



Universidad Nacional de Rosario  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**Título:**

INTERSECCIÓN ENTRE AV. ARTURO ILLIA Y  
CALLE GOLONDRINAS. CIUDAD DE FUNES.  
Estudio de alternativas.

**Asignatura:** C.32 - Proyecto IV

**Plan:** 2014

**Alumnos:**

COSTANSI, Martín	C-5773/8	martincostansi@gmail.com
DESCARREGA, Fabricio	D-3579/3	fabricio.descarrega@gmail.com
FRANCESCHETTI, Federico	F-3172/1	fede_franceschetti@hotmail.com

**Directores del proyecto:**

Inga. PAGANI, María Laura  
Inga. PUGNO, Martina

**Titular de la materia:**

Ing. LÓPEZ, Rubén

**Año:** 2019

**ÍNDICE**

<b>PRÓLOGO</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. OBJETIVOS, ALCANCES, SECTOR EN ESTUDIO Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
1.1. OBJETIVOS	7
1.2. ALCANCES	7
1.3. SECTOR EN ESTUDIO	8
1.3.1. Ubicación	8
1.3.2. Vías de comunicación	8
1.3.3. Población	9
1.3.4. Nuevo desarrollo inmobiliario	10
1.4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	14
<b>CAPÍTULO II. RELEVAMIENTO GEOMÉTRICO Y LEVANTAMIENTOS DE TRÁNSITO.</b>	<b>16</b>
2.1. RELEVAMIENTO GEOMÉTRICO	16
2.2. LEVANTAMIENTOS DE TRÁNSITO	20
2.2.1. Solicitud de datos.	21
2.2.2. Obras en desarrollo en la zona	22
<b>CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE AFOROS</b>	<b>23</b>
3.1. Tránsito actual	23
3.1.1. Identificación de movimientos	23
3.1.2. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)	24
3.1.3. Aforo sobre Av. Arturo Illia	24
3.1.4. Volumen máximo durante 15 minutos	26
3.1.4.1. Sección 1	26
3.1.4.2. Sección 2	26
3.1.4.3. Sección 3	27
3.1.5. Volumen máximo horario en cada sección	27
3.1.5.1. Sección 1	27
3.1.5.2. Sección 2	28
3.1.5.3. Sección 3	28
3.1.6. Síntesis de resultados	29
3.2. Nivel de servicio de la Avenida Arturo Illia	30
3.2.1. Velocidad en flujo libre estimada	31
3.2.2. Velocidad promedio de viaje	32
3.2.3. Nivel de servicio Resultante	33
3.3. Nivel de servicio de calle Golondrinas	34
3.4. Conclusión del análisis aforos	34
<b>CAPÍTULO IV. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO SOBRE ESCENARIOS PLANTEADOS</b>	<b>36</b>
4.1. Pronóstico del volumen de tránsito futuro	36
4.2. Hipótesis	37
4.2.1. Crecimiento del tránsito	37
4.2.2. Período de diseño	38
4.3. Tránsito futuro	38
4.3.1. Identificación de movimientos	38

4.3.2.	Crecimiento Normal del Tránsito	40
4.3.2.1.	Av. Arturo Illia	40
4.3.2.2.	Calle Golondrinas	40
4.3.3.	Tránsito Desarrollado	40
4.3.4.	Distribución de movimientos de barrio VIDA	42
4.3.4.1.	Análisis de resultados:	42
4.3.4.2.	Influencia de obras existentes:	44
4.3.4.3.	Extrapolación de resultados hacia la nueva urbanización VIDA	47
4.3.5.	Tránsito Generado	48
4.3.6.	Síntesis de resultados	49
<b>4.4.</b>	<b>Nivel de servicio futuro</b>	<b>50</b>
4.4.1.	Escenario 1	50
4.4.2.	Escenario 2	50
4.4.2.1.	Velocidad en flujo libre	50
4.4.3.	Determinación del tránsito	52
4.4.4.	Densidad y Nivel de Servicio	54
<b>4.5.</b>	<b>Conclusiones de las proyecciones del tránsito futuro sobre los escenarios planteados</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO V.</b>	<b>ANÁLISIS DE PROPUESTAS</b>	<b>56</b>
<b>5.1.</b>	<b>Intersección semaforizada</b>	<b>56</b>
5.1.1.	Consideraciones previas	56
5.1.2.	Diseño geométrico	58
5.1.2.1.	Dársenas de giros	58
5.1.2.2.	Radios de giro de movimientos	58
5.1.2.3.	Retiro y apertura de cancheros / líneas de frenado	58
5.1.2.4.	Diseño de cordones esquineros	59
5.1.2.5.	Conclusiones sobre análisis geométrico	59
5.1.3.	Análisis Operacional – Nivel de Servicio	59
5.1.3.1.	Datos de Entrada	60
5.1.3.2.	Módulo de carriles y demanda - Determinación de los grupos de carriles para el análisis	60
5.1.3.3.	Módulo de flujo de saturación	62
5.1.3.4.	Módulo de análisis de capacidad de la intersección	63
5.1.3.5.	Módulo de eficiencia – Cálculo de demoras	65
5.1.4.	Resultados	67
<b>5.2.</b>	<b>Intersección rotatoria</b>	<b>68</b>
5.2.1.	Consideraciones previas	68
5.2.2.	Diseño Geométrico	69
5.2.2.1.	Condiciones geométricas y topográficas	69
5.2.2.2.	Isleta Central	70
5.2.2.3.	Calzada Anular o Anillo	70
5.2.2.4.	Ramales de entrada y salida a rotondas	71
5.2.2.5.	Conclusión sobre análisis geométrico	73
5.2.3.	Análisis Operacional – Nivel de Servicio en Rotondas	74
5.2.3.1.	Datos de Entrada	74
5.2.3.2.	Metodología	75
<b>CAPÍTULO VI.</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS – ELECCIÓN DE ALTERNATIVA</b>	<b>84</b>
<b>CAPÍTULO VII.</b>	<b>MICROSIMULACIÓN</b>	<b>86</b>
<b>7.1.</b>	<b>Elección del Software</b>	<b>86</b>
<b>7.2.</b>	<b>Simulaciones realizadas</b>	<b>86</b>
7.2.1.	Datos de entrada	86
7.2.2.	Simulación 1	88

7.2.3. Simulación 2	89
7.2.4. Simulación 3	90
7.2.5. Simulación 4	90
7.2.6. Simulación 5	91
7.2.7. Simulación 6	91
7.2.8. Simulación 7	92
<b>CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES - ELECCION FINAL SEGÚN ESCENARIO</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO IX. PRESENTACION DE LA SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO X. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>
<b>CAPÍTULO XI. ANEXO</b>	<b>96</b>

*“El presente trabajo fue realizado personalmente por los alumnos del correspondiente grupo. La participación de las directoras se limitó a su vocación docente, por lo que el trabajo es de índole meramente académico y no existe responsabilidad profesional alguna por parte de la Facultad, la Escuela, la Cátedra o las Directoras”*

## **PRÓLOGO**

El presente trabajo es el resultado del proyecto final de la cátedra de Proyecto IV. En función de las preferencias e intereses personales del grupo, se optó que la temática a abordar sea referida al área de Transporte, con el objeto de abarcar y fusionar la mayor cantidad de conceptos adquiridos en las diferentes cátedras que componen dicha área.

Con el fin de poder de cumplir con las premisas establecidas se recurrió al Instituto de Estudios de Transporte (IET) con el objetivo de buscar una problemática que alcance los requerimientos propuestos por la cátedra de Proyecto IV.

El IET es un organismo interdisciplinario que desarrolla actividades académicas y de investigación, como así también se dedica a brindar asistencia técnica y asesoramiento en el ámbito público y privado. Es uno de los mayores referentes en su área de incumbencia, contando con un destacado equipo de profesionales. Este se encuentra en el 2º piso del edificio del Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) dentro de la Ciudad Universitaria de Rosario.

Es así que se plantea la necesidad de realizar un estudio integral sobre el impacto que ocasionara el desarrollo de una nueva urbanización en el tránsito de una intersección de la ciudad de Funes. Esta problemática comprende el estudio integral de tránsito en las inmediaciones de la intersección con el objetivo de determinar la necesidad de realizar una intervención en la zona y plantear, en caso de resultar afirmativo, diferentes propuestas de resolución y evaluar cuál de ellas resultara más conveniente para este caso en particular.

Se agradece principal y especialmente a las directoras del presente proyecto, Ingeniera Civil María Laura Pagani e Ingeniera Civil Martina Pugno, quienes voluntariamente dedicaron parte de su tiempo a atender todas nuestras requisitorias y a compartir sus experiencias laborales que resultaron muy enriquecedoras para la elaboración del trabajo.

Por otro lado, la colaboración por parte de quienes constituyen el Instituto de Estudio de Transporte fue fundamental ya que nos brindaron la mayoría del material de trabajo.

En su parte, al Ingeniero Agrimensor Eric Jagger, al jefe de oficina técnica de estudios y proyectos de la municipalidad de Funes, Ingeniero Civil Hernán Vagni, y al Arquitecto Guillermo Murray se les agradece por el significativo aporte realizado.

Así también se agradece a todos los profesionales que conforman la cátedra de Proyecto IV de la Escuela de Ingeniería Civil por el espacio brindado durante el semestre para la elaboración del proyecto que significó un crecimiento no sólo académico sino también personal y grupal.

## **CAPÍTULO I. OBJETIVOS, ALCANCES, SECTOR EN ESTUDIO Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

### **1.1. OBJETIVOS**

El objetivo fundamental del presente estudio consiste en diseñar geoméricamente una intersección, según los movimientos que se requieran, y que a su vez sirva para dar acceso a un nuevo barrio de la localidad de Funes que se emplazará en dicho lugar. Tal intersección se ubica en el cruce entre la Avenida Arturo Illia y calle Golondrinas.

Se busca garantizar la seguridad de los usuarios a la hora de circular por la intersección, reducir el riesgo de accidentes y crear una sensación agradable y confortable de circulación. También se pretende lograr una solución basada en el paradigma de que la misma sea homogénea con las intersecciones existentes en la zona.

### **1.2. ALCANCES**

El alcance de este proyecto se limita evaluar la circulación, determinar los niveles de servicio de las calzadas, diseñar geoméricamente los movimientos según se requiera, planificar el tránsito en general y relevar la topografía en las inmediaciones de la intersección de Avenida Arturo Illia y calle Golondrinas, de la localidad de Funes, para luego estudiar posibles alternativas a implementar.

Cabe destacar que todo aquel análisis referido a cálculo de estructuras de pavimento, estudios hídricos, evaluación financiera e impacto ambiental queda fuera del alcance de este proyecto.

### 1.3. SECTOR EN ESTUDIO

#### 1.3.1. Ubicación

La intersección a intervenir se encuentra dentro del distrito de la localidad de Funes, provincia de Santa Fe, Argentina. La localidad de Funes, es conocida como el “Jardín de la Provincia”, pertenece al departamento Rosario y forma parte del Gran Rosario.

La ciudad se extiende de Este a Oeste por más de ocho kilómetros y de Norte a Sur alrededor de seis kilómetros en su punto máximo. Limita con Rosario al Este, separada por el Arroyo Ludueña. Al Oeste limita con la ciudad de Roldán, separada por la calle “San Sebastián”.

Al Norte con la localidad de Ibarlucea y al Sur con la ciudad de Pérez.

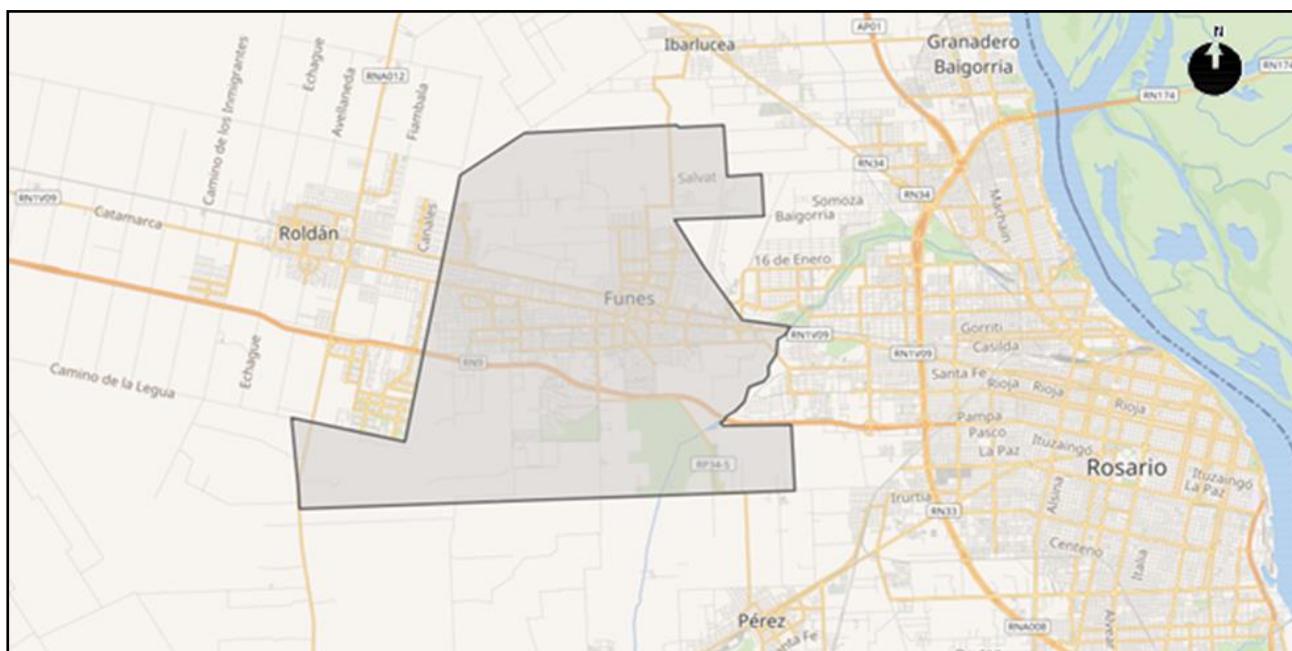


Figura Nº 1. Ubicación de la localidad de Funes. Fuente: OpenStreetMap.

#### 1.3.2. Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación que atraviesan la ciudad son: de Este a Oeste, la Autopista “Ernesto Che Guevara” RN9 (prolongación de la rosarina Av. Pellegrini), la Ruta Nacional 1V09 (ex RN9 y continuación de la rosarina Av. Eva Perón), la Av. Arturo Illia (ex Fuerza Aérea al Este de la rotonda con H. Yrigoyen y continuación de la rosarina Av. Calasanz y Av. Mendoza) y la Av. Fuerza Aérea (al Oeste de la rotonda con calle H. Yrigoyen), donde se ubica el Liceo Aeronáutico Militar de la Fuerza Aérea Argentina.

Por otro lado, a cuatro cuadras al Norte de la ex Ruta Nacional 9, el municipio es atravesado por la línea de Ferrocarril General Mitre del Nuevo Central Argentino.

Finalmente, sobre el límite jurisdiccional Este de la ciudad, se encuentra el Aeropuerto Internacional de Rosario “Islas Malvinas”.

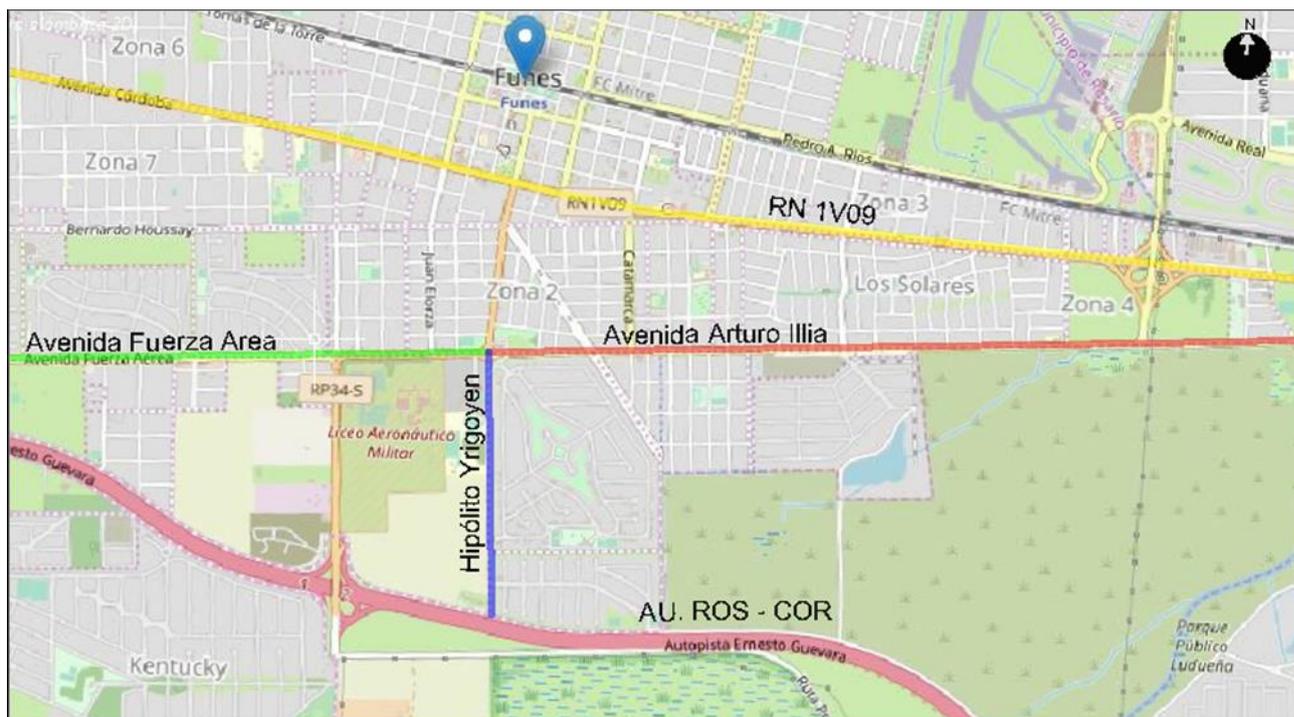


Figura Nº 2. Principales vías de comunicación. Fuente: OpenStreetMap.

### 1.3.3. Población

Según datos del censo nacional del INDEC, en el año 2010, Funes contaba con 23.520 habitantes. Esto representa un incremento cercano al 60% respecto al censo anterior realizado en el año 2001, donde la población alcanzaba los 14.552 habitantes.

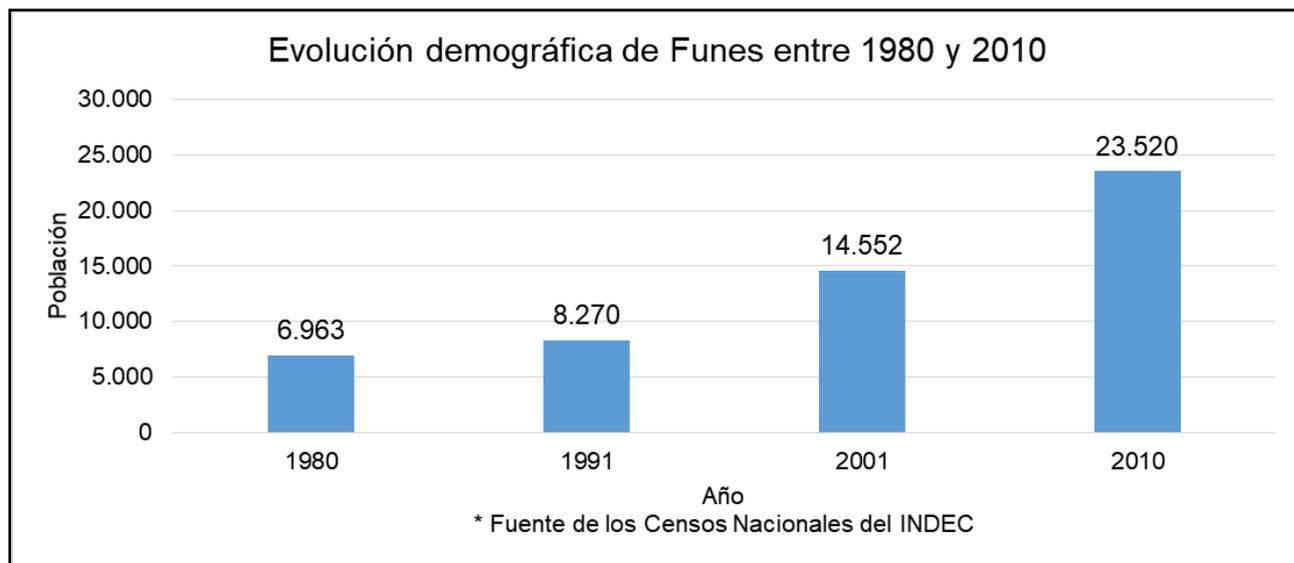


Gráfico Nº 1 – Evolución demográfica de Funes entre 1980 y 2010. Fuente: INDEC.

“... La intensa urbanización y posterior inmigración que caracterizaron a Funes la llevaron, según una estimación oficial, a convertirse en la ciudad de la provincia con mayor crecimiento poblacional,

---

*con amplia ventaja sobre el resto. Un informe del Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC) releva que su promedio de crecimiento es de 4,201 %, cuando el promedio provincial es de apenas 0,793%. Se estima, en tanto, que para el año 2025 vivirán 45.000 habitantes en el Jardín de la Provincia. "Fue siempre un centro de recreación de Rosario, ese fue el rol que se le fue adjudicando a la ciudad en esta región más amplia", analizó el urbanista Oscar Bragos". [Página/12]*

Respecto al nivel social de la población, es mayoritariamente de clase media y se registra el más bajo porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas (el 7,6%) entre las otras localidades que conforman el área metropolitana de Rosario.

Dentro del área metropolitana de Rosario, es la ciudad de menor desarrollo industrial, presentando la menor densidad de establecimientos industriales por cada 1.000 habitantes y la menor densidad de personal industrial cada 10.000.

Lo anteriormente descripto permite concebir a Funes como una ciudad dormitorio, por lo que sus habitantes realizan sus actividades diarias (como ser trabajo, educación, salud y ocio) fuera de la ciudad. Por este motivo manifiestan mayoritariamente una dependencia hacia el uso de los vehículos particulares y el transporte público.

#### 1.3.4. Nuevo desarrollo inmobiliario

Antes de desarrollar las características del nuevo barrio que se emplazará en las cercanías de la intersección en estudio, resulta interesante citar la siguiente reseña sobre el desarrollo de conjuntos inmobiliarios en la localidad de Funes:

*"Entre fines de los años '90 y principios de la década pasada se desarrolló el club de campo de Kentucky. Novedoso en cuanto a modelo inmobiliario en la región, significó el inicio de un proceso que directamente redefinió a la ciudad de Funes. Le siguieron los tres barrios cerrados Funes Hills y luego una fila interminable de más clubes de campo, barrios cerrados y también barrios abiertos residenciales de enormes dimensiones. De ese modo, el viejo pueblo que tenía casas de fines de semana de familias rosarinas en las afueras se convirtió en ciudad por elección de cientos de familias, principalmente de clase media." [Página/12].*

A esta corriente de desarrollos inmobiliarios en Funes, se suma un nuevo barrio denominado "VIDA". El mismo se encuentra hacia el Sureste de la ciudad. Limita al Oeste con calle Los Nogales, al Este con calle Jacarandá y al Sur con zona rural. Se encuentra a pocos minutos del casco urbano de Funes, unos 3,50 Km aproximadamente, y a 15 Km de la urbe rosarina.

Se proyectan dos ingresos al barrio. Un ingreso principal, que tendrá lugar en la intersección entre Avenida Arturo Illia y calle Golondrinas. Y un ingreso secundario, sobre calle Jacarandá. En las siguientes figuras se esquematizan los límites e ingresos al barrio:

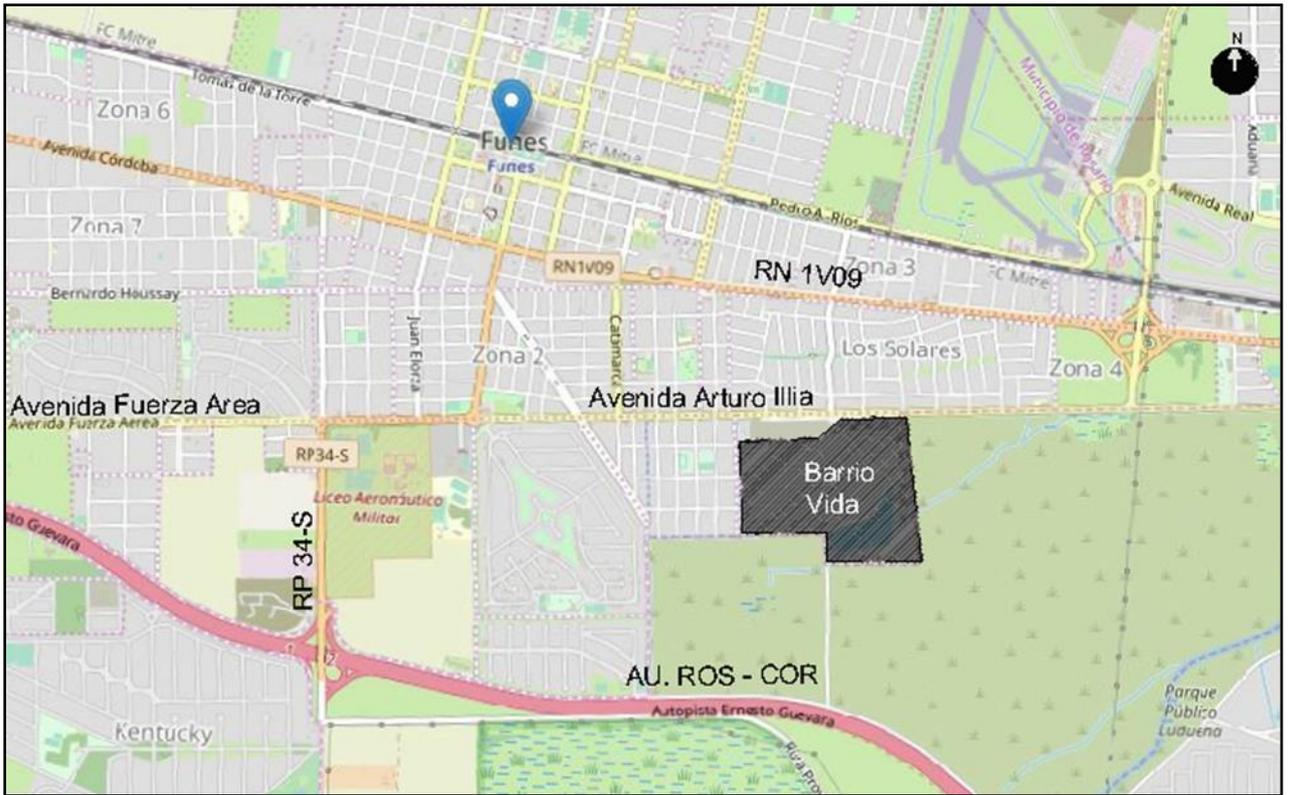


Figura Nº 3. Lugar de emplazamiento del Barrio VIDA. Fuente: OpenStreetMap.



Figura Nº 4. Límites del barrio e ingresos. Fuente: Google Maps.

Resulta importante destacar que el ingreso principal es sólo para los propietarios, los profesionales que cuenten con oficinas en el barrio y las visitas. En cambio, el ingreso secundario es para los diferentes prestadores de servicios que desarrollarán actividades dentro del mismo.

La Avenida Arturo Illia, mediante la cual se accederá al barrio, presenta condición de calzada bidireccional de siete metros veinte de ancho sin separación central. La misma conecta áreas moderadamente desarrolladas, periferia de Funes con zona Oeste de Rosario.

Las obras para la construcción de este barrio se desarrollan dentro de zonas urbanas y en una topografía predominantemente llana.

La concepción del nuevo barrio se plantea en un predio de 35 hectáreas divididas en 279 lotes que van desde 800 a 1200 metros cuadrados. Contará con todos los servicios, áreas recreativas y deportivas (2 canchas de tenis, una cancha de fútbol 5 y 2 piscinas). Además, contará con un Club House con un bar restaurante, una sala de lectura, áreas administrativas, vestuarios y dos quinchos.

El plano con la concepción del nuevo barrio, donde se indica el sector a intervenir, se encuentra adjunto en **ANEXO – PLANOS – 1.1. PLANO P.01: PLANO DE URBANIZACIÓN CON SECTOR A INTERVENIR.**

El volumen de vehículos que aportara la nueva urbanización Barrio VIDA, como así también, la composición de los movimientos sobre la intersección, resultan datos difíciles de determinar por cuanto se trata de una estimación sobre un emplazamiento inexistente en la actualidad y del que no se sabe, a priori, cómo se comportará.

Sin embargo, hay maneras de poder predecir su comportamiento sin tener que esperar a que dicho barrio se encuentre consolidado. Esto se podría realizar estudiando un desarrollo similar que ya se encuentre finalizado, para luego extrapolar resultados obtenidos hacia nuestra intersección en estudio.

Este nuevo emprendimiento inmobiliario comparte similares características con el ya existente barrio privado San Sebastián, un desarrollo urbano ubicado a aproximadamente 1.700 metros de distancia. Ambas urbanizaciones fueron proyectadas por la misma desarrolladora y comparten las siguientes características:

- Ingreso principal sobre Av. Arturo Illia, por donde solamente ingresan propietarios y visitas, quedando prohibido el ingreso de vehículos pesados.
- Nivel socio económico de los habitantes.
- Dimensiones de los terrenos, servicios, áreas recreativas y deportivas.
- Portón de ingreso secundario, ubicados sobre una calle secundaria, por donde ingresa el personal de servicio y proveedores.

