



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-USVT-004-19

Análisis de movilidad del Palimpsesto Universitario en Finca 1 de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio

Preparado por:
Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica
Abril, 2019



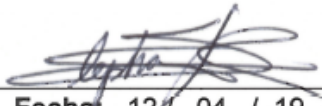
1. Informe LM-PI-USVT-004-19		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Análisis de movilidad del Palimpsesto Universitario en Finca 1 de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio		4. Fecha del Informe Abril, 2019
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen Se analizó la movilidad del sector aledaño al proyecto Palimpsesto Universitario y se plantearon mejoras que responden a las trayectorias y flujos peatonales, así como medidas de pacificación vial que permitirán reducir la ocurrencia y severidad de siniestros viales.		
10. Palabras clave Seguridad vial, movilidad, pacificación vial	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 50
13. Preparado por:		
Ing. Stephan Rodríguez Shum Investigador - Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 12 / 04 / 19	Ing. Javier Zamora Rojas MScE Investigador - Unidad de Seguridad Vial y Transporte Fecha: 12 / 04 / 19	
14. Revisado por:		
Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte Fecha: 12 / 04 / 19	Lic. Miguel Chacón, MSc, MBA Asesor Legal Externo LanammeUCR Fecha: 12 / 04 / 19	15. Aprobado por:
		Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA LanammeUCR Fecha: 12 / 04 / 19



Tabla de contenidos

1	Introducción	4
2	Zonas de interés	5
3	Metodología de análisis	6
4	Cronograma.....	9
5	Análisis de datos.....	10
5.1	Trayectorias peatonales y conflictos peatón – vehículo	10
5.2	Velocidad de operación vehicular	13
5.3	Velocidad de cruce peatonal.....	14
5.4	Aforos vehiculares	15
5.5	Aforos peatonales.....	19
6	Análisis funcional	24
6.1	Periodo a.m.	27
6.2	Periodo m.d.	33
6.3	Periodo p.m.	39
7	Conclusiones y recomendaciones.....	45
7.1	Conclusiones	45
7.2	Recomendaciones	47
8	Referencias bibliográficas	50



1 INTRODUCCIÓN

La Universidad de Costa Rica en aras de dotar a la población universitaria con espacios que mejoren la calidad de vida de los usuarios mediante entornos verdes que inviten a la permanencia de los mismos, gesta el proyecto *“Palimpsesto Universitario”*.

El proyecto *“Palimpsesto Universitario”* considera un mejor uso del entorno aledaño a los edificios de la Junta de Ahorro y Préstamo, Rectoría, Oficina de Registro e Información (ORI), Instituto Confucio, Escuela de Arquitectura, entre otros, presente en la Figura 1.

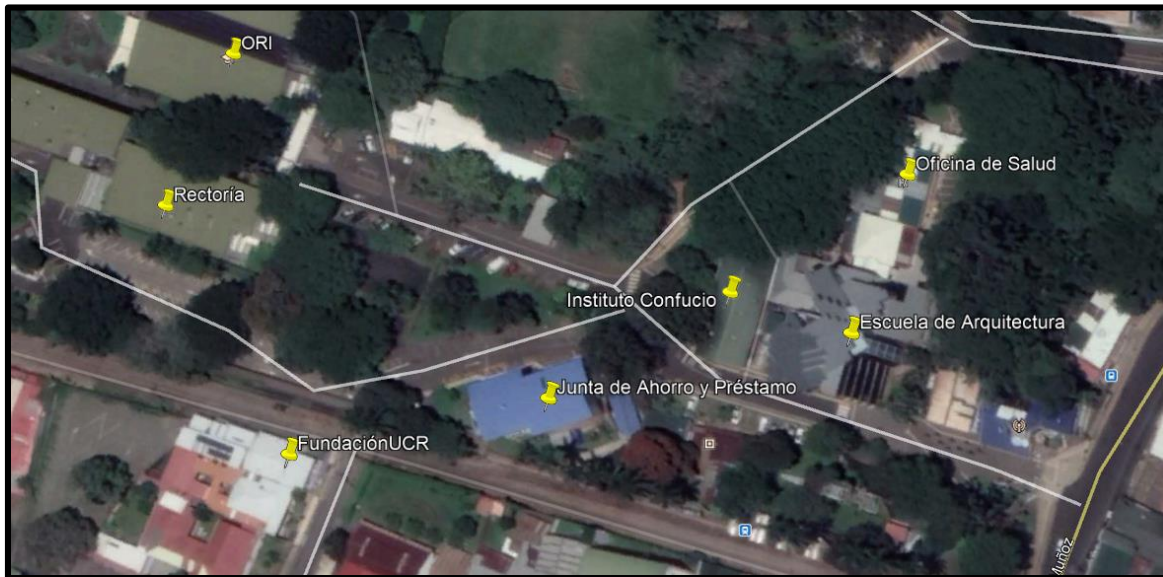


Figura 1. Área de intervención del proyecto Palimpsesto Universitario

Esto mediante intervenciones que contemplan la edificación de parques, alcantarillado de aguas pluviales, mesas y bancas con estaciones de carga para celulares y computadoras mediante paneles solares, cafetería, boulevard peatonal, Plaza Confucio y zona de recuperación forestal.

A partir de la propuesta en cuestión, la Oficina de Servicios Generales (OSG) de la Universidad de Costa Rica solicitó a la Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), analizar la propuesta de intervención a nivel de movilidad y seguridad vial.



2 ZONAS DE INTERÉS

Posterior a visitar la zona de estudio presente en la Figura 1, se identificaron las siguientes zonas de interés que se tomaron en consideración durante el análisis:



Figura 2. Intersección frente a Instituto Confucio



Figura 3. Cruce peatonal y acceso vehicular aledaño a Escuela de Arquitectura



Figura 4. Cruce peatonal aledaño a ORI



Figura 5. Senderos peatonales informales entre ORI y Junta de Ahorro y Préstamo



La zona identificada en la Figura 2 se consideró prioritaria para analizar la movilidad peatonal, dado que convergen flujos peatonales y vehiculares. Adicionalmente, cabe destacar que el sentido de pertenencia y prioridad que perciben los peatones universitarios no debe mermarse ante cualquier propuesta de infraestructura, por lo que mantener o mejorar las condiciones de estos sitios es imprescindible.

3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para analizar el funcionamiento de los usuarios en el sitio, se realizaron las siguientes labores:

- Identificación de trayectorias peatonales y conflictos peatón - vehículo
- Recopilación de flujos peatonales y vehiculares
- Medición de velocidades de operación vehicular (solo en segmentos necesarios)
- Análisis funcional de la intersección aledaña al Instituto Confucio

El estudio se enfocó prioritariamente en el peatón, sin embargo, se plantearon medidas a nivel geométrico que propician la seguridad vial de todos los usuarios. Cabe destacar que un ambiente seguro para los usuarios más vulnerables será un ambiente seguro para todos los usuarios.

En cuanto al funcionamiento y operación de los estacionamientos, se asumieron las siguientes condiciones para el análisis:

- Se contará con un sistema inteligente de detección de ocupación, por lo que se reducirán los viajes vehiculares que buscan un estacionamiento cuando estos se encuentren a capacidad plena.
- Los estacionamientos de la zona de estudio son utilizados principalmente por personal administrativo, por lo que la propuesta no modificará su patrón y horario de viajes.
- Las intervenciones propuestas no modificarán el patrón de viajes de la Finca 1, por lo que es innecesario analizar el nivel de servicio del sitio, pero sí resulta necesario plantear recomendaciones a nivel de gestión e infraestructura segura.

La zona de estudio se limitó a la intersección aledaña al Instituto Confucio, sitio donde se presentarán cambios mayores en la movilidad del sitio (ver Figura 6), sin embargo, se analizaron las trayectorias peatonales en un área mayor y se presentan recomendaciones generales a las zonas externas al área de estudio.

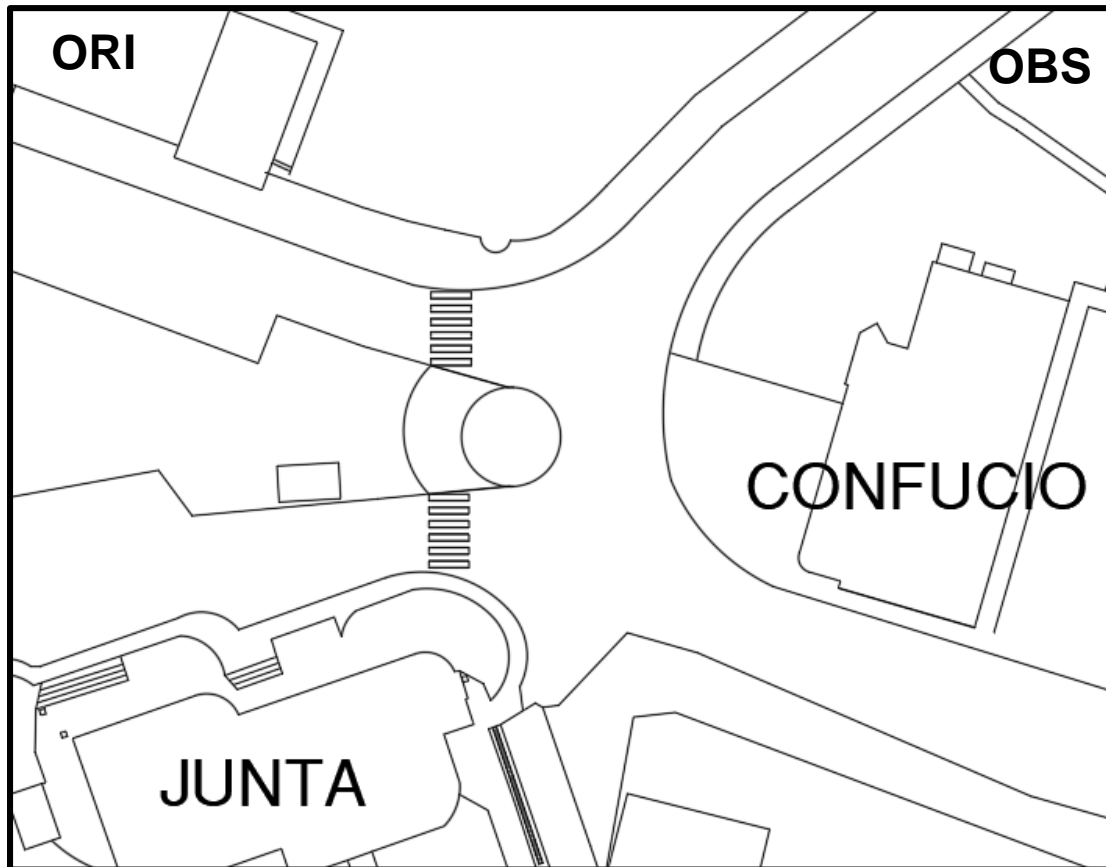


Figura 6. Zona de análisis de movilidad

Respecto al análisis funcional a nivel vehicular, se analizó la dinámica entre peatones y vehículos mediante el programa Simtraffic 9. Se promediaron 10 corridas distintas en el programa por escenario, esto permitió tomar en consideración la aleatoriedad del patrón de viajes de los distintos usuarios, así como valorar efectos extremos de cada condición y obtener y/o estimar los siguientes indicadores:

- **Maniobras de parada:** cantidad de maniobras en la que los vehículos requieren detenerse para completar su viaje entre el par origen – destino.
- **Maniobras de parada por vehículo:** tasa promedio de paradas entre el total de vehículos.
- **Distancia recorrida:** cantidad de kilómetros recorridos por todos los vehículos para completar su par origen – destino.
- **Tiempo total de viaje:** cantidad de horas de viaje por todos los vehículos para completar su par origen – destino.



- **Velocidad promedio:** promedio de velocidad de operación en km/h de todos los vehículos.
- **Demora global por vehículo:** cantidad promedio de tiempo adicional en segundos que debe incurrir cada vehículo para realizar un movimiento desde el acceso de una intersección.
- **Nivel de servicio:** calificación establecida por el Highway Capacity Manual basada en demoras, la cual resume el estado funcional de una intersección calificándola de la A hasta la F, considerando la A como un estado óptimo y la F como deficiente crítico. En Costa Rica, la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (DGIT) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) cuenta con rangos específicos de demoras, presentes en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de servicio para intersecciones controladas por Alto/Ceda

Nivel de servicio	Demora (s/veh)
A	≤ 10
B	10 - 20
C	20 - 30
D	30 - 40
E	40 - 75
F	> 75

Nota: Tomado de valores recomendados por la DGIT, MOPT.

- **Cola máxima y promedio:** longitud de fila de vehículos en metros evidenciada en las simulaciones, tanto el valor máximo de todas las corridas como el promedio.



