

## PROYECTO DE BY PASS A LA CIUDAD DE NUEVA PALMIRA

### SEGUNDO INFORME

#### Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....</b>	<b>1</b>
2.1	Primera etapa.....	1
2.2	Segunda etapa.....	2
<b>3</b>	<b>AVANCES EN DEFINICIÓN DE EXPROPIACIONES .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES DE LOS SERVICIOS EXISTENTES .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL PROYECTO VIAL.....</b>	<b>4</b>
5.1	Introducción.....	4
5.2	Trabajos realizados.....	5
5.3	Reconocimiento de la infraestructura del camino.....	10
5.4	El camino existente .....	17
5.5	Materiales para la superestructura .....	18
<b>6</b>	<b>ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS.....</b>	<b>19</b>
6.1	Cuencas .....	19
6.2	Tiempos de concentración.....	22
6.3	Caudales de diseño de alcantarillas .....	23
6.4	Cálculo de caudales de diseño en el puente sobre el Arroyo Sauce.....	24
<b>7</b>	<b>ESTUDIOS DE TRÁNSITO .....</b>	<b>25</b>
7.1	Introducción.....	25
7.2	Análisis de capacidad y nivel de servicio.....	29
<b>8</b>	<b>PRÓXIMAS TAREAS A DESARROLLAR.....</b>	<b>38</b>

#### ANEXOS

- Anexo 1: Aval de los técnicos participantes del informe
- Anexo 2: Listado de padrones afectados
- Anexo 3: Ubicación de los servicios existentes
- Anexo 4: Estudios de suelos para el proyecto vial
- Anexo 5: Estudios de tránsito



Montevideo - Mayo de 2009

### **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

AFE	Administración de Ferrocarriles del Estado
ANP	Administración Nacional de Puertos
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
DNC	Dirección Nacional de Catastro
DNV	Dirección Nacional de Vialidad
GdS	Grupo de Seguimiento del Proyecto
IMC	Intendencia Municipal de Colonia
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
PM	Plan Maestro para el Puerto de Nueva Palmira
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
SGM	Servicio Geográfico Militar
SPOT	Secretaría de Planeamiento y Ordenamiento Territorial
TdR	Términos de Referencia del Proyecto de By Pass de la ciudad de Nueva Palmira
TPDA	Tránsito promedio diario anual
SCS	Soil Conservation Service

## 1. INTRODUCCIÓN

Tal como fue detallado en el Primer Informe de Avance entregado, además de la DNV participaron activamente en la definición de alternativas en esta etapa la IMC y la ANP. Con posterioridad a la entrega de dicho informe, fue necesario dar también participación a la DINOT, ya que la misma está involucrada, mediante un convenio firmado con la IMC, en la definición de un POT para la ciudad de Nueva Palmira.

Dado que los técnicos de dicha Dirección no compartían algunas de las definiciones adoptadas, fue necesario abrir un período de intercambio de conceptos y opiniones con los mismos, a efectos de brindarles los elementos técnicos manejados por el Consultor. Esto implicó la realización de nuevas reuniones y la elaboración de informes aclaratorios.

Recién una vez que los técnicos de la DINOT aceptaron las alternativas sugeridas por el Consultor, la DNV aprobó formalmente las mismas.

Por otro lado una parte importante de los trabajos a incluir en este Segundo Informe de Avance, implicaban la realización de trabajos de campo que requerían en forma imprescindible tener la aprobación de la línea sugerida, pues los trabajos debían ser realizados a partir de la misma.

Todo lo anteriormente expuesto motivó que la presentación de este Informe de Avance se haya retrasado respecto a lo originalmente previsto. En este se incluye una reseña de los trabajos realizados desde la entrega del Primer Informe de Avance a la fecha, la cual incluye:

- Estudios topográficos
- Recopilación de antecedentes de los servicios existentes
- Estudios de suelos para el proyecto vial
- Estudios de yacimientos y depósitos
- Estudios hidrológicos e hidráulicos

## 2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Los estudios topográficos incluyeron el levantamiento de los datos de campo necesarios para la realización del Proyecto, especialmente lo relativo al diseño geométrico y drenajes, y la colocación de puntos de referencia para el replanteo de las obras y para las determinaciones de los nuevos límites de la faja de uso público.

