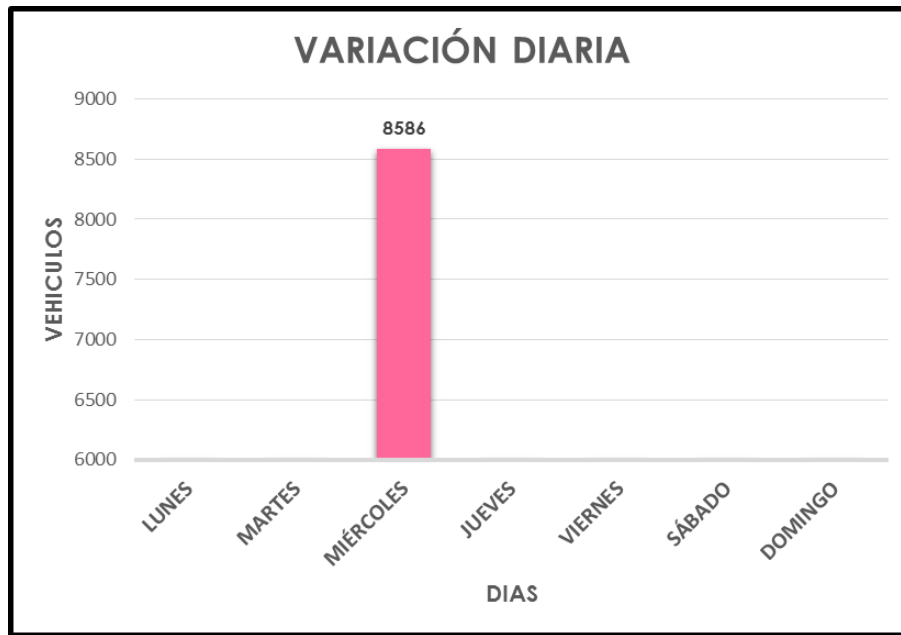


Figura 189: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.1.3. Conclusión.

Se puede apreciar que en la *figura 189* se calculó que el día con mayor demanda de vehiculos es el día **MIERCOLES**.

3.6.6.2. Variación Horaria.

3.6.6.2.1. Procesamiento.

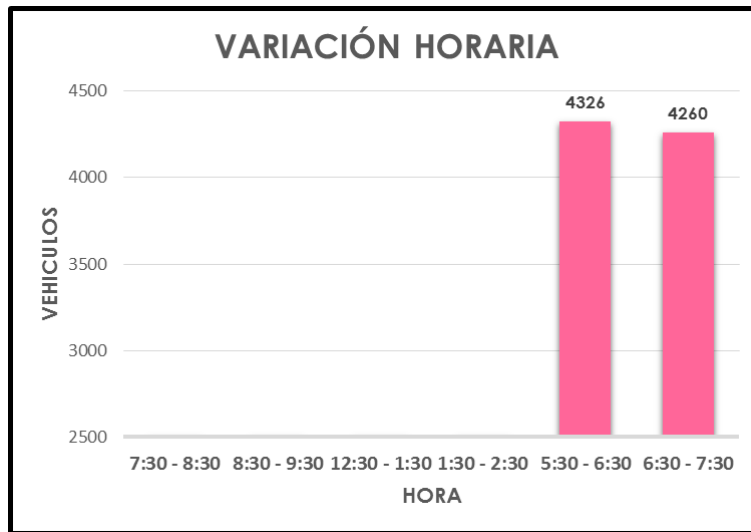
Se realizó la adición del volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 157: Volúmenes Horarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

VOLUMENES DIARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4326	4260

Fuente: Elaboración propia

**3.6.6.2.2. Diagrama.**



*Figura 190:* Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

**3.6.6.2.3. Conclusión.**

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

**3.6.6.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:**

**3.6.6.3.1. Procesamiento.**

Se realizó la acumulación del volumen vehicular de hora con mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

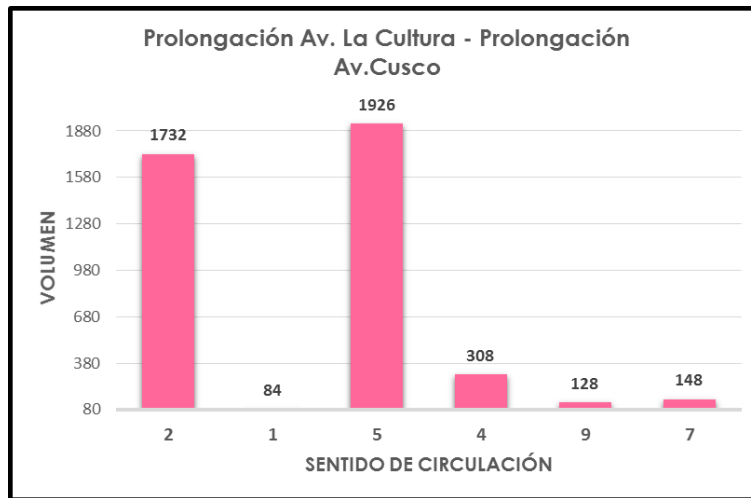
*Tabla 158: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1732
1	84
5	1926
4	308
9	128
7	148

Fuente: Elaboración propia



**3.6.6.3.2. Diagrama.**



*Figura 191:* Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada

Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

**3.6.6.3.3. Conclusión.**

Como se aprecia en la *figura 191* se calculó que los sentidos con mayor demanda de vehiculos son los sentidos 2 y 5.

**3.6.6.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:**

**3.6.6.4.1. Procesamiento.**

Se realiza la adición del volumen peatonal de la hora con mayor demanda para cada sentido de circulación los que han sido codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

*Tabla 159: Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	112
P3 - P4	292
P5 - P6	144

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.4.2. Diagrama.

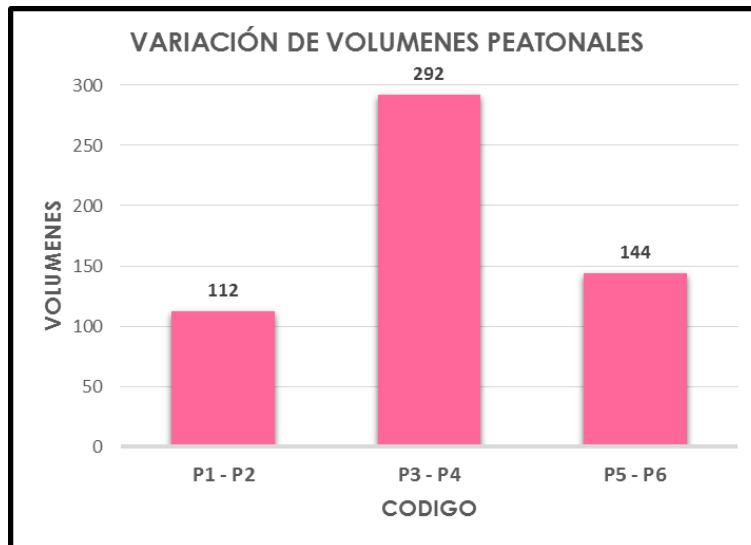


Figura 192: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.4.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 192* se calculó que el sentido con mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

3.6.6.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.6.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 160: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
2	1016	200	76	112	52	184	40	0	48	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	68	4	8	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1034	184	116	104	80	260	24	0	116	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
4	212	12	16	24	16	12	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	104	12	4	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	88	16	8	16	16	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2522</b>	<b>428</b>	<b>228</b>	<b>260</b>	<b>164</b>	<b>456</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>192</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>%</b>	<b>58.30</b>	<b>9.89</b>	<b>5.27</b>	<b>6.01</b>	<b>3.79</b>	<b>10.54</b>	<b>1.48</b>	<b>0.00</b>	<b>4.44</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.5.2. Diagrama.

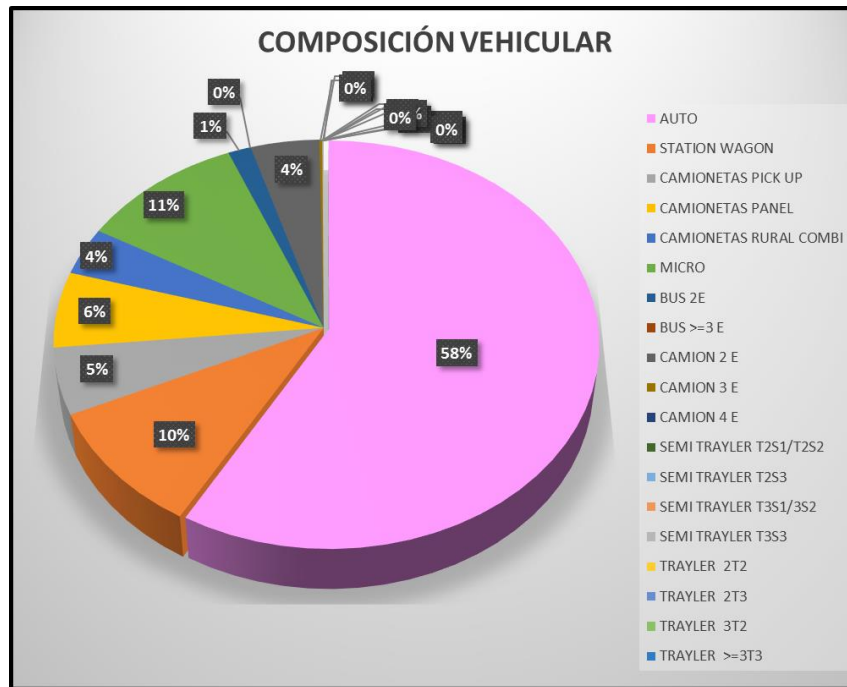


Figura 193: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.5.3. Conclusión.

En la *tabla 160* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 193* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

3.6.6.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

3.6.6.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 161: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1640	92	5.61
1	80	4	5.00
5	1778	148	8.32
4	292	16	5.48
9	124	4	3.23
7	144	4	2.78
<b>TOTAL</b>	<b>4058</b>	<b>268</b>	
<b>%</b>	<b>93.80</b>	<b>6.20</b>	

Fuente: Elaboración propia

3.6.6.2. Diagrama.

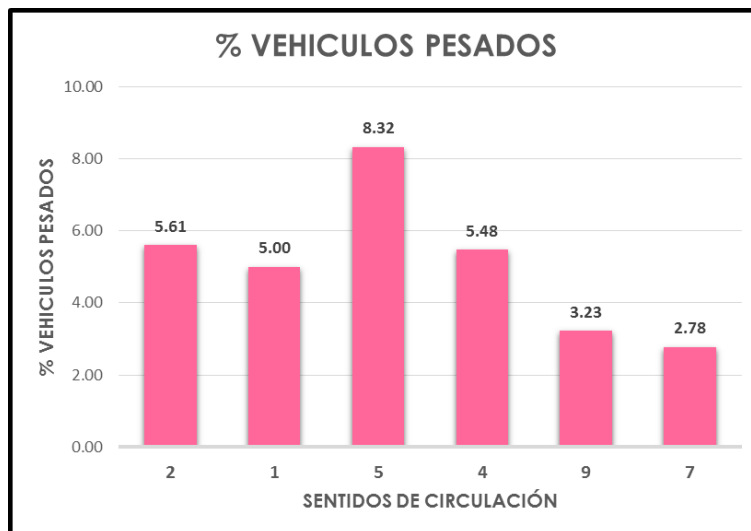


Figura 194: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 195: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6.6.3. Conclusión.

En la *tabla 161* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 194* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 195* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **6.20%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.6.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.6.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 162*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 162: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1079
5:45 - 6:00	1078
6:00 - 6:15	1080
6:15 - 6:30	1089
<b>TOTAL</b>	<b>4326</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 163: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4326
$n_{15}$ =	1089
PHF =	<b>0.99</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1082</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6.7.2. Diagrama.

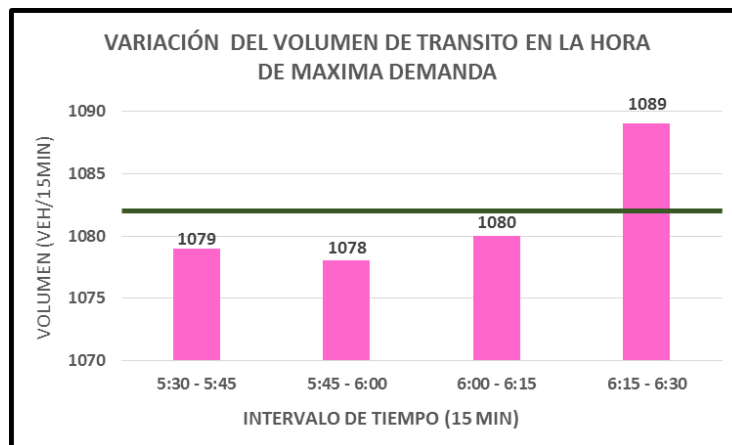


Figura 196: Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la figura 196.

### 3.6.6.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.6.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Prolongación Av. Cusco.



*Figura 197:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Los datos de ingreso para la modelación se definió a partir de los datos del análisis de tránsito vehicular con lo que se está trabajando. También se identificó cada movimiento de carril como se muestra en la *Figura 198*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 199*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 158* y *Tabla 159*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 161*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 184veh/hora en el sentido de norte-sur y 260veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.



Figura 198: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018'

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 43 min 48 : 5 P

VOLUME SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	3	1	1	1	1	1
Traffic Volume (vph)	2114	92	368	2546	136	172
Conflicting Peds. (#/hr)	—	144	144	—	112	284
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	0	—	—	—	0
Peak Hour Factor	0.98	0.95	0.99	1.00	0.97	0.96
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	0	—	—	0	0	—
Link OD Volumes	EB	—	—	WB	—	—
Adjusted Flow (vph)	2157	97	372	2546	140	179
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	2254	0	0	2918	140	179

Figura 199: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8





Figura 200: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8

**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 164: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
31.7	32.0	444.00	50
32.0			
32.2			
32.1			

Fuente: Elaboración propia

El ancho de carril y el grado de pendiente están definidos desde la **Tabla 55** a la **Tabla 59**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018'

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 44 min 22 : 5 P

LANE SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑		↔↔↔	↔↔↔	↔↔↔	↔↔↔
Traffic Volume (vph)	2114	92	368	2546	136	172
Street Name	Prolo. Av. Cultura		Prolo. Av. Cultura		Prolongación Av. C	
Link Distance (m)	444.0	—	—	571.6	147.8	—
Links Speed (km/h)	50	—	—	50	40	—
Set Arterial Name and Speed	EB	—	—	WB	NB	—
Travel Time (s)	32.0	—	—	41.2	13.3	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	2	—	—	-2	-2	—
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.994	—	—	1.000	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	1.000	—	—	0.994	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	4932	—	—	5105	1787	1599
Left Turn Factor (perm)	1.000	—	—	0.663	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	0.985	—	—	1.000	1.000	0.678
Left Ped Factor	1.000	—	—	1.000	0.849	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	4932	—	—	3405	1517	1084
Right Turn on Red?	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	13	—	—	0	0	1
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—

Prolongación Av. Cusco & Prolo. Av. Cultura (4575 2719)

Figura 201: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 202* así como las fases *Figura 203*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado.

En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

1 hr 44 min 33 sec / 1 hr 44 min 45 sec

5 Prolongación Av. Cusco & Prolo. Av. Cultura

TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	[Icon]							
Traffic Volume (vph)	2114	92	368	2546	136	172	—	—
Turn Type	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Protected Phases	4	—	—	8	2	—	—	—
Permitted Phases	—	—	8	—	—	2	—	—
Detector Phases	4	—	8	8	2	2	—	—
Switch Phase	0	—	0	0	0	0	—	—
Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	—	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	22.0	—	22.0	22.0	22.0	22.0	—	—
Total Split (s)	40.0	—	41.0	41.0	31.0	31.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	—	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—
All-Red Time (s)	1.0	—	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	—	Max	Max	Max	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	35.0	—	—	35.0	25.0	25.0	—	—
Actuated g/C Ratio	0.49	—	—	0.49	0.35	0.35	—	—
Volume to Capacity Ratio	0.94	—	—	3.58d	0.23	0.47	—	—
Control Delay (s)	27.0	—	—	366.6	17.9	23.4	—	—
Queue Delay (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—

Figura 202: Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 44 min 33 sec / 1 hr 44 min 45 sec

5 Prolongación Av. Cusco & Prolo. Av. Cultura

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS
Node #	5
Zone	
X East (m)	4574.6
Y North (m)	2718.6
Z Elevation (m)	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s)	72.0
Lock Timings	<input type="checkbox"/>
Optimize Cycle Length	Optimize
Optimize Splits	Optimize
Actuated Cycle(s)	72.0
Natural Cycle(s)	120.0
Max v/c Ratio	1.76
Intersection Delay (s)	207.1
Intersection LOS	F
ICU	1.28
ICU LOS	H
Offset (s)	0.0
Referenced to	Begin of Green
Reference Phase	2+6 - Unassigned
Master Intersection	<input type="checkbox"/>
Yield Point	Single

TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	[Icon]							
Traffic Volume (vph)	2114	92	368	2546	136	172	—	—
Turn Type	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Protected Phases	4	—	—	8	2	—	—	—
Permitted Phases	—	—	8	—	—	2	—	—
Detector Phases	4	—	8	8	2	2	—	—
Switch Phase	0	—	0	0	0	0	—	—
Leading Detector (m)	10.0	—	—	10.0	2.0	2.0	—	—
Trailing Detector (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Minimum Initial (s)	4.0	—	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—
Minimum Split (s)	22.0	—	22.0	22.0	22.0	22.0	—	—
Total Split (s)	40.0	—	41.0	41.0	31.0	31.0	—	—
Yellow Time (s)	5.0	—	5.0	5.0	5.0	5.0	—	—
All-Red Time (s)	1.0	—	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—	—
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	—	Max	Max	Max	Max	—	—
Actuated Effct. Green (s)	35.0	—	—	35.0	25.0	25.0	—	—
Actuated g/C Ratio	0.49	—	—	0.49	0.35	0.35	—	—
Volume to Capacity Ratio	0.94	—	—	3.58d	0.23	0.47	—	—
Control Delay (s)	27.0	—	—	366.6	17.9	23.4	—	—
Queue Delay (s)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	—	—

Figura 203: Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8

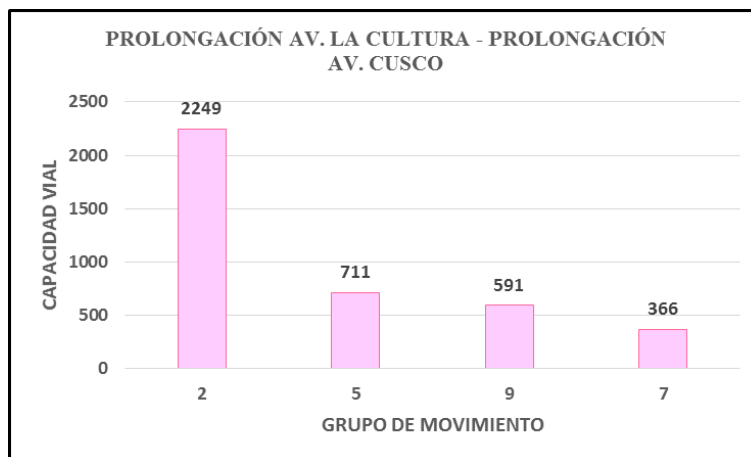
**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado por arriba de cada intersección de estudio.



*Figura 204:* Simulación de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Synchro 8

### 3.6.6.8.2. Diagrama:



*Figura 205:* Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6.8.3. Conclusión:

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la *Figura 205*.