En base a la cercanía, similitud de características y el nivel socio económico de los habitantes del barrio San Sebastián, se puede establecer que las costumbres y comportamientos de los futuros habitantes del nuevo barrio a construirse serán similares. Así también se utilizarán los datos de

evolución de construcción histórica de viviendas del barrio San Sebastián. Contar con los mismos permite una representación fidedigna del desarrollo de viviendas en el barrio VIDA.

Estas correlaciones, permitirán estimar el tránsito y la composición en el ingreso principal del nuevo barrio.



Figura Nº 5. Comparativa entre barrios en estudio. Fuente: Google Maps.

#### 1.4. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

En primer lugar, se pactaron dos reuniones con cada una de las partes involucradas en la intervención de la intersección en estudio; desarrolladora del barrio y municipalidad de Funes.

El día martes 3 de septiembre de 2019 en las oficinas de Rossetti Desarrollos Urbanos S.A., ubicadas en Arturo Illia 1273 de la localidad de Funes, se llevó a cabo la primera reunión, donde el Arq. Guillermo Murray detalló las características propuestas por parte de la desarrolladora para los futuros habitantes del nuevo barrio, ratificando así los datos que ya se contaban.

A partir de esta reunión, el Arquitecto facilitó el plano general del nuevo barrio en formato CAD de donde se pudo extraer varias inquietudes que se tenían presente. Además, la misma resultó de suma utilidad para tener un primer acercamiento, conocer sus expectativas respecto a la resolución de la intersección y generar un contacto con ésta parte.

Como segundo paso, el día miércoles 4 de septiembre de 2019 en las oficinas de la secretaría de planeamiento de la municipalidad de Funes, ubicadas en Av. Santa Fe 1689, se llevó a cabo la segunda reunión con el jefe de oficina técnica de estudios y proyectos, Ing. Civil Hernán Vagni, en donde también se aprovechó la oportunidad para solicitar información sobre algunas cuestiones que se detallan a continuación:

- Reglamento de edificación y líneas de edificación municipal.
- Líneas de transporte que circulan por la zona en estudio.
- Antecedentes de relevamiento de tránsito.

La información respectiva a las líneas de edificación municipal nos fue suministrada en formato CAD, siendo la misma fundamental para concebir los sucesivos planos del presente trabajo.

En lo que respecta a transporte público, actualmente las líneas que circulan por la intersección en estudio son dos, las cuales se detallan a continuación con los respectivos recorridos.

- Línea 33/9 por Mendoza

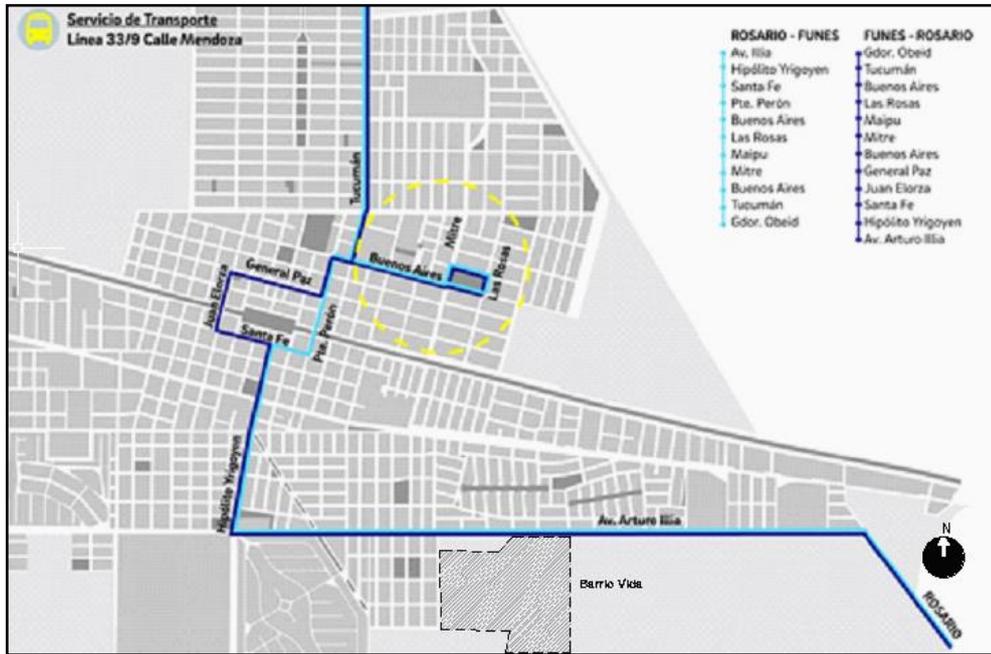


Figura Nº 6. Recorrido de la línea 33/9 por calle Mendoza. Fuente: <http://www.funes.gob.ar/>

- Línea 142 Negra

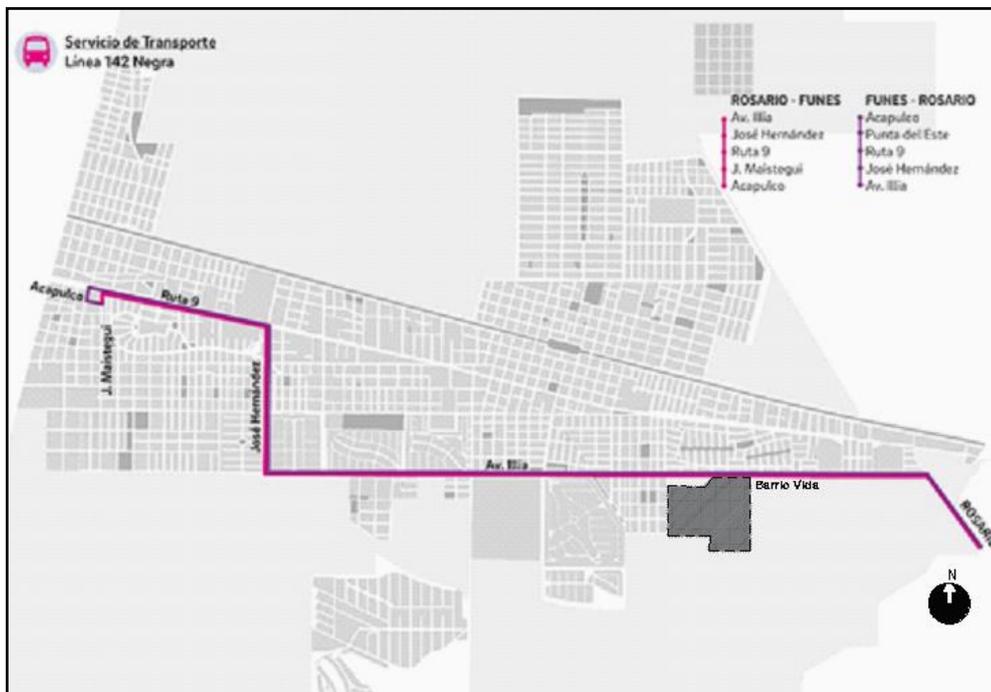


Figura Nº 7. Recorrido de la línea 142 Negra. Fuente: <http://www.funes.gob.ar/>

Por otra parte, datos recabados por la municipalidad de Funes en el año 2006, informan que sobre la rotonda de calle Hipólito Yrigoyen y Av. Illia el valor del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) es de 920 vehículos/día. Con la particularidad de que el 95% de los mismos corresponde a vehículos livianos.

**CAPÍTULO II. RELEVAMIENTO GEOMÉTRICO Y LEVANTAMIENTOS DE TRÁNSITO.****2.1. RELEVAMIENTO GEOMÉTRICO**

Para poder cumplir con el objetivo, se realizó un reconocimiento del lugar y un relevamiento geométrico, donde se obtuvo la siguiente información:

- Dimensiones y cotas en el ancho de zona de camino
- Materialidad de la calzada
- Líneas de edificación municipal
- Pendientes transversales de la calzada
- Hechos existentes (Líneas de alta tensión, garitas de colectivo, etc.)

Entre otros factores que puedan influir en el comportamiento de los usuarios y permitan definir aquellos aspectos críticos a tener en cuenta al momento de proyectar.

Como primer paso, se buscaron antecedentes de planos de la zona en estudio sobre los cuales se iba a trabajar. A partir de allí se procedió a conseguir los instrumentos necesarios para las mediciones, en particular una Estación Total. Con el objeto de facilitar la tarea, se contactó al Ingeniero Agrimensor Eric Jäger, docente de la Universidad Nacional de Rosario, quién gentilmente se ofreció a colaborar en dichas mediciones con su equipo particular.

Una vez obtenido el instrumental necesario, el día martes 3 de septiembre de 2019 se realizaron las mediciones correspondientes, en la cual se relevó la mayor cantidad de puntos posibles para poder desarrollar la planimetría de la zona de estudio. Además, se realizó una inspección ocular y memoria fotográfica del lugar reconociendo aquellos hechos existentes que podrían llegar a condicionar el proyecto.

El siguiente croquis tiene como finalidad lograr el posicionamiento en el área en estudio para conseguir una clara comprensión del sitio de dónde fueron tomadas cada una de las imágenes que se muestran a continuación del mismo:



Figura N° 8. Croquis con posicionamientos de toma de imágenes.



Imagen N° 1. Avenida Arturo Illia. Sentido Este-Oeste. Fuente: Propia.



*Imagen Nº 2 - Calle Golondrinas – Fuente: Propia.*



*Imagen Nº 3 - Intersección Avenida Arturo Illia y Golondrinas. Vista desde garita Nº5 – Fuente: Propia.*



*Imagen N° 4 - Ejecución de calzadas internas del nuevo barrio. Fuente: Propia.*

Con los puntos obtenidos del relevamiento, el plano del barrio suministrado por la desarrolladora, y las líneas de edificación provistas por la municipalidad, se procede a confeccionar un único plano que se encuentra adjunto en el **ANEXO – PLANOS – 1.2. PLANO P.02: RELEVAMIENTO PLANIMETRICO.**

## 2.2. LEVANTAMIENTOS DE TRÁNSITO

En la localidad de Funes, durante los días martes 3 y miércoles 4 de septiembre de 2019, el Instituto de Estudios de Transporte (IET) efectuó un censo de volumen y composición de 6hs cada día (6:30hs a 9:30hs y 17:30hs a 20:30hs) en diferentes puestos estratégicos según se indican en la figura siguiente:

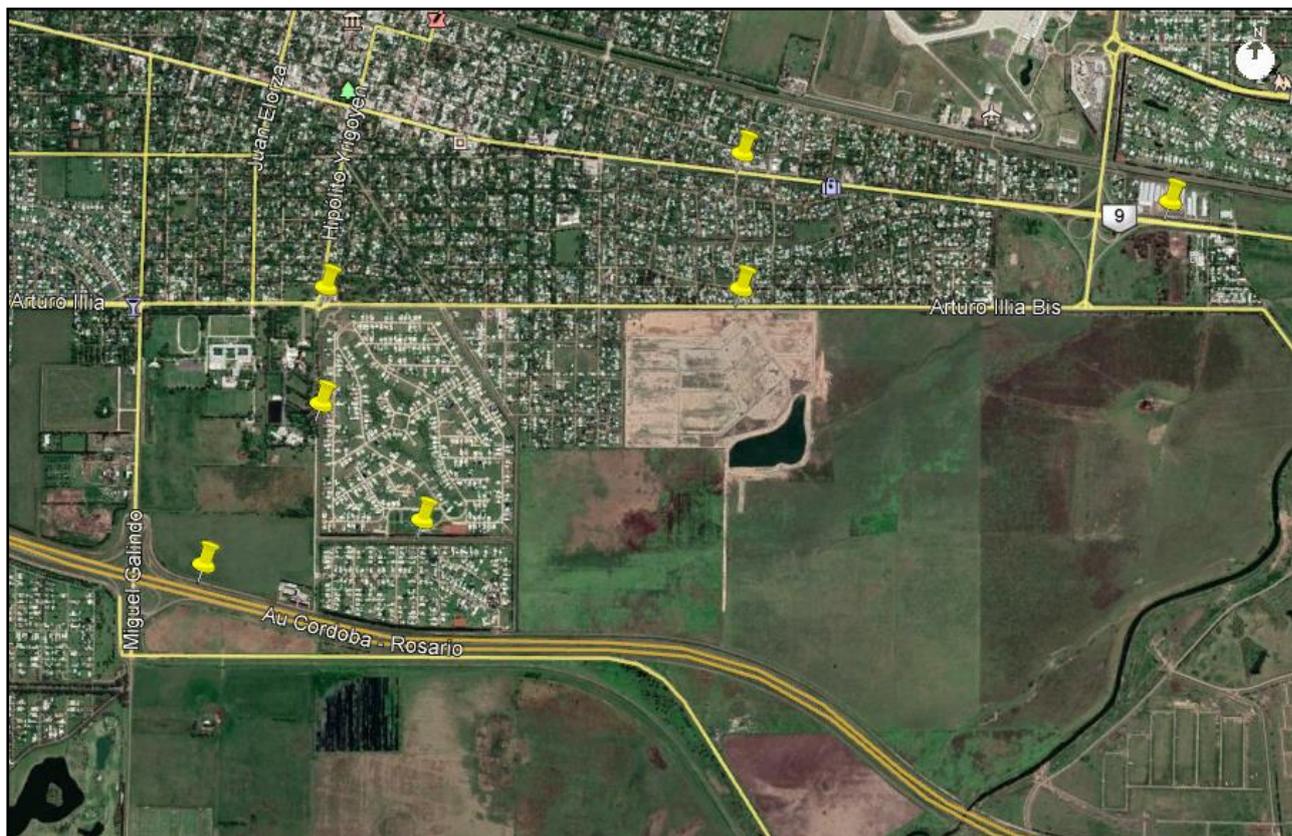


Figura Nº 9. Plano de ubicación de los 11 puestos de censo. Fuente: IET.

Los vehículos objeto de censo se citan a continuación:

- **Bicicletas.**
- **Motos.**
- **Autos:** Todos los vehículos livianos de hasta 7 pasajeros.
- **Camionetas – Pick up:** Camionetas de ruedas simples y furgones de carga. (Trafic y similares).
- **Colectivos - Ómnibus:** Colectivos urbanos, interurbanos, de larga distancia y especiales o de fábrica.
- **Camiones:** Todos los vehículos pesados, para transporte de cargas con ruedas duales. Incluyen las camionetas que tengan ruedas duales.

Además, el día miércoles 4 de septiembre de 2019 en el turno tarde (17:30hs a 20:30hs) realizó en el ingreso de la puerta principal al barrio San Sebastián, una encuesta Origen-Destino. En ella se consultó sobre:

- Origen y destino de los trayectos de ida y vuelta.
- Ruta de viaje elegida.
- Influencia de la existencia de obras sobre el trayecto elegido.

### 2.2.1. Solicitud de datos.

Con el objetivo de evaluar la circulación, determinar los niveles de servicio de las calzadas, diseñar geométricamente los movimientos según se requiera y planificar el tránsito en general en las inmediaciones de "VIDA", se solicitó por escrito al IET los siguientes datos según se detallan a continuación:

- En cada calzada de la Av. Arturo Illia, próxima a la intersección con calle Golondrinas, el volumen de la demanda de cada movimiento.



Figura N° 10. Ubicación del puesto de censo sobre Av. Arturo Illia. Fuente: IET.

- En la sección sobre acceso principal al barrio San Sebastián (Intersección entre calle Hipólito Yrigoyen y Av. Arturo Illia), el volumen de la demanda de cada movimiento y datos de la encuesta origen-destino realizada en este punto.



Figura Nº 11. Ubicación del puesto de censo en Barrio San Sebastián. Fuente: IET.

- En forma complementaria, también se solicitaron datos del barrio San Sebastián respecto a la cantidad de lotes y unidades ocupadas.

Los datos brindados informan que el barrio San Sebastián se compone de un total de 587 lotes, de los cuales 300 de ellos se encuentran actualmente ocupados, 30 listos para ser habitados y 95 en construcción. Esta información será de vital importancia para poder realizar hipótesis de extrapolación sobre la ocupación que tendrá el nuevo desarrollo inmobiliario “VIDA”.

### 2.2.2. Obras en desarrollo en la zona

Durante los días en que se desarrollaron los levantamientos de tránsito, la zona se encontraba atravesada circunstancialmente por diferentes tipos de obras de infraestructura, como ser remodelaciones de avenida, calzada, mejora del pavimento, etc.

Resulta importante tener en cuenta la presencia de tales obras ya que omitirlas en el análisis podría llevar a un error, pues los resultados no reflejarían el comportamiento habitual de los conductores una vez que se hayan finalizado las mismas.

Siendo las más significativas para el normal desarrollo del tránsito, las obras que se muestran en la siguiente figura:



Figura Nº 12 - Ubicación de obras en construcción en la zona de estudio. Fuente: IET.

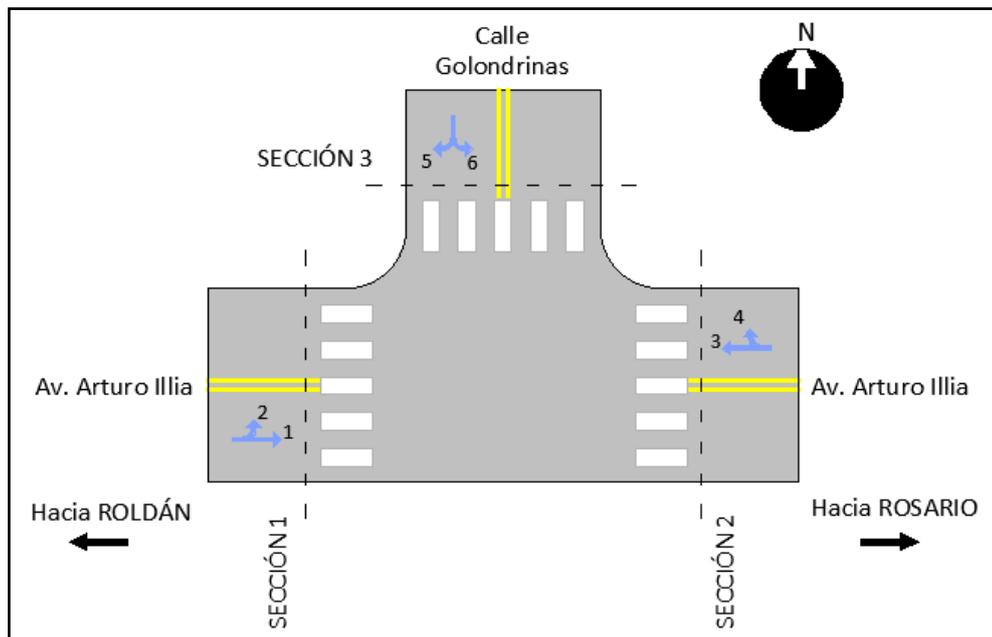
## **CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE AFOROS**

### **3.1. Tránsito actual**

El objetivo de éste capítulo es determinar el volumen de tránsito actual de las calles que conforman la intersección

#### **3.1.1. Identificación de movimientos**

Para poder determinar el tránsito actual del sector en estudio, se procede a discretizar la intersección en 3 secciones, dentro de las cuales se clasifican los movimientos según se muestran en el siguiente esquema:



*Esquema Nº 1. Distribución de movimientos de la situación actual.*

A continuación, se detalla cada uno de los movimientos mostrados que se reparten en las 3 secciones:

- Sección 1
  - Movimiento 1 – Pasa a Rosario (O – E)
  - Movimiento 2 – Ingresa a Golondrinas desde Roldán (S – N)
- Sección 2
  - Movimiento 3 – Pasa a Roldán (E – O)
  - Movimiento 4 – Ingresa a Golondrinas desde Rosario (S – N)
- Sección 3
  - Movimiento 5 – Sale de Golondrinas hacia Roldán (N – S)
  - Movimiento 6 – Sale de Golondrinas hacia Rosario (N – S)

Para el estudio de la composición del tránsito se decide clasificar los vehículos según 4 grupos, a saber:

- Vehículos Livianos: Autos - Camionetas - Pick Ups
- Vehículos Pesados: Camiones – Colectivos
- Motos
- Bicicletas

3.1.2. Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

En el siguiente proyecto se entiende como VHMD al máximo número de vehículos que pasan por el/los carril/es que ingresa/n a la intersección.

3.1.3. Aforo sobre Av. Arturo Illia

En respuesta a la solicitud de datos planteada al IET se obtuvieron los datos del aforo vehicular sobre la Av. Arturo Illia, en una sección próxima a la intersección con calle Golondrinas, donde solamente se registraron los movimientos pasantes.

A partir de estos datos se procede a determinar el VHMD para los movimientos censados (Movimientos 1 y 3). Para determinar la hora de mayor demanda se considerara la mayor suma de volúmenes ingresantes a la intersección

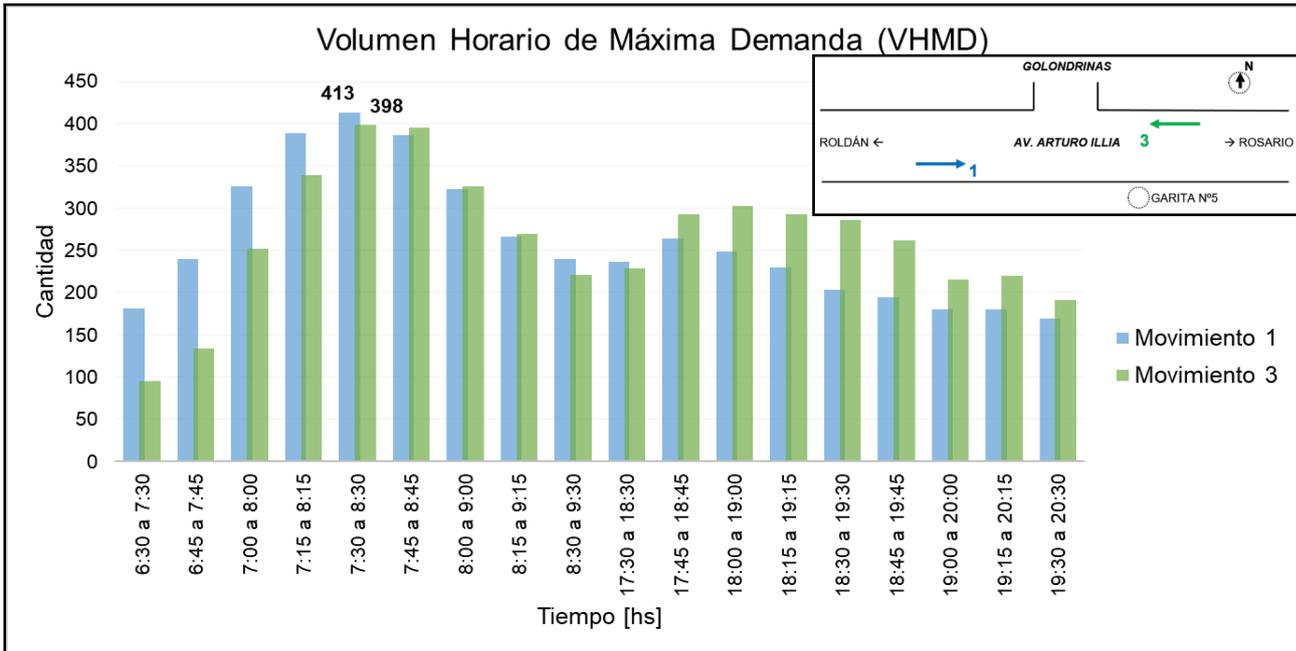


Gráfico N° 2. VHMD de los movimientos 1 y 3.

Se observa en el gráfico anterior que el VHMD para cada movimiento se produce de 7:30 a 8:30 hs, registrándose un volumen de 413 vehículos para el movimiento 1 y 398 para el movimiento 2.

En cuanto a la composición modal se observa que los movimientos son realizados por vehículos livianos, lo cual es característico de áreas moderadamente desarrolladas.

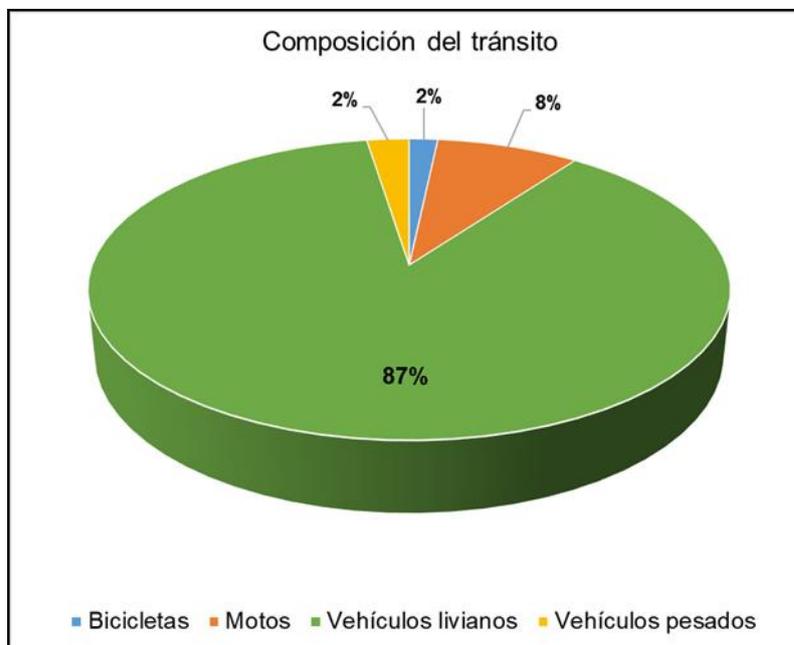


Gráfico Nº 3. Composición del tránsito de los movimiento 1 y 3.

Para poder cuantificar el tránsito de los movimientos restantes (movimiento 2, 4, 5 y 6), el día 3 de octubre de 2019 se realizó un aforo de volumen y composición de 2hs (7:00hs a 9:00hs) sobre calle Golondrinas. Dicho turno se discretizó en sub-intervalos de 15 minutos de manera de poder cotejar la información obtenida con la suministrada por el IET. La decisión de realizar la tarea de campo en un período más corto de tiempo se justifica en conocer los volúmenes de los movimientos 2, 4, 5 y 6 en correspondencia con el VHMD de los movimientos 1 y 3.

Para ello previamente se definió una planilla de manera de facilitar el trabajo de campo. La misma se muestra en el **ANEXO – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.0. PLANILLA DE CENSO GOLONDRINAS**.

A continuación, se determinará para cada sección el volumen máximo durante 15 minutos (Q15máx) y el volumen máximo horario. Estos se obtienen buscando los máximos volúmenes ingresantes en la intersección, con el objetivo de obtener el Nivel de Servicio actual de las vías que concurren a la intersección.

3.1.4. Volumen máximo durante 15 minutos

Se muestran las gráficas obtenidas del análisis del aforo realizado:

3.1.4.1. Sección 1

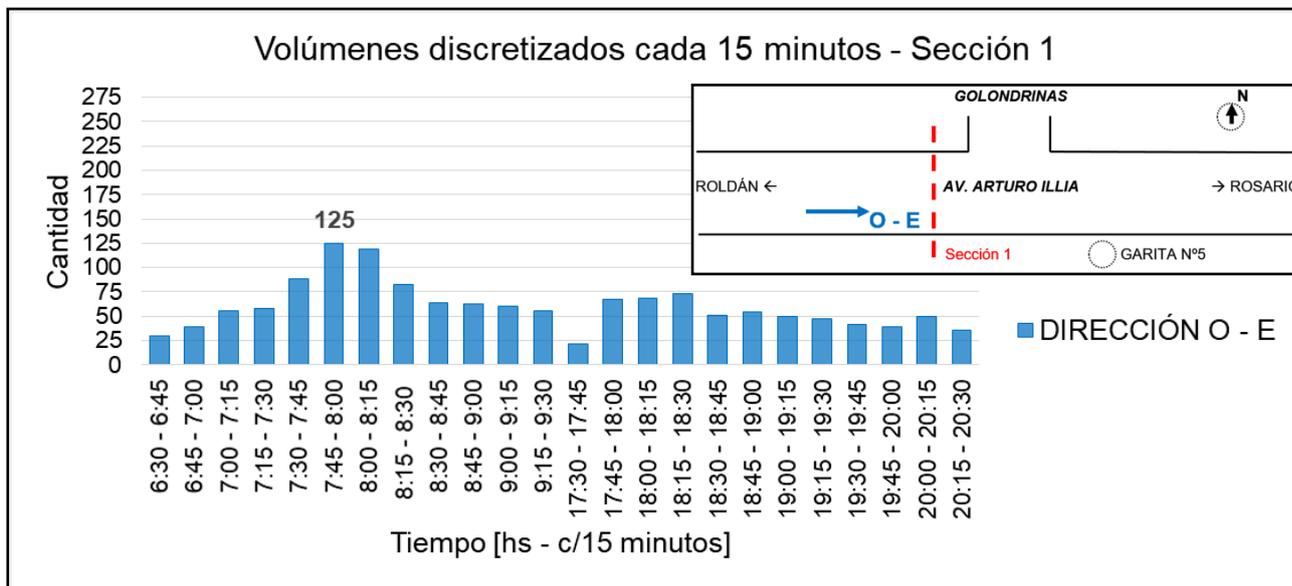


Figura Nº 13 - Volúmenes cada 15 minutos en la sección 1.

Se observa que el  $Q_{15máx}$  se produce en el intervalo de 7:45hs a 8:00hs, dando un total de 125 vehículos correspondientes a la dirección O – E (Movimiento 1 y 2).