Los estudios topográficos se efectuaron por posicionamiento absoluto (GPS), con utilización de instrumental topogeodésico de doble frecuencia, de precisión sub centimétrica, aplicando procedimiento diferencial.

La transferencia de los datos de campo para su procesamiento informático se hizo en forma directa, mediante rutinas propias de la firma, que aseguran evitar los errores de transcripción.

Las labores topográficas se realizaron de acuerdo con el Manual de instrucciones para estudios de campo de la DNV, con los correspondientes ajustes para aprovechar las nuevas tecnologías disponibles.

Los trabajos se desarrollaron en dos etapas que se describen a continuación.

### 2.1. Primera etapa

Los estudios preliminares, realizados sobre la base de la cartografía existente del SGM, IMC, DNC, fotos aéreas e imágenes satelitales, permitieron definir, primariamente, alternativas de trazados con condiciones topográficas diferentes, que requirieron para su ajuste información directa de campo.

Los trabajos efectuados en esta primera etapa consistieron en:

- Implantación de un sistema de mojones de apoyo y referencia para los relevamientos y replanteos que se requirieran posteriormente.

- Ejecución de relevamientos expeditivos de las zonas en las que se necesitaba mayor detalle para evaluar las alternativas y variantes consideradas. Esto incluyó, la definición de puntos especiales que, desde el punto de vista vial permitieran un mejor análisis de las distintas alternativas y desde el punto de vista hidráulico permitieran profundizar en la investigación del comportamiento hidráulico de los cursos de desagües menores, del Arroyo Sauce y de las crecidas del Río Uruguay.

#### 2.1.1. Relevamientos para proyecto vial

- Eje de la Ruta 12 desde el bajo antes de la estación de servicio en construcción al Oeste de los posibles cruces, hasta el bajo donde cruza la cañada (primer bajo hacia el este después de la Compañía Cerealera).
- Eje de la Ruta 21 desde el puente existente sobre el Arroyo Sauce hasta el segundo lomo (primer alto después del Cristo).
- Relevamiento fotográfico del cruce de la línea sobre el Arroyo Sauce.
- Perfil expeditivo de las alternativas en las zonas indicadas en croquis.
- En el recorrido de líneas, se identificaron las edificaciones que podrían ser afectadas.

#### 2.1.2. Relevamiento para proyecto hidráulico

- Cota del puente existente sobre Arroyo Sauce por la Ruta 21.
- Cota del primer bajo por la Ruta 21 al Norte del puente existente (bajo inundable).
- Cota de inundación indicada en foto.
- Alcantarilla existente en el cruce de la cañada sobre la Ruta 12 (Primer bajo al Este de la Compañía Cerealera).
- Alcantarilla existente en el cruce de la cañada con camino vecinal existente entre la Ruta 12 y el Arroyo Sauce.
- Alcantarilla existente en el cruce del Arroyo Higuieritas y la calle Colonia (calle de ingreso al puerto).
- Relevamiento de la alcantarilla de cinco bocas existente en el cruce del canal del Arroyo Higuieritas con la calle Perú.
- Sección tipo del canal de hormigón del Arroyo Higuieritas.
- Relevamiento fotográfico del cruce de la línea proyectada con la cañada existente entre la Ruta 12 y el Arroyo Sauce y de todos los cruces de cursos de agua identificados.

#### 2.1.3. Otros estudios realizados

Se realizaron estudios complementarios los cuales incluyeron:

- Estudios de las interferencias que afectaban a cada una de las trazas propuestas, con verificación de las condiciones actuales de ocupación y uso de los suelos.
- También se realizó un relevamiento fotográfico asociado, a fin de documentar algunos detalles de interés para el equipo proyectista.

### 2.2. Segunda etapa

Una vez definida la alternativa del trazado a proyectar, se realizó el relevamiento integral de una faja de afectación posible, y de zonas especiales que la ampliaban, a efectos de generar un modelo de terreno que abarcara una superficie que diera la holgura necesaria para el ajuste del Proyecto a nivel de detalle.

