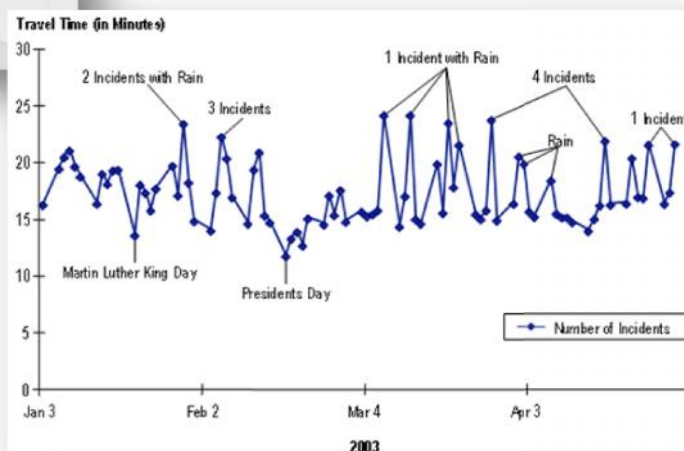


CARRETERA CENTRAL: TRAMO 2

INFORME DE DESEMPEÑO DE LA RED VIAL

Indicadores: Congestión del tráfico y confiabilidad



DR. ING. FERNANDO MAURICIO TARQUINO TORRES

INGENIERO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES

CIP 71380 - CONSULTOR

Lima, marzo 2022

CARRETERA CENTRAL: TRAMO 2 INFORME DE DESEMPEÑO DE LA RED VIAL Indicadores: Congestión del tráfico y confiabilidad

RESUMEN EJECUTIVO

En el ámbito del transporte, la congestión generalmente se relaciona con un exceso de vehículos en una parte de la carretera en un momento particular; lo que resulta, en velocidades que son más lentas, a veces mucho más lentas, que las velocidades normales o de "flujo libre". La congestión a menudo significa tráfico detenido o intermitente. De acuerdo con el Informe de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, sobre "Congestión del tráfico y confiabilidad: tendencias y estrategias avanzadas para mitigar la congestión" (FHWA, 2006); se han demostrado que la congestión es el resultado de siete causas fundamentales, que a menudo interactúan entre sí. La confiabilidad del tiempo de viaje se define como cuánto varían los tiempos de viaje a lo largo del tiempo, los viajeros que toman carreteras congestionadas hacia y desde el trabajo son muy conscientes de esto. Esta variabilidad en los tiempos de viaje de un día a otro se debe al hecho de que las condiciones subyacentes varían ampliamente. Las siete fuentes de congestión; especialmente los "eventos" que influyen en el tráfico, como los incidentes de tráfico, el clima y las zonas de trabajo, que contribuyen a la congestión total, también conspiran para producir tiempos de viaje poco fiables, porque nunca son los mismos en el día a día.

ANÁLISIS DE DATOS

En este contexto, el siguiente documento presenta el **primer informe de indicadores de desempeño vial para el Tramo 2 de la Carretera Central acerca de la congestión de tráfico y confiabilidad**, con resultados para los tramos de Pasco - Huancayo (Tramo 1), Pasco - Ticlio (Tramo 2), Huancayo - Ticlio (Tramo 3) y Ticlio - Lima (Tramo 4). Utilizamos **big data y ciencia de datos** para elucidar la dinámica de la congestión en cada tramo y su impacto en los **tiempos de viaje para los usuarios de la red vial**. Esto es, con el objetivo de brindar mayor y mejor información para la toma de decisiones en construcción de obras viales o medidas operacionales. Este primer informe también abre la oportunidad a otros estudios que exploren, por ejemplo, identificación de tramos con excesos o pérdidas de velocidades durante la congestión y su consecuencia en el tiempo de viaje por categoría y sentido.

En este estudio, utilizamos el **enfoque de Ingeniería de Transporte** para calcular la congestión y confiabilidad del tiempo de viaje en una carretera. Con base en los principios clave del FHWA para hacer seguimiento a la congestión (2005), las medidas utilizadas deben basarse en **el tiempo de viaje experimentado por los usuarios en las carreteras**, ya que es una medida más directa, que el nivel de servicio (involucrando Capacidad Vial, Grado de Saturación o Velocidad), de cómo la congestión afecta a los usuarios. Para el cálculo de los indicadores de congestión y confiabilidad, empleamos la información provista por el contratante en 4 peajes (Casaraca, Quiulla, Ticlio y Corcona), que incluye información de



fecha, hora y categoría en cada peaje los 365 días durante 5 años, y velocidades de diseño de la carretera. La base de datos cuenta con más de **35 millones de registros**. Para el cálculo del tiempo de viaje en tramos de la red vial, utilizamos **bases de datos NoSQL, entorno de desarrollo Jupyter Lab y lenguaje Python para el desarrollo de script's de los 4 tramos de la red vial durante los 5 años** en la red vial, los cuales procesan el 100% de las bases de datos de los peajes para generar las bases de datos de tráfico y cálculos de indicadores de desempeño.