3.1.4.2. Sección 2

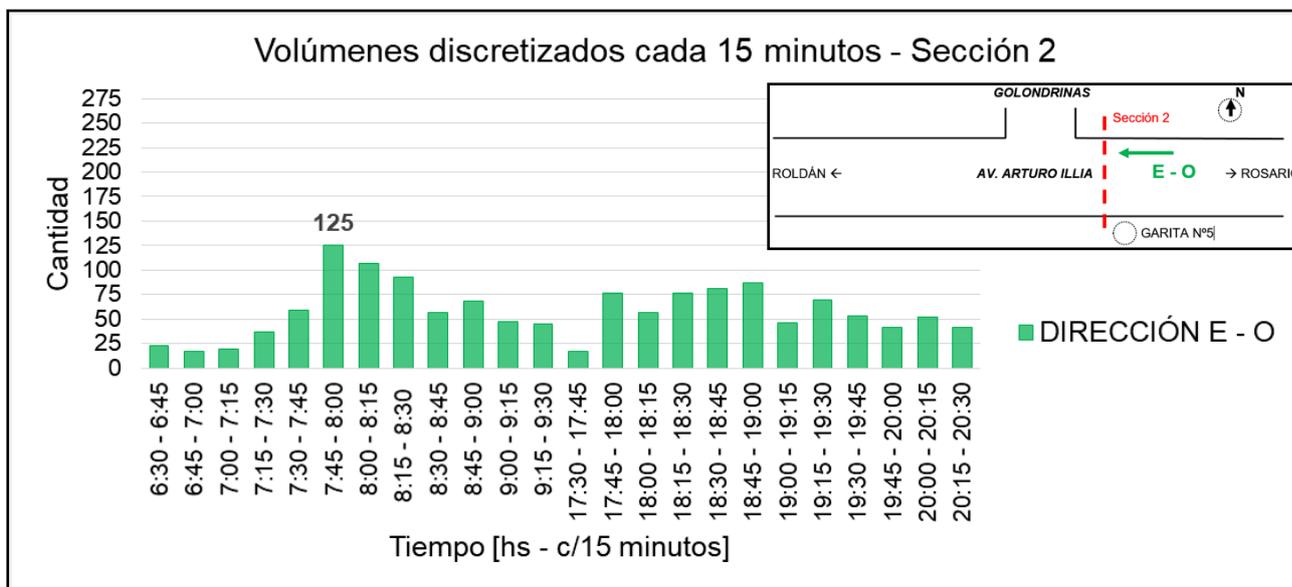


Figura Nº 14 - Volúmenes cada 15 minutos en la sección 2

De la misma forma, el  $Q_{15máx}$  se produce en el intervalo de 7:45hs a 8:00hs con 125 vehículos correspondientes a la dirección E – O (Movimiento 3 y 4).

3.1.4.3. Sección 3

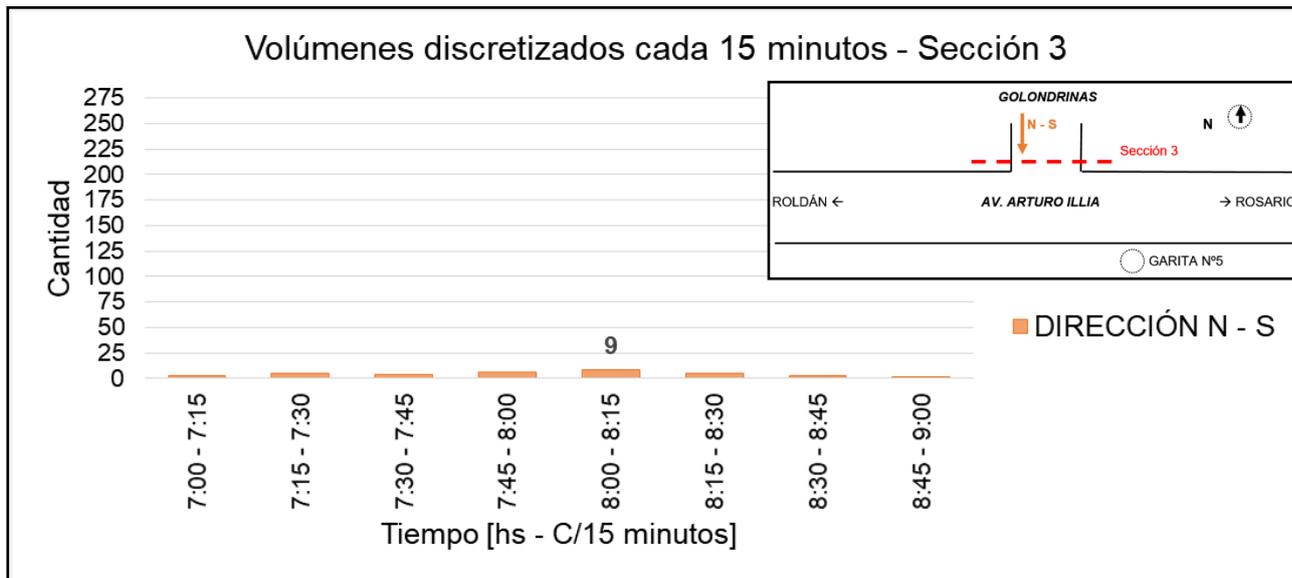


Figura Nº 15 - Volúmenes cada 15 minutos en la sección 3

En este caso el  $Q_{15\text{m}\acute{a}\text{x}}$  se produce en el intervalo de 8:00hs a 8:15hs, compuesto por 9 vehículos correspondientes a la dirección N – S (Movimiento 5 y 6).

3.1.5. Volumen máximo horario en cada sección

3.1.5.1. Sección 1

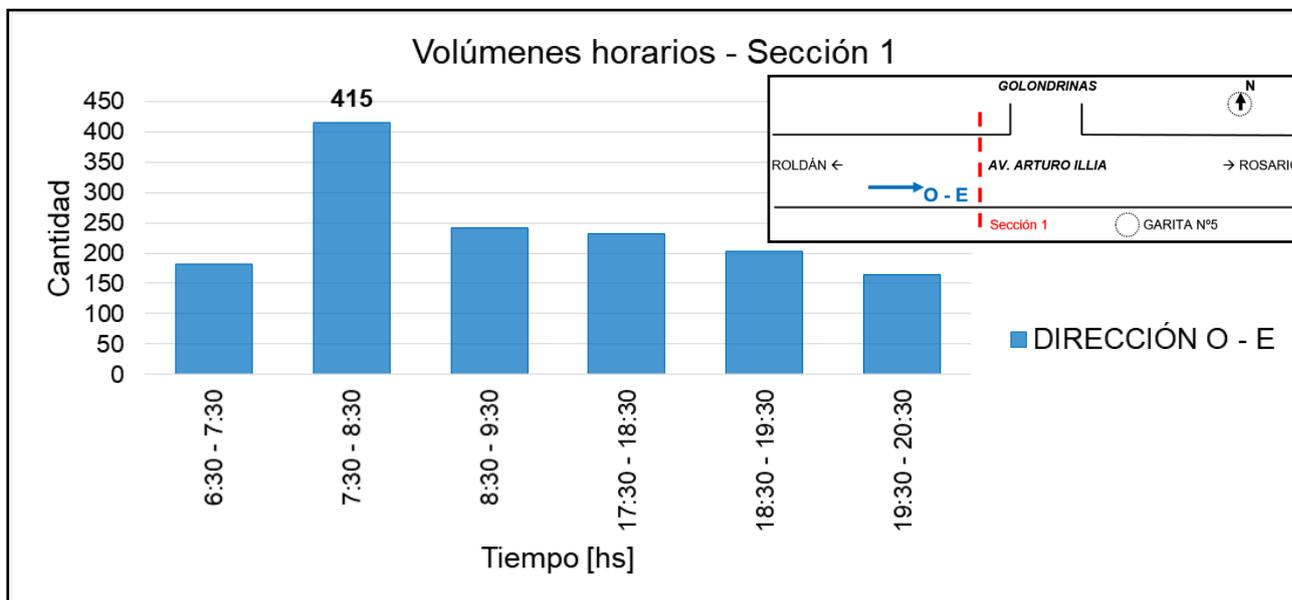


Figura Nº 16 - Volúmenes cada 1 hora en la sección 1

En la sección 1, el volumen máximo se manifiesta en el horario comprendido entre las 7:30hs y 8:30hs, arrojando un total de 415 vehículos correspondientes a la dirección O – E (Movimiento 1 y 2).

3.1.5.2. Sección 2

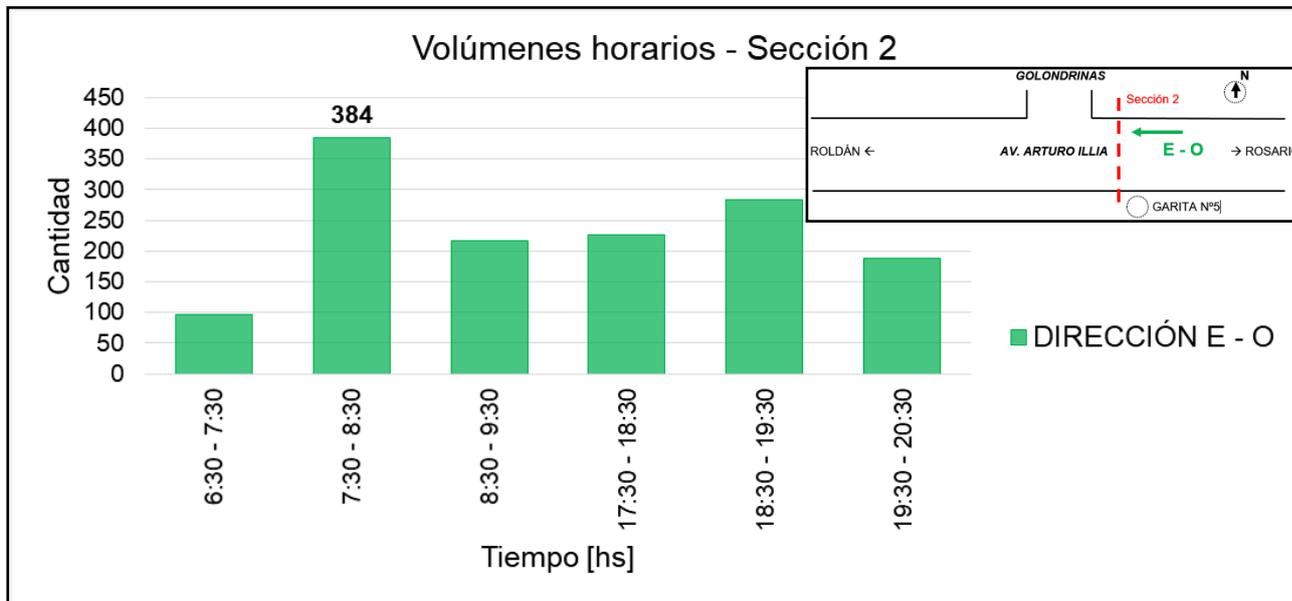


Figura Nº 17 – Volúmenes cada 1 hora en la Sección 2

De la misma forma, el volumen máximo horario en la sección 2 se manifiesta en el horario comprendido entre las 7:30hs y 8:30hs, con un total de 384 vehículos correspondientes a la dirección E – O (Movimiento 3 y 4).

3.1.5.3. Sección 3

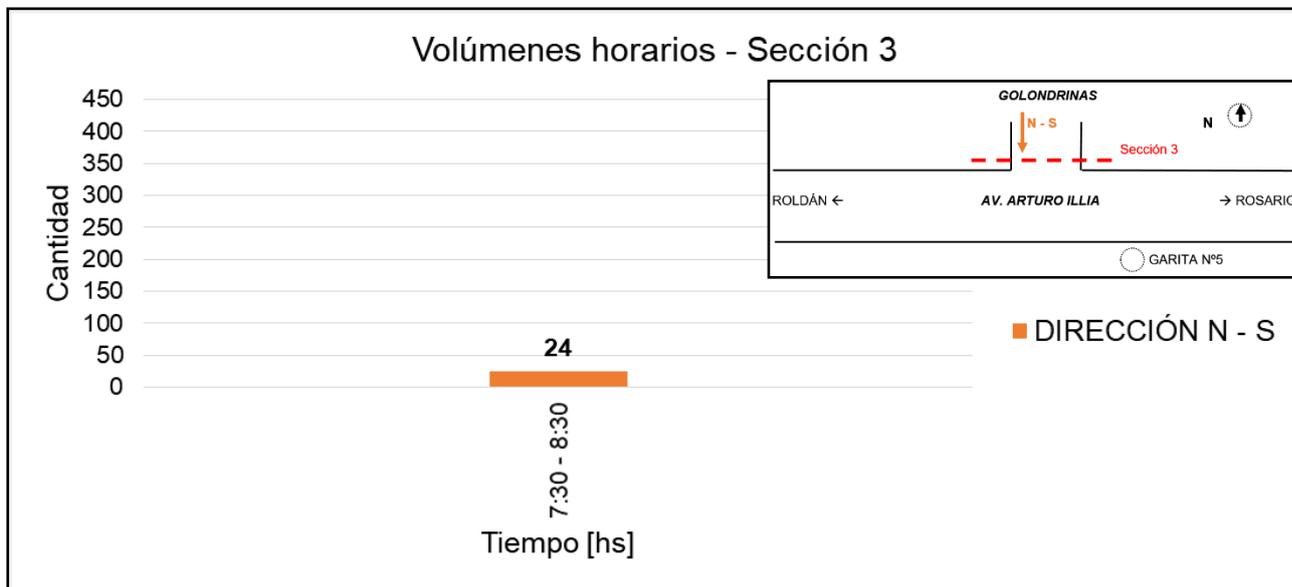


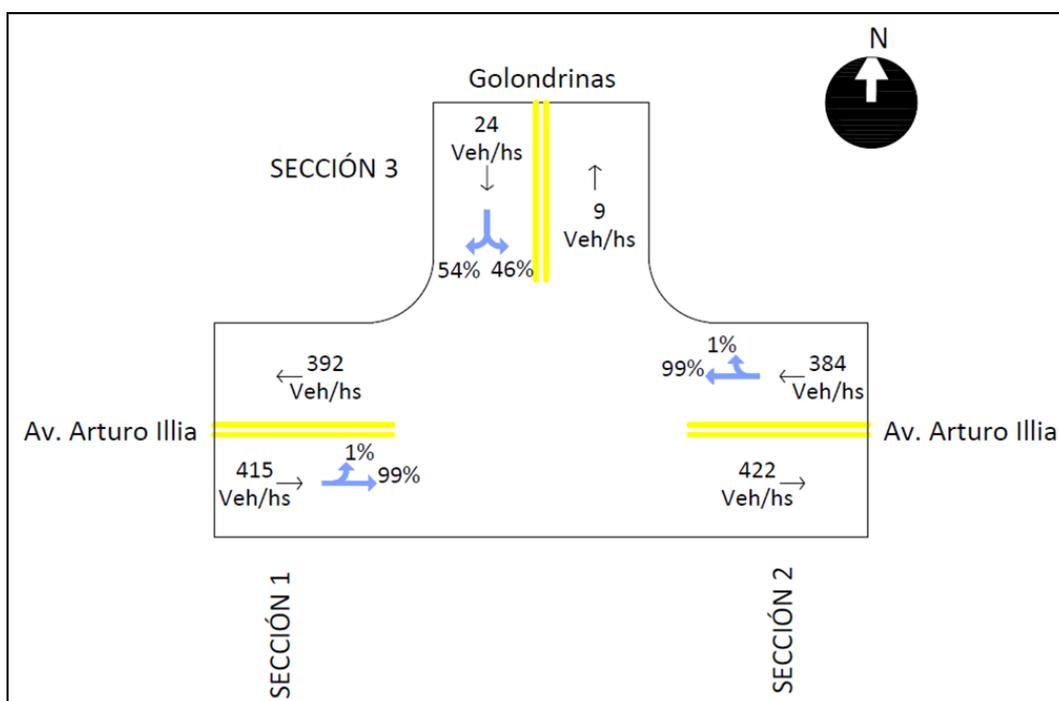
Figura Nº 18 – Volúmenes cada 1 hora en la Sección 3

Se muestra el volumen horario en la sección 3 comprendido entre las 7:30hs y 8:30hs, con un total de 24 vehículos correspondientes a la dirección N – S (Movimiento 5 y 6).

En ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.1. CENSO VOLUMETRICO EN AV. ARTURO ILLIA Y 2.2. CENSO VOLUMETRICO EN CALLE GOLONDRINAS se encuentran detallados los aforos realizados con sus respectivos volúmenes.

3.1.6. Síntesis de resultados

Como conclusión se puede observar que el volumen máximo se produce en el mismo horario (7:30hs a 8:30hs) para todos los sentidos analizados. Seguidamente, se presenta un esquema indicando los volúmenes de tránsito actual por sentido de circulación, acompañado de los respectivos porcentajes de cada movimiento para la hora pico, en la intersección en donde se emplazará el acceso al nuevo barrio.



Esquema Nº 2. Distribución actual del tránsito en cada una de las secciones.

En la siguiente tabla se detalla la composición de los volúmenes anteriormente mostrados

TRÁNSITO ACTUAL - VHP: 7:30 a 8:30									
Ruta	Movimiento	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Motos	Bicicletas	Total [Veh/Hora]	Total [Veh/Hora]	% de cada movimiento en la sección	% de cada movimiento en la intersección
Illia O-E (Sección Nº1)		2	3	0	1	4	415	1%	0,5%
		1	394	6	11	411		99%	49,9%
Illia E-O (Sección Nº2)		4	2	0	3	5	384	1%	0,6%
		3	279	8	92	379		99%	46,1%
Golondrinas N-S (Sección Nº3)		5	13	0	2	13	24	54%	1,6%
		6	10	1	3	11		46%	1,3%
						823	823	100,00%	

Tabla Nº 1. Distribución por movimiento del tránsito actual.



Gráfico N° 4. Incidencia en volumen de tránsito de cada movimiento en la intersección.

Se observa claramente la predominancia de los movimientos pasantes frente a los movimientos de giro.

### 3.2. Nivel de servicio de la Avenida Arturo Illia

Una vez determinado el VHMD, el  $Q_{15}$  y la composición del tránsito actual circulante por la Avenida Arturo Illia se procede a determinar el Nivel de Servicio (NS) de la avenida. El NS es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito y su percepción por los conductores y/o pasajeros, relacionadas con la velocidad, el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones y el confort.

Esta metodología descrita en el Manual de Capacidad de Carreteras 2016 (HCM 2016), establece seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F. Siendo el nivel A el que corresponde al tránsito más fluido, el de mejores condiciones; mientras que el nivel F, corresponde a una circulación muy forzada. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía.

El parámetro que determinará el nivel de servicio depende del tipo de camino que se está estudiando. En este caso se está analizando un camino de dos carriles bidireccional sin separación central. Este a su vez, según el tipo de áreas que conecte, se divide en diferentes clases (I, II o III).

La vía que se está analizando corresponde a una carretera Clase III. Este tipo de vía se caracteriza por conectar áreas moderadamente desarrolladas y para la cual el parámetro determinante es el porcentaje de la velocidad en flujo libre ( $P_{vfl}$ ). Dicho parámetro representa la capacidad de los vehículos para viajar a la velocidad en flujo libre en las condiciones prevaletientes de calzada o cerca de la misma.

Según dentro de qué rango de valores esté comprendido dicho parámetro, el nivel de servicio se podrá determinar según la Tabla N° 2.

Nivel de servicio	% de la velocidad de flujo libre
A	> 91,7
B	> 83,3 - 91,7
C	> 75,0 - 83,3
D	> 66,7 - 75,0
E	<= 66,7
F	La demanda excede la capacidad

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 2. Nivel de Servicio para Caminos de 2 Carriles Clase III

El porcentaje de la velocidad de flujo libre ( $P_{vfl}$ ) puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$P_{vfl} = \frac{V_{pmd}}{V_{fl}}$$

Donde:

$V_{pmd}$  = Velocidad promedio de viaje en la dirección estudiada (km/h)

$V_{fl}$  = Velocidad en flujo libre estimada (km/h)

Con el fin de estimar las condiciones de operación de la vía se realiza el análisis de cada sentido de circulación por separado, es decir se aplica un análisis direccional.

### 3.2.1. Velocidad en flujo libre estimada

Se refiere a la velocidad teórica del tránsito en un tramo cuando la densidad tiende a cero. La misma puede ser estimada en campaña, mediante una medición o empíricamente empleando fórmulas. Como no se posee datos sobre este valor, se procede a estimarlo mediante el uso de la siguiente fórmula.

$$V_{fl} = V_{flb} - f_{ab} - f_e$$

Donde:

$V_{flb}$  = Velocidad en flujo libre base (km/h)

$f_{ab}$  = Ajuste por ancho de carril y banquina

$f_e$  = Ajuste por número de puntos de entrada o acceso

Cabe subrayar que se adopta 40 Km/h como velocidad en flujo libre base. Este valor se adopta en función de la restricción presente en la zona estudio (Imagen N° 1).

Respecto a los factores de ajuste, se obtienen de las tablas que se encuentran en el HCM 2016, entrando con los datos obtenidos de campaña y haciendo uso de la herramienta "Medir distancia" presente en Google Maps. Los datos son:

1. Ancho de calzada: 3,65 m
2. Ancho de banquetas: 2,80 m
3. N° de puntos de accesos : 8

Ancho de carril (metros)	Reducción de la velocidad en flujo libre (km/h)				PUNTOS DE ACCESO POR KM	REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE (KMH)
	Ancho de banquina (metros)					
	≥ 0,0 < 0,6	≥ 0,6 < 1,2	≥ 1,2 < 1,8	≥ 1,8		
2,7 < 3,0	10,3	7,7	5,6	3,5	0	0
≥ 3,0 < 3,3	8,5	5,9	3,8	1,7	6	4
≥ 3,3 < 3,6	7,5	4,9	2,8	0,7	12	8
≥ 3,6	6,8	4,2	2,1	0,0	18	12
					24 ó más	16

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla Nº 3. Factores de ajuste fab y fe

Obteniendo valores iguales a fab = 0 y fe = 5,33 que dan como resultado una velocidad de flujo libre de Vfl = 34,67 Km/h.

### 3.2.2. Velocidad promedio de viaje

Corresponde a la longitud del segmento de camino dividido por el tiempo medio de viaje de todos los vehículos que atraviesan el segmento en ambas direcciones durante un intervalo de tiempo. Esta puede determinarse según la siguiente fórmula.

$$V_{pmd} = V_{fl} - 0,0125 \times (V_d:vpv + V_o,vpv) - f_{ss}; vpv$$

Donde:

Vfl = Velocidad en flujo libre.

fss; vpv = Ajuste por porcentaje de zonas con prohibición de sobrepaso para la determinación de la velocidad promedio de viaje, en la dirección analizada, de Tabla.

FACTOR DE AJUSTE POR ZONAS SIN SOBREPASO					
Sobre la velocidad promedio de viaje					
Volumen equivalente sentido opuesto (aut/h)	Zonas sin sobrepaso (%)				
	≤ 20	40	60	80	100
Velocidad en flujo libre = 110 Km/h					
≤ 100	1,8	3,5	4,5	4,8	5,0
200	3,5	5,3	6,2	6,4	6,7
400	2,6	3,7	4,3	4,5	4,6
600	2,2	2,4	2,7	3,0	3,2
800	1,1	1,6	1,9	2,2	2,4
1000	1,0	1,3	1,8	1,8	1,9
1200	1,0	1,3	1,4	1,6	1,8
1400	1,0	1,1	1,4	1,4	1,4
≥ 1600	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3
Velocidad en flujo libre = 100 Km/h					
≤ 100	1,1	2,7	4,0	4,5	4,6
200	3,0	4,6	5,9	6,4	6,7
400	2,2	3,2	4,0	4,3	6,2
600	1,8	2,1	2,6	3,0	3,2
800	1,0	1,4	1,8	2,1	2,2
1000	1,0	1,1	1,4	1,8	1,9
1200	0,8	1,1	1,4	1,4	1,8
1400	0,8	1,0	1,3	1,3	1,4
≥ 1600	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1
Velocidad en flujo libre = 90 Km/h					
≤ 100	0,8	1,9	3,5	4,2	4,3
200	2,4	3,8	5,6	6,2	6,6
400	2,1	3,0	3,8	4,3	4,5
600	1,4	1,8	2,6	2,9	3,0
800	0,8	1,1	1,8	1,9	2,2
1000	0,8	1,0	1,3	1,4	1,8
1200	0,8	1,0	1,1	1,4	1,6
1400	0,8	1,0	1,1	1,1	1,4
≥ 1600	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1

Se recomienda interpolar por % de zonas sin sobrepaso, por volumen en sentido opuesto y por velocidad en flujo libre

Tabla Nº 4. Factor de ajuste por zonas sin sobrepaso fss; vpv

En forma conservadora se adopta una prohibición de sobrepaso del 100% para una velocidad de flujo libre mínima de 70km/h, que corresponde al peor caso. De esta forma se obtuvo interpolando un factor igual a 3,32.

$V_{d, vpv}$  = Volumen para calcular la velocidad promedio en la dirección analizada en los 15 minutos pico (auto/hora).

$$V_{i, vpv} = \frac{V_i}{FHP \times F_p; vpv \times f_{vp, vpv}}$$

Donde:

$V_i$  = volumen horario en la dirección i

FHP = factor de hora pico

$f_{p, tss}$  = factor de ajuste por pendiente

$f_{vp, tss}$  = factor de ajuste por vehículos pesados

Los volúmenes fueron calculados para cada sentido con sus correspondientes FHP. Estos fueron extraídos del aforo procesado en los ítems anteriores. En cuanto a los factores de ajuste, se determinaron a partir de las tablas de HCM 2016, arrojando valores cercanos a 1. Esto se debe a que la superficie del terreno es llana y el porcentaje de vehículos pesados resulta muy bajo.

Los volúmenes resultantes fueron:

- $V_{O-E}$  = 499 vehículos/hora
- $V_{E-O}$  = 461 vehículos/hora

Finalmente, una vez calculados estos volúmenes y factores, se procede a obtener la velocidad promedio de viaje que resultó  $V_{pmd} = 19,35$  km/h.

### 3.2.3. Nivel de servicio Resultante

Con los valores anteriormente calculados se procedió a estimar el porcentaje de la velocidad de flujo libre con la fórmula ya mencionada, siendo el mismo  $P_{vfl} = 56\%$  que corresponde según la Tabla N° 2 a un **NIVEL DE SERVICIO E**, el cual se caracteriza por:

- Velocidad reducida y regulada en función de la de los vehículos precedentes.
- Formación de colas en puntos localizados.
- Dificultad de efectuar adelantamientos.
- Condiciones inestables de circulación.

Como podemos ver, el parámetro crítico resulta ser la velocidad en flujo libre base, la cual está restringida a 40Km/h y dadas las condiciones de calzada y entorno no se puede modificar.

Los cálculos del nivel de servicio se encuentran detallados en **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.6. NIVEL DE SERVICIO ACTUAL.**

### 3.3. Nivel de servicio de calle Golondrinas

No se procede a determinar el NS de calle Golondrinas debido a que el volumen de tránsito es muy bajo respecto al de la Avenida Illia. Por lo tanto, se infiere que el mismo se encuentra en buenas condiciones.

### 3.4. Conclusión del análisis aforos

Si bien el objetivo del siguiente proyecto es, luego de analizar diferentes alternativas, proponer el mejor diseño geométrico que se ajuste a la intersección en estudio, resulta ineludible a partir de conocer del Nivel de Servicio para el tránsito actual que presenta la Avenida Arturo Illia confeccionar una propuesta de ampliación de calzada.

Complementariamente a lo mencionado es de esperar un aumento del tránsito que circula por la zona con el paso de los años, lo que conlleva aún a peores condiciones de serviciabilidad. Es por esto que se considera indispensable ampliar la Av. Arturo Illia a dos carriles de circulación por sentido. Sin embargo, más allá de esta inferencia, la decisión de ampliar la avenida escapa a los alcances de éste informe.

Por todo lo expuesto, se considera necesario estudiar los siguientes escenarios posibles:

- **Escenario 1:** Situación geométrica actual de la Av. Illia con carril bidireccional.
- **Escenario 2:** Situación geométrica propuesta para la Av. Illia con 2 carriles de circulación por sentido y separados mediante cantero central.

La propuesta para el Escenario 2 se realizó de acuerdo a los resultados del relevamiento topográfico realizado, donde se tiene un ancho de zona de camino de 34,66 m entre líneas de edificación. En el mismo se encuentran emplazadas: cunetas, línea de media tensión y mobiliario urbano.

Se procede a realizar una propuesta de intervención de la calzada con las siguientes características:

- Calzada de 2 carriles por sentido de 7,30m de ancho.
- Cantero Central de 3,50m de ancho.
- Banquinas Pavimentadas de 3,20m ancho.

La elección de estas dimensiones se fundamenta en:

- Respetar el ancho de carril existente.
- Proponer un ancho de cantero central que permita instalar en el futuro una ciclovía en su interior. De esta manera se sigue con el criterio llevado a cabo en la Avenida Calasanz, que se presenta como continuación natural de la Av. Illia.
- Plantear un ancho de banquina pavimentada tal que permita ser utilizada por los frentistas como dársena de estacionamiento según se indique.

Se deja presente que a la hora de hacer esta propuesta no se tuvieron en cuenta consideraciones económicas. Llevar a cabo la misma implica realizar grandes obras de desagües, desplazar líneas de baja y media tensión, como así también reubicar el mobiliario urbano a lo largo de toda la traza, como ser: refugio de transporte público, luminarias, señalización, etc.

Se trata de verificar solamente la factibilidad geométrica de la propuesta de manera de poder estudiar el comportamiento de la arteria ante un posible escenario a futuro.

Estas mejoras en la calzada de Av. Arturo Illia, implican realizar modificaciones en calle Golondrinas, que comprende la pavimentación y ampliación de la calle de 4,70m a 7,00m en los primeros 25 metros.