### 2.2.1. Relevamientos para proyecto vial

Se relevaron los siguientes elementos

- Eje de la traza en toda su longitud, con una faja de 100 metros de ancho para posibilitar los eventuales ajustes del trazado y disponer del modelo detallado de terreno que abarque el futuro ancho de empresa y la totalidad de la faja de uso público.
- Triángulo conformado por la calle Perú, vieja Ruta 12 y calle Baygorria.
- Interferencias generales (edificaciones, obras de infraestructura, servicios, desagües, mejoras especiales, etc.), con especial atención al acceso al puerto por la calle Colonia y los empalmes de Ruta 12 y Ruta 21.
- Elementos necesarios para la definición de las expropiaciones a realizar para la implantación de la obra.

### 2.2.2. Relevamiento para proyecto hidráulico

Se realizaron las siguientes tareas:

- Relevamiento complementario de la sección de los cauces y las obras de arte en cursos fuera de la faja, que determinan características particulares de las cuencas hidrográficas que se cruzan con el trazado.
- Relevamiento en zona portuaria, incluyendo el canal del Arroyo Higuieritas en la zona en que está revestido, sus cruces, sus escalones y alternativas para eventual desvío.

## 3. AVANCES EN DEFINICION DE EXPROPIACIONES

En el Primer Informe de Avance se incluyó un estudio preliminar de expropiaciones orientado a identificar, con los elementos disponibles en ese entonces, las afectaciones y mejoras que podrían ser requeridos para las obras, una vez analizadas las alternativas seleccionadas.

Habiéndose definido la alternativa sobre la cual se ejecutará el proyecto, en esta instancia se realizó la investigación catastral general de la faja, generándose la base parcelaria de la faja, con la identificación de los inmuebles afectados y los que eventualmente pudieran serlo por ajustes del trazado. Se adjunta en el Anexo 2 el listado de los padrones afectados por las restricciones de nuevos permisos.

Asimismo se sugirió a la IMC se tomaran las medidas que se entendieran pertinentes, a efectos de preservar la futura faja de uso público de la implantación de nuevas mejoras.

Actualmente están siendo investigados los antecedentes dominiales de los inmuebles afectados, a efectos de contar con la información requerida por las normas al momento de decidir el trazado definitivo, y consecuentemente poder proceder a elaborar los Planos de Expropiación correspondientes.

#### **4. RECOPIACION DE ANTECEDENTES DE LOS SERVICIOS EXISTENTES**

Se realizó una recopilación de los antecedentes de los servicios existentes en la zona afectada al proyecto identificándose los siguientes servicios:

- UTE
- ANTEL
- OSE
- GAS

En la lámina adjunta en el Anexo 3 se grafica la ubicación de los servicios identificados, destacándose los siguientes elementos:

- Red aérea de UTE de media (6kv, 30kv)
- Red aérea de UTE de baja (230v)
- Red subterránea de UTE de media (6kv)
- Red subterránea de cobre de ANTEL
- Red de fibra óptica de ANTEL
- Red de OSE de PVC de 60mm, 75mm y 200mm de diámetro.

De acuerdo a lo indicado por técnicos de Gasoducto Cruz del Sur, no existen en la zona de influencia del proyecto ramales del gasoducto.

#### **5. ESTUDIOS DE SUELOS PARA EL PROYECTO VIAL**

##### **5.1. Introducción**

En el presente capítulo se presenta el estudio de suelos efectuado para el proyecto vial.

Dado que a la fecha no está definida la ubicación exacta de las pilas del puente sobre el Arroyo del Sauce ni del intercambiador sobre la Ruta 12, no ha sido posible aún efectuar los correspondientes estudios de suelos para las fundaciones de las mismas. Dichos estudios se presentarán en el próximo informe.

##### **5.1.1. Objetivo**

Los estudios geotécnicos desarrollados fueron orientados de manera de lograr un conocimiento suficiente de los materiales presentes en el área de la obra a proyectar.

