



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CÓRDOBA

F.C.E.F y N.

RECOMENDACIONES DE
MEJORAS EN INTERSECCIÓN
URBANA

AUTOR: CASTILLO HÉCTOR IVÁN

TUTOR INTERNO: ING. ALBRIEU LAURA

TUTOR EXTERNO: ING. RIGAZIO RINALDO

FECHA: 24/06/2019

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- OBJETIVOS GENERALES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA	1
1.2.- OBJETIVOS PARTICULARES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA	2
1.3.- DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD RECEPTORA	2
1.4.- ROL DEL ALUMNO EN LA ENTIDAD RECEPTORA	5
2.- MARCO TEÓRICO	6
2.1.- SIMULACIÓN	7
2.2.- SIMULADOR PTV VISSIM	8
3.- DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN	9
4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	11
4.1.- PLANIFICACIÓN.....	12
4.2.- RELEVAMIENTO.....	13
4.2.1.- Datos de tránsito.....	17
4.2.1.1.- Determinación de Hora Pico.....	17
4.2.2.- Geometría de la Intersección	22
4.2.3.- Transporte Público.....	22
4.3.- Análisis de Datos	24
4.4.- Diagnóstico de la Situación Actual	25
4.5.- PLANTEO DE HIPÓTESIS.....	29
5.- PLANTEO DE LAS ALTERNATIVAS	30
5.1.- ALTERNATIVA 1	30
5.2.- ALTERNATIVA 2	30
5.3.- ALTERNATIVA 3	31
5.4.- ALTERNATIVA 4	32
5.5.- ALTERNATIVA 5:	33
5.6.- ALTERNATIVA 6	38
6.- SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	40
6.1.- RED VIAL	40
6.2.- TRÁNSITO	41
6.3.- CONTROL SEMAFÓRICO	43
6.4.- EVALUACIÓN Y CALIBRACIÓN	44
7.1.- MEDIDAS DE DESEMPEÑO	49
7.2.- ALT00:.....	50
7.3.- ALT01:.....	52
7.4.- ALT02:.....	54
7.5.- ALT03:.....	56

7.6.- ALT1:	57
8.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
8.1.- Período de estudios	59
8.2.- Selección del intervalo de estudio:	59
8.3.- COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS CON LA SITUACIÓN BASE	60
8.4.- DESEMPEÑO DE LAS ALTERNATIVAS EN LA INTERSECCIÓN	61
8.5.- COMPARACIÓN DE ALT03 y ALT1	61
8.6.- PROYECCIÓN DE LA DEMANDA EN ALT03 Y ALT1	63
9.- CONCLUSIONES	68
10.- BIBLIOGRÁFICO	70
11.- ANEXO	71

1.- INTRODUCCIÓN

La Práctica Profesional Supervisada es una asignatura obligatoria correspondiente al último año de la Carrera de Ingeniería Civil, que dicta la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, perteneciente a la Universidad Nacional de Córdoba, necesaria para la acreditación del título de grado.

Los alumnos deben realizar un mínimo de 200 hs. de Práctica Supervisada en sectores productivos y/o de servicios, o bien, en proyectos concretos desarrollados por la institución para estos sectores o en cooperación con ellos, y es de cumplimiento obligatorio para todas las carreras que establezca el Ministerio de Educación de la Nación y se dicten en Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales.

Para la realización de dicha práctica, el alumno se incorporó en calidad de pasante no rentado a la Oficina de Ingeniería de Tránsito de la Municipalidad de Córdoba, en donde se le encargó la realización de un proyecto de tránsito a través de la simulación de una rotonda conflictiva de la ciudad de Córdoba.

El presente informe posee en cuatro unidades: una primera introductoria, en donde se da un encuadre al problema planteado y se fijan los objetivos del proyecto realizado; una segunda que define el marco teóricos en el cual se basa el informe; la tercera unidad detalla y explica la metodología de trabajo utilizada y los resultados obtenidos; y, por último, un cierre con las conclusiones obtenidas sobre el proyecto y de la Práctica Supervisada.

1.1.- OBJETIVOS GENERALES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

El proyecto propuesto como práctica profesional es el estudio de una intersección conflictiva de la ciudad ubicada al cruce de las Av. O'Higgins y Av. Pablo Ricchieri y un correspondiente plan de mejoras con su evaluación centrada a mejorar los efectos el tránsito. A continuación se plantean los objetivos generales y específicos de la Práctica Profesional Supervisada.

- Complementar los cursos de grados correspondientes de la carrera con el ejercicio profesional.
- Interactuar con otros profesionales y el medio.
- Plantear una enfoque global del problema a resolver
- Adquirir un criterio general para resolver problemas de ingeniería.

1.2.- OBJETIVOS PARTICULARES DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

- Plantear un plan de trabajo para resolver el problema específico de la ingeniería civil.
- Adquirir conocimientos sobre simulación, técnica fundamental para resolver problemas complejos.
- Sentar algún precedente sobre la intersección que pueda ser tomado en consideración por la Municipalidad de Córdoba.

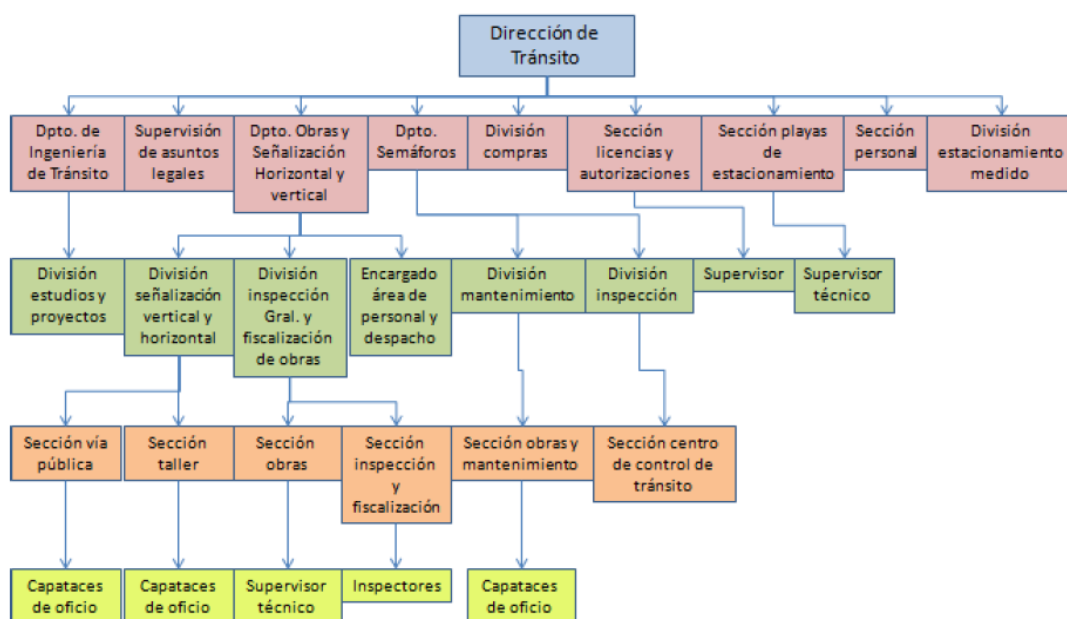
1.3.- DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD RECEPTORA

La práctica profesional se desarrolló en la Municipalidad de Córdoba, Secretaría de Servicios Públicos, subsecretaría de Transito, Dirección de Tránsito, Departamento de Ingeniería de Tránsito.

La estructura orgánica de la secretaria de Servicios Públicos se divide en cuatro subsecretarías: Subsecretaría de Transporte, Subsecretaria de Higiene Urbana, Subsecretaría de Tránsito y subsecretaría de Movilidad Sustentable, definido por el Decreto N° 2819 (Septiembre 2018). Dentro de la Subsecretaría de Transito se encuentra la Dirección de Tránsito, la cual se detalla a continuación.

El organigrama de la Dirección de Tránsito ha sido estructurados a través del Decreto N° 1409 (Mayo 2013).

A continuación en la Imagen N° 1.3.1 se muestra como queda conformada la Dirección de Tránsito



[Imagen N° 1.1 - Organigrama de la Dirección de Tránsito - Fuente: Práctica Supervisada de Rafael Gómez]

El decreto expone también las misiones y funciones de cada sección o división:

<p>CÓDIGO ORGÁNICO: 1</p> <p>Puesto: DIRECCIÓN DE TRÁNSITO</p> <p>Depende de: SUBSECRETARÍA DE TRÁNSITO</p> <p>Supervisa al: Jefe de Departamento de Ingeniería de Tránsito, al Jefe de Sección de Asuntos Legales, al Jefe de Departamento Obras y Señalización Horizontal y Vertical, al Jefe de Departamento Semáforos, al Jefe de División Compras, al Jefe de Sección Licencias y Autorizaciones, al Jefe de Sección Playas de Estacionamiento, Jefe de Sección Personal y al Jefe de División Estacionamiento Medido.-</p>
--

[Imagen N° 1.2: Definición de la Dirección de Tránsito]

Puesto: Dirección de Tránsito

Misiones: Elaborará, coordinará, e implementará las políticas de tránsito para la ciudad de Córdoba que fije la Administración Municipal.

Funciones: Coordinar e implementar las políticas de tránsito que fije la administración. Supervisar, coordinar y ejecutar las tareas inherentes al área. Informar a la Superioridad sobre los inconvenientes que se presentan en la ejecución de trabajos. Realizar el permanente control, para relevar la eficiencia de las tareas encomendadas. Informar a la Superioridad sobre los trabajos ejecutados y las etapas de su cumplimiento.

<p>CÓDIGO ORGÁNICO: 1.1</p> <p>Puesto: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO</p> <p>Depende de: DIRECCIÓN DE TRÁNSITO</p> <p>Supervisa al: Personal técnico y administrativo del Departamento y al Jefe de la División Estudios y Proyectos</p>
--

[Imagen N° 1.3: Definición del Departamento de Ingeniería de Tránsito]

Puesto: Departamento de Ingeniería de Tránsito

Misiones: Planificación y aplicación de proyectos de ingeniería de tránsito, en un todo de acuerdo con las políticas de tránsito dispuestas por el Departamento Ejecutivo.

Funciones: Aplicar las políticas de tránsito dispuestas por el Departamento Ejecutivo. Realizar y supervisar el control operativo de todos los proyectos elaborados por la División Planificación y Proyectos. Coordinar políticas de trabajo y programas técnicos de injerencia común con la División. Planificación y Proyectos,

el Departamento Semáforos y el manejo de las distintas áreas técnicas y operativas del Departamento Obras y Señalización Horizontal y Vertical, Dirección de Policía Municipal y Dirección de Transporte. Verificar los resultados obtenidos una vez implementadas las medidas y aprobación de las mismas.

Informar a la Superioridad sobre los trabajos ejecutados y las etapas de cumplimiento.

CÓDIGO ORGÁNICO: 1.1.1

Puesto: DIVISIÓN ESTUDIOS Y PROYECTOS

Depende de: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Supervisa a: Personal del área

[Imagen N° 1.4: Definición de División Estudios y Proyectos]

Puesto: División de Estudios y Proyectos

Misiones: Tiene como misión primordial la realización de todos los proyectos de ingeniería de tránsito, en un todo de acuerdo con las políticas de tránsito dispuestas por el Departamento Ejecutivo. Su titular debe cumplir funciones de auxiliar inmediato y reemplazo natural del Jefe de Departamento del área.

Funciones: Planificar y elaborar de proyectos de ingeniería de tránsito, señalizaciones horizontales y verticales, isletas canalizadoras, carriles de usos especiales, instalaciones semafóricas, y toda otra obra o dispositivo de regulación, ordenamiento y control del tránsito vehicular y peatonal. Determinar sentido de circulación de arterias y modalidades de uso diferencial de la vía pública y estacionamiento en toda la ciudad, cualquiera sea su forma de explotación. Elaborar informes para otorgar pre factibilidad de playas de estacionamiento. Desarrollar y aplicar normas, programas técnicos, y trabajos, relacionados con el tránsito vehicular y/o peatonal, que se realicen por contratación y/o administración. Realizar relevamientos y trabajos de campo relacionados con el Departamento Ingeniería de Tránsito. Confeccionar los programas de toda la red semafórica de la ciudad, que formen parte o no del sistema de semáforos centralizados de la ciudad, y/o cualquier otro sistema que pudiera implementarse en la misma. Evaluación y respuesta técnica a las sugerencias o pedidos relacionados a su competencia específica, realizados por particulares o entidades oficiales municipales o de otra índole, respecto a proyectos o medidas que signifiquen un cambio en las condiciones actuales del tránsito en la ciudad.

El Ing. Rinaldo Rigazio, quien ofició de tutor externo en esta práctica supervisada, es el jefe de la División de Estudios y Proyectos. De todos modos, algunas de las secciones

y divisiones del organigrama están hoy funcionando de manera conjunta en la misma oficina del Departamento de Ingeniería de Transito, a cargo del Ingeniero Rigazio.

1.4.- ROL DEL ALUMNO EN LA ENTIDAD RECEPTORA

Se definió cual es la intersección a estudiar, se planteó un plan de trabajo tentativo el cual fue consentido por las autoridades del departamento de Tránsito. El proyecto asignado debía respetar los lineamientos de trabajo habitual del departamento.

La realización de dicho proyecto implicó las siguientes tareas:

- Búsqueda y estudio de antecedentes.
- Planificación de la recolección de datos de campo.
- Relevamientos de campo.
- Estudios previos del software de simulación a utilizar.
- Simulación de la situación actual de la intersección en estudio.
- Calibración del modelo.
- Planificación y planteo de distintas alternativas de solución.
- Simulación de las distintas alternativas de solución.
- Evaluación de los resultados obtenidos mediante las simulaciones pertinentes.
- Muestra de los resultados y conclusiones por medio de un informe final.

2.- MARCO TEÓRICO

Resolver problemas de tránsito requiere el estudio e interpretación de varios sistemas complejos interconectados, la infraestructura y todos sus componentes (los canales de comunicación, diseño y estado de conservación, señales de tránsito), el comportamiento de los usuarios, tipos de vehículos, cantidad de usuarios, etc. Cada uno de ellos requiere un análisis específico, solo un estudio interdisciplinar puede encarar este problema.

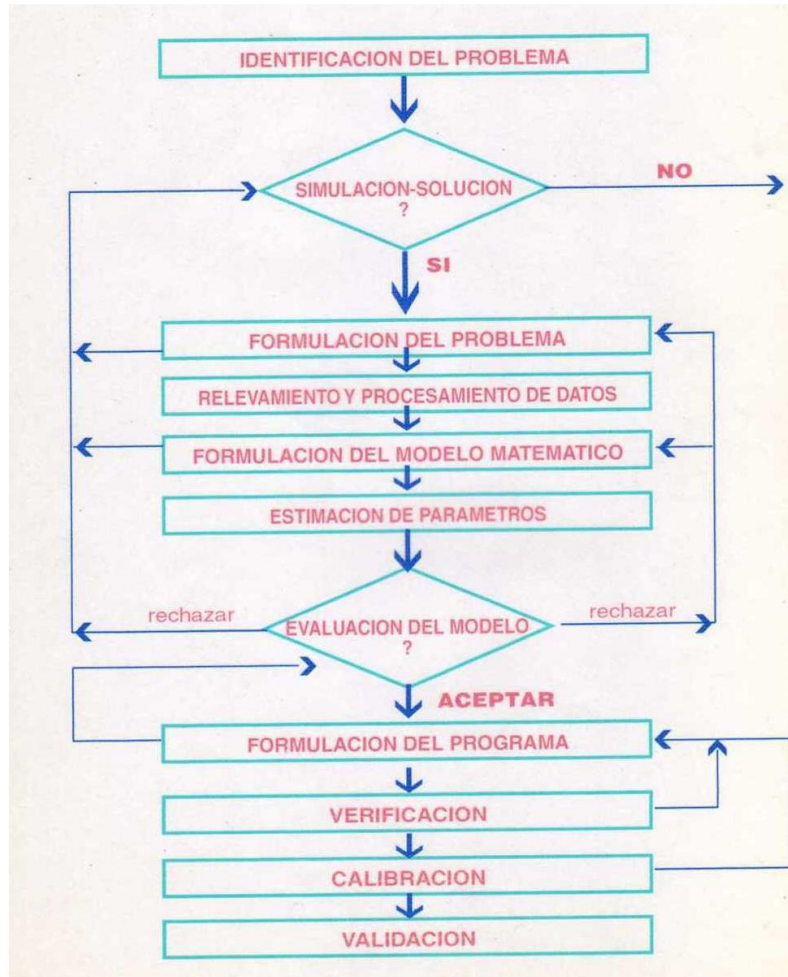
Un sistema de tránsito puede ser tan grande y complejo que incluso llevando el problema a una escala reducida, no hay certeza de que los resultados sean similares a los que se obtendrían en su medio original.

Por otro lado, no es posible experimentar en su ambiente natural los grandes sistemas organizados como un todo, por cuestiones prácticas, económicas, entre otras.

Es por esto, que la comprensión de estos problemas de sistemas complejos de tránsito no pueden ser resueltos de forma directa, sino que se llega a su entendimiento y experimentación a través de modelos que representan al sistema. Esto es conocido como análisis predictivo, en el cual se pretende conocer los efectos antes de llevar adelante las acciones correctivas. Los modelos que se emplean actualmente son simbólicos, es decir, que simulan las variables y parámetros característicos del fenómeno del transporte vehicular a partir de relaciones matemáticas y lógicas. La inferencia del comportamiento humano en el tránsito urbano hace que en dos escenarios iguales, con las mismas variables se observen efectos diferentes. La evidencia muestra que es posible emplear distribuciones de frecuencia en las variables características a través de algún parámetro aleatorio, estos modelos son conocidos como estocásticos. Los experimentos realizados por computadora, conocidos hoy en día como simulaciones, están a cuenta corriente y gracias a estos, se han tomado grandes decisiones en la gestión del tránsito.

2.1.- SIMULACIÓN

Actualmente existen en el mercado diversos tipos de modelos predictivos que nos permiten realizar una amplia gama de experimentos por computadora. A continuación se muestra en la Imagen N° 2.1 un esquema de trabajo para el desarrollo integral de una simulación.



[Imagen n° 2.1: Diagrama de trabajo con simuladores Fuente: Cátedra de Transporte I]

En el presente trabajo, se parte desde la etapa de “Relevamiento y Procesamiento de datos”. El “Modelo Matemático” ya se encuentra cargado dentro del programa, como así también la “Estimación de Parámetros” y la “Verificación”, resta realizar entonces la “Calibración” y “Validación”. Una vez llegado al punto en el que la validez del simulador es aceptable, es posible llevar la situación actual a diversos escenarios, que se formulan con el propósito de solucionar el problema.

Los escenarios se plantean en base a ciertas hipótesis de las causas del problema. Estas hipótesis se definirán en base a lo observado en campo, lo aprendido durante la carrera y la propia experiencia de los tutores quienes han ayudado a consolidar propuestas coherentes y potencialmente materializables.

2.2.- SIMULADOR PTV VISSIM

Vissim es un software de simulación, diseñado para gestionar y planificar el tránsito a nivel mesoscópico y microscópico, que permite el empleo del análisis multimodal, pudiéndose llevar a cabo un estudio completo del fenómeno del transporte urbano.