El plano con la propuesta de modificación se encuentra disponible en **ANEXOS – PLANOS - 2.3. PLANO P.03: PROPUESTA AMPLIACIÓN AV. ILLIA**

## **CAPÍTULO IV. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO FUTURO SOBRE ESCENARIOS**

### **PLANTEADOS**

#### **4.1. Pronóstico del volumen de tránsito futuro**

Los volúmenes de *Tránsito Futuro (TF)* para efectos del proyecto se derivan a partir del *Tránsito Actual (TA)* y del *Incremento de Tránsito (IT)*. Para calcular el Tránsito Futuro se utiliza la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT (*)$$

Donde:

TA: Tránsito Actual

IT: Incremento del Tránsito

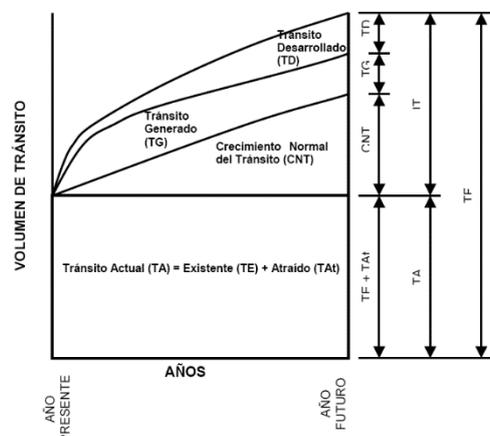
El *tránsito actual (TA)*, es el volumen de tránsito que circula actualmente por la vía.

En el mejoramiento de la carretera existente, el tránsito actual se compone del tránsito existente (TE) antes de la mejora, más el tránsito atraído (TA<sub>t</sub>) a ella de otras carreteras una vez finalizada su reconstrucción total.

El *Incremento del Tránsito (IT)* es el volumen de tránsito que se espera use la nueva carretera en el año futuro seleccionado como de proyecto.

Este incremento se compone del *crecimiento normal del tránsito (CNT)*, del tránsito generado (TG) y del tránsito desarrollado (TD).

Para el pronóstico del tránsito futuro que circulará por Av. Arturo Illia, es necesario tener cuenta algunas consideraciones para poder proyectarlo de forma más adecuada. Entre estas consideraciones debe prestarse especial atención al período de diseño y el incremento del tránsito de la Ciudad de Funes originados por el propio crecimiento poblacional del distrito, los cuales serán útiles para poder calcular el *incremento normal del tránsito (CNT)*. Por otro lado, para estimar cual será el *tránsito generado (TG)* será necesario estudiar el volumen vehicular que atraerá el asentamiento del barrio VIDA, así como también el comportamiento de los usuarios de barrios vecinos que ya utilizan esta vía.



## 4.2. Hipótesis

### 4.2.1. Crecimiento del tránsito

Dada la cercanía de la zona en estudio a la Ruta Nacional N°9 es factible estimar el crecimiento del tránsito a partir de los datos disponibles en las publicaciones anuales de TMDA de la Dirección Nacional de Vialidad desde los años 2007 a 2017.

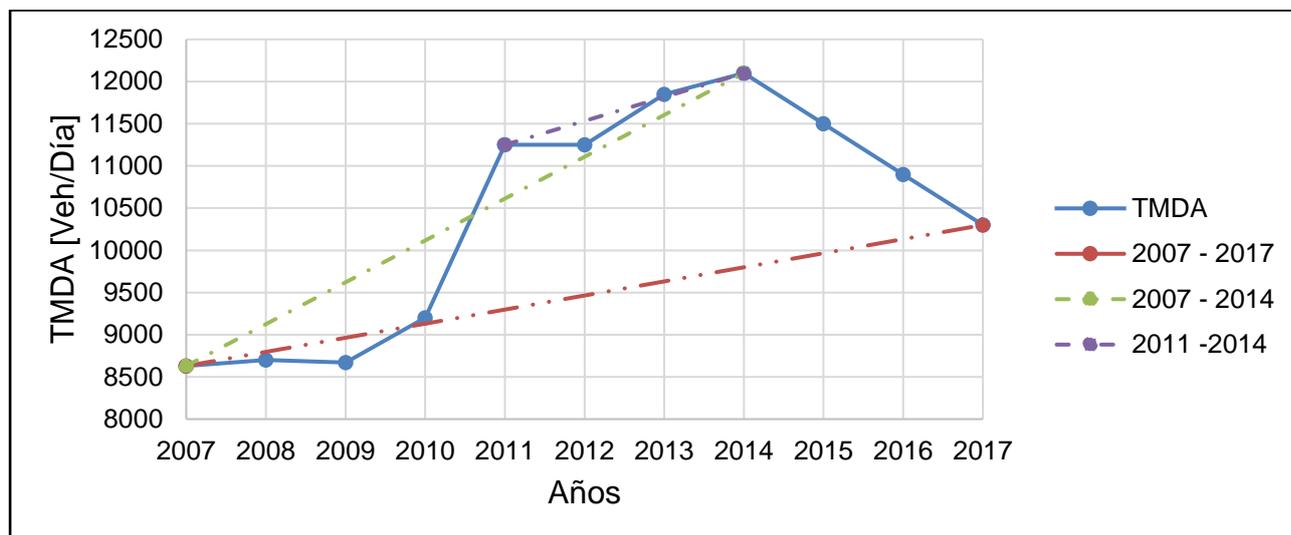


Figura N° 19 - Evolución histórica del TMDA en Ruta Nacional N°9.

Los datos fueron extraídos del siguiente link:

[http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE\\_WEB/tmda.html](http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/tmda.html)

- Ruta 0009 ( 2007 – 2014)
- Ruta 1V09 (2015 – 2017)

A partir de la serie anterior se pueden observar algunas particularidades. La primera es el crecimiento que se observa entre los años 2007 y 2014, que presenta un brusco aumento en el año 2011. Este desproporcionado aumento, modifica drásticamente la tasa de crecimiento arrojando un valor de 5,19%. Estas variaciones podrían estar relacionadas al desarrollo de los barrios privados en la ciudad de Funes, que presentan un “boom de desarrollo” entre los años 2001 y 2010.

Luego del año 2014, la serie presenta un decrecimiento del TMDA, por lo que en forma conservadora, estos datos serán omitidos.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto y que la ocupación de Funes se encuentra en un período de crecimiento más paulatino, se concluye que optar por una tasa de crecimiento del 5,19% resultaría penalizar demasiado toda la infraestructura vial de Funes. Es por esto que el valor más adecuado a adoptar incurre a una tasa de crecimiento anual acumulativa del tránsito ( $i\%$ ) = 2,48%, valor que corresponde al crecimiento comprendido entre los años 2011 al 2014.

#### 4.2.2. Período de diseño

En base a los registros y experiencias de la desarrolladora inmobiliaria en anteriores proyectos con similares características al que se encuentra en estudio, se expone a continuación la siguiente gráfica que muestra la posible evolución de la construcción de viviendas dentro de VIDA.

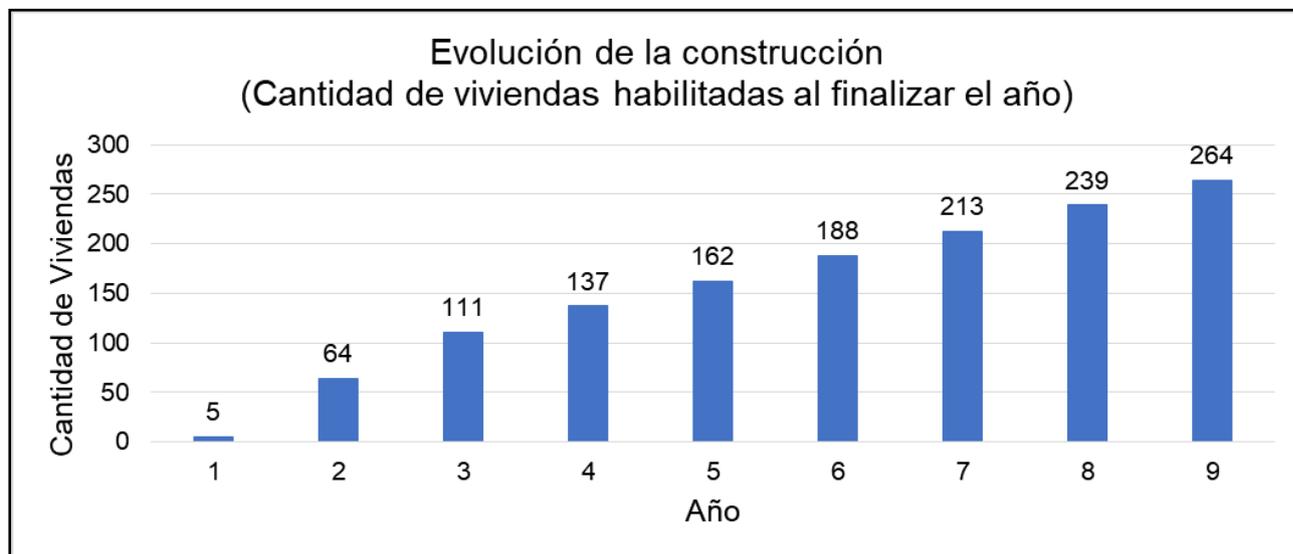


Figura Nº 20 - Evolución de la construcción de viviendas Barrio Vida.

Partiendo de la base de considerar un tiempo de obra de 12 meses por vivienda, se conoce que la posible evolución de las construcciones de viviendas en el nuevo barrio es el siguiente:

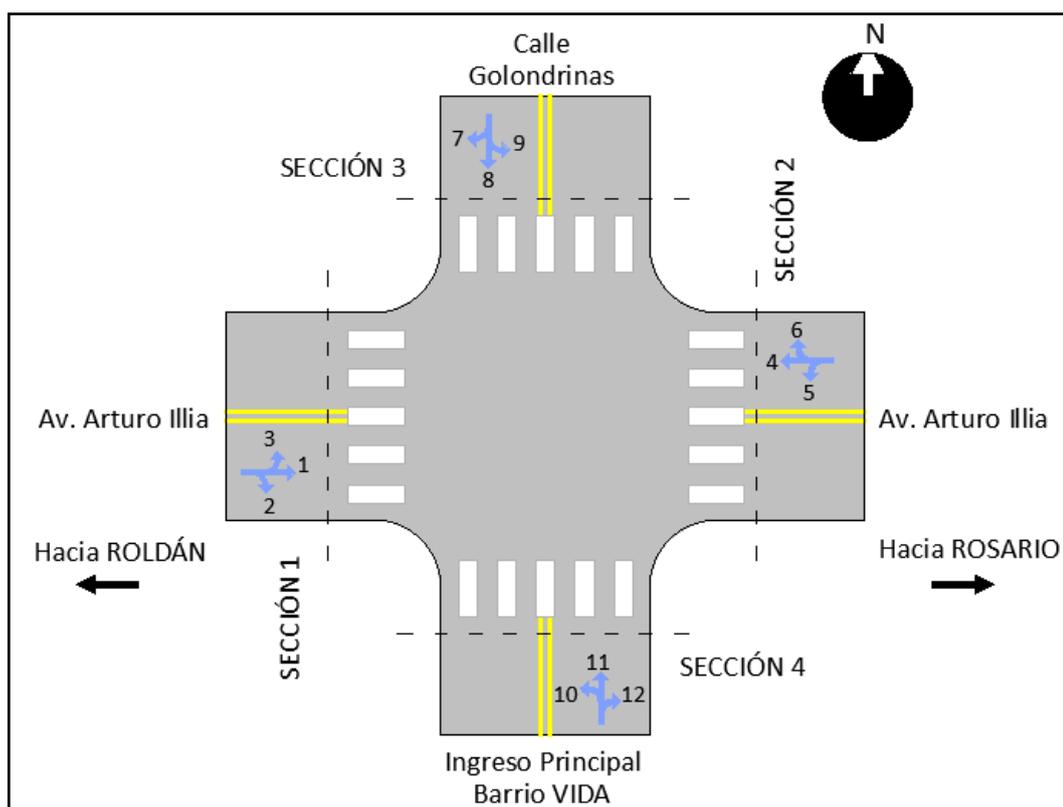
- 1er año: 5 inicios de construcciones por mes. Por lo que, al término del año se encontrarán 55 viviendas en construcción y 5 habilitadas.
- 2do año: 4 inicios de construcciones por mes, 64 viviendas habilitadas y 44 en construcción.
- 3er año: 3 inicios de construcciones por mes, 111 viviendas habilitadas y 33 en construcción.
- En los últimos 5 años se inician 2 por mes, llegando al 9no año a 264 viviendas habilitadas, quedando un remanente de 15 viviendas a construir en un tiempo ilimitado.

En conclusión, se opta por definir un período de diseño de 10 años. Esta hipótesis está basada en que al cabo de dicho período el 95% del nuevo barrio se encontrará habitado.

### 4.3. Tránsito futuro

#### 4.3.1. Identificación de movimientos

Para tener en cuenta la nueva situación futura, fue necesario redeterminar tanto las secciones como los movimientos que van a realizarse. Teniendo en cuenta que a ésta ahora se le añade una cuarta sección, se generarán 6 nuevos movimientos, dando un total de 12. En el siguiente esquema se exhibe lo anteriormente mencionado:



Esquema N° 3. Distribución de movimientos en la situación futura.

A continuación, se detalla cada uno de los movimientos mostrados que se reparten en 4 secciones:

- **Sección 1**
  - Movimiento 1 – Pasa a Rosario (O – E)
  - Movimiento 2 – Ingres a VIDA desde Roldán (N – S)
  - Movimiento 3 – Ingres a Golondrinas desde Roldán (S – N)
- **Sección 2**
  - Movimiento 4 – Pasa a Roldán (E – O)
  - Movimiento 5 – Ingres a VIDA desde Rosario (N – S)
  - Movimiento 6 – Ingres a Golondrinas desde Rosario (S – N)
- **Sección 3**
  - Movimiento 7 – Sale de Golondrinas hacia Roldán (N – S)
  - Movimiento 8 – Ingres a VIDA desde Golondrinas (N – S)
  - Movimiento 9 – Sale de Golondrinas hacia Rosario (N – S)
- **Sección 4**
  - Movimiento 10 – Sale de VIDA hacia Roldán (S – N)
  - Movimiento 11 – Ingres a Golondrinas desde VIDA (S – N)
  - Movimiento 12 – Sale de VIDA hacia Rosario (S – N)

### 4.3.2. Crecimiento Normal del Tránsito

Como ya se describió en el punto 4.2.1 la tasa de Crecimiento Normal del Tránsito adoptada fue del  $i$  (%) = 2,48%.

Como resultado se obtuvieron para cada movimiento los siguientes incrementos para el fin del período de diseño:

#### 4.3.2.1. Av. Arturo Illia

SECCIÓN	SENTIDO	MOV.	CNT		TOTAL
			V <sub>15</sub>	VMH	
Nº1	O - E	Mov. 1	34	114	115
		Mov. 3	1	1	
	E - O	Mov. 4	34	105	109
		Mov. 7	1	4	
Nº2	E - O	Mov. 4	34	105	107
		Mov. 6	1	1	
	O - E	Mov. 1	34	114	117
		Mov. 9	1	3	

Tabla Nº 5. Crecimiento Normal del Tránsito en Av. Illia.

#### 4.3.2.2. Calle Golondrinas

SECCIÓN	SENTIDO	Movimiento	CNT		VMH
			V <sub>15</sub>	VMH	
Nº3	N-S	Mov. 7	1	4	7
		Mov. 9	1	3	
	S-N	Mov. 3	1	1	2
		Mov. 6	1	1	

Tabla Nº 6. Crecimiento Normal del tránsito en Golondrinas

### 4.3.3. Tránsito Desarrollado

El tránsito desarrollado estará compuesto por el volumen vehicular introducido por la nueva urbanización VIDA hacia el final del periodo de diseño cuando, según hipótesis, resultará con un 95% de ocupación.

Como punto de partida, a través del procesamiento de los aforos realizados, se calcula para el ingreso principal del barrio San Sebastián, los volúmenes horarios de ingreso y egreso.

A partir de estos datos, se realiza una extrapolación con el objetivo de estimar el volumen de tránsito futuro que se pueda desarrollar en el ingreso principal del barrio VIDA, la cual se efectúa a través del número de lotes ocupados. Como se ha citado anteriormente, la cantidad de lotes ocupados en el barrio San Sebastián asciende a 300, mientras que es de esperar que el número final de lotes que se ocuparán en el barrio VIDA hacia el final del periodo de diseño es de 279.

Dicha estimación se obtuvo multiplicando los volúmenes de tránsito actuales aforados en el ingreso de San Sebastián mediante un factor de reducción, determinado en por la siguiente relación:

$$\frac{\text{Numero total de lotes Barrio VIDA}}{\text{Numero de lotes ocupados Barrio San Sebastián}} = \frac{279}{300} = 0,93$$

Se aclara que el volumen de vehículos está constituido por la suma de autos livianos, camionetas y motocicletas, sumando el tránsito generado tanto por habitantes como por visitas. Como se prohíbe el ingreso de camiones y colectivos por el portón de ingreso principal, no se contabilizaron vehículos de este tipo. De manera adicional se registró el volumen máximo para 15 minutos. Dato necesario para poder calcular el nivel de servicio de la Av. Arturo Illia a futuro.

Los resultados se resumen en los siguientes cuadros:

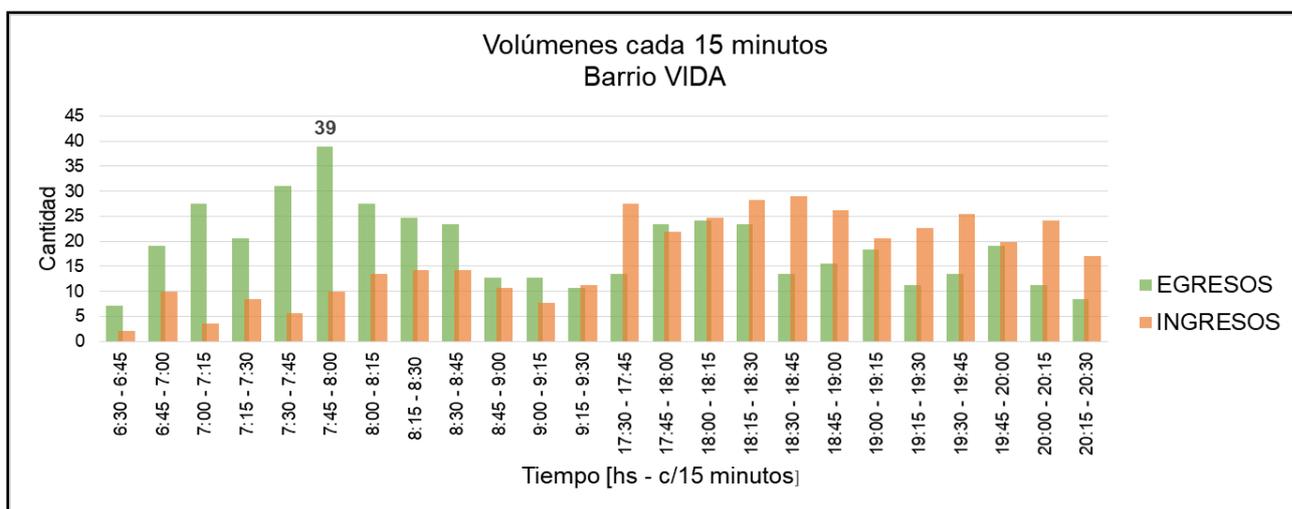


Figura Nº 21. Volúmenes cada 15 minutos correspondientes al barrio VIDA.

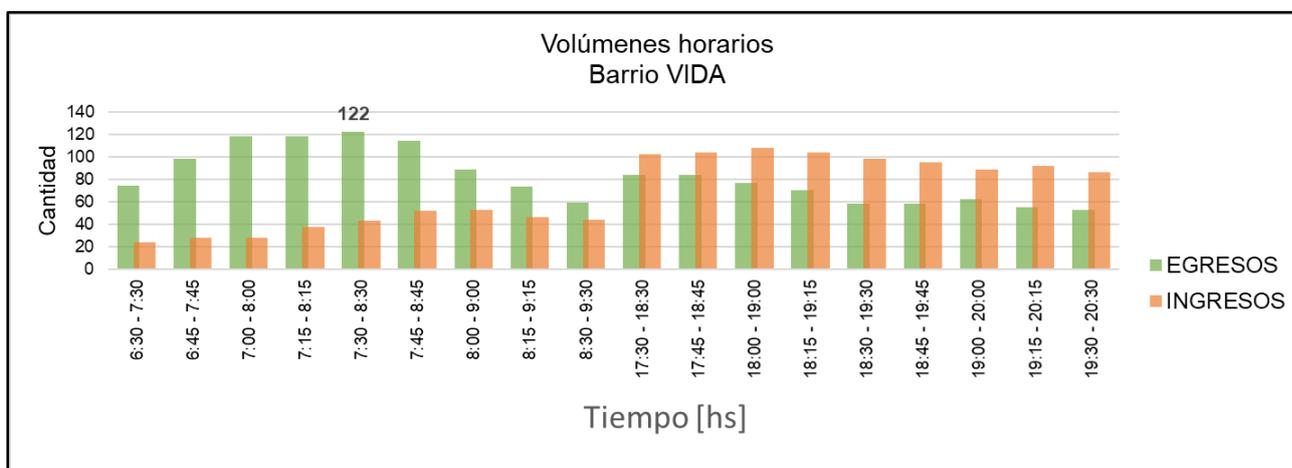


Figura Nº 22. Volúmenes horarios correspondientes al barrio VIDA.

Se puede observar que el volumen horario máximo se produce entre las 7:30 y 8:30 hs y corresponde con el egreso del barrio. Es importante destacar que la franja horaria resultante coincide con las correspondientes a las secciones analizadas en el capítulo anterior, por lo que se utilizarán los volúmenes desarrollados en ese intervalo de tiempo para realizar los análisis posteriores.

Una vez conocidos los volúmenes introducidos por esta nueva urbanización, resta conocer de qué manera van a distribuirse en los diferentes movimientos disponibles en la intersección.

#### 4.3.4. Distribución de movimientos de barrio VIDA

Para poder inferir los movimientos que generaran los futuros habitantes del nuevo barrio sobre la intersección a intervenir, se basó el análisis en la encuesta Origen – Destino realizada a los propietarios del barrio San Sebastián, a partir del estudio de orígenes, destinos y rutas elegidas.

##### 4.3.4.1. Análisis de resultados:

El primer paso de todo este análisis consiste en el procesamiento de los resultados arrojados por la encuesta origen – destino realizada, de la cual se extraen los siguientes datos que resultaran necesarios para el desarrollo de este apartado.

##### → **ORIGEN DEL VIAJE:**

Se muestran los resultados obtenidos ante la pregunta: *¿Cuál es el lugar de origen del viaje?*

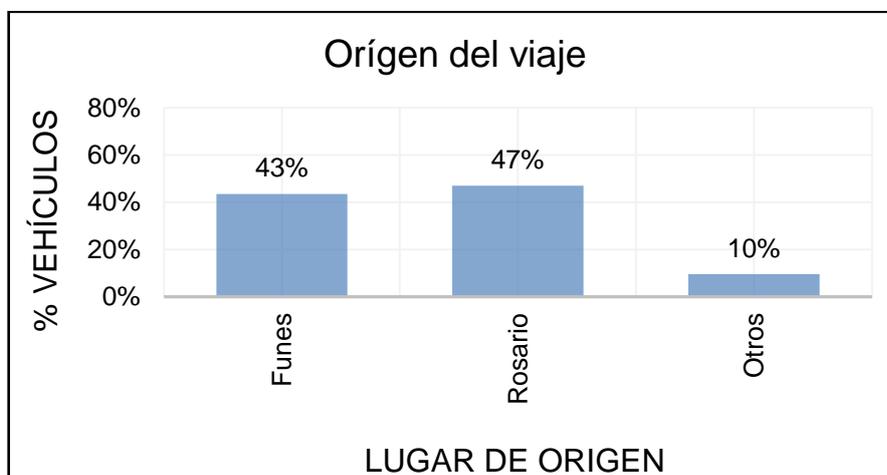


Figura Nº 23 – Composición de orígenes con destino en San Sebastián.

Aclaración: “Otros” se encuentra constituido por la suma de los porcentajes de los siguientes orígenes:

- Baigorria / PGSM / San Lorenzo (3%)
- Roldán (2%)
- Acebal (1%)
- Cañada de Gómez (1%)

- Carcarañá (1%)
- Pueblo Esther (1%)
- Villa Constitución (1%)
- Zavalla (1%)

→ **RUTA ELEGIDA (regreso):**

En respuesta a la pregunta: **¿Cuál fue la ruta de viaje elegida?** Se exhiben los resultados en el siguiente mapa de la zona:

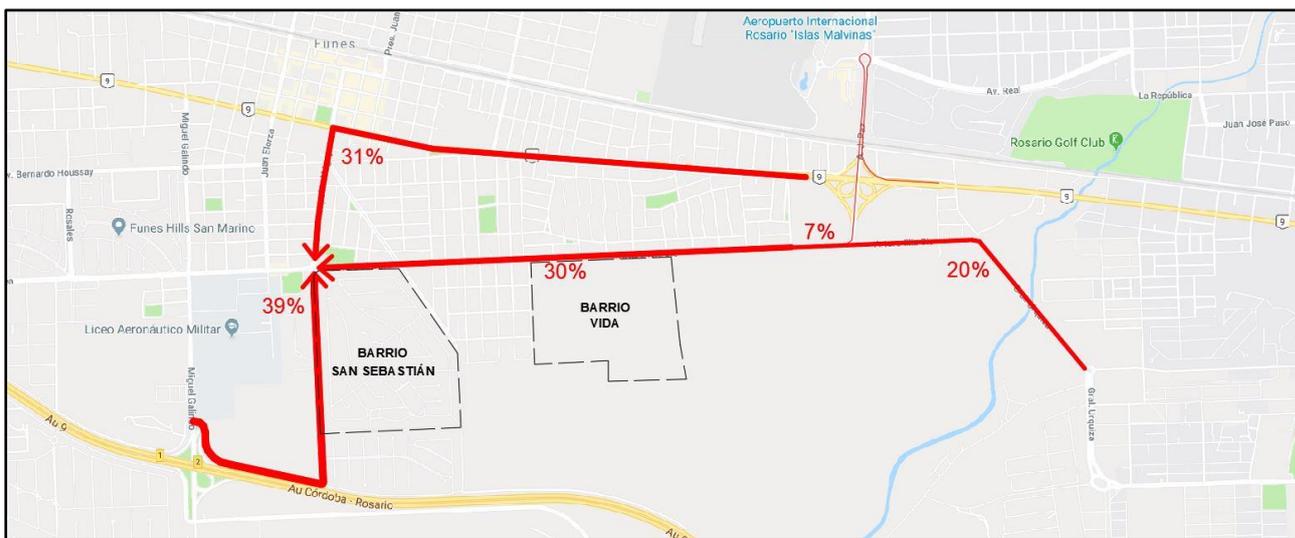


Figura Nº 24 – Rutas elegidas al ingreso al barrio San Sebastián.

→ **DESTINO DEL VIAJE:**

Al consultar sobre **cuál fue el lugar de destino del viaje**, se obtuvieron las siguientes respuestas:

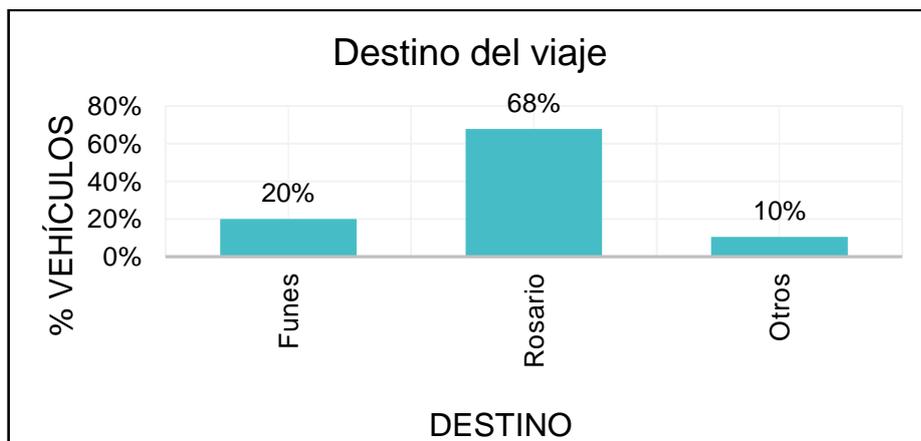


Figura Nº 25 – Composición de destinos con origen en San Sebastián.

Dentro del grupo “Otros” se encuentran sumados los porcentajes de los siguientes destinos:

- Baigorria / PGSM / San Lorenzo (3%)
- Acebal (1%)
- Bella Vista (1%)
- Cañada de Gómez (1%)
- Carcarañá (1%)
- Centeno (1%)
- Pueblo Esther (1%)
- San Nicolás (1%)
- Villa Constitución (1%)
- Zavalla (1%)

→ **RUTA ELEGIDA (egreso):**

Las rutas elegidas al egreso del barrio se presentan en la siguiente figura. Estas se corresponden con la pregunta: **¿Cuál fue la ruta de viaje elegida?**

Nuevamente, se contrastan los resultados obtenidos sobre un mapa de la zona para lograr una visión más clara sobre los movimientos realizados por los habitantes del barrio.