Para satisfacer ese objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Caracterización de las unidades geológicas en el entorno del trazado, de modo de establecer agrupamientos de materiales geotécnicamente similares.
- Caracterización de la infraestructura del By Pass mediante información de:
  - tramos en desmonte: características de la excavación, calidad de los materiales removidos, calidad de subrasantes
  - tramos en terraplén: capacidad de los terrenos como cimiento
  - presencia de agua
  - préstamos.
- Evaluación de los materiales en los alrededores de la zona del estudio a efecto de su utilización en la superestructura del camino: materiales granulares, triturables y arena.

### 5.1.2. Antecedentes

No se ha dispuesto de antecedentes específicos sobre el área considerada para la realización de este estudio.

Los antecedentes generales se refieren a trabajos geológicos, en particular el realizado por Serra (1943), "Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Dpto. de Colonia", publicado como Boletín N° 30 (Instituto Geológico del Uruguay).

## 5.2. Trabajos Realizados

### 5.2.1. Reconocimiento Geológico del Entorno del Trazado

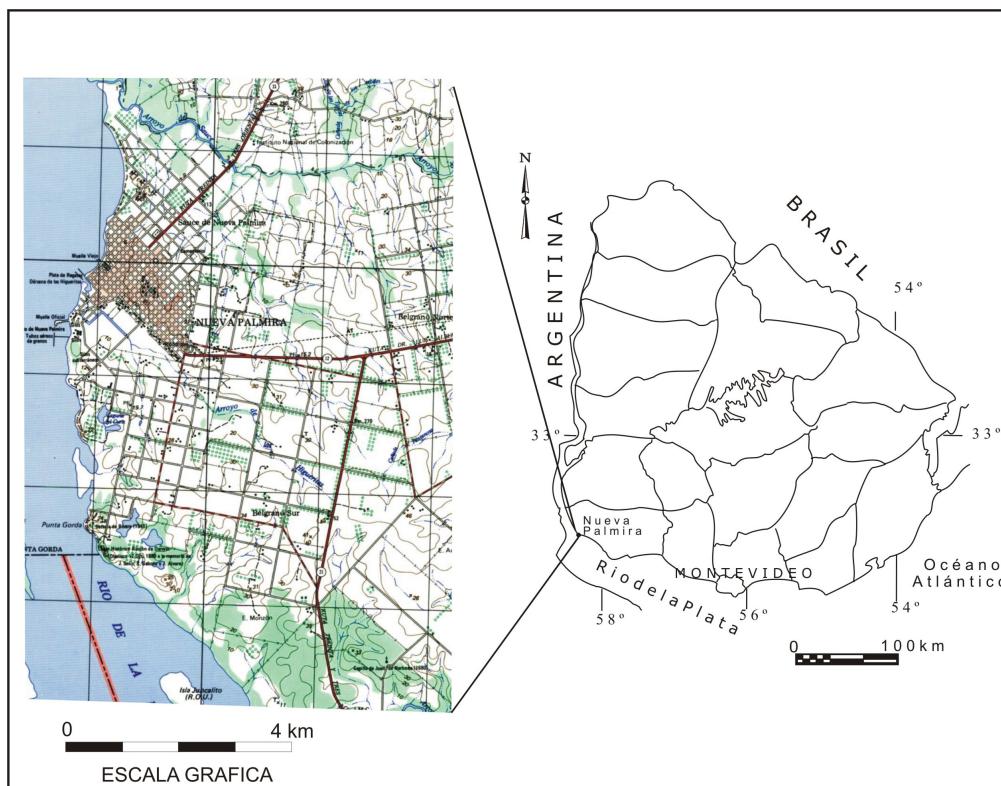
#### 5.2.1.1. Introducción

El reconocimiento geológico tuvo como objetivo obtener la información que permitiese establecer agrupamientos de materiales geotécnicamente equivalentes, facilitar el reconocimiento geotécnico del trazado y evidenciar la presencia de materiales para la construcción del camino.

El estudio se llevó a cabo mediante fotointerpretación sobre fotografías aéreas a escala 1:20.000 (Fuerza Aérea), con el correspondiente apoyo de campo fundamentalmente a lo largo de la traza.

El área de estudio se encuentra en el SO del Uruguay, muy próximo a la confluencia del Río Uruguay con el Río de la Plata.