VISSIM, abreviatura de “Simulación de Tránsito en Ciudades” (Verkher In StaedtenSIMulation), tuvo origen en la Universidad de Karlsruhe, Alemania basado en un modelo desarrollado por Wiedemann en 1974 que considera variables físicas de los vehículos (aceleración, desaceleración) y psicológicas del conductor (nivel de agresividad) con seguimiento estocásticos (semillas aleatorias) y velocidades dinámicas, simuladas en tiempos discretos. El software PTV VISSIM data de 1992 y actualmente está integrado, en su versión 8, con otros programas como VISSUM, VISWALK, que completan una robusta capacidad de análisis de planificación y de operación en problemas de transporte urbano.

En el presente caso se utiliza el modelo de simulación a nivel microscópico, es decir que se definirán las variables en función a los vehículos que circulan por la intersección, tanto desde las características del vehículo, inherentes a su funcionamiento como así también al comportamiento de los usuarios.

El software permite representar los detalles de la infraestructura de la red analizada, es decir número de carriles, ancho, pendiente, curvaturas, etc. Otra de las virtudes de este software es que nos permite trabajar sobre una imagen de fondo que puede ser importada de algún sistema de información geográfica como Google Maps o Google Earth o bien trabajar sobre el mapa que trae incorporado el programa.

Respecto a la variable tráfico, el modelo nos permite ingresar el volumen horario a partir de datos exactos medidos en campo o que surjan de la estimación, la composición (por defecto el software tiene una composición pre-establecida que contempla un cierto porcentaje de vehículos pesados y livianos) y distribución de velocidades. Una vez definida la geometría y las variables de tráfico, podemos asignar el porcentaje que corresponde a cada ruta, las prioridades, el rango de aceleración y desaceleración. El simulador permite introducir reguladores de tránsito como son las señales de Stop, semáforos con su respectivo ciclo y reparto de verde, reglas de prioridad, reductores de velocidad, entre otros.

Por ultimo podemos mencionar que las herramientas de evaluación del simulador permiten obtener una amplia variedad de resultados, por lo que el usuario debe configurar para obtener los que le sean útiles, durante la configuración podemos pedir que nos devuelva algunas variables puntuales o pedir una evaluación integral con la función nodo o NetworkPerformance.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA INTERSECCIÓN

La intersección se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad de Córdoba, precisamente al límite inferior del barrio Jardín Espinosa. La misma converge tres grandes canalizaciones de tránsito que son la Av. O'Higgins, la Av. Pablo Ricchieri y la Av. Celso Barrios. La Av. O'Higgins divide marcadamente el sector en dos zonas, al oeste de la avenida se encuentra el barrio Jardín Espinosa, el cual es residencial con amplias calles arboladas. Por otro lado, al este de la avenida se encuentran una imponente zona comercial la cual contiene a grandes hipermercados y patios de comida. La calle Celso Barrios sirve de barrera artificial de las zonas mencionadas anteriormente con una pequeña zona fabril al sur, encabezada por la Volkswaven.

La Av. O'Higgins tiene un desarrollo vertical, con tráfico en sentidos NS y SN. La misma conecta un gran bloque conformado por barrios residenciales al norte con un polo fabril al sur y circunvalación, con su correspondiente intercambiador. Esta canalización se muestra hegemónica en la zona por sobre todo, debido a su conexión directa con circunvalación.

La Av. Pablo Ricchieri tiene un desarrollo oblicuo desde el NO hacia el SE y también permite ambos sentidos. No obstante, esta avenida, siguiendo su recorrido hacia el NO, presenta luego una alteración en su desarrollo, rectificándose verticalmente, conectando así con la Av. Cruz Roja Argentina. Esta canalización vincula el centro de la ciudad, pasando por Ciudad Universitaria con la zona sur de la ciudad.

Por otro lado la Av. Celso Barrios conecta el zona este del sector con las avenidas mencionadas anteriormente gracias a la intersección que estamos estudiando en este momento.

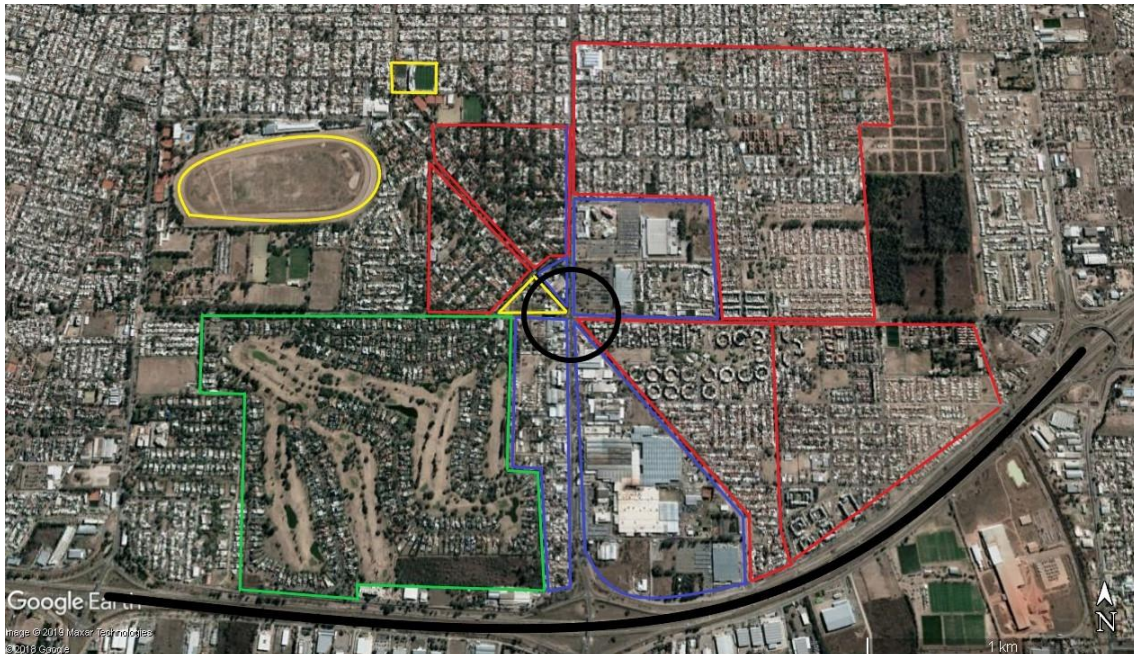
La av. Pablo Ricchieri se encuentra semaforizada en ambas direcciones en una sola fase, como así también la Av. O'Higgins pero en distintas fases. La av. Celso Barrios se muestra como una avenida secundaria sin semaforizar.

Los movimientos son confusos en la mayoría de los casos, debido a la presencia de la rotonda ovalada. Predomina el no funcionamiento de la intersección como rotonda, sino que se accede a la misma solamente desde Celso Barrios y O'Higgins Sur-Norte.

Dada la ubicación estratégica de la intersección, el tránsito se caracteriza por vehículos de uso privado, principalmente automóviles y utilitarios. No obstante, se aprecia un flujo considerable de motocicletas, autobuses privados y eventualmente pasan camiones de gran porte. Existe una escasa cantidad de vehículos para transporte público y escaso tránsito peatonal en todas las avenidas.

Actualmente se encuentra en construcción un nuevo CPC (Centro de Participación Comunal) en la intersección de la Av. Ricchieri y la Av. Celso Barrios, frente a la estación de servicio Axion.

A continuación se muestra una imagen aérea de la intersección. Se demarcaron diversos usos de suelo. Como barrera externa de la región nos encontramos con la Av. Circunvalación.

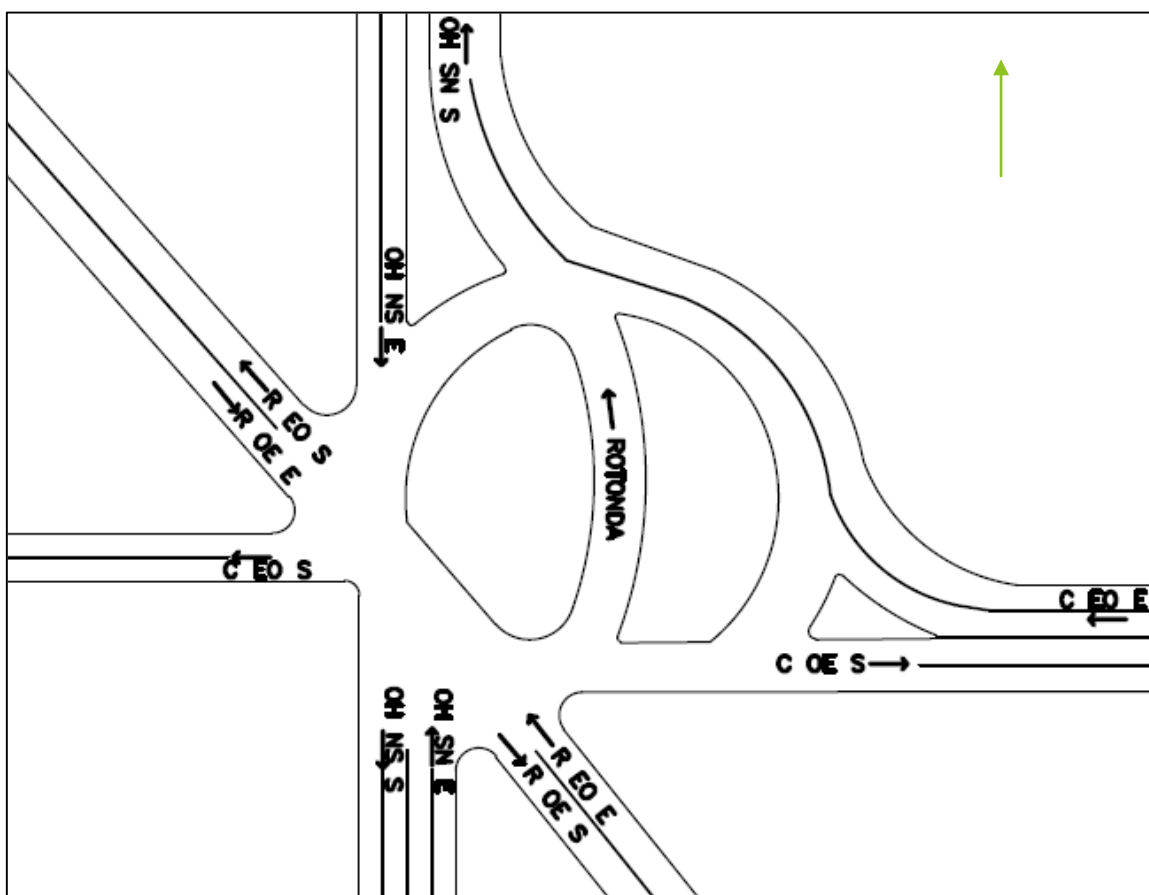


[Imagen N° 3.1: Imagen aérea de la intersección]

En la imagen anterior se han zonificado de manera muy simplificada los usos de suelo. Con azul, tenemos la zona comercial – industrial, con rojo la zona residencial, con amarillo algunos lugares particulares como el hipódromo, la cancha de Talleres, el CPC ubicado en una esquina de la intersección, con verde se muestra con la zona de barrio cerrado.

4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

Desde un principio se planteó que el estudio requerido por el Departamento de Tránsito de la Municipalidad de Córdoba sobre la intersección en cuestión, se resolviera en conjunto con srta. Mariana Belloti, dada la complejidad de la intersección y las distancias involucradas en la misma. Sin embargo, las Prácticas Supervisadas de la carrera son de carácter individual, con lo cual cada uno desarrolló el trabajo con distintos enfoques, en mi caso el enfoque se concentra en el planteo de las alternativas y posterior recordaciones para resolver los problemas que se hallasen en la intersección. En base a esto, se prosiguió con realizar una primera visita en conjunto para definir una planificación general. Cabe destacar que se requirió de organización previa y establecer códigos de trabajo para poder realizar el análisis de datos de manera prolija y ordenada. A continuación se muestra en la imagen N° 4.1 un diagrama de las calles intervinientes con la nomenclatura empleada de aquí en adelante. La nomenclatura surge de compactar el nombre de la calle (R Ricchieri, OH O'Higgins, C Celso Barrios), el sentido de movimiento (EO Este Oeste, OE Oeste Este, NS Norte Sur, SN Sur Norte) y si el movimiento es E Entrante o S Saliente en relación a la intersección. Ej: R EO E representa el movimiento de Ricchieri Este Oeste Entrante).



[Imagen N° 4.1: Croquis de la intersección, con las calles y su nomenclatura]

4.1.- PLANIFICACIÓN

1.- Inspección inicial: Luego de la primera visita a la intersección se determinó a simple vista cuales eran los accesos más conflictivos y en los cuales habría que relevar los datos relevantes, puntos de conflicto, etc.

2.- Relevamiento: Se planteó que el mayor conflicto de la intersección era la perpetuación de largas colas en tres de las avenidas concurrentes (OH NS E, R OE E, OH SN E) a lo cual suscribieron desde la oficina de Tránsito. Se definieron con los correspondientes tutores la PS cuáles eran los datos a relevar y la forma de hacerlo, enumero a continuación:

a.- En relación al tránsito: volumen, factor de hora pico, porcentaje de giros, composición vehicular las avenidas conflictivas, el ciclo del semáforo con sus respectivas fases, tiempos de verde y las colas.

b.- Geometría de la intersección: Anchos de carriles, sobreamanchos, isletas, ubicación de sendas peatonales, etc.

c.- Transporte público: Líneas, frecuencias, cantidad de pasajeros que ascienden/descienden, ubicación de las paradas.

3.- Análisis de Datos: Con los datos relevados se procedió a realizar tareas de gabinete de síntesis y análisis de datos. Se formulan luego, las hipótesis que serán puestas a pruebas en simulador.

4.- Planteo de alternativas: Las alternativas serán planteadas es función de las hipótesis formuladas, esto implica que las alternativas involucren un escenario en el cual alguna o varias hipótesis se hallen expuestas.

5.- Simulación de la Situación Actual y Calibración: Una vez definida la situación actual, en términos de datos, se continúa con la carga de los mismos en Vissim. A partir de allí, se deberán realizar las modificaciones pertinentes para que lo simulado devuelva.

6.- Simulación de las Alternativas y obtención de datos

7.- Análisis de Resultados

8.- Conclusiones

A continuación se desarrolla el resto del informe en base a lo planificado.

4.2.- RELEVAMIENTO

El relevamiento se desarrolló en varias jornadas. En primera instancia, fuimos a la intersección y realizamos un estudio expeditivo sobre el tránsito, movimientos dominantes, puntos de conflicto, señales de tránsito y semáforos, ubicación de las paradas de transporte público, relevamos elementos destacados de la zona. Una vez allí, se planificó en que días se iban a relevar los volúmenes para definir el factor de hora pico. A continuación se muestra un cronograma de relevamiento:

Diciembre 2018						
Do.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sá.
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

[Imagen N° 4.2: Programación de trabajo]

PROGRAMACIÓN		
	Tarea	Nro de Personas
	Relevamiento Hora Pico	2
	Relevamiento Volúmenes, giros y composición	5
	Geometría y otros	2

[Imagen N° 4.3: Referencias]

Se planificó el relevamiento como sigue: el Viernes 7-dic se relevó la hora pico, para ello, fuimos dos personas a medir en los tres turnos donde más tráfico hubo sobre la calle que consideramos que tiene el tránsito más problemático, que es OH NS E (O'Higgins Norte Sur Entrante).

Durante los días 13-dic y 14-dic medimos los volúmenes, giros y composición. Ese día llevamos las cámaras GoPro provistas por el I.S.I.T más una autorización para instalarlas en la azotea del CPC ubicado en la intersección, previamente se solicitó el permiso con el Jefe de Obra del CPC. No obstante, se decidió no colocarlas allí ya que había árboles que tapaban la visual y aun así, no había un ángulo visión que involucrara todos los accesos. Luego se muestra una imagen de la visual de la azotea y la posición final donde se instalaron las cámaras.

El ángulo con el cual filman las GoPro no es el suficiente como para captar todas las colas, los vehículos posicionados cercanos al acceso se pueden apreciar con nitidez

pero a medida que se nos alejamos la visión se desvanece y distorsiona dado el efecto ojo de pez. No obstante, son útiles para contar vehículos, determinar composición vehicular, no así los giros. Luego se muestran las visuales relevadas.



[Imagen N° 4.4: Visual de la azotea]



[Imagen N° 4.5: Ubicación de las GoPro]



[Imagen N° 4.6: Visual GoPro – OH SN E]



[Imagen N° 4.7: Visual GoPro – OH NS E]



[Imagen N° 4.8: Visual GoPro – R OE E]

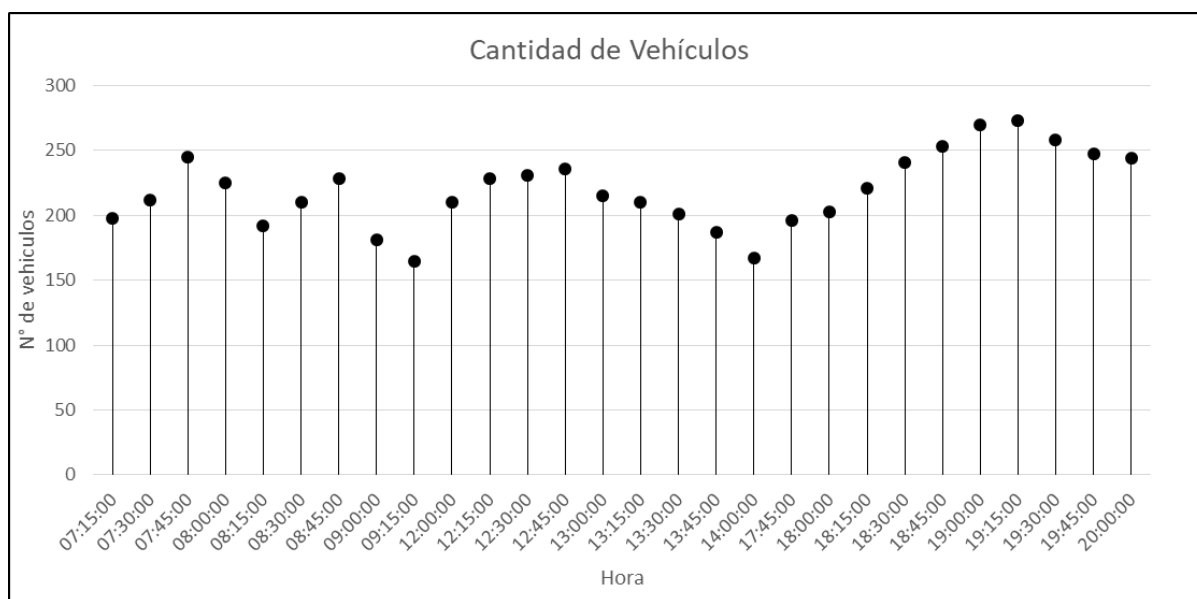
También se empleó el video provisto por el Ing. Julián Garcia, quien amablemente nos brindó un vuelo de 15 minutos realizado con drone sobre la intersección. Su visual es bastante clara y nos permite realizar una observación de la zona, los vehículos y comportamiento.