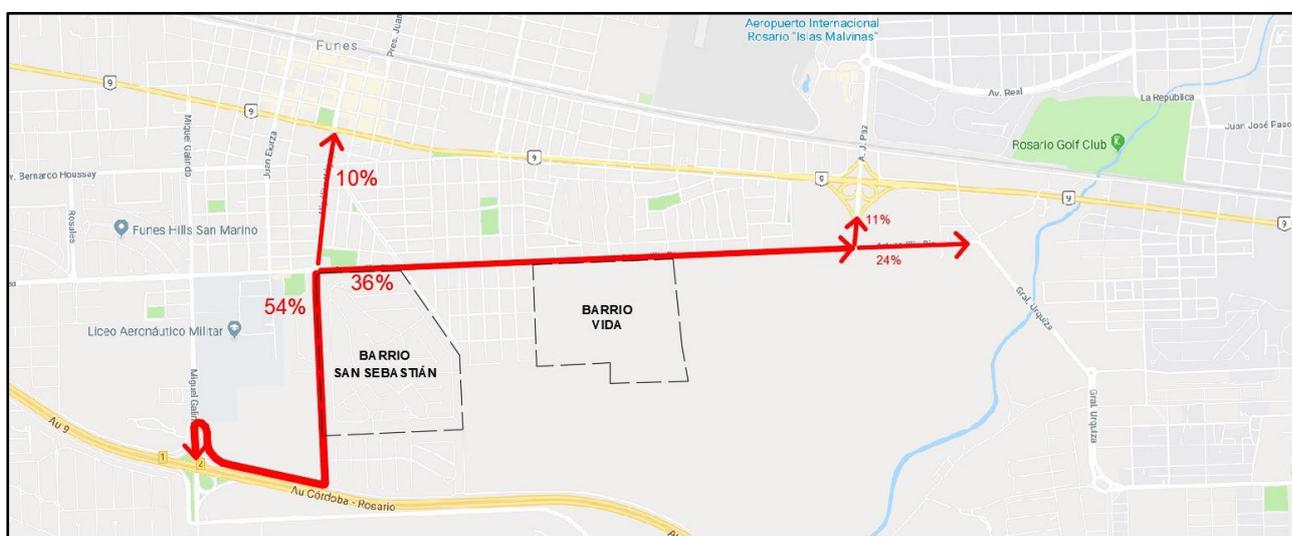


Figura Nº 26 – Rutas elegidas al egreso del barrio San Sebastián.

4.3.4.2. Influencia de obras existentes:

Como se informó al comienzo de este proyecto, se conoce que durante los días en que se desarrolló el relevamiento volumétrico se encontraban varias obras en ejecución en la zona estudio.

Es importante tener en cuenta que un 56% del total de encuestados afirmaron que su ruta habitual se vio alterada por el desarrollo de obras en la zona. Esto nos lleva a pensar que los resultados obtenidos en realidad no se corresponden con el comportamiento de los conductores en situaciones normales y por lo tanto deberán ajustarse.

Dentro del grupo de personas afectadas por obras, el 78,13% dijo haber sido influenciada por la obra ubicada en calle Galindo, mientras que un 12,50% por el reacondicionamiento de calle Calasanz y un 1,56% por ambas. El resto está compuesto por diversas obras que no intervienen en nuestra zona de estudio. Se resumen estos porcentajes en el siguiente gráfico:

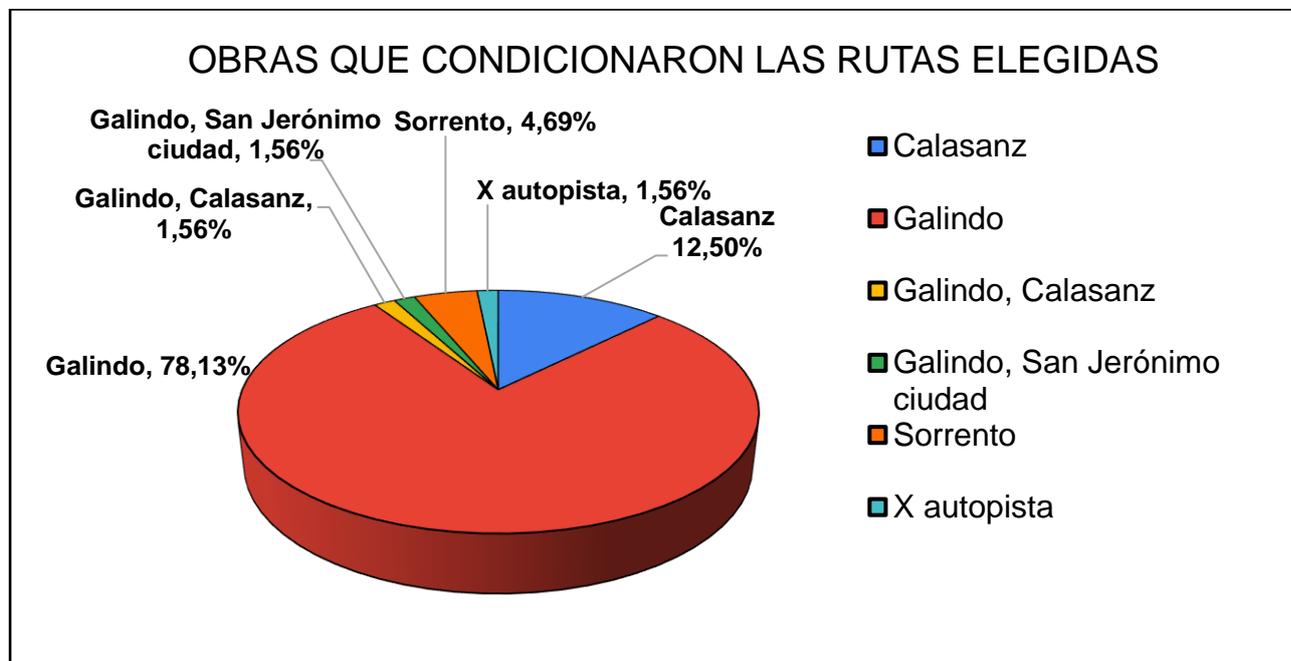


Figura Nº 27 – Obras que influyeron en las rutas elegidas.

Para tener en cuenta esta problemática se estudió en detalle origen, destino y ruta elegida de cada viaje afectado por las obras intervinientes. Se agruparon las rutas elegidas y se adoptó como trayecto en condiciones normales a aquel que pasara por las obras en cuestión. Así, se obtuvieron los siguientes resultados para las diferentes obras:

→ *Rotonda en calle Miguel Galindo y Av. Fuerza Aérea:*

Ruta elegida al egreso por influencia de Galindo		
Yrigoyen /Autopista	39	34%
Illia / RN9	3	3%
Mendoza	4	4%
Yrigoyen / RN9	3	3%
		<b>43%</b>
<i>Este porcentaje, en condiciones normales hubiera realizado el trayecto Av.Fuerza Aerea/Galindo/Autopista</i>		

Ruta elegida al regreso por influencia de Galindo		
Autopista / Yrigoyen	30	26%
RN9 / Yrigoyen	15	13%
Illia / De las carretas / Mendoza	3	3%
RN9 / A. J. Paz / Illia	2	2%
		<b>43%</b>
<i>Este porcentaje, en condiciones normales hubiera realizado el trayecto Autopista/Galindo/Av.Fuerza Aerea</i>		

→ *Reacondicionamiento Av. San José de Calasanz:*

Ruta elegida al egreso por influencia de Calazans		
Mendoza	6	5%
Yrigoyen /Autopista	1	1%
Córdoba	1	1%
		<b>7%</b>
<i>Este porcentaje, en condiciones normales hubiera realizado el trayecto Illia/Urquiza/Calazans/Mendoza</i>		

Ruta elegida al regreso por influencia de Calazans		
Autopista / Yrigoyen	1	1%
RN9 / Yrigoyen	4	3%
Illia / De las carretas / Mendoza	3	3%
		<b>7%</b>
<i>Este porcentaje, en condiciones normales hubiera realizado el trayecto Mendoz a/Calazans/Urquiz a/Illia</i>		

→ *Obras restantes:*

Este grupo, que reúne las obras restantes, representa el 9,37% de los afectados. Aunque estas no tengan una gran influencia en los resultados finales y algunas de las obras informadas no intervienen en la zona de estudio, de igual manera se procedió a su análisis. Para ello se siguió la misma metodología que al comienzo, se reemplazaron los trayectos elegidos por aquellos que pasaran por las obras en cuestión. El análisis completo de este apartado se adjunta en **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.3. ANÁLISIS DE ENCUESTA SAN SEBASTIÁN.**

Al reemplazar las rutas elegidas en la base de datos inicial, por aquellas que no se vieran afectadas por las obras, se obtuvo la siguiente composición de recorridos, tanto para los trayectos de egreso, como de ingreso al barrio:

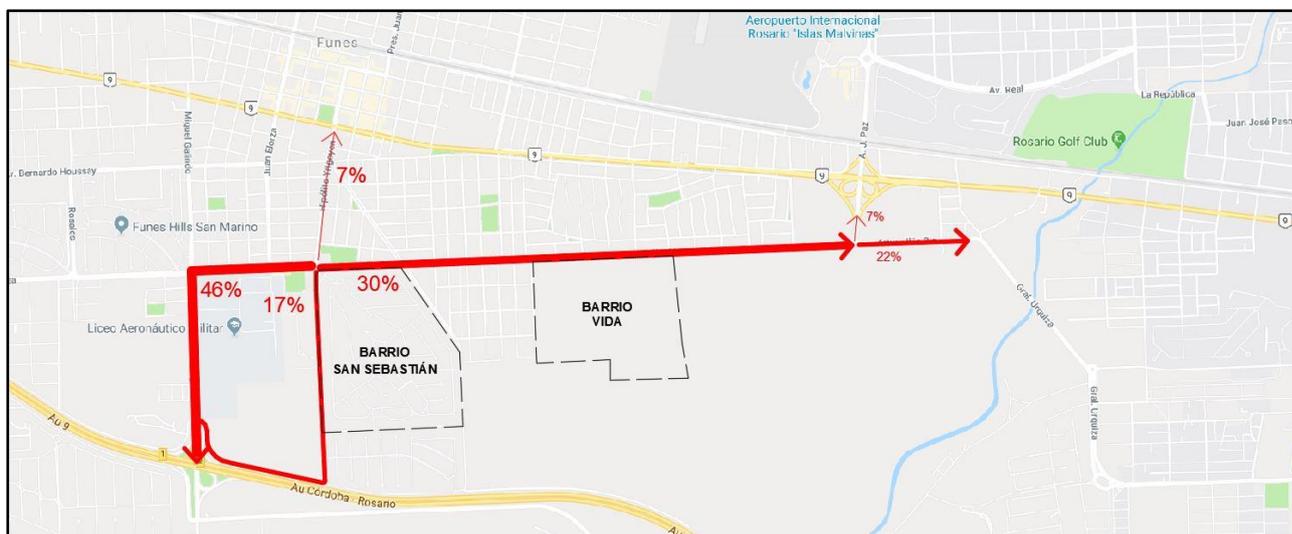


Figura Nº 28 – Rutas elegidas al egreso del barrio San Sebastián sin influencia de obras.

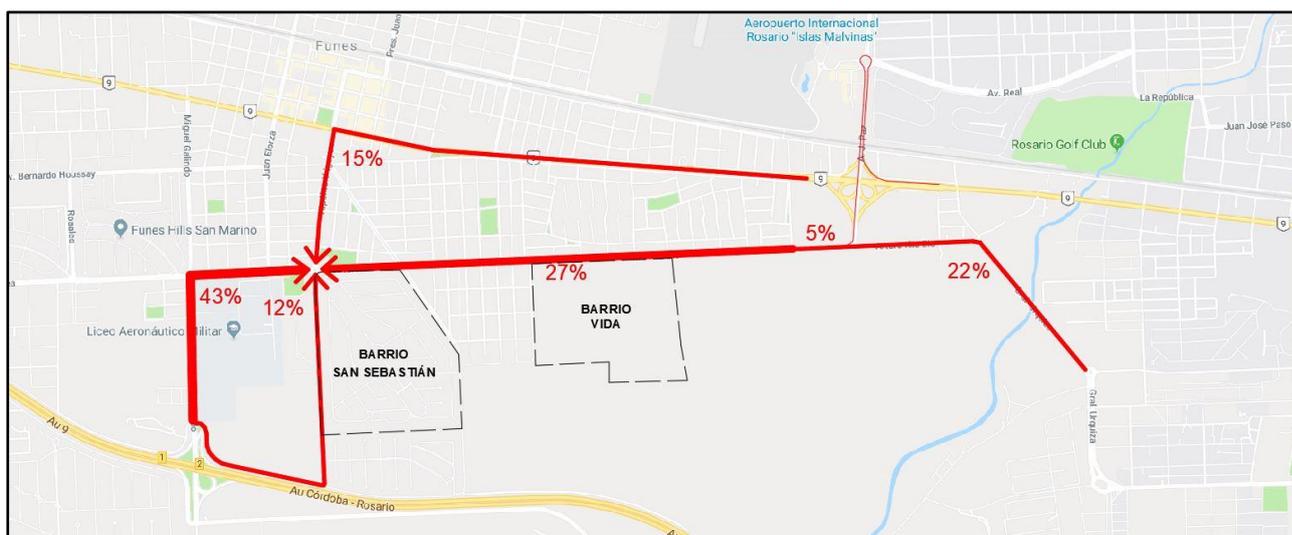


Figura Nº 29 - Rutas elegidas al ingreso del barrio San Sebastián sin influencia de obras.

#### 4.3.4.3. Extrapolación de resultados hacia la nueva urbanización VIDA

Contando finalmente con la composición de movimientos generados por el barrio San Sebastián, el siguiente y último paso es extrapolar los mismos hacia el ingreso de VIDA. Para llevar a cabo este cometido se hicieron dos análisis independientes; uno para el tránsito de egreso al barrio y otro para el de ingreso y en ellos se agruparon todos los viajes por origen (o destino, según el caso analizado) y recorrido realizado, registrando la incidencia porcentual de cada grupo. Es decir, se mantuvieron los orígenes y destinos informados en la encuesta realizada en San Sebastián con la diferencia que, esta vez, el egreso e ingreso se realizara en el barrio VIDA. Así se trató de predecir, para cada viaje, las nuevas rutas que elegirían los futuros habitantes del barrio.

En aquellos casos en los que la trayectoria supuesta no resultara bien clara o quedaran dudas en base al comportamiento de los conductores, se hizo uso de la herramienta "Google Maps". Esta aplicación permite mostrar los diferentes caminos alternativos y la duración de cada uno de ellos durante la hora de máxima demanda y en los diferentes días de la semana. Como hipótesis se estableció que los conductores elegirán en primer lugar aquel camino que les demande menos tiempo, y si dos alternativas resultaran con la misma duración, prevalecerá la que presente la trayectoria más corta. El análisis detallado se puede consultar en el **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.4. AFORO SAN SEBASTIÁN Y EXTRAPOLACIÓN A VIDA.**

Por otra parte, en un principio se hizo la diferenciación entre dos posibles escenarios: con calle golondrinas en estado original (con estabilizado granular) o con una posible pavimentación a futuro, considerando que ello podría influir en la decisión de los conductores a la hora de elegir su camino de egreso e ingreso. Finalmente, se pudo comprobar que la pavimentación de dicho tramo no va a generar tránsito atraído desde otras rutas ya que no supone una significativa reducción del tiempo de viaje de los conductores. A través de "Google Maps", y haciendo el análisis a lo largo de todo el día, durante una semana, se pudo advertir que las demoras en el trayecto son producidas por los semáforos ubicados sobre la RN N°9 entre las calles Echeverría y Zuloaga. Esto hace que calle Golondrinas no se encuentre dentro de las rutas sugeridas, ya que en todos los casos se trata de evitar este tramo semaforizado, resultando más rápido transitar por Av. Illia.

Luego de estas consideraciones se exponen los resultados finales del análisis:

→ **RUTA ELEGIDA PARA EL EGRESO:**

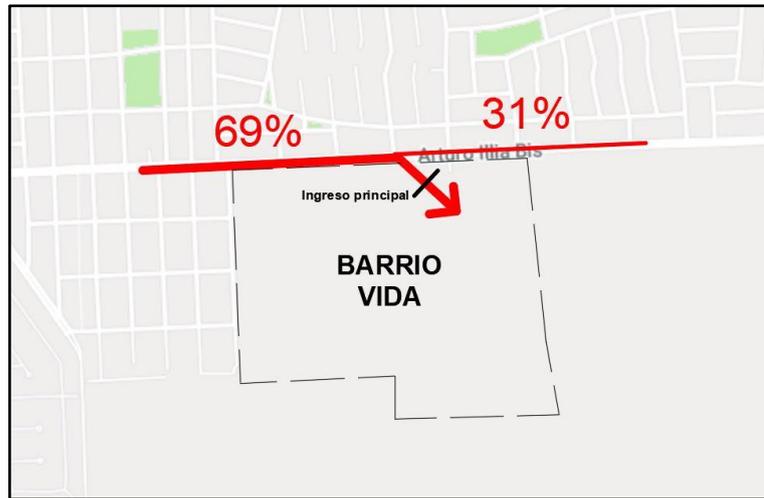


Figura Nº 30 – Composición de rutas elegidas al egreso del barrio VIDA.

→ **RUTA ELEGIDA INGRESO:**

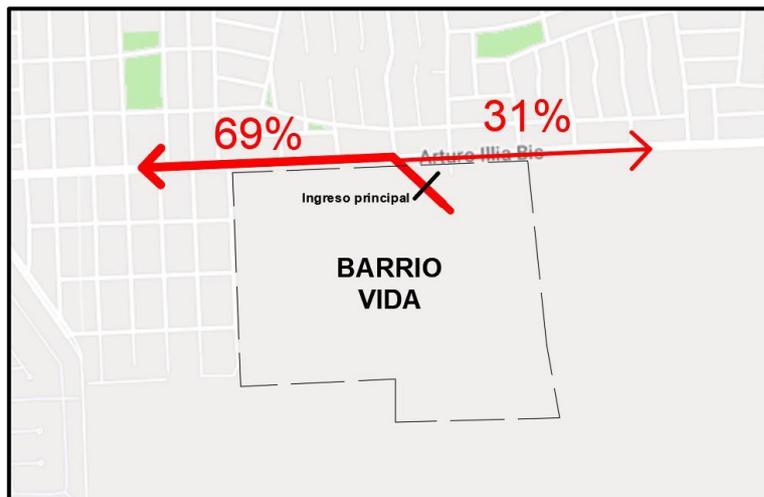


Figura Nº 31. Composición de rutas elegidas al ingreso del barrio VIDA.

En **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.4.AFORO SAN SEBASTIÁN Y EXTRAPOLACIÓN A VIDA** se encuentran los datos del aforo realizado en San Sebastián y la extrapolación supuesta realizada al nuevo barrio.

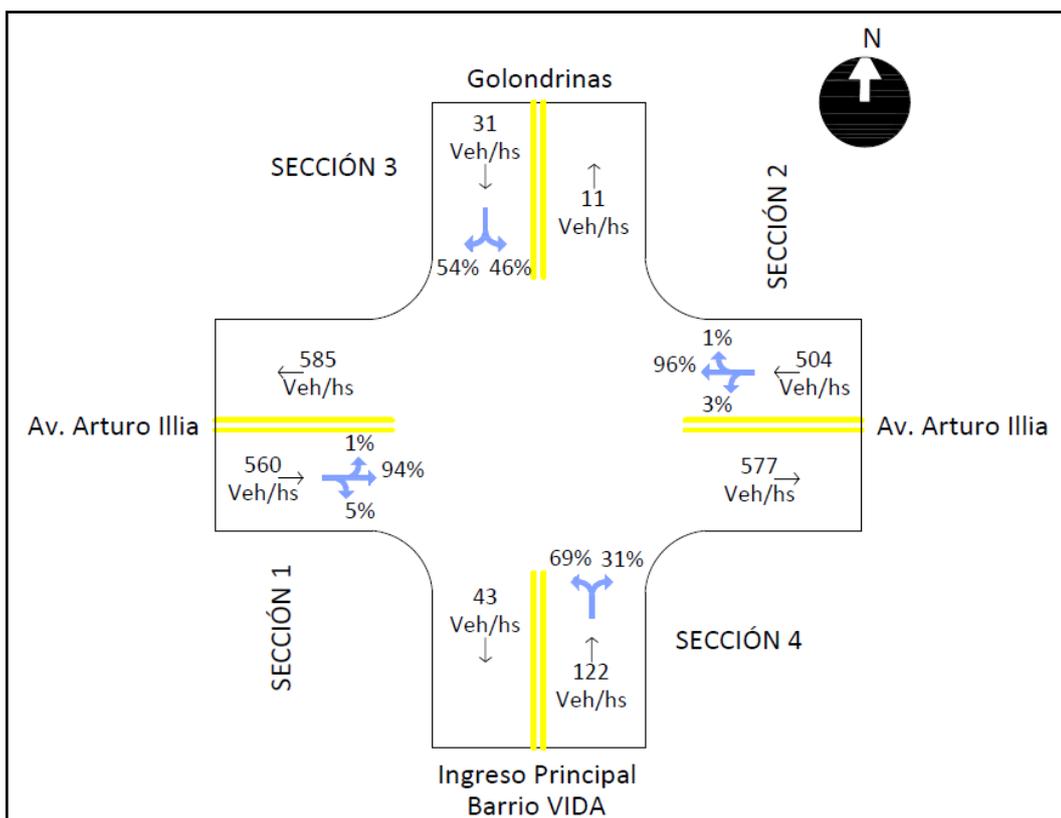
4.3.5. Tránsito Generado

Habiendo realizado una inspección ocular se pudo constatar que fuera del desarrollo inmobiliario que se está gestando, la zona presenta un alto grado de consolidación, con más de un 93% de lotes ocupados. Por este motivo no se considerará tránsito generado hacia la intersección.

4.3.6. Síntesis de resultados

Finalmente como se citó en 4.1, el tránsito futuro se obtuvo a partir de la suma del tránsito actual más el crecimiento normal del tránsito más el tránsito desarrollado.

Seguidamente, se presenta un esquema indicando los volúmenes de tránsito futuro por sentido de circulación, acompañado de los respectivos porcentajes de cada movimiento para la hora de máxima demanda (7:30hs a 8:30hs).



Esquema Nº 4. Proyección de la distribución futura del tránsito por movimientos

En la siguiente tabla se detalla la composición de los volúmenes anteriormente mostrados

FUTURO - VHMD: 7:30 a 8:30									
Ruta	Movimiento	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Motos	Bicicletas	Total por movimiento [Veh/Hora]	Total por sección [Veh/Hora]	% de cada movimiento en la sección	% de cada movimiento en la intersección
Illia O-E (Sección Nº1)	↗	3	0	1	3	5	560	0,9%	0,4%
	→	1	503	8	3	525		93,8%	43,1%
	↘	2	30	0	0	30		5,3%	2,4%
Illia E-O (Sección Nº2)	↖	6	3	0	4	6	504	1,3%	0,5%
	←	4	356	10	24	484		96,1%	39,8%
	↙	5	13	0	0	13		2,7%	1,1%
Golondrinas N-S (Sección Nº3)	↓	7	17	0	3	17	31	54,2%	1,4%
	-	8	-	-	-	0		0,0%	0,0%
	↘	9	13	1	4	14		45,8%	1,2%
VIDA S-N (Sección Nº4)	↖	10	84	0	0	84	122	69,0%	6,9%
	↑	11	-	-	-	0		0,0%	0,0%
	↗	12	38	0	0	38		31,0%	3,1%
						1217	1217		100,00%

Tabla Nº 7. Proyección de la distribución futura del tránsito por movimiento.

---

#### 4.4. Nivel de servicio futuro

##### 4.4.1. Escenario 1

De esta forma una vez calculados los volúmenes de tránsito futuro, se procede a estimar el nivel de servicio que tendrá la vía.

De la misma forma que para el tránsito actual, se utilizó la metodología para vías de dos carriles según el Manual de Capacidad 2016, tal como ya se realizó en el punto 3.2.3 arrojando un **NIVEL DE SERVICIO E**, en coherencia con el análisis previo, realizado para el nivel de tránsito actual. El cálculo se encuentra en **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.12. NIVEL DE SERVICIO FUTURO – GEOMETRÍA ACTUAL.**

##### 4.4.2. Escenario 2

Con el objeto de poder mostrar la inminente necesidad de realizar una intervención en la geometría de la intersección que mejore las condiciones operativas y de seguridad, se procedió a calcular el nivel de servicio sobre la vía con las modificaciones propuestas.

A diferencia de lo realizado en el punto 3.2.3, para caminos multicarriles, el nivel de servicio se define en términos de densidad. La densidad es un parámetro que cuantifica la proximidad de los vehículos entre sí en la corriente de tránsito e indica el grado de maniobrabilidad que tienen los mismos. Esta se puede calcular dividiendo el volumen por carril por la velocidad. En razón de esta relación directa es que los ajustes que tienen que ver con las características geométricas del tramo, se hacen sobre la velocidad en flujo libre, y no sobre la capacidad como era usual en metodologías anteriores.

##### 4.4.2.1. Velocidad en flujo libre

Este parámetro ya fue descrito en el punto 3.2.1. La diferencia en el caso de multicarriles es que incluye en sus cálculos, además de la velocidad en flujo libre base ( $v_{fli}$ ), los factores de corrección por ancho de carril ( $f_{ac}$ ) y puntos de accesos ( $f_{pa}$ ), otros que tienen en cuenta las obstrucciones laterales ( $f_{ol}$ ) y la presencia de separador central ( $f_m$ ) como se muestra en la fórmula:

$$V_{fl} = v_{fli} - f_{ac} - f_{ol} - f_m - f_{pa}$$

La velocidad en flujo libre base se adoptó en 52Km/h, esto se debe a que el manual sugiere aumentar en forma conservadora la velocidad señalizada (40Km/h) en 12km/h para límites menores a 80Km/h.

Los demás valores resultan de las siguientes tablas:

a. Ajuste por ancho de carril ( $f_{ac}$ )

Ancho de carril (m)	Reducción de la $v_{fl}$ , $f_{ac}$ (km/h)
$\geq 3,60$	0,0
$\geq 3,30 - 3,60$	3,0
$\geq 3,00 - 3,30$	10,6

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 8. Ajuste por ancho de carril ( $f_{ac}$ )

Siendo que el ancho de carriles es igual a 3,60m resulta  $f_{ac} = 0$  km/h.

b. Ajuste por obstrucciones laterales ( $f_{ol}$ )

Este tiene cuenta las obstrucciones correspondientes a cada lado de uno de los laterales siendo de 3,20m de lado derecho y 0m para el lado izquierdo.

Caminos de cuatro carriles		Caminos de seis carriles	
Distancia total sin obstrucción lateral (m) (*)	Reducción de la velocidad en flujo libre (km/h)	Distancia total sin obstrucción lateral (m) (*)	Reducción de la velocidad en flujo libre (km/h)
3,6	0,0	3,6	0,0
3,0	0,6	3,0	0,6
2,4	1,5	2,4	1,5
1,8	2,1	1,8	2,1
1,2	3,0	1,2	2,7
0,6	5,8	0,6	4,5
0,0	8,7	0,0	6,3

Se recomienda interpolar

(\*) la distancia total sin obstrucción lateral es la suma de las distancias sin obstrucción lateral hacia el separador central (si es  $>1,80m$  usar 1,80m) y hacia la banquina (si es  $>1,80m$  usar 1,80m) por lo tanto, a efectos del análisis, la distancia total sin obstrucción lateral no puede superar los 3,60 m.

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 9. Ajuste por obstrucciones laterales

De esta forma, considerando que se tiene un camino de 4 carriles, la suma resulta una obstrucción total de 3,20m, lo que interpolando da un factor de ajuste de  $f_{ol} = 0,4$  km/h.

c. Ajuste por tipo de división ( $f_m$ )

Este factor, tiene en cuenta que se produce una reducción en la velocidad debida a la fricción entre flujos de sentido opuesto.

Tipo de mediana	Reducción de la $v_{fij}$ , $f_m$ (km/h)
Sin dividir	2,6
CGIDS	0,0
Dividido	0,0

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 10. Ajuste por tipo de división ( $f_m$ )

Como la calzada propuesta presenta un cantero central, el flujo resulta dividido y por lo tanto  $f_m = 0$  Km/h.

d. Ajuste por puntos de acceso

Este depende de la cantidad de accesos que se encuentren próximos a la intersección. Considerando desde Golondrinas una distancia de 500 metros a cada lado, se enumeraron los accesos correspondientes a la calzada con sentido Este – Oeste que representa la peor condición.

Puntos de acceso por km	Reducción de la velocidad en flujo libre (km/h)
0	0
6	4
12	8
19	12
25 ó más	16

Se recomienda interpolar  
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 11. Ajuste por puntos de acceso por Km ( $f_{pa}$ )

Finalmente, teniendo en cuenta que se tienen 4 puntos de accesos por Km, mediante interpolación se obtuvo un factor  $f_{pa} = 4$  Km/h.

Lo que resulta, a partir de todos los factores de reducción, una velocidad en flujo libre  $v_{fij} = 47,6$  Km/h.

4.4.3. Determinación del tránsito

A partir de los volúmenes calculados en el punto 4.3.6, se estable la siguiente fórmula de Volumen equivalente:

$$V_e = \frac{V_h}{N \times FHP \times f_{vp} \times f_p}$$

Se puede observar que dicha fórmula incluye tres correcciones a las estimaciones de los volúmenes horarios calculados en el punto 4.3.6 para llegar al valor de automóviles equivalentes que se utilizará en el análisis. Estas correcciones son el factor de hora pico (FHP), el factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados ( $f_{vp}$ ) y el factor por población de conductores ( $f_p$ ). También se utiliza el número de carriles (N) para que el volumen de tránsito se pueda expresar sobre la base de automóviles por carril.

El volumen horario  $V_h$ , resulta del punto 4.3.6. Se verifica solo el peor caso que corresponde a  $V_{E-O} = 585$  Vehículos/hora, con  $Q_{15} = 157$  vehículos/hora lo que nos da un  $FHP = 0,93$ .

El número de carriles por sentido  $N = 2$ .

e. Factor de ajuste por vehículos pesados

El factor de ajuste por vehículos pesados ( $f_{vp}$ ) se obtuvo a partir del cálculo siguiente:

$$f_{vp} = \frac{1}{[1 + P_c \times (E_c - 1)]}$$

Donde:

$P_c$ : Porcentaje de vehículos pesados es igual a 0,017

$E_c$ : Automóviles equivalentes para un vehículo pesado en terrenos llanos es igual a 2.