4 CRONOGRAMA

En la Tabla 2 se presenta el cronograma de actividades desarrollado:

Tabla 2. Cronograma

Actividad	Fecha de inicio	Fecha final
Planeación	4/3/2019	8/3/2019
Identificación de trayectorias peatonales	11/3/2019	15/3/2019
Procesamiento de trayectorias peatonales	11/3/2019	15/3/2019
Medición de velocidades de operación vehicular	11/3/2019	15/3/2019
Procesamiento de velocidades de operación vehicular	11/3/2019	15/3/2019
Verificación de cámaras de video	11/3/2019	15/3/2019
Análisis de conflictos	11/3/2019	15/3/2019
Recopilación de videos	18/3/2019	18/3/2019
Procesamiento de videos (aforo peatonal y vehicular)	19/3/2019	22/3/2019
Análisis funcional intersección	25/3/2019	29/3/2019
Propuesta	25/3/2019	29/3/2019
Informe final	1/4/2019	5/4/2019
Revisión y aprobación	8/4/2019	10/4/2019
Entrega y exposición de resultados	12/4/2019	12/4/2019



5 ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Trayectorias peatonales y conflictos peatón – vehículo

Para comprender la movilidad en la zona de estudio, fue necesario mapear las trayectorias peatonales en el punto de mayor traslape de viajes entre los peatones y vehículos, presente en la intersección aledaña al Instituto Confucio.

En la Figura 7 y Figura 9 se presentan las trayectorias peatonales en un periodo de 15 min de 3:15 p.m. – 3:30 p.m., segmentadas según 4 colores que representan la cantidad de personas realizando las maniobras.

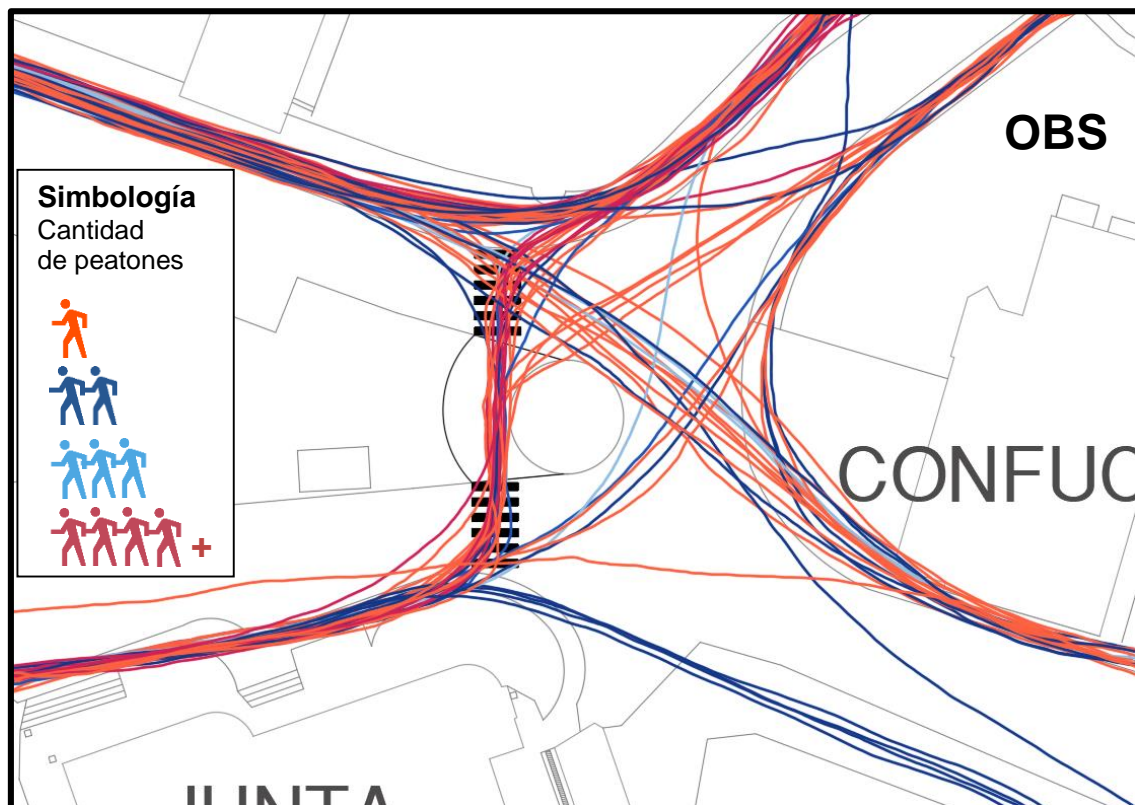


Figura 7. Trayectorias peatonales en intersección aledaña a Instituto Confucio

En términos generales, se evidencia una alta densidad en las trayectorias presentes en la Figura 8, sumado a la zona de conflictos potenciales delimitada por las líneas punteadas.



Esta zona de conflicto potenciales se presenta en la zona de mayor interacción de peatones y vehículos, lo que evidencia una futura zona de pacificación vial. Cabe destacar que se registraron pocos conflictos leves, sin embargo, fueron eventos aislados.

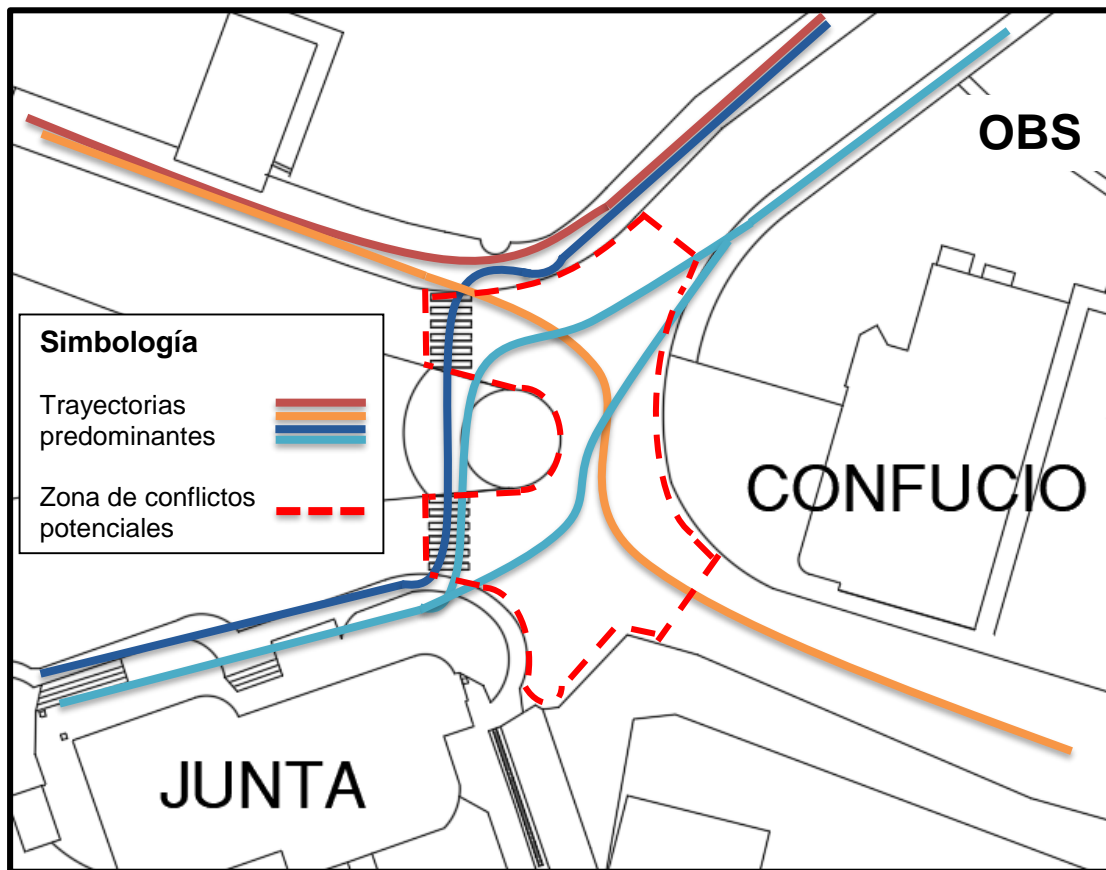


Figura 8. Trayectorias peatonales predominantes y zona de conflictos potenciales



En la Figura 9 se replica el mapeo de trayectorias peatonales en el periodo de 1:45 p.m. – 2:00 p.m., pero se enfoca en el sector entre la ORI, cajeros y la Junta de Ahorro y Préstamo.

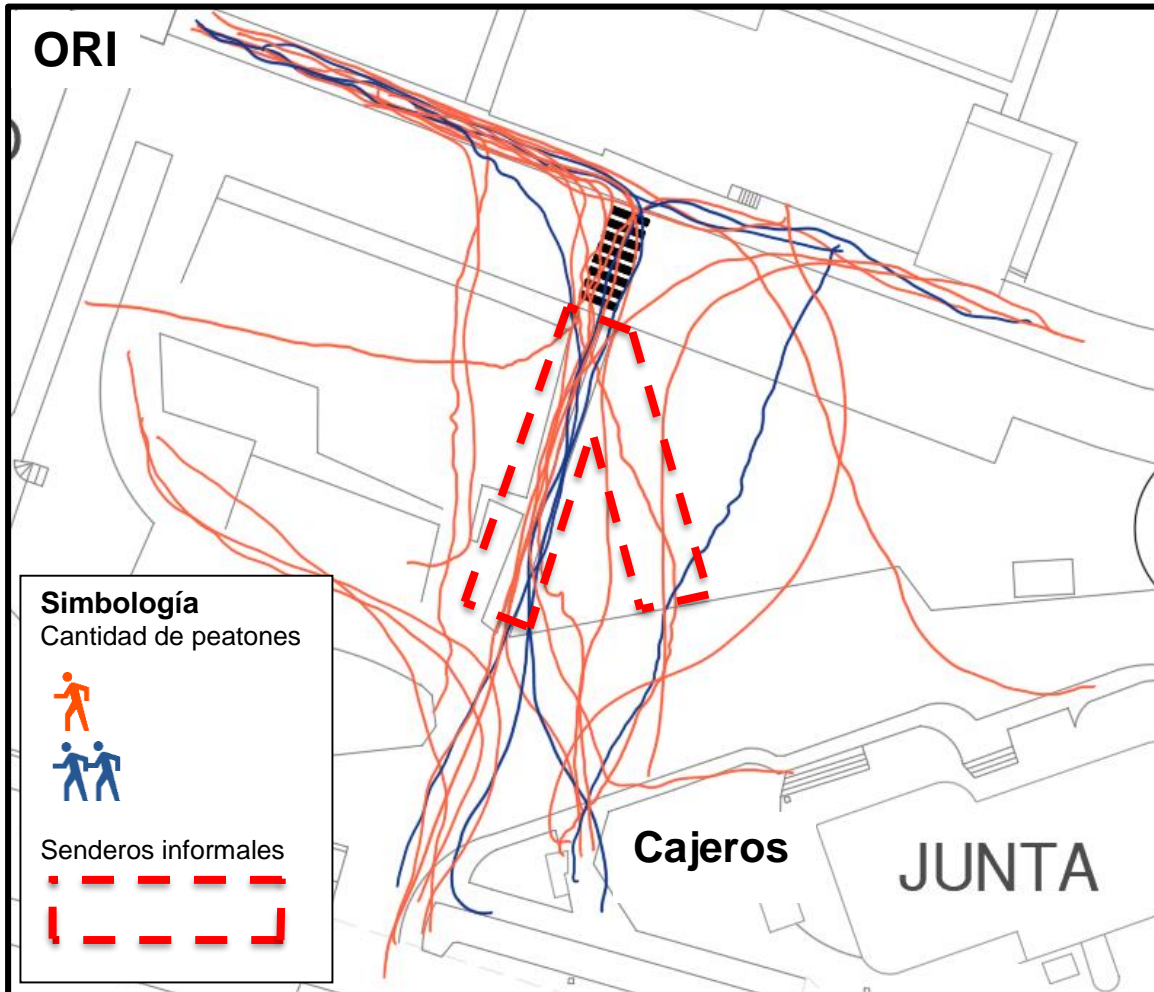


Figura 9. Trayectorias peatonales en cruce entre ORI y Junta de Ahorro y Préstamo

En este sector se aprecia una menor densidad de líneas, lo que representa un flujo peatonal menor, pero se evidencia un patrón común en los sentidos norte y sur entre la zona aledaña a las Oficinas de Registro e Información (ORI), el sector cercano a los cajeros y acceso cercano a la Fundación de la Universidad de Costa Rica (FundaciónUCR), corredores que se delimitan en la Figura 9 como senderos informales existentes.

5.2 Velocidad de operación vehicular

Al visitar la zona, se evidenció que la recta que conecta el sector de las Oficinas de Bienestar y Salud (OBS) y la ORI propician velocidades de operación vehicular por encima del límite permitido, no consecuentes con la dinámica peatonal de un recinto universitario, por lo que se registraron las velocidades de operación en dicho sector.

En la Figura 10 se presenta el resumen de estadística descriptiva que permite caracterizar las velocidades de operación promedio de 310 mediciones registradas durante el periodo a.m. y p.m. en el segmento estudiado, segmentado por sentido.