4.2.1.- Datos de tránsito

Existen tres movimientos predominantes, dos de ellos se dan sobre la avenida O'Higgins, la cual tiene sentido NS. Se observa que indistintamente del turno en el cual se releven los datos, las colas se extienden en ambas direcciones, dando indicios que no hay predominancia de un sentido de flujo sobre el otro. El tercer movimiento, el de que se da en el sentido NO – SE por la avenida Ricchieri, se observan varios vehículos en cola. Sobre el turno tarde se aprecia la mayor congestión. Estas avenidas se encuentran semaforizadas, con fases están compuesta por tres señales lumínicas: rojo verde y amarillo. A continuación se muestran los parámetros relevados relacionados al tránsito.

4.2.1.1.- Determinación de Hora Pico

Para la determinación de la hora pico, se eligió el día viernes ya que con el empleo de la herramienta de “transito” de Google Maps se infirió que las colas máximas se dan en esos días. Además se debe tener en cuenta que el relevamiento se llevó a cabo en las últimas semanas de diciembre, época donde el consumo crece y consiguientemente los viajes hacia los centros de compras.



[Imagen N° 4.9 : Diagrama vehículos que pasan cada 15 minutos en las horas picos]

DETERMINACIÓN HORA PICO			
Calle:			
Sentido			
Int.	Hora Inicial	Hora Final	Volúmen
1	07:00:00	07:15:00	198
2	07:15:00	07:30:00	212
3	07:30:00	07:45:00	245
4	07:45:00	08:00:00	225
5	08:00:00	08:15:00	192
6	08:15:00	08:30:00	210
7	08:30:00	08:45:00	228
8	08:45:00	09:00:00	181
9	09:00:00	09:15:00	165
10	11:45:00	12:00:00	210
11	12:00:00	12:15:00	228
12	12:15:00	12:30:00	231
13	12:30:00	12:45:00	236
14	12:45:00	13:00:00	215
15	13:00:00	13:15:00	210
16	13:15:00	13:30:00	201
17	13:30:00	13:45:00	187
18	13:45:00	14:00:00	167
19	17:30:00	17:45:00	196
20	17:45:00	18:00:00	203
21	18:00:00	18:15:00	221
22	18:15:00	18:30:00	241
23	18:30:00	18:45:00	253
24	18:45:00	19:00:00	270
25	19:00:00	19:15:00	273
26	19:15:00	19:30:00	258
27	19:30:00	19:45:00	247
28	19:45:00	20:00:00	244

[Tabla N° 4.1: Datos relevados]

Se obtienen tres picos en el diagrama entre los horarios de 07:00 a 08:00 hs, pico de la Mañana, entre las 12:15 a 13:15 hs. pico del Mediodía y por último de 18:45 a 19:45 hs. El resumen se muestra en la siguiente tabla.

HORA PICO		
Turno	Horario	Volumen Max.
Mañana	07:00 - 08:00	245
Mediodía	12:15 - 13:15	236
Tarde	18:45 - 19:45	273

[Tabla N° 4.2: Resumen colas medidas en las horas pico]

4.2.1.2.- Volumen

Para determinar los volúmenes se empleó una app “Counter”, de uso libre disponible en el Play Store de Android. La app es de uso muy intuitivo y funciona como un cuenta ganado (ver imagen N° 4.10) en la cual se pueden discriminar distintas categorías y con solo pulsar en la pantalla cuenta los vehículos que pasaron por cada intersección. Gracias a la categorización se pudo relevar la composición vehicular en la calle O’Higgins NS (OH NS E).



[Imagen N° 4.10: Pantalla app “Counter”]

Los volúmenes totales para un intervalo de 15 minutos, medidos sobre cada calle en el turno tarde, fueron los siguientes:

15 minutos	Total
O Higgins NSE	206
Ricchieri OEE	136
O Higgins SNE	164
Ricchieri EOE	58
Celso Barrios EOE	104

[Tabla N° 4.3: Volúmenes de vehículos]

Estos volúmenes, fueron relevados en la segunda semana de diciembre, dado que en ese entonces había comenzado el receso escolar y muchas otras actividades hubieron cesado, se apreció una reducción general en los volúmenes. Esto represento una problemática ya podríamos estar relevando volúmenes muy por debajo de los esperados, sin embargo se consideró que la semana anterior se relevó un tráfico

superior al que se sostiene durante gran parte del año, debido a ser una época vertiginosa y con más demanda de lo habitual. Por otro lado, debido a que se debía esperar muchos meses hasta que las actividades retomaran a lo habitual, se decidió emplear estos datos mayorados levemente por un Factor de Hora Pico en las calles con conflicto, el cual se determinó con volúmenes relevados la semana anterior (semana que mostraba volúmenes mayores).

4.2.1.3.- Composición vehicular

Para determinar la composición vehicular se emplearon dos métodos. El primero fue la medición en campo con la App “Counts” sólo en la calle O’Higgins NS (OH NS E) mientras se determinaba la Hora Pico. Esta medición fue llevada a cabo durante la primera semana del relevamiento. A continuación se muestra la tabla resumen con los datos recolectados:

Hora In:		Hora Fin:		Llueve	No Llueve	Operario:			Calle: OHN
Semáforo:		SI	NO			Colectivo	Moto	Peatón	
Int.	Hora Inicial	Hora Final	Autos - Pickups - Traffics	Camiones	Total				
1	19:00:00	19:15:00	252	1	3	17	0		273
2	19:15:00	19:30:00	236	0	1	21	0		258
3	19:30:00	19:45:00	227	0	3	17	0		247
4	19:45:00	20:00:00	213	1	2	28	0		244
5	Total [v]		928	2	9	83	0		1022
6	Total %		90,80%	0,20%	0,88%	8,12%	0,00%		100,00%

[Tabla N° 4.4: Composición O’Higgins Norte Sur – OH NS E]

Para las otras calles, se empleó un video de vuelo con Drone propiciado por el Ing. Julián García. Se muestra el resumen de las observaciones en las siguientes tablas.

Hora In:		Hora Fin:		Llueve	No Llueve	Operario:			Calle: OHS
Semáforo:		SI	NO			Colectivo	Moto	Peatón	
Int.	Hora Inicial	Hora Final	Autos - Pickups - Traffics	Camiones	Total				
1	19:00:00	19:15:00	240	3	3	8	0		254
2									
3	Total [v]		240	3	3	8	0		254
4	Total [%]		94,5%	1,2%	1,2%	3,1%	0,0%		0,0%

[Tabla N° 4.5: Composición O’Higgins Sur Norte - OH SN E]

Hora In:		Hora Fin:		Llueve	No Llueve	Operario:			Calle: ROE
Semáforo:		SI	NO			Colectivo	Moto	Peatón	
Int.	Hora Inicial	Hora Final	Autos - Pickups - Traffics	Camiones	Total				
1	19:00:00	19:15:00	134	0	7	9	0		150
2									
3	Total [v]		134	0	7	9	0		150
4	Total [%]		89,3%	0,0%	4,7%	6,0%	0,0%		100,0%

[Tabla N° 4.6: Composición Ricchieri Oeste Este – R OE E]

4.2.1.4.- Ciclo semafórico

El ciclo semafórico es de 80 segundos y tiene 3 fases: OH NS E, R OE/EO y OH SN E.

Fase	Verde	Amarillo	Rojo
R OE E	20	3	57
OH NS E	26	3	51
OH SN E	25	3	52

[Tabla N° 4.7: Fases semafóricas]

4.2.1.5.- Colas

Para determinar en campo las colas se empleó la metodología propiciada por la cátedra de Transporte I de nuestra facultad. Se emplearon planillas de relevamientos como la que se muestra a continuación.

Resumidamente, el relevamiento requiere de varios operarios, mayor número según mayor sea la cola a medir. En nuestro caso sabíamos que las colas eran de aproximadamente una cuadra o 100 m, con lo cual fuimos 4 las personas necesarias para medir. Nos dividimos la calle en 3 sectores, cada uno midió de un punto fijo a otro, anotando en la planilla la cantidad de vehículos que están en cola. Se contempló que el vehículo podría no solamente estar detenido sino que además con una velocidad muy baja, cercana a cero. Las mediciones se realizaban en intervalos de 10 segundos, para ello, uno de los operarios debía anunciar el momento de contar, lo cual se realizó con un silbato ya que debido al ruido en el medio no se lograba oír la voz del operario.

El resto de datos relevados se incorporan en el ANEXO "DATOS RELEVADOS EN CAMPO".

Hora In:		Hora Fin:		Llueve	No Llueve	Operario:					Calle: OHN
Semáforo:		SI	NO				Intervalo (seg)				
Hora	Ciclo	Intervalo (seg)								Vehículos Pasantes	
		0 a 10	10 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50	50 a 60	60 a 70	70 a 80		
18:40:00	1	11	15	24	33	21	8	2	11	21	
18:41:20	2	12	21	31	10	0	2	10	14	23	
18:42:40	3	22	13	5	9	22	22	12	22	26	
18:44:00	4	17	13	12	20	27	24	30	12	23	
18:45:20	5	11	25	20	21	27	24	20	15	32	
18:46:40	6	5	18	20	23	20	17	6	11	23	
18:48:00	7	19	25	18	4	3	7	18	21	18	
18:49:20	8	25	11	2	6	9	16	22	21	19	
18:50:40	9	6	2	10	15	17	21	11	0	23	

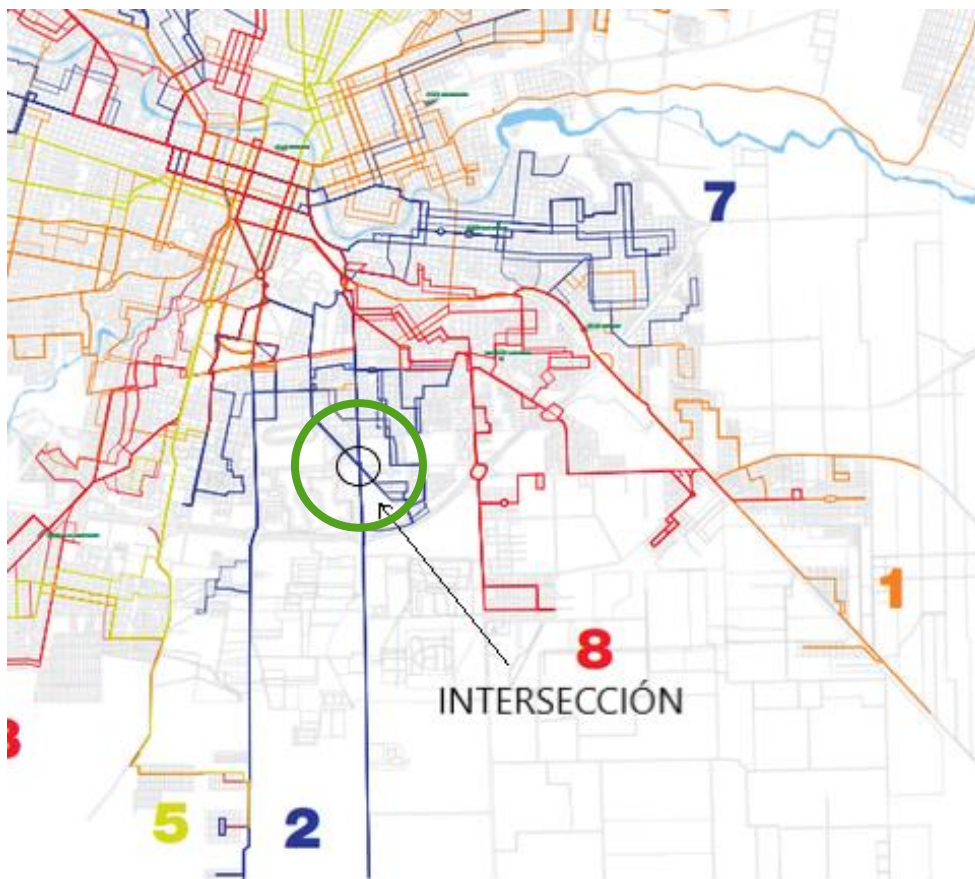
[Tabla N° 4.8: Planilla para el conteo de colas]

4.2.2.- Geometría de la Intersección

El relevamiento de la geometría solamente consistió en determinar los anchos de las calles de la intersección. También se midieron las dársenas y los anchos de los carriles exclusivos de giro. El instrumento empleado fue un odómetro que cuenta con una rueda de 30 cm. El mismo tiene una apreciación de 1 cm. Dado que la rueda siempre toca con la esquina del cordón cuneta 15 cm antes del canto exterior del cordón es necesario sumarle esta distancia a la medición, como esto sucede en ambos lados de la calle, el resultado final es el de la medición más 30 cm.

4.2.3.- Transporte Público

En la siguiente imagen se muestran los corredores existentes en la Ciudad de Córdoba, como vemos el Corredor 2 atraviesa la intersección y las líneas son 20, 25 y 29. También hay una línea (81) del corredor 8 que tiene el recorrido que atraviesa la intersección. A continuación se muestra una imagen que esquematiza los corredores que pasan por la intersección.

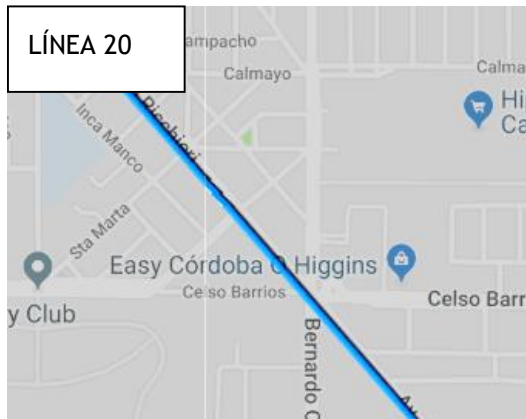


[Imagen N° 4.11: Corredores de transporte público de la ciudad de Córdoba]

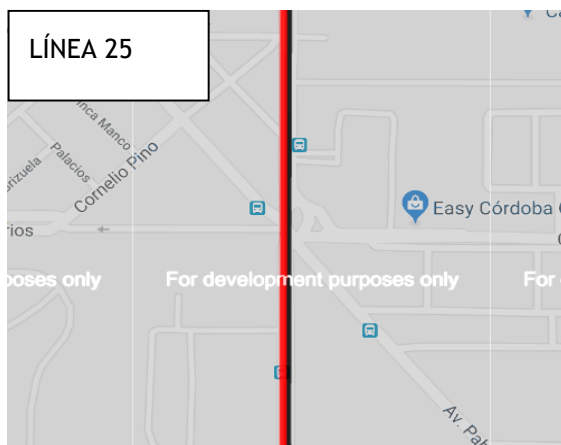
Nota: Vissim tiene incorporado módulos especiales para modelar el transporte público, lo cual requiere relevar información sobre frecuencias, nivel de ocupación de los vehículos, personas que ascienden y descienden, entre otros. Cuando se intentó

modelar el TP, se descalibraba toda la simulación; es por ello que tiene se desestimó esta opción y se adjuntó directamente los buses de TP en el relevamiento de la composición vehicular.

En las siguientes imágenes se muestran las líneas que pasan por la intersección:



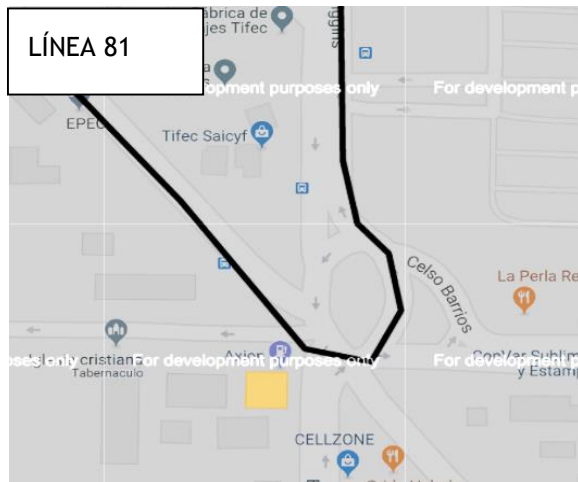
[Imagen N° 4.12: Línea 20 - Ida y vuelta]



[Imagen N° 4.13: Línea 25 -Ida y vuelta]



[Imagen N° 4.14: Línea 29 - Ida y vuelta]



[Imagen N° 4.15: Línea 81 – Vuelta]

4.3.- ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos obtenidos del relevamiento se define la siguiente matriz de viajes

15 minutos	Ricchieri EOS	Celso Barrio EOS	O Higgins NSS	Ricchieri OES	Celso Barrios OES	O Higgins SNS	Total
O Higgins NSE	13	9	137	25	23	0	206
Ricchieri OEE	0	5	76	30	14	11	136
O Higgins SNE	69	10	0	3	13	69	164
Ricchieri EOE	33	1	2	0	9	13	58
Celso Barrios EOE	16	24	0	0	0	64	104

[Tabla N° 4.9: Matriz origen destino en la intersección - datos relevados]

Aplicando un FHP: 0,936 y llevando a volúmenes horarios obtenemos la siguiente matriz, la cual será cargada al programa de simulación.