DEFINICIONES

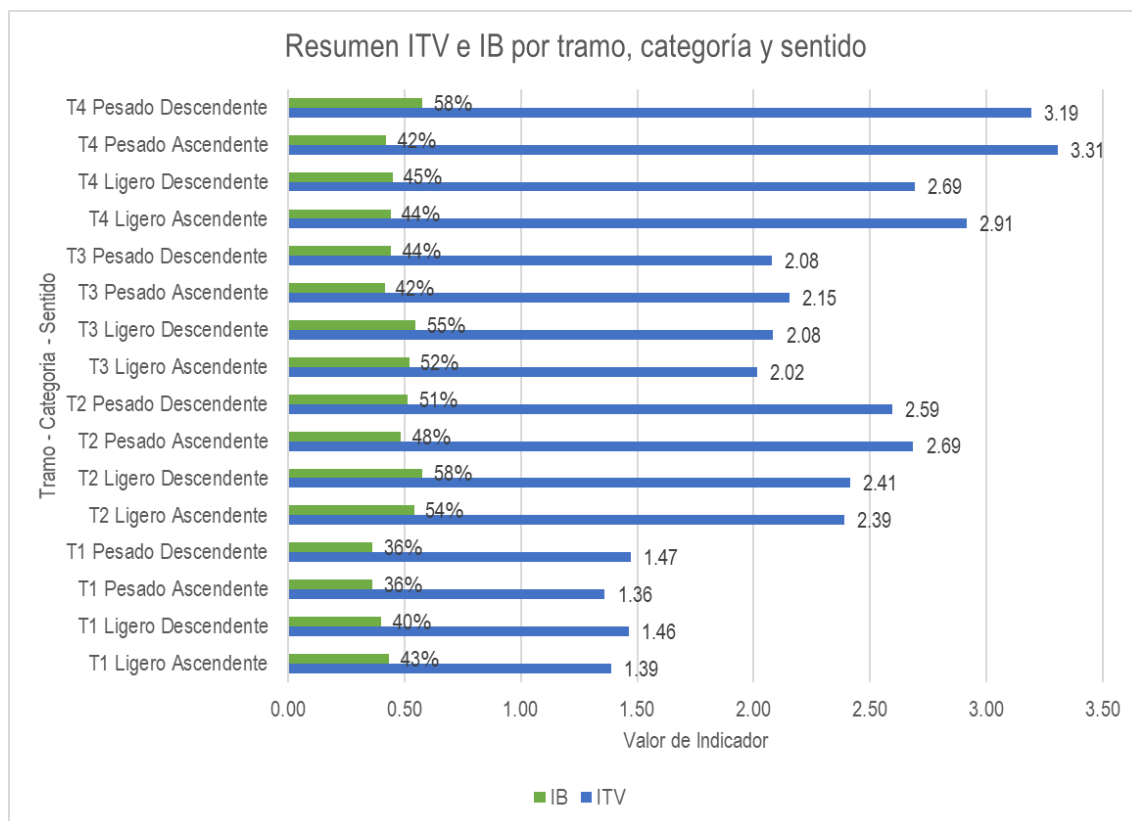
A continuación, se enlistarán definiciones básicas desarrolladas en el presente documento.