El límite Norte se localiza a aproximadamente 1.0 km del A° del Sauce sobre la Ruta 21, el límite Sur a unos 1.5 km de la Ruta 12, el Oeste sobre el Río Uruguay y el Este a unos 6 km de aquel (Figura 1).



**Figura 1. Localización del área de estudio.**

Morfológicamente el área presenta formas suavemente onduladas y planas, con cotas que oscilan entre los 5 y 30 metros, aproximadamente.

Mayoritariamente son zonas modeladas, correspondientes a las Formaciones Libertad y Fray Bentos. Las zonas planas se asocian principalmente a los arroyos del Sauce y de las Higuieritas, correspondiendo al Reciente y Actual y las formaciones Villa Soriano y Dolores.

Por su parte, la red de drenaje tiene como nivel de base al Río Uruguay, presentando la región un escurrimiento superficial de sus aguas en la dirección sureste a noroeste estando representado por el A° del Sauce y el A° de las Higuieritas.

La información recogida en este relevamiento geológico, se expone en los apartados “Unidades Geológicas” y “Carta Geológica del entorno del trazado”.

#### 5.2.1.2. Unidades Geológicas

##### 5.2.1.2.1. Estratigrafía

En el Cuadro 1 se presentan las unidades geológicas ordenadas estratigráficamente presentes en el área de estudio y sus principales características litológicas.

**Cuadro 1**  
**Características litológicas y edades de las unidades litoestratigráficas presentes en el área de estudio**

<b>Cronología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Litologías dominantes</b>
Actual	Aluviones	Arcillas grises a negras, fangos, wackes con materia orgánica
Holoceno	Formación Villa Soriano	Limos arcillosos, grises a negros, arenas muy finas. Subordinadamente arenas medias a gruesas y conglomerados, fosilíferos
Pleistoceno Superior	Formación Dolores	Fangolitas y wackes marrones y agrisados
Pleistoceno Inferior - Medio	Formación Libertad	Arcillas, limos, fangos y limos loésicos marrones y grises
Oligoceno Superior	Formación Fray Bentos	Limolitas, areniscas muy finas a medias y fangolitas rosadas

##### 5.2.1.2.2. Geología Descriptiva

- Formación Fray Bentos (Oligoceno Superior)

Esta unidad litoestratigráfica presenta una extensa distribución superficial en el área de estudio, particularmente hacia el centro y Sur del área de estudio.

Del punto de vista litológico, la característica común a todas las litologías de esta formación es la coloración rosada a anaranjada, que puede variar a tonalidades más pálidas ante la presencia de cemento carbonático, el cual ocurre con mucha frecuencia. La componen limolitas, areniscas muy finas a medias y fangolitas rosadas, con contenido variable de carbonato de calcio, en forma de concreciones o pulverulento. Suele presentarse en forma maciza y en general son relativamente friables.

En virtud de las asociaciones de estos depósitos en otras regiones, se ha interpretado que esta unidad se depositó en ambientes de tipo fluvial y eólico, con la formación de paleosuelos y procesos de flujos gravitacionales (remoción en masa). Los fósiles en ella encontrados permiten asignarle una edad Oligoceno Superior.



- Formación Libertad (Pleistoceno Inferior a Medio)

Esta unidad geológica se encuentra expuesta en el área de estudio ocupando una pequeña porción en la zona Norte, junto al límite del tramo estudiado. Genera suelos teniendo la capacidad de desarrollarlos con espesores considerables. No se exponen muchos afloramientos por lo expresado anteriormente, ocurriendo sus exposiciones únicamente en desmontes y zanjas.

Litológicamente está integrada por arcillas, limos arcillosos, limos loésicos y arena dispersa en una matriz fina (fangos). Frecuentemente, aparece carbonato de calcio en forma de concreciones. Los colores son marrón rojizo y gris, pudiendo desarrollar tonalidades ocre. Puede alcanzar espesores de orden decamétrico. La potencia guarda una relación directa con la posición topográfica, en los interfluvios se dan los mayores espesores mientras que en las laderas intermedias se dan las potencias menores. Las relaciones de contacto con las unidades supra e infrayacentes son de discordancia.