60 minutos	Ricchieri EOS	Celso Barrio EOS	O Higgins NSS	Ricchieri OES	Celso Barrios OES	O Higgins SNS	Total
O Higgins NSE	56	37	584	107	97	0	880
Ricchieri OEE	0	21	323	128	62	46	580
O Higgins SNE	296	43	0	11	54	296	700
Ricchieri EOE	132	4	8	0	36	52	232
Celso Barrios EOE	62	97	0	0	0	256	415

[Tabla N° 4.10: Matriz OD – volúmenes horarios proyectados]

Llevando estos volúmenes a volúmenes relativos nos queda

60 minutos	Ricchieri EOS	Celso Barrio EOS	O Higgins NSS	Ricchieri OES	Celso Barrios OES	O Higgins SNS	Total
O Higgins NSE	0,063	0,042	0,663	0,121	0,111	0,000	1
Ricchieri OEE	0,000	0,035	0,558	0,221	0,106	0,080	1
O Higgins SNE	0,423	0,061	0,000	0,015	0,077	0,423	1
Ricchieri EOE	0,569	0,017	0,034	0,000	0,155	0,224	1
Celso Barrios EOE	0,150	0,233	0,000	0,000	0,000	0,617	1

[Tabla N° 4.11: Matriz OD – volúmenes relativos]

4.4.- DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

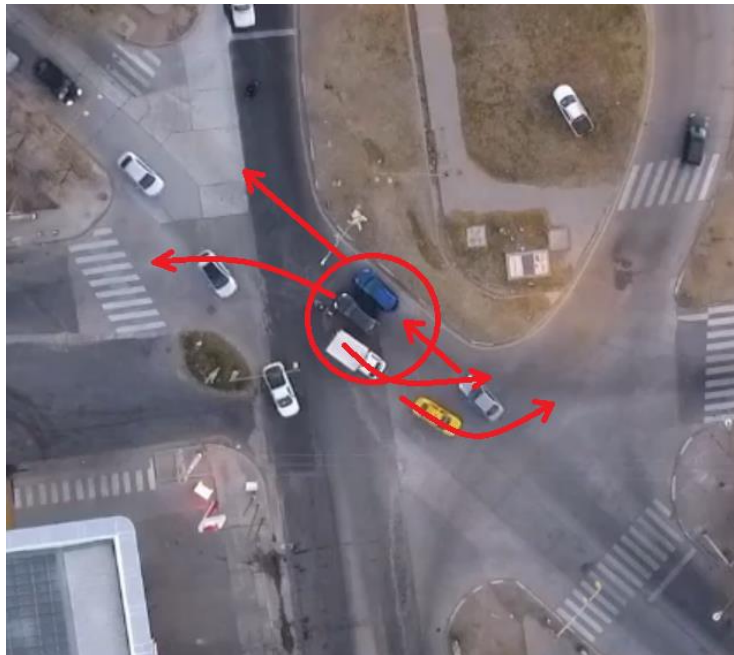
La intersección actualmente se encuentra evidentemente en permanente conflicto durante las horas pico, en concreto se menciona que:

- Las colas en R OE E es lo suficientemente extensa, en promedio hasta 300 m, como para producir que un usuario tarde hasta 3 ciclos semafóricos para atravesar la intersección.
- Las colas sobre las avenidas OH NS E son de aproximadamente 100 m, llegando a producir que un vehículo tarde hasta 2 ciclos semafóricos para poder atravesar la intersección, tanto para los que vienen por la mencionada avenida como para aquellos quieren vienen de la Av. Celso Barrios EO, llegándose a producir sobre la rotonda cola difícil de mitigar.
- Las colas sobre las avenidas OH NS E son de aproximadamente 100 m, llegando a producir que un vehículo tarde hasta 2 ciclos semafóricos para poder atravesar la intersección.
- Existencia de dos puntos de conflicto, uno sobre avenida Ricchieri, de ahora en más PC1 y otro en la Av. O'Higgins NS y el acceso desde la rotonda, de ahora en adelante PC2, que producen continuamente grandes roces entre los usuarios, los cuales comentan que se producen constantemente accidentes que van desde pequeños rayones en los vehículos hasta accidentes con graves daños materiales y en los propios usuarios.
- La capacidad de R OE E es baja. Esta calle tiene un solo carril por sentido, con un ancho generoso de 4,70 m cada uno. Dado que en el sentido OE de la calle es que se dan las mayores demandas comparándolas con el sentido EO, los usuarios tienden a posicionarse en doble carril sobre el acceso a la intersección, llegando a extenderse esta situación a lo largo de toda la cuadra contigua a la intersección. Se evidencia que la falta de un carril tiende a aumentar los roces entre los usuarios que de manera imprudente incurrir en este accionar.



[Imagen N° 4.16: Dos vehículos posicionados en un carril en calle R OE E]

- El verde en la fase de Ricchieri es corta. Las colas son más largas sobre todo cuando los vehículos pasantes provenientes de R EO E son muchos, dado que se produce el punto de conflicto sobre esa dirección cuando los usuarios en infracción giran a C OE.



[Imagen N° 4.17: Punto de Conflicto PC2]

- La mayoría de líneas de transporte público que atraviesa la intersección pasan por la av. Ricchieri y a pesar de existir una dársena para el ascenso/descenso de pasajeros, los choferes no la utilizan, produciendo que las maniobras mencionadas generen largas colas que no logran disiparse en un ciclo semafórico.



[Imagen N° 4.18: Colectivo urbano evitando la dársena para ascenso/descenso de pasajeros]

- A pesar de que la calle OH NS E tiene un ancho de carril suficiente, la existencia del PC2 produce permanentemente roces entre los vehículos produce y por consiguiente los usuarios tardan en salir una vez producido el verde. En adición a lo anterior, cabe destacar por su importancia, el impacto negativo que tiene la maniobra de giro a la derecha para los vehículos que provienen de la rotonda y que quieren entrar a R OE S y C EO S.



[Imagen N° 4.19: Punto de Conflicto PC1]

- Otra situación que afecta a esta avenida es que los que vienen por OH NS E no se ubican por detrás de la primera senda peatonal permitiendo el rápido despeje de los vehículos ubicados en la rotonda. Es posible que al no encontrarse el semáforo cercano a la senda permite el adelanto de los vehículos. En la Imagen N° 4.3.3.5 muestra a la ubicación de semáforo (círculo rojo) y de las líneas de Pare (Rectángulos blancos)



[Imagen N° 4.20: Fase OH NS E]

- En la calle OH SN E se observó la presencia de grandes vehículos pesados, los cuales producían retardos para atravesar la intersección de hasta dos ciclos, dado que las colas no llegaban a mitigarse en un verde.



[Imagen N° 4.21: Típico vehículo pesado que ingresa a la intersección por OH SN E]

- En general, no se respeta el comportamiento de la rotonda, esto parece deberse por la geometría de la intersección. Los usuarios provenientes por la avenida Ricchieri y son pasantes no tienen necesidad de incorporarse en la rotonda, como así también aquellos que provienen de OH NS E pasante. Por otro lado los usuarios que provienen de C EO E deben desviarse para poder continuar su camino natural, como así también los que provienen de OH SN E pasantes, los cuales deben mermar la velocidad. La premisa de diseño que el centro de la rotonda coincida con el punto de intersección entre las calles se halla incumplida.
- En el relevamiento se observaron movimientos en la intersección no permitidos que son realizados, todos generados para aquellos usuarios que provienen de la zona sur y quieren acceder a la estación de servicio AXION y los aquellos que quieren girar a la izquierda proveniente de R OE E.

4.5.- PLANTEO DE HIPÓTESIS

Las hipótesis que se plantean a continuación pretenden explicar lo observado y son sobre las cuales se trabajará en la simulación, realizando la correspondiente retroalimentación de resultados para confrontarlos con las hipótesis.

Hipótesis Primera: Ciclo semafórico corto

Hipótesis Segunda: Falta de capacidad en R OE E

Hipótesis Tercera: El punto conflictivo PC1 que se da sobre Av. Ricchieri, dado a que los vehículos que vienen ROE giran a la izquierda en infracción.

Hipótesis cuarta: El punto de conflicto PC2 generan un impacto negativo considerable en el funcionamiento del acceso OH NS E, ya que no permite que el flujo entre en régimen con facilidad cuando ocurre el verde dado los constantes roces entre vehículos.

Hipótesis quinta: Geometría poco funciona, esto tiene como efecto el incremento de los tiempos de viaje de los usuarios sobre todo para aquellos que vienen por C EO E, OH SN E y OH NS E.

Como vemos las hipótesis planteadas hacen hincapié en la oferta, sobre todo en resolver el problema de la sobre saturación en las calles conflictivas. No obstante, se deja asentado que para la situación expuesta sobre los colectivos que no acceden a la dársena en R OE E, es probable que sea por las dimensiones de la misma, reacondicionarlas para una maniobra accesible podría ser una solución a la problemática. Para el caso del porcentaje de vehículos pesados que ingresan por OH SN E, se plantea la posibilidad de que los mismos en una franja horaria que no incluya las horas picos de la intersección como podrían ser entre las 9 am y 12 am para el turno mañana, entre las 14 pm y 17 pm. Se destaca que no se ha realizado una valoración cuantitativa sobre los efectos de alternativas.

Las hipótesis planteadas anteriormente están ordenadas de forma jerárquica, de menor a mayor, en términos de cantidad de recursos que debieran ser involucrados para remediar los efectos de las mismas. En base a esto, se definieron las alternativas procurando respetar la diligencia manifestada desde la oficina de tránsito de plantear alternativas que contemplen el empleo de pocos recursos económicos hasta un cambio radical en el funcionamiento de la misma con las consecuentes inversiones necesarias.

5.- PLANTEO DE LAS ALTERNATIVAS

Las alternativas propuestas se definieron en términos de las hipótesis planteadas, en todos los casos se pretende aumentar la capacidad de los accesos con mayor flujo y mejorar el funcionamiento general del tránsito en la intersección, a modo de evitar las infracciones, roces entre usuarios y accidentes.

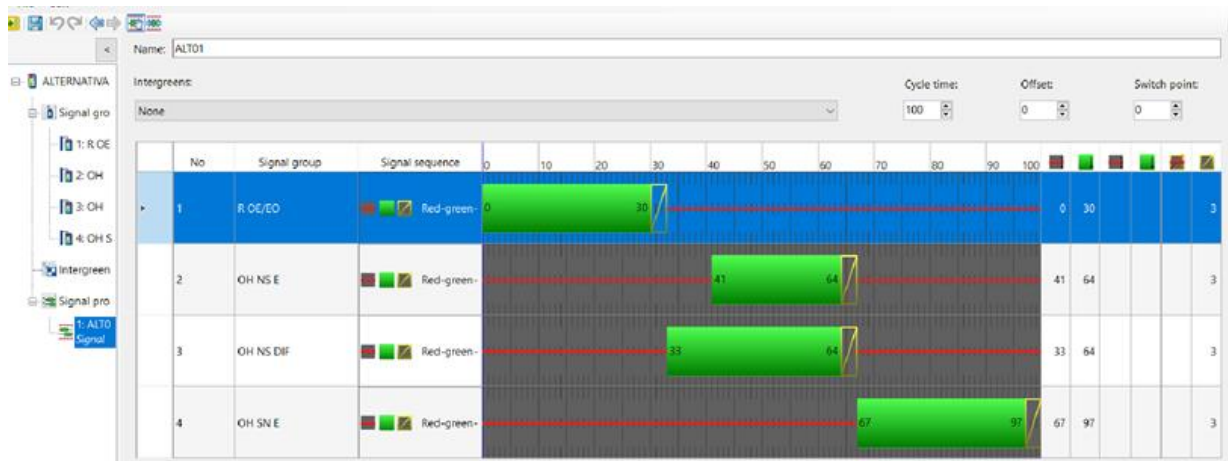
5.1.- ALTERNATIVA 1

La alternativa 1, de ahora en adelante ALT00, se formula como la situación base o “Do Nothing”. Permitirá obtener valores de referencia sobre el estado de arte de la intersección. Dado que también es la alternativa empleada para calibrar la simulación se la dejará inalterada.

5.2.- ALTERNATIVA 2

La alternativa 2, de ahora en adelante ALT01, plantea poner a prueba la hipótesis 1 del presente estudio, ciclo semafórico corto, de esta manera se pone en la mesa el objetivo de incrementar el verde en los accesos más comprometidos (R EO E – OH NS E – OH SN E), se pasa el ciclo de 80 segundos a 100 segundos, permitiendo de este modo de evacuar una mayor cantidad de vehículos en cola. Por otro lado se elimina el punto de conflicto 2, para ello, se propone desfazar los semáforos incluyendo la demarcación de la calzada para que los que ingresan por C EO E pasantes puedan alojarse en ese espacio y abriendo el verde de su calle segundos antes para luego continuar con los provenientes de OH NS E, logrando de esta manera evitar la mayor cantidad de vehículos rozando en ese punto conflictivo.

Por parte del municipio, se debe materializar esta alternativa a través de las siguientes acciones: Aumentar el ciclo semafórico de 80 s a 100s (ver Imagen N° 5.2.1). Instalar un nuevo semáforo que controle el tránsito aguas arriba. También es necesario demarcar la línea de Pare. En la Imagen N° 5.2.2 vemos los semáforos actuando, que se ubica aguas abajo, debe comenzar el verde 8 s antes que el ubicado aguas arriba.



[Imagen N° 5.1: Ciclo semafórico para ALT01]



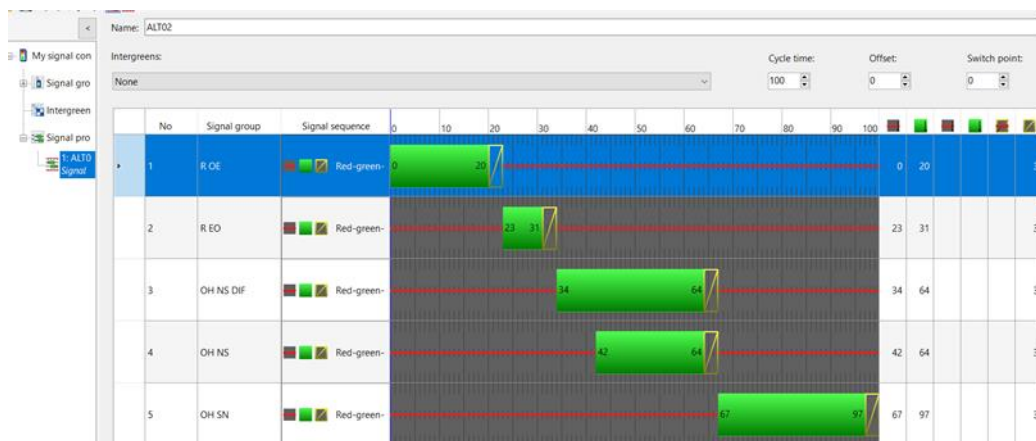
[Imagen N° 5.2: Eliminación del Punto de Conflicto PC1]

5.3.- ALTERNATIVA 3

La alternativa 3, de ahora en adelante ALT02, se plantea eliminar el punto de conflicto 2, incluyendo una nueva fase para los vehículos que vienen de R EO E. También se mantiene el ciclo de 100 segundos y la fase diferida en OH NS E.

Por parte del municipio, se debe materializar esta alternativa a través de las siguientes acciones: Se mantiene el ciclo en 100 s (ver Imagen N° 5.3.1). Instalar un nuevo semáforo que controle el tránsito aguas arriba. También es necesario demarcar la línea de Pare. En la siguiente imagen vemos los semáforos actuando, que se ubica aguas abajo, debe comenzar el verde 8 s antes que el ubicado aguas arriba. También se debe

separar en dos la fase de Ricchieri. Actualmente existen los semáforos necesarios, con lo cual se deben reprogramar.

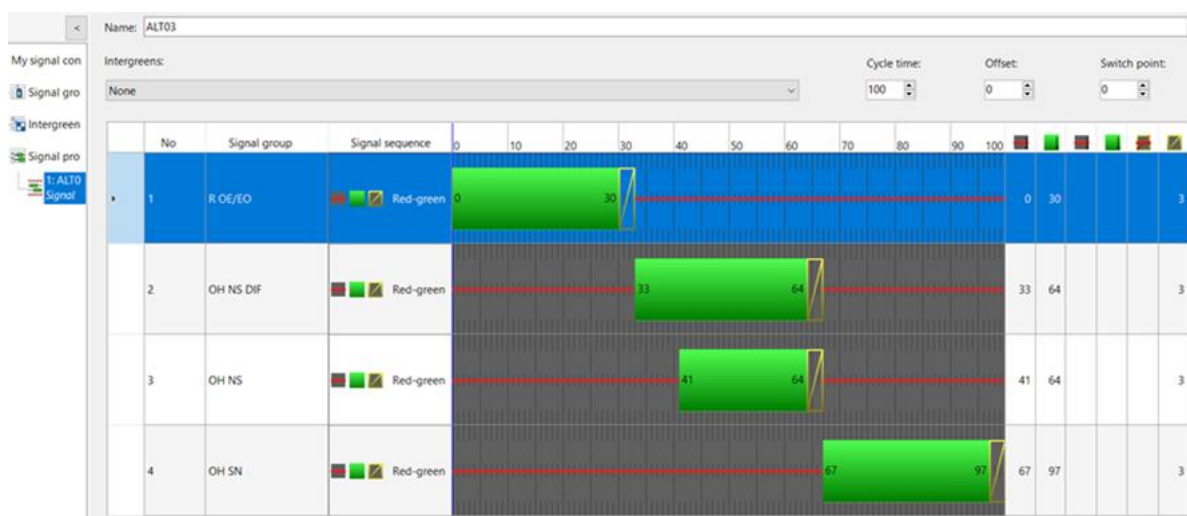


[Imagen N° 5.3: Ciclo semafórico para ALT02]

5.4.- ALTERNATIVA 4

La alternativa 4, de ahora en adelante ALT03. Se continúa con un ciclo aumentado. Además se propone aumentar la capacidad en la Av. Ricchieri convirtiéndola en una calle 2+1, con dos carriles para R OE E de 3,2 m cada uno y uno de 3,0 m para R EO S.

Por parte del municipio, se debe materializar esta alternativa a través de las siguientes acciones: Se mantiene el ciclo en 100 s (ver imagen N° 5.4.1). Instalar un nuevo semáforo que controle el tránsito aguas arriba. También es necesario demarcar la línea de Pare. En la Imagen N° 5.4.2 vemos los semáforos actuando, que se ubica aguas abajo, debe comenzar el verde 8 s antes que el ubicado aguas arriba. Se realizará la demarcación de la Av. Ricchieri, de dos carriles en la dirección OE entrante a la intersección que se extiende desde la intersección hasta una rotonda que se conecta a 200 m hacia el norte.



[Imagen N° 5.4: Ciclo semafórico para ALT03]



[Imagen N° 5.5: Nueva disposición de los carriles para R OE E]

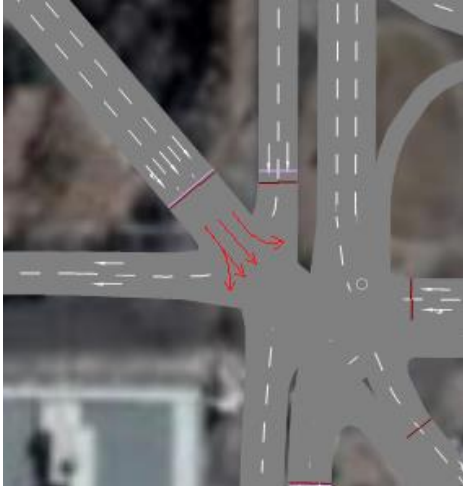
5.5.- ALTERNATIVA 5:

La alternativa 5, ALT1 de ahora en adelante, contempla una mejora en la geometría de la intersección. Actualmente, los movimientos provenientes de OH SN E pasante y C EO E pasante, los cuales deben reducir su velocidad debido a la curvatura de la rotonda. Se pretende entonces, definir estos movimientos en una trayectoria recta. Por otro lado, se canalizarán los movimientos no permitidos realizados por los vehículos que provienen de zona sur y quieren ingresar a la estación de servicio como así también para aquellos que consideran ingresar a C EO S. La canalización estará planteada como una hoja de trébol (ver Imagen N° 5.5.1) y con un ancho de 3 metros, alojada en el espacio libre por debajo de la canalización de 3, giro a la derecha de la calle C EO E.



[Imagen N° 5.6: Canalización giro a la izquierda hoja de trébol]

Dado a que hay que canalizar muchos movimientos de OH NS E hacia la avenida Ricchieri, se propone un aumento considerable de la capacidad de R OE E, transformándola en una calle de un solo sentido (NS) con 2 carriles de 3,2 m que se emplearán para giro a la izquierda y pasante y un tercer carril de 3 m exclusivo de giro a la izquierda. La Imagen N° 5.5.2 esquematiza el cambio sobre R OE E.