- **Velocidad en flujo libre (VFL):** Se entiende por la máxima velocidad permitida en la que puede circular un vehículo por la carretera sin obstáculos, es decir sin ninguna de las causas de la congestión.
- **Tiempo de viaje en flujo libre (TVFL):** Es el tiempo de viaje sin congestión. Se calcula como la longitud del tramo entre la VFL.
- **Grado de saturación (GS):** Es la razón entre el flujo y la capacidad. El volumen diario de los tramos no debe exceder la capacidad de la vía, puesto que eso significaría una falta de capacidad de la vía. Es decir, si el valor del grado de saturación es mayor a 0,8, significa que la demora en los viajes aumenta exponencialmente.
- **Capacidad Vial:** Número máximo de vehículos por unidad de tiempo que pueden pasar por la sección de una vía. La vía del área de estudio es unidireccional de dos carriles por cada sentido, además su capacidad de diseño especificada por el contratante es de 4000 veh/día (Proporcionado por el contratante).
- **Tiempo de Viaje (TV):** Representa el tiempo que los usuarios se demoran en transitar en los tramos en las horas pico.
- **Índice de Tiempo de Viaje (ITV):** Es la relación entre el tiempo de viaje en periodo pico y el TVFL. De esta manera, un valor del ITV mayor a 1, refleja la presencia de al menos una causa de congestión, y un ITV mayor a 1.5 representa congestión crítica.
- **Tiempo de Planificación (TP):** El percentil 95 de una distribución, es el número por encima del cual solo queda el 5% de la distribución total. Es decir, sólo el 5% de las observaciones superan el percentil 95.
- **Índice de Tiempo de Planificación (ITP):** Relación entre TP y el TVFL.
- **Tiempo promedio de viaje (TPV):** Es el tiempo que tardan los vehículos en viajar entre dos puntos.
- **Índice de Búfer (IB):** Representa el tiempo adicional que la mayoría de los viajeros agregan a su TPV al planificar viajes. Donde un valor mayor a 65% significa viajes no confiables.



RESULTADOS

Figura 1. Resumen 2021 resultados del ITV e IB por tramo, categoría y sentido.