Resultando un factor de ajuste  $f_{vp} = 0,98$ .

f. Factor de ajuste por impacto de la población de conductores

Las características de la corriente de tránsito en las que se basa la metodología descrita corresponden a corrientes de tránsito con conductores diarios o usuarios regulares del multicarril. Es de aceptación general que las corrientes de tránsito con distintas características (fin de semana, turístico) emplean los multicarriles con menor eficiencia los cuales se adjuntan en la siguiente tabla:

Nivel de conocimiento	Factor $f_p$
Todos conductores habituales, regulares diarios	1,000
La mayoría conductores habituales	0,968
Mezcla equilibrada entre conductores habituales y no habituales	0,939
La mayoría conductores no habituales	0,898
Todos o una enorme proporción de conductores no habituales	0,852

*Fuente: Highway Capacity Manual 2016*

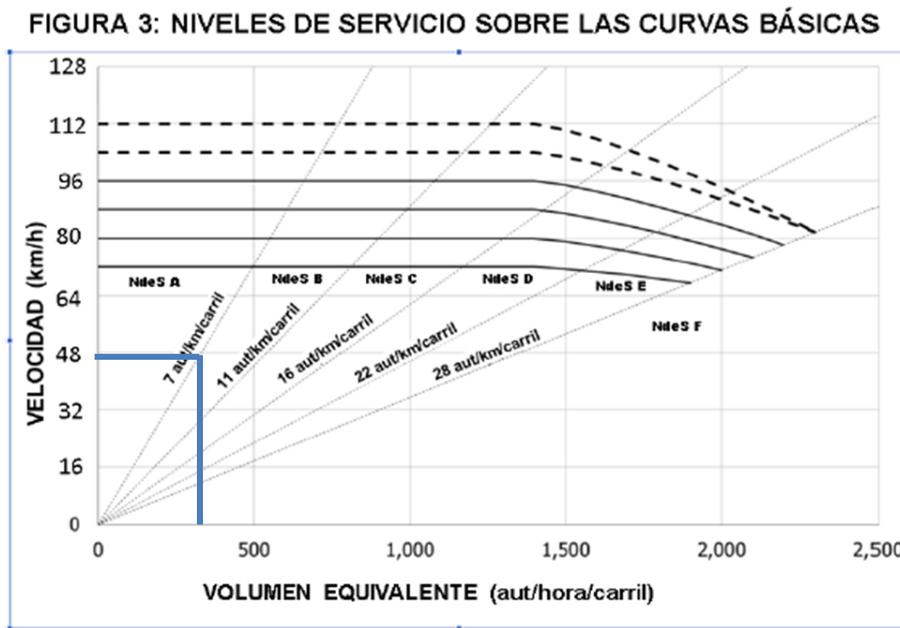
Tabla Nº 12. Ajuste por impacto de la población de conductores

Este factor se adoptó  $f_p = 0,939$  teniendo cuenta que los fines de semana presenta grandes fluctuaciones por conductores no habituales.

El volumen Equivalente finalmente resultó  **$V_e = 340$  vehículos/hora/carril.**

4.4.4. Densidad y Nivel de Servicio

Una vez obtenidos los valores de velocidad en flujo libre y volumen equivalente se procede a estimar la densidad de vehículos por carril, que será el parámetro que determinará el nivel de servicio de la vía analizada. Para ello se utiliza el siguiente gráfico ingresando con los parámetros calculados:



Nota: Las curvas punteadas son extrapoladas, no se basan en datos de campaña

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 13. Densidad estimada por carril

Nivel de servicio	Densidad (aut/km/carril)
A	≤ 7
B	>7 - 11
C	>11 -16
D	> 16 -22
E	> 22 - 28
F	La demanda excede la capacidad ó densidad > que 28

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 14. Nivel de Servicio para Calzada Multicarriles.

Como se puede observar resulta  $D = Ve/v = 7,15$  vehículos/Km/carril, lo que representa un **NIVEL DE SERVICIO B**.

Los cálculos se encuentran en **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.13. NIVEL DE SERVICIO FUTURO – GEOMETRÍA PROPUESTA**.

#### 4.5. Conclusiones de las proyecciones del tránsito futuro sobre los escenarios planteados

Luego del análisis de escenarios anteriormente expuesto puede observarse que el tránsito que introducirá el nuevo desarrollo una vez consolidado resulta significativamente menor en comparación con el propio crecimiento que presenta la Av. Arturo Illia hacia el final del periodo de diseño planteado. Resulta evidente que son predominantes los movimientos pasantes por Av. Illia sobre aquellos introducidos por la nueva urbanización VIDA. Estos últimos a su vez, producen en su totalidad movimientos sobre la arteria principal dado que no se proyectan movimientos pasantes sobre calle Golondrinas.

Debido a esta situación se considera necesaria la intervención en dicha intersección, ya que los movimientos de giro introducidos, aunque sean de poca magnitud, tornarían peligrosas las maniobras sobre las horas de mayor demanda.

Finalmente, se comprueba que más allá de la alternativa que vaya a ser seleccionada para la resolución de la intersección, el factor preponderante es el crecimiento del tránsito y resulta fundamental para que la vía resulte operativa que se realicen modificaciones en la calzada.

---

## **CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE PROPUESTAS**

La presencia de una intersección supone la existencia de una zona de conflicto. Esta zona de conflicto está definida por aquella área donde se interceptan las trayectorias de los diferentes movimientos posibles. Es por ello que, para brindar mejores condiciones de seguridad para los conductores, se realiza el análisis de dos alternativas de intervención:

- *Intersección SemafORIZADA*
- *Intersección Rotatoria*

Para cada una de ellas se evaluarán aspectos geométricos, de seguridad, capacidad y confort, teniendo en cuenta los dos posibles escenarios planteados en el capítulo anterior. Por último, se simularán ambas alternativas en software de aplicación para estudiar el comportamiento de cada una de ellas frente a las horas pico.

No se debe perder de vista que a pesar de esta realidad continúa siendo inminente la necesidad de intervenir y ampliar la Av. Illia, que para las horas pico alcanza el peor nivel de servicio antes de llegar a su capacidad máxima. Teniendo en cuenta esto, es necesario evaluar todos los escenarios que podrían ocurrir. Esto quiere decir que para cada una de las alternativas de resolución de la intersección, ya fuese semáforo o rotonda se debe tener en cuenta los 2 escenarios geométricos posibles.

### **5.1. Intersección semaforizada**

#### ***5.1.1. Consideraciones previas***

Una de las alternativas más usuales para la resolución de zonas de conflicto, son los semáforos. Estos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prioridad de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

Los semáforos resultan muy útiles para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección y uso de tan importante artefacto de regulación sea precedido de un estudio exhaustivo del sitio y de las condiciones del tránsito. Entre sus funciones se puede mencionar:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.

- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento del tránsito.

Para el caso de la presente intersección, se propone la implementación de semáforos vehiculares y direccionales con soporte tipo poste y ménsula, de manera de seguir con la misma estética de otros ya implementados en la ciudad.



Figura N° 32. Semáforos vehiculares y direccionales adoptados.

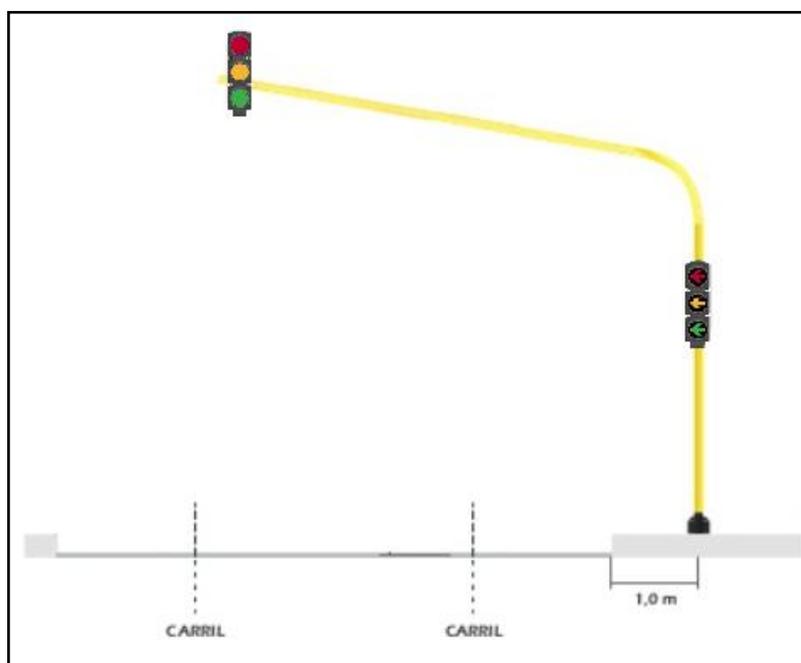


Figura N° 33. Semáforo con soporte tipo poste y ménsula adoptado.

Otra de las consideraciones a tener en cuenta es el tipo de control, el cual por la variación del flujo que se estima que tendrá la intersección en el futuro, con tránsitos muy bajos durante la mayor parte del día y picos elevados en horas de mayor demanda, justificaría la adopción de semáforos accionados por el tránsito. Sin embargo, el objetivo del presente análisis es verificar solamente las

---

condiciones de serviciabilidad en las horas pico, de manera de poder verificar solamente la viabilidad de adopción de la alternativa más adecuada. Es por ello que se adopta un tipo de control prefijado, en este tipo de control la longitud del ciclo, fases, tiempos de verde e intervalos de cambio están todos prefijados. Esto significa que el semáforo rota con un ciclo definido cuya longitud y fases permanecen constantes.

También cabe destacar que no se incluirán semáforos peatonales, dado que según los aforos realizados en el Capítulo II, no se registraron volúmenes de peatones significantes que justifiquen la inclusión de este tipo de dispositivo.

#### 5.1.2. Diseño geométrico

Sobre la base de los dos escenarios estudiados se verifico la viabilidad geométrica de la implementación de la alternativa semaforizada.

Se analizaron los siguientes elementos que pueden consultarse en **ANEXOS - PLANOS -**

#### **1.4. PLANO P.04: INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA. DISEÑO GEOMETRICO – GEOMETRÍA ACTUAL**

#### **1.5. PLANO P.05: INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA. DISEÑO GEOMETRICO – GEOMETRÍA PROPUESTA.**

##### 5.1.2.1. Dársenas de giros

En primer lugar, se verifico la disponibilidad de espacio para el alojamiento de dársenas de giro exclusivo hacia la izquierda para el escenario 1. En el caso del escenario 2 se reservarán para este destino los primeros 30 metros de carril de estacionamiento/banquina.

##### 5.1.2.2. Radios de giro de movimientos

Se adoptaron los radios de giro internos de los diferentes movimientos existentes de manera de compatibilizarlos con las trayectorias descriptas por los tipos de vehículos registrados durante los aforos. Al mismo tiempo se verifico que las trayectorias de los giros hacia la izquierda no interfieran entre sí ni sean demasiado próximas, lo que permite la posibilidad de agrupar estos movimientos en una misma fase.

##### 5.1.2.3. Retiro y apertura de canteros / líneas de frenado

Los radios de giro adoptados en el punto anterior permiten a su vez la determinación de la posición mínima de las líneas de frenado y sendas peatonales, como así también la apertura necesaria del cantero central de la Av. Arturo Illia para el escenario 2 y el retiro del cantero sobre el acceso al barrio VIDA en todos los casos.

#### 5.1.2.4. Diseño de cordones esquineros

Por último, se adoptaron los radios de cordones de esquinas, compatibilizándolos con las trayectorias descritas por los movimientos de giro hacia la derecha. Se adoptaron los valores similares a los habituales utilizados en estos casos.

#### 5.1.2.5. Conclusiones sobre análisis geométrico

Finalmente se verificaron los parámetros anteriormente descritos resultando factible la materialización de una intersección semaforizada en la zona de estudio.

A partir de esta conclusión se puede proceder a realizar el análisis operacional de ambos escenarios con el tránsito proyectado al final del período de diseño.

### 5.1.3. Análisis Operacional – Nivel de Servicio

Para el diseño de la misma se utilizó como guía la metodología desarrollada por el HCM 2016, dicho procedimiento señala que para la correcta evaluación de una intersección semaforizada es imprescindible el análisis completo de la capacidad y el nivel de servicio.

El criterio de nivel de servicio se establece en términos de la demora promedio por la semaforización sufrida por vehículo para un período de análisis de 15 minutos tal como se muestra en la tabla N° 15.

DEMORA POR LA SEMAFORIZACIÓN (Segundos/vehículo)	NIVEL DE SERVICIO por la relación V/c	
	≤ 1	> 1
≤ 10	A	F
10 - 20	B	F
20 - 35	C	F
35 - 55	D	F
55 - 80	E	F
> 80	F	F

Tabla N° 15. Nivel de Servicio para semáforos – Fuente HMC 2016.

El objetivo es lograr como mínimo un **Nivel de Servicio C**. Este se define como aquel en el que las demoras son más altas respecto al Nivel de Servicio B, y están originadas por una progresión regular y/o longitud de ciclos mayores.

Esta metodología suministra fórmulas y tablas para todos los factores que se utilizan. Dada la complejidad del análisis se lo divide en cinco módulos, a saber:

- *Datos de entrada*
- *Módulo de carriles y demanda – Determinación de los grupos de carriles*
- *Módulo del flujo de saturación*
- *Módulo de análisis de capacidad*
- *Módulo de medidas de la eficiencia*

5.1.3.1. Datos de Entrada

a. Geometría de la intersección

Los mismos se resumen en las tablas siguientes para cada uno de los escenarios posibles

Escenario 1						
Calle	Número de carriles por sentido	Ancho [m]	Pendiente	Carriles de Almacenamiento / Banquina [m]	Isletas / Cantero Central [m]	Paradas de Ómnibus
Av. Arturo Illia	1	3,65	Terreno llano	3,20 (*)	-	A reubicar (**)
Calle Golondrinas	1	2,35		-	-	-
Ingreso ppal. VIDA	2	3,40		-	-	-
(*) Se prevee el uso de los primeros 30 metros de banquina para los giros a la izquierda						
(**) Se reubicarían a una distancia mayor a 75 metros de forma tal de no interferir en la intersección.						

Tabla Nº 16. Geometría de la intersección para condición geométrica actual.

Escenario 2						
Calle	Número de carriles por sentido	Ancho [m]	Pendiente	Carriles de Almacenamiento / Banquina [m]	Isletas / Cantero Central [m]	Paradas de Ómnibus
Av Arturo Illia	2	3,65	Terreno llano	3,20 (*)	3,50	A reubicar (**)
Calle Golondrinas	1	3,50		-	-	-
Ingreso ppal. VIDA	2	3,40		-	3,80	-
(*) Se prevee el uso de los primeros 30 metros de banquina para los giros a la izquierda						
(**) Se reubicarían a una distancia mayor a 75 metros de forma tal de no interferir en la intersección.						

Tabla Nº 17. Geometría de la intersección para condición geométrica propuesta.

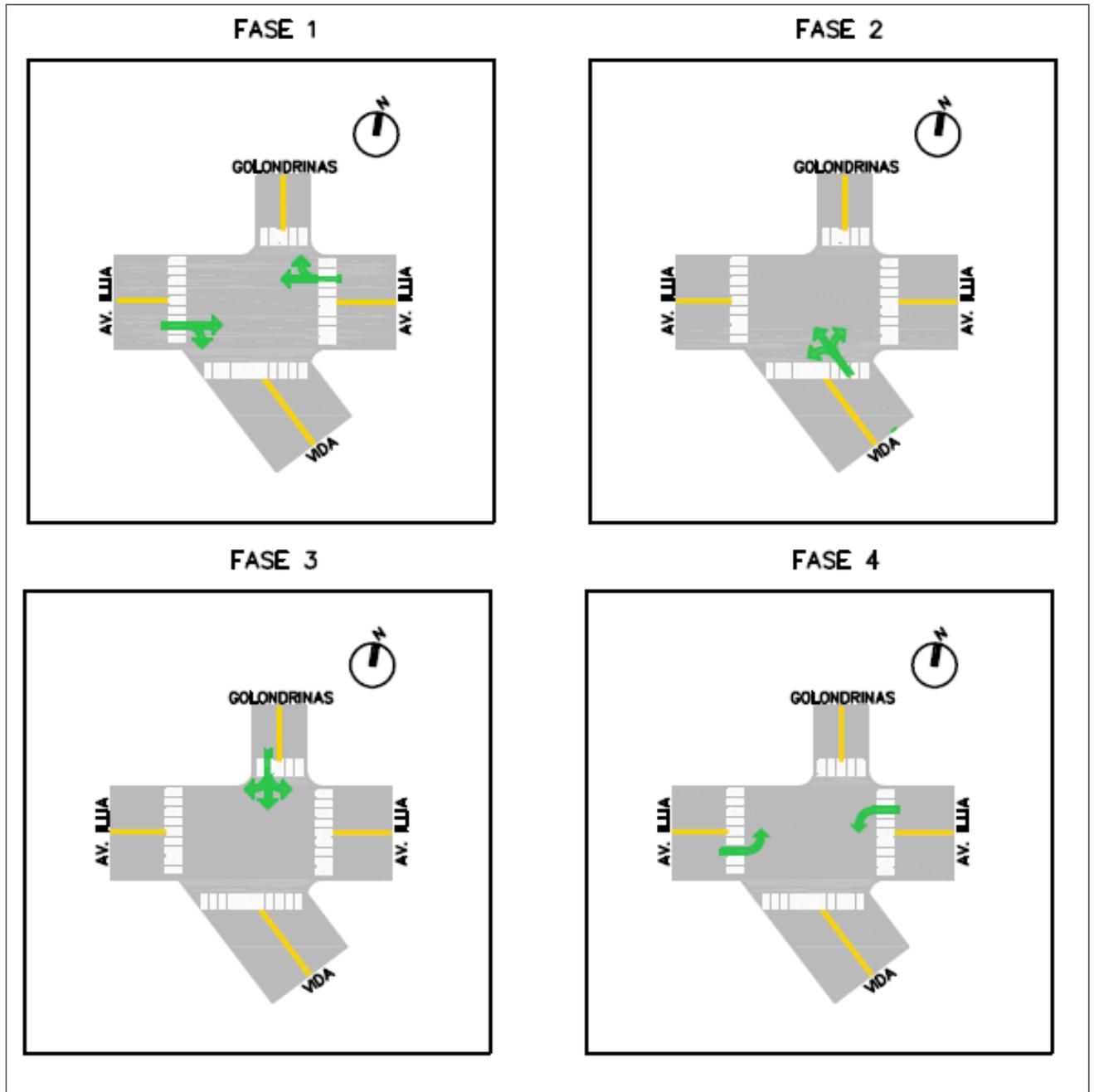
b. Tránsito y semaforización

Los volúmenes ya fueron calculados en el punto 4.3.6 y se encuentran resumidos en la Tabla N°7.

Con respecto al semáforo, se propone un ciclo semafórico de tipo de control prefijado compuesto por 4 fases, el mismo se detalla y verifica en los siguientes puntos.

5.1.3.2. Módulo de carriles y demanda - Determinación de los grupos de carriles para el análisis

El procedimiento de cálculo desarrollado por el HCM 2016 está planteado para considerar los accesos a la intersección por grupo de carriles. Estos grupos se definen como uno o más carriles de un acceso de la intersección que sirven a uno o más movimientos del tránsito, por lo que se adopta que los grupos de carriles se dividirán según las fases del semáforo como se muestra a continuación:



Esquema Nº 5. Distribución de Movimientos por fases de semafORIZACIÓN.

Cabe aclarar que el ciclo propuesto será el mismo para los dos escenarios posibles. De esta manera, las fases que componen el ciclo se distribuyen de la siguiente manera:

• **Escenario 1:**

FASE	Nº DE CARRILES	Movimientos Carriles	Movimientos por Grupos (MG)	Grupo de Carriles (GC)	Volúmen [Vehículos/Hr]
I	2	Pasante y derecha	MG:2	GC:1	525
					30
II	2	Pasante e Izquierda	MG:2	GC:2	484
		Pasante y Derecha			6
III	1	Pasante e Izquierda	MG:3	GC:1	84
		Derecha, Pasante e Izquierda			0
IV	1	Izquierda	MG:3	GC:2	0
					38
I	2	Pasante	MG:1	GC:1	17
		Pasante y Derecha			0
II	2	Pasante e Izquierda	MG:1	GC:1	14
		Derecha, Pasante e Izquierda			5
III	1	Izquierda	MG:1	GC:1	13

Tabla Nº 18. Grupos de carriles por fases de semaforización para condiciones geométrica actual.

• **Escenario 2:**

FASE	Nº de Carriles	Movimientos Carriles	Movimientos por Grupos (MG)	Grupo de Carriles (GC)	Volúmen [Vehículos / hr]
I	2	Pasante	MG:1	GC:1	315
		Pasante y Derecha		GC:2	210
	2	Pasante y Derecha	MG:1	GC:2	30
		Pasante		GC:1	194
II	2	Pasante e Izquierda	MG:1	GC:1	6
		Pasante y Derecha		GC:2	291
III	1	Pasante e Izquierda	MG:1	GC:1	84
		Pasante y Derecha		GC:2	0
IV	1	Derecha, Pasante e Izquierda	MG:1	GC:1	0
					14
I	2	Izquierda	MG:1	GC:1	5
		Izquierda	MG:1	GC:2	13

Tabla Nº 19. Grupos de carriles por fases de semaforización para condición geométrica propuesta.

5.1.3.3. Módulo de flujo de saturación

En este módulo se calcula el flujo de saturación para cada grupo de carriles con la siguiente fórmula:

$$S = S_0 \times N \times f_a \times f_{VPP} \times f_p \times f_e \times f_o \times f_t \times f_u \times f_{gd} \times f_{gi} \times f_{gip} \times f_{gdp}$$

Donde:

S: flujo de saturación para el grupo de carriles analizado, expresado como un total para todos los carriles del grupo bajo las condiciones existentes, en vehículos por hora.

S<sub>0</sub>: flujo de saturación base por carril (automóviles por hora de verde por carril).

N: número de carriles en el grupo de carriles.

$f_a$ : factor de ajuste por ancho de carril.

$f_{VPp}$ : factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente en el grupo de carriles.

$f_e$ : factor de ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles y por el número de maniobras de estacionamiento en el mismo.

$f_o$ : factor de ajuste por el efecto de obstrucción que producen los ómnibus urbanos que se detienen en el área de la intersección.

$f_t$ : factor de ajuste por el tipo de zona.

$f_u$ : factor de utilización de los carriles.

$f_{gd}$ : factor de ajuste por giros a la derecha en el grupo de carriles.

$f_{gi}$ : factor de ajuste por giros a la izquierda en el grupo de carriles.

$f_{gip}$ : factor de ajuste por la presencia de peatones en giros a la izquierda.

$f_{gdp}$ : factor de ajuste por la presencia de peatones y bicicletas en los giros a la derecha.

Los flujos de saturación resultaron:

<b>S: Flujo de Saturación [vehículos/hora]</b>		
<b>Fases</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>
<b>I</b>	1509	3085
<b>II</b>	1395	2852
<b>III</b>	1224	1305
<b>IV</b>	1496	1496

Tabla Nº 20. Flujo de saturación en grupos de carriles por fases

Los cálculos realizados para estimar de flujo de saturación para los grupos de carriles se encuentran en: **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.17. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA - GEOMETRÍA ACTUAL – FASE 1 AL 2.26. INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA – GEOMETRÍA PROPUESTA – FASE 4.**

#### 5.1.3.4. Módulo de análisis de capacidad de la intersección

La capacidad en intersecciones semaforizadas se basa en el concepto de flujo de saturación. La relación de flujo para un grupo de carriles dados se define como la relación entre el volumen del grupo de carriles,  $V$ , y el flujo de saturación  $s$ .

También en este análisis se incluye la relación volumen / capacidad ( $V/c$ ). Esta se identifica con el símbolo  $X$  en los análisis de intersecciones.

Para un grupo de carriles:

$$X = (V/c) = V / [s \times (g/C)]$$

$$X = V \times C / s \times g$$

Donde:

X: relación V/c para el grupo de carriles.

V: volumen proyectado para el grupo, en vehículos por hora.

S: flujo de saturación para el grupo de carriles, en vehículos por hora.

g: tiempo efectivo de verde para el grupo de carriles, en segundos.

C: Longitud del ciclo, en segundos.

$$c: \text{capacidad de un grupo de carriles} = c = s \times \left(\frac{g}{C}\right)$$

A partir de iteraciones realizadas variando los valores de g (tiempo efectivo de verde) y C (Longitud del ciclo), se determinaron las relaciones volumen/capacidad de cada fase del semáforo asociada a un grupo de carriles de forma tal de lograr un Nivel de servicio aceptable.

Para ambos escenarios, el tiempo total del ciclo adoptado es de 90 segundos, distribuidos en 4 fases compuestas de la siguiente manera:

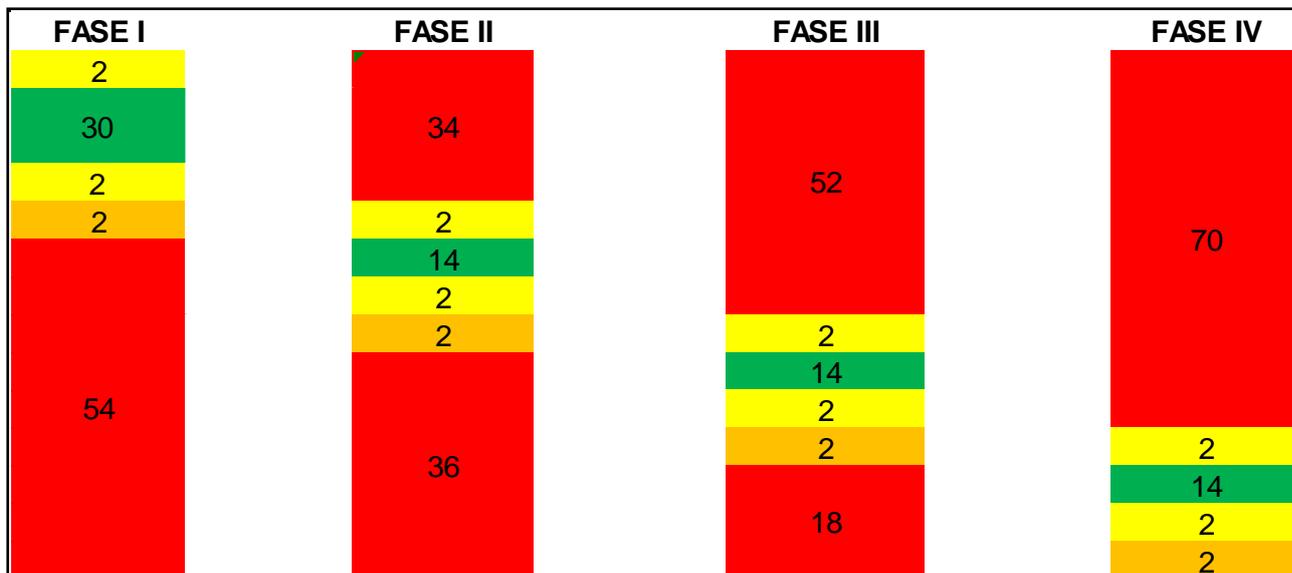


Gráfico N° 5. Ciclo de semáforo.

En cuanto a los cálculos de las relaciones  $X = V/c$  para cada grupo de carriles resultaron:

Relación V/c		
Fases	Escenario 1	Escenario 2
I	1,10	0,54
II	0,56	0,27
III	0,16	0,16
IV	0,06	0,06

Tabla Nº 21. Relaciones V/c para los grupos de carriles de cada fase

Como se puede observar todas las relaciones resultan menores a 1, salvo la correspondiente a la Fase I del Escenario 1 (Condición geométrica actual). Esto implica que para las condiciones geométricas actuales el número de vehículos por hora supera la capacidad, es decir un Nivel de Servicio F (demoras inaceptables) para dicho grupo de carriles. Más allá de que se podría adoptar una longitud de fase mayor, esto implicaría extender la longitud del ciclo, lo cual aumentaría la demora para las demás fases y estas serían demasiado extensas.

**Por esta razón se desaconseja para las condiciones actuales el empleo de semáforo.**

#### 5.1.3.5. Módulo de eficiencia – Cálculo de demoras

El nivel de servicio en intersecciones semaforizadas se mide en términos de demora. La demora es una medida de la incomodidad, frustración, consumo de combustible y pérdida de tiempo de viaje del conductor.

La demora promedio por vehículo para un grupo de carriles dado se puede calcular como:

$$d = d_1 \cdot FD + d_2 + d_3$$

$d$ : demora originada por el controlador, en segundos por vehículo.

$d_1$ : demora uniforme. Supone llegadas uniformes, en segundos por vehículo. Esta se calcula con la siguiente fórmula:

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

FD: Factor de ajuste de la demora uniforme por la progresión, que tiene en cuenta los efectos de la progresión de los semáforos sobre la demora. Esta puede calcularse como:

$$FD = \theta \times \beta \times \psi$$

$$\theta = (1 - PVG) / [1 - (g/C)]$$

$$\beta = [1 - \min(1, X) \times (g/C)] / [1 - \min(1, X) \times PVG]$$

$$\psi = 1 + [\min(1, X) \times (g/C)] \times \{[1 - PVG \times (C/g)] / [1 - (g/C)]\}$$

Donde PVG (Porcentaje de vehículos que llegan en verde) se adoptó igual a 30% que corresponde a un Tipo de Llegada 3, donde los vehículos llegan totalmente al azar, esto se debe a que no hay presencia de otros semáforos cerca.

$d_2$ : Incrementa la demora teniendo en cuenta que la llegada no es uniforme sino al azar y la sobresaturación en las colas, ajustada por la duración del período de análisis y por el tipo de semáforo. Este componente de la demora supone que no hay demanda residual para el grupo de carriles en el comienzo del período de análisis y se calcula como:

$$d_2 = 900 T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8k FX}{cT}} \right]$$

Donde  $k = 0,5$  para controladores prefijados.