[Imagen N° 5.7: Av. Ricchieri para ALT1]

Aquellos que anteriormente tomaban R EO S para salir de la intersección ahora deberán dirigirse hacia la avenida Argarañaz y Murgia, la cual pasaría a ser también de un solo sentido (SN) absorbiendo los volúmenes tanto para aquellos que querían tomar R EO S y parte de C EO S. También se prohíben los giros a la derecha en la avenida OH NS E, con lo cual para aquellos que anteriormente querían girar hacia C OE S y R OE S ahora deberán desviarse con anterioridad hacia la av. Ricchieri.

También se le agregará un tercer carril a OH SN S, hasta el semáforo para ingreso al EASY (ver Imagen N°35), el cual canalizará los giros a la izquierda con dos carriles destinados para esa maniobra (ver Imagen N°36). Se planteará además una integración de los semáforos del acceso al Easy al ciclo de la intersección con el propósito de repartir las colas que actualmente se dan sobre la intersección en los semáforos aguas arriba.



[Imagen N° 5.9: OH SN S para ALT1]



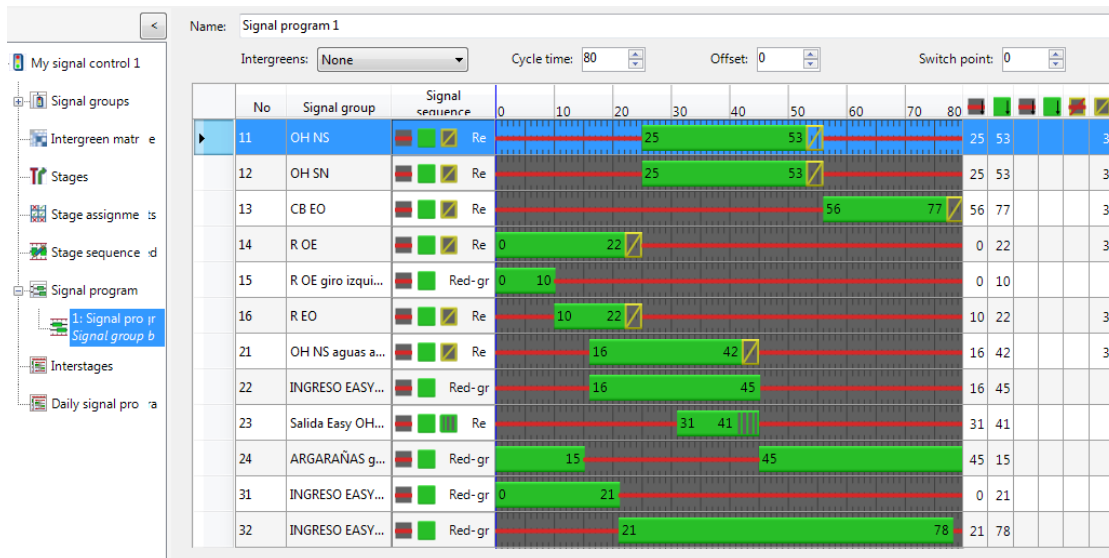
[Imagen N° 5.10: Giro a la izq. Argarañaz ALT1]

Por parte del municipio, se debe materializar esta alternativa a través de las siguientes acciones: Se vuelve al ciclo actual de 80 s. Las calles Av. Ricchieri y Av. Argarañaz y Murgia se convertirán en mano única, para ello se debe plantear la correspondiente demarcación y señalización. Se debe remover parte del pavimento colocado actualmente y construir la geometría esquematizada en la Imagen N°37. No se realizó el diseño geométrico con lo cual dar medidas y posiciones precisas carece de sentido en este análisis. La señalización es fundamental en esta alternativa, ya que

hay varios cambios en la circulación, entre ellos tenemos el desvío hacia Ricchieri por aquellos vehículos que vienen por OH NS E. También es necesario la señalización para aquellos que quieren girar a la izquierda, movimiento que ahora se dará a través de la canalización en forma de hoja de trébol. Se debe colocar un nuevo semáforo para los vehículos de C EO E, que también coleccionará a aquellos que tomen la hoja de trébol.



[Imagen N° 5.11: Configuración geométrica para la ALT1]



[Imagen N° 5.12: Ciclo semafórico para ALT1]

Con respecto al tránsito, dado a que el giro a la derecha de OH NS E hacia Ricchieri, el giro a la izquierda de OH SN E hacia Ricchieri bloqueados, como así también los vehículos que se dirigían al norte por Ricchieri y los que vienen por Celso Barrios se tuvo que desviar esos movimientos a la calle Argarañaz y Murgia. Se consideró que los vehículos que venían por OH NS E, R EO E, C EO y toman R EO S, ahora irán en un 70% por ARGARAÑAZ y el otro 30% por C EO S, los que anteriormente venían por OH SN E y querían tomar la C EO S o la estación de servicio ahora tendrán que acceder a la hoja de trébol y esperar la fase de C EO E. Aquellos que anteriormente venían por OH NS E y querían girar a la derecha para R EO S, ahora tomarán la calle Alfonso de Alfaro para luego continuar por Ricchieri.

A continuación se muestra como quedan tabla Origen Destino de la alternativa ALT1:

15 minutos	Argarañas y Murguía	Celso Barrio EOS	O Higgins NSS	Ricchieri OES	Celso Barrios OES	O Higgins SNS	R EO S2	Total
O Higgins NSE	0	8	137	25	23	0	13	206
Ricchieri OEE	0	4	63	25	12	0	0	104
O Higgins SNE	49	31	0	3	15	83	0	180
Ricchieri EOE	33	1	0	0	9	13	0	56
Celso Barrios EOE	16	24	10	0	0	72	0	122
Total	98	68	210	53	59	168	13	668

[Tabla N° 5.1: Matriz OD para ALT1]

	Argarañas y Murguía	Celso Barrio EOS	O Higgins NSS	Ricchieri OES	Celso Barrios OES	O Higgins SNS	R EO S2	Total
O Higgins NSE	0,000	0,039	0,665	0,121	0,112	0,000	0,063	1
Ricchieri OEE	0,000	0,038	0,606	0,240	0,115	0,000	0,000	1
O Higgins SNE	0,269	0,171	0,000	0,017	0,083	0,460	0,000	1
Ricchieri EOE	0,589	0,018	0,000	0,000	0,161	0,232	0,000	1
Celso Barrios EOE	0,131	0,197	0,082	0,000	0,000	0,590	0,000	1

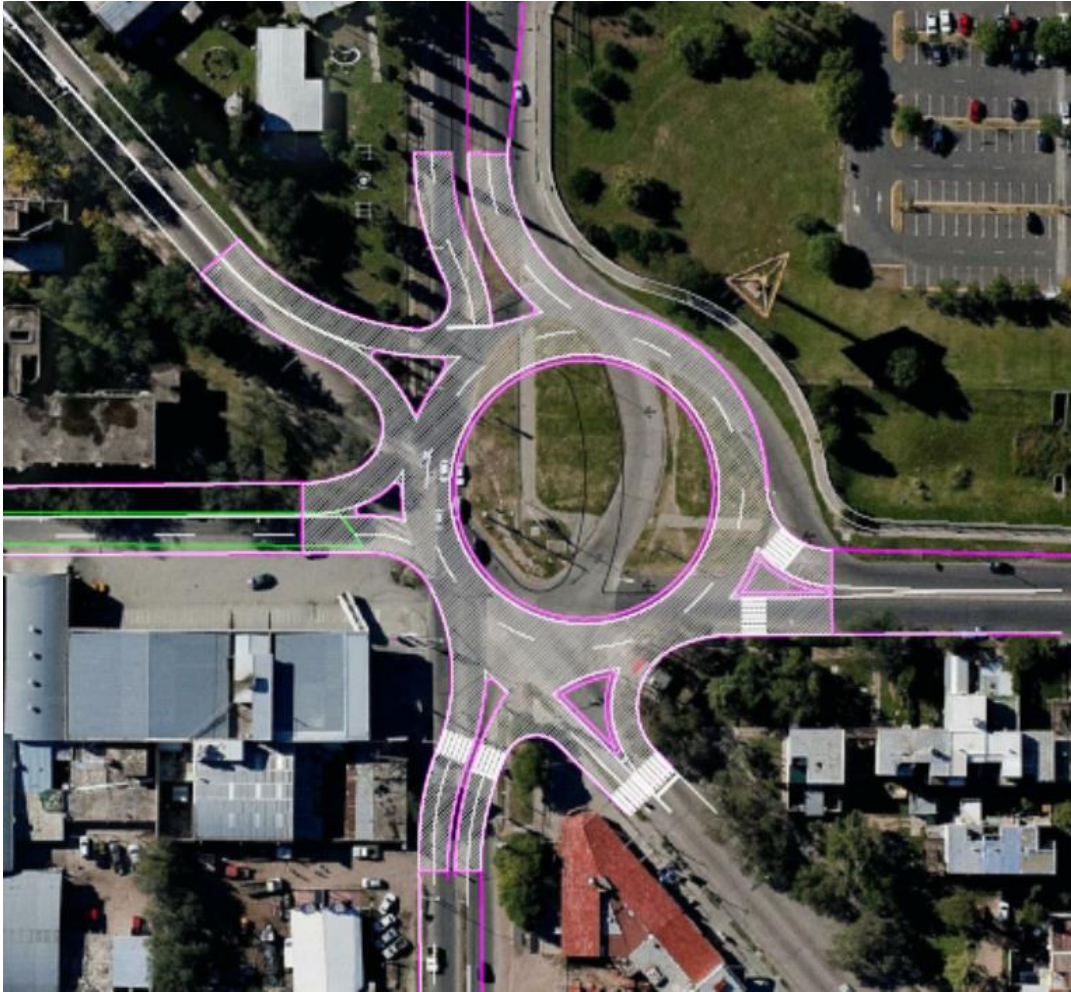
[Tabla N° 5.2: Matriz OD expresados en volúmenes relativos para ALT1]

R EO S2 es la continuación de R EO S pasando una rotonda ubicada aguas abajo en el sentido SN.

También es importante destacar que para esta alternativa hay que desviar los movimientos de la línea 81 de TP y la línea 20. La definición se deja para otra instancia. Queda como comentario final sobre las alternativas que todas se hayan superadas por la alternativa siguiente. Es por ello, que se pretende llegar a la resolución del problema sin incurrir en incongruencias entre las alternativas y por otro lado, dejan subyacente una línea de acción en caso de que se proceda a00 realizar las medidas correctivas en diversas etapas.

5.6.- ALTERNATIVA 6

Desde la Secretaría de Obras Públicas se propició una alternativa con modificación de la geometría, la misma consiste en la reformación de la rotonda existente y ampliarla a una rotonda de radio constante. Esta alternativa fue desestimada por parte de la Secretaria de Ingeniería en tránsito. A continuación se muestra en la Imagen N° 5.13 el diseño de la alternativa.



[Imagen N° 5.13: Alternativa propuesta por Dir. Obras Públicas]

6.- SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El software utilizado para la evaluación del modelo fue PTV Vissim 8, pero primero para entrenamiento del mismo se utilizó el demo de versión estudiantil PTV Vissim 11.

Las horas de trabajo se llevaron a cabo dentro de la oficina del Instituto Superior de Ingeniería en Transporte (I.S.I.T) que se encuentra dentro de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Para llevar a cabo la simulación a partir de los datos relevados se deben cargar: red vial, tránsito, control Semafórico, luego se prosigue con la evaluación y calibración.

6.1.- RED VIAL

Se configuro la red con las siguientes calles.

N°	Nombre	Tipo de calle	N° Carriles	Long. Calle	Ancho Carril 1	Ancho Carril 2
1	R OE E	1: Urban (motorized)	1	238,86	4,6	0
2	Doble c R OE E	1: Urban (motorized)	2	52,02	2,3	2,3
3	R EO S	1: Urban (motorized)	1	319,78	4,6	0
4	OH NS E	1: Urban (motorized)	2	234,26	3,5	3,5
5	C EO S	1: Urban (motorized)	1	285,61	6,4	0
6	OH NS S	1: Urban (motorized)	2	174,42	3,3	3,3
7	OH SN E	1: Urban (motorized)	2	174,60	3,3	3,3
8	C OE S	1: Urban (motorized)	2	217,65	3,5	3,5
9	C EO E	1: Urban (motorized)	2	244,07	3,25	3,25
10	Rotonda	1: Urban (motorized)	2	139,91	3,7	3,7
11	R OE S	1: Urban (motorized)	2	200,68	2,4	2,4
12	R EO E	1: Urban (motorized)	2	200,68	2,4	2,4
13	OH SN S	1: Urban (motorized)	2	212,50	4,8	4,8
14	Acceso Oeste Easy	1: Urban (motorized)	2	41,49	3	3
15	Salida Oeste Easy	1: Urban (motorized)	2	42,58	3	3
16	Darsena OH NS E	1: Urban (motorized)	1	31,02	2,5	0
17	Acceso sur Easy	1: Urban (motorized)	2	31,97	4	4

[Tabla N° 6.1: Calles cargadas en el modelo]

Además se ingresaron 28 conectores resultado así la red que se muestra a continuación:



[Imagen N° 6.1: Geometría situación actual]

6.2.- TRÁNSITO

Volúmenes:

N°	Calle	Volumen	CompVeh
1	4: OH NS E	850	2: OHNS
2	1: R OE E	600	3: Ricchieri
3	7: OH SN E	850	1: OHSN
4	12: R EO E	232	3: Ricchieri
5	9: C EO E	425	4: Celso Barrio

[Tabla N° 6.2: Volúmenes cargados]

Composición Vehicular:

Count: 12	VehComp\Name	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	OH SN	100: Car	40: 40 km/h	0,970
2	OH SN	200: HGV	40: 40 km/h	0,003
3	OH SN	300: Bus	40: 40 km/h	0,010
4	OH SN	600: motocicleta	40: 40 km/h	0,017
5	OH NS	100: Car	60: 60 km/h	0,908
6	OH NS	200: HGV	40: 40 km/h	0,002
7	OH NS	300: Bus	40: 40 km/h	0,009
8	OH NS	600: motocicleta	40: 40 km/h	0,081
9	Richhieri	100: Car	40: 40 km/h	0,893
10	Richhieri	300: Bus	40: 40 km/h	0,047
11	Richhieri	600: motocicleta	40: 40 km/h	0,060
12	Celso Barrio	100: Car	60: 60 km/h	1,000

[Imagen N° 6.2: Composición vehicular y distribución de velocidades]

Tipo y Clase de Vehículos:

Usando Vissim, se puede agrupar vehículos con propiedades técnicas de manejo similares en Tipos de Vehículos y luego clasificarlo en Clases de Vehículos. Se definieron los Tipos de Vehículos en base a los parámetros cargados por defectos de Vissim, los cuales se asemejan a la situación en estudio.

Count: 11	Share	Model2D3D	Model2D3D\Height	Model2D3D\Length	Model2D3D\Width
1	0,240	1: Car - Volkswagen Golf	1,475	4,211	2,004
2	0,180	2: Car - Audi A4	1,437	4,610	1,949
3	0,160	3: Car - Mercedes CLK	1,431	4,644	1,999
4	0,160	4: Car - Peugeot 607	1,430	4,760	2,069
5	0,140	5: Car - Volkswagen Beetle	1,716	4,012	1,852
6	0,020	6: Car - Porsche Cayman	1,292	4,359	1,970
7	0,100	7: Car - Toyota Yaris	1,536	3,749	1,987
8	1,000	21: HGV - EU 04	3,927	10,215	2,496
9	1,000	31: Bus - EU Standard	2,821	11,541	3,170
10	0,500	60: Motocicleta	1,782	2,000	0,848
11	0,500	61: Motocicleta Scooter	1,850	1,800	0,685

[Imagen N° 6.3: Distribución de modelos de vehículos cargados]

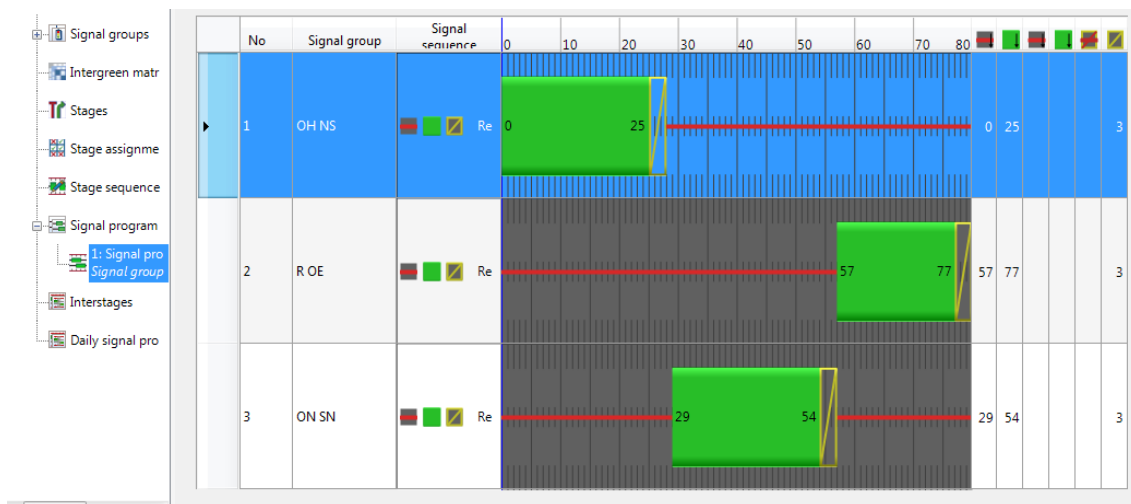
Movimientos:

N°	Nombre	Comienzo	Fin	RelFlow
1	1 Giro a la der. R EO S	1: OH NS E	3: R EO S	0,063
	2 Giro a la der. C EO S	1: OH NS E	5: C EO S	0,042
	3 Pasante OH NS	1: OH NS E	6: OH NS S	0,663
	4 Giro a la izq R OE S	1: OH NS E	11: R OE S	0,121
	5 Giro a la izq C OE S	1: OH NS E	8: C OE S	0,111
2	1 Giro a la der C EO S	1: R OE E	5: C EO S	0,035
	2 Giro a la der OH NS S	1: R OE E	6: OH NS S	0,558
	3 Pasante R OE	1: R OE E	11: R OE S	0,221
	4 Giro a la izq C OE S	1: R OE E	8: C OE S	0,106
	5 Giro a la izq OH SN S	1: R OE E	13: OH SN S	0,08
3	1 Giro a la izq R EO S	7: OH SN E	3: R EO S	0,423
	2 Giro a la izq C EO S	7: OH SN E	5: C EO S	0,063
	3 Pasante OH SN S	7: OH SN E	13: OH SN S	0,423
	4 Giro a la der R OE S	7: OH SN E	11: R OE S	0,015
	5 Giro a la der C OE S	7: OH SN E	8: C OE S	0,077
4	1 Giro a la izq OH NS S	12: R EO E	6: OH NS S	0,034
	2 Giro a la izq C EO S	12: R EO E	5: C EO S	0,017
	3 Pasante R EO	12: R EO E	3: R EO S	0,57
	4 Giro a la der C OE S	12: R EO E	8: C OE S	0,155
	5 Giro a la der OH SN S	12: R EO E	13: OH SN S	0,224
5	1 Pasante C EO	9: C EO E	5: C EO S	0,233
	2 Pasante R EO	9: C EO E	3: R EO S	0,15
	3 Giro a la der OH SN S	9: C EO E	13: OH SN S	0,617

[Tabla N° 6.3: Movimientos cargados y volúmenes relativos cargados]

6.3.- CONTROL SEMAFÓRICO

Se simuló el ciclo relevado en campo, la siguiente ilustración muestra:



[Imagen N° 6.5: Ciclo semafórico cargado en el simulador]

6.4.- EVALUACIÓN Y CALIBRACIÓN

Con los datos cargados se corrió el simulador. Se empleó en un principio un contador de colas “Queue Counter” los cuales arrojan los siguientes datos: Longitud de cola y cantidad de detenciones.