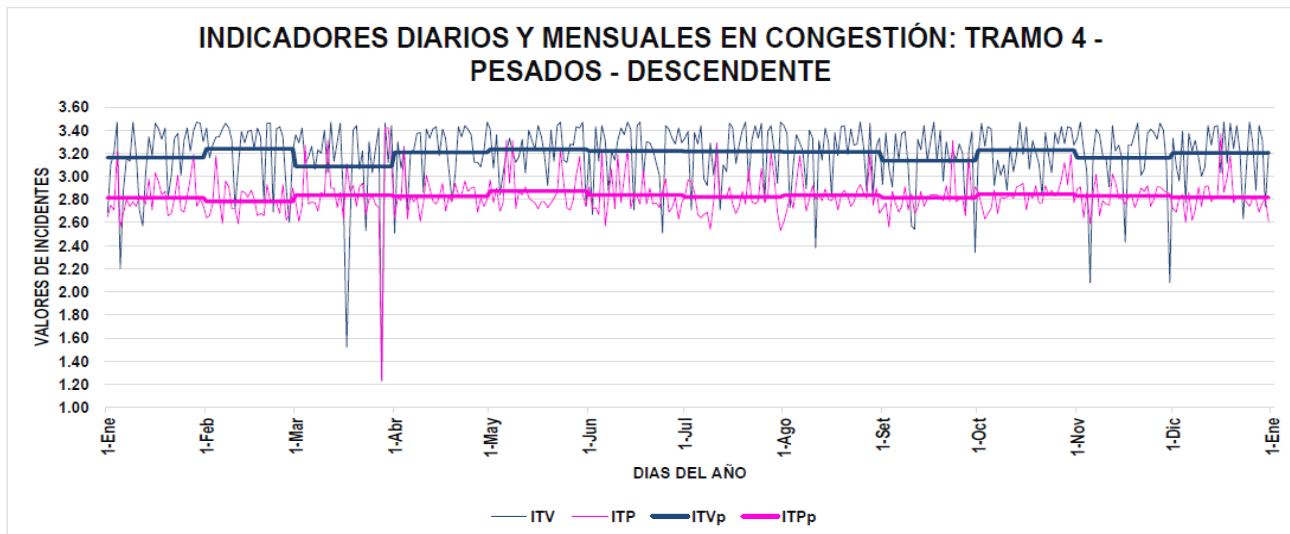


Fuente: Equipo Consultor

Los **resultados** muestran que, en términos de congestión, los tramos con mayores TPV entre los cuatro analizados son las que poseen los mayores **ITV**: Tramo 2 (ITV igual a 2.8 y TPV mayor al tiempo en congestión crítico en 2%), Tramo 3 (ITV igual a 2.3 y TPV menor al tiempo en congestión crítico en 13%) y Tramo 4 (ITV igual a 3.4 y TPV mayor al tiempo en congestión crítico en 18%). Por su parte, el Tramo 1, el tramo con menor ITV (1.6, cerca al límite de 1.5), fue el que registró el menor TPV, alcanzando 36.6 minutos (Exceso de velocidad de hasta 11.8 km/h en sentido descendente para vehículos ligeros) en 2021. Ahora bien, al calcular el **TPV**, muestra el promedio del nivel de congestión a todas horas en los tramos donde varía significativamente por el valor del ITV. Así, en 2021, los viajeros en vehículos pesados en sentido descendente en el Tramo 1, por ejemplo, perdieron 6 minutos por viaje respecto a los viajeros en vehículos ligeros en el mismo sentido y registraron mayores valores de ITV respecto al sentido ascendente (11% más en vehículos ligeros). A un nivel mayor ocurre con los tramos 2, 3 y 4, donde perdieron 22, 11 y 35 minutos respectivamente los viajeros en vehículos pesados en sentido ascendente respecto a los vehículos ligeros. De igual manera, si tomamos el sentido descendente, perdieron 13 y 45 minutos por viaje en los tramos 2 y 4 respectivamente. El tramo 4, es el tramo con mayor congestión en periodo pico y promedio, ascendiendo a 238% y 18% respectivamente. Además, el tiempo de viaje hora pico es 48% y 23% mayor que en los

tramos 2 y 3 que comparten rutas de viajes entre Pasco - La Oroya – Lima y Huancayo – La Oroya – Lima respectivamente.

Figura 2. Indicadores diarios y mensuales: Tramo 4 - Pesados - Descendente



Fuente: Equipo Consultor

Los **resultados** muestran que, en términos de confiabilidad del tiempo de viaje, los tramos con mayores ITP entre los cuatro analizados son las que poseen los mayores **IB**: Tramo 2 (IB igual a 55% e ITP igual a 2.4, mayor al doble del TVFL), Tramo 3 (IB igual a 54% e ITP igual a 2.0, el doble del TVFL) y Tramo 4 (IB igual a 61% e ITP igual a 2.8, casi al triple del TVFL). Por su parte, el Tramo 1, el tramo con menor IB (45%), fue el que registró el menor ITP, alcanzando 1.4 (Demora inesperada de hasta 15 minutos en sentido descendente para vehículos pesados) en 2021. Ahora bien, al calcular el **ITP**, involucra los peores escenarios del tiempo de viaje cuando existe congestión u otra de las 7 causas de la congestión en los tramos donde varía significativamente el valor del IB. Así, en 2021, los viajeros en vehículos pesados en sentido descendente en el Tramo 1, por ejemplo, necesitaron 36% de tiempo adicional (15 minutos) por viaje para tener la confianza de llegar a tiempo a su destino y, respecto a los viajeros en vehículos ligeros en el mismo sentido, se registraron mayores valores de IB de 43% respecto al sentido ascendente (7% más que los vehículos pesados). A un nivel mayor ocurre con los tramos 2, 3 y 4, donde los viajeros necesitaron adicionalmente al tiempo promedio de viaje, 6%, 10% y 2% respectivamente en vehículos ligeros en sentido ascendente respecto a los vehículos pesados. De igual manera, si tomamos el sentido descendente, los viajeros necesitaron 7% y 11% en los tramos 2 y 3 respectivamente; sin embargo, en el tramo 4 en el mismo sentido, los viajeros necesitaron adicionalmente 13% en vehículos pesados en sentido descendente respecto a los vehículos ligeros. El tramo 4, es el tramo con menor confiabilidad en periodo pico y promedio, ascendiendo a 184% adicionales del TVFL y 61% extra de TPV. Además, el IB es 12% y 10% mayor que en los tramos 2 y 3 que comparten rutas de viajes entre Pasco - La Oroya – Lima y Huancayo – La Oroya – Lima respectivamente.

Tabla 1. Frecuencia de los Horarios de Máxima Demanda Anual, 2021

Tramo 1		Tramo 2		Tramo 3		Tramo 4	
HMD	Frecuencia	HMD	Frecuencia	HMD	Frecuencia	HMD	Frecuencia
06:00-07:00	76	02:00-03:00	3	00:00-01:00	1	00:00-01:00	4
07:00-08:00	25	03:00-04:00	1	02:00-03:00	1	02:00-03:00	1
08:00-09:00	2	04:00-05:00	1	03:00-04:00	3	05:00-06:00	1
10:00-11:00	4	06:00-07:00	2	04:00-05:00	5	06:00-07:00	2
12:00-13:00	1	07:00-08:00	1	05:00-06:00	2	07:00-08:00	49
14:00-15:00	2	08:00-09:00	19	06:00-07:00	1	08:00-09:00	41
15:00-16:00	32	09:00-10:00	87	08:00-09:00	6	09:00-10:00	3
16:00-17:00	125	10:00-11:00	74	09:00-10:00	27	10:00-11:00	2
17:00-18:00	78	12:00-13:00	44	10:00-11:00	32	12:00-13:00	2
18:00-19:00	15	13:00-14:00	1	12:00-13:00	16	13:00-14:00	1
19:00-20:00	4	14:00-15:00	9	14:00-15:00	34	15:00-16:00	27
22:00-23:00	1	15:00-16:00	26	15:00-16:00	53	16:00-17:00	66
		16:00-17:00	36	16:00-17:00	57	17:00-18:00	74
		17:00-18:00	33	17:00-18:00	54	18:00-19:00	59
		18:00-19:00	17	18:00-19:00	51	19:00-20:00	22
		19:00-20:00	6	19:00-20:00	17	20:00-21:00	9
		20:00-21:00	4	20:00-21:00	5	21:00-22:00	2
		22:00-23:00	1				

Fuente: Equipo Consultor

Cabe señalar que, los indicadores de congestión y confiabilidad se relacionan estrechamente en los horarios de máxima demanda donde la planificación debe contemplar ese escenario como uno de los peores escenarios para el viajero en cada día del año. En el tramo 4, el viajero que transite entre las **7:00 - 9:00** y las **15:00 - 19:00**, se encontrará en congestión crítica (ITV Pesado Ascendente = **3.31** e ITV Ligerero Ascendente = **2.91**) y tendrá poca confianza de llegar a tiempo a su destino (IB Pesado Descendente = **58%** e IB Ligerero Descendente = **55%**). Como se observa en la Figura 2, el ITP se encuentra debajo del ITV en periodo pico; es decir, el **peor escenario** para los viajeros del tramo 4 de vehículos pesados en sentido descendente, es el de la congestión crítica con un $ITV > ITP$ durante todo el año.

Exceptuando el tramo 1 que tiene niveles de congestión y confiabilidad tolerables para viajes en carreteras, los tramos 2, 3 y 4 presentan **congestión crítica y viajes poco confiables** donde la demora por congestión se vuelve típica en estos tramos. Se proyecta que, para el año 2026, sin medidas contra la congestión, la **congestión se mantenga o empeore, y los viajes ya no sean confiables** (valores de índices de búfer de hasta 80%). Especialmente, el **tramo 4** (Ticlio – Corcona) afecta el desempeño de la red vial (Tramos 2 y 3) para comenzar o terminar los viajes durante el paso de los viajeros entre Ticlio – Lima en ambos sentidos, incrementando ampliamente el ITV e IB en **48%** y **12%** respectivamente.



RESULTADOS DE INDICADORES ANUALES

Tabla 2. Indicadores de congestión anual de los 4 tramos

	I	Índice de Tiempo de Viaje		Índice de Tiempo de Planificación		Índice de Búfer	
		Año	Valor	% cambio vs año anterior	Valor	% cambio vs año anterior	Valor
Tramo 1	2017	1.72	-	1.58	-	53%	-
	2018	1.73	0%	1.58	0%	52%	-2%
	2019	1.89	9%	1.67	6%	60%	16%
	2020	1.69	-11%	1.54	-8%	54%	-11%
	2021	1.64	-3%	1.44	-7%	45%	-16%
Tramo 2	2017	2.64	-	2.39	-	55%	-
	2018	2.82	7%	2.44	2%	58%	6%
	2019	2.95	5%	2.52	3%	61%	5%
	2020	2.82	-4%	2.44	-3%	57%	-7%
	2021	2.77	-2%	2.38	-2%	55%	-4%
Tramo 3	2017	2.12	-	1.96	-	52%	-
	2018	2.25	6%	1.99	1%	55%	5%
	2019	2.44	9%	2.12	6%	60%	10%
	2020	2.38	-2%	2.11	0%	56%	-8%
	2021	2.29	-4%	2.01	-5%	54%	-3%
Tramo 4	2017	3.36	-	2.95	-	62%	-
	2018	3.16	-6%	2.68	-9%	61%	-2%
	2019	3.31	5%	2.75	3%	67%	9%
	2020	3.39	3%	2.83	3%	66%	-2%
	2021	3.38	0%	2.84	0%	61%	-7%

Fuente: Equipo Consultor

Desde el año 2017 al 2019, la congestión aumentó y la confiabilidad decreció en los tramos 1, 2 y 3. No obstante, el **tramo 4** en el 2018 tuvo una disminución de la congestión de un **6%** y la confiabilidad aumentó un **2%**. En el año 2020 y 2021, la congestión disminuyó en todos los tramos por la pandemia hasta un **11%** y la confiabilidad mejoró en el **tramo 1** un **16%**. No obstante, ante la reactivación de varias actividades económicas presenciales, la demanda volvió a aumentar y la congestión volvió a su valor común en el **tramo 4** de **ITV=3.38**. Por un lado, la congestión se encuentra por encima del **valor límite (ITV=1.5)** en todos los tramos y la confiabilidad sobrepasa el límite en el **tramo 4** (años 2019 y 2020). Es decir, en el **tramo 4** la vía sobrepasó su capacidad (**ITV=3.3**) y los viajes no fueron confiables para los viajeros (**IB=67%**).

Finalmente, la proyección realizada es considerando una tendencia logarítmica, porque es cuando el escenario se mantiene crítico, y coincide con el escenario donde la demanda aumenta y no existen medidas contra la congestión. En la **Tabla 41**, se muestra la proyección de cada indicador hasta el 2026 donde se esperan incrementos del **ITV** de hasta **5.7%** en el **tramo 3** durante el 2022 y del **IB** en el **tramo 1** de hasta **12.7%**. Es decir, la congestión aumenta o se mantiene en todos los tramos y la confiabilidad disminuye en todos los tramos, pero en el **tramo 4** se encuentra en el límite para considerar los viajes no confiables (**IB=65%**) del 2022 al 2026.



MODELO DE SIMULACIÓN DE TRÁNSITO

El modelo de simulación, como concepto general, se define como **una representación matemática de la realidad**. En ese sentido, los modelos de simulación de tránsito, se caracterizan por predecir el comportamiento de cada tipo de vehículo, en forma individual o grupal. Las interacciones que confluyen entre vehículos, en un flujo de tránsito; por consiguiente, ellos pueden simular las operaciones de tránsito a gran detalle. En ese sentido, se delimitaron los cuatro sub tramos más críticos de la Carretera Central Tramo 2, para la evaluación de la **situación actual y con propuestas** de mejora de la geometría vial, para lo cual se tuvo como base los datos de tránsito más críticos obtenidos en el año 2021, identificando que el mayor volumen vehicular horario en la red vial es de 17:00 hrs a 18:00 hrs (día crítico 08.01.2021).

Los sub tramos evaluados y sus respectivas propuestas de rediseño vial se describen a continuación:

- Sub Tramo 1: Surco – Matucana; km 65 – km 75
Se propone una ampliación de vía (par vial) en ambos sentidos de circulación en el tramo desde el km 65 al km 75
- Sub Tramo 2: San Mateo; km 92-km 96
Se propone una vía de Evitamiento, que bordee la zona urbana de San Mateo, permitiendo descongestionar la Carretera Central en el tramo desde el km 92 al km 96.
- Sub Tramo 3: Casapalca – Ticlio – Morococha; km 120 – km 139
Se propone ampliar la vía, implementando un tercer carril en el sentido de la Oroya hacia Corcona, en el tramo desde el km 120 al km 139. Dando mayor capacidad al sentido de este-oeste.
- Sub Tramo 4: Corcona – Surco; km 48 – km 65.
Se propone ampliar la vía, implementando un tercer carril en el sentido de Surco hacia Corcona, en el tramo desde el km 120 al km 139. Dando mayor capacidad al sentido de este-oeste.

La matriz de viajes de Origen – Destino de la hora pico utilizadas para la modelación, consideró su distribución en vehículos livianos y pesados (vehículos mixtos), siendo estos los siguientes:

Tabla 3. Matriz Origen-Destino de viajes de la hora pico en vehículo ligero

Ligero OD	Corcona	Ticlio	La Oroya	Total
Corcona	0	116	0	116
Ticlio	405	0	129	534
La Oroya	0	334	0	334
Total	405	450	129	984

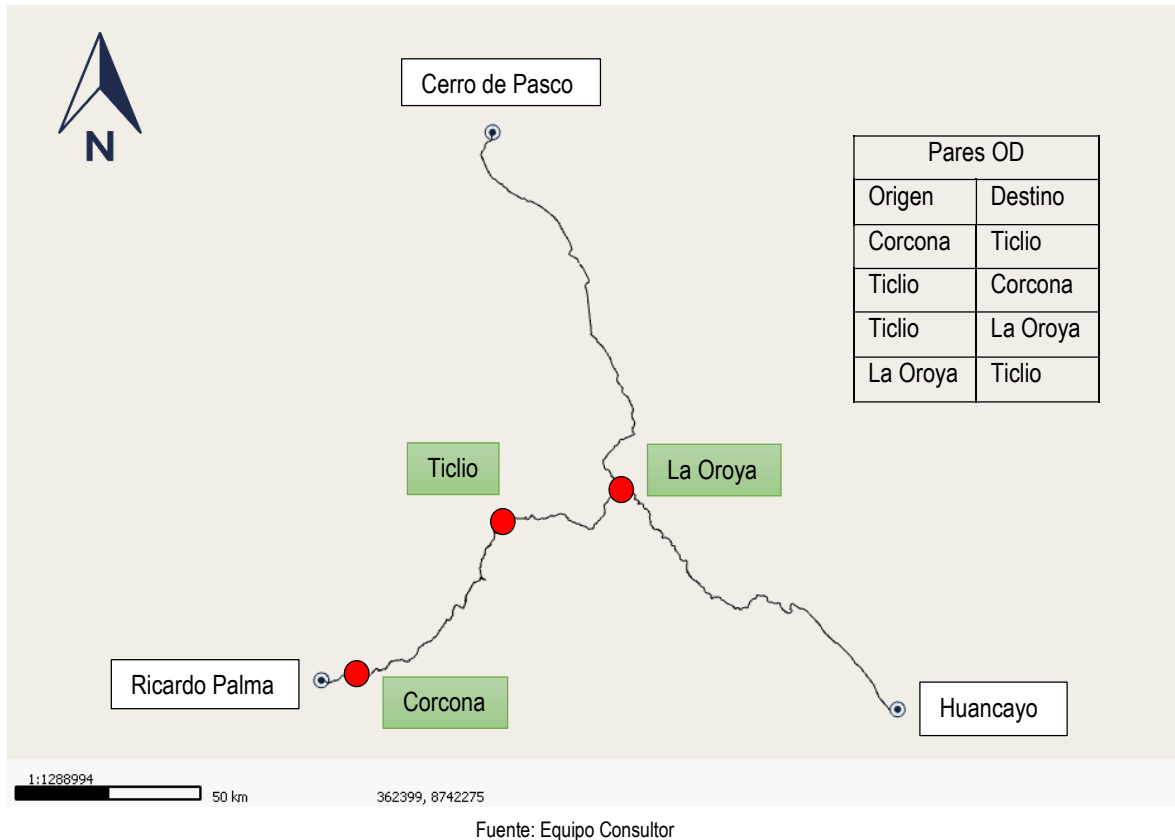
Fuente: Elaboración propia en base a datos recibidos por DEVIANDES.

Tabla 4. Matriz Origen-Destino de viajes de la hora pico en vehículo pesado

Ligero OD	Corcona	Ticlio	La Oroya	Total
Corcona	0	52	0	52
Ticlio	78	0	69	147
La Oroya	0	86	0	86
Total	78	138	69	285

Fuente: Elaboración propia en base a datos recibidos por DEVIANDES.

Figura 3. Diagrama de matriz OD de la hora pico



Cabe señalar que para la toma de datos por Sub Tramo, se ha considerado que los flujos que pasan por los kilómetros 120 y 139 de la Carretera Central, son los mismos que transitan desde Ticlio a la Oroya y viceversa; asimismo, se asumió que los flujos que pasan por los kilómetros 48, 65, 75, 92 y 96 de la Carretera Central, son los mismos que transitan desde Corcona a Ticlio y viceversa.

Una vez, obtenidos los datos de flujo vehicular se procedió a realizar el análisis del comportamiento del tránsito vehicular en la situación actual y con propuestas, el cual se realizó mediante el cálculo de las medidas de efectividad del desempeño del tráfico, cuyo propósito es cuantificar el logro de los objetivos de operaciones de tráfico de un proyecto. Siendo estas medidas el tiempo de viaje (seg/km), la velocidad (km/h), la demora (seg/km), la cola (veh), las paradas (und) y la densidad (veh/km).

Finalmente, se obtuvieron los resultados de las medidas de eficiencia, cuya diferencia entre el **escenario actual y con propueta** se detallan en la **Tabla 4**.

Tabla 5. Diferencia de resultados de Medidas de eficiencia entre el escenario actual y con propuesta según sub tramo evaluado

Medidas de eficiencia	Unidad	Diferencia de MOE's entre el escenario actual y con propuesta			
		Sub Tramo 1	Sub Tramo 2	Sub Tramo 3	Sub Tramo 4
Cola media	veh	0	-0.48	-0.01	-6.05
Densidad	veh/km	-3.72	-2.4	-2.62	-3.18
Número total de paradas	und	+12	+94	-9	-382
Tiempo de demora	seg/km	-5.89	-2.74	-4.78	-6.9
Tiempo de viaje	seg/km	-6.49	-4.71	-5.02	-7.16
Velocidad	km/h	+3.96	+2.33	+3.04	+3.51

Fuente: AIMSUN. Consultor

Nota: El signo "-" significa que se reduce el indicador y el signo "+" que aumenta.

Para mayor entendimiento de cada uno de los resultados de las medidas de eficiencia, a continuación, se describe cada una de ellas:

- Cola media (veh), esta medida se mantiene en el sub tramo 1, mientras en los sub tramos 2, 3 y 4, se tiene una reducción de 0.48, 0.01 y 6.05 respectivamente, cabe precisar, que esta medida se ha utilizado para determinar puntos de conflicto.
- Densidad (veh/km), se verificó que en todos los sub tramos se reduce la densidad; 3.72 en el sub tramo 1; 2.4 en el sub tramo 2; 2.62 en el sub tramo 3 y 3.18 en el sub tramo 4, determinándose que el flujo es más libre con las propuestas planteadas.
- Número total de paradas (und), las propuestas del sub tramo 1 (par vial) y del sub tramo 2 (evitamiento), presentan un incremento del 12 y 94 unidades respectivamente, esto debido a que en los cruces semaforizados hay un incremento en el número de vehículos, a consecuencia, de la ampliación de la capacidad vial. Caso contrario, ocurre en las propuestas de los sub tramos 3 y 4 (tercer carril), donde se observa una reducción de 9 y 382 unidades respectivamente, esto debido a que el carril de sentido de circulación con mayor flujo vehicular (Oroya-Lima) aumentó su capacidad, permitiendo que se reduzca el número de paradas.
- Tiempo de demora (seg/km), se observa que las propuestas planteadas en todos los sub tramos reduce el tiempo de demora; siendo 5.89 seg/km en el sub tramo 1; 2.74 seg/km en el sub tramo 2; 4.78 seg/km en el sub tramo 3 y 6.9 seg/km en el sub tramo 4.
- Tiempo de viaje (seg/km), de igual manera que la medida de eficiencia tiempo de demora, las propuestas de todos los sub tramos se reducen en 6.49 seg/km en el sub tramo 1; 4.71 seg/km en el sub tramo 2; 5.02 seg/km en el sub tramo 3 y 7.16 seg/km en el sub tramo 4.
- Velocidad (km/h), se determinó que la velocidad operativa total presenta un incremento en los escenarios con propuestas, con valores de 3.96 km/h, 2.33 km/h, 3.04 km/h y 3.51 km/h, de los sub tramos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones más relevantes del presente estudio se detallan a continuación.

- Por un lado, respecto a la congestión, todos los tramos presentan congestión crítica con valores de ITV mayores a **1.5**. Por otro lado, respecto a la confiabilidad, todos los tramos son poco confiables con valores mayores a **52%** y el **tramo 4** tiene valores de IB mayores a **65%** durante el 2019 y 2020. El **tramo 4** es el más crítico de todos, puesto que es donde el tiempo de viaje en congestión (**300 min**) es mayor del triple al tiempo de viaje en flujo libre (**90 min**), y, el tiempo de viaje promedio (**162 min**) es casi el doble del tiempo de viaje en flujo libre; además, con un IB de **59%** es el caso más crítico.
- De los resultados obtenidos de la modelación de la red vial por sub tramos, se concluye que, en general, existen mejoras de las medidas de eficiencia en todos los **escenarios modelados con propuestas de rediseño vial**, esto comparados con los **escenarios base** (situación actual).
- De acuerdo a la inquietud del contratante para analizar las horas de congestión, se recomienda realizar conteos vehiculares en puntos críticos de toda la Carretera Central Tramo 2, para medir con mayor precisión los indicadores y definir variables de los puntos de conflicto; además se puede realizar regresiones con la información actual para los años anteriores e identificar la evolución de dichos puntos. Asimismo, es necesario para validar las propuestas planteadas con datos más precisos en los sub tramos modelados.