$d_3$ : Demora residual. Tiene en cuenta la sobresaturación en las colas que pueden haber existido antes del período del análisis, en segundos por vehículo.

Se considera que no existirá este tipo de demoras, por lo que  $d_3 = 0$

Finalmente se resumen las demoras en cada fase en la siguiente tabla:

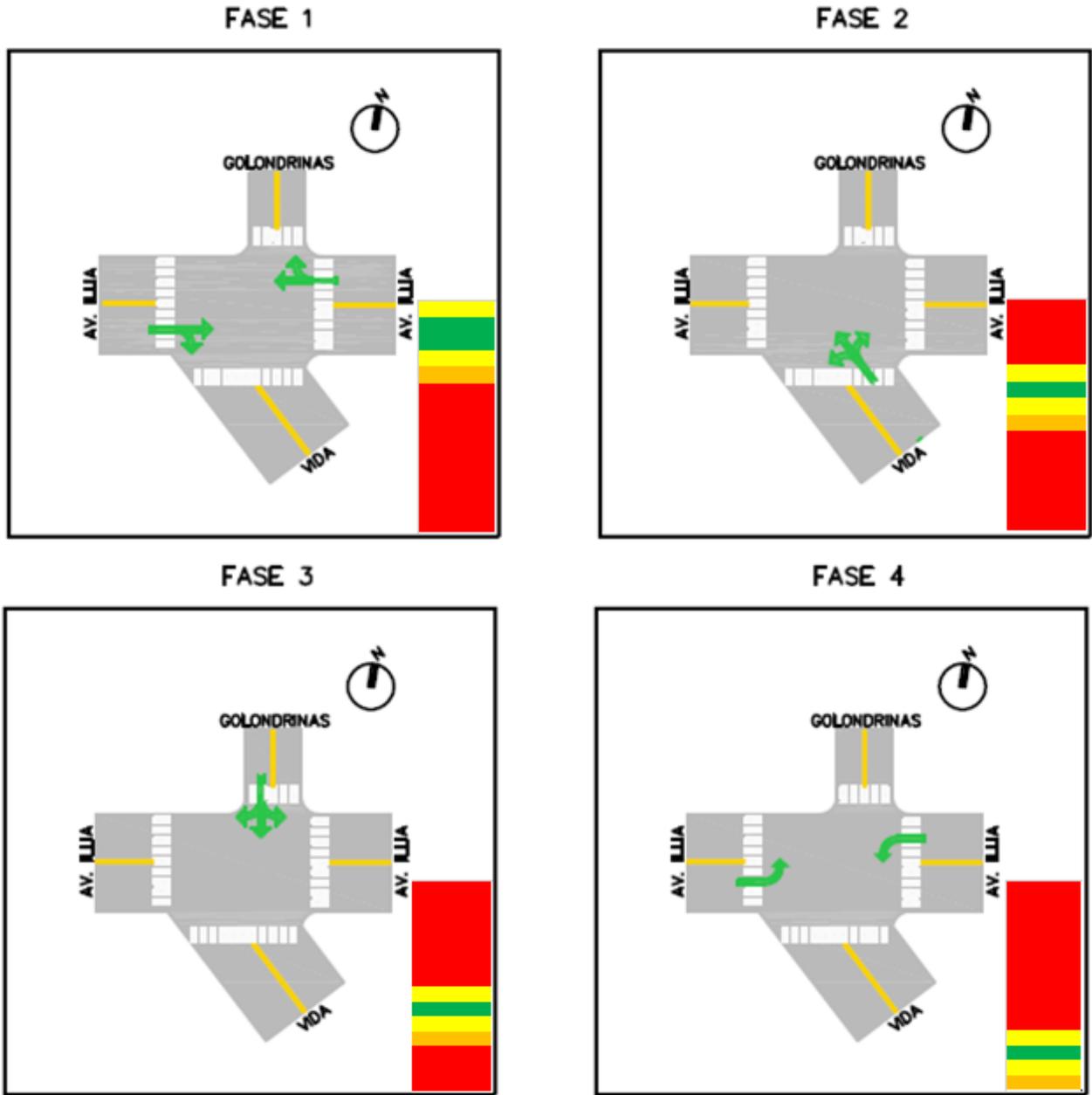
Tiempos de demora [segundos]		
Fases	Escenario 1	Escenario 2
I	104	29
II	34	27
III	25	25
IV	24	24

Tabla Nº 22. Demoras para grupos de carriles en cada fase

Se puede ver que salvo el valor de demora correspondiente a la Fase I del Escenario 1, que como ya se dijo no resulta una buena alternativa, el resto de los valores de demoras se encuentran entre 20 – 35 seg/vehículo, lo que corresponde a un *Nivel de servicio C*, tal como se había proyectado.

5.1.4. Resultados

Finalmente el ciclo del semáforo se distribuye de la siguiente forma:



Esquema N° 6. Ciclo Semafórico.

## 5.2. Intersección rotatoria

### 5.2.1. Consideraciones previas

En el siguiente capítulo se procederá a verificar la viabilidad geométrica de la alternativa, considerando funcionalidad, confort y seguridad.

En general se entiende por rotonda a toda intersección giratoria compuesta por una calzada anular de sentido antihorario situada alrededor de una isleta central a la que acceden tres o más caminos o calles, donde las trayectorias de los vehículos no se cruzan, sino que convergen y divergen.

Este tipo de intervención presenta la ventaja de solucionar todos los movimientos posibles en una intersección, incluso los de cambio de sentido (giro en U), permitiendo altos volúmenes de tránsito sin regulación semafórica y con mínimo mantenimiento, en comparación con otros tipos de intersecciones a nivel. Dada la sencillez y uniformidad de su funcionamiento, resultan fáciles de comprender por el usuario, lo que les da un mayor grado de seguridad.

Están especialmente indicadas en medios urbanos o periurbanos, donde los giros, sobre todo a la izquierda, suponen un porcentaje importante de todos los movimientos. Además, no se recomienda su uso cuando el tránsito peatonal es importante, ya que les resta eficacia o puede exigir su semaforización.

No obstante, existen varios factores que favorecen la adopción de este tipo de solución. En primer lugar, como es sabido, las intersecciones rotatorias implican la pérdida de prioridad de todas las ramas que en ella confluyen, (La prioridad es de quien circula por el anillo, según Ley Nacional de Tránsito N° 24.449) por lo que no son recomendadas en caminos que se busque conseguir flujos rápidos e ininterrumpidos de tránsito. En este caso, sin embargo, se busca producir el efecto contrario. La Av. Arturo Illia tiene una extensión de casi 4Km en donde no presenta regulación física alguna, por lo que una reducción de velocidad resultaría beneficiosa.

Por otro lado, la incorporación de una rotonda a la arteria implica una uniformidad de soluciones ya que ya se han adoptado otras para resolver las intersecciones con calle Galindo e Yrigoyen. Según estudios, la mayoría de los conductores no se concentran suficientemente en la conducción, tienden a una rutina y reaccionan instintivamente según sus experiencias pasadas, por lo que encontrarse con soluciones similares favorece a la conducción y tomas de decisiones.

Por último, está comprobado que las rotondas no tienen un buen funcionamiento cuando se intercalan con intersecciones semaforizadas. Esto implica la llegada de pelotones de vehículos que ingresan al anillo de manera simultánea, lo que puede aumentar las demoras. La no semaforización de la Av. Illia en toda su traza hace que la adopción de una rotonda sea una solución adecuada.

### 5.2.2. Diseño Geométrico

En el siguiente apartado se expondrán los criterios seguidos para el abordaje y análisis de la viabilidad geométrica de la alternativa, considerando funcionalidad, confort y seguridad, y teniendo en cuenta, además, los dos escenarios establecidos en los capítulos anteriores. Para el desarrollo y adopción de los distintos parámetros se siguieron las pautas establecidas en la bibliografía: “Consideraciones sobre el diseño de rotondas” del Ing. Rodolfo E. Goñi, el “Atlas de diseño de la Dirección Nacional de Vialidad” y el apunte “Intersecciones” de la cátedra de Proyecto III de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR.

#### 5.2.2.1. Condiciones geométricas y topográficas

Como punto de partida se determinan las condiciones de borde o características de las diferentes vías intervinientes en la intersección. Según escenario, las mismas se indican en las siguientes tablas:

Escenario 1						
Calle	Número de carriles por sentido	Ancho [m]	Pendiente	Carriles de Almacenamiento / Banquina [m]	Isletas / Cantero Central [m]	Ángulo de esviaje respecto a Av. Illia
Av Arturo Illia	1	3,65	Terreno llano	3,20 (*)	-	-
Calle Golondrinas	1	2,35		-	-	95°
Ingreso VIDA	2	3,40		-	-	90°
(*) Se eliminan los 30 metros contiguos a las ramas de entrada/salida para evitar el estacionamiento						
(**) Se reubicarían a una distancia mayor a 75 metros de forma tal de no interferir en la intersección.						

Tabla N° 23. Características del Escenario 1.

Escenario 2						
Calle	Número de carriles por sentido	Ancho [m]	Pendiente	Carriles de Almacenamiento / Banquina [m]	Isletas / Cantero Central [m]	Ángulo de esviaje respecto a Av. Illia
Av Arturo Illia	2	3,65	Terreno llano	3,20 (*)	3,50	-
Calle Golondrinas	1	3,50		-	-	95°
Ingreso VIDA	2	3,40		-	3,80	90°
(*) Se eliminan los 30 metros contiguos a las ramas de entrada/salida para evitar el estacionamiento						
(**) Se reubicarían a una distancia mayor a 75 metros de forma tal de no interferir en la intersección.						

Tabla N° 24. Características del Escenario 2.

Resulta importante aclarar que la pendiente general del terreno es de 0,1% con sentido de escurrimiento general O - E, por lo que indudablemente se puede considerar como terreno llano, topografía ideal para el asentamiento de una rotonda. En base a esto, se propone una rotonda normal, es decir una intersección giratoria compuesta por una calzada anular de sentido anti horario situada alrededor de una isleta central a la que concurren 4 calles.

#### 5.2.2.2. Isleta Central

Para la determinación del radio de la isleta central se tuvo en cuenta el radio mínimo de giro a 180 grados realizado a velocidad de maniobra por un camión con semiacoplado. Este tipo de vehículos no está permitido en esta arteria y no fue registrado durante los intervalos de censado, pero aun así se lo considera previendo la posibilidad de un mínimo tránsito generado por futuros desarrollos inmobiliarios en la zona que requieran el movimiento de grandes volúmenes de suelo. Este radio mínimo es de 6,00 metros según la tabla 1.1 del apunte de Intersecciones. En base a esto, se adoptó una isleta de forma circular de 10m de radio contorneada con cordón no montable y cubierta vegetal, de manera de ser claramente visible por los conductores. Con este diseño no se pretende favorecer la circulación de vehículos pesados, pero se da la posibilidad de que en caso de que un infractor logre llegar a la intersección, este pueda retornar o atravesarla a baja velocidad.

En cuanto al emplazamiento se pretendió centrar la geometría en una zona comprendida entre las proyecciones de los ejes de las calles que convergen sobre el eje de la Av. Arturo Illia. El ajuste final de la posición se realizó verificando las dimensiones resultantes de las veredas, debido a la limitación de espacio existente en la zona de intervención. Puede consultarse esta posición en el **ANEXOS – PLANOS – PLANO P.06: INTERSECCION ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA ACTUAL Y PLANO P.07: INTERSECCIÓN ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA PROPUESTA.**

#### 5.2.2.3. Calzada Anular o Anillo

Se adoptó un ancho de calzada de 8 metros con el objetivo de permitir la formación de dos filas de vehículos y tener espacio suficiente para que el vehículo pesado adoptado en el apartado anterior pueda realizar un giro de 180 grados. Este criterio se adoptó para ambos escenarios planteados ya que se pretende lograr un diseño que se mantenga funcional independientemente del escenario que vaya a desarrollarse en la realidad. La guía de diseño francesa para rotondas recomienda un ancho de anillo de 8 a 10 metros para dos carriles.

A partir de este punto se deja en claro que el emplazamiento de la isleta central junto con el anillo supone la realización de obras de alcantarillado y reubicación del mobiliario urbano que no es objeto de estudio de este presente proyecto. Esto representa también una importante reducción de las veredas sobre la margen Norte de la Av. Illia por lo que tendrá que evaluarse el impacto producido en vecinos, en la circulación peatonal y la estética del entorno.

---

#### 5.2.2.4. Ramales de entrada y salida a rotondas

- **Disposición de los ramales:**

Toda bibliografía referente al diseño de rotondas coincide en que la mejor disposición de los brazos es una localización equidistante, ya que una secuencia repetida y rítmica de entradas y salidas, favorece la comprensión de la rotonda y facilita una conducción sin inconvenientes. Es por ello que debido al esvía que presenta el acceso al barrio VIDA respecto a la trayectoria de la arteria principal, se propone en todos los escenarios realizar un quiebre en su trayectoria de manera de lograr una incorporación perpendicular a la rotonda, brindando de esta manera mayores condiciones de seguridad a los conductores. Ver en **ANEXOS – PLANOS – PLANO P.06: INTERSECCION ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA ACTUAL Y PLANO P.07: INTERSECCIÓN ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA PROPUESTA.**

- **Tratamiento del ramal de entrada:**

La geometría de las entradas constituye la característica más importante de una rotonda para conseguir condiciones de seguridad y capacidad, ya que esta pretende conseguir una reducción adecuada de la velocidad de aproximación y permitir a los conductores una correcta percepción de la intersección. El objetivo de los ramales de entrada es orientar a los usuarios hacia la calzada anular en un ángulo que garantice la mayor fluidez y seguridad en la maniobra de entrada. Es por ello que este parámetro es uno de los de mayor importancia para el diseño.

Se entiende por ángulo de entrada al formado por el eje de la entrada en el ceda el paso y la tangente al eje de la calzada circular en el punto en que esta es interceptada por la anterior.

Este ángulo no puede ser muy grande porque provocaría maniobras incómodas para acceder al anillo y podrían producirse accidentes graves.

Tampoco debe ser demasiado pequeño porque supondría una incorporación próxima a la tangencial, que favorece las altas velocidades de aproximación y dificulta al mismo tiempo la visibilidad hacia la izquierda, obligando al conductor a girar demasiado su cabeza.

En consecuencia, las guías de diseño recomiendan ángulos entre 20 y 60 grados, considerando 30° como el mejor. Siguiendo estas premisas resultaron diseños para los dos escenarios con ángulos de entrada comprendidos entre 28 y 35 grados, cumpliendo así con las recomendaciones establecidas.

Respecto a las curvas de entrada, estas tienen como objetivo conseguir el ángulo requerido y fomentar la reducción de la velocidad, por lo que no se aconsejan valores grandes. Diferentes guías de diseño acotan el valor del radio entre 10 y 100m recomendando 20m. Los diseños propuestos para los dos escenarios analizados arrojan valores entre 18 y 50m, lo que resulta satisfactorio. Este tratamiento debe acompañarse con una ampliación de los carriles de ingreso de manera de generar un abocinamiento que proporcione mejores condiciones de confort y seguridad en el conductor.

Esta ampliación no debe ser mayor a un 80% del ancho del anillo central, condición que es verificada en los diseños presentados.

Finalmente, fundados en los modos de conducir que históricamente presentaron los conductores en el país, se recomienda la implementación de sendas peatonales elevadas para asegurar aún más la reducción de la velocidad de aproximación si no se atendiesen las señales indicativas.

Ver en **ANEXOS – PLANOS – PLANO P.06: INTERSECCION ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA ACTUAL Y PLANO P.07: INTERSECCIÓN ROTATORIA – DISEÑO GEOMÉTRICO – GEOMETRÍA PROPUESTA.**

- **Isletas separadoras:**

La existencia de las isletas separadoras es muy importante porque canalizan la entrada, advierten al conductor de la proximidad de una intersección, sirven de soporte de la señalización vertical y facilitan un refugio para el cruce de peatones.

Para que una isleta pueda cumplir con estas funciones se debe tratar de respetar algunas condiciones geométricas mínimas. El cumplimiento de las mismas no es estricto pero su consideración deviene en diseños más seguros y logran una mayor capacidad.

En cuanto a sus dimensiones, según publicaciones francesas, es conveniente proyectar isletas para rotondas de no menos de 10 metros de largo y 12 metros de ancho, para que los conductores puedan advertir claramente la presencia de la intersección. Como el espacio físico disponible constituye la limitante de mayor peso, a pesar de un proceso iterativo de diseño no se pudieron lograr los valores mínimos recomendados. Un incremento en sus dimensiones se vio imposibilitado ya que implicaría dar un mayor radio de curvatura a las ramas de entrada, resultando ángulos de ingreso muy por debajo de los valores mínimos recomendados. Ante esta situación, se decidió dar prioridad a este parámetro ya que su relación con el nivel de seguridad y capacidad logrado es directa. No obstante, todas las isletas de partición de tránsito poseen dimensiones superiores a las recomendadas para el diseño de isletas en general (superficie recomendada: no menor a 7m<sup>2</sup>, nunca menos de 5m<sup>2</sup>. Si es triangular, sus lados no deben ser menores a 2,5m preferiblemente no menos de 4m) y por lo tanto serán visibles para los conductores sin suponer o representar un obstáculo para ellos. De todas maneras, las mismas deberán acompañarse con correcta señalización horizontal y vertical para reforzar su visibilidad.

Todas las isletas estarán contorneadas con cordón tipo A no montable sin transición en las narices, puesto que se considera innecesario debido a que la velocidad máxima reglamentaria de la arteria más importante, y en base a la cual se efectuó el diseño, es reducida (40Km/h). Todas aquellas isletas aisladas serán pavimentadas y aquellas que constituyan canteros tendrán cubierta vegetal y estarán pavimentadas en correspondencia con las sendas peatonales, donde a su vez presentaran rampas rematadas con cordones montables para el acceso de personas con movilidad reducida.

Las narices se proyectan de 0,50m de diámetro con retiro lateral de 0,50m sobre carriles que produzcan divergencia de tránsito, siguiendo los lineamientos del ATLAS de diseño de Vialidad Nacional.

- **Geometría del ramal de salida:**

A la inversa del criterio seguido para diseñar las entradas, la geometría de las salidas tiene como objetivo fundamental facilitar a los vehículos el abandono de la calzada circular. Es por ello que se recomienda utilizar radios amplios que faciliten la fluidez del tráfico. Según guías francesas e inglesas los radios deben ser mayores de 40m y bajo ningún punto de vista, inferior a los 20m. Los radios proyectados se encuentran en un rango comprendido entre 20 y 80 metros. Los menores se obtuvieron sobre las arterias secundarias y resultan valores inferiores a los recomendados. Aún así, se consideran aceptables ya que los movimientos hacia estas calles representan un porcentaje menor en relación a la totalidad de movimientos existentes.

También, en la línea de facilitar el abandono de la calzada circular, los carriles de las salidas deberían diseñarse más anchos que los de las entradas. Son habituales anchos de 5 metros para un carril de salida y 8 a 9 metros para dos carriles. El logro de estas dimensiones no es demasiado estricto, debiendo prestar mayor atención a lograr un abocinamiento en sentido inverso al de las ramas de entrada, criterio que se verifica en los dos diseños planteados.

#### 5.2.2.5. Conclusión sobre análisis geométrico

Habiendo culminado este análisis y presentado las propuestas de diseño, aun contando con una gran limitación en cuanto al espacio disponible, se verifica, desde el punto de vista geométrico, la factibilidad de la implementación de una rotonda garantizando niveles adecuados de seguridad, capacidad y confort.

A partir de esta conclusión se puede proceder a realizar el análisis operacional de ambos escenarios con el tránsito proyectado al final del período de diseño.

### 5.2.3. Análisis Operacional – Nivel de Servicio en Rotondas

De la misma forma que para la intersección con semáforo, se utilizó la metodología desarrollada por el HCM 2016, que incluye un análisis completo de capacidad y nivel de servicio. El criterio de nivel de servicio que establece el HCM se basa en la demora promedio sufrida por vehículo para ingresar en la rotonda tal como se muestra en la Tabla N° 25:

Demora para entrar (s/veh)	Nivel de servicio en función de la relación V/c	
	V/c ≤ 1,0	V/c > 1,0
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tabla N° 25. Nivel de Servicio para rotondas

El objetivo de este análisis consiste en determinar el nivel de servicio tanto para cada carril de entrada, como así también para la totalidad de la rotonda. Teniendo como objetivo lograr un diseño de forma tal de obtener como mínimo un **Nivel de Servicio C**.

#### 5.2.3.1. Datos de Entrada

- c. Número y configuración de los carriles de cada entrada

Estos se muestran en el punto 5.2.2.1 correspondiendo a las Tablas N° 23 y 24.

- d. Volumen de la demanda de cada movimiento de cada entrada y porcentaje de vehículos pesados

Los volúmenes para cada movimiento resultan los mismos para ambos escenarios y se analizaron para períodos de 15 minutos y de 1 hora, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Escenario 1 / Escenario 2					
Ruta	Movimiento	Q <sub>15</sub>	Total [Veh/Hora]	% de vehículos pesados	
Illia O-E (Sección N°1)		3	4	5	0,00%
		1	158	525	1,46%
		2	10	30	0,00%
Illia E-O (Sección N°2)		6	4	6	0,00%
		4	157	484	2,11%
		5	4	13	0,00%
Golondrinas N-S (Sección N°3)		7	6	17	0,00%
		8	0	0	0,00%
		9	5	14	7,14%
VIDA S-N (Sección N°4)		10	27	84	0,00%
		11	0	0	0,00%
		12	12	38	0,00%

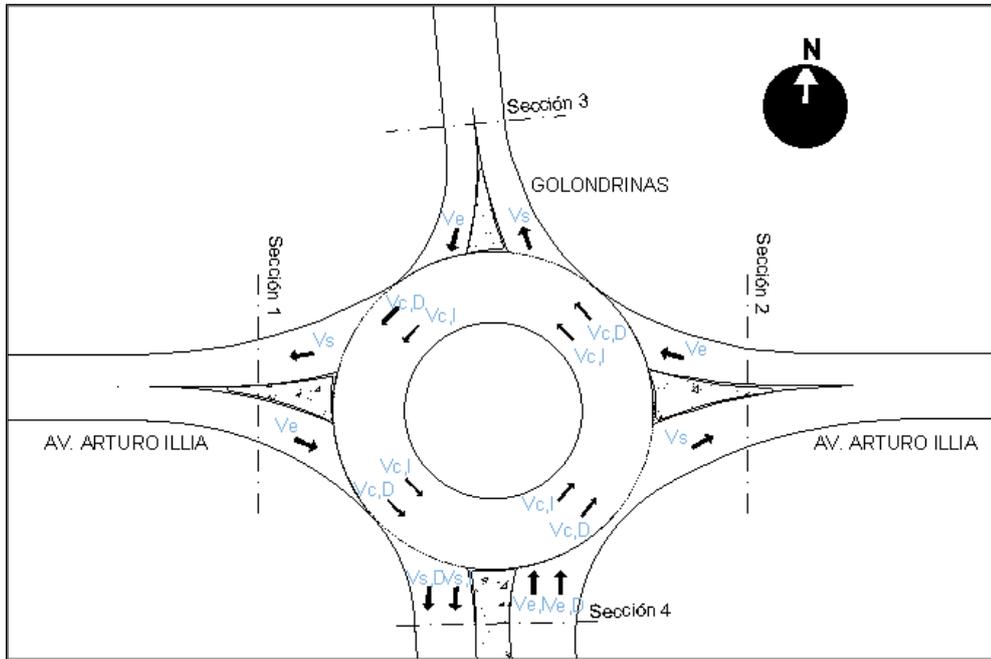
Tabla N° 26. Volúmenes y porcentaje de vehículos pesados para cada movimiento.

5.2.3.2. Metodología

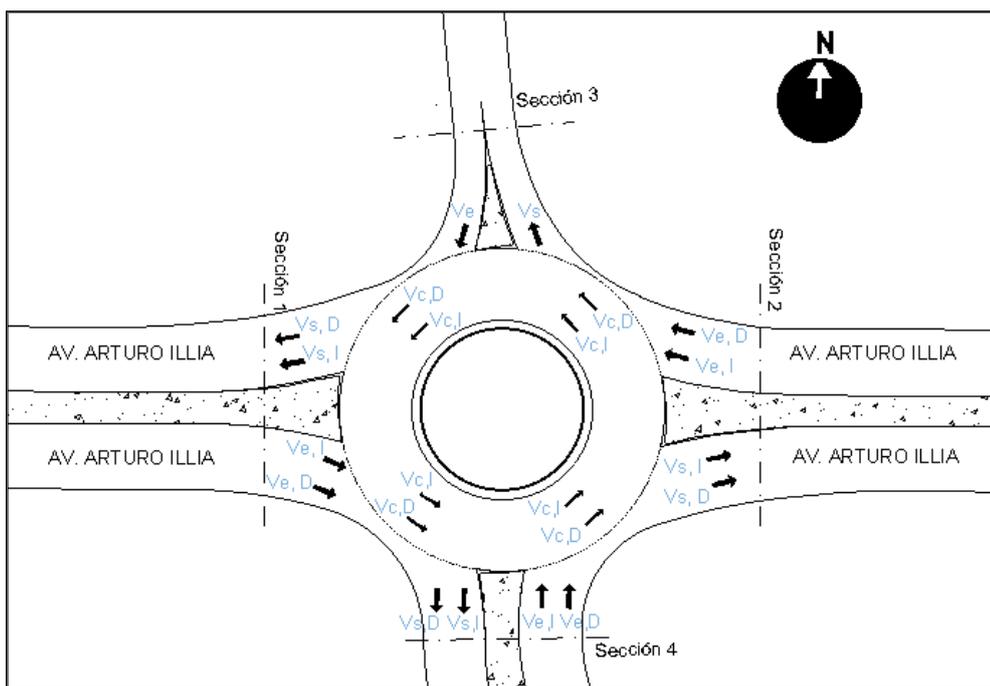
La metodología americana utiliza 3 parámetros principales para determinar la capacidad de las rotondas:

- $V_e$  = Volumen entrante
- $V_c$  = Volumen conflictivo
- $V_s$  = Volumen saliente

Los mismos se muestran a continuación en el siguiente esquema para cada escenario:



Esquema Nº 7. Croquis Escenario 1.



Esquema Nº 8. Croquis Escenario 2.

Cabe mencionar que teniendo en cuenta que la presencia de rotondas en la infraestructura vial norteamericana es relativamente reciente, y la base de datos que da origen a las fórmulas a utilizar es de dicho país, la metodología puede determinar valores de capacidad menores que los que se alcanzan en países donde desde hace muchos años es habitual el uso de rotondas.

e. Volúmenes equivalentes

El primer paso para el cálculo consiste en realizar una serie de ajustes a los volúmenes para cada movimiento. Estos ajustes comprenden el factor de hora pico (FHP), que refleja los peores 15 minutos dentro de la hora estudiada y un factor de ajuste por vehículos pesados, que considera un equivalente de 2 autos por cada vehículo pesado.

A partir de los ajustes mencionados, cuyas fórmulas ya fueron expuestas en capítulos anteriores, se resumen en la siguiente tabla los valores obtenidos, los cuales resultan los mismos para ambos escenarios.



El flujo circulante para esta entrada se obtendría a partir del siguiente cálculo:

$$V_{c,HE,aute} = V_{HNU,aute} + V_{HOI,aute} + V_{HOU,aute} + V_{HSP,aute} + V_{HSu,aute} + V_{Hsi,aute}$$

De esta forma, se procedió a calcular dicho parámetro para cada entrada, obteniendo los siguientes valores:

Ruta	Movimiento	Flujo Circulante [Veh/hora]	
Illia O-E (Sección N°1)	 3	Vc, HE, auto	28
	 1		
	 2		
Illia E-O (Sección N°2)	 6	Vc, HO, auto	92
	 4		
	 5		
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	Vc, HS, auto	599
	 8		
	 9		
VIDA S-N (Sección N°4)	 10	Vc, HN, auto	561
	 11		
	 12		

Tabla N° 28. Flujo circulante para cada entrada - Escenario 1 / Escenario 2.

g. Capacidad

Como ya se mencionó, el HCM utiliza fórmulas para estimar los valores de capacidad de los carriles de entrada de las rotondas, por lo que según la configuración de rotonda que se tenga en el diseño, esta será diferente.

De esta forma y dado que existen 2 escenarios con distintas condiciones geométricas, se deben utilizar diferentes fórmulas para los cálculos de capacidad. Las mismas se detallan a continuación según la sección que se esté analizando:

Escenario 1			
Sección	Carriles de entrada	Carriles conflictivos	Fórmula
Illia O-E (Sección N°1)	1	2	$C_{e,aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c,aute}}$
Illia E-O (Sección N°2)	1	2	$C_{e,aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c,aute}}$
Golondrinas N-S (Sección N°3)	1	2	$C_{e,aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c,aute}}$
VIDA S-N (Sección N°4)	2	2	Carril Derecho $C_{e;D,aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c,aute}}$
			Carril Izquierdo $C_{e;I,aute} = 1.350 \times e^{(-0,92 \times 10^{-3}) \times V_{c,auto}}$

Tabla N° 29. Fórmulas de capacidad para cada sección y condición geométrica actual.

Escenario 2				
Sección	Carriles de entrada	Carriles conflictivos	Fórmula	
Illia O-E (Sección N°1)	1	2	Carril Derecho	$C_{e,D;aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$
			Carril Izquierdo	$C_{e,I;aute} = 1.350 \times e^{(-0,92 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$
Illia E-O (Sección N°2)	1	2	Carril Derecho	$C_{e,D;aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$
			Carril Izquierdo	$C_{e,I;aute} = 1.350 \times e^{(-0,92 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$
Golondrinas N-S (Sección N°3)	1	2	$C_{e;aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$	
VIDA S-N (Sección N°4)	2	2	Carril Derecho	$C_{e,D;aute} = 1.420 \times e^{(-0,85 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$
			Carril Izquierdo	$C_{e,I;aute} = 1.350 \times e^{(-0,92 \times 10^{-3}) \times V_{c;aute}}$

Tabla N° 30. Fórmulas de capacidad para cada sección y condición geométrica propuesta.