Se realizaron diversas modificaciones a lo largo del trabajo hasta llegar a correr una simulación que devuelva las colas medidas en campo. Una vez configurada, se realizaron 5 corridas y se observaron los resultados, los cuales se muestran en el ANEXO “GRÁFICOS LONGITUD DE COLA ALT00”.

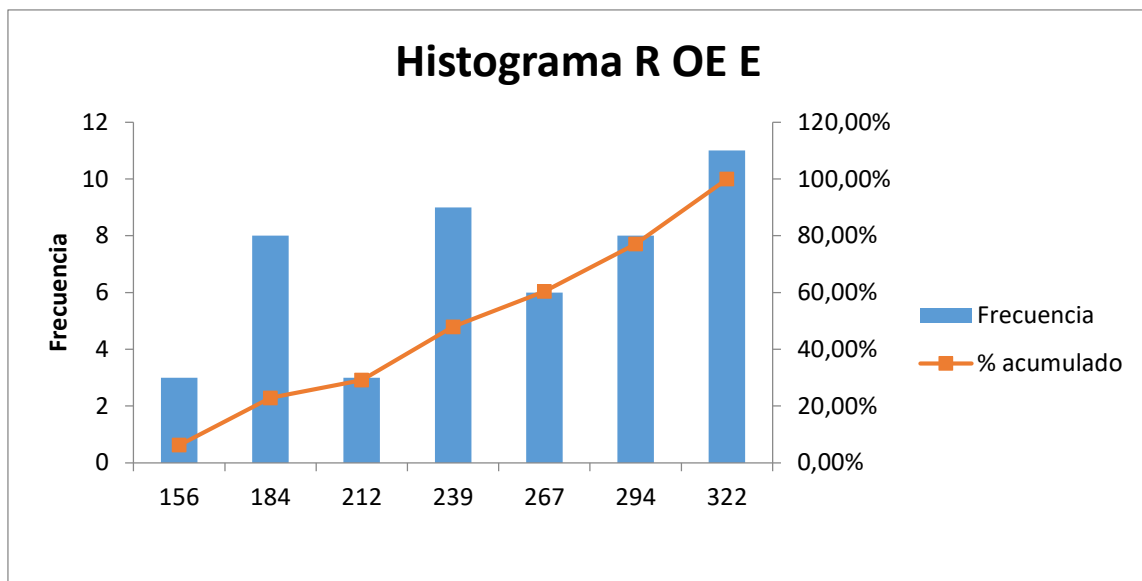
Dado a que se realizó una vez el relevamiento no hay una información certera de la distribución de frecuencias de las longitudes de cola, no obstante dado a la fecha y a los días relevados, se contempló que los valores obtenidos constituyen una muestra representativa de un escenario que ocurre durante varios meses del año, de lunes a viernes, quedando excluidos del análisis lo que ocurre los fin de semana y en los períodos de receso. A sabiendas de esto, se calibró y analizó la simulación que más se adecúa a los datos relevados, permitiéndonos de esta manera inferir según lo observado en campo cuales son los desempeños de las alternativas propuestas y conformar en lo posible las conclusiones y recomendaciones pertinentes. La simulación que más se adecúa es la número 4.

Se realizó un breve análisis estadístico de los datos relevados y los arrojados por el simulador. Se definió un intervalo de tiempo para la simulación igual al del relevamiento (10 segundos), se realizaron histogramas de frecuencias para determinar si la simulación se correlaciona con los datos relevados. A continuación se comparan los histogramas de las longitudes de cola relevadas vs las simuladas.

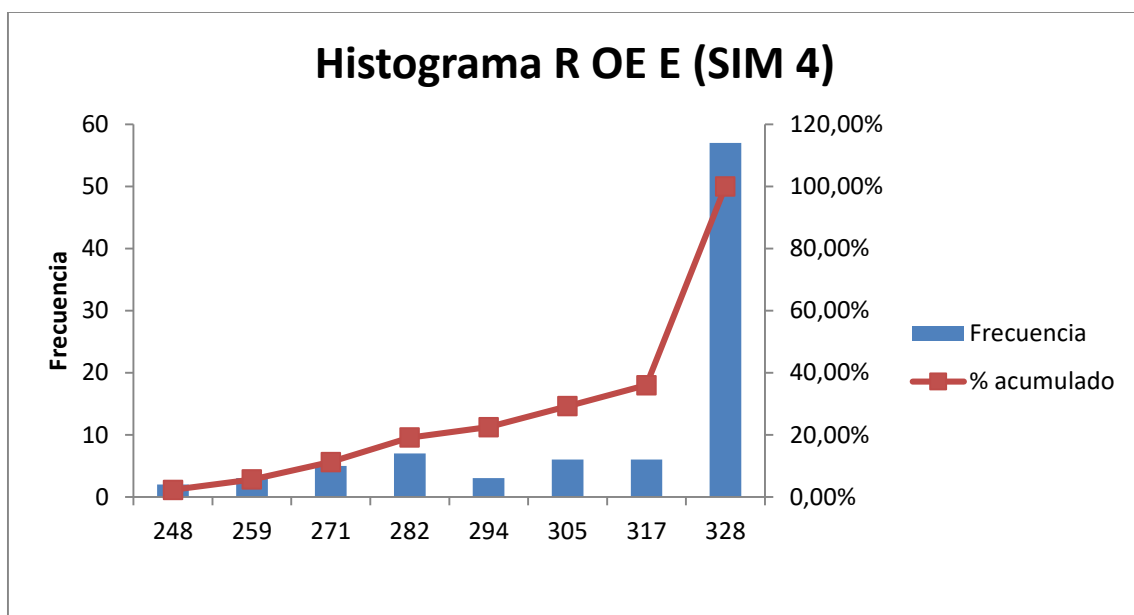
Para la calibración modificaron diversos atributos que VISSIM trae por defecto. La más relevante refiere a la agresividad con la que manejan los usuarios, la cual se define en el software como Driving Behaviour. Los dos parámetros fundamentales para la calibración son la distancia de seguridad y la velocidad deseada.

También se introdujeron diversos dispositivos que permiten regular la forma de conducir de los usuarios. Se menciona Priority Rules (reglas de prioridad), Reduced Speed Areas (áreas de velocidad reducida) y Conflict Areas (áreas de conflicto).

Para R OE E, podemos apreciar la tendencia en ambos gráficos la longitud de cola más frecuente se encuentre entre los 320m y 340m. También se observa en la Imagen N° 6.6 y 6.7 la tendencia sesgada hacia la derecha.

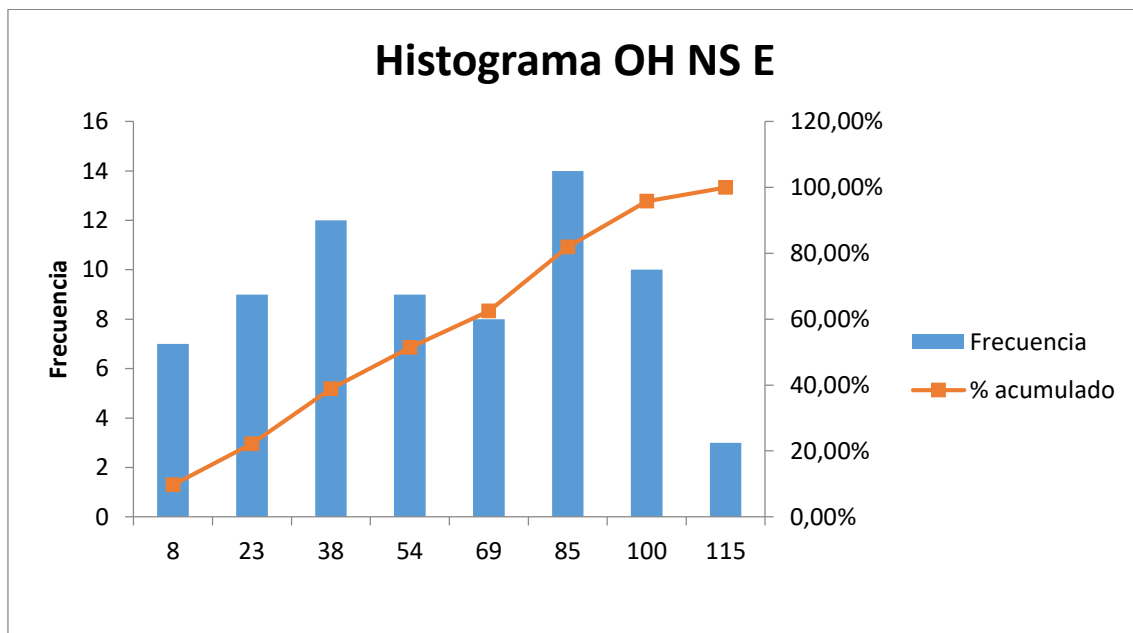


[Imagen N° 6.6: Histograma de frecuencia de Long. de cola relevadas en R OE E]

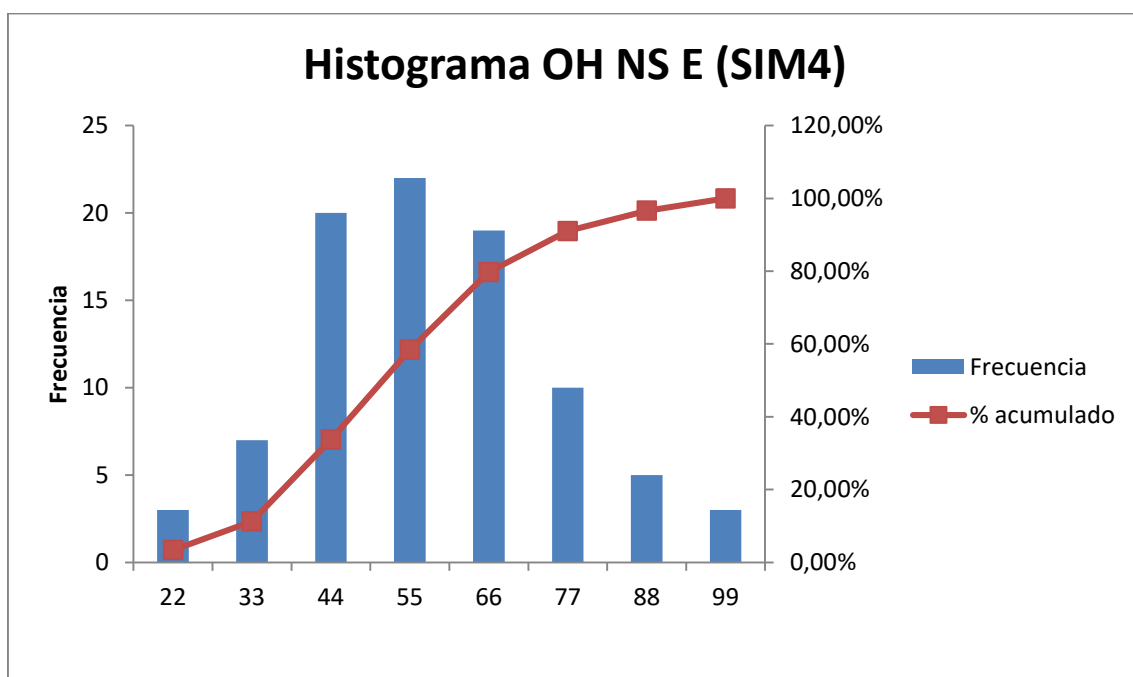


[Imagen N° 6.7: Histograma de frecuencia de Long. de cola simuladas en R OE E]

Para OH NS E se observan que ambos gráficos que las longitudes de cola más frecuentes se hallan entre los 50m y los 80m, también vemos que en menor medida se dan las longitudes de cola que rondan los 100m.

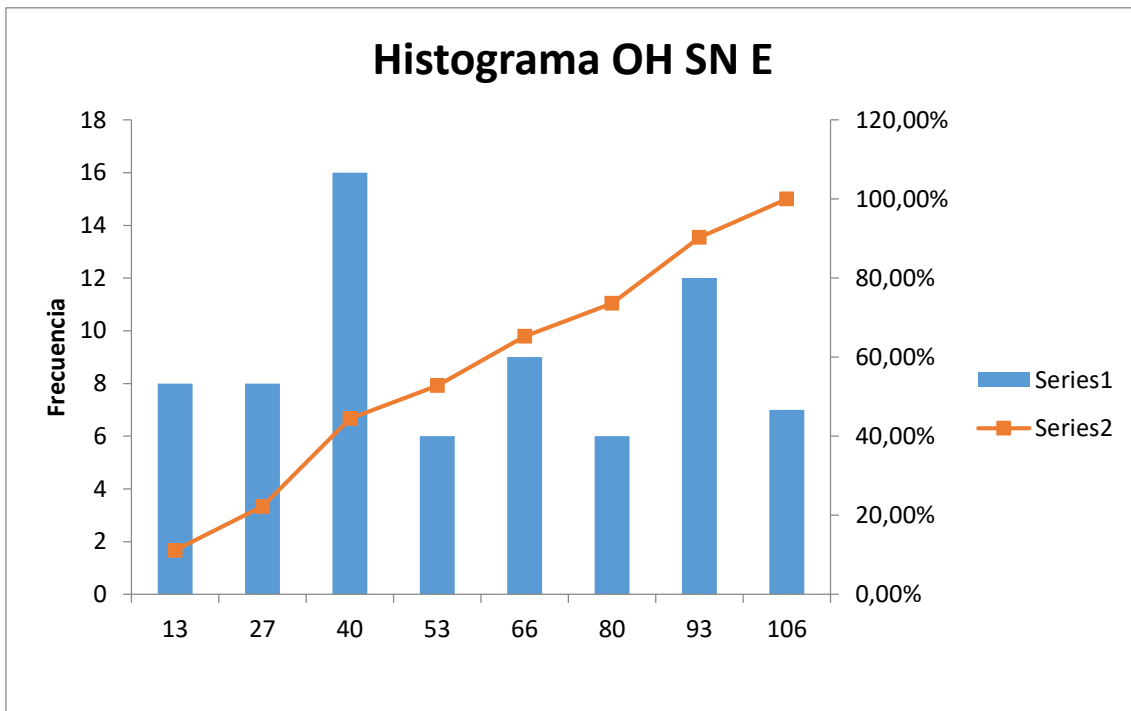


[Imagen N° 6.8: Histograma de frecuencia de Long. de cola relevadas en OH NS E]

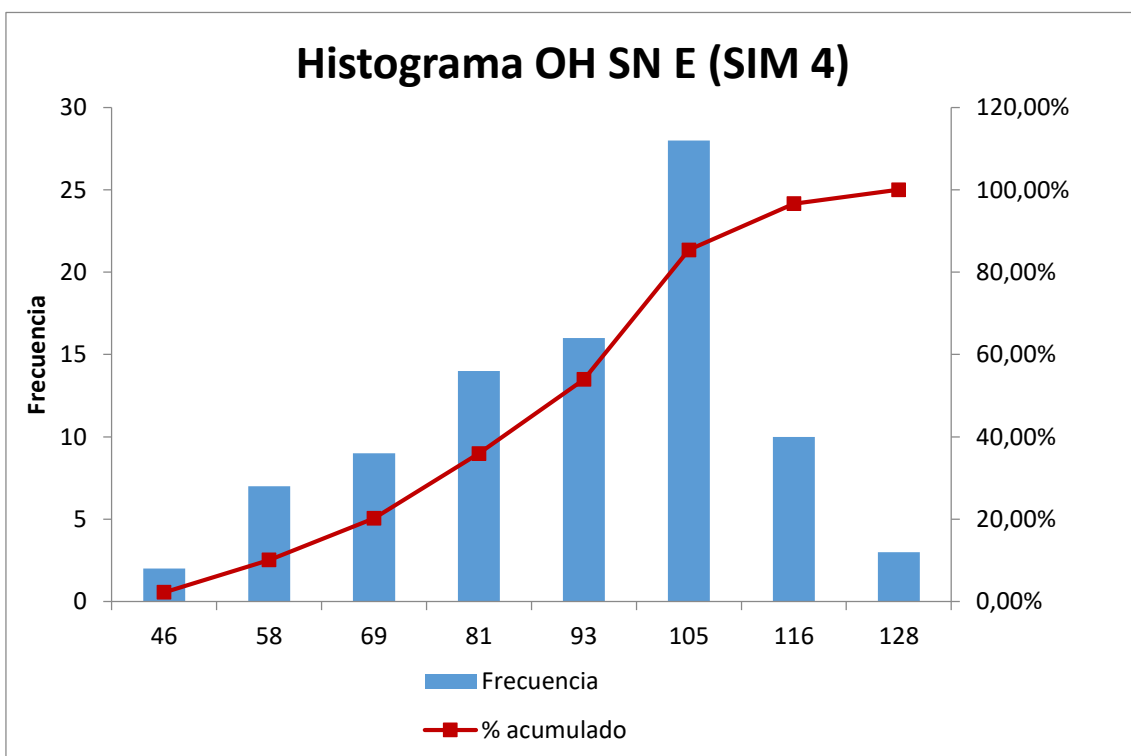


[Imagen N° 6.9: Histograma de frecuencia de Long. de cola simuladas en OH NS E]

Para OH NS E se observa que la tendencia entre los 80m y 100m. En la simulación nos encontramos con longitudes de cola superiores pero en baja frecuencia.



[Imagen N° 6.10: Histograma de frecuencia de Long. de cola relevadas en OH SN E]



[Imagen N° 6.11: Histograma de frecuencia de Long. de cola simuladas en OH SN E]

No fue sencillo configurar una simulación que se asemeje a la realidad y mucho menos considerando que se ha realizado un solo relevamiento, no obstante se consideró que hay una correlación aceptable con los datos relevados, tanto en las tendencias de comportamiento de las colas como en los valores obtenidos.

También se compararon la cantidad de vehículos que atraviesa cada acceso tanto según la calibración y según el relevamiento para determinar si la calibración es correcta. Los resultados fueron favorables. La tabla completa se incorpora al ANEXO “Cantidad de vehículos Simulados y Relevados”

Medición de vehículos		
MOVEMENT\FROMLINK	Simulados	Relevamiento
Total O Higgins NS E	214	206
Total Celso Barrios EO E	97	104
Total Richhieri OE E	124	136
Total O Higgins SN E	156	164
Total Richhieri EO E	58	58
Total	649	667

[Tabla N°6.4: Vehículos que circulan durante la simulación y los vehículos relevados en campo]

7.1.- MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Una vez calibrada la situación actual se procedió a simular las otras alternativas. Se emplearon los siguientes datos provistos por el simulador:

Queue Counter:

QLen: En cada paso de tiempo se mide la máxima distancia entre el contador y el vehículo que se encuentra en condición de cola luego se calcula el valor medio para el intervalo de tiempo. Esto también incluye valores nulos, en caso de que no haya vehículos en situación de cola.