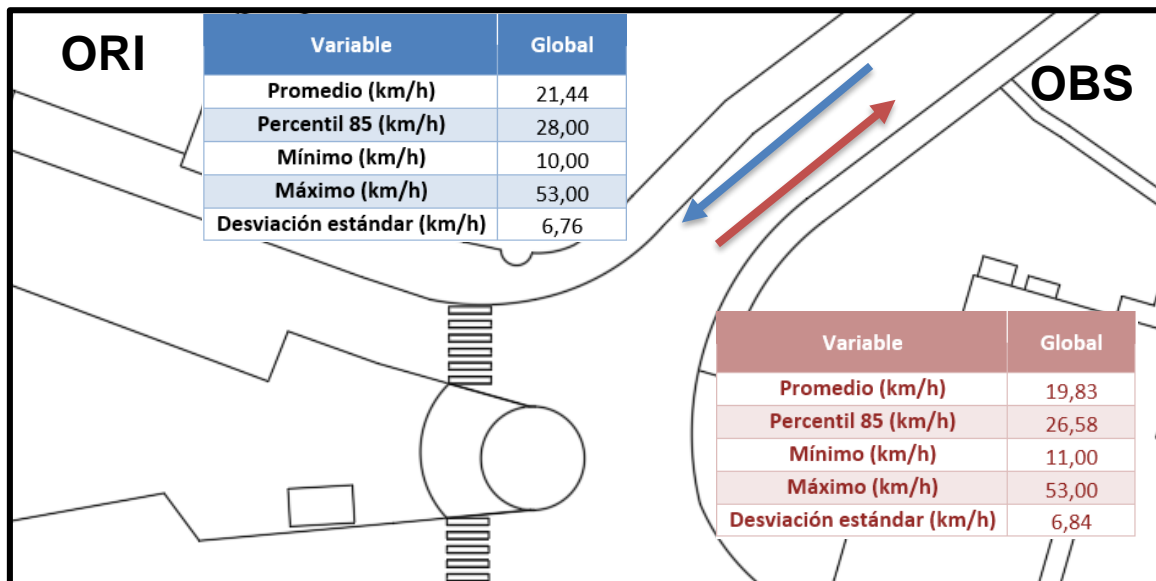


Figura 10. Velocidades de operación vehicular

De los resultados se evidencia una velocidad promedio cercana a 20 km/h en ambos sentidos, sin embargo, el percentil 85 alcanza valores cercanos o superiores a 27 km/h, superior a la velocidad reglamentaria.

Al analizar los valores máximos, se alcanzan velocidades de 53 km/h, condición que excede al promedio general en casi 4 veces la desviación estándar registrada.

Las condiciones extremas entre las velocidades registradas indican que, a pesar de la cultura vial de los usuarios universitarios de viajar a bajas velocidades, la infraestructura permite transitar a velocidades superiores a 2 veces la velocidad reglamentaria de 25 km/h, por lo que se evidencia la necesidad de implementación de medidas de pacificación vial.

5.3 Velocidad de cruce peatonal

Para complementar la información de las trayectorias peatonales e interpretar indirectamente la anuencia de los peatones o la dificultad que les representa realizar las maniobras de cruce, se estimaron las velocidades de cruce peatonal en los trayectos presentes en la Figura 11. Para estimar la velocidad se registraron 155 mediciones de tiempos de cruce en el periodo p.m.

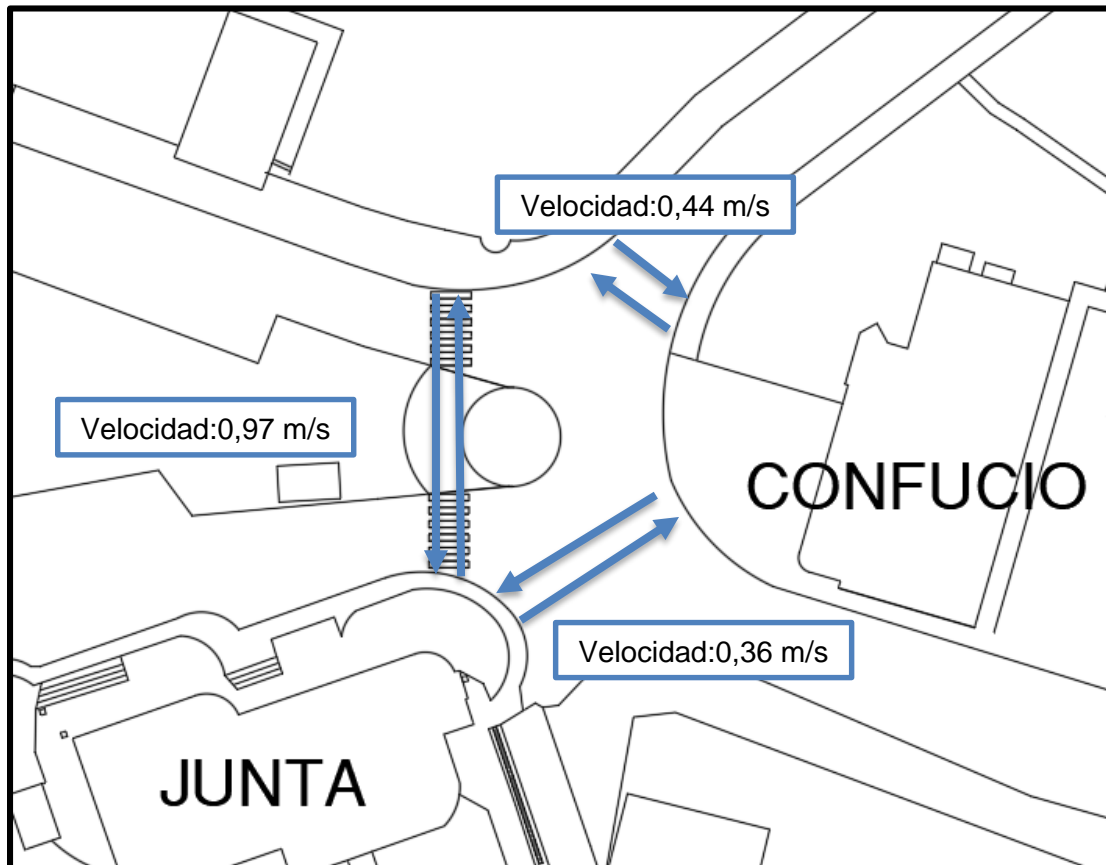


Figura 11. Velocidad de cruce peatonal por trayecto

Las velocidades por trayecto presentes en la Figura 11 evidencian una baja velocidad de cruce, con un promedio de 0,59 m/s. La velocidad registrada consideró el tiempo de espera para realizar la maniobra y el tiempo de caminado entre aceras.

Las bajas velocidades típicamente podrían interpretarse como el resultado de largas esperas para cruzar la vía, efecto de los vehículos, sin embargo, en este caso indica que



los peatones no tienen restricciones o elementos que generen fricción o preocupaciones a la hora de realizar la maniobra de cruce, lo cual es un indicador de la cultura vial dentro del campus universitario y de la apropiación del espacio público por parte de las personas que se movilizan a pie, incluyendo el espacio de la calzada.

Condición consecuente con la cultura vial presente en el recinto universitario, donde el peatón transita tanto en la acera como en las calles con una baja percepción del riesgo ante la ocurrencia de un choque vial.

5.4 Afors vehiculares

Basado en la toma de datos generada el día lunes 18 de marzo de 2019, se procede a desglosar los afors vehiculares para los periodos a.m., m.d. y p.m. Los datos se presenta a nivel de accesos, bajo la nomenclatura presente en la Figura 12.

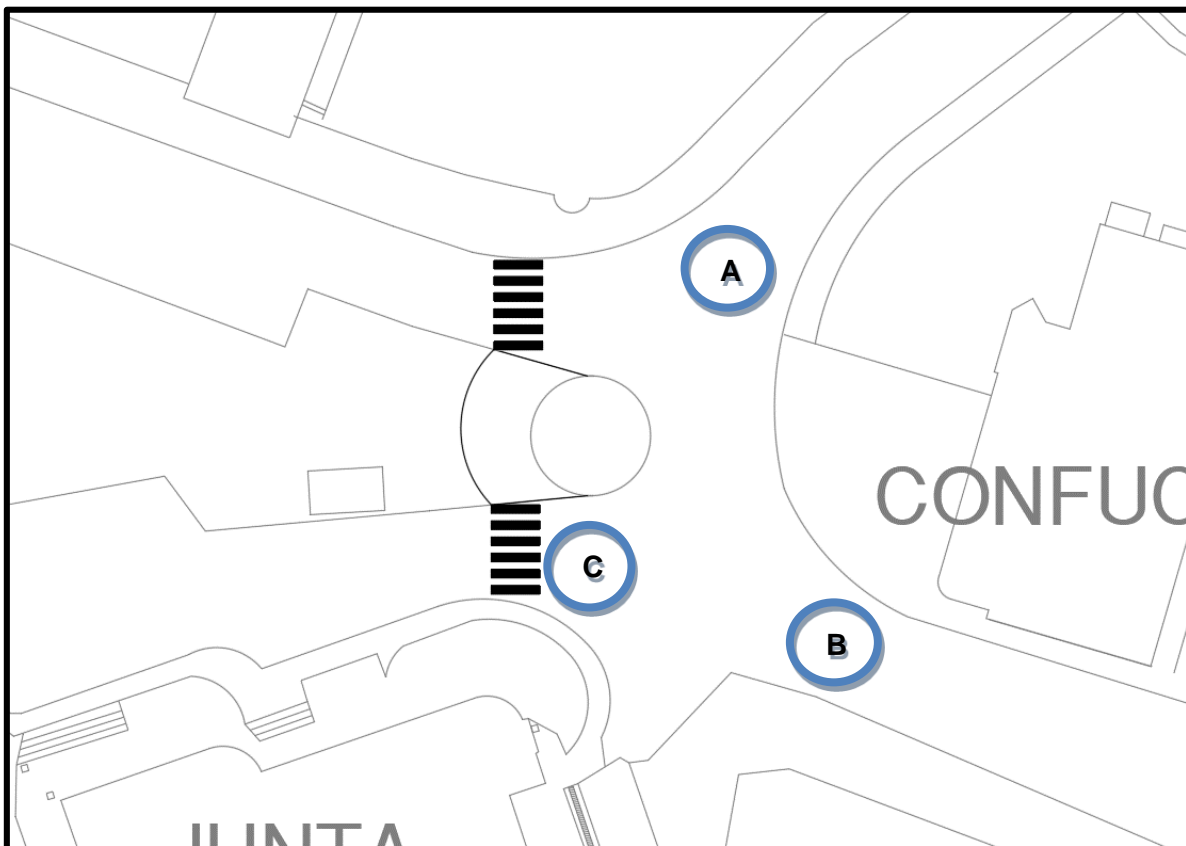


Figura 12. Accesos aforados a nivel vehicular



En la Tabla 3 se presenta el flujo vehicular para el periodo a.m. y en términos generales la distribución vehicular se segmenta en 3% bicicleta, 20% moto, 74% en vehículo liviano y 2% en vehículo pesado. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 07:15 a.m. – 08:15 a.m., en la cual se movilizaron 203 vehículos, correspondiente a un 44% del total registrado.

Tabla 3. Flujo vehicular periodo a.m.

Horario		A				B				C			
Inicio	Fin	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado
06:00	06:15	1	0	11	0	0	1	1	0	0	1	2	0
06:15	06:30	0	2	15	0	0	0	11	0	0	1	6	0
06:30	06:45	0	3	18	0	0	2	12	0	0	5	2	0
06:45	07:00	1	3	12	1	1	1	13	0	2	1	4	0
07:00	07:15	0	1	15	0	1	0	4	0	1	3	6	0
07:15	07:30	0	4	27	1	1	6	10	0	0	6	8	0
07:30	07:45	0	7	12	1	0	4	15	0	0	4	10	1
07:45	08:00	4	6	12	0	0	7	6	0	0	1	3	0
08:00	08:15	0	2	19	2	1	3	10	0	0	3	6	1
08:15	08:30	2	1	18	0	0	2	4	0	0	4	8	0
08:30	08:45	0	0	12	1	0	1	2	1	0	2	6	1
08:45	09:00	0	3	7	0	0	1	3	0	1	1	12	1
Por modo		8	32	178	6	4	28	91	1	4	32	73	4
Por acceso		224				124				113			
Total		461											



En la Tabla 4 se presenta el flujo vehicular para el periodo m.d. y en términos generales la distribución vehicular se segmenta en 15% bicicleta, 33% moto, 52% en vehículo liviano y 0% en vehículo pesado. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 11:45 a.m. – 12:45 p.m., en la cual se movilizaron 110 vehículos, correspondiente a un 52% del total registrado.

Tabla 4. Flujo vehicular periodo m.d.

Horario		A				B				C			
Inicio	Fin	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado
11:00	11:15	0	4	7	0	0	3	0	0	1	2	6	0
11:15	11:30	1	2	3	0	2	1	1	0	1	5	3	0
11:30	11:45	1	4	11	0	2	0	1	0	1	4	7	0
11:45	12:00	3	5	10	0	1	3	0	0	1	3	7	0
12:00	12:15	1	5	7	0	0	2	1	0	2	3	6	0
12:15	12:30	1	1	3	0	2	1	1	0	1	6	3	0
12:30	12:45	2	1	11	1	1	2	1	0	1	3	8	0
12:45	13:00	5	4	6	0	0	1	3	0	1	4	5	0
Por modo		14	26	58	1	8	13	8	0	9	30	45	0
Por acceso		99				29				84			
Total		212											



En la Tabla 5 se presenta el flujo vehicular para el periodo p.m. y en términos generales la distribución vehicular se segmenta en 7% bicicleta, 22% moto, 70% en vehículo liviano y 2% en vehículo pesado. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 04:00 p.m. – 05:00 p.m., en la cual se movilizaron 241 vehículos, correspondiente a un 46% del total registrado.