Donde:

$C_{e;aute}$  = capacidad del carril de entrada, ajustada por vehículos pesados (aut/h)

$C_{e,D;aute}$  = capacidad del carril derecho, ajustada por vehículos pesados (aut/h)

$C_{e,I;aute}$  = capacidad del carril izquierdo, ajustada por vehículos pesados (aut/h)

$V_{c;aute}$  = Volumen conflictivo (aut/h)

A partir de las fórmulas expuestas, se calcularon las capacidades. Las cuales se resumen en las siguientes tablas:

Escenario 1					
Ruta	Movimiento	Total [Veh/Hora]	Ce [Autos/Hora]		
Illia O-E (Sección N°1)		3	560	1386	
		1			
		2			
Illia E-O (Sección N°2)		6	504	1313	
		4			
		5			
Golondrinas N-S (Sección N°3)		7	31	853	
		8			
		9			
VIDA S-N (Sección N°4)		10	122	Carril Izquierdo	806
		11		Carril Derecho	795
		12			

Tabla N° 31. Capacidad de la entrada para la geometría actual.

Escenario 2					
Ruta	Movimiento	Flujo Circulante [Veh/hora]		Flujo Saliente [Veh/Hora]	
Illia O-E (Sección N°1)		Vc, HE, auto	28	Vs, HO, auto	603
					
					
Illia E-O (Sección N°2)		Vc, HO, auto	92	Vs, HE, auto	594
					
					
Golondrinas N-S (Sección N°3)		Vc, HS, auto	599	Vs, HN, auto	12
					
					
VIDA S-N (Sección N°4)		Vc, HN, auto	561	Vs, HS, auto	44
					
					

Tabla N° 32. Capacidad de la entrada para la geometría propuesta.

Para un carril dado, X se calcula como el cociente entre el flujo del carril y la capacidad del mismo en vehículos/hora. Es decir:

$$X_i = \frac{V_{ei}}{C_i}$$

Donde:

$x_i$  = relación volumen capacidad del carril i

$V_{ei}$  = demanda equivalente para el movimiento i (veh/h)

$c_i$  = capacidad del carril i (veh/h)

Para ello, en primer lugar, el volumen y la capacidad de cada movimiento se vuelven a vehículos por hora de la siguiente manera:

$$V_i = V_{i,aut} \times f_{vp,c}$$

$$C_i = C_{i,aut} \times f_{vp,c}$$

Donde:

$V_i$  = flujo para el carril i (veh/h)

$V_{i,aut}$  = automóviles equivalentes para el carril i (aut/h)

$f_{vp,c}$  = factor de ajuste por vehículos pesados para el carril.

Como podemos ver dicha relación, descarta el factor de ajuste por vehículos pesados. A partir de ello se adjunta las siguientes tablas:

Escenario 1						
Ruta	Movimiento	$f_{vp,c}$	$V_i$ (veh/h)	$c_i$ (veh/h)		$X_i$
Illia O-E (Sección N°1)	 3	0,84	688	1161		0,59
	 1					
	 2					
Illia E-O (Sección N°2)	 6	0,72	662	946		0,70
	 4					
	 5					
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	0,97	46	828		0,06
	 8					
	 9					
VIDA S-N (Sección N°4)	 10	1,00	156	Carril Izquierdo	806	0,19
	 11			Carril Derecho	795	0,06
	 12					

Tabla N° 33. Relación volumen/capacidad en vehículos para la geometría actual.

Ruta	Movimiento	$f_{vp, c}$	$V_i$ (veh/h)	$c_i$ (veh/h)	
Illia O-E (Sección N°1)	 3	0,84	688	Carril Izquierdo	1102
	 1			Carril Derecho	1161
	 2				
Illia E-O (Sección N°2)	 6	0,72	662	Carril Izquierdo	894
	 4			Carril Derecho	946
	 5				
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	0,97	46	828	
	 8				
	 9				
VIDA S-N (Sección N°4)	 10	1,00	39	Carril Izquierdo	806
	 11			Carril Derecho	882
	 12				

Tabla N° 34. Relación volumen/capacidad en vehículos para la geometría propuesta.

h. Cálculo de la demora y estimación del Nivel de Servicio para cada Sección

La demora fue calculada con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{3600}{C_i} + 900T \left[ X - 1X - 1 \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{(\frac{3600}{C_i})}{450T}} \right] + 5x \min(X; 1)$$

Donde:

d: demora promedio (s/veh)

$C_i$ : capacidad del carril (veh/h)

T: período del análisis (h). T = 0,25 para un análisis de 15 minutos

$\min(x, 1)$  = el menor entre x y 1

A partir de esta fórmula, fueron estimadas las demoras para cada entrada que se traducen en nivel de servicio según Tabla N°25.

Cabe destacar que en los casos de entradas con 2 carriles la demora se calculó teniendo en cuenta, en primer lugar, que para Avenida Arturo Illia el 60% del volumen estimado circulará por el carril izquierdo, pues es de suponer que por el mismo se podrá desarrollar una velocidad superior al derecho. En contraparte, para los carriles de entrada de VIDA, la composición será del 69% para el carril derecho y del 31% para el carril izquierdo, conforme a la estimación de distribución de movimiento hecha para el ingreso del barrio en el punto.

A partir de todo esto, se resumen los niveles de servicio para cada entrada de los dos escenarios posibles en las siguientes tablas:

Escenario 1			
Ruta	Movimiento	$d_{\text{entrada}}$ (s/veh)	NS
Illia O-E (Sección N°1)	 3	10,46	B
	 1		
	 2		
Illia E-O (Sección N°2)	 6	15,62	C
	 4		
	 5		
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	4,88	A
	 8		
	 9		
VIDA S-N (Sección N°4)	 10	6,07	A
	 11		
	 12		

Tabla N° 35. Nivel de servicio para cada entrada para las condiciones geométricas actuales

Escenario 2			
Ruta	Movimiento	$d_{\text{entrada}}$ (s/veh)	NS
Illia O-E (Sección N°1)	 3	11,15	B
	 1		
	 2		
Illia E-O (Sección N°2)	 6	16,68	C
	 4		
	 5		
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	4,88	A
	 8		
	 9		
VIDA S-N (Sección N°4)	 10	6,29	A
	 11		
	 12		

Tabla N° 36. Nivel de servicio para cada entrada para las condiciones geométricas propuestas.

En forma complementaria también se estimó el nivel de servicio total de la rotonda en su conjunto con la demora promedio obteniendo los siguientes resultados:

Escenario 1			
Ruta	Movimiento	$d_R$ (s/veh)	NS
Illia O-E (Sección N°1)	 3	12,06	B
	 1		
	 2		
Illia E-O (Sección N°2)	 6		
	 4		
	 5		
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7		
	 8		
	 9		
VIDA S-N (Sección N°4)	 10		
	 11		
	 12		

Tabla N° 37. Nivel de servicio total de la rotonda para la situación geométrica actual

Escenario 2			
Ruta	Movimiento	$d_R$ (s/veh)	NS
Illia O-E (Sección N°1)	 3	13,37	B
	 1		
	 2		
Illia E-O (Sección N°2)	 6		
	 4		
	 5		
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7		
	 8		
	 9		
VIDA S-N (Sección N°4)	 10		
	 11		
	 12		

Tabla N° 38. Nivel de servicio total de la rotonda para la situación geométrica propuesta.

Realizado este análisis puede verse que sin importar cuál sea el escenario geométrico, la rotonda tendría un **nivel de servicio B**, que se traduce en un buen funcionamiento de la misma como solución para la zona de conflicto existente.

Los cálculos pueden encontrarse en **ANEXOS – TABLAS Y CÁLCULOS – 2.14 INTERSECCIÓN ROTATORIA- GEOMETRÍA ACTUAL Y 2.15. INTERSECCIÓN ROTATORIA – GEOMETRÍA PROPUESTA.**

**CAPÍTULO VI. COMPARACIÓN DE RESULTADOS – ELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

A partir del estudio de ambas alternativas, se procede a evaluar cuál de ellas podría ser la más adecuada para resolver la zona de conflicto planteada por la intersección.

Como ya se mencionó anteriormente, el alcance se limita a analizar cuestiones geométricas y operativas.

El punto de partida principal a la hora de elegir una de las alternativas, consiste en la comparativa de los niveles de servicio para las diferentes opciones: semáforo y rotonda, dentro del cual la variable más sensible es el tiempo de demora promedio

Según los cálculos de niveles de servicio resultantes en el capítulo anterior, se adjunta a continuación las tablas comparativas para cada uno de los escenarios estudiados.

ESCENARIO 1									
MOVIMIENTOS	TIEMPO DE DEMORA (seg.)				NIVEL DE SERVICIO				
	SEMÁFORO		ROTONDA		SEMÁFORO		ROTONDA		
 3	FASE 4	24	SECCIÓN 1	10	FASE 4	C	SECCIÓN 1	B	
 1	FASE 1	104			FASE 1	F			
 2					FASE 1	F			
 6	FASE 1	104	SECCIÓN 2	16	FASE 1	F	SECCIÓN 2	C	
 4					FASE 4	C			
 5									
 7	FASE 2	34	SECCIÓN 3	5	FASE 2	C	SECCIÓN 3	A	
 8									
 9									
 10	FASE 3	25	SECCIÓN 4	6	FASE 3	C	SECCIÓN 4	A	
 11									
 12									

Tabla Nº 39 – Resumen de niveles de servicio para las condiciones geométricas actuales.

ESCENARIO 2									
MOVIMIENTOS	TIEMPO DE DEMORA (seg.)				NIVEL DE SERVICIO				
	SEMÁFORO		ROTONDA		SEMÁFORO		ROTONDA		
 3	FASE 4	24	SECCIÓN 1	11	FASE 4	C	SECCIÓN 1	B	
 1	FASE 1	29			FASE 1	C			
 2					FASE 1	C			
 6	FASE 1	29	SECCIÓN 2	17	FASE 1	C	SECCIÓN 2	C	
 4					FASE 4	C			
 5									
 7	FASE 2	27	SECCIÓN 3	5	FASE 2	C	SECCIÓN 3	A	
 8									
 9									
 10	FASE 3	25	SECCIÓN 4	6	FASE 3	C	SECCIÓN 4	A	
 11									
 12									

Tabla Nº 40 - Resumen de niveles de servicio para las condiciones geométricas propuestas.

De las tablas anteriores, puede verse que para el escenario 1, que presenta las condiciones actuales de calzada, la alternativa semaforizada no resulta viable operacionalmente pues en algunas fases se podrían generar grandes demoras provocadas por las colas, las cuales se traducen en niveles de servicio indeseables (F). En contraparte, la alternativa con rotonda presenta mejores niveles de servicio, lo que equivale a menores tiempos de demora.

En cuanto al escenario 2, si bien las dos alternativas podrían ser factibles de implementarse, aquella solución que incluye al semáforo, presenta niveles de servicio inferiores a los de la rotonda.

A partir de éstos resultados sería más conveniente y convincente la elección de una rotonda como alternativa de solución para resolver la intersección de Av. Arturo Illia y calle Golondrinas.

Además de tener un mejor comportamiento operativo, se reiteran las siguientes ventajas que refuerzan la conveniencia de dicha elección:

- Opción homogénea y armónica con el entorno, teniendo en cuenta que su uso ya es utilizado en la misma arteria. La implementación de un semáforo perjudicaría el normal funcionamiento de las rotondas aledañas.
- Constituye una regulación física de la velocidad para la Av. Arturo Illia.
- Mantenimiento mínimo respecto a la solución semaforizada.
- Recomendada para nulos o bajos volúmenes de circulación peatonal.

Por todo lo expuesto se enfatiza que la alternativa que incluye a la rotonda, sea cual fuere el escenario que se termine presentando, resultaría la solución más conveniente. Aunque las rotondas estén especialmente indicadas donde los giros, sobre todo a la izquierda, suponen un porcentaje importante de todos los movimientos, situación que no se verifica en la intersección, se considera igualmente que su utilización brindará adecuadas condiciones de seguridad a los movimientos desarrollados.

## **CAPÍTULO VII. MICROSIMULACIÓN**

### **7.1. Elección del Software**

Se decide hacer uso de un software líder a nivel mundial en simulación microscópica del tráfico. Se trata de PTV Vissim en su versión de estudiante N°11.

Las amplias posibilidades de análisis mediante el uso de éste software, lo transforman en un recurso ideal para representar las distintas alternativas de infraestructura anteriormente desarrolladas de forma comprensible y convincente.

### **7.2. Simulaciones realizadas**

En base a las diferentes situaciones desarrolladas a lo largo del proyecto, se procede a presentar y enumerar las simulaciones que se generaron en la tabla que se muestra a continuación:

<b>Simulación</b>	<b>Escenario</b>	<b>Tránsito</b>	<b>Intersección</b>
<b>1</b>	1	Actual	Sin Intervenir
<b>2</b>	1	Futuro	Sin Intervenir
<b>3</b>	2	Futuro	Sin Intervenir
<b>4</b>	1	Futuro	Semaforizada
<b>5</b>	2	Futuro	Semaforizada
<b>6</b>	1	Futuro	Rotatoria
<b>7</b>	2	Futuro	Rotatoria

*Tabla N° 41. Enumeración de simulaciones ejecutadas.*

El objetivo que se persigue en éste capítulo es verificar y reforzar la elección de la intersección rotatoria a través de PTV Vissim 11. Se logra una perspectiva visual que esclarece las deducciones obtenidas mediante el desarrollo analítico.

#### **7.2.1. Datos de entrada**

<b>Escenario 1</b>			
<b>Calle</b>	<b>Número de carriles por sentido</b>	<b>Ancho [m]</b>	<b>Pendiente</b>
<b>Av. Arturo Illia</b>	1	3,65	<i>Terreno llano</i>
<b>Calle Golondrinas</b>	1	2,35	
<b>Ingreso ppal. VIDA</b>	2	3,40	

*Tabla N° 42. Características geométricas del Escenario 1.*

<b>Escenario 2</b>			
<b>Calle</b>	<b>Nº de carriles por sentido</b>	<b>Ancho [m]</b>	<b>Pendiente</b>
<b>Av. Arturo Illia</b>	2	3,65	<i>Terreno llano</i>
<b>Calle Golondrinas</b>	1	3,50	
<b>Ingreso ppal. VIDA</b>	2	3,40	

*Tabla N° 43. Características geométricas del Escenario 2.*

TRÁNSITO ACTUAL - VHMD: 7:30 a 8:30											
RUTA	Movimiento	Vehículos livianos		Vehículos pesados		Motos		Total Movimiento		Total Sección	Total Intersección
		[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%
Illia O-E (Sección N°1)	 2	3	1%	0	0%	1	0%	4	1%	415	0,5%
	 1	394	95%	6	1%	11	3%	411	99%		49,9%
Illia E-O (Sección N°2)	 4	2	1%	0	0%	3	1%	5	1%	384	0,6%
	 3	279	73%	8	2%	92	24%	379	99%		46,1%
Golondrinas N-S	 5	13	54%	0	0%	0	0%	13	54%	24	1,6%
	 6	10	42%	1	4%	0	0%	11	46%		1,3%
								823		823	100,00%

Tabla N° 44. Composición del tránsito actual para el VHMD.

Tránsito FUTURO - VHMD: 7:30 a 8:30											
RUTA	Movimiento	Vehículos livianos		Vehículos pesados		Motos		Total Movimiento		Total Sección	Total intersección
		[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%	[Veh/Hora]	%
Illia O-E (Sección N°1)	 3	4	1%	0	0%	1	0%	5	1%	560	0,4%
	 1	503	90%	8	1%	14	3%	525	94%		43,1%
	 2	30	5%	0	0%	0	0%	30	5%		2,4%
Illia E-O (Sección N°2)	 6	3	1%	0	0%	4	1%	6	1%	504	0,5%
	 4	356	71%	10	2%	118	23%	484	96%		39,8%
	 5	13	3%	0	0%	0	0%	13	3%		1,1%
Golondrinas N-S (Sección N°3)	 7	17	54%	0	0%	0	0%	17	54%	31	1,4%
	 8	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%		0,0%
	 9	13	42%	1	4%	0	0%	14	46%		1,2%
Vida S-N (Sección N°4)	 10	84	69%	0	0%	0	0%	84	69%	122	6,9%
	 11	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%		0,0%
	 12	38	31%	0	0%	0	0%	38	31%		3,1%
								1217		1217	100,00%

Tabla N° 45. Composición del tránsito futuro para el VHMD.

A continuación se presentan imágenes de las sucesivas simulaciones, dentro de cada una de ellas se realizan breves injerencias a partir de la inspección visual

### 7.2.2. Simulación 1

Se pone de manifiesto el bajo Nivel de Servicio de la Av. Arturo Illia.



Imagen Nº 5. Intersección Av. Arturo Illia y calle Golondrinas. Fuente: Propia.



Imagen Nº 6. Modelación de la situación actual de la intersección.



7.2.4. Simulación 3

Si sólo se decide ampliar la Av. Arturo Illia sin intervenir la intersección, no resuelve el problema anteriormente citado. Es decir, los movimientos no transcurren de forma segura. Por lo que se considera ineludible estudiar posibles alternativas para resolver la intersección.

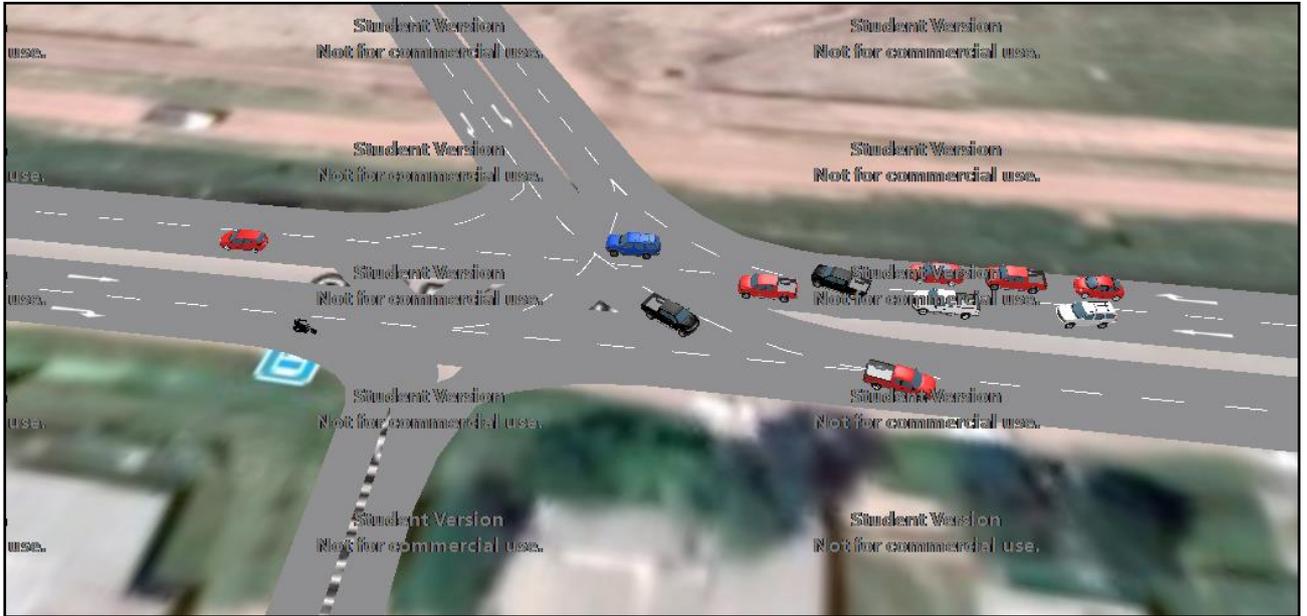


Imagen Nº 8. Movimientos muy friccionados en la Simulación 3.

7.2.5. Simulación 4

En caso de decidir emplear semáforo para el escenario 1, se pone de manifiesto la formación de colas de gran longitud en Av. Illia. Por lo que no resulta una alternativa seductora.



Imagen Nº 9. Formación de largas colas en la Simulación 4.

7.2.6. Simulación 5

Si bien el uso de semáforo en el escenario 2 mejora los inconvenientes encontrados respecto al escenario 1, se siguen observando colas de longitud considerable.

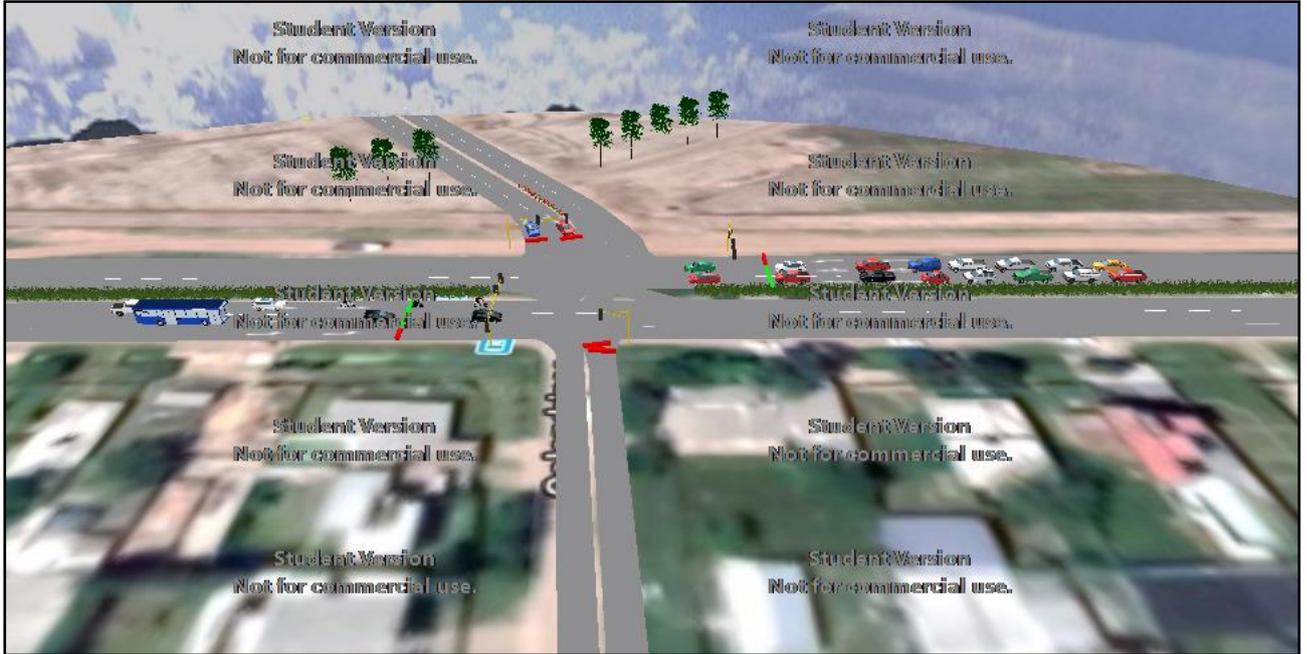


Imagen Nº 10. Longitudes de colas considerables en la Simulación 5.

7.2.7. Simulación 6

Se observa fluidez del tránsito por la rotonda, no así por la Av. Arturo Illia.



Imagen Nº 11. Tránsito fluido por la rotonda, no así por la Av. Arturo Illia.

7.2.8. Simulación 7

Tanto el tránsito que circula por la intersección, como así también el que lo hace por las distintas vías que concurren a la intersección lo hacen de manera fluida. Lo que reafirma las conjeturas realizadas sobre la necesidad de ampliar la Av. Arturo Illia y emplazar una rotonda en la intersección.



Imagen N° 12. Tránsito fluido tanto en rotonda, como en vías concurrentes a la intersección.

Se adjunta una (1) memoria externa con las simulaciones detalladas en la Tabla N°41 en formato de video “.mp4” en el **ANEXO – SIMULACIONES**. Vale la misma aclaración del Esquema N°10.

## **CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES - ELECCION FINAL SEGÚN ESCENARIO**

Llegando al desenlace de este proyecto es preciso realizar una retrospectiva del trabajo consumado y de las conclusiones alcanzadas.

El objetivo principal de este proyecto consistió en realizar un estudio de alternativas para la resolución de una intersección que brinde apropiadas condiciones de seguridad y confort a sus usuarios. Sin embargo, del análisis de aforos y posterior análisis operativo, se desprende que las condiciones de serviciabilidad actual de Avenida Arturo Illia se encuentran por debajo de las aceptables. Esta problemática, se agudizará con el crecimiento del tránsito, resultando preponderante en comparación con aquellos volúmenes introducidos por el asentamiento del nuevo barrio. A partir de esta instancia se presentó un nuevo frente de análisis que obligó a reformular los lineamientos propuestos para alcanzar el objetivo principal. Es así que se presenta la necesidad de evaluar diferentes escenarios que incluyan modificaciones en la calzada de manera de mejorar las condiciones operativas de la Avenida Arturo Illia, teniendo en cuenta que, sin importar como se resuelva el área de conflicto, la vía seguirá funcionando bajo malas condiciones operativas.

De aquí en adelante el análisis se bifurca según dos escenarios planteados, los cuales a la vez, presentan dos posibilidades de intervención: semáforo y rotonda. Fue así que luego de realizar un exhaustivo análisis geométrico y operativo de las alternativas, se concluyó la conveniencia de la intersección rotatoria frente a la semaforizada. Esta se diseñó de manera que su funcionalidad perdure en el tiempo independientemente de la situación geométrica futura.

De forma complementaria, se simuló el comportamiento de ambas soluciones según los diferentes escenarios y condiciones de borde, que ratificaron la elección de la alternativa previamente elegida mediante desarrollo analítico.

Si bien las modificaciones en la calzada de Av. Illia deberían realizarse de manera inminente, éstas suponen una inversión muy grande y un proyecto de gran magnitud que contemple el cálculo de estructuras de pavimento, estudios hídricos, evaluación económica e impacto ambiental, lo que da la pauta que no se desarrollarían en el corto plazo.

Es por todo lo expuesto que, teniendo en cuenta la necesidad urgente de resolver la intersección dado el estado de avance que presenta VIDA, se considera más probable la ocurrencia del escenario 1 en el corto plazo. Es decir, la intersección rotatoria con dos carriles conflictivos adaptada a la geometría actual. Atendiendo a esta necesidad urgente se propone la señalización horizontal y vertical para éste escenario, recomendando no obstante, complementar las conclusiones presentadas con otro tipo de análisis como los citados anteriormente.

## **CAPÍTULO IX. PRESENTACION DE LA SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL**

Para el diseño de la señalización vertical y horizontal, se siguieron los lineamientos de la Dirección Nacional de Vialidad, a través de los Manuales de Señalamiento Horizontal y Vertical y la Ley Nacional de Tránsito y Seguridad vial N° 24.449.

Los tipos de señales utilizadas pueden clasificarse en dos grandes grupos. Por un lado:

- Señalización horizontal
- Señalización vertical

Y por el otro:

- Señales prescriptivas.
- Señales de prevención.
- Señales de información.

La señalización vertical, se desarrolla a cada lado de la calzada, fuera del ancho de banquina. Es necesario que la ubicación de los mismos sea tal que permita al conductor alertar sobre un cambio geométrico de calzada, presencia de giros, obstáculos, etc. Por lo que se utilizarán las dimensiones y distancias reglamentarias.

En cuanto la señalización horizontal, sea longitudinal o transversal, se materializa sobre la calzada, con pintura especial (termoplásticas reflectivas). Tanto anchos como espesores y tipo de línea, se especifican en **ANEXOS – PLANOS – PLANO P.09: INTERSECCIÓN ROTATORIA – SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL.**

Se debe tener en cuenta que el correcto funcionamiento de la rotonda se producirá en la medida que el usuario comprenda y respete las normas de tránsito. Es sabido que, en Argentina, la regla de prioridad para la circulación anular no es suficientemente conocida y/o respetada por la gran mayoría de los conductores, por lo que se deberá poner un mayor énfasis en todas aquellas señales que recuerden este principio.

---

## **CAPÍTULO X. BIBLIOGRAFÍA**

- Ing. Jorge Felizia. (2016). “*Caminos de dos carriles*”. Maestría en Ingeniería Vial.
- Ing. Jorge Felizia, Ing. Leonardo Felizia. (2019). “*Multicarriles*”. Maestría en Ingeniería Vial.
- Ing. Jorge Felizia. (2016). “*Capacidad y nivel de servicio en multicarriles*”. Maestría en Ingeniería Vial.
- Ing. Jorge Felizia, Ing. Leonardo Felizia. (2018). “*Rotondas*”. Maestría en Ingeniería Vial.
- Ing. Jorge Felizia, Ing. Leonardo Felizia. (2018). “*Intersecciones semaforizadas*”. Maestría en Ingeniería Vial.
- Ing. Rodolfo E. Goñi. “*Consideraciones sobre el diseño de rotondas*”. Consulbaires Ingenieros Consultores S.A. Escuela de Graduados en Ingeniería de Caminos U.B.A.
- Cátedra de Transporte I. (2016). “*Tránsito*”. Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.
- Cátedra de Transporte I. (2016). “*Análisis operacional de caminos*”. Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.
- Cátedra de Transporte I. (2013). “*Sincronismos de semáforos*”. Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.
- Cátedra de Transporte II. (2017). “*Diseño Geométrico*”. Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.
- Cátedra de Transporte III. (2016). “*Intersecciones*”. Facultad Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.
- Vialidad Nacional. (2012). “*Manual de Señalamiento Horizontal*”.
- Vialidad Nacional. (2017). “*Manual de Señalamiento Vertical*”.
- Vialidad Nacional. (2010). “Atlas de diseño”
- Transportation Research Board of the National Academies of Science in the United States (2016). “*Highway Capacity Manual, Sixth Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis (HCM 2016)*”

**CAPÍTULO XI. ANEXO**