QStops: Cuenta la cantidad de veces que un vehículo en cola rompe con esta situación bajo la condición de que el vehículo exceda la velocidad de comienzo de cola, definida por el usuario de Vissim. A medida que aumenta este parámetro nos indica que el tránsito en acceso se encuentra cada más complicado, dado a que puede que haya más vehículos en cola o que la cola existente no se evacua de manera fluido en el periodo de tiempo analizado o en el peor de los casos, una combinación de ambos.

Medidas de desempeño de Network Performance:

(TRAVTMTOT) Tiempo de viaje [s]: Tiempo de viaje de todos los vehículos que están en la red o ya han arribado.

(DELAYTOT) Demoras totales [s] (vehículos en la red): La demora de un vehículo es la parte del time step que debe también ser usado debido a que la velocidad es menor que la velocidad deseada. Para el cálculo, el cociente es obtenido como la resta de la distancia de viajada real en el time step y la velocidad deseada es menor que la velocidad deseada. Se tiene en cuenta los tiempos de viaje, el tiempo detenido y las demoras de control.

(STOPSTOT) Detenciones totales: Número total de detenciones de los vehículos que están en la red o que ya han llegado a destino. Se considera detenido si la velocidad al final del paso anterior fue mayor que 0 y es 0 al final del paso de tiempo actual.

(DELAYSTOPTOT) Demoras de control totales [s]: Tiempo detenido de todos los vehículos que están en la red o que ya han arribado. El tiempo detenido es cuando vehículo es estacionario.

(VEHARR) Vehículos arribados: Vehículos que llegaron a destino.

(DEM. TOTAL) Demoras totales [s] (todos los vehículos): Se define como la relación entre la cantidad de detenciones totales y la cantidad de vehículos arribados.

(DEM. POR VEH) Demoras por vehículos [s]: Demoras por vehículos arribado

7.2.- ALT00:

La siguiente imagen muestra la simulación a los 2600 s.



[Imagen N° 7.1: Simulación ALT00 a los 2600 s]

Los resultados obtenidos se resumen como sigue:

SIMRUN	TIMEINT	QCOUNTER	QLEN	QSTOPS
4	Average	R OE E	314,56	8
4	Standard deviation	R OE E	23,82	3
4	Minimum	R OE E	241,77	3
4	Maximum	R OE E	333,66	18
4	Average	OH NS E	57,51	4
4	Standard deviation	OH NS E	17,8	4
4	Minimum	OH NS E	15,4	0
4	Maximum	OH NS E	103,78	14
4	Average	OH SN E	92,61	4
4	Standard deviation	OH SN E	20,16	4
4	Minimum	OH SN E	39,61	0
4	Maximum	OH SN E	133,78	16

[Tabla N° 7.1: Resultados del QueueCounter]

TRAVMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATENT	DELAYLATENT	DEM. TOTAL	DEM. POR VEH.
120705,2	91922,05	2829	67785,92	12073	654	1320	13124,9	98484,5	150,59

[Tabla N° 7.2: Resultados del NetworkPerformance]

7.3.- ALT01:

En esta alternativa, se amplió el ciclo semafórico a 100 segundos.

Aquí podemos observar como los vehículos provenientes de C EO se pueden posicionar correctamente evitando así el punto de conflicto.

La siguiente imagen muestra la simulación a los 2600 s.



[Imagen N° 7.2: Simulación ALT01 a los 2600 s]

Resultados obtenidos:

SIMRUN	TIMEINT	QCOUNTER	QLEN	QSTOPS
4	Average	R OE E	69,19	3
4	Standard deviation	R OE E	43,45	2
4	Minimum	R OE E	6,41	0
4	Maximum	R OE E	173,56	11
4	Average	OH NS E	248,41	10
4	Standard deviation	OH NS E	9,55	6
4	Minimum	OH NS E	210,73	0
4	Maximum	OH NS E	254,56	23
4	Average	OH SN E	68,12	2
4	Standard deviation	OH SN E	30,96	2
4	Minimum	OH SN E	0	0
4	Maximum	OH SN E	130,55	11

[Tabla N° 7.3: Resultado del QueueCounter]

TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATENT	DELAYLATENT	DEM. TOTAL	DEM. POR VE
143676,6	114151,94	2212	93093,57	14336	668	7150	71256,5	149780,19	224,22

[Tabla N° 7.4: Resultados del NetworkPerformance]

7.4.- ALT02:

En esta alternativa, se mantuvo el ciclo de 100 segundos pero se incorporó una nueva fase para los vehículos de R EO E, con el propósito de evitar el punto de conflicto PC1.

La siguiente imagen muestra la simulación a los 2600 s.



[Imagen N° 7.3: Simulación ALT00 a los 2600 s]

Resultados obtenidos:

SIMRUN	TIMEINT	QCOUNTER	QLEN	QSTOPS
4	Average	R OE E	317,83	7
4	Standard deviation	R OE E	20,68	2
4	Minimum	R OE E	246,37	3
4	Maximum	R OE E	331,03	12
4	Average	OH NS E	248,18	10
4	Standard deviation	OH NS E	9,64	7
4	Minimum	OH NS E	212,57	0
4	Maximum	OH NS E	254,74	20
4	Average	OH SN E	146,04	5
4	Standard deviation	OH SN E	12,77	5
4	Minimum	OH SN E	113,89	0
4	Maximum	OH SN E	167,45	18

[Tabla N° 7.5: Resultado del QueueCounter]

TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATENT	DELAYLATENT	DEM. TOTAL	DEM. POR VE
221967,3	196480,08	3732	164400,5	22187	580	16710	166568,7	264808,74	456,6

[Tabla N° 7.6: Resultados del NetworkPerformance]

7.5.- ALT03:

La siguiente imagen muestra la simulación a los 2600 s.



[Imagen N° 7.4: Simulación ALT03 a los 2600 s]

Los resultados son los siguientes:

SIMRUN	TIMEINT	QCOUNTER	QLEN	QSTOPS
4	Average	R OE E	27,19	2
4	Standard deviation	R OE E	18,33	2
4	Minimum	R OE E	0	0
4	Maximum	R OE E	77,43	11
4	Average	OH NS E	130,67	6
4	Standard deviation	OH NS E	18,36	7
4	Minimum	OH NS E	88,19	0
4	Maximum	OH NS E	179,25	23
4	Average	OH SN E	66,54	3
4	Standard deviation	OH SN E	22,64	2
4	Minimum	OH SN E	0	0
4	Maximum	OH SN E	110,66	9

[Tabla N° 7.8: Resultado del QueueCounter]

TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATENT	DELAYLATENT	DEM. TOTAL	DEM. POR VE
101342,6	70668,72	1459	54939,35	10132	699	2	20,4	70678,92	101,11

[Tabla N° 7.9: Resultados del NetworkPerformance]

7.6.- ALT1:

La siguiente imagen muestra la simulación a los 2600 s.



[Imagen N° 7.5: Simulación ALT1 a los 2600 s]

Los resultados obtenidos fueron los siguientes

SIMRUN	TIMEINT	QCOUNTER	QLEN	QSTOPS
4	Average	R OE E	23,78	2
4	Standard deviation	R OE E	14,43	2
4	Minimum	R OE E	0	0
4	Maximum	R OE E	59,68	8
4	Average	OH NS E	0	0
4	Standard deviation	OH NS E	0	0
4	Minimum	OH NS E	0	0
4	Maximum	OH NS E	0	0
4	Average	OH SN E	10,2	1
4	Standard deviation	OH SN E	10,17	2
4	Minimum	OH SN E	0	0
4	Maximum	OH SN E	37,39	8

[Tabla N° 7.10: Resultado del QueueCounter]

TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	VEHACT	VEHARR	DEMANDLAT	DELAYLATENT	DEM. TOTALE	DEM POR VEH.
60078,1	26913,04	833	19275,98	6028	669	1	10,6	26918,34	40,24

[Tabla N° 7.11: Resultados del NetworkPerformance]

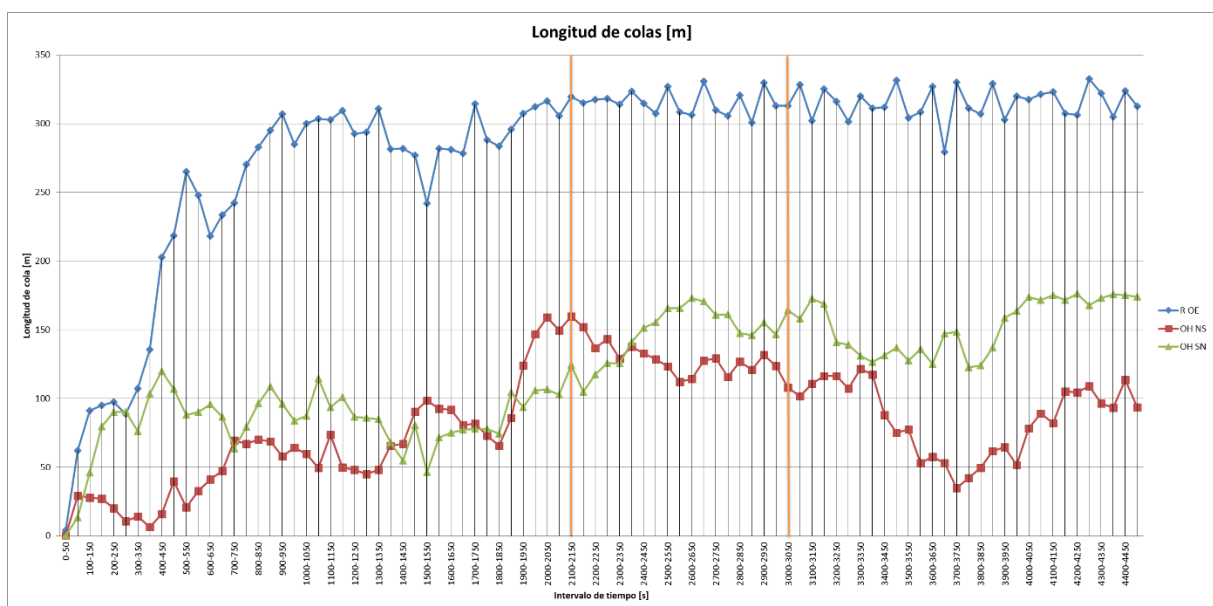
8.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1.- PERÍODO DE ESTUDIOS

Dado a que los datos relevados fueron obtenidos en la hora pico de la intersección en un periodo de 15 minutos, se llevó a cabo el análisis de resultados en base a los 15 minutos (900 segundos) para los cuales se calibro el modelo. Donde se observó que la longitud de cola entra en régimen para las tres calles conflictivas. Se consideró además para el simulado que el volumen afectado por el FHP era sostenido en una hora a pesar de ser diferente en la realidad

8.2.- SELECCIÓN DEL INTERVALO DE ESTUDIO:

En el gráfico a continuación se muestra la evolución de la longitud de colas para las tres calles conflictivas. Como observamos, la longitud de cola se estabiliza a partir de los 2000 segundos. Se eligió el intervalo de [2300 s – 3200 s] y de aquí en adelante, todos los resultados se reportan en ese período.



[Imagen N° 8.1: Gráfico longitud de colas durante los 4500 s de la simulación]

8.3.- COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS CON LA SITUACIÓN BASE

Los resultados de las diversas alternativas se muestran a continuación:

	TRAVMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTOT	DEM. TOTAL	DEM. POR VEH.
ALT00	120705,2	91922,05	2829	67785,92	98484,5	150,59
ALT01	143676,6	114151,94	2212	93093,57	149780,19	224,22
ALT02	221967,3	196480,08	3732	164400,5	264808,74	456,57
ALT03	101342,6	70668,72	1459	54939,35	70678,92	101,11
ALT1	60078,1	26913,04	833	19275,98	26918,34	40,24

[Tabla N° 8.1: Resumen de los resultados obtenidos]

Dado a que las alternativas fueron planteadas a través de hipótesis testigo, se procede a analizar el nivel de respuesta de las mismas en función de la situación base y a través de las medidas de desempeño elegidas. Los niveles de respuestas de las alternativas a las hipótesis se caracterizan por la capacidad de resolver el problema de la congestión, esto implica:

a.- reducir el tiempo de viaje: esto se logra reduciendo el tiempo de las demoras.

b.- reducir la cantidad de detenciones, para propiciar a los usuarios un movimiento fluido a la hora de atravesar la intersección.

Lo evidente es que ambas cualidades de la congestión están muy ligadas entre sí y entre otras variables propias de la problemática como la emisión de gases y el consumo de combustible.

Se muestra a continuación una tabla que compara las alternativas ALT01, ALT02, ALT03 y ALT1, calculando las diferencias entre las medidas de desempeño obtenidas por cada alternativa simulada y dividiendo por los valores iniciales (situación base).

Medida de desempeño	Situación base	Resultados obtenidos				Porcentaje de mejora			
		ALT01	ALT02	ALT03	ALT1	ALT01	ALT02	ALT03	ALT1
TRAVMTOT(ALL)	120705,2	143676,6	221967,3	101342,6	60078,1	-19,0%	-83,9%	16,0%	50,2%
DELAYTOT(ALL)	91922,05	114151,94	196480,08	70668,72	26913,04	-24,2%	-113,7%	23,1%	70,7%
STOPSTOT(ALL)	2829	2212	3732	1459	833	21,8%	-31,9%	48,4%	70,6%
DELAYSTOPTOT(ALL)	67785,92	93093,57	164400,5	54939,35	19275,98	-37,3%	-142,5%	19,0%	71,6%
DEM. TOTAL	98484,5	149780,19	264808,74	70678,92	26918,34	-52,1%	-168,9%	28,2%	72,7%
DEM. POR VEH.	150,59	224,22	456,57	101,11	40,24	-48,9%	-203,2%	32,9%	73,3%

[Tabla N° 8.2: Comparativa de las alternativas con la situación base]

8.4.- DESEMPEÑO DE LAS ALTERNATIVAS EN LA INTERSECCIÓN

Recordando que las alternativas ponen a pruebas una serie de hipótesis que pretenden explicar las causas de los problemas de la intersección, los resultados obtenidos anteriormente nos orientan a saber si las hipótesis fueron planteadas de manera correcta. A simple vista de la tabla N° 8.2 se observa que:

La alternativa ALT01 no resuelve el problema de la congestión, es por ello que no es un problema de que el ciclo sea corto.

La alternativa ALT02 produce efectos negativos en todas las medidas de desempeño, esto implica que en caso de incurrir en la separación de la fase Ricchieri acrecentaría el problema de la congestión.

La ALT03 muestra mejoras en las medidas de desempeño consideradas, dado a que la inversión no es elevada (ya que no implica cambios en la geometría de la intersección) resulta hasta el momento la alternativa más alentadora.

La ALT1, implica un cambio sustancial en la transportación de los usuarios en la toda la zona, ya que hay cambios a nivel de infraestructura y de la circulación, es por ello que el costo de la implementación es elevado. Esta alternativa muestra una mejoría mayor en todas las medidas de desempeño con respecto a la ALT03.

8.5.- COMPARACIÓN DE ALT03 Y ALT1

Entre todas alternativas propuestas, las que mostraron mejor desempeño fueron las ALT03 y ALT1, es por ello que se realiza una comparación entre ambas alternativas para estimar cuales son las bondades de cada una.

Para compararlas, se analizarán los Tiempos Totales de Viaje TTV y las Demoras Totales versus la situación base. En caso de no hacer nada (ALT00), se determinarán la cantidad de horas al año que deben consumir los usuarios para transportarse y luego se compara con las ALT03 y ALT1.

A continuación se muestran los resultados de este análisis en la Tabla N° 8.3

	ALT00	ALT03	ALT1
TTV 15 minutos [s]	120705,2	101342,6	60078,1
TTV horarias [s]	482820,8	405370,4	240312,4
TTV horarias [h]	134,1	112,6	66,8
TTV (5 horas) [h]	670,6	563,0	333,8
TTV semanales [h]	3352,9	2815,1	1668,8
TTV anuales [h]	120705,2	101342,6	60078,1
Diferencia [h]		19362,60	60627,10
Variación porcentual		16,04%	50,23%

[Tabla N° 8.3: TTV: Tiempo Total de Viaje – comparación]

Vemos que la ALT03 reduce 19362 horas al año de TTV, equivale a un 16% de reducción y en cambio la ALT1 reduce 60627 horas al año, equivalente al 50% del TTV.

Si analizamos que sucede con el fenómeno de la demora en la intersección, se llega al siguiente resultado:

	ALT00	ALT03	ALT1
Demoras totales 15 minutos [s]	98484,5	70678,92	26918,34
Demoras horarias [s]	393938	282715,68	107673,36
Demoras horarias [h]	109,43	78,53	29,91
Demoras diarias (5 horas) [h]	547,14	392,66	149,55
Demoras semanales [h]	2735,68	1963,30	747,73
Demoras anuales (9 meses) [h]	98484,5	70678,92	26918,34
Diferencia [h]		27805,58	71566,16
Varacion porcentual		28,2%	72,7%

[Tabla N° 8.4: TTV: Tiempo Total de Viaje – comparación]

Se puede observar que la ALT03 produce una reducción del 28% de las demoras totales y por otro lado la ALT1 produce una reducción del 73% en las demoras.

También se analizó cuál es el porcentaje de tiempo que esta demorado en vehículo con respecto al tiempo total de viaje.

	ALT00	ALT03	ALT1
Tiempo de viaje [s]	120705,20	101342,60	60078,10
Demoras totales [s]	98484,5	70678,92	26918,34
Porcentaje	81,6%	69,7%	44,8%

[Tabla N° 8.5: Relación Demoras – TTV]

Como se observa, actualmente en las demoras involucran el 82% del tiempo de viaje, en cambio en la ALT03 se reduce a casi un 70% del tiempo y por último en la ALT1, vemos que el porcentaje es aproximadamente el 45%. A medida que se reduce el porcentaje vemos que el tiempo se encuentra más aprovechado. El estudio de las

alternativas continúa analizando la nobleza de cada una en términos de un incremento de la demanda.

8.6.- PROYECCIÓN DE LA DEMANDA EN ALT03 Y ALT1

Como no se dispone de un registro histórico sobre los volúmenes intervinientes en la intersección, no es posible plantear tasas de incremento en la demanda en el tiempo, es por ello que se plantearon horizontes atemporales dentro de límites razonable.

Las proyecciones consideran un aumento del 5, 10 y 20 por ciento del volumen interviniente, planteado de manera equitativa para todas las calles conflictivas analizadas.