Tabla 5. Flujo vehicular periodo p.m.

Horario		A				B				C			
Inicio	Fin	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado	Bicicleta	Moto	Liviano	Pesado
03:00	03:15	4	2	11	0	0	3	1	0	0	6	4	0
03:15	03:30	0	3	10	2	0	2	3	0	0	3	8	1
03:30	03:45	3	3	15	1	0	0	0	0	2	2	10	1
03:45	04:00	3	1	16	0	0	1	3	0	0	3	12	0
04:00	04:15	2	6	18	0	0	1	3	0	1	7	28	0
04:15	04:30	4	4	14	0	1	11	0	0	0	2	8	0
04:30	04:45	1	2	27	0	0	2	5	0	1	9	19	0
04:45	05:00	1	4	24	0	1	2	1	0	3	7	22	0
05:00	05:15	2	2	10	1	0	2	2	0	1	9	27	1
05:15	05:30	1	4	20	1	1	2	5	0	3	4	11	0
05:30	05:45	0	0	5	0	0	1	3	0	1	4	6	1
05:45	06:00	0	0	9	0	0	1	3	0	0	0	2	0
Por modo		21	31	179	5	3	28	29	0	12	56	157	4
Por acceso		236				60				229			
Total		525											



5.5 Aforos peatonales

Para considerar el efecto de las trayectorias peatonales en la vialidad, se aforaron los movimientos presentes en la Figura 13.

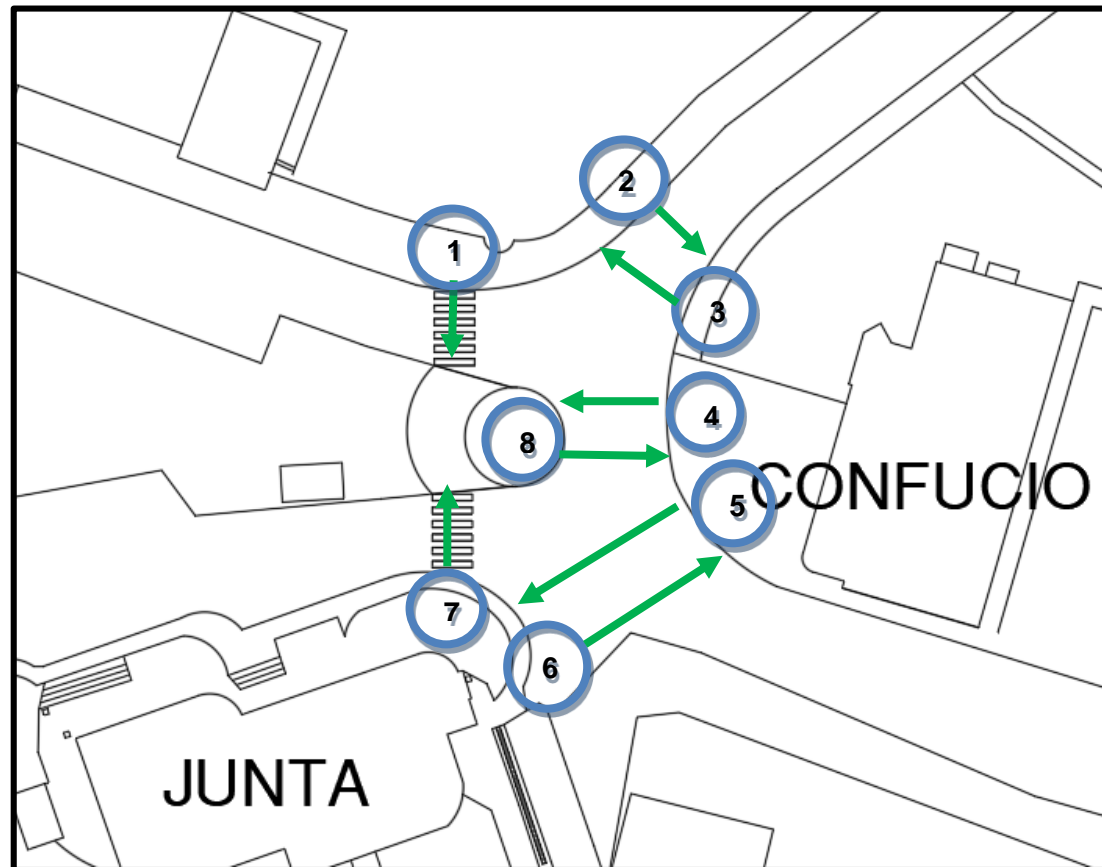


Figura 13. Movimientos peatonales aforados



En la Tabla 6 se presenta el flujo peatonal para el periodo a.m., con un total de 808 peatones para las 3 h aforadas. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 08:00 a.m. – 09:00 a.m., en la cual se movilizaron 336 peatones, correspondiente a un 42% del total registrado.

Tabla 6. Flujo peatonal periodo a.m.

Horario		Movimiento								
Inicio	Fin	1	2	3	4	5	6	7	8	
06:00	06:15	7	0	2	1	1	3	2	9	
06:15	06:30	2	1	13	2	1	6	7	2	
06:30	06:45	2	1	25	4	5	3	11	2	
06:45	07:00	7	7	45	6	5	5	15	1	
07:00	07:15	8	6	32	5	0	5	9	0	
07:15	07:30	3	4	13	9	5	3	6	2	
07:30	07:45	8	8	15	12	3	6	16	1	
07:45	08:00	16	6	25	20	3	7	12	1	
08:00	08:15	15	2	26	14	2	2	12	0	
08:15	08:30	18	12	13	13	3	9	18	1	
08:30	08:45	13	2	9	10	3	12	15	0	
08:45	09:00	27	20	5	15	7	13	25	0	
Por movimiento		126	69	223	111	38	74	148	19	
Por acceso		195			372			241		
Total		808								



En la Tabla 7 se presenta el flujo peatonal para el periodo m.d., con un total de 1538 peatones para las 2 h aforadas. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 12:00 p.m. – 01:00 p.m., en la cual se movilizaron 865 peatones, correspondiente a un 56% del total registrado.

Tabla 7. Flujo peatonal periodo m.d.

Horario		Movimiento							
Inicio	Fin	1	2	3	4	5	6	7	8
11:00	11:15	46	47	32	12	7	7	25	20
11:15	11:30	26	34	19	16	9	9	30	18
11:30	11:45	21	37	14	13	3	10	25	14
11:45	12:00	41	45	28	18	4	8	24	11
12:00	12:15	49	83	16	15	1	9	16	20
12:15	12:30	27	68	25	32	3	10	26	11
12:30	12:45	35	42	34	34	11	10	48	21
12:45	01:00	37	53	37	28	7	8	38	11
Por movimiento		282	409	205	168	45	71	232	126
Por acceso		691		418			429		
Total		1538							



En la Tabla 8 se presenta el flujo peatonal para el periodo p.m., con un total de 1731 peatones para las 3 h aforadas. Para casos del análisis funcional se utilizó el volumen de la hora pico, comprendida entre las 04:15 p.m. – 05:15 p.m., en la cual se movilizaron 865 peatones, correspondiente a un 37 % del total registrado.

Tabla 8. Flujo peatonal periodo p.m.

Horario		Movimiento								
Inicio	Fin	1	2	3	4	5	6	7	8	
03:00	03:15	27	30	9	16	10	13	28	2	
03:15	03:30	38	46	9	13	3	11	24	1	
03:30	03:45	41	30	25	12	7	21	39	4	
03:45	04:00	32	41	17	21	6	13	27	5	
04:00	04:15	28	33	14	21	2	12	34	2	
04:15	04:30	20	33	7	14	15	14	28	4	
04:30	04:45	31	36	11	15	6	10	23	7	
04:45	05:00	31	51	21	22	12	26	41	7	
05:00	05:15	31	43	8	17	8	16	30	3	
05:15	05:30	14	15	9	1	3	7	18	4	
05:30	05:45	10	91	7	13	14	5	18	3	
05:45	06:00	26	21	7	6	9	9	12	1	
Por movimiento		329	470	144	171	95	157	322	43	
Por acceso		799			410			522		
Total		1731								



En la Tabla 9 se presenta el flujo peatonal para el periodo p.m. del sector entre las Oficinas de Registro e Información y cajeros aledaños a la Junta de Ahorro y Préstamo, estos valores no son utilizados para el análisis funcional, pero fungen como referencia para asociar las trayectorias peatonales presentes en la Figura 9 y los flujos peatonales.

Tabla 9. Flujo peatonal periodo p.m. en sector entre ORI y Junta de Ahorro y Préstamo

Horario		Movimiento	
Inicio	Fin	Registro-Cajero	Cajero-Registro
01:30	01:45	7	4
01:45	02:00	10	11
02:00	02:15	21	8
02:15	02:30	15	9
02:30	02:45	13	10
02:45	03:00	11	8
03:00	03:15	9	3
03:15	03:30	3	7
03:30	03:45	8	7
03:45	04:00	10	4
04:00	04:15	6	8
04:15	04:30	7	5
04:30	04:45	11	2
Por movimiento		131	86
Por zona		217	



6 ANÁLISIS FUNCIONAL

Se realizó un análisis funcional del sector aledaño al Instituto Confucio, contemplando las 2 intersecciones presentes en la Figura 14, donde se detalla el señalamiento existente en el sitio, así como puntos de referencia que serán utilizados a través del análisis y la numeración de las 2 intersecciones analizadas.

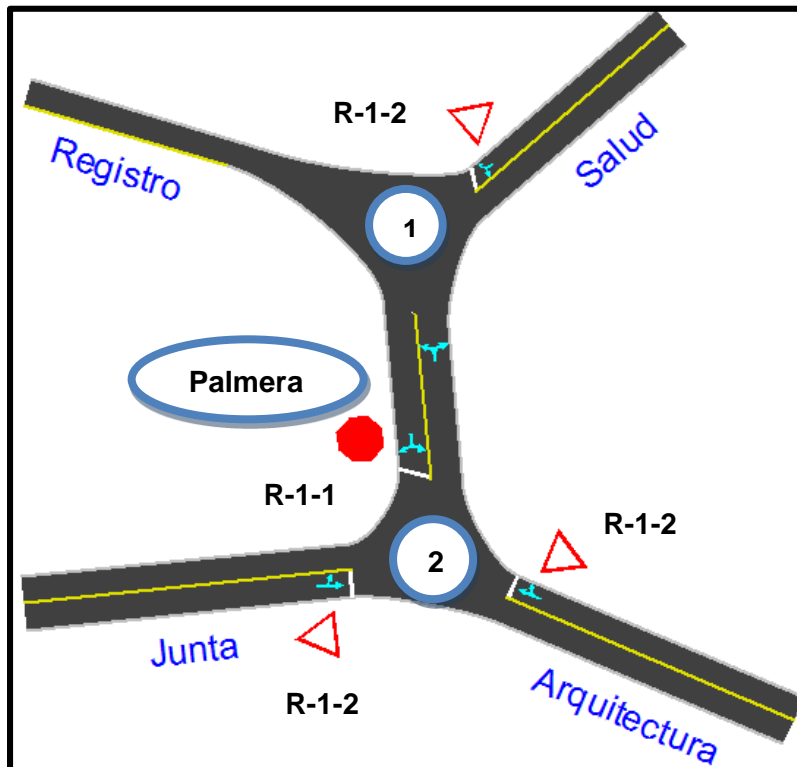


Figura 14. Señalamiento de zona de estudio y puntos de referencia

El análisis se segmentó en los periodos a.m., m.d. y p.m. y se realizaron los siguientes supuestos para cada escenario:

- Ante la baja densidad vehicular de la zona, se contabilizó a los ciclistas y motociclistas como vehículos en el análisis, ya que dentro del campus universitario presentan un comportamiento similar a los vehículos. Adicionalmente, el programa Synchro/Simtraffic no considera a las motocicletas y bicicletas directamente en el análisis.



- Se incorporó a los peatones en la simulación para contemplar el efecto que genera la alta cantidad de peatones en el tránsito vehicular, este se ve representado como mayores tiempos para realizar maniobras en la zona de estudio.
- De forma conservadora se analizó en cada periodo los flujos vehiculares y peatonales pico.
- Para considerar el efecto del proyecto se sumaron 18 viajes a cada periodo, variando el sentido de ingreso y salida a la zona de estudio según el periodo, esto tomando en consideración el Informe del Palimpsesto Universitario (2016), donde se indica que los 35 estacionamientos existentes pasarán a ser 53, lo que representa un aumento en 18 espacios.
- A pesar de que los nuevos estacionamientos no necesariamente albergarán usuarios externos a los que habitualmente transitan la universidad, se consideró que el aumento de 18 estacionamientos generará un aumento de 18 viajes de usuarios nuevos en la red, condición que se interpreta como conservadora.
- El segmento que conecta las intersecciones 1 y 2 se extendió hasta una longitud de 30 m, cuando el segmento mide menos de 10 m de largo. Esto fue necesario por una restricción del programa, sin embargo, a nivel funcional ambas intersecciones funcionan como una.