Desde el punto de vista genético, se relaciona a la Formación Libertad a una sedimentación en ambiente continental, coincidente con momentos glaciales. Las condiciones climáticas habrían variado desde un clima semiárido con períodos húmedos, pasando por períodos húmedos y fríos. Los escasos fósiles en otros sitios encontrados y sus relaciones estratigráficas permiten ubicarla en el Pleistoceno Inferior a Medio.

- Formación Dolores (Pleistoceno Superior)

La Formación Dolores se la encuentra aflorante en el área estudiada hacia el sector Oeste del área de estudio. Se caracteriza por presentar geomorfológicamente superficies relativamente planas, que se sitúan entre las ondulaciones de unidades anteriores (Formación Libertad) y junto a planicies próximas al Río Uruguay. Está integrada por sedimentos de origen continental que se depositaron en condiciones climáticas frías vinculadas al último episodio glacial.

Litológicamente presenta depósitos arcillo limosos y limo arcillosos, con arenas y gravilla, inmersos en la matriz fina. Las coloraciones son pardas, marrones y grises. En los niveles limo-arcillosos y fangosos es habitual la presencia de carbonato de calcio como nódulos.

La unidad se apoya discordantemente en las unidades más antiguas (formaciones Libertad y Fray Bentos), estando también discordantemente cubierta por los sedimentos de la Formación Villa Soriano, y por los sedimentos arenosos actuales. Desde el punto de vista genético, se relaciona a un ambiente continental en condiciones semiáridas estepario, con intercalación de períodos húmedos.

- Formación Villa Soriano (Holoceno)

A esta formación en general, se la reconoce asociada a la faja costera y en las planicies fluviales bajas, cercanas a las desembocaduras de los cursos de agua en el Río de la Plata y el Río Uruguay. En la zona de estudio se la encuentra al Norte de la ciudad de Nueva Palmira, asociada al A° del Sauce. Presenta formas planas, y hacia la costa se vuelve enteramente arenosa.

Litológicamente, predominan las fracciones limo arcillosas y arenosas muy finas, teniendo en forma secundaria arenas y ocasionalmente gravillas y cantos. Las arenas están compuestas principalmente de cuarzo, y en menor proporción por fragmentos líticos de coloraciones amarillentas. Las fracciones limosas y arcillosas son de colores negros, grises y verdosos. De base a tope la secuencia sedimentaria sería la siguiente: gravillas y arenas gravillosas, arenas gruesas, medias y finas, las arenas finas intercaladas con limo y arcillas oscuras. Hacia el tope aparecen fragmentos de moluscos.

La formación Villa Soriano se apoya discordantemente sobre los sedimentos de las formaciones Dolores y Fray Bentos. Sobreyacen a esta unidad sedimentos aluvionales actuales.

Los sedimentos de la formación Villa Soriano fueron depositados bajo condiciones litorales, en un período interglaciar del Cuaternario Tardío. Las arenas del tope de la secuencia se asocian barras de retroceso.

El registro paleontológico de esta unidad, que fuera observado en el subsuelo del área estudiada, es rico en fauna de moluscos y ha permitido asignarle una edad Cuaternario Tardío (Holoceno).

- Sedimentos Actuales y Recientes

En el área estudiada los sedimentos actuales se corresponden principalmente a depósitos aluvionales.

Estos depósitos están constituidos por arenas y gravas arcillosas, de colores gris verdosos de escaso espesor. Desarrollan superficies planas y bajas estando asociados al A<sup>9</sup> de las Higueritas.

#### 5.2.1.3. Carta Geológica del Entorno del Trazado

Como señalamos, ésta Carta que se presenta en la Figura 2 se elaboró mediante foto interpretación de fotografías aéreas 1: 20.000 y apoyo de campo (afloramientos, sondeos con pala americana y calicatas a pico y pala) en las zonas aledañas al trazado.

En ella se presentan las diferentes Unidades Geológicas cartografiadas, esto es: Reciente y Actual, formación Villa Soriano, formación Dolores, formación Libertad y formación Fray Bentos.