En la siguiente tabla se muestran los volúmenes actuales y los correspondientes a las proyecciones planteadas para cada acceso estudiado:

CALLE	ACTUAL	5%	10%	20%
OH NS E	880	924	968	1056
OH SN E	700	735	770	840
REOE	232	244	255	278
CEOE	415	436	457	498
ROE	580	609	638	696

[Tabla N° 8.6: Volúmenes proyectados por calle]

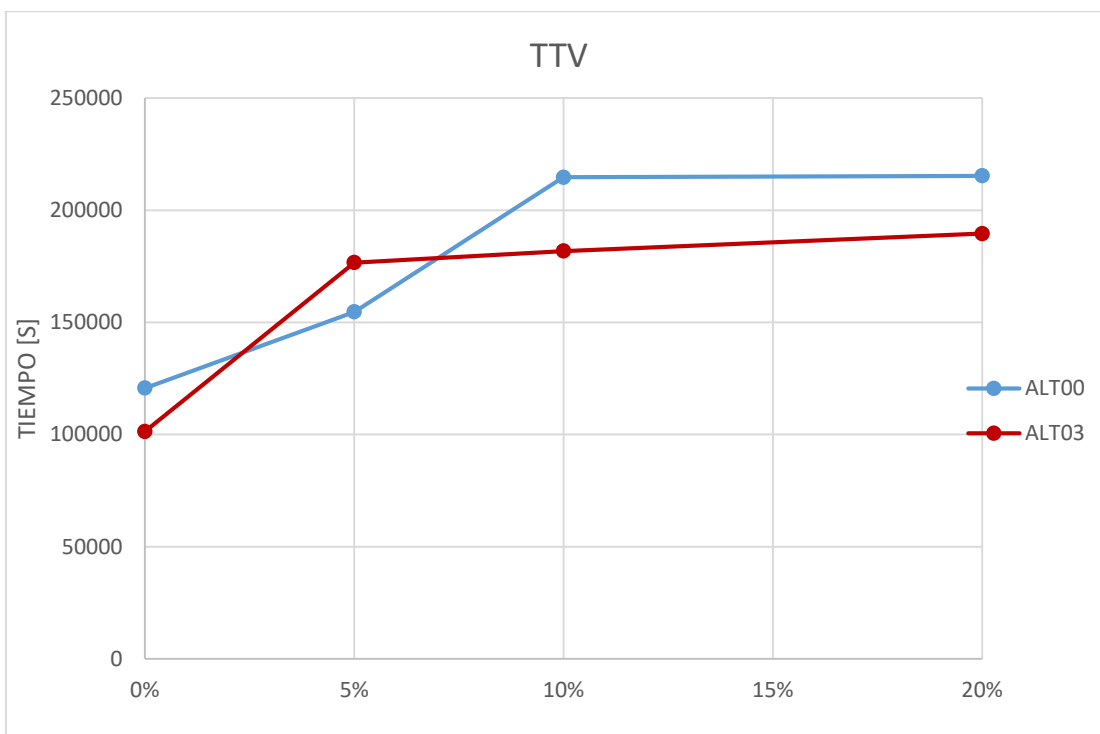
A pesar de no contar con datos que demuestren que el mismo incremento se dará de manera simultánea en las calles que conforman la intersección, se asumió que esto podría darse en un escenario completamente desfavorable. En efecto, es posible que los incrementos se den de manera diferenciada para cada calle pero en el hipotético caso de que suceda el escenario más desfavorable, se simularon las alternativas con los volúmenes enlistados anteriormente y se obtuvieron las respuestas arrojadas en la tabla N° 8.7 de las medidas de desempeño para ALT00, ALT03 y ALT1

ALT00										
ESCENARIO	TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTO'	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATEI'	DELAYLATENT	DEM. TOTA	DEM. POR VEH.
0%	120705,2	91922,05	2829	67785,92	12073	654	1320	13124,9	98484,5	150,59
5%	154668,7	125426,49	3703	93336,22	15459	670	3930	39021,3	144937,14	216,32
10%	214645	186559,78	5074	143134,98	21461	633	9526	94735,6	233927,58	369,55
20%	215333,9	186723,09	5100	143829,43	21532	649	26156	260784,4	317115,29	488,62
ALT03										
ESCENARIO	TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTO'	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATEI'	DELAYLATENT	DEM. TOTA	DEM. POR VEH.
0%	101342,6	70668,7	1459	54939,4	10132	699,0	2	20,4	70678,92	101,11
5%	176628,8	148236,1	3107	119503,2	17650	656,0	6713	66987,7	181729,97	277,03
10%	181745,8	153328,8	3299	123678,3	18183	657,0	11103	110686	208671,76	317,61
20%	189520,6	158756,9	3197	129371,6	18924	704,0	18864	187931,6	252722,65	358,98
ALT1										
ESCENARIO	TRAVTMTOT	DELAYTOT	STOPSTOT	DELAYSTOPTO'	VEHACT	VEHARR	DEMANDLATEN	DELAYLATENT	DEM. TOTA	DEM. POR VEH.
0%	60078,1	26913,04	833	19275,98	6028	669	1	10,6	26918,34	40,24
5%	64034,5	28263,34	853	20195,84	6441	715	0	15,2	28270,94	39,54
10%	69271,5	31665,67	958	22981,87	6930	752	0	18,8	31675,07	42,12
20%	77590,2	37005,21	1065	26899,9	7755	822	2	21,5	37015,96	45,03

[Tabla N° 8.7: Resultados TTV y Demoras para la proyección de la demanda]

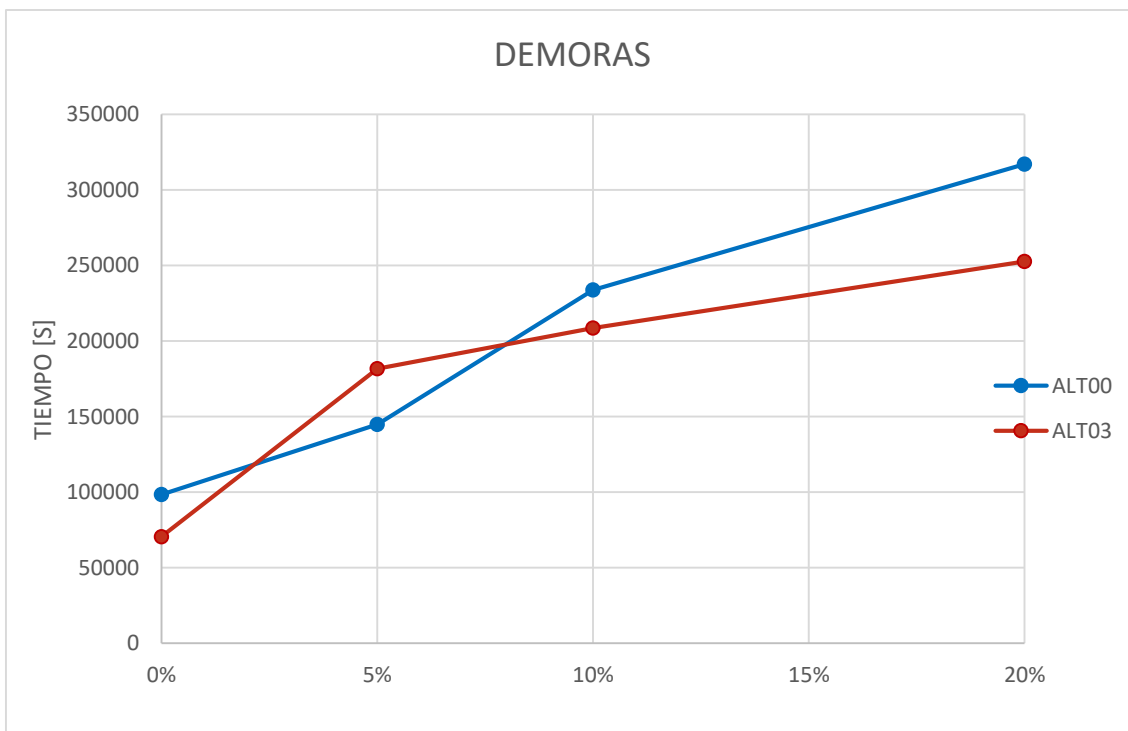
Nota: las Demoras Totales se computaron como DELAYTOT (vehículos en la red) más el 50% de la DELAYLATENT (vehículos fuera de la red), ya que a medida que incrementa el volumen de vehículos alguno, cada vez más vehículos no logran ingresar a la red. Se toma el 50% ya que debido a la inminente congestión algunos usuarios buscaran rutas alternativas para llegar a destino.

Expresados en un gráfico los resultados arrojados se muestran como sigue:



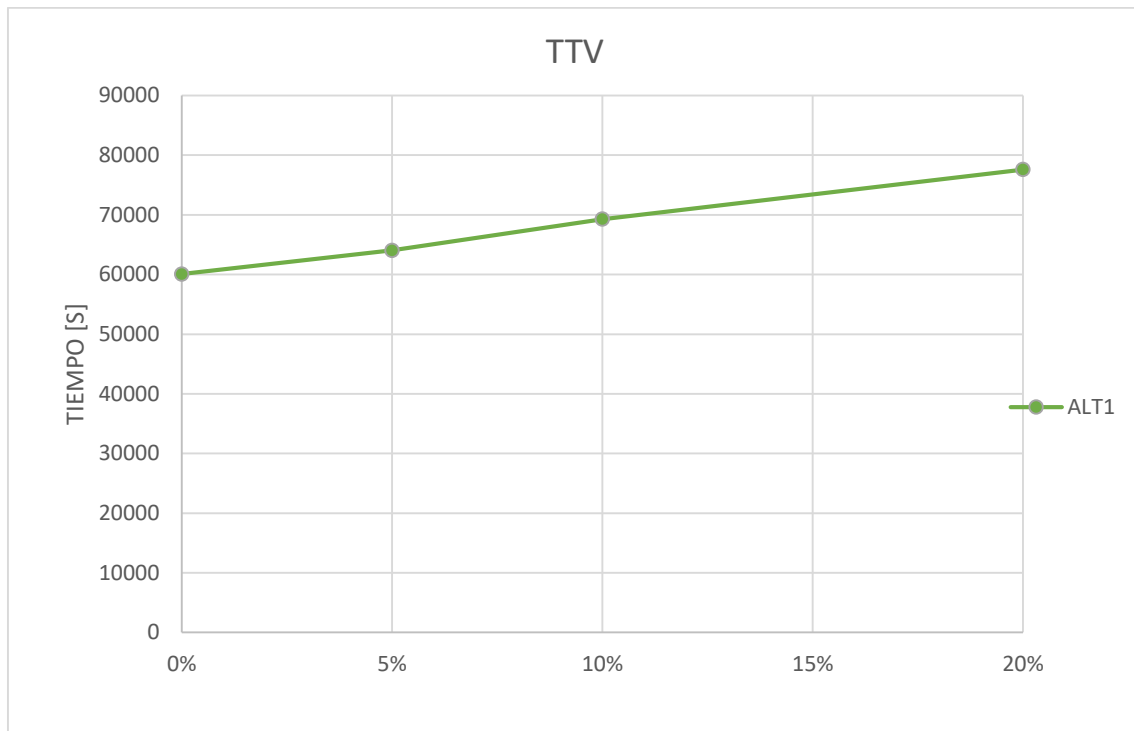
[Imagen N° 8.2: Gráfico TTV vs % de incremento de la demanda – ALT00 y ALT03]

En el gráfico anterior podemos apreciar como la curva de TTV se vuelve asintótica con el aumento de la demanda, ya que muchos vehículos quedan por fuera de la red.

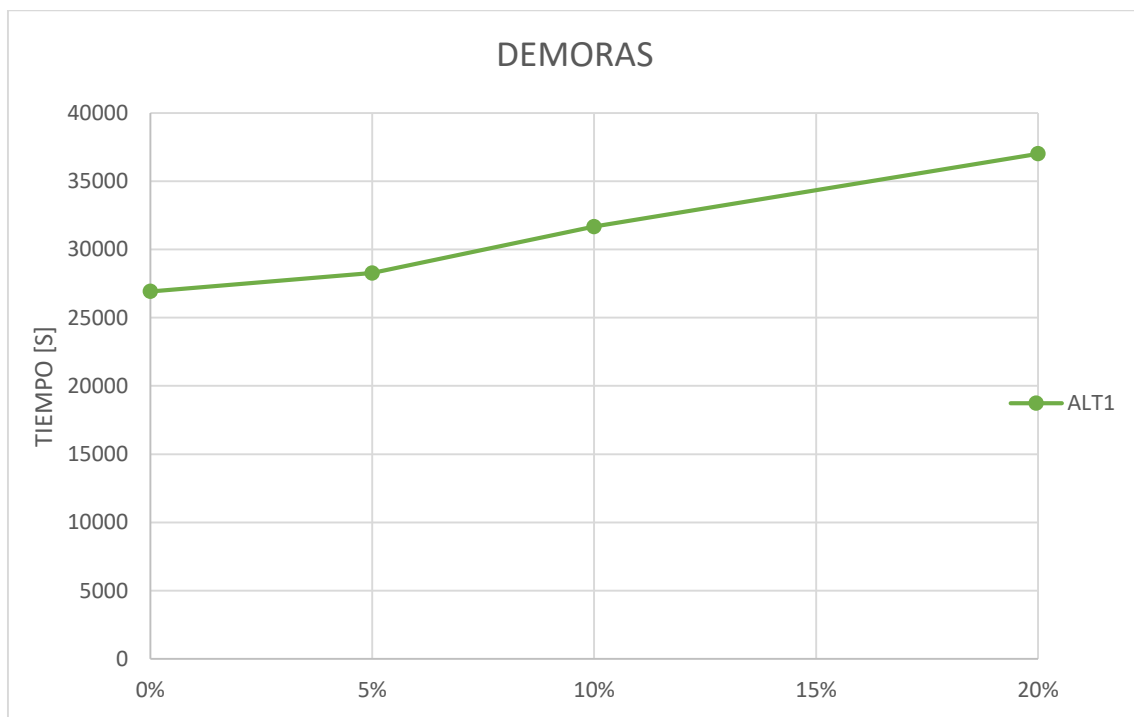


[Imagen N° 8.3: Gráfico Demoras vs % de incremento de la demanda - ALT00 y ALT03]

En la imagen N° 8.4 a continuación, se observa el típico comportamiento de la variable TTV a medida que aumenta el volumen de vehículos en viaje.



[Imagen N° 8.4: Gráfico TTV vs porcentaje de incremento de la demanda – ALT1]



[Imagen N° 8.5: Gráfico Demoras vs porcentaje de incremento de la demanda – ALT1]

En los gráficos anteriores, podemos apreciar como el TTV y las demoras totales aumentan a un ritmo acorde al incremento de la demanda, esto permite inferir que la nueva red resiste el incremento de volúmenes de vehículos, de modo que no se perjudica el viaje de los usuarios existentes.

9.- CONCLUSIONES

Recordando las hipótesis planteadas:

Hipótesis Primera: Ciclo semafórico corto

Hipótesis Segunda: El punto conflictivo PC1 que se da sobre Av. Ricchieri reduce considerablemente su capacidad.

Hipótesis Tercera: El punto de conflicto PC2 generan un impacto negativo considerable en el funcionamiento del acceso OH NS E, ya que no permite que el flujo entre en régimen con facilidad cuando ocurre el verde, debido a los constantes roces entre vehículos.

Hipótesis cuarta: R OE E precisa un segundo carril dada la elevada demanda.

Hipótesis quinta: Geometría poco funcional y mal planificada la rotonda. Esto tiene como efecto el incremento de los tiempos de viaje de los usuarios sobre todo para aquellos que vienen por C EO E, OH SN E y OH NS E.

Se concluye lo siguiente:

La SITUACIÓN ACTUAL de la intersección muestra graves problemas de congestión, esto se evidencia a través de la simulación y de los datos relevados por las elevadas colas y cantidad de detenciones que tienen en promedio los vehículos. También existen problemas de movilidad debido a dos puntos conflictivos que favorecen a los roces entre vehículos y potencial accidentes. Con respecto a los tiempos de viaje, vemos que actualmente la congestión implica 120705 hs al año y las demoras correspondían al 81% del TTV. Con respecto a la nobleza de la intersección en relación al aumento de la demanda, se determinó que con poco incremento de vehículos, la congestión existente no permite que lleguen más vehículos a destino. No obstante, aumenta considerablemente la cantidad de detenciones por vehículo.

La alternativa ALT01, que pone a prueba la Hipótesis primera (ciclo semafórico corto) y la hipótesis cuarta (punto de conflicto PC2), reduce pobremente los problemas de la congestión, pudiendo inferir que estas hipótesis en conjunto no explican los problemas de congestión.

La alternativa ALT02 tiene en cuenta la hipótesis segunda y muestra un pésimo desempeño, es por ello que se desestimó completamente el dejar dividida la fase de Ricchieri.

La alternativa ALT03 arroja resultados favorables en las medidas de desempeño, poniendo en manifiesto que en R OE E es necesario aumentar su capacidad. Los TTV

anualizados se reducen a 101342, un 16% el TTV y se reducen un 28% las Demoras Totales. La relación Demoras vs TTV desciende levemente a un 70% (un porcentaje bajo si la comparamos con la ALT1). Con respecto al aumento de la demanda, los resultados no son alentadores, esta propuesta muestra el mismo problema de que por más que incremente la cantidad de vehículos que ingresen a la intersección, seguirán atravesándola la misma cantidad de vehículos, confirmando que la ofertada está lo suficiente por debajo de la demanda. En resumen se llega a la conclusión de que la ALT03 resulta una propuesta adecuada en el corto plazo, ya no requiere de grandes inversiones. No obstante con un bajo incremento de vehículos se volvería a tener problemas de congestión similares a los actuales.

La ALT1 fue la propuesta que mostró mayores bondades. La misma considera un cambio en funcionamiento de la intersección y de las calles próximas a esta y dado a que los resultados fueron considerablemente positivos, es posible inferir que la hipótesis quinta (Geometría poco funcional) estaba acertada. Sobre los resultados se resalta la reducción en los tiempos de viaje del 50% pasando de 120705 hs anuales a 60627 hs anuales. En relación a las demoras, la ALT1 muestra una reducción del 73%. La relación entre demoras y tiempo de viaje pasa del 76% al 46%, mostrando que la nueva geometría es notablemente más efectiva que la geometría actual; Otro resultado notable es la nobleza de esta alternativa en relación al aumento de vehículos que ingresan a la intersección, la propuesta muestra los tiempos de viaje, aumentarían a una baja tasa en comparación con las otras propuestas.

Para decidir cuál de las alternativas llevar adelante, requiere hacer un análisis económicos de las ALT1 para comparar los beneficios de los usuarios con la inversión. No obstante Cabe, hay inminente avance de comercios y centros de comida y recreación hacia la zona de la intersección, sumado a los grandes hipermercados y el CPC que está por entrar en funcionamiento, nos indica que en un futuro, toda la zona habrá cambiado de ser el barrio tradicional a una zona con elevada actividad. Pensar en ampliar la conectividad que brindan las calles podría ser la planificación que muchas veces carecen los microcentros de actividades que se hayan dispersos por toda la ciudad de Córdoba.

10.- BIBLIOGRÁFICO

- 1.- Transportation Research Board” (2000), Highway Capacity Manual 2000, National Research Council, Washington D.C
- 2.- Instituto Superior de Ingeniería del Transporte (2016), Estudio de tránsito en Plaza España, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- 3.- Web oficial de PTV Group; <https://www.ptvgroup.com> ; 2018.
- 4.- Apuntes de la cátedra TRANSPORTE 1 . FCEFYN - UNC

11.- ANEXO