Para cada periodo se presentan tres escenarios:

- Escenario base: condición inicial sin efectos de la ampliación del proyecto.
- Escenario con proyecto: condición en la cual aumentan los viajes, pero no se modifica la geometría o señalamiento.
- Escenario con proyecto y reordenamiento vial: condición en la que se analiza recanalizar los flujos según se visualiza en la Figura 15. En este escenario existe la limitación de que solo se analizó la zona de estudio aledaña a las intersecciones 1 y 2, delimitada por líneas punteadas en la Figura 15. Los resultados no reflejan el aumento completo de la trayectoria, sin embargo, da indicios de posibles comportamientos al reducir la cantidad de entrecruzamiento en las intersecciones analizadas.

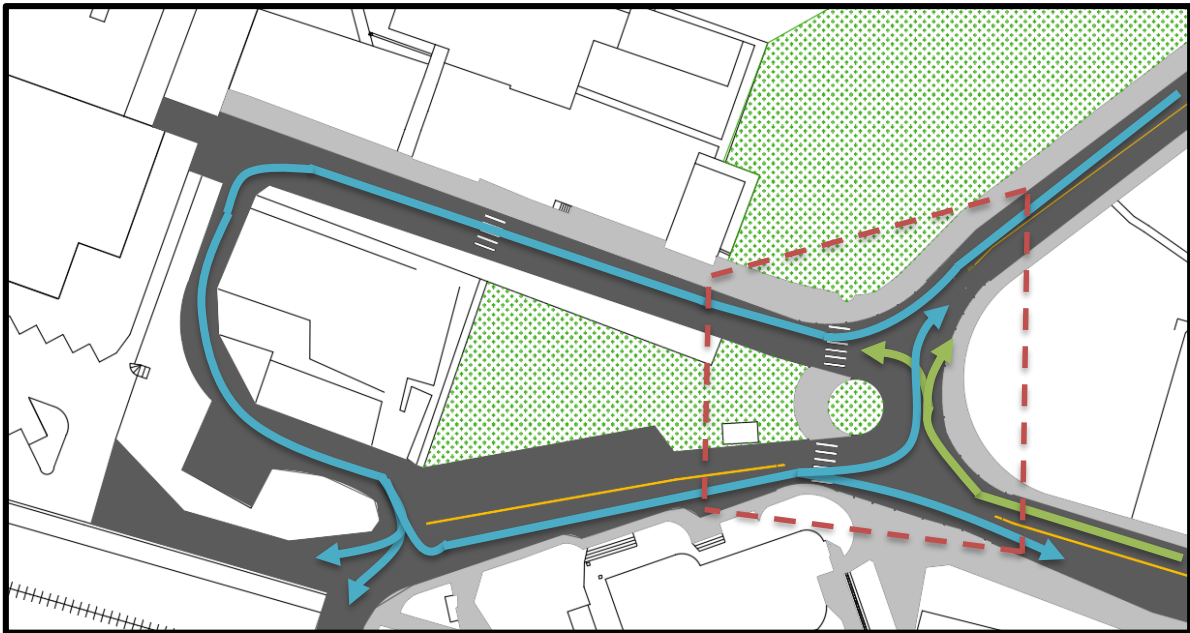


Figura 15. Movimientos permitidos del escenario con reordenamiento vial y zona de estudio



6.1 Periodo a.m.

Escenario base

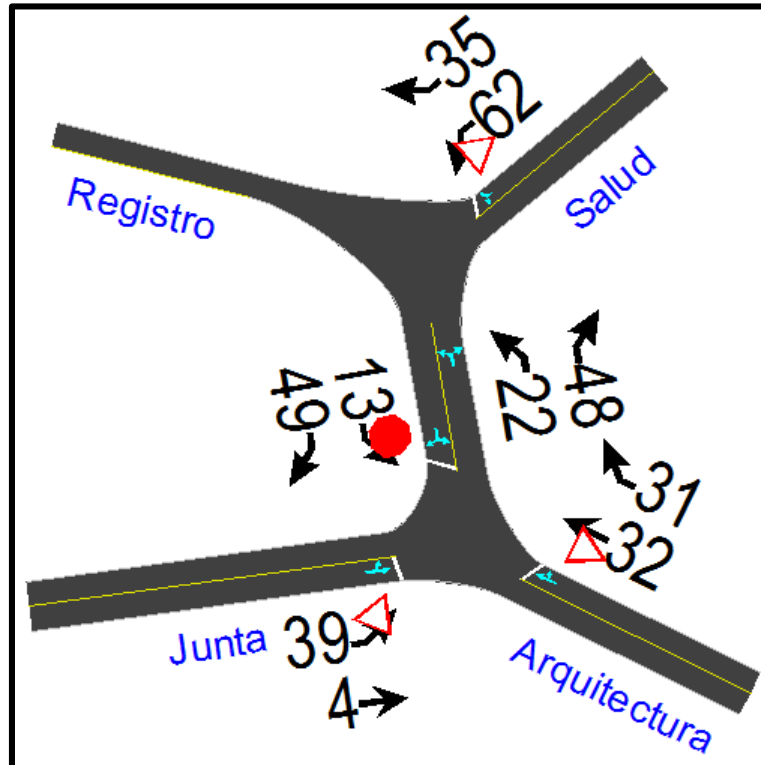


Figura 16. Volumen vehicular, escenario base, periodo a.m.

Tabla 10. Indicadores intersección 1, escenario base, periodo a.m.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	62	-	35	22	-	48
Cola máxima (m)	16,7			13,7		
Cola promedio (m)	4,8			1,3		
Demora total por vehículo (s)	2,4	-	1,4	0,4	-	1,0
Nivel de servicio	A	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 11. Indicadores intersección 2, escenario base, periodo a.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	13	-	49	-	32	31	39	4	-
Cola máxima (m)	8,5			16,3			15,9		
Cola promedio (m)	6,9			3,4			2,5		
Demora total por vehículo (s)	2,9	-	4,4	-	2,3	1,4	4,1	0,9	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Escenario con proyecto

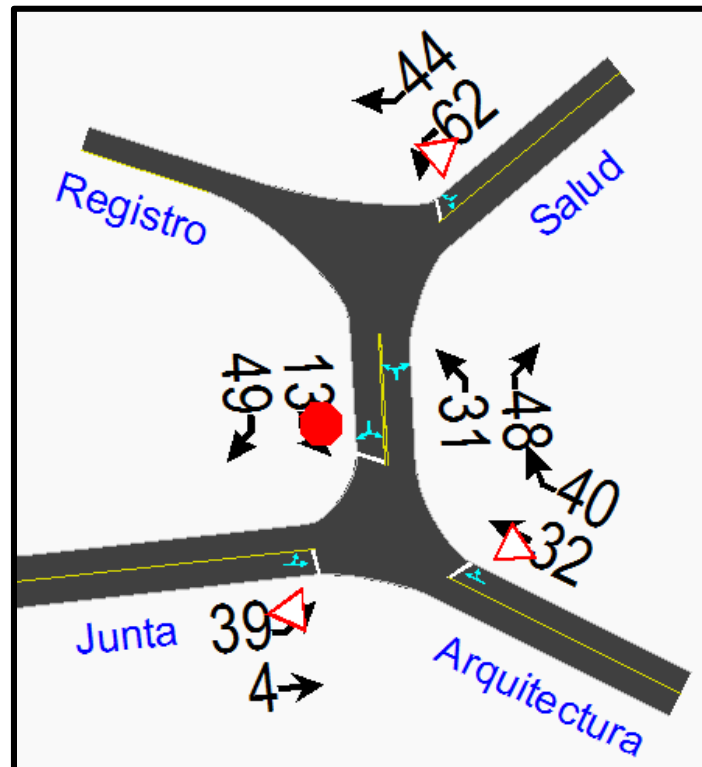


Figura 17. Volumen vehicular, escenario con proyecto, periodo a.m.



Tabla 12. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto, periodo a.m.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento						
Flujo vehicular (veh/h)	62	-	44	31	-	48
Cola máxima (m)	15,1			13,5		
Cola promedio (m)	6,1			2,5		
Demora total por vehículo (s)	2,4	-	1,9	1,8	-	0,6
Nivel de servicio	A	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 13. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto, periodo a.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento									
Flujo vehicular (veh/h)	13	-	49	-	32	40	39	4	-
Cola máxima (m)	8,6			14,7			14,6		
Cola promedio (m)	7,9			2,8			3,9		
Demora total por vehículo (s)	3,6	-	3,2	-	2,1	1,4	2,9	6,9	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Escenario con proyecto y reordenamiento vial

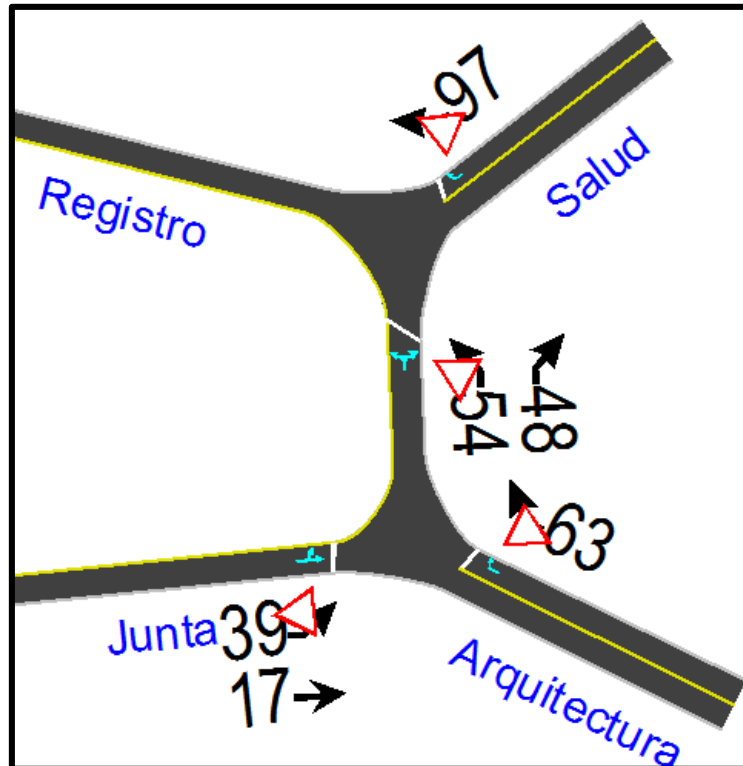


Figura 18. Volumen vehicular, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo a.m.

Tabla 14. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo a.m.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento						
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	97	54	-	48
Cola máxima (m)	15,2			13,8		
Cola promedio (m)	4,9			3,5		
Demora total por vehículo (s)	-	-	1,5	0,9	-	0,8
Nivel de servicio	-	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Tabla 15. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo a.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	-	-	-	63	39	17	-
Cola máxima (m)	-			8,9			15,2		
Cola promedio (m)	-			3,8			3,4		
Demora total por vehículo (s)	-	-	-	-	-	1,6	1,5	2,6	-
Nivel de servicio	-	-	-	-	-	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Análisis indicadores intersección 1

Al comparar los escenarios base y con proyecto presentes en la Tabla 10 y Tabla 12 se observa en el acceso denominado “Desde Salud” que la cola promedio pasa de 4,8 m a 6,1 m, valores que se interpretarían como una fila de vehículos equivalente a 1 automóvil. Sumado al acceso denominado como “Desde palmera” o acceso sur, en el cuál la cola promedio pasa de 1,3 m a 2,5 m. Estos aumentos en la longitud de cola y las leves variaciones en las demoras, no representan mayores efectos a nivel funcional, sumado a que el nivel de servicio del escenario base y con proyecto se mantiene en A.

Al incorporar el escenario con proyecto y reordenamiento vial presente en la Tabla 14, se pasa de 1,3 m a 3,5 m de cola promedio al comparar contra el escenario base en el acceso sur o “Desde palmera”, sin embargo, al igual que con el escenario con proyecto, no se presentan cambios significativos.

Análisis indicadores intersección 2

Al analizar la intersección 2 en los escenarios base, con proyecto y con proyecto y reordenamiento vial presentes en la Tabla 11, Tabla 13 y Tabla 15, se presenta un comportamiento análogo al de la intersección 1, en el que oscilan las colas máximas entre escenarios, efecto de la aleatoriedad de las corridas, así como cambios mínimos en las colas promedios y demoras, que no propician cambios en el nivel de servicio que se mantiene en A.



Análisis indicadores globales

Los indicadores globales permiten analizar a nivel general el comportamiento de la red, se presenta en la Tabla 16 los indicadores globales por escenario.

Tabla 16. Indicadores globales por escenario, periodo a.m.