**3.6.6.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

**3.6.6.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 165: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Prolongación Av. Cusco*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 4 (S - W)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1216	1412	72	84	1218	1414	224	260	116	135	104	121
PICK UP	188	218	8	9	220	255	40	46	8	9	24	28
BUS	472	548	0	0	680	790	56	65	0	0	32	37
BUS TRANSPORTE	80	93	0	0	48	56	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	144	167	12	14	348	404	48	56	12	14	12	14
CAMION MEDIANO	14	16	0	0	14	16	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	18	21	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2114</b>	<b>2455</b>	<b>92</b>	<b>107</b>	<b>2546</b>	<b>2956</b>	<b>368</b>	<b>427</b>	<b>136</b>	<b>158</b>	<b>172</b>	<b>200</b>

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 166: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	112	130	292	339	144	167

Fuente: Elaboración propia

**3.6.6.9.2. Diagrama:**

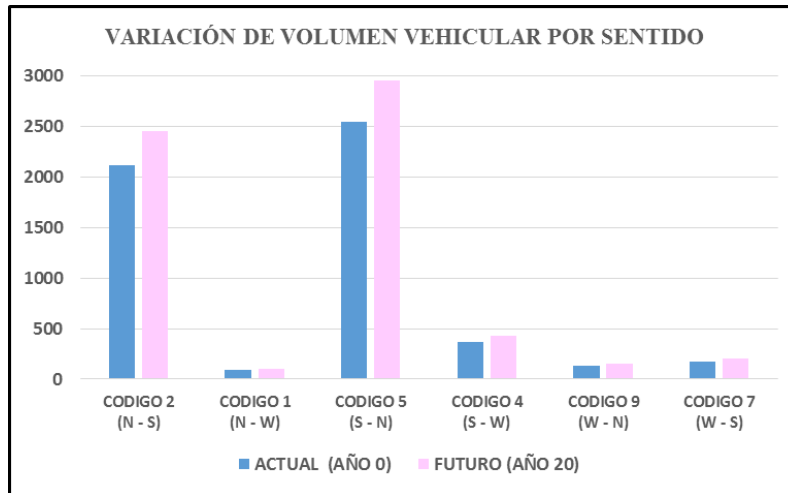


Figura 206: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

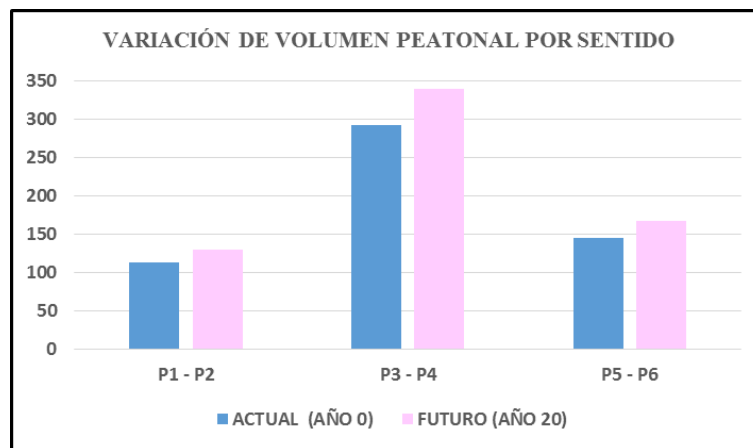


Figura 207: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.6.9.3. Conclusión:**

En la *figura 206* y *figura 207* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

### 3.6.7. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra.

#### 3.6.7.1. Determinación de la Variación Diaria.

##### 3.6.7.1.1. Procesamiento.

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 167: Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8676	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.7.1.2. Diagrama.

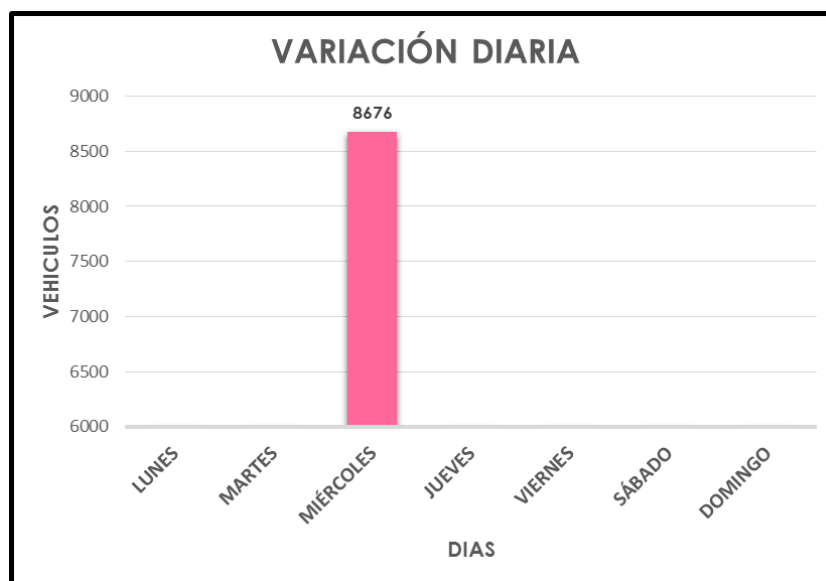


Figura 208: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Elaboración propia

##### 3.6.7.1.3. Conclusión.

Se puede apreciar en la **figura 208** la determinación que el día con mayor demanda de vehiculos es el día **MIERCOLES**.

**3.6.7.2. Variación Horaria.**

**3.6.7.2.1. Procesamiento.**

Se realizó la acumulación volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 168: *Volúmenes horarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

VOLUMENES DIARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4368	4308

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.2.2. Diagrama.**

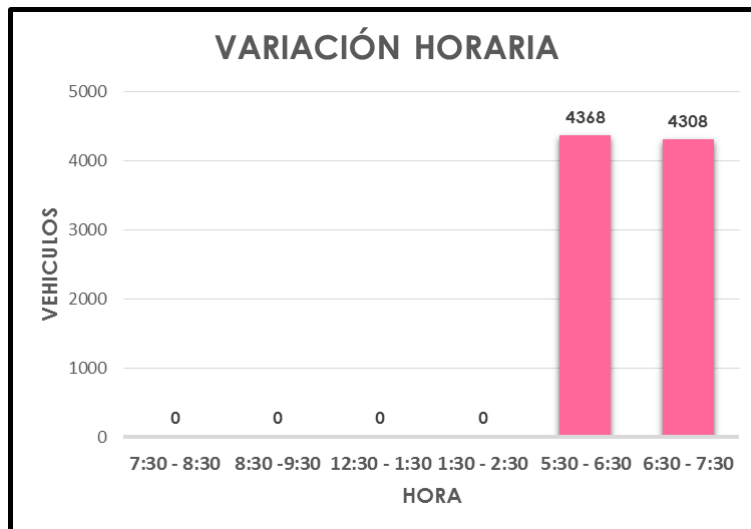


Figura 209: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.2.3. Conclusión.**

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

**3.6.7.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:**

**3.6.7.3.1. Procesamiento.**

Se realizó la adición de volúmenes vehiculares de la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.



Tabla 169: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforzada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1868
3	84
1	24
5	2140
6	20
4	16
12	28
10	60
11	16
9	44
7	44
8	24

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.3.2. Diagrama.

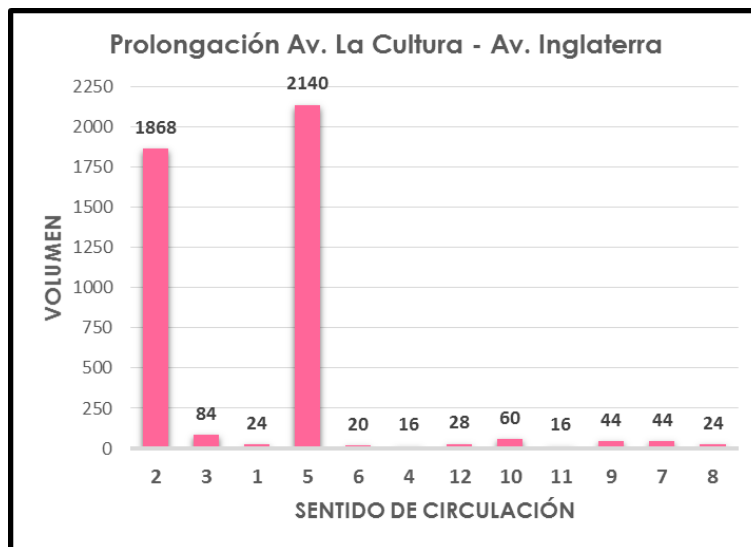


Figura 210: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforzada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.3.3. Conclusión.

Se aprecia en la *figura 210* como se calculó los sentidos con mayor demanda de vehiculos los cuales son sentidos 2 y 5.

### 3.6.7.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:

#### 3.6.7.4.1. Procesamiento.

Se realiza la adición de volumen peatonal de la hora de mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 170: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	420
P3 - P4	364
P5 - P6	212
P7 - P8	132

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.7.4.2. Diagrama.

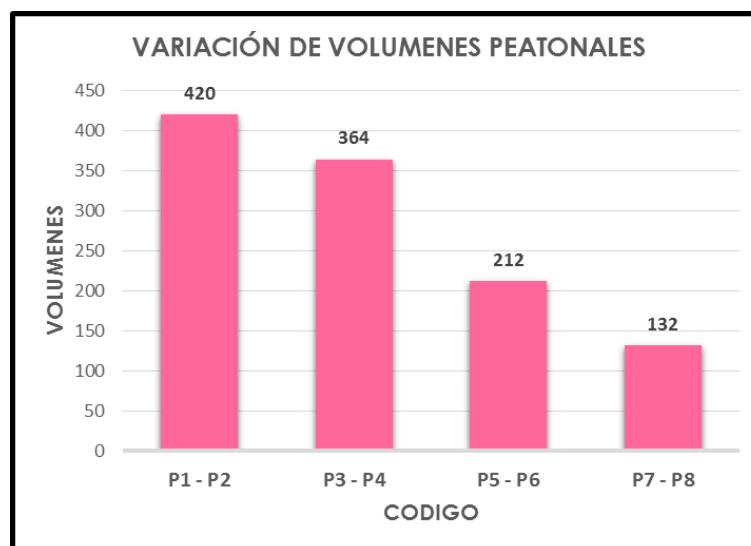


Figura 211: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.7.4.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 211* se calculó que el sentido con mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

### 3.6.7.5. Determinación de la Composición Vehicular:

#### 3.6.7.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 171: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYER				TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
2	1012	184	108	124	40	328	24	0	36	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	56	16	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	16	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1184	244	88	168	64	248	60	4	60	4	4	0	0	0	12	0	0	0	0	0
6	12	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	48	4	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	8	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	36	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	36	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	20	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2460	472	208	300	108	576	88	4	120	16	4	0	0	0	12	0	0	0	0	0
%	56.32	10.81	4.76	6.87	2.47	13.19	2.01	0.09	2.75	0.37	0.09	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.5.2. Diagrama.

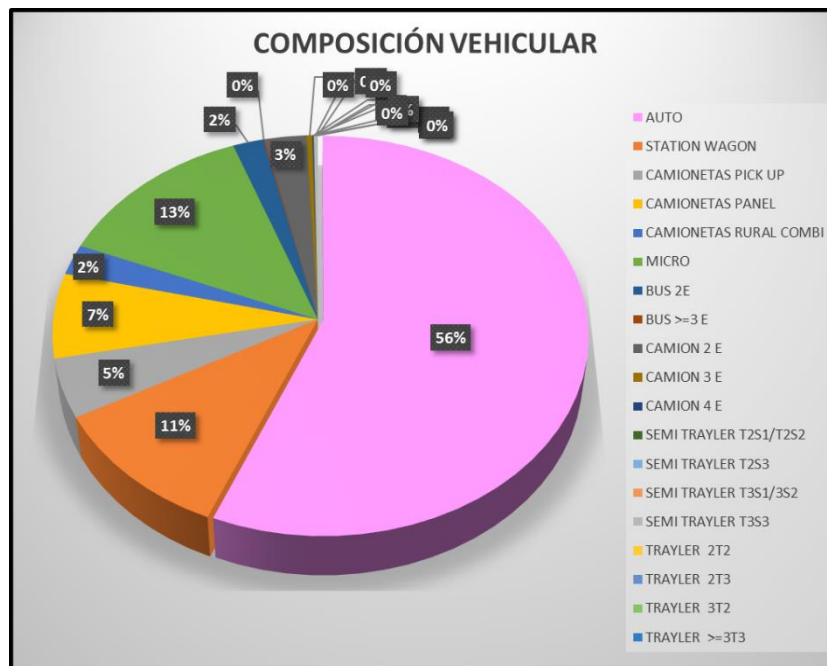


Figura 212: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Elaboración propia

3.6.7.5.3. Conclusión.

En la *tabla 171* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 212* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

**3.6.7.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):**

**3.6.7.6.1. Procesamiento.**

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 172: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1796	72	4.01
3	80	4	5.00
1	20	4	20.00
5	1996	144	7.21
6	20	0	0.00
4	16	0	0.00
12	28	0	0.00
10	56	4	7.14
11	12	4	33.33
9	40	4	10.00
7	40	4	10.00
8	20	4	20.00
<b>TOTAL</b>	<b>4124</b>	<b>244</b>	
<b>%</b>	<b>94.41</b>	<b>5.59</b>	

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.6.2. Diagrama.**

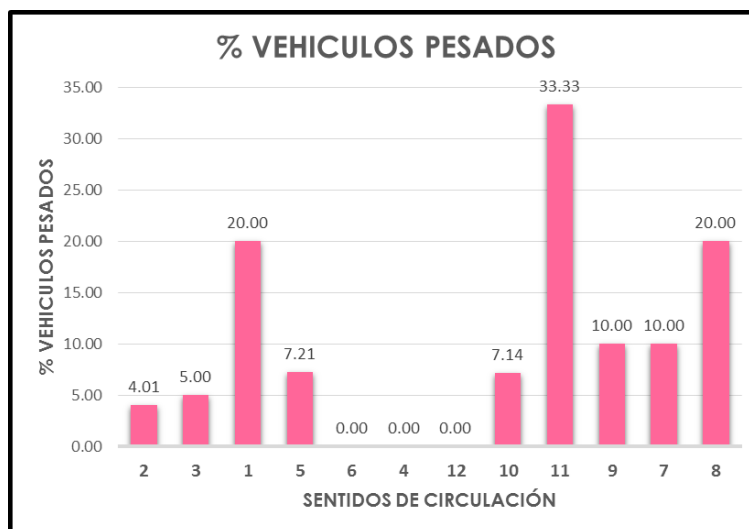


Figura 213: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia

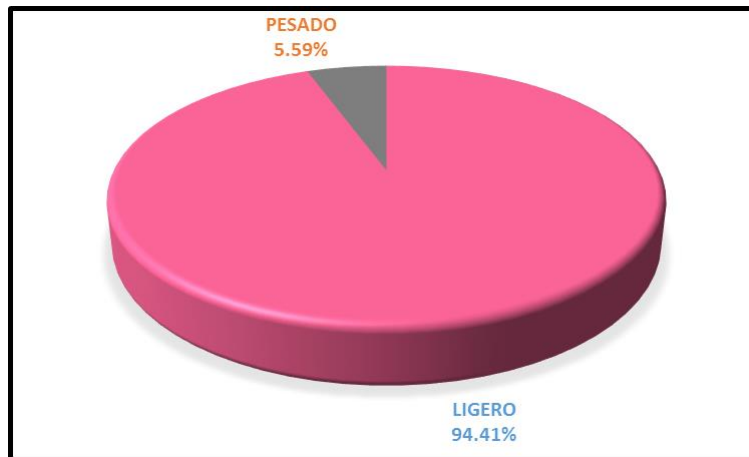


Figura 214: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.7.6.3. Conclusión.

En la *tabla 172* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 213* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 214* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **5.49%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.7.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.7.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 104*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 173: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1093
5:45 - 6:00	1079
6:00 - 6:15	1104
6:15 - 6:30	1092
<b>TOTAL</b>	<b>4368</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 174: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4368
$n_{15}$ =	1104
PHF =	<b>0.99</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1092</b>

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.7.2. Diagrama.**

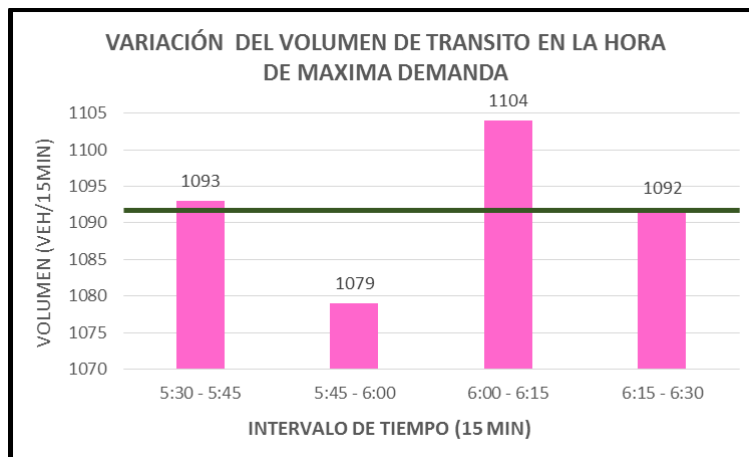


Figura 215: *Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.7.3. Conclusión.**

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 215*.

### 3.6.7.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.7.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo del programa con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Av. Inglaterra.



*Figura 216:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se definieron los siguientes datos de entrada a partir de los datos del análisis de tránsito con que se ha estado trabajando. Se identificó los movimientos de carriles como se muestra en la *Figura 217*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 218*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 169* y *Tabla 170*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 172*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 328veh/hora en el sentido de norte-sur y 248veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.



Figura 217: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 46 min 20 sec / 1 hr 46 min 32 sec

HCM 2010 6 Av. Inglaterra/Los Heroes Del Cénepa & Prolo. Av. Cultura/Pr

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	4↑↑↑			4↑↑			4↑			4↑		
Traffic Volume (vph)	96	2362	32	16	2700	20	52	32	48	68	24	28
Conflicting Peds. (#/hr)	212	—	132	132	—	212	420	—	332	332	—	420
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	—	—	—	0	—	—	—
Peak Hour Factor	0.88	0.99	0.75	0.80	0.99	0.83	0.91	0.86	0.91	0.94	1.00	0.88
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	— EB			— WB			—			—		
Adjusted Flow (vph)	109	2386	43	20	2727	24	57	37	53	72	24	32
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	2538	0	0	2771	0	0	147	0	0	128	0

Figura 218: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforizada Prolongación Av.

La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8



Figura 219: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8



**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 175: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
41.7	41.2	571.60	50
40.8			
41.2			
41.1			

Fuente: Elaboración propia

Cada ancho de carril y el grado de pendiente está definido desde la **Tabla 63** a la **Tabla 68**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	4↑↑↑			4↑↑↑			4↑↑			4↑↑		
Traffic Volume (vph)	96	2362	32	16	2700	20	52	32	48	68	24	28
Street Name	Prolo. Av. Cultura			Prolo. Av. La Cultura			Av. Inglaterra			Los Heroes Del Cenepa		
Link Distance (m)	571.6			450.6			106.6			113.2		
Links Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	41.2			32.4			7.7			8.2		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	-2			-2			-3			3		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	-			-			-			-		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	-			-			-			-		
Add Lanes (#)	-			-			-			-		
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.997			0.999			0.951			0.966		
Left Turn Factor (prot)	0.998			1.000			0.981			0.973		
Saturated Flow Rate (prot)	4980			5108			1544			1564		
Left Turn Factor (perm)	0.636			0.864			0.847			0.756		
Right Ped Bike Factor	0.994			0.996			0.875			0.907		
Left Ped Factor	1.000			1.000			0.889			0.860		
Saturated Flow Rate (perm)	3174			4413			1186			1045		
Right Turn on Red?	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)	6			3			3			1		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

Figura 220: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 221* así como las fases *Figura 222*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado. En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (BRL)	↕ ↕ ↕		↕ ↕ ↕		↕ ↕ ↕		↕ ↕ ↕		↕ ↕ ↕		↕ ↕ ↕			
Traffic Volume (vph)	96	2362	32	16	2700	20	52	32	48	68	24	28		
Turn Type	Perm			Perm			Perm			Perm				
Protected Phases	4			8			2			6				
Permitted Phases	4			8			2			6				
Detector Phases	4	4		8	8		2	2		6	6			
Switch Phase	0	0		0	0		0	0		0	0			
Leading Detector (m)		10.0			10.0			10.0			10.0			
Trailing Detector (m)		0.0			0.0			0.0			0.0			
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0			
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0		22.0	22.0			
Total Split (s)	44.0	44.0		56.0	56.0		25.0	25.0		25.0	25.0			
Yellow Time (s)	5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0		5.0	5.0			
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0			
Lost Time Adjust (s)		0.0			0.0	0.0		0.0			0.0	0.0		
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode	Max	Max		Max	Max		Max	Max		Max	Max			
Actuated Effct. Green (s)		50.0			50.0			19.0			19.0			
Actuated g/C Ratio		0.62			0.62			0.23			0.23			
Volume to Capacity Ratio		1.29			1.02			0.53			0.52			
Control Delay (s)		155.8			38.5			34.3			35.6			
Queue Delay (s)		0.0			0.0			0.0			0.0			

*Figura 221:* Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS
Node #	EBL EBT EBR WBL WBT WBR NBL NBT NBR SBL SBT SBR PED HOLD
Zone	Lanes and Sharing (BRL)
X East (m)	Traffic Volume (vph)
Y North (m)	Turn Type
Z Elevation (m)	Protected Phases
Description	Permitted Phases
Control Type	Detector Phases
Cycle Length (s)	Switch Phase
Lock Timings	Leading Detector (m)
Optimize Cycle Length	Trailing Detector (m)
Optimize Splits	Minimum Initial (s)
Actuated Cycle(s)	Minimum Split (s)
Natural Cycle(s)	Total Split (s)
Max v/c Ratio	Yellow Time (s)
Intersection Delay (s)	All-Red Time (s)
Intersection LOS	Lost Time Adjust (s)
ICU	Lagging Phase?
ICU LOS	Allow Lead/Lag Optimize?
Offset (s)	Recall Mode
Referenced to	Actuated Effct. Green (s)
Reference Phase	Actuated g/C Ratio
Master Intersection	Volume to Capacity Ratio
Yield Point	Control Delay (s)
	Queue Delay (s)

*Figura 222:* Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



Figura 223: Simulación de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Synchro 8

**3.6.7.8.2. Diagrama:**

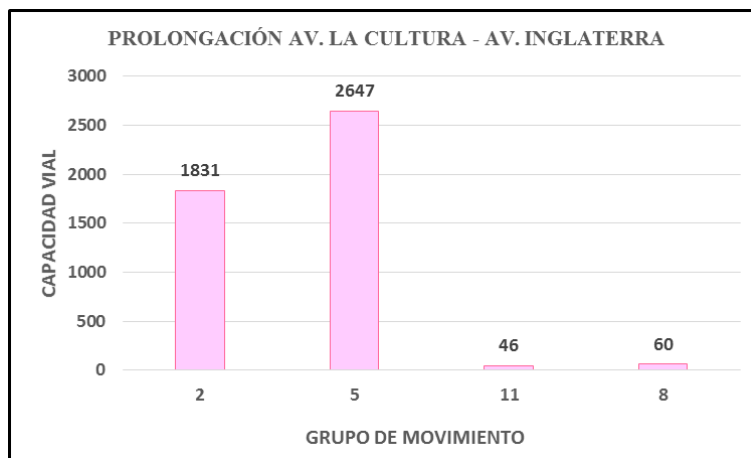


Figura 224: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.8.3. Conclusión:**

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la **Figura 224**.

**3.6.7.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de cada población.

**3.6.7.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 176: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra (parte I)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 3 (N - E)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)		CODIGO 4 (S - W)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1196	1389	72	84	20	23	1428	1658	16	19	12	14
PICK UP	232	269	4	5	0	0	256	297	4	5	4	5
BUS	736	855	8	9	0	0	624	725	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	48	56	0	0	0	0	128	149	0	0	0	0
CAMION LIGERO	108	125	12	14	12	14	180	209	0	0	0	0
CAMION MEDIANO	42	49	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	16	19	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	54	63	0	0	0	0
TOTAL	2362	2743	96	111	32	37	2700	3135	20	23	16	19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 177: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Inglaterra (parte II)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 12 (E - N)		CODIGO 10 (E - S)		CODIGO 11 (E - W)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)		CODIGO 8 (W - E)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	28	33	52	60	8	9	40	46	40	46	20	23
PICKUP	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	8	9	0	0
CAMION LIGERO	0	0	12	14	0	0	12	14	0	0	12	14
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	28	33	68	79	8	9	52	60	48	56	32	37

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 178: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6		P7 - P8	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	420	488	364	423	212	246	132	153

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.9.2. Diagrama:**

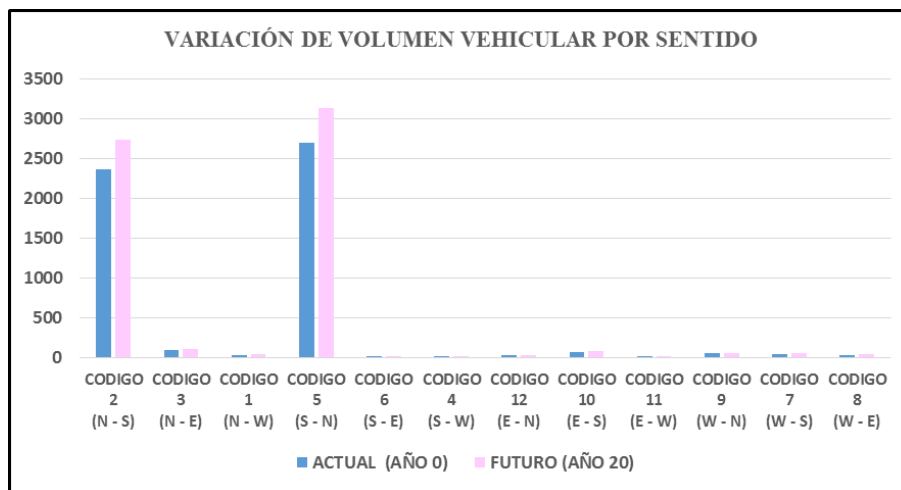


Figura 225: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

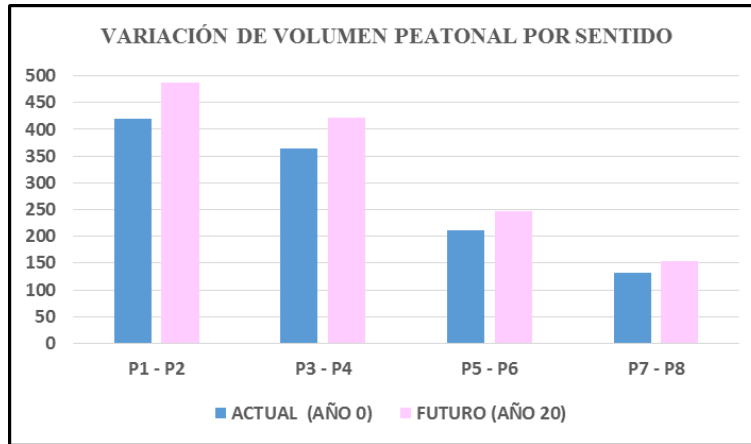


Figura 226: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.7.9.3. Conclusión:**

En la *figura 225* y *figura 226* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

**3.6.8. Análisis de datos para la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro.**

**3.6.8.1. Determinación de la Variación Diaria.**

**3.6.8.1.1. Procesamiento.**

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, con lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 179: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8764	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.1.2. Diagrama.

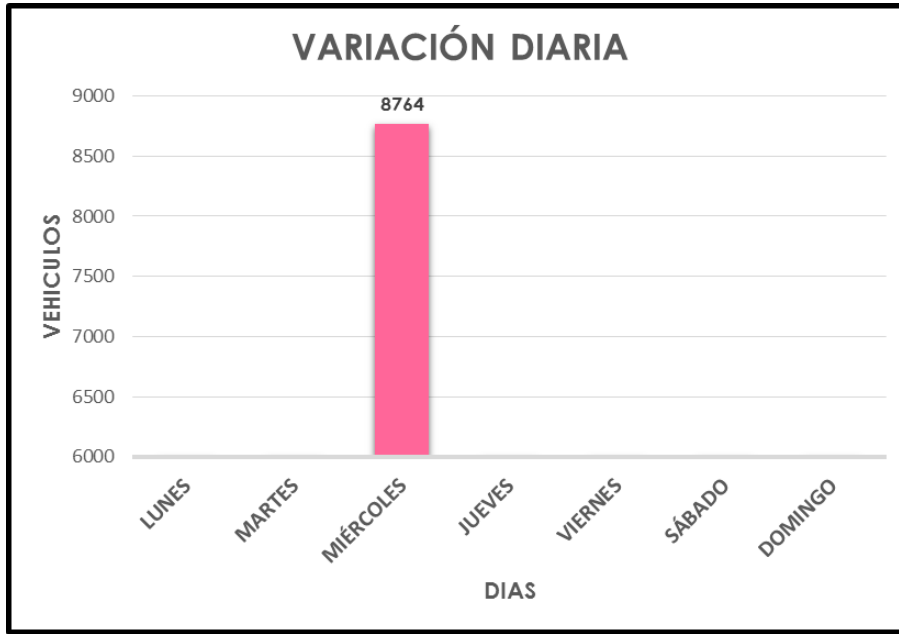


Figura 227: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.1.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 227* se calculó que el día con mayor demanda de vehiculos es el día **MIERCOLES**.

3.6.8.2. Variación Horaria.

3.6.8.2.1. Procesamiento.

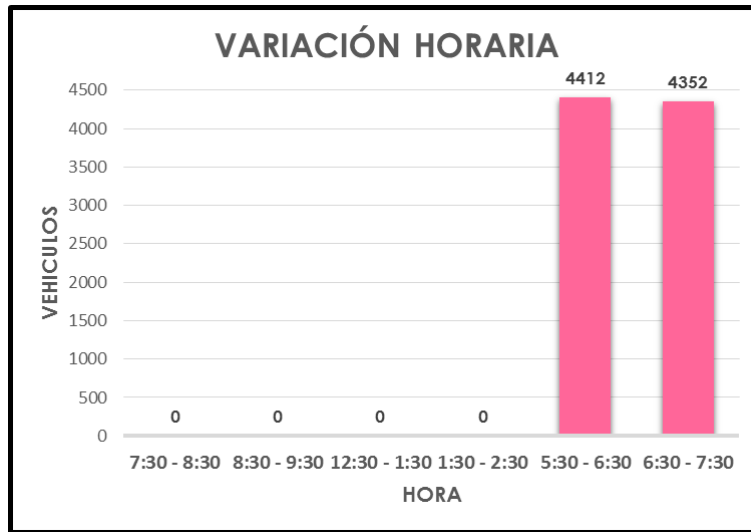
Se realizó la adición de todos volúmenes vehiculares por hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 180: *Volúmenes Horarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

VOLUMENES DIARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
		0	0	0	0	4412

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.2.2. Diagrama.**



*Figura 228: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.2.3. Conclusión.**

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

**3.6.8.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:**

**3.6.8.3.1. Procesamiento.**

Se realizó la adición del volúmen vehicular con la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

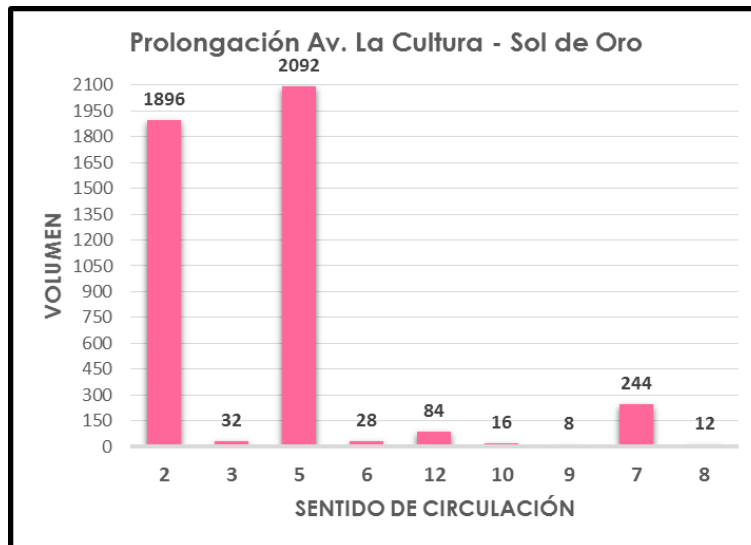
*Tabla 181: Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1896
3	32
5	2092
6	28
12	84
10	16
9	8
7	244
8	12

Fuente: Elaboración propia



**3.6.8.3.2. Diagrama.**



*Figura 229: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.3.3. Conclusión.**

En la anterior *figura 229* se calculó que los sentidos con mayor demanda vehicular son los sentidos 2 y 5.

**3.6.8.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:**

**3.6.8.4.1. Procesamiento.**

Se realiza la adición de volúmenes peatonales con la hora de mayor demanda para cada dirección de circulación los cuales han sido codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

*Tabla 182: Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	224
P3 - P4	124
P5 - P6	84
P7 - P8	84

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.4.2. Diagrama.

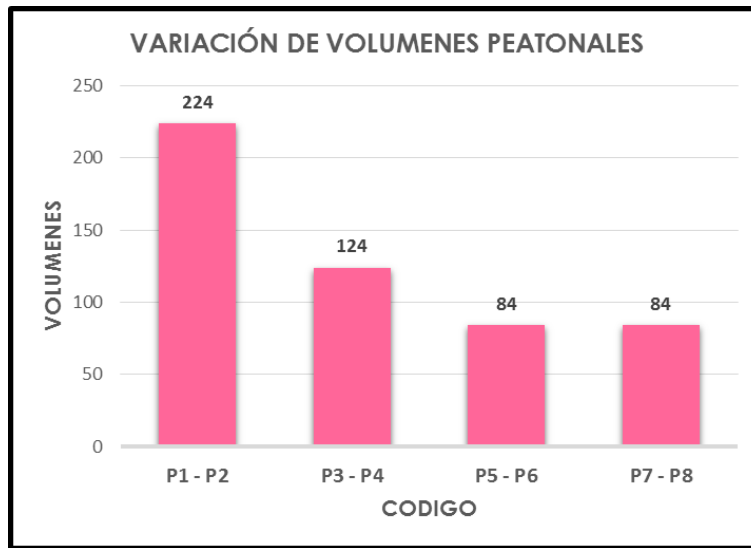


Figura 230: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.4.3. Conclusión.

Como se aprecia en la *figura 230* se determinó que el sentido de mayor demanda peatonal es el sentido P1 – P2.

3.6.8.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.8.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 183: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, por movimiento de circulación

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
2	1340	144	64	88	32	168	20	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	4	24	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	1664	104	44	44	48	144	20	0	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	16	0	0	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	28	32	8	0	4	8	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	8	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	128	20	36	8	12	16	4	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	3204	328	156	140	100	336	44	0	100	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
%	72.62	7.43	3.54	3.17	2.27	7.62	1.00	0.00	2.27	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.5.2. Diagrama.

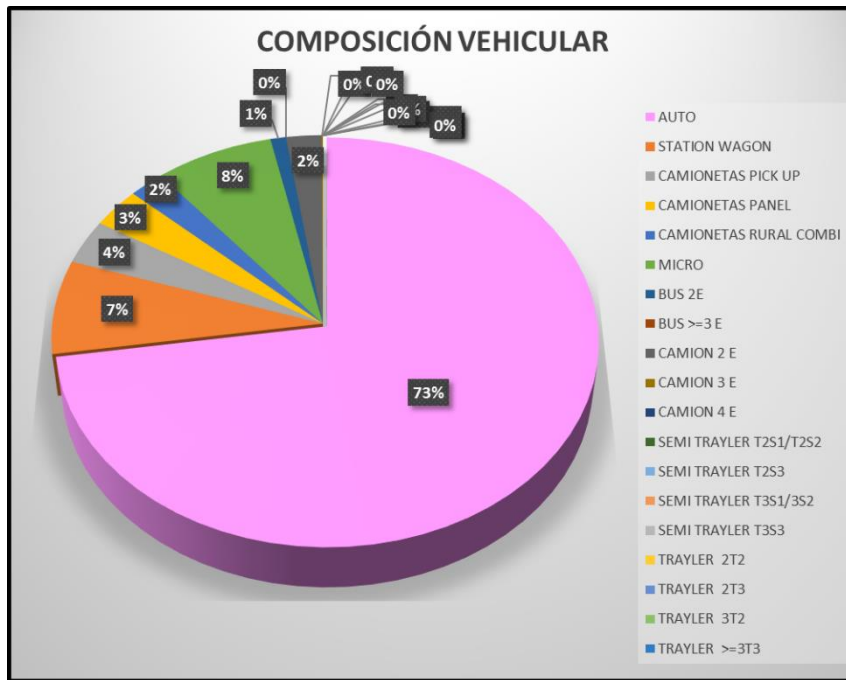


Figura 231: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.5.3. Conclusión.

En la *tabla 183* se puede observar todos los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 231* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

3.6.8.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

3.6.8.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 184: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro (ligero-pesado)

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1836	60	3.27
3	28	4	14.29
5	2048	44	2.15
6	20	8	40.00
12	80	4	5.00
10	12	4	33.33
9	8	0	0.00
7	220	24	10.91
8	12	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>4264</b>	<b>148</b>	
<b>%</b>	<b>96.65</b>	<b>3.35</b>	

Fuente: Elaboración propia

3.6.8.6.2. Diagrama.

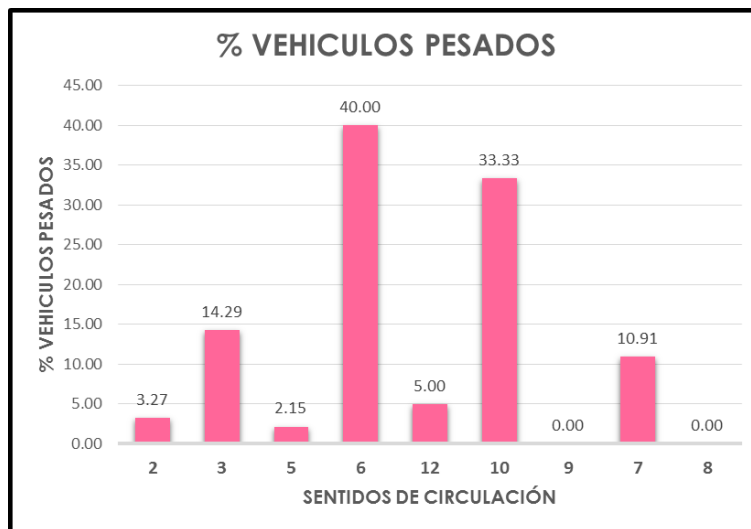


Figura 232: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia

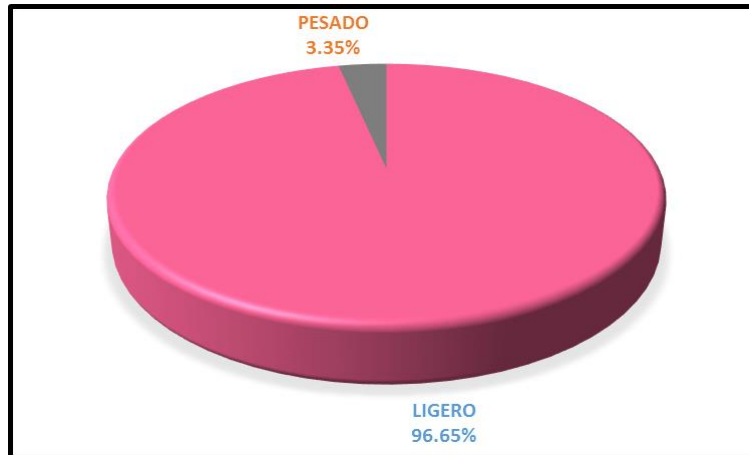


Figura 233: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.8.6.3. Conclusión.

En la *tabla 184* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 232* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 233* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **3.35%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.8.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.8.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 185*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 185: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1103
5:45 - 6:00	1111
6:00 - 6:15	1088
6:15 - 6:30	1110
<b>TOTAL</b>	<b>4412</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 186: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4412
$n_{15}$ =	1111
PHF =	<b>0.99</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1103</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.8.7.2. Diagrama.

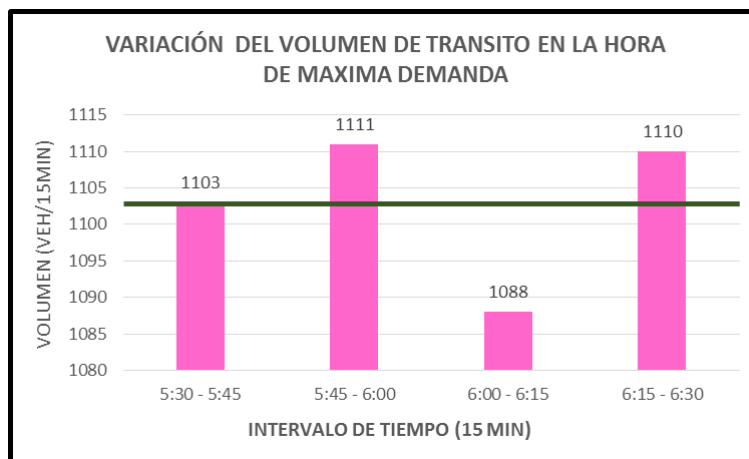


Figura 234: *Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.8.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 234*.

### 3.6.8.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.8.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo del programa con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Sol de Oro.



*Figura 235:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se definen los siguientes datos de ingreso a partir de los datos del análisis de tránsito con el cual se ha estado trabajando. Se identifica los movimientos de cada carril así como se muestra en la *Figura 236*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 237*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 181* y *Tabla 182*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 184*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 168veh/hora en el sentido de norte-sur y 144veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.



Figura 236: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018\VOLUMEN ACTUAL 2018.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 49 min 49 sec / 1 hr 50 min 1 sec

7 Av. Alemania Federal/Sol de Oro & Prolo Av. La Cultura

VOLUME SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	wBT	wBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	40	2196	0	0	2354	48	8	12	316	24	0	104
Traffic Volume (vph)	40	2196	0	0	2354	48	8	12	316	24	0	104
Conflicting Peds. (#/hr)	84	—	0	0	—	84	224	—	124	124	—	224
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.80	0.98	0.92	0.92	0.99	0.75	0.67	0.75	0.90	0.67	0.92	0.78
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	EB	—	—	WB	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	50	2241	0	0	2378	64	12	16	351	36	0	133
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	2291	0	0	2442	0	0	379	0	36	0	133

Figura 237: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforzada Prolongación Av.

La Cultura – Sol de Oro

Fuente: Synchro 8



Figura 238: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8



**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 187: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
19.0	18.8	261.70	50
19.3			
18.3			
18.6			

Fuente: Elaboración propia

Cada ancho de carril y su grado de pendiente son definidos desde la **Tabla 73** a la **Tabla 78**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↑↑↑			↑↑			↑		
Traffic Volume (vph)	40	2196	0	0	2354	48	8	12	316	24	0	104
Street Name	Prolo Av. La Cultura						Av. Alemania Federal			Sol de Oro		
Link Distance (m)	261.7			318.1			192.5			72.9		
Links Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	18.8			22.9			13.9			5.2		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	2			-2			-4			1		
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Storage Length (m)	0.0			0.0			0.0			3.0		
Storage Lanes (#)	-			-			-			1		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	-			-			-			-		
Add Lanes (#)	-			-			-			-		
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	1.00	1.00	0.91	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	1.000			0.996			0.875			1.000		
Left Turn Factor (prot)	0.999			1.000			0.998			0.950		
Saturated Flow Rate (prot)	5029			5069			1200			1761		
Left Turn Factor (perm)	0.683			1.000			0.998			0.406		
Right Ped Bike Factor	1.000			0.991			0.723			1.000		
Left Ped Factor	1.000			1.000			0.989			0.911		
Saturated Flow Rate (perm)	3439			5069			1186			686		
Right Turn on Red?	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Saturated Flow Rate (RTOR)	0			5			3			0		
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

Figura 239: Ventana de ajuste de carril de intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 240* así como las fases *Figura 241*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado. En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (HRL)	↑↑↑			↑↑↑			↑↑			↑				
Traffic Volume (vph)	40	2196	0	0	2354	48	8	12	316	24	0	104		
Turn Type	Perm			Perm			Perm			custom			custom	
Protected Phases	4			8			2			6				
Permitted Phases	4			8			2			6				
Detector Phases	4	4		8			2	2		6		6		
Switch Phase	0	0		0			0	0		0		0		
Leading Detector (m)	10.0			10.0			10.0			2.0			2.0	
Trailing Detector (m)	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0	
Minimum Initial (s)	4.0	4.0		4.0			4.0	4.0		4.0		4.0		
Minimum Split (s)	22.0	22.0		22.0			22.0	22.0		22.0		22.0		
Total Split (s)	56.0	56.0		73.0			26.0	26.0		53.0		53.0		
Yellow Time (s)	5.0	5.0		5.0			5.0	5.0		5.0		5.0		
All-Red Time (s)	1.0	1.0		1.0			1.0	1.0		1.0		1.0		
Lost Time Adjust (s)	0.0			0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode	Max	Max		Max			Max	Max		Max		Max		
Actuated Effct. Green (s)	67.0			67.0			47.0			47.0			47.0	
Actuated g/C Ratio	0.53			0.53			0.37			0.37			0.37	
Volume to Capacity Ratio	1.25			0.91			0.85			0.14			0.35	
Control Delay (s)	146.8			32.6			55.6			28.1			31.5	
Queue Delay (s)	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0	

*Figura 240:* Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro  
Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Node #	7	↑↑↑			↑↑↑			↑↑			↑				
Zone		40		2196	0	0	2354	48	8	12	316	24	0	104	
X East (m)	5827.9	Perm			Perm			Perm			custom			custom	
Y North (m)	2740.8	4			8			2			6			6	
Z Elevation (m)	0.0	4		4		8		2	2		6		6		
Description		0		0		0		0	0		0		0		
Control Type	Pretimed	10.0			10.0			10.0			2.0			2.0	
Cycle Length (s)	126.0	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0	
Lock Timings	<input type="checkbox"/>	4.0		4.0		4.0		4.0	4.0		4.0		4.0		
Optimize Cycle Length	Optimize	22.0		22.0		22.0		22.0	22.0		22.0		22.0		
Optimize Splits	Optimize	56.0		56.0		73.0		26.0	26.0		53.0		53.0		
Actuated Cycle(s)	126.0	5.0		5.0		5.0		5.0	5.0		5.0		5.0		
Natural Cycle(s)	90.0	1.0		1.0		1.0		1.0	1.0		1.0		1.0		
Max v/c Ratio	1.25	0.0			0.0		0.0	0.0			0.0		0.0	0.0	
Intersection Delay (s)	83.7														
Intersection LOS	F														
ICU	1.14														
ICU LOS	H														
Offset (s)	0.0														
Referenced to	Begin of Green														
Reference Phase	2+6 - NBT L SBL														
Master Intersection	<input type="checkbox"/>														
Yield Point	Single														

*Figura 241:* Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro  
Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



Figura 242: Simulación de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro

Fuente: Synchro 8

**3.6.8.8.2. Diagrama:**

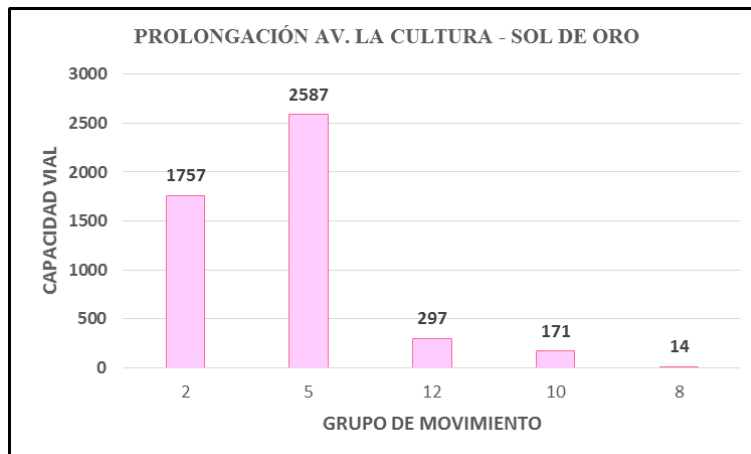


Figura 243: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.8.3. Conclusión:**

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la **Figura 243**.

### 3.6.8.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

#### 3.6.8.9.1. Procesamiento:

##### A. Proyección Vehicular:

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

##### Demanda proyectada:

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

##### Dónde:

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 188: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro (parte I)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 3 (N - E)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 6 (S - E)		CODIGO 12 (E - N)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1484	1723	28	33	1768	2053	16	19	60	70
PICK UP	152	176	0	0	88	102	0	0	8	9
BUS	400	464	0	0	384	446	8	9	24	28
BUS TRANSPORTE	40	46	0	0	40	46	0	0	0	0
CAMION LIGERO	120	139	12	14	60	70	24	28	12	14
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2196</b>	<b>2550</b>	<b>40</b>	<b>46</b>	<b>2354</b>	<b>2733</b>	<b>48</b>	<b>56</b>	<b>104</b>	<b>121</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 189: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Sol de Oro (parte II)*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 10 (E - S)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)		CODIGO 8 (W - E)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	8	9	8	9	148	172	12	14
PICK UP	4	5	0	0	44	51	0	0
BUS	0	0	0	0	56	65	0	0
BUS TRANSPORTE	0	0	0	0	8	9	0	0
CAMION LIGERO	12	14	0	0	60	70	0	0
CAMION MEDIANO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>316</b>	<b>367</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 190: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6		P7 - P8	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	224	260	124	144	84	98	84	98

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.9.2. Diagrama:**

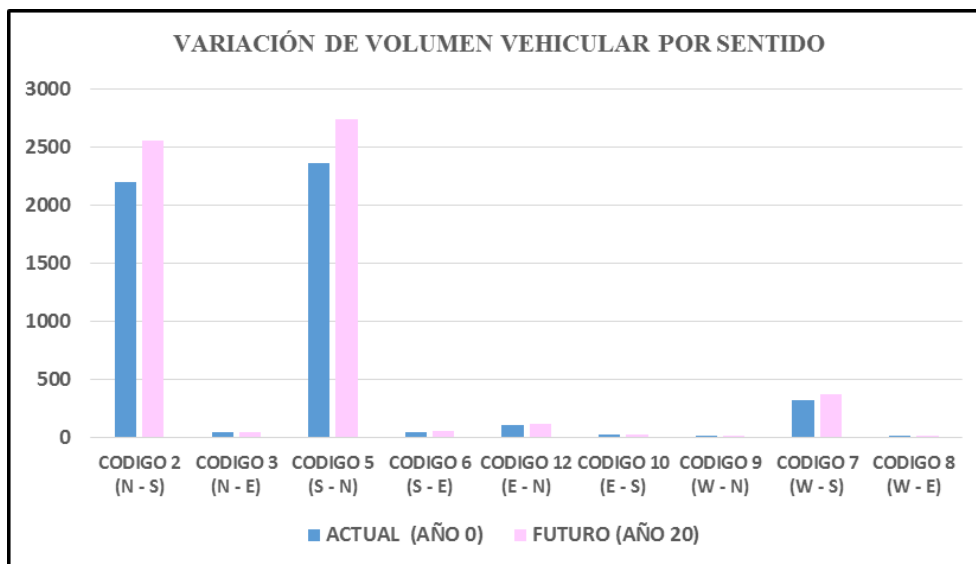


Figura 244: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

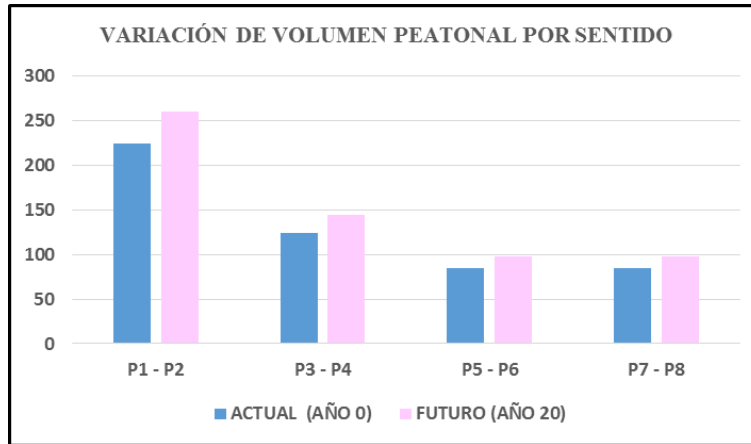


Figura 245: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.8.9.3. Conclusión:**

En la *figura 244* y *figura 245* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

**3.6.9. Análisis de datos para la Intersección SemafORIZADA Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru.**

**3.6.9.1. Determinación de la Variación Diaria.**

**3.6.9.1.1. Procesamiento.**

Se debe indicar que la hora y el día escogido para el conteo vehicular en esta intersección semaforizada se tomó de acuerdo a la muestra representativa calculada en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari, por lo que se realizó el conteo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018 de 5:30 a 6:30 p.m. como se muestra a continuación.

Tabla 191: *Volúmenes diarios de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

VOLUMENES DIARIOS (veh/día)	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	0	0	8959	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.1.2. Diagrama.

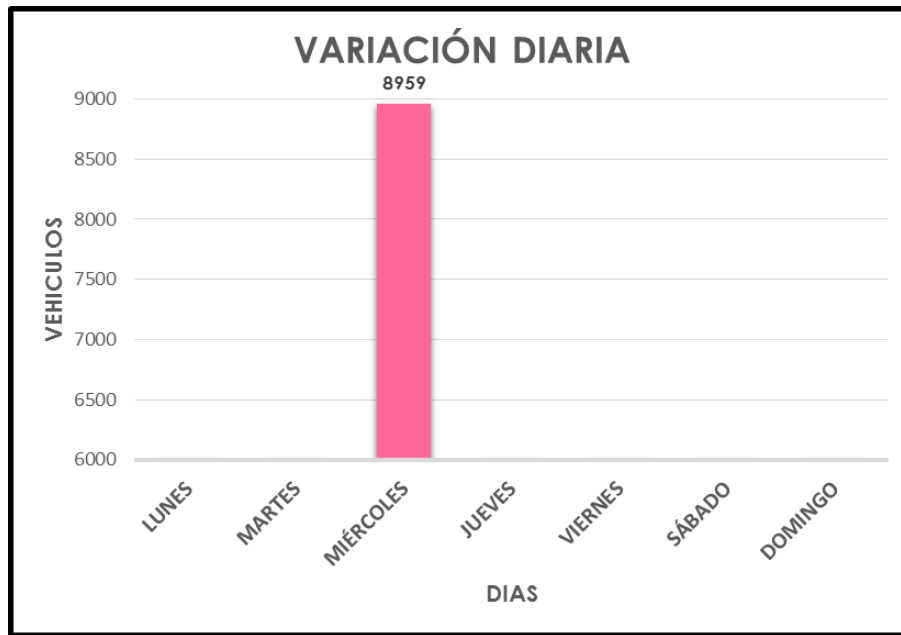


Figura 246: Variación diaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru  
Fuente: Elaboración propia

3.6.9.1.3. Conclusión.

Se puede apreciar en la *figura 246* la determinación que el día con mayor demanda de vehículos es el día **MIERCOLES**.

3.6.9.2. Variación Horaria.

3.6.9.2.1. Procesamiento.

Realizamos la adición de volúmen vehicular para cada hora, para la determinación de la hora con mayor demanda vehicular. En la siguiente tabla se puede apreciar los volúmenes horarios.

Tabla 192: *Volúmenes Horarios de la Intersección Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

VOLUMENES DIARIOS (veh/hr)	7:30 - 8:30	8:30 - 9:30	12:30 - 1:30	1:30 - 2:30	5:30 - 6:30	6:30 - 7:30
	0	0	0	0	4520	4439

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.2.2. Diagrama.

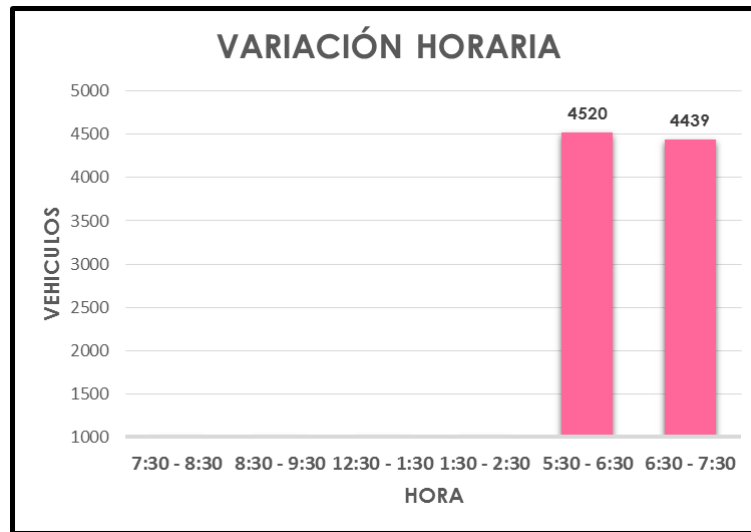


Figura 247: Variación horaria de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.2.3. Conclusión.

Como se indicó anteriormente se determinó que la HORA de mayor demanda vehicular es de 5:30 – 6:30 P.M.

### 3.6.9.3. Determinación de Volúmenes Vehiculares por Sentido:

#### 3.6.9.3.1. Procesamiento.

Se realizó la acumulación de volumen vehicular de la hora de mayor demanda por cada sentido de circulación, codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 193: *Volúmenes Vehiculares de la Intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
2	1740
1	164
5	1952
4	244
9	104
7	316

Fuente: Elaboración propia



**3.6.9.3.2. Diagrama.**

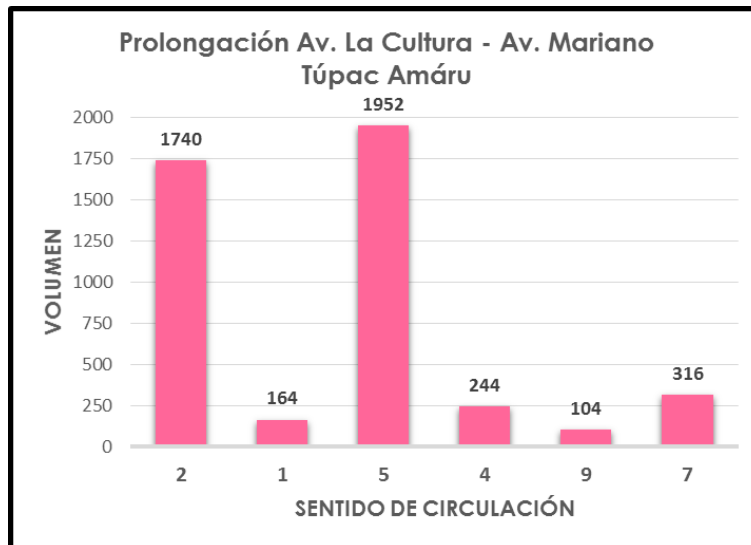


Figura 248: Variación de volúmenes vehiculares por sentido de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Elaboración propia

**3.6.9.3.3. Conclusión.**

Como se aprecia en la *figura 248* se calculó que los sentidos con mayor demanda vehicular son los sentidos 2 y 5.

**3.6.9.4. Determinación de Volúmenes Peatonales por Sentido:**

**3.6.9.4.1. Procesamiento.**

Se realiza la adición de los volúmenes peatonales de la hora de mayor demanda para cada sentido de circulación codificados anteriormente. La siguiente tabla muestra los volúmenes totales.

Tabla 194: *Volúmenes peatonales de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

CODIGO	VOLUMEN TOTAL
P1 - P2	88
P3 - P4	252
P5 - P6	192

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.4.2. Diagrama.

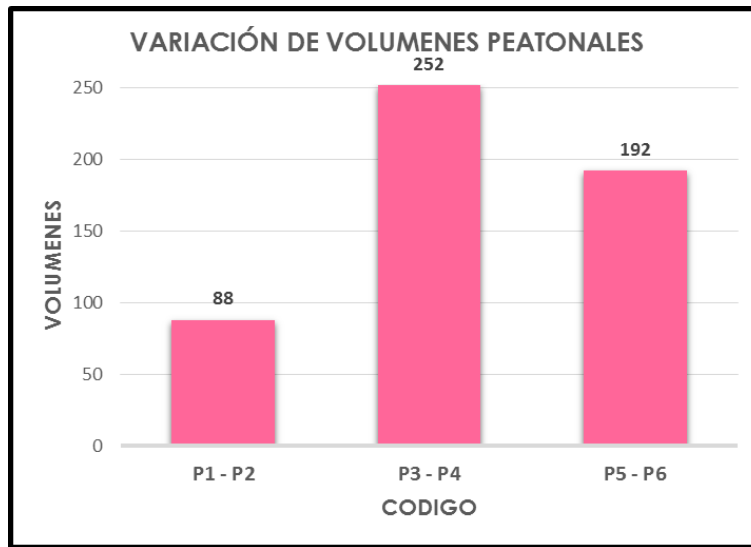


Figura 249: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.4.3. Conclusión.

Se aprecia en la **figura 249** la determinación en la que el sentido con la mayor demanda peatonal es el sentido P3 – P4.

3.6.9.5. Determinación de la Composición Vehicular:

3.6.9.5.1. Procesamiento.

Se halló el volumen y porcentaje por cada tipo de vehículos que circula en la hora de mayor demanda, en cada sentido de circulación.

Tabla 195: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru, por movimiento de circulación*

CODIGO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLER			
			PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
2	1032	168	80	76	48	244	24	0	40	4	4	0	0	0	16	0	0	0	4
1	84	20	0	4	24	28	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1204	208	76	52	44	248	28	0	68	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0
4	128	24	20	8	12	28	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	48	12	0	0	12	24	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	196	24	24	4	0	28	0	0	36	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2692</b>	<b>456</b>	<b>200</b>	<b>144</b>	<b>140</b>	<b>600</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
%	59.56	10.09	4.42	3.19	3.10	13.27	1.15	0.00	3.98	0.35	0.09	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.09

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.5.2. Diagrama.

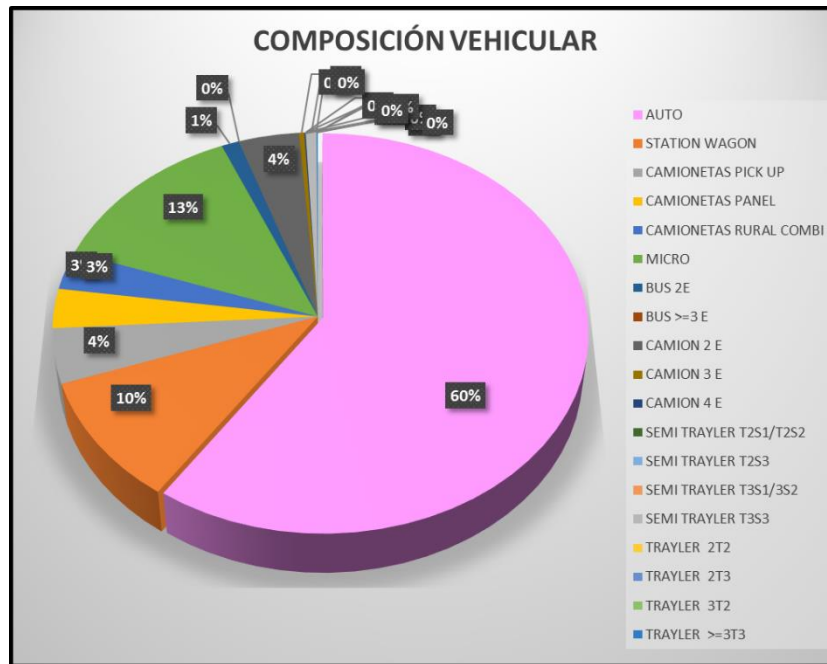


Figura 250: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.5.3. Conclusión.

En la *tabla 195* se puede observar los volúmenes totales para cada dirección de circulación. Con dichos resultados calculados se pudo determinar el porcentaje por cada tipo de vehículo. En la *figura 250* se puede apreciar que el mayor volumen pertenece al del AUTO.

3.6.9.6. Determinación de la Composición Vehicular (ligero – pesado):

3.6.9.6.1. Procesamiento.

Se clasificó los vehículos en ligeros y pesados así se obtuvo los respectivos volúmenes. De la misma forma se halló los porcentajes de vehículos pesados en cada sentido de circulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 196: *Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru (ligero-pesado)*

CODIGO	LIGERO	PESADO	% VEH. PESADOS POR SENTIDO
2	1648	92	5.58
1	160	4	2.50
5	1832	120	6.55
4	220	24	10.91
9	96	8	8.33
7	276	40	14.49
<b>TOTAL</b>	<b>4232</b>	<b>288</b>	
<b>%</b>	<b>93.63</b>	<b>6.37</b>	

Fuente: Elaboración propia

3.6.9.6.2. Diagrama.

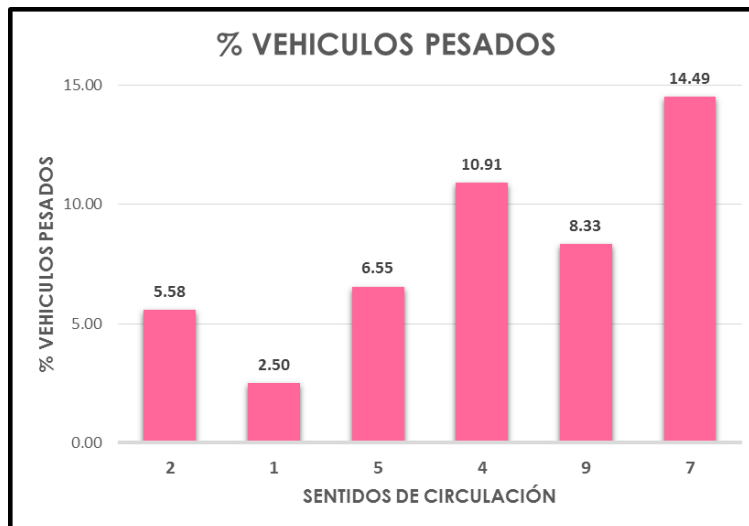


Figura 251: Porcentaje de vehículos pesados en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru, Paradero por sentido

Fuente: Elaboración propia



Figura 252: Composición vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru (ligero-pesado)

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.6.3. Conclusión.

En la *tabla 196* se puede apreciar los porcentajes de vehículos pesados para cada sentido de circulación. Así mismo la *figura 251* muestra con más detalle los porcentajes. Finalmente en la *figura 252* se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos son los **LIGEROS**, solo el **6.37%** pertenece a vehículos pesados.

### 3.6.9.7. Determinación del Factor de la Hora de Máxima Demanda:

#### 3.6.9.7.1. Procesamiento.

Para la determinación de este factor se halla el volumen total de vehículos mixtos que pasan en la hora de máxima demanda en este caso de 5:30 – 6:30 PM, así mismo se determina el mayor volumen que pasa en 15 min (*tabla 197*); con estos datos se aplica la siguiente formula.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

**PHF** : Factor de hora pico

**$n_{60}$**  : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh /hr)

**$n_{15}$**  : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

Tabla 197: *Volumen cada 15 min de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

HORA DE CONTROL	VEHICULO CADA 15 MIN (VEHICULOS MIXTOS)
5:30 - 5:45	1130
5:45 - 6:00	1141
6:00 - 6:15	1125
6:15 - 6:30	1124
<b>TOTAL</b>	<b>4520</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 198: *Factor de la hora de máxima demanda de la intersección Semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

PHF =	$n_{60} / 4 n_{15}$
$n_{60}$ =	4520
$n_{15}$ =	1141
PHF =	<b>0.99</b>
VHMD $n_{15}$ =	<b>1130</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.7.2. Diagrama.

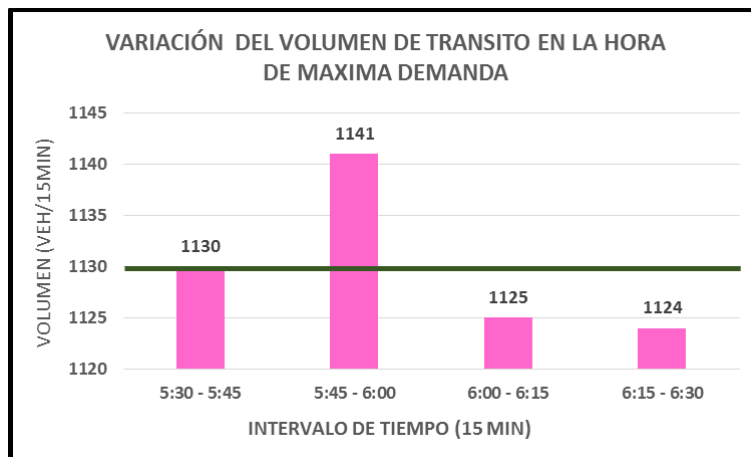


Figura 253: *Variación de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.7.3. Conclusión.

El factor de hora pico para esta intersección es 0.99. A partir de la obtención de dicho factor (PHF) se pudo hallar el volumen horario de máxima demanda (VHMD) como se aprecia en la *figura 253*.

### 3.6.9.8. Determinación de La capacidad vial y Nivel de Servicio aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0).

#### 3.6.9.8.1. Procesamiento:

A continuación, se analiza la intersección semaforizada en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

**PASO 1:** Se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona de análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y nombres de la zona: Prolongación Av. La Cultura, Av. Mariano Túpac Amáru.



*Figura 254:* Vista en planta de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8

**PASO 2:** Se definieron los siguientes datos de entrada a partir de los datos del análisis de tránsito con que se ha estado trabajando. Se identificó los movimientos de carriles como se muestra en la *Figura 255*. Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección como se aprecia en la *Figura 256*, los volúmenes vehiculares y peatonales ya fueron definidos anteriormente en la *Tabla 193* y *Tabla 194*, para los factores de vehículos pesados se usan los datos de la *Tabla 103*, existe una parada de buses para la cual se utilizó un valor de 328veh/hora en el sentido de norte-sur y 228veh/hora en el sentido de sur-norte. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.

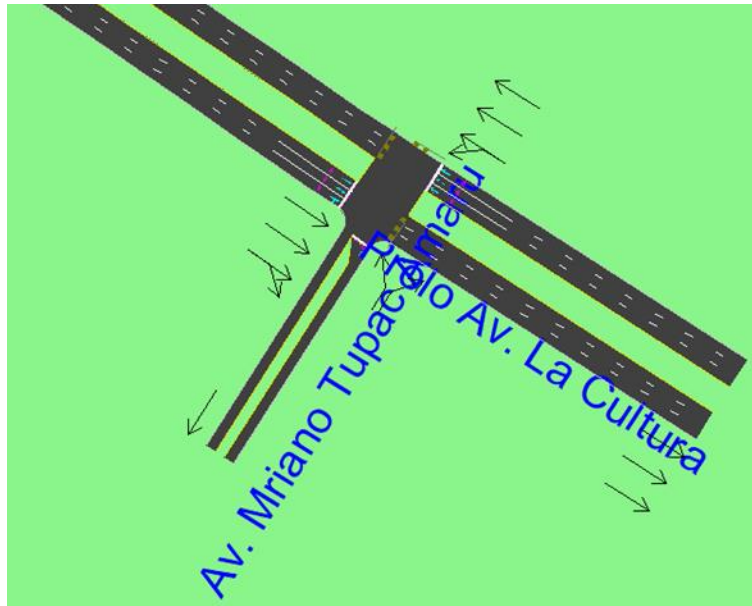


Figura 255: Movimiento de carriles

Fuente: Synchro 8

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 hr 59 min 32

HCM 2010

VOLUME SETTINGS	→		←		↔	
	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↔↔↔	↔	↔
Traffic Volume (vph)	2228	224	332	2480	156	430
Conflicting Peds. (#/hr)	—	192	192	—	76	236
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	0	—	—	—	0
Peak Hour Factor	0.98	0.98	0.98	1.00	0.96	0.96
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	0	—	—	0	0	—
Link OD Volumes	EB					
Adjusted Flow (vph)	2273	229	339	2480	162	448
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	2502	0	0	2819	162	448

Figura 256: Ventana de ajuste de volúmenes de intersección semaforzada Prolongación Av.

La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8





Figura 257: Volúmenes por sentido de circulación

Fuente: Synchro 8

**PASO 3:** Se calculó la velocidad de la vía, como se aprecia en la siguiente tabla, para poder introducirlo en el software.

Tabla 199: *Tabla de cálculo de velocidades de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

TIEMPO (seg)	T PROMEDIO	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/hr)
40.1	40.5	562.10	50
41.6			
40.9			
39.4			

Fuente: Elaboración propia

Los anchos de carriles y grado de pendiente están definidos desde la **Tabla 83** a la **Tabla 87**. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), el flujo de saturación ideal se define como 1900 (veh/h/carril) según el HCM 2010 ya que el distrito de San Sebastián – Cusco tiene una población de 112,536 hab. Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Synchro 8 - C:\Users\USER\Desktop\TESIS\2018\TEORIA\VOLUMEN ACTUAL 2018

File Edit Transfer Options Optimize Help

2 hr 0 min 3 sec

HCM 2010

9 A

LANE SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↑↑↑	↑	↑
Traffic Volume (vph)	2228	224	332	2480	156	430
Street Name	Prolo Av. La Cultura		Prolo Av. La Cultura		Av. Mariano Tupac A	
Link Distance (m)	562.1	—	—	132.0	106.5	—
Links Speed (km/h)	50	—	—	50	50	—
Set Arterial Name and Speed	EB	—	—	WB	NB	—
Travel Time (s)	40.5	—	—	9.5	7.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	2	—	—	-2	-3	—
Area Type CBD	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	—	1.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	1	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.91	0.91	0.91	0.91	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.986	—	—	1.000	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	1.000	—	—	0.994	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	4729	—	—	5105	1796	1607
Left Turn Factor (perm)	1.000	—	—	0.654	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	0.953	—	—	1.000	1.000	0.676
Left Ped Factor	1.000	—	—	1.000	0.873	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	4729	—	—	3359	1568	1086
Right Turn on Red?	—	<input checked="" type="checkbox"/>	—	—	—	<input checked="" type="checkbox"/>
Saturated Flow Rate (RTOR)	31	—	—	0	0	1
Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—
Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—

Av. Mariano Tupac Amaru & Prolo Av. La Cultura (6559 2251)

Figura 258: Ventana de ajuste de carril de intersección semafORIZADA Prolongación Av. La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8

**PASO 4:** Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja *Figura 259* así como las fases *Figura 260*. De esta forma el software, calcula la tasa de flujo con saturación ajustada, capacidad, relación volumen/capacidad, tiempos de demora así como los niveles de servicio según los datos ingresados por cada carril separado.

En el cuadro marrón de igual manera se aprecia el nivel de servicio, tiempo de demora el cual se calculó para toda la intersección en estudio.

TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	↑↑↑			↑↑↑	↑	↑		
Traffic Volume (vph)	2228	224	332	2480	156	430		
Turn Type			Perm			Perm		
Protected Phases	4			8	2			
Permitted Phases			8			2		
Detector Phases	4		8	8	2	2		
Switch Phase	0		0	0	0	0		
Leading Detector (m)	10.0			10.0	2.0	2.0		
Trailing Detector (m)	0.0			0.0	0.0	0.0		
Minimum Initial (s)	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0		
Minimum Split (s)	22.0		22.0	22.0	22.0	22.0		
Total Split (s)	56.0		56.0	56.0	33.0	33.0		
Yellow Time (s)	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0		
All-Red Time (s)	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0		
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
Lagging Phase?								
Allow Lead/Lag Optimize?								
Recall Mode	Max		Max	Max	Max	Max		
Actuated Effct. Green (s)	50.0			50.0	27.0	27.0		
Actuated g/C Ratio	0.56			0.56	0.30	0.30		
Volume to Capacity Ratio	0.94			3.99d	0.30	1.36		
Control Delay (s)	26.4			247.1	25.6	208.2		
Queue Delay (s)	0.0			0.0	0.0	0.0		

Figura 259: Ventana de ajuste de semáforo de la intersección semaforizada Prolongación Av.

La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8

NODE SETTINGS	TIMING SETTINGS	EBT	EBR	WBL	WBT	NBL	NBR	PED	HOLD
Node #		↑↑↑			↑↑↑	↑	↑		
Zone		2228	224	332	2480	156	430		
X East (m)	6559.2			Perm		Perm			
Y North (m)	2250.8	4			8	2			
Z Elevation (m)	0.0			8			2		
Description		4		8	8	2	2		
Control Type	Prefimed	0		0	0	0	0		
Cycle Length (s)	89.0	10.0			10.0	2.0	2.0		
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	0.0			0.0	0.0	0.0		
Optimize Cycle Length:	Optimize	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0		
Optimize Splits:	Optimize	22.0		22.0	22.0	22.0	22.0		
Actuated Cycle(s)	89.0	56.0		56.0	33.0	33.0			
Natural Cycle(s)	130.0	5.0		5.0	5.0	5.0			
Max v/c Ratio	1.43	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0		
Intersection Delay (s)	145.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
Intersection LOS:	F								
ICU:	1.32								
ICU LOS:	H								
Offset (s):	0.0								
Referenced to:	Begin of Green								
Reference Phase:	2+6 - Unassigned								
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>								
Yield Point:	Single								

Figura 260: Ventana de ajuste de metodología HCM de la intersección semaforizada

Prolongación Av. La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8

**PASO 5:** En esta parte se exportara automáticamente el trabajo al otro software y se modela el movimiento mostrado desde arriba de cada intersección de estudio.



Figura 261: Simulación de la intersección semaforzada Prolongación Av. La cultura – Av.

Mariano Túpac Amáru

Fuente: Synchro 8

### 3.6.9.8.2. Diagrama:

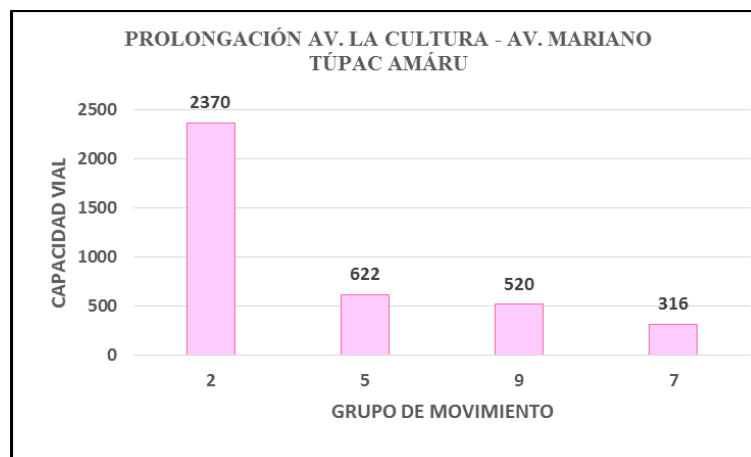


Figura 262: Capacidad vial por sentido de circulación

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.9.8.3. Conclusión:

Mediante el software Synchro se calculó la capacidad vial así como el nivel de servicio, de cada intersección de estudio en la actualidad, dando un resultado de nivel de servicio promedio **F**, las capacidades viales se pueden apreciar en la **Figura 262**.

**3.6.9.9. Proyecciones de Volúmenes Vehiculares y Peatonales.**

Se realizó la proyección de volúmenes tanto vehiculares como peatonales para cada intersección de estudio, utilizando la tasa de crecimiento poblacional para vehículos de pasajeros y la tasa de crecimiento del PBI para vehículos de carga. Para el caso de proyecciones peatonales se usa la tasa de crecimiento anual de población.

**3.6.9.9.1. Procesamiento:**

**A. Proyección Vehicular:**

$r_{pob} = 0.75$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población.

$r_{PBI} = 4.43$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional.

**Demanda proyectada:**

$$T_n = T_o(1 + r)^n$$

**Dónde:**

$T_n$  = Tránsito total para el año proyectado (veh/hr).

$T_o$  = Tránsito actual o año base (veh/hr).

$n$  = Cantidad de años proyectados.

Se realizó la proyección para 20 años:

Tabla 200: *Proyección vehicular de la intersección semaforizada Prolongación Av. La cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

TIPO DE VEHICULO	CODIGO 2 (N - S)		CODIGO 1 (N - W)		CODIGO 5 (S - N)		CODIGO 4 (S - W)		CODIGO 9 (W - N)		CODIGO 7 (W - S)	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
AUTOS	1200	1393	104	121	1412	1640	152	176	60	70	220	255
PICK UP	156	181	4	5	128	149	28	33	0	0	28	33
BUS	584	678	104	121	584	678	80	93	72	84	56	65
BUS TRANSPORTE	48	56	0	0	56	65	0	0	0	0	0	0
CAMION LIGERO	120	139	12	14	204	237	72	84	24	28	108	125
CAMION MEDIANO	14	16	0	0	42	49	0	0	0	0	0	0
CAMION PESADO	16	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION ARTICULADO	90	105	0	0	54	63	0	0	0	0	18	21
TOTAL	2228	2587	224	260	2480	2880	332	386	156	181	430	499

Fuente: Elaboración propia

**B. Proyección Peatonal:**

Tabla 201: *Proyección peatonal de la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru*

DESCRIPCION	P1 - P2		P3 - P4		P5 - P6	
	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)	ACTUAL (AÑO 0)	FUTURO (AÑO 20)
PEATONES	88	102	252	293	192	223

Fuente: Elaboración propia

**3.6.9.9.2. Diagrama:**

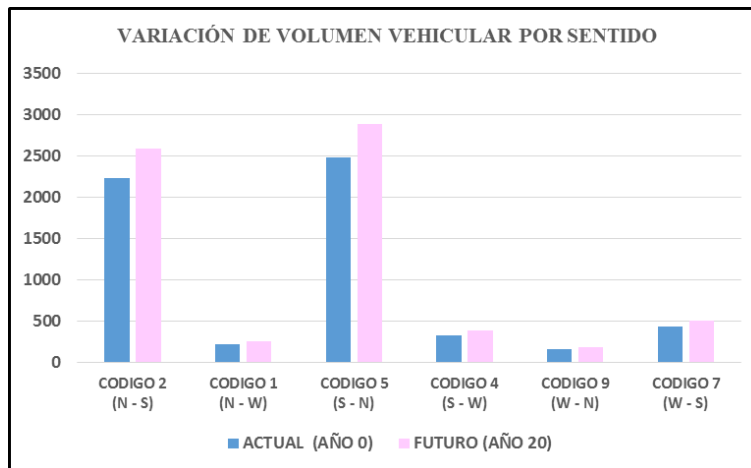


Figura 263: Variación de volúmenes vehiculares por sentido

Fuente: Elaboración propia

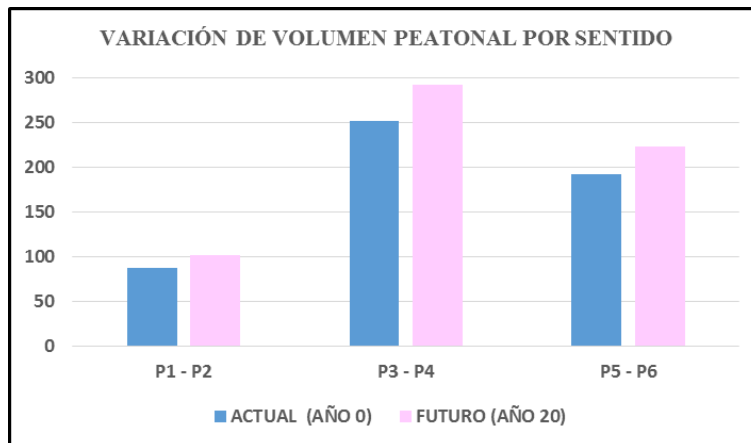


Figura 264: Variación de volúmenes peatonales por sentido

Fuente: Elaboración propia

**3.6.9.9.3. Conclusión:**

En la *figura 263* y *figura 264* se muestra la variación de los volúmenes vehiculares y peatonales por sentido. Con dichos resultados calculados se puede determinar el volumen vehicular proyectado para dentro de 20 años.

### Capítulo IV: Resultados

#### 4.1. Resultados actuales

Los resultados se presentan como información en forma de tablas y figuras que han resultado de análisis en las 9 intersecciones semaforizadas como son: Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá, Prolongación Av. La Cultura – Calle. Bolívar, Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomas Tuyro Túpac, Prolongación Av. La Cultura – Calle San José, Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomas Katari, Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amaru.

Tabla 202: *ICU - Demoras - Niveles de servicio – Capacidad de las 9 intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La Cultura*

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN DE ENTRADA VEH/H	ICU (%)	DEMORA S/VEH	DEMORA TOTAL	NIVEL DE SERVICIO POR GM	NIVEL DE SERVICIO TOTAL	V/C	CAPACIDAD VIAL VEH/H	
JR. TARAPACÁ	N-S	2	2012	98.1%	11	28.6	B	C	0.63	3194
	S-N	5	3074		26				0.97	3169
	E-N	12	292		173				1.25	234
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	1744	113.7%	21	25.5	C	C	0.89	1960
	S-N	5	2596		17				0.89	2917
	E-N	12	44		26				0.17	259
	E-S	10	144		55				0.77	187
	W-E	8	12		101				1.07	11
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	2072	118.2%	14	68.1	B	E	0.76	2726
	S-N	5	2302		121				1.25	1842
	W-N	9	116		28				0.29	400
	W-S	7	62		28				0.31	200
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	2220	99.1%	474	565.4	F	F	1.99	1116
	S-N	5	2752		658				2.41	1142
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	2114	128.2%	27	207.1	C	F	0.94	2249
	S-N	5	2546		367				3.58	711
	W-N	9	136		18				0.23	591
	W-S	7	172		23				0.47	366
AV. INGLATERRA	N-S	2	2362	129.7%	156	91.7	F	F	1.29	1831
	S-N	5	2700		39				1.02	2647
	E-W	11	24		36				0.52	46
	W-E	8	32		34				0.53	60
SOL DE ORO	N-S	2	2196	114.2%	147	83.7	F	F	1.25	1757
	S-N	5	2354		33				0.91	2587
	E-N	12	104		32				0.35	297
	E-S	10	24		28				0.14	171
	W-E	8	12		56				0.85	14
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	2242	154.1%	247	195.7	F	F	1.59	1410
	S-N	5	2430		172				1.33	1827
	E-W	11	24		41				0.66	36
	W-N	9	216		87				0.96	225
	W-E	8	16		31				0.39	41
AV. MARIANO TÚPAC AMARU	N-S	2	2228	131.7%	26	145	C	F	0.94	2370
	S-N	5	2480		247				3.99	622
	W-N	9	156		26				0.30	520
	W-S	7	430		208				1.36	316

Fuente: Elaboración propia

Tabla 203: *Volumen peatonal actual*

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN PEATONAL ACTUAL
JR. TARAPACÁ	P1 - P2	834
	P3 - P4	656
	P5 - P6	200
CALLE BOLÍVAR	P1 - P2	132
	P3 - P4	328
	P5 - P6	100
	P7 - P8	148
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	P1 - P2	384
	P3 - P4	656
	P5 - P6	200
CALLE SAN JOSÉ	P1 - P2	204
	P3 - P4	304
	P5 - P6	164
	P7 - P8	148
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	P1 - P2	112
	P3 - P4	292
	P5 - P6	144
AV. INGLATERRA	P1 - P2	420
	P3 - P4	364
	P5 - P6	212
	P7 - P8	132
SOL DE ORO	P1 - P2	224
	P3 - P4	124
	P5 - P6	84
	P7 - P8	84
CALLE TOMÁS KATARI	P1 - P2	232
	P3 - P4	204
	P5 - P6	92
	P7 - P8	104
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	P1 - P2	88
	P3 - P4	252
	P5 - P6	192

Fuente: Elaboración propia



Tabla 204: Composición vehicular de vehículos pesados por intersección (parte I)

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN VEHICULAR ACTUAL	VEHICULOS PESADOS	VOLUMEN TOTAL POR INTERSECCION	TOTAL PESADOS POR INTERSECCION	% DE VEHICULOS PESADOS
JR. TARAPACÁ	N-S	2	2012	5430	474	8.73%
	S-N	5	3074			
	S-E	6	52			
	E-N	12	292			
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	1744	4976	504	10.13%
	N-E	3	56			
	S-N	5	2596			
	S-E	6	68			
	E-N	12	44			
	E-S	10	144			
	W-N	9	172			
	W-S	7	140			
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	2072	4786	254	5.31%
	N-W	1	124			
	S-N	5	2302			
	S-W	4	110			
	W-N	9	116			
	W-S	7	62			
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	2220	5150	802	15.57%
	N-E	3	34			
	N-W	1	32			
	S-N	5	2752			
	S-E	6	12			
	S-W	4	32			
	E-N	12	32			
	E-S	10	4			
	W-N	9	8			
	W-S	7	24			
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	2114	5428	750	13.82%
	N-W	1	92			
	S-N	5	2546			
	S-W	4	368			
	W-N	9	136			
	W-S	7	172			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 205: Composición vehicular de vehículos pesados por intersección (parte II)

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO		VOLUMEN VEHICULAR ACTUAL	VEHICULOS PESADOS	VOLUMEN TOTAL POR INTERSECCION	TOTAL PESADOS POR INTERSECCION	% DE VEHICULOS PESADOS
AV. INGLATERRA	N-S	2	2362	198	5478	670	12.23%
	N-E	3	96	12			
	N-W	1	32	12			
	S-N	5	2700	392			
	S-E	6	20	0			
	S-W	4	16	0			
	E-N	12	28	0			
	E-S	10	68	12			
	E-W	11	24	12			
	W-N	9	52	12			
	W-S	7	48	8			
	W-E	8	32	12			
SOL DE ORO	N-S	2	2196	160	5102	402	7.88%
	N-E	3	40	12			
	S-N	5	2354	114			
	S-E	6	48	24			
	E-N	12	104	12			
	E-S	10	24	12			
	W-N	9	8	0			
	W-S	7	316	68			
	W-E	8	12	0			
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	2242	198	5752	708	12.31%
	N-E	3	136	36			
	N-W	1	304	36			
	S-N	5	2430	366			
	S-E	6	44	0			
	S-W	4	76	0			
	E-N	12	140	24			
	E-S	10	16	0			
	E-W	11	24	0			
	W-N	9	216	48			
	W-S	7	108	0			
	W-E	8	16	0			
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	2228	288	5850	878	15.01%
	N-W	1	224	12			
	S-N	5	2480	356			
	S-W	4	332	72			
	W-N	9	156	24			
	W-S	7	430	126			

Fuente: Elaboración propia

### 4.2. Resultados con proyección

La proyección a futuro son de 20 años.

Tabla 206: ICU - Demoras - Niveles de servicio – Capacidad de las 9 intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La Cultura

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN DE ENTRADA VEH/H	ICU (%)	DEMORA S/VEH	DEMORA TOTAL	NIVEL DE SERVICIO POR GM	NIVEL DE SERVICIO TOTAL	V/C	CAPACIDAD VIAL VEH/H	
JR. TARAPACÁ	N-S	2	119.4%	14	100	B	F	0.78	3189	
	S-N	5		3986		138		F	1.26	3164
	E-N	12		349		272		F	1.50	233
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	144.9%	118	107.9	F	F	1.21	1827	
	S-N	5		3341		90		F	1.15	2905
	E-N	12		51		27		C	0.20	255
	E-S	10		206		121		F	1.09	189
	W-E	8		14		205		F	1.35	10
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	138.0%	17	134.1	B	F	0.92	2753	
	S-N	5		2792		251		F	1.80	1551
	W-N	9		135		28		C	0.34	396
	W-S	7		104		35		D	0.53	196
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	132.8%	851	997.1	F	F	2.85	1026	
	S-N	5		3766		974		F	3.51	1073
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	161.4%	124	400.4	F	F	1.22	2250	
	S-N	5		3478		642		F	4.72	737
	W-N	9		173		19		B	0.29	595
	W-S	7		214		27		C	0.59	363
AV. INGLATERRA	N-S	2	163.4%	317	279.2	F	F	1.66	1798	
	S-N	5		3613		270		F	1.55	2331
	E-W	11		42		52		D	0.76	56
	W-E	8		52		51		D	0.78	66
SOL DE ORO	N-S	2	148.5%	341	201.3	F	F	1.70	1615	
	S-N	5		2872		90		F	1.12	2565
	E-N	12		135		35		C	0.45	301
	E-S	10		42		33		C	0.31	137
	W-E	8		14		148		F	1.21	12
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	192.7%	428	387.7	F	F	2.33	1221	
	S-N	5		3268		392		F	1.82	1795
	E-W	11		28		65		E	0.89	31
	W-N	9		309		337		F	1.64	189
	W-E	8		19		33		C	0.46	40
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	165.5%	126	318.2	F	F	1.22	2408	
	S-N	5		3313		466		F	5.60	592
	W-N	9		210		27		C	0.40	526
	W-S	7		653		513		F	2.07	315

Fuente: Elaboración propia

Tabla 207: Composición vehicular de vehículos pesados por intersección (parte I)

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO		VOLUMEN VEHICULAR TOTAL PROYECTADO	VOLUMEN VEHICULAR FUTURO (Pf)	VOLUMEN TOTAL POR INTERSECCION	TOTAL PESADOS POR INTERSECCION	% DE VEHICULOS PESADOS
JR. TARAPACÁ	N-S	2	2487	295	6883	1128	16.39%
	S-N	5	3986	814			
	S-E	6	60	0			
	E-N	12	349	19			
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	2210	362	6392	1199	18.76%
	N-E	3	80	29			
	S-N	5	3341	638			
	S-E	6	108	57			
	E-N	12	51	0			
	E-S	10	206	76			
	W-N	9	209	19			
	W-S	7	172	19			
	W-E	8	14	0			
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	2533	247	5867	604	10.30%
	N-W	1	144	0			
	S-N	5	2792	233			
	S-W	4	159	62			
	W-N	9	135	0			
	W-S	7	104	62			
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	2924	676	6957	1908	27.43%
	N-E	3	61	43			
	N-W	1	37	0			
	S-N	5	3766	1114			
	S-E	6	14	0			
	S-W	4	52	29			
	E-N	12	47	19			
	E-S	10	5	0			
	W-N	9	9	0			
	W-S	7	42	29			
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	2745	566	7217	1785	24.73%
	N-W	1	121	29			
	S-N	5	3478	1018			
	S-W	4	486	114			
	W-N	9	173	29			
	W-S	7	214	29			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 208: Composición vehicular de vehículos pesados por intersección (parte II)

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO		VOLUMEN VEHICULAR TOTAL PROYECTADO	VOLUMEN VEHICULAR FUTURO (Pf)	VOLUMEN TOTAL POR INTERSECCION	TOTAL PESADOS POR INTERSECCION	% DE VEHICULOS PESADOS
AV. INGLATERRA	N-S	2	2984	471	7177	1594	22.21%
	N-E	3	126	29			
	N-W	1	52	29			
	S-N	5	3613	933			
	S-E	6	23	0			
	S-W	4	19	0			
	E-N	12	33	0			
	E-S	10	94	29			
	E-W	11	42	29			
	W-N	9	75	29			
	W-S	7	65	19			
	W-E	8	52	29			
SOL DE ORO	N-S	2	2745	381	6414	957	14.91%
	N-E	3	61	29			
	S-N	5	2872	271			
	S-E	6	85	57			
	E-N	12	135	29			
	E-S	10	42	29			
	W-N	9	9	0			
	W-S	7	450	162			
	W-E	8	14	0			
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	2845	471	7542	1685	22.34%
	N-E	3	202	86			
	N-W	1	397	86			
	S-N	5	3268	871			
	S-E	6	51	0			
	S-W	4	88	0			
	E-N	12	192	57			
	E-S	10	19	0			
	E-W	11	28	0			
	W-N	9	309	114			
	W-S	7	125	0			
	W-E	8	19	0			
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	2938	685	7863	2089	26.57%
	N-W	1	275	29			
	S-N	5	3313	847			
	S-W	4	473	171			
	W-N	9	210	57			
	W-S	7	653	300			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 209: *Volumen peatonal*

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN PEATONAL ACTUAL	VOLUMEN PEATONAL FUTURO 20 AÑOS
JR. TARAPACÁ	P1 - P2	834	968
	P3 - P4	656	762
	P5 - P6	200	232
CALLE BOLÍVAR	P1 - P2	132	153
	P3 - P4	328	381
	P5 - P6	100	116
	P7 - P8	148	172
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	P1 - P2	384	446
	P3 - P4	656	762
	P5 - P6	200	232
CALLE SAN JOSÉ	P1 - P2	204	237
	P3 - P4	304	353
	P5 - P6	164	190
	P7 - P8	148	172
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	P1 - P2	112	130
	P3 - P4	292	339
	P5 - P6	144	167
AV. INGLATERRA	P1 - P2	420	488
	P3 - P4	364	423
	P5 - P6	212	246
	P7 - P8	132	153
SOL DE ORO	P1 - P2	224	260
	P3 - P4	124	144
	P5 - P6	84	98
	P7 - P8	84	98
CALLE TOMÁS KATARI	P1 - P2	232	269
	P3 - P4	204	237
	P5 - P6	92	107
	P7 - P8	104	121
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	P1 - P2	88	102
	P3 - P4	252	293
	P5 - P6	192	223

Fuente: Elaboración propia

4.3. Resultados con optimización

Tabla 210: ICU - Demoras - Niveles de servicio – Capacidad de las 9 intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La Cultura

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN DE ENTRADA VEH/H	ICU (%)	DEMORA S/VEH	DEMORA TOTAL	NIVEL DE SERVICIO POR GM	NIVEL DE SERVICIO TOTAL	V/C	CAPACIDAD VIAL VEH/H	
JR. TARAPACÁ	N-S	2	119.4%	20	120.2	C	F	0.83	2997	
	S-N	5		178		F		1.34	2975	
	E-N	12		349		F		1.23	284	
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	144.9%	137	114	F	F	1.75	1263	
	S-N	5		98		F		1.15	2905	
	E-N	12		51		38		D	0.19	269
	E-S	10		206		68		E	0.81	255
	W-E	8		14		161		F	1.22	11
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	138.0%	2	56.3	A	E	0.71	3567	
	S-N	5		100		F		3.07	910	
	W-N	9		135		F		0.73	185	
	W-S	7		104		186		F	1.17	89
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	132.8%	224	295.9	F	F	1.44	2030	
	S-N	5		362		F		1.75	2152	
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	161.4%	0	178.1	A	F	0.82	3347	
	S-N	5		314		F		9.82	354	
	W-N	9		173		62		F	0.53	326
	W-S	7		214		194		F	1.24	173
AV. INGLATERRA	N-S	2	163.4%	184	152	F	F	2.98	1001	
	S-N	5		121		F		1.23	2937	
	E-W	11		42		197		F	1.22	35
	W-E	8		52		164		F	1.15	45
SOL DE ORO	N-S	2	148.5%	262	156.6	F	F	1.55	1771	
	S-N	5		49		D		1.00	2872	
	E-N	12		135		49		D	0.54	251
	E-S	10		42		53		D	0.55	77
	W-E	8		14		248		F	1.43	10
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	192.7%	394	351.8	F	F	3.93	724	
	S-N	5		351		F		2.06	1586	
	E-W	11		28		91		F	0.93	30
	W-N	9		309		269		F	1.46	212
	W-E	8		19		51		D	0.48	39
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	165.5%	139	332.2	F	F	1.27	2313	
	S-N	5		502		F		9.66	343	
	W-N	9		210		335		D	0.33	638
	W-S	7		653		408		F	1.82	359

Fuente: Elaboración propia

Tabla 211: *Tiempos de semaforización en las intersecciones semaforizadas actuales y optimizados*

INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA PROLONGACIÓN AV. LA CULTURA -	CODIFICACIÓN	TIEMPO VERDE ACTUAL (seg)	TIEMPO VERDE OPTIMIZADO (seg)
JR. TARAPACÁ	S1	50	58
	S2	50	58
	S3	19	30
CALLE BOLÍVAR	S1	50	86
	S2	50	86
	S3	20	42
	S4	20	42
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	S1	50	112
	S2	50	112
	S4	20	16
CALLE SAN JOSÉ	S1	35	100
	S2	35	100
	S3	31	22
	S4	31	22
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	S1	34	110
	S2	35	110
	S4	25	28
AV. INGLATERRA	S1	38	113
	S2	50	113
	S3	19	26
	S4	19	26
SOL DE ORO	S1	50	90
	S2	67	90
	S3	47	48
	S4	20	48
CALLE TOMÁS KATARI	S1	55	97
	S2	55	97
	S3	25	41
	S4	25	41
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	S1	50	82
	S2	50	82
	S4	27	56

Fuente: Elaboración propia



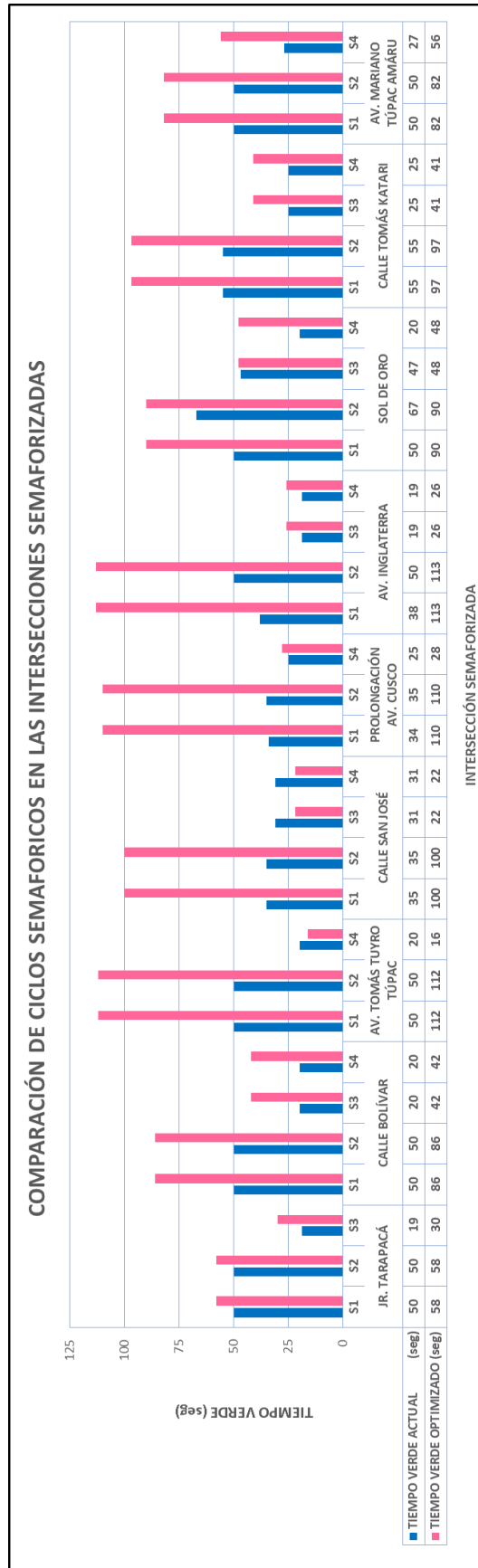


Figura 265: Comparación de los ciclos semafóricos en las intersecciones semaforizadas

Fuente: Elaboración propia

4.4. Resultados optimizados con solución

Tabla 212: ICU - Demoras - Niveles de servicio – Capacidad de las 9 intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La Cultura

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO	VOLUMEN DE ENTRADA VEH/H	ICU (%)	DEMORA S/VEH	DEMORA TOTAL	NIVEL DE SERVICIO POR GM	NIVEL DE SERVICIO TOTAL	V/C	CAPACIDAD VIAL VEH/H	
JR. TARAPACÁ	N-S	2	102.5%	17	49.4	B	D	0.73	3003	
	S-N	5		62		E		1.07		
	E-N	12		330		F		1.16		
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	113.6%	40	37.7	D	D	1.11	1666	
	S-N	5		25		C		0.91		
	E-N	12		51		38		D		0.19
	E-S	10		130		48		D		0.50
	W-E	8		14		112		F		1.07
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	127.5%	2	24	A	C	0.65	3515	
	S-N	5		40		D		1.75		
	W-N	9		135		82		F		0.73
	W-S	7		42		60		E		0.45
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	90.8%	25	30	C	C	0.87	2584	
	S-N	5		2652		C		1.00		
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	127.8%	0	66.9	A	E	0.65	3351	
	S-N	5		117		F		5.61		
	W-N	9		144		59		E		0.44
	W-S	7		186		132		F		1.04
AV. INGLATERRA	N-S	2	132.2%	83	46.7	F	D	2.31	1088	
	S-N	5		8		A		0.87		
	E-W	11		14		95		F		0.81
	W-E	8		23		77		E		0.70
SOL DE ORO	N-S	2	110.6%	110	60.2	F	E	1.16	2038	
	S-N	5		12		B		0.87		
	E-N	12		107		45		D		0.43
	E-S	10		14		37		D		0.09
	W-E	8		14		81		F		0.93
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	157.1%	251	198.5	F	F	2.26	1050	
	S-N	5		171		F		2.06		
	E-W	11		28		61		E		0.69
	W-N	9		195		71		E		0.77
	W-E	8		19		50		D		0.48
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	165.5%	142	333.1	F	F	1.27	2313	
	S-N	5		502		F		9.66		
	W-N	9		210		35		D		0.33
	W-S	7		653		408		F		1.82

Fuente: Elaboración propia

4.5. Resultados de comparación

Tabla 213: Comparación de demoras – Niveles de servicio – Capacidad

DESCRIPCION			ACTUAL 2018			FUTURO 2038			FUTURO OPTIMIZADO			FUTURO OPTIMIZADO CON SOLUCION		
INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO (GM)		DEMORA S/VEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H	DEMORA S/VEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H	DEMORA S/VEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H	DEMORA S/VEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H
JR. TARAPACÁ	N-S	2	11	B	3194	14	B	3189	20	C	2997	17	B	3003
	S-N	5	26	C	3169	138	F	3164	178	F	2975	62	E	2964
	E-N	12	173	F	234	272	F	233	161	F	284	136	F	284
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	21	C	1960	118	F	1827	137	F	1263	40	D	1666
	S-N	5	17	B	2917	90	F	2905	98	F	2905	25	C	2970
	E-N	12	26	C	259	27	C	255	38	D	269	38	D	268
	E-S	10	55	E	187	121	F	189	68	E	255	48	D	260
	W-E	8	101	F	11	205	F	10	161	F	11	112	F	13
AV. TOMÁS TUYRO TUPAC	N-S	2	14	B	2726	17	B	2753	2	A	3567	2	A	3515
	S-N	5	121	F	1842	251	F	1551	100	F	910	40	D	1462
	W-N	9	28	C	400	28	C	396	82	F	185	82	F	185
	W-S	7	28	C	200	35	D	196	186	F	89	60	E	93
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	474	F	1116	851	F	1026	224	F	2030	25	C	2584
	S-N	5	658	F	1142	974	F	1073	362	F	2152	35	C	2652
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	27	C	2249	124	F	2250	0	A	3347	0	A	3351
	S-N	5	367	F	711	642	F	737	314	F	354	117	F	438
	W-N	9	18	B	591	19	B	595	62	F	326	59	E	327
	W-S	7	23	C	366	27	C	363	194	F	173	132	F	179
AV. INGLATERRA	N-S	2	156	F	1831	317	F	1798	184	F	1001	83	F	1088
	S-N	5	39	D	2647	270	F	2331	121	F	2937	8	A	3080
	E-W	11	36	D	46	52	D	56	197	F	35	95	F	17
	W-E	8	34	C	60	51	D	66	164	F	45	77	E	33
SOL DE ORO	N-S	2	147	F	1757	341	F	1615	262	F	1771	110	F	2038
	S-N	5	33	C	2587	90	F	2565	49	D	2872	12	B	2990
	E-N	12	32	C	297	35	C	301	49	D	251	45	D	249
	E-S	10	28	C	171	33	C	137	53	D	77	37	D	156
	W-E	8	56	E	14	148	F	12	248	F	10	81	F	15
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	247	F	1410	428	F	1221	394	F	724	251	F	1050
	S-N	5	172	F	1827	392	F	1795	351	F	1586	171	F	1164
	E-W	11	41	D	36	65	E	31	91	F	30	61	E	41
	W-N	9	87	F	225	337	F	189	269	F	212	71	E	253
	W-E	8	31	C	41	33	C	40	51	D	39	50	D	40
AV. MARIANO TUPAC AMARU	N-S	2	26	C	2370	126	F	2408	139	F	2313	142	F	2313
	S-N	5	247	F	622	466	F	592	502	F	343	502	F	343
	W-N	9	26	C	520	27	C	526	335	D	638	35	D	638
	W-S	7	208	F	316	513	F	315	408	F	359	408	F	359

Fuente: Elaboración propia

4.6. Diagrama de comparación de demoras, niveles de servicio y capacidad vehicular.

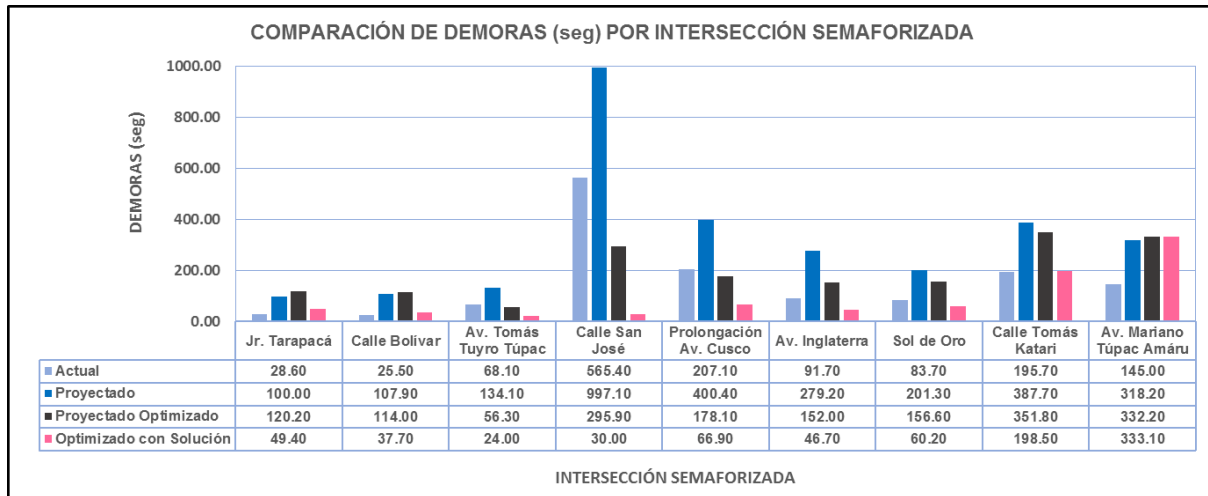


Figura 266: Comparación de demoras por intersección semaforizada

Fuente: Elaboración propia

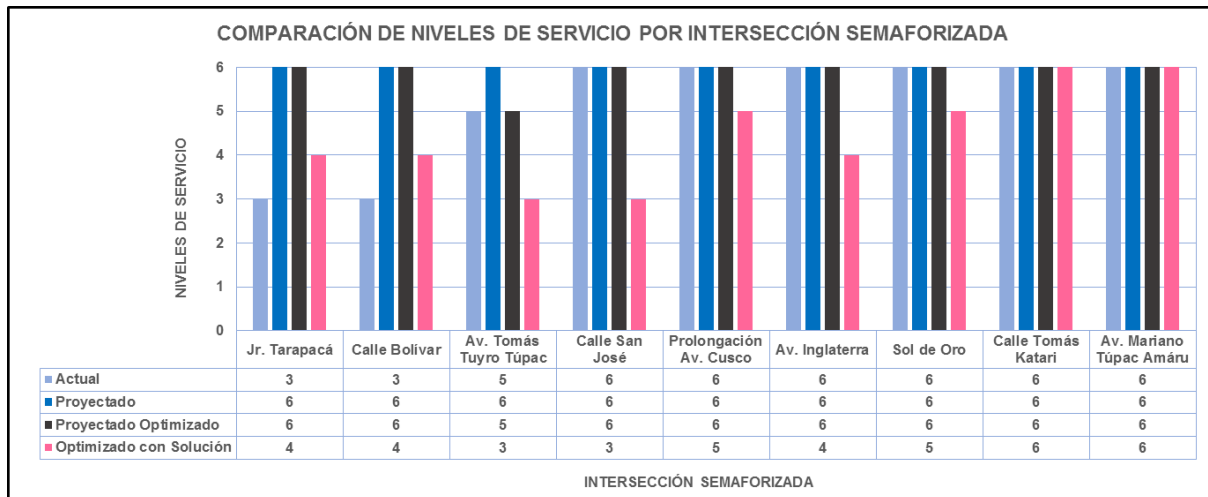


Figura 267: Comparación de niveles de servicio por intersección semaforizada

Fuente: Elaboración propia

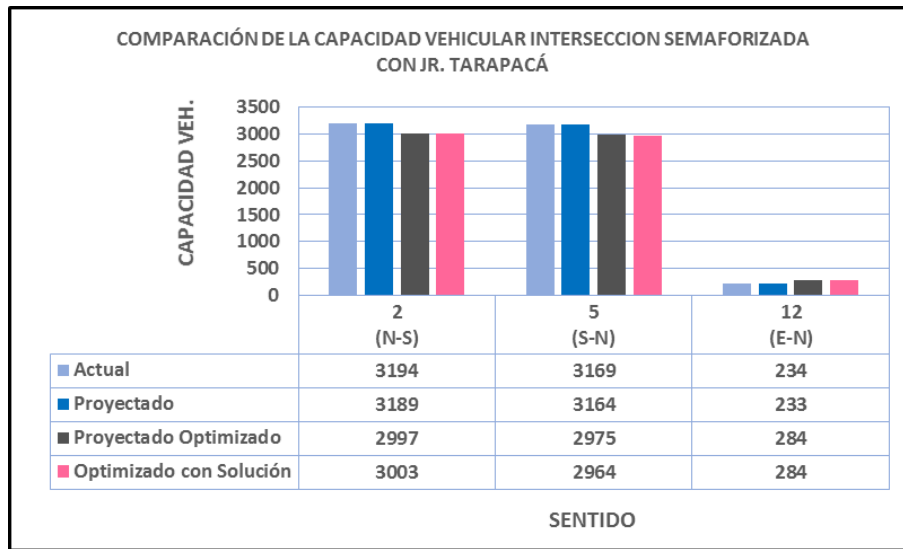


Figura 268: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá

Fuente: Elaboración propia

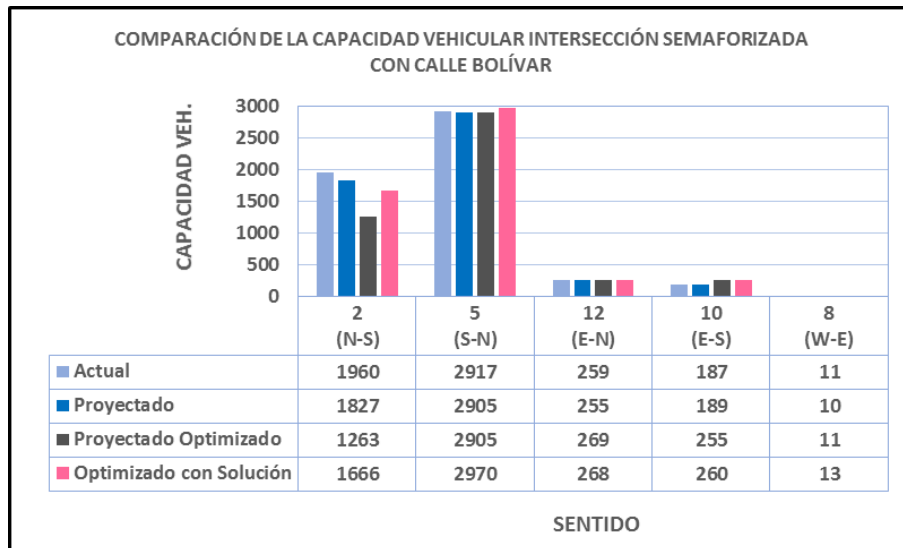


Figura 269: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Bolívar

Fuente: Elaboración propia

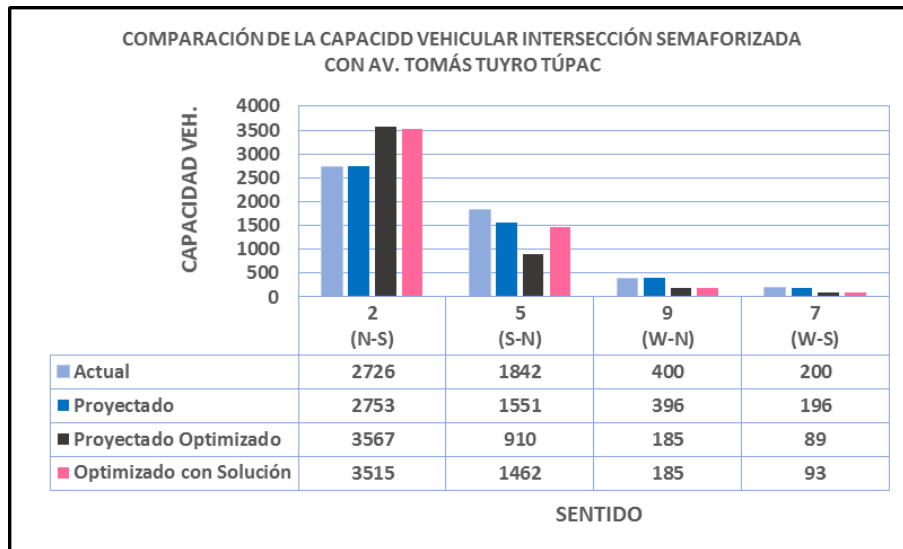


Figura 270: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomás Tuyro Túpac  
Fuente: Elaboración propia

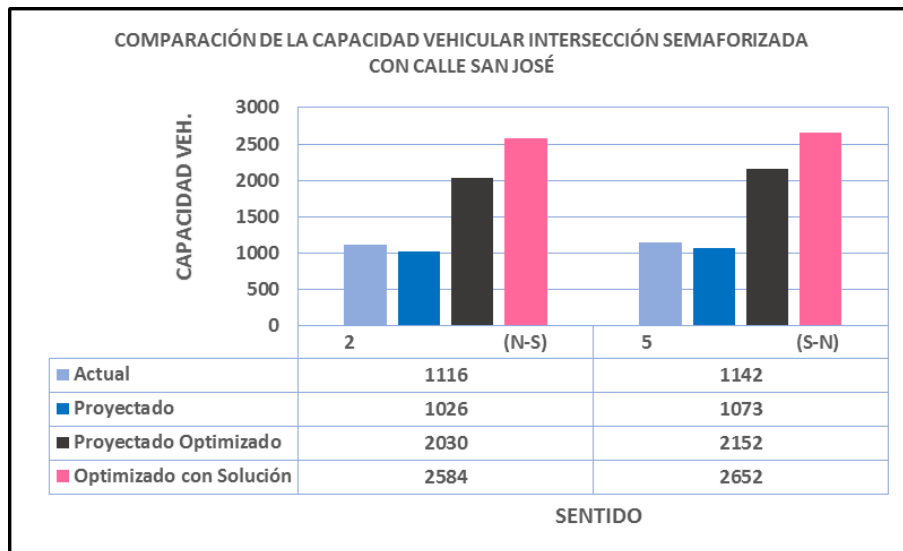


Figura 271: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle San José  
Fuente: Elaboración propia

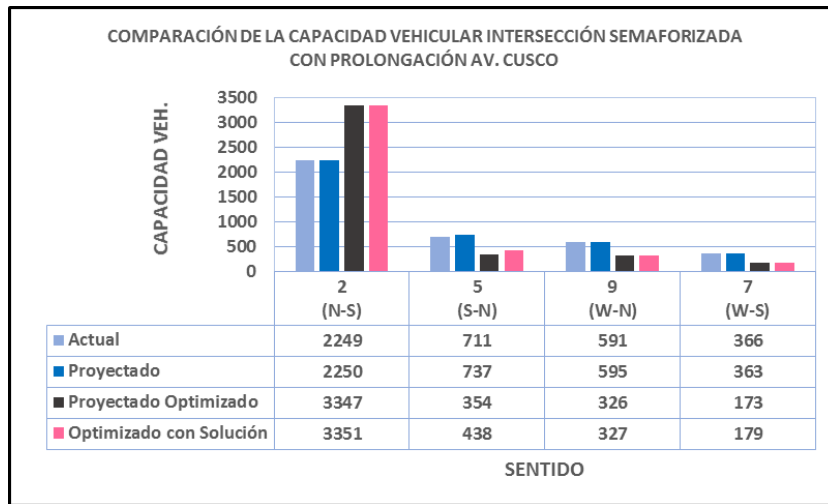


Figura 272: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco

Fuente: Elaboración propia

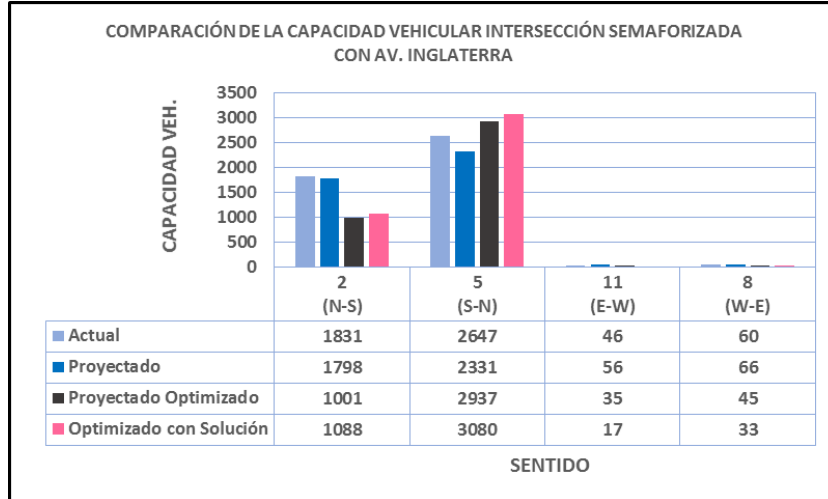


Figura 273: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra

Fuente: Elaboración propia

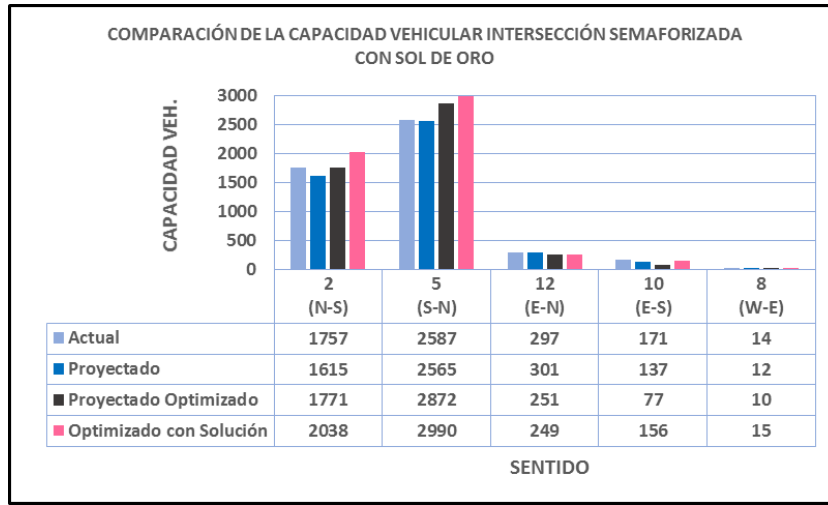


Figura 274: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro  
Fuente: Elaboración propia

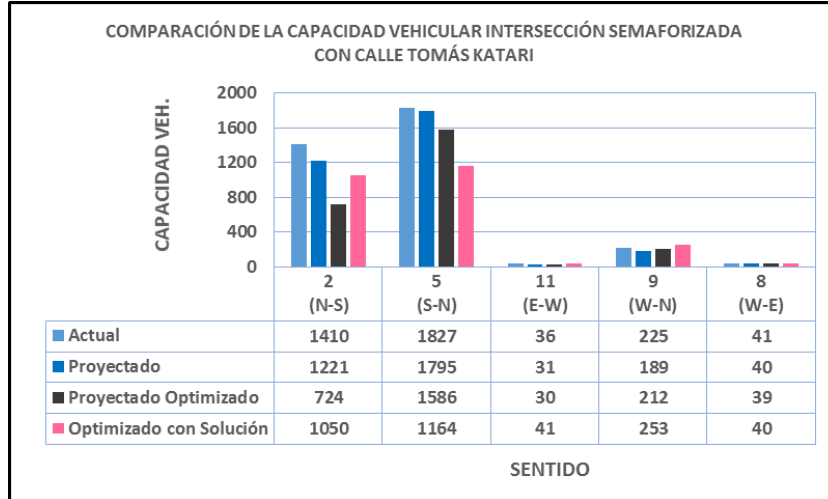
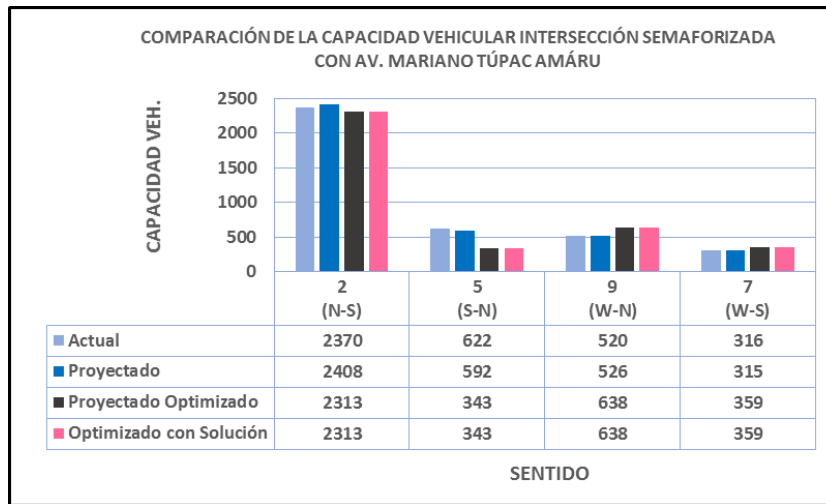


Figura 275: Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomás Katari  
Fuente: Elaboración propia





*Figura 276:* Comparación de la capacidad vehicular en la intersección semaforizada Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amáru

Fuente: Elaboración propia

4.7. Resultados con segunda solución – implementación de bahías

Tabla 214: *ICU - Demoras - Niveles de servicio – Capacidad de las 9 intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La Cultura*

INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO		VOLUMEN DE ENTRADA VEH/H	ICU (%)	DEMORA S/VEH	DEMORA TOTAL	NIVEL DE SERVICIO POR GM	NIVEL DE SERVICIO TOTAL	V/C	CAPACIDAD VIAL VEH/H
JR. TARAPACÁ	N-S	2	2192	102.5%	23	53.2	C	D	0.74	2962
	S-N	5	3172		68		E		1.09	2910
	E-N	12	330		108		F		1.06	311
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	1849	113.6%	40	28.5	D	C	1.02	1813
	S-N	5	2703		10		B		0.92	2938
	E-N	12	51		34		C		0.18	283
	E-S	10	130		43		D		0.49	265
	W-E	8	14		95		F		1.02	14
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	2285	79.9%	30	16.9	C	B	0.80	2856
	S-N	5	2559		2		A		0.66	3877
	W-N	9	135		57		E		0.51	265
	W-S	7	42		16		D		0.26	162
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	2248	90.8%	19	45	B	D	0.94	2391
	S-N	5	2652		68		E		1.07	2479
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	2178	91.7%	9	12.7	A	B	0.93	2342
	S-N	5	2459		8		A		0.64	3842
	W-N	9	144		55		D		0.48	300
	W-S	7	186		14		B		0.58	321
AV. INGLATERRA	N-S	2	2513	132.2%	53	33.8	D	C	1.95	1289
	S-N	5	2680		6		A		0.81	3309
	E-W	11	14		162		F		1.09	13
	W-E	8	23		112		F		0.93	25
SOL DE ORO	N-S	2	2364	110.6%	41	36.3	D	D	1.04	2273
	S-N	5	2601		20		C		0.80	3251
	E-N	12	107		47		D		0.50	214
	E-S	10	14		39		D		0.13	108
	W-E	8	14		120		F		1.09	13
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	2373	155.3%	236	131.6	F	F	2.22	1069
	S-N	5	2397		14		B		0.68	3525
	E-W	11	28		88		F		0.87	32
	W-N	9	195		233		F		1.34	146
	W-E	8	19		44		D		0.54	35
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	2938	122.1%	290	183.5	F	F	1.58	1860
	S-N	5	3313		71		E		1.06	3126
	W-N	9	210		39		D		0.41	513
	W-S	7	653		207		F		1.38	473

Fuente: Elaboración propia

4.8. Resultados en comparación de primera solución con segunda solución

Tabla 215: ICU - Comparación de demoras – Niveles de servicio – Capacidad

DESCRIPCION			SOLUCION I				SOLUCION II			
INTERSECCION	GRUPO DE MOVIMIENTO (GM)		ICU	DEMORA S/MEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H	ICU	DEMORA S/MEH	NIVEL DE SERVICIO POR GM	CAPACIDAD VIAL VEH/H
JR. TARAPACÁ	N-S	2	102.5%	49.4	D	3003	102.5%	53.2	D	2962
	S-N	5				2964				2910
	E-N	12				284				311
CALLE BOLÍVAR	N-S	2	113.6%	37.7	D	1666	113.6%	28.5	C	1813
	S-N	5				2970				2938
	E-N	12				268				283
	E-S	10				260				265
	W-E	8				13				14
AV. TOMÁS TUYRO TÚPAC	N-S	2	127.5%	24	C	3515	79.9%	16.9	B	2856
	S-N	5				1462				3877
	W-N	9				185				265
	W-S	7				93				162
CALLE SAN JOSÉ	N-S	2	90.8%	30	C	2584	90.8%	45	D	2391
	S-N	5				2652				2479
PROLONGACIÓN AV. CUSCO	N-S	2	127.8%	66.9	E	3351	91.7%	12.7	B	2342
	S-N	5				438				3842
	W-N	9				327				300
	W-S	7				179				321
AV. INGLATERRA	N-S	2	132.2%	46.7	D	1088	132.2%	33.8	C	1289
	S-N	5				3080				3309
	E-W	11				17				13
	W-E	8				33				25
SOL DE ORO	N-S	2	110.6%	60.2	E	2038	110.6%	36.3	D	2273
	S-N	5				2990				3251
	E-N	12				249				214
	E-S	10				156				108
	W-E	8				15				13
CALLE TOMÁS KATARI	N-S	2	157.1%	198.5	F	1050	155.3%	131.6	F	1069
	S-N	5				1164				3525
	E-W	11				41				32
	W-N	9				253				146
	W-E	8				40				35
AV. MARIANO TÚPAC AMÁRU	N-S	2	165.5%	333.1	F	2313	122.1%	183.5	F	1860
	S-N	5				343				3126
	W-N	9				638				513
	W-S	7				359				473

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo V: Discusión

### a) Contraste de resultados referentes al Marco Teórico:

#### Discusión 1:

**¿Por qué cada intersección de estudio cuenta con diferente capacidad vehicular y nivel de servicio?**

La metodología aplicada en la investigación de la presente tesis HCM 2010, considera las características geométricas de la vía, tiempos de semaforización, volúmenes vehiculares y peatonales que contiene cada intersección semaforizada, por lo que los resultados en dichas intersecciones son únicos y por ende tienen diferente capacidad vehicular y nivel de servicio.

### b) Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

#### Discusión 2:

**¿Es posible cambiar las fases de los semáforos de las intersecciones para mejorar los niveles de servicio?**

Si, ya que la carga vehicular existente supera la capacidad vehicular actual, por ende cambiar las fases de los semáforos disminuye las demoras en cada intersección.

### c) Comentario de Demostración de la Hipótesis

#### Discusión 3:

**¿Influye la variación de carga vehicular de las intersecciones en los análisis de la capacidad vehicular y niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas?**

Si, la variación de carga vehicular es aquel factor que influye en el diseño de la infraestructura vial, que tiene influencia directa en la capacidad vehicular y niveles de servicio.

Los resultados de la presente investigación reflejan la influencia de mejora de la capacidad vehicular y niveles de servicio al restringir el paso de la carga vehicular pesada.

**d) Aporte de la Investigación:****Discusión 4:****¿Por qué se realizaron las proyecciones de volúmenes vehiculares y peatonales futuras en las intersecciones semaforizadas?**

Las proyecciones de volúmenes vehiculares y peatonales que se realizó en cada intersección semaforizada fueron para determinar la demanda vehicular, capacidad vial, nivel de servicio y su comportamiento, así mismo se realizando una proyección futura logrando una simulación del incremento vehicular e impacto que este tendrá en cada intersección semaforizada, para así plantear la restricción de la carga vehicular pesada y lograr una solución real al problema central en las intersecciones semaforizadas en la prolongación Av. La cultura en el distrito de San Sebastián.

**Discusión 4:****¿Para los procesos de cálculos, análisis y evaluación de las intersecciones de estudio, es factible el uso de los softwares Synchro 8?**

Si es factible, ya que Synchro 8.0 es un software desarrollado por Trafficware, que realiza el cálculo del flujo de saturación, capacidad, relación volumen – capacidad (v/c), niveles de servicio, incorporando a este cálculo todos los ajustes y metodología del Highway Capacity Manual 2010 en intersecciones semaforizadas.

**Discusión 4:****Incorporación de Temas Nuevos:****¿La metodología utilizada en la presente investigación podría ser aplicada para el estudio comparativo de otras intersecciones?**

Si, HCM es un manual norteamericano y en el Perú no contamos con un manual específico para el análisis de capacidad vehicular y nivel de servicio, esta metodología es la más usada en nuestro país. De la misma forma que HCM fue aplicada en esta investigación puede ser utilizada en el análisis comparativo de los diversos tipos de intersecciones, así como: Intersecciones semaforizadas en comparación con Rotondas, Rotondas en comparación con pasos a desnivel.



## **Glosario**

### **ACCESO**

Carril o grupo de carriles por el cual transita un flujo vehicular que colinda con otros accesos generando una intersección.

### **ACERA**

Parte de una vía destinada principalmente para circulación de peatones, separada de la circulación de vehículos.

### **AVENIDA**

Vía vehicular de tipo troncal o colectora que cuenta con mediana como refugio peatonal.

### **CALLE**

Vía vehicular de cualquier tipo que comunica con otras vías y que comprende tanto calzadas como las aceras entre dos propiedades privadas o dos espacios de uso público o entre una propiedad privada y un espacio de uso público.

### **CALZADA**

Parte de una vía destinada al tránsito de vehículos.

### **CAPACIDAD VIAL**

Máximo número de vehículos que tiene razonables probabilidades de pasar por una sección dada de una calzada o un carril durante un periodo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y tránsito.

### **CARRIL:**

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales.

### **CICLO O LONGITUD DE CICLO**

Tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones del semáforo

### **CONDUCTOR**

Aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo.



#### DEMANDA VEHICULAR

Medida cualitativa que describe las características físicas de cualquier vehículo.

#### FACTOR HORA PICO (FHP)

Es el factor de hora punta para toda la intersección.

FASE: La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

#### INFRAESTRUCTURA VIAL

Es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable, segura y eficiente desde un punto a otro en un sistema vial.

#### INTERSECCIONES VIALES

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel o a desnivel.

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

#### NIVEL DE SERVICIO:

Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico.

#### PASO A DESNIVEL

Cruce a diferentes niveles entre dos o más carreteras o líneas férreas o la combinación de estas, se conoce también como BYPASS.

#### PASO A NIVEL

Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril o entre dos carreteras.

#### PASO DE PEATONES

Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso



#### PENDIENTE

Inclinación de una rasante en el sentido de avance

#### RAMAL

Es un acceso a la intersección.

#### ROTONDA

Intersección dispuesta en forma de anillo (circular u oval) al que acceden, o del que parten, tramos de carretera, siendo único el sentido de circulación en el anillo.

#### SEMAFOROS

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas

#### TRANSITO

Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

#### USUARIO

Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la infraestructura vial pública

#### VEHÍCULO

Es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene

#### VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE

La velocidad de flujo libre es la velocidad promedio de los vehículos en una carretera dada,





## Conclusiones

### CONCLUSIÓN N°1:

Se logró el objetivo general y se demostró la hipótesis general, ya que la capacidad vehicular en cada una de las intersecciones semaforizadas no son óptimas para la carga vehicular proyectada a lo largo de toda la prolongación Av. La cultura en el distrito de San Sebastián. Esto se puede apreciar en la tabla 206.

Con todos los resultados obtenidos, se pasa a hacer una simulación en el synchro 8 y llegamos a la conclusión de que el nivel de servicio en toda la prolongación Av. La cultura está en un nivel (F) en su totalidad de intersecciones.

Así mismo los niveles de servicio por cada intersección semaforizada no son óptimas para la carga vehicular proyectada como vemos en la Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Calle. Bolívar, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomas Tuyro Túpac, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Calle San José, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomas Katari, el nivel de servicio es (F), en la Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amaru, el nivel de servicio es (F). Esto se puede apreciar en la tabla 206.

### CONSLUCIÓN N°2

Se logró el objetivo específico N°1 y se demostró la hipótesis específica N°1, ya que la capacidad vehicular proyectada no cumple con los valores de diseño, debido al crecimiento exorbitante del parque automotor y la falta de implementación de sistemas de control de tránsito adecuados, de igual manera al incremento de centros comerciales, y diferentes zonas de venta, a lo largo de la Prolongación Av. La Cultura en el distrito de San Sebastián, esto se puede apreciar en la tabla 210.

La implementación de estos centros comerciales existentes actualmente, aumentan necesariamente la demanda vehicular por este motivo lleva a congestiones y a las demoras en toda la prolongación, y tiene a forzar una solución inmediata para descongestionar esta zona que es de mayor importancia, ya que es uno de los distritos que conectan a dos de ellos.

**CONCLUSION N°3:**

Se logró el objetivo específico N°2 y se demostró parcialmente la hipótesis específica N°2, ya que los tiempos de demora para la carga vehicular proyectada influyen en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas, por lo que estas han sido optimizadas a lo largo de toda la Prolongación en cada una de las intersecciones: Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomas Tuyro Túpac, de un valor proyectado de 134.1s se optimizo a 56.3s, teniendo este como nivel de servicio (E). Prolongación Av. La Cultura – Calle San José, de un valor proyectado de 997.1s se optimizo a 295.9s, teniendo este como nivel de servicio (F). Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, de un valor actual de 400.4s se optimizo a 178.1s, teniendo este como nivel de servicio (F). Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, de un valor proyectado de 279.2s se optimizo a 152s, teniendo este como nivel de servicio (F). Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, de un valor proyectado de 201.3s se optimizo a 156.6s, teniendo este como nivel de servicio (F). Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomas Katari, de un valor proyectado de 387.7s se optimizo a 351.8s, teniendo este como nivel de servicio (F), como se puede apreciar en la tabla 206 y 210.

Esto aplicando una optimización a las demoras, para estas ser disminuidas, pero no teniendo el completo descongestionamiento de la zona.

**CONCLUSION N°4**

Se logró el objetivo específico N°3 y se demostró la hipótesis específica N°3, ya que las variaciones de las condiciones de tráfico proyectado son significativos para este estudio, y la demanda vehicular existente es excesiva, así como su control no es adecuado en las intersecciones semaforizadas por lo que se determinó que este supera la oferta vehicular de la infraestructura vial, como se puede apreciar en la tabla 202 y la clasificación vehicular en el anexo A (fichas de aforo vehicular).



## **Recomendaciones**

### **RECOMENDACIÓN N°1**

La metodología aplicada en la tesis de investigación, si bien es aceptada por la normativa peruana así mismo aplicada por muchos estudiantes y profesionales debería adaptarse a la realidad de nuestro país para un mejor estudio de cualquier zona con conflicto, ya que el comportamiento vial es distinto en los Estados Unidos. Por lo cual se recomienda realizar diferentes estudios para poder contar con una normativa propia de nuestro país con datos reales obtenidos en campo.

### **RECOMENDACIÓN N°2**

Se recomienda variar los valores de diseño de la infraestructura vial en la Prolongación Av. La cultura en el distrito de San Sebastián, debido a que existen conflictos vehiculares y peatonales a lo largo de la zona de estudio, además la capacidad vehicular ha sido superada por la carga vehicular existente. Para mejorar la transitabilidad vehicular, teniendo en cuenta los resultados a los que llegamos con la toma de datos y apoyados con un simulador.

### **RECOMENDACIÓN N°3**

Se recomienda una nueva configuración de los dispositivos de control de las intersecciones semaforizadas: Prolongación Av. La Cultura – Jr. Tarapacá, Prolongación Av. La Cultura – Calle. Bolívar, Prolongación Av. La Cultura – Av. Tomas Tuyro Túpac, Prolongación Av. La Cultura – Calle San José, Prolongación Av. La Cultura – Prolongación Av. Cusco, Prolongación Av. La Cultura – Av. Inglaterra, Prolongación Av. La Cultura – Sol de Oro, Prolongación Av. La Cultura – Calle Tomas Katari, Prolongación Av. La Cultura – Av. Mariano Túpac Amaru, para una mejor de la funcionalidad de estas intersecciones semaforizadas.

### **RECOMENDACIÓN N°4**

Se recomienda reducir los volúmenes vehiculares, mediante la restricción del paso de vehículos pesados a la prolongación Av. La Cultura en el distrito de San Sebastián. Para mejorar la capacidad vial y niveles de servicio, pues de acuerdo con los resultados se observa que la capacidad vial en las intersecciones semaforizadas supera el 100% de su capacidad de diseño. Por lo tanto se debe priorizar el transporte privado y urbano de pasajeros en la zona de estudio para generar menor cantidad de flujo vehicular.



### **RECOMENDACIÓN N°5**

Se recomienda la implementación de bahías en las zonas de mayor conflicto vehicular, como son Prolongación Av. La cultura: Av. Tomas Tuyro Tupac, prolongación Av. Cusco, Calle tomas Katari y Av. Mariano Tupac Amaru. La prolongación fue analizada como corredor vial por ende se recomienda esta modificación geométrica, bahías con giros a la izquierda, ya que al simular nuestros datos reales bajo estas condiciones llegamos a resultados son óptimos para descongestionar toda la prolongación Av. La cultura del distrito de san Sebastián.



## Referencias

- Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., B. (2000). *Manual de carreteras*.
- CAL Y MAYOR & ASOCIADOS. (1998).
- Cardenas, R. C. (2007).
- comunicaciones, M. d. (2018). *Manual De Carreteras Diseño Geometrico* .
- Depiante V. &( 2011). (2011). *Capacidad en intersecciones no semaforizadas de tres ramas*.  
Cordoba , Argentina.
- El Ministerio de Transportes, C. V. (2001). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2001)*. Lima.
- Gustavo Rodriguez, e. p. (2009). *Desarrollo de un Modelo de Simulación*.
- HCM. (2010). *Higway Capacity Manual HCM*.
- highway capacity manual* . (2000). washington D.C. .
- Kraemer, C. (s.f.). *Ingenieria de carreteras volumen I*.
- MTC. (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito*.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras Diseño geometrico DG* .
- MTC. (2016). *Manual de dispositivos de control del transito automotor para calles y carreteras*.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras Diseño Geometrico*.
- National Transportation Research Board, N. (2000). *Highway Capacity Manual (HCM)*.
- Universidad Tecnologica Nacional / Rocio Rolón, U. (s.f.). *DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS* . La Plata .
- Vias, I. N. (2018). *Manual de diseño geometrio de carreteras*.
- vias, I. n. (s.f.). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*.
- Vias, i. n. (s.f.). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*.
- Victor Chavez Loaiza, V. (2005). *Manual de Diseño Geometrico de vias urbanas*.