Parámetro	Base	Proyecto	Proyecto y reordenamiento vial
Maniobras de parada	104	120	68
Maniobras de parada por vehículo	0,56	0,58	0,34
Distancia recorrida (km)	21	22,3	22
Tiempo total de viaje (h)	1,1	1,2	1
Velocidad promedio (km/h)	19	19	21
Demora global por vehículo (s)	4	3,6	2,2
Nivel de servicio global	A	A	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

En términos generales los escenarios base y con proyecto, a nivel funcional operan de forma similar, con leves aumentos en la cantidad de maniobras de parada y la distancia recorrida, efecto del aumento en los vehículos, sin embargo, no genera cambios en el nivel de servicio.

Al contemplar el caso con proyecto y reordenamiento vial, al reducir los entrecruzamientos en las intersecciones 1 y 2, resultante de la reducción de movimientos, se presenta una reducción cercana al 50% en las maniobras de parada con respecto a los otros escenarios.



6.2 Periodo m.d.

Escenario base

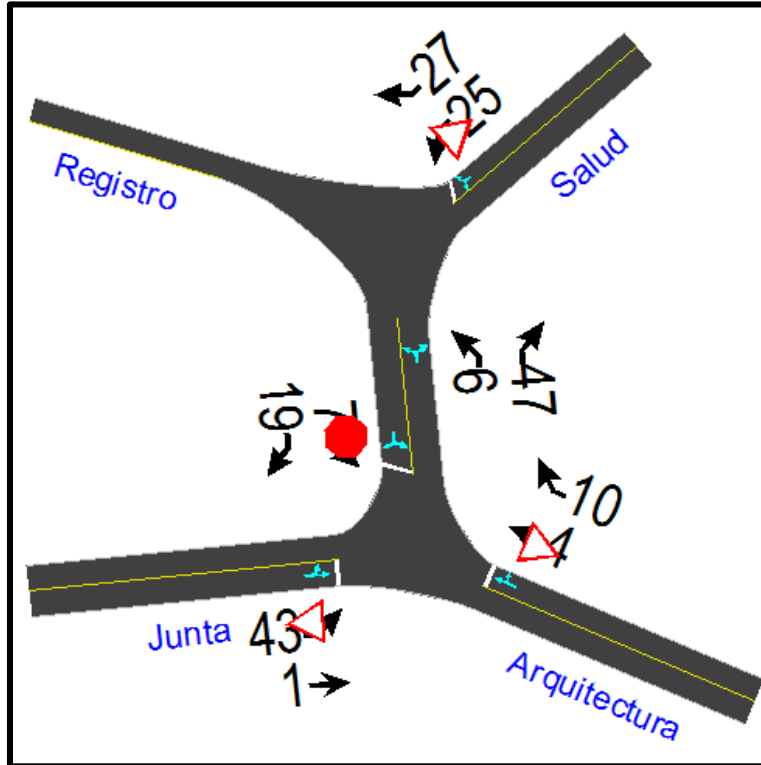


Figura 19. Volumen vehicular, escenario base, periodo m.d.

Tabla 17. Indicadores intersección 1, escenario base, periodo m.d.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	25	-	27	6	-	47
Cola máxima (m)	22,5			8		
Cola promedio (m)	5,4			1,4		
Demora total por vehículo (s)	9,4	-	5,5	11,1	-	0,9
Nivel de servicio	A	-	A	B	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 18. Indicadores intersección 2, escenario base, periodo m.d.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	7	-	19	-	4	10	43	1	-
Cola máxima (m)	8,6			16,7			9,3		
Cola promedio (m)	4,2			1,9			2,3		
Demora total por vehículo (s)	5,1	-	4,9	-	1,3	2,1	2,7	1,0	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Escenario con proyecto

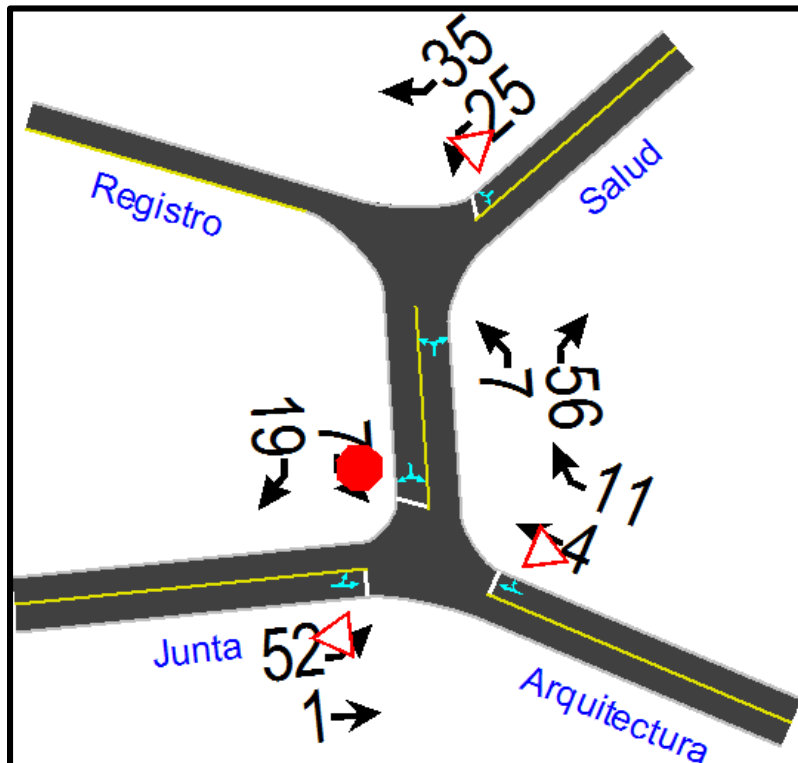


Figura 20. Volumen vehicular, escenario con proyecto, periodo m.d.



Tabla 19. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto, m.d.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	25	-	35	7	-	56
Cola máxima (m)	15,6			15		
Cola promedio (m)	2,2			4,4		
Demora total por vehículo (s)	1,8	-	2,7	0,6	-	1,1
Nivel de servicio	A	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 20. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto, m.d.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	7	-	19	-	4	11	52	1	-
Cola máxima (m)	8,6			9,2			15,7		
Cola promedio (m)	5,0			0,7			2,2		
Demora total por vehículo (s)	6,6	-	3,8	-	1,8	2,6	1,5	0,6	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Escenario con proyecto y reordenamiento vial

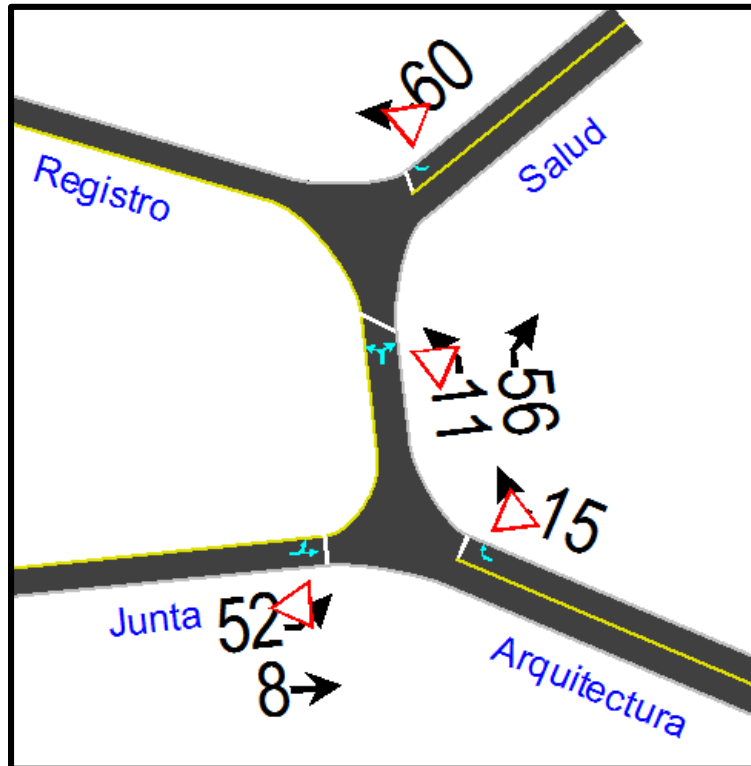


Figura 21. Volumen vehicular, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo m.d.

Tabla 21. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo m.d.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	60	11	-	56
Cola máxima (m)	15,2			8,4		
Cola promedio (m)	6,9			2,5		
Demora total por vehículo (s)	-	-	3,7	1,2	-	1,7
Nivel de servicio	-	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Tabla 22. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo m.d.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	-	-	-	15	52	8	-
Cola máxima (m)	-			15,6			16,9		
Cola promedio (m)	-			1,4			8,8		
Demora total por vehículo (s)	-	-	-	-	-	3,8	2,0	3,9	-
Nivel de servicio	-	-	-	-	-	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Análisis indicadores intersección 1

Al comparar los escenarios base y con proyecto presentes en la Tabla 17 y Tabla 19 se observa que el escenario con proyecto presenta menores demoras en ambos accesos que el escenario base, así como variaciones en la longitud de cola. Este comportamiento que podría interpretarse como ilógico, responde a la baja cantidad de vehículos y a la aleatoriedad de posibilidades de arribo generada mediante la ponderación de las 10 corridas generadas. En resumen, la cola debe interpretarse como cantidad de vehículos equivalentes a un valor cercano a 5 m, por lo que las variaciones registradas no son significativas.

Al incorporar el escenario con proyecto y reordenamiento vial presente en la Tabla 21, ambos accesos presentan aumentos en la cola promedio de hasta 1,5 m, variación que resulta no significativa.

Análisis indicadores intersección 2

Al analizar la intersección 2 en los escenarios base, con proyecto y con proyecto y reordenamiento vial presentes en la Tabla 18, Tabla 20 y Tabla 22, se presenta un comportamiento análogo al de la intersección 1, en el que oscilan las colas máximas entre escenarios, efecto de la aleatoriedad de las corridas, así como cambios mínimos en las colas promedios y demoras, que no propician cambios en el nivel de servicio que se mantiene en A.

En el caso puntual del escenario con reordenamiento vial, las colas máximas de ambos accesos rondan los 16 m, análoga a 3 vehículos, este efecto se da por la reducción de las

Informe LM-PI-USVT-004-2019	abril, 2019	Página 37 de 50
-----------------------------	-------------	-----------------



maniobras, por lo que los movimientos se canalizan en menores puntos. Sin embargo, las colas promedio presentan valores de 1,4 m y 8,8 m, que en el caso extremo representarían una cola de 2 vehículos, condición que no genera cambios en el nivel de servicio que se mantiene en A.

Análisis indicadores globales

Los indicadores globales permiten analizar a nivel general el comportamiento de la red, se presenta en la Tabla 23 los indicadores globales por escenario.

Tabla 23. Indicadores globales por escenario, periodo m.d.

Parámetro	Base	Proyecto	Proyecto y reordenamiento vial
Maniobras de parada	73	70	59
Maniobras de parada por vehículo	0,78	0,61	0,45
Distancia recorrida (km)	10,8	13,6	14,5
Tiempo total de viaje (h)	0,6	0,7	0,7
Velocidad promedio (km/h)	17	20	21
Demora global por vehículo (s)	6,9	3,7	4,2
Nivel de servicio global	A	A	A

En términos generales los escenarios base y con proyecto, a nivel funcional operan de forma similar al analizar las maniobras de parada, sin embargo, por el aumento en los vehículos en algunos accesos, se presenta un aumento de 2,8 km en el recorrido de viaje para completar todos los viajes, esto a pesar de mantenerse el nivel de servicio en A.

Al contemplar el caso con proyecto y reordenamiento vial, al reducir los entrecruzamientos en las intersecciones 1 y 2, resultante de la reducción de movimientos, se presenta una reducción cercana al 19% en las maniobras de parada con respecto a los otros escenarios.

El efecto del reordenamiento por medio de movimientos específicos, generó un aumento del recorrido de la red analizada de 3,7 km con respecto al escenario base, a este indicador debe sumársele la longitud de viaje que no se considera dentro de la red de la zona aledaña a ORI.



6.3 Periodo p.m.

Escenario base

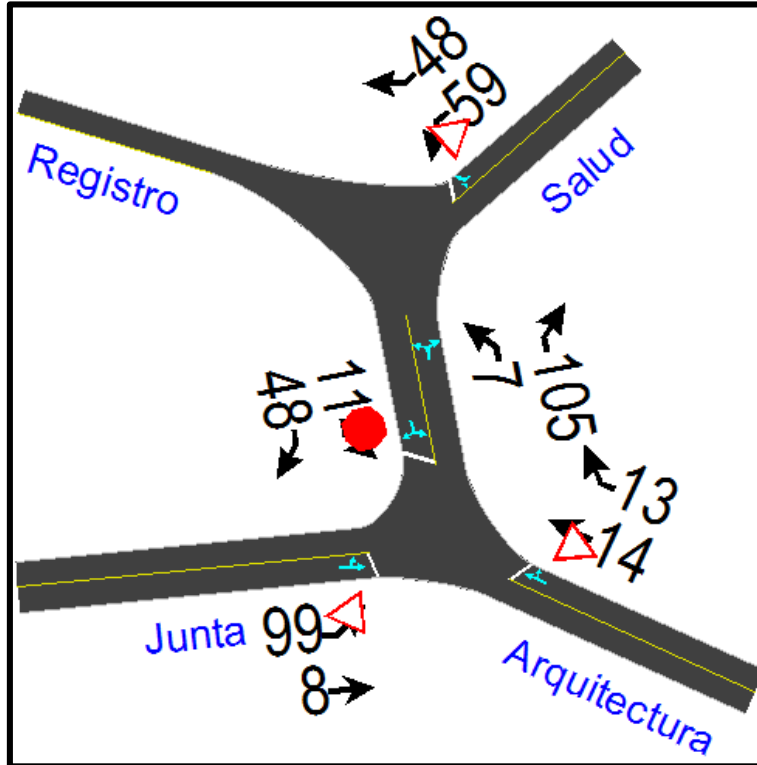


Figura 22. Volumen vehicular, escenario base, periodo p.m.

Tabla 24. Indicadores intersección 1, escenario base, periodo p.m.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	59	-	48	7	-	105
Cola máxima (m)	21,3			8,1		
Cola promedio (m)	8,3			3,4		
Demora total por vehículo (s)	5,1	-	4,5	1,4	-	1,2
Nivel de servicio	A	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 25. Indicadores intersección 2, escenario base, periodo p.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	11	-	48	-	14	13	99	8	-
Cola máxima (m)	9,0			22,8			24		
Cola promedio (m)	7,3			4,4			9,3		
Demora total por vehículo (s)	5,0	-	4,7	-	4,3	2,8	4,1	2,8	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Escenario con proyecto

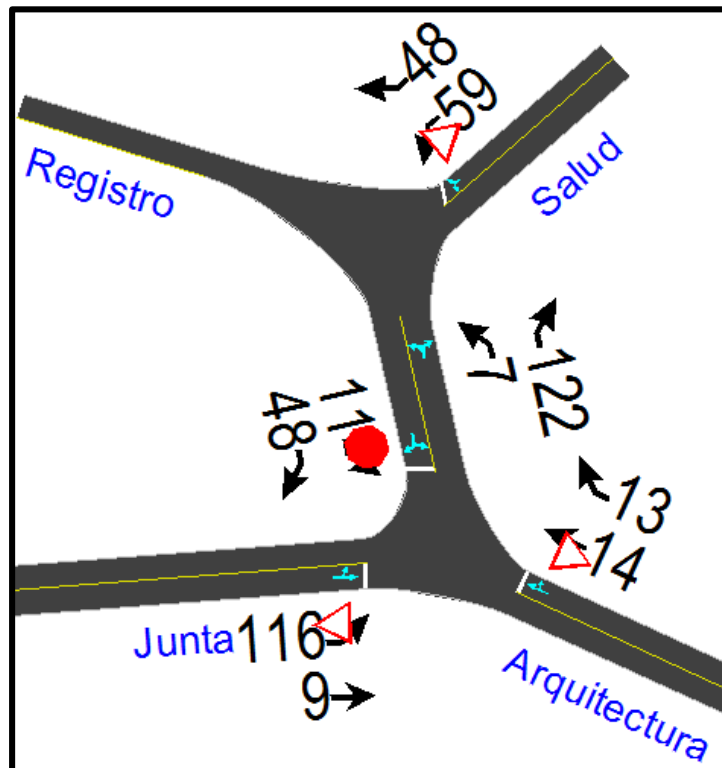


Figura 23. Volumen vehicular, escenario con proyecto, periodo p.m.



Tabla 26. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto, periodo p.m.

Acceso	Noreste			Sur		
Descripción	Desde Salud			Desde palmera		
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	59	-	48	7	-	122
Cola máxima (m)	16,7			8,1		
Cola promedio (m)	7,3			3,4		
Demora total por vehículo (s)	4,6	-	2,6	2,2	-	0,9
Nivel de servicio	A	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Tabla 27. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto, periodo p.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
Descripción	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	11	-	48	-	14	13	116	9	-
Cola máxima (m)	8,9			22,7			23,7		
Cola promedio (m)	7,2			3,7			9,7		
Demora total por vehículo (s)	6,8	-	5,3	-	5,9	2,4	5,4	4,2	-
Nivel de servicio	A	-	A	-	A	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Escenario con proyecto y reordenamiento vial

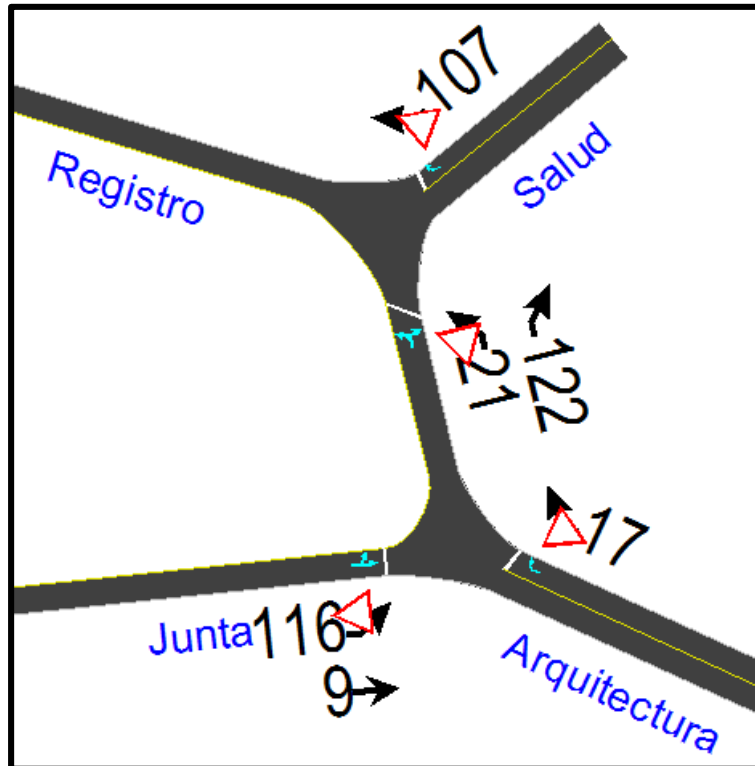


Figura 24. Volumen vehicular, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo p.m.

Tabla 28. Indicadores intersección 1, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo p.m.

Acceso	Noreste			Sur		
	Desde Salud			Desde palmera		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	107	21	-	122
Cola máxima (m)	16,8			7,8		
Cola promedio (m)	6,8			5,7		
Demora total por vehículo (s)	-	-	2,8	2,6	-	1,5
Nivel de servicio	-	-	A	A	-	A

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho



Tabla 29. Indicadores intersección 2, escenario con proyecto y reordenamiento vial, periodo p.m.

Acceso	Norte			Sureste			Suroeste		
	Desde palmera			Desde Arquitectura			Desde Junta		
Descripción	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Movimiento	GI	D	GD	GI	D	GD	GI	D	GD
Flujo vehicular (veh/h)	-	-	-	-	-	17	116	9	-
Cola máxima (m)	-			8,9			30,6		
Cola promedio (m)	-			2,2			8,6		
Demora total por vehículo (s)	-	-	-	-	-	4,1	4,3	6,8	-
Nivel de servicio	-	-	-	-	-	A	A	A	-

Nota: GI: giro izquierdo, D: directo, GD: giro derecho

Análisis indicadores intersección 1

Al comparar los escenarios base, con proyecto y con proyecto y reordenamiento vial presentes en la Tabla 24, Tabla 26 y Tabla 28, se repite el comportamiento observado en el escenario m.d., generado por la aleatoriedad de las corridas y los algoritmos de distribución en la red, pero sin mayores efectos en los resultados a nivel funcional.

Análisis indicadores intersección 2

Al analizar la intersección 2 en los escenarios base, con proyecto y con proyecto y reordenamiento vial presentes en la Tabla 25, Tabla 27 y Tabla 29, se presenta un comportamiento análogo al de la intersección 1, en el que oscilan las colas máximas entre escenarios, efecto de la aleatoriedad de las corridas, así como cambios mínimos en las colas promedios y demoras, que no propician cambios en el nivel de servicio que se mantiene en A.

En el caso puntual del escenario con reordenamiento vial, la cola máxima del acceso denominado “Desde Arquitectura” presenta la menor de las colas máximas de los 3 escenarios con 8,9 m, pero el acceso denominado “Desde Junta” presenta el más alto con 30,6 m de cola. Este dato debe analizarse dentro de las limitaciones del modelo, ya que no se incorporó el acceso aledaño a FundaciónUCR, por lo que en el periodo p.m. las salidas por este acceso reducirán la cola registrada por la simulación, sumado a que los valores de colas promedio son bajas.



Análisis indicadores globales

Los indicadores globales permiten analizar a nivel general el comportamiento de la red, se presenta en la Tabla 30 los indicadores globales por escenario.

Tabla 30. Indicadores globales por escenario, periodo p.m.

Parámetro	Base	Proyecto	Proyecto y reordenamiento vial
Maniobras de parada	181	181	124
Maniobras de parada por vehículo	0,73	0,71	0,5
Distancia recorrida (km)	27,8	29,1	27
Tiempo total de viaje (h)	1,6	1,6	0,4
Velocidad promedio (km/h)	17	18	20
Demora global por vehículo (s)	6,1	6,9	4,8
Nivel de servicio global	A	A	A

En términos generales los escenarios base y con proyecto, a nivel funcional operan de forma similar al analizar las maniobras de parada, sin embargo, por el aumento en los vehículos en algunos accesos, se presenta un aumento de 1,3 km en el recorrido de viaje para completar todos los viajes, esto a pesar de mantenerse el nivel de servicio en A.

Al contemplar el caso con proyecto y reordenamiento vial, al reducir los entrecruzamientos en las intersecciones 1 y 2, resultante de la reducción de movimientos, se presenta una reducción cercana al 32% en las maniobras de parada con respecto a los otros escenarios.

El efecto del reordenamiento por medio de movimientos específicos, generó una reducción del recorrido de la red analizada de 0,8 km con respecto al escenario base y 2,1 km con respecto al escenario con proyecto, a este indicador debe sumársele la longitud de viaje que no se considera dentro de la red de la zona aledaña a ORI.

Cabe destacar que el último escenario presenta, dentro de la red de estudio, las velocidades de operación promedio más altas y el menor tiempo total de viaje.



7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Posterior al análisis de datos y análisis funcional, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones para intervenir el área vial aledaña al Palimpsesto Universitario.

7.1 Conclusiones

Posterior al análisis de los datos y análisis funcional se desprenden las siguientes conclusiones puntuales:

- El análisis de trayectorias y conflictos en las intersecciones 1 y 2 evidencia el riesgo latente de incidentes viales en la zona, con registros de hasta 865 peatones cruzando en la hora pico del periodo m.d. y velocidades vehiculares máximas de 53 km/h.
- La cultura peatonal de los usuarios universitarios presenta una apropiación importante del espacio público, incluyendo el espacio de la calzada, lo cual es visible en las trayectorias peatonales en las que los patrones se presentan tanto en aceras como sobre las vías, sumado a patrones dispersos sobre toda la zona destinada al tránsito vehicular.
- Las velocidades de cruce peatonal son sumamente bajas, con un promedio de 0,59 m/s; lo cual refuerza la afirmación de que los peatones transitan por las calles del campus universitario con una baja percepción al riesgo ante una colisión con un vehículo automotor.
- La zona de cruce entre la ORI, cajeros y la Junta de Ahorro y Préstamo presenta un patrón difuso en las trayectorias, predominando los viajes de 1 y 2 personas. Este comportamiento se registró durante el conteo peatonal realizado en la zona, con una presencia promedio de 62 peatones por hora.
- El análisis funcional del escenario base responde al comportamiento observado en campo, en el cual en promedio 1 o 2 vehículos generan colas, pero existen casos máximos en los que se evidencian hasta 4 vehículos.
- El análisis funcional del escenario con proyecto responde de forma apropiada al aumento en los viajes, sin embargo, mantiene la misma sección transversal de vía que los peatones deben cruzar, por lo que no solventa el riesgo al que los peatones se ven expuestos.
- El análisis funcional del escenario con proyecto y reordenamiento vial se analizó con la limitación del área de estudio, donde no se contempla completamente el aumento del recorrido que deberían realizar los conductores por el cambio de vías. Sin embargo, los indicadores observados son satisfactorios y permite reducir el área de cruce de los peatones sobre la vía al aprovechar el espacio residual de los carriles como zonas peatonales.



En la Figura 25 se traslapan algunos resultados que permiten entender la problemática global de la zona estudiada, en esta se evidencia la zona de conflictos peatón-vehículo junto a las trayectorias diversas de los peatones, que sumadas a la baja velocidad de cruce peatonal y a la velocidad máxima registrada de los vehículos automotores, aumenta la exposición al riesgo de los peatones, ante una infraestructura diseñada para los vehículos automotores.

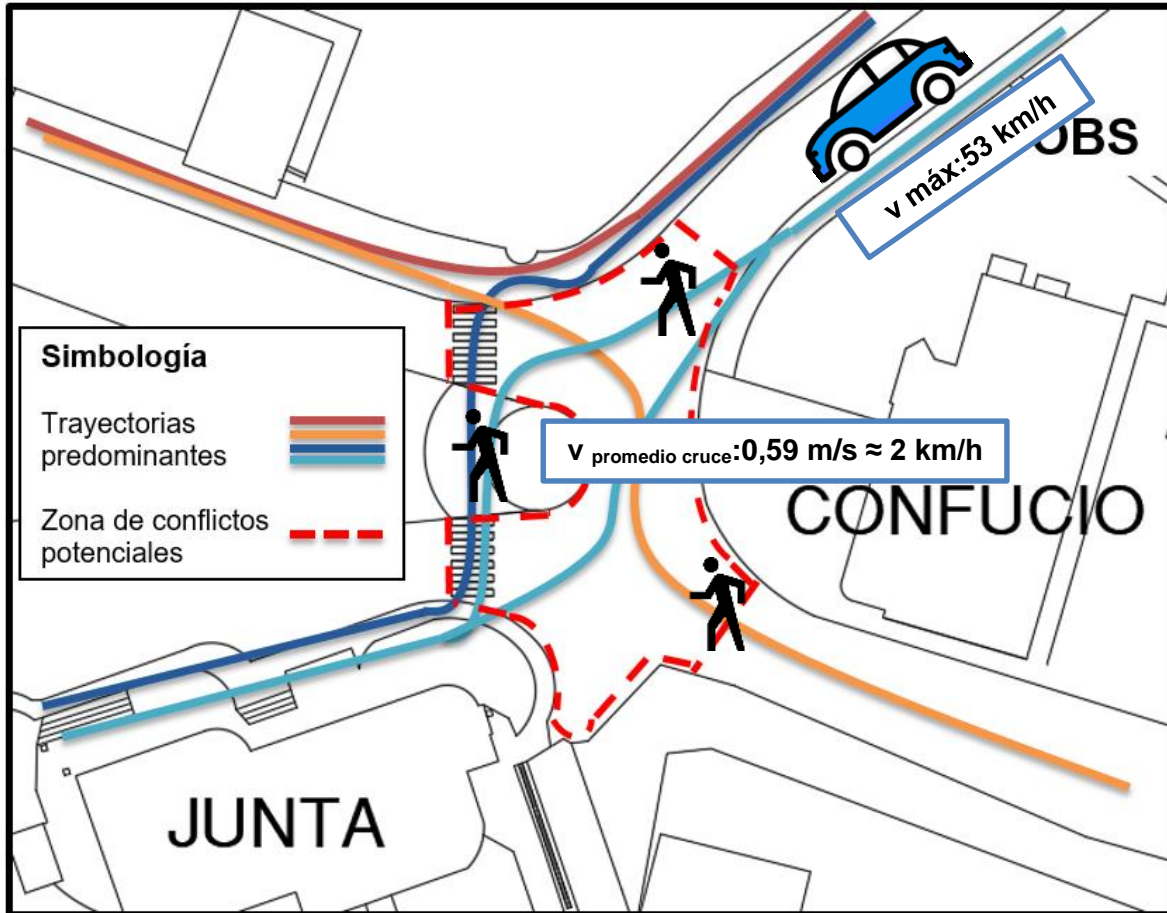


Figura 25. Traslape de datos de trayectorias peatonales, zona de conflictos potenciales y velocidades de operación y cruce peatonal

A pesar de la cultura vial que impera en el campus universitario por parte de la mayoría de los usuarios que transitan por sus vías, resulta necesario implementar medidas de pacificación que disminuyan las velocidades de circulación de los vehículos automotores y que permitan que los usuarios a pie y en bicicleta se puedan apropiar de mejor manera del espacio público, el cual debe proveer condiciones óptimas para su transitabilidad y permanencia.



La zona prioritaria de pacificación corresponde al sector frente al Instituto Confucio en donde convergen flujos vehiculares de varias direcciones, los cuales no se verán afectados en cuanto a sus tiempos de desplazamiento dadas las condiciones favorables a nivel funcional.

Por lo tanto, resulta necesario el diseño y construcción de una plataforma peatonal en dicha intersección, con el fin de propiciar el uso prioritario del espacio público para las personas a pie, brindando así una continuidad con el bulevar que se propuso para el Palimpsesto Universitario hacia el edificio de Registro y los demás diseños propuestos.

7.2 Recomendaciones

Ambas alternativas de mejora, con y sin reordenamiento vial, son válidas desde el punto de vista funcional, tomando en consideración las limitaciones del estudio, sin embargo, en ambos casos deben implementarse medidas de pacificación vial para que la infraestructura respondan a las necesidades de los peatones en el sitio, así como reducir la severidad de posibles incidentes entre peatones y vehículos:

- Implementar una plataforma o mesa peatonal (denominada en inglés como speed table) en la intersección aledaña al Instituto Confucio según se detalla en la Figura 26, con un color y material distinto al resto de la calle, con el fin de diferenciar la zona, así como el uso de bolardos para canalizar los flujos vehiculares.
- Según la alternativa funcional seleccionada, debe realizarse la demarcación horizontal y señalamiento vertical correspondiente, tomando en consideración las maniobras permitidas para cada escenario. Sin embargo, se recomienda implementar una señalización similar a la presente en la Figura 27, donde los triángulos en la demarcación horizontal sustituyen las señales de CEDA.
- La alternativa presente en la Figura 28 contempla una superficie de ruedo tipo adoquín para diferenciar la calle de la mesa peatonal, así como el uso de luminarias y vegetación para canalizar los flujos peatonales y vehiculares. Cabe destacar que los adoquines requieren de mantenimiento y sufren deterioros en su base granular ante los efectos de la escorrentía.
- En términos generales el material seleccionado para la superficie de ruedo debe valorarse a nivel de costos, mantenimiento durante su operación y manejo de aguas.
- Los beneficios de esta propuesta son:
 - Reducción de la velocidad de operación vehicular, lo cual genera mejores interacciones entre peatones y vehículos, reduciendo el riesgo de ocurrencia de choques entre peatones y vehículos y su severidad.
 - Priorización del peatón sobre la infraestructura, tomando en cuenta que este es el usuario que más utiliza la infraestructura analizada.

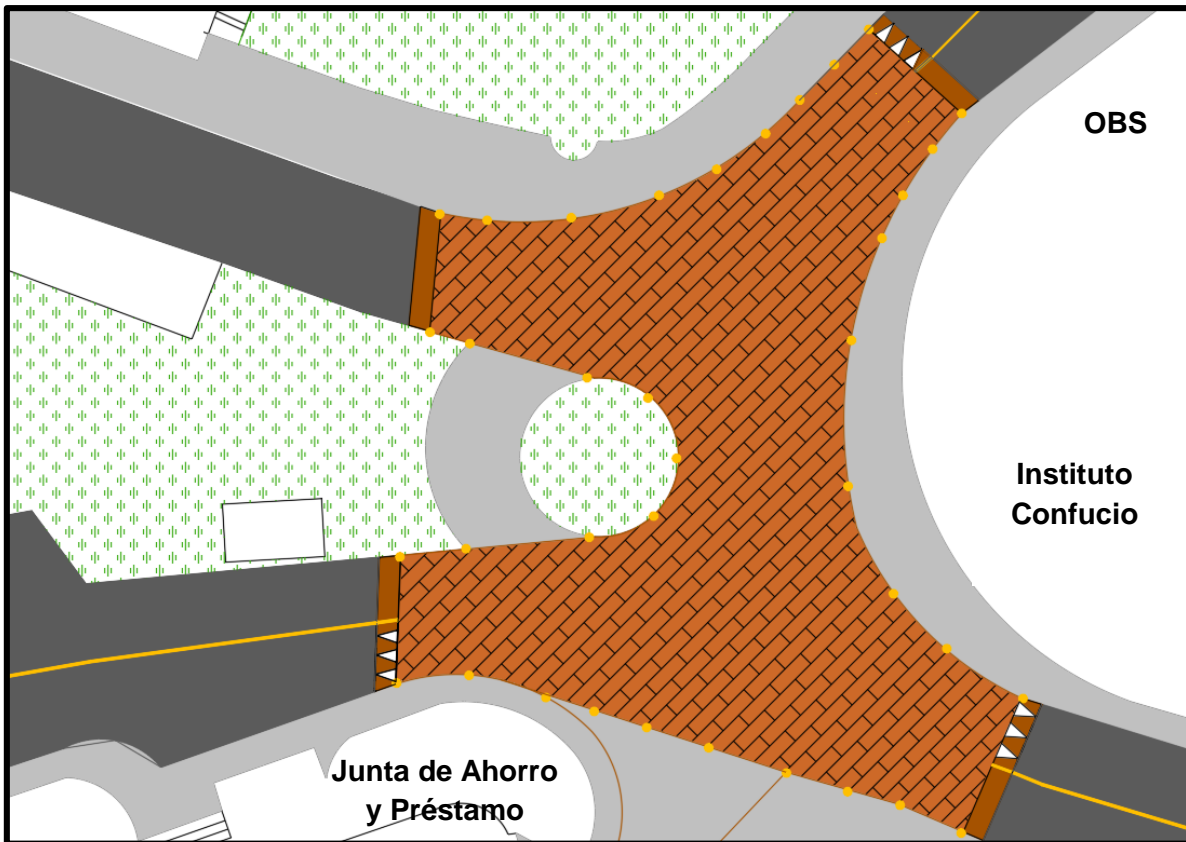


Figura 26. Intersección con mesa peatonal



Figura 27. Ejemplo de implementación de mesa peatonal en Nueva Zelanda

Nota: Recuperado de <https://at.govt.nz/projects-roadworks/herne-bay-cycling-and-walking-improvements/>.



Figura 28. Ejemplo de implementación de mesa peatonal con superficie de ruedo en adoquines

Nota: Recuperado de <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/vertical-speed-control-elements/speed-table/>.

- En caso de seleccionar la alternativa con reordenamiento vial, cabe destacar que se podrá aprovechar el espacio residual generado por la reducción de la sección de calle (ver Figura 29) en ampliaciones de la zona verde o zonas de descanso para los peatones.
- Ante la alternativa de eliminar la maceta que se ubica frente a la Junta de Ahorro y Préstamo, no se evidencian efectos negativos en la transitabilidad, por lo que la decisión queda a criterio de las autoridades.

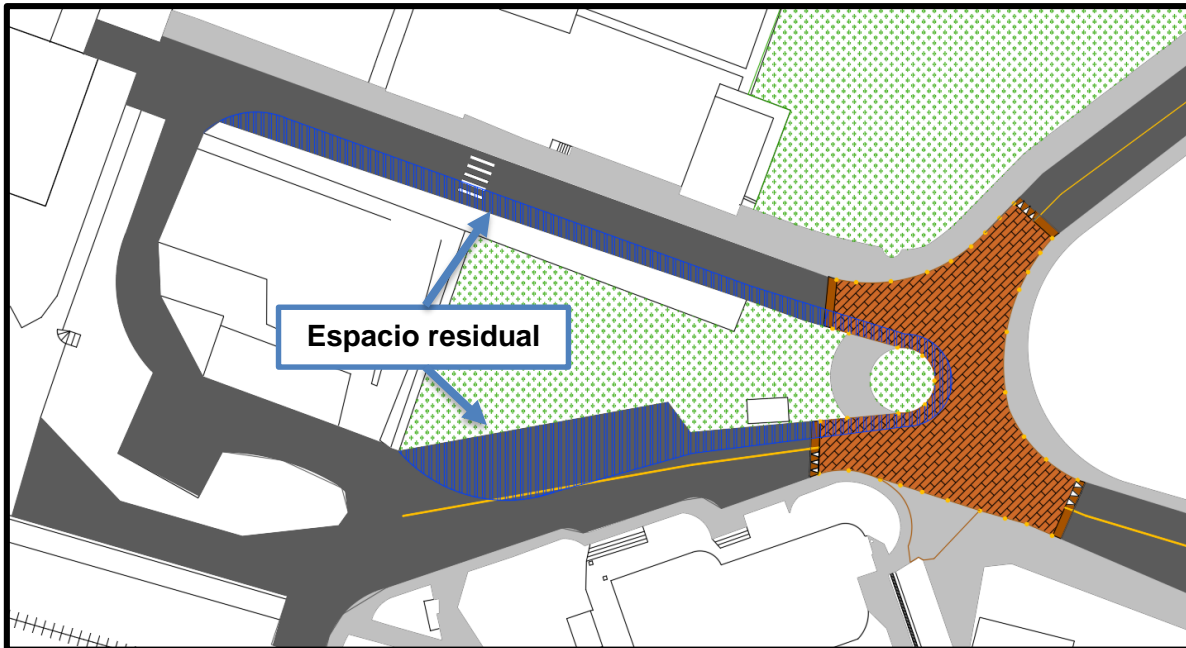


Figura 29. Escenario con reordenamiento vial

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Molina, O., González, A., Castillo, E. y Blanco, D. (2016). Informe Palimpsesto Universitario, Oficina de Servicios Generales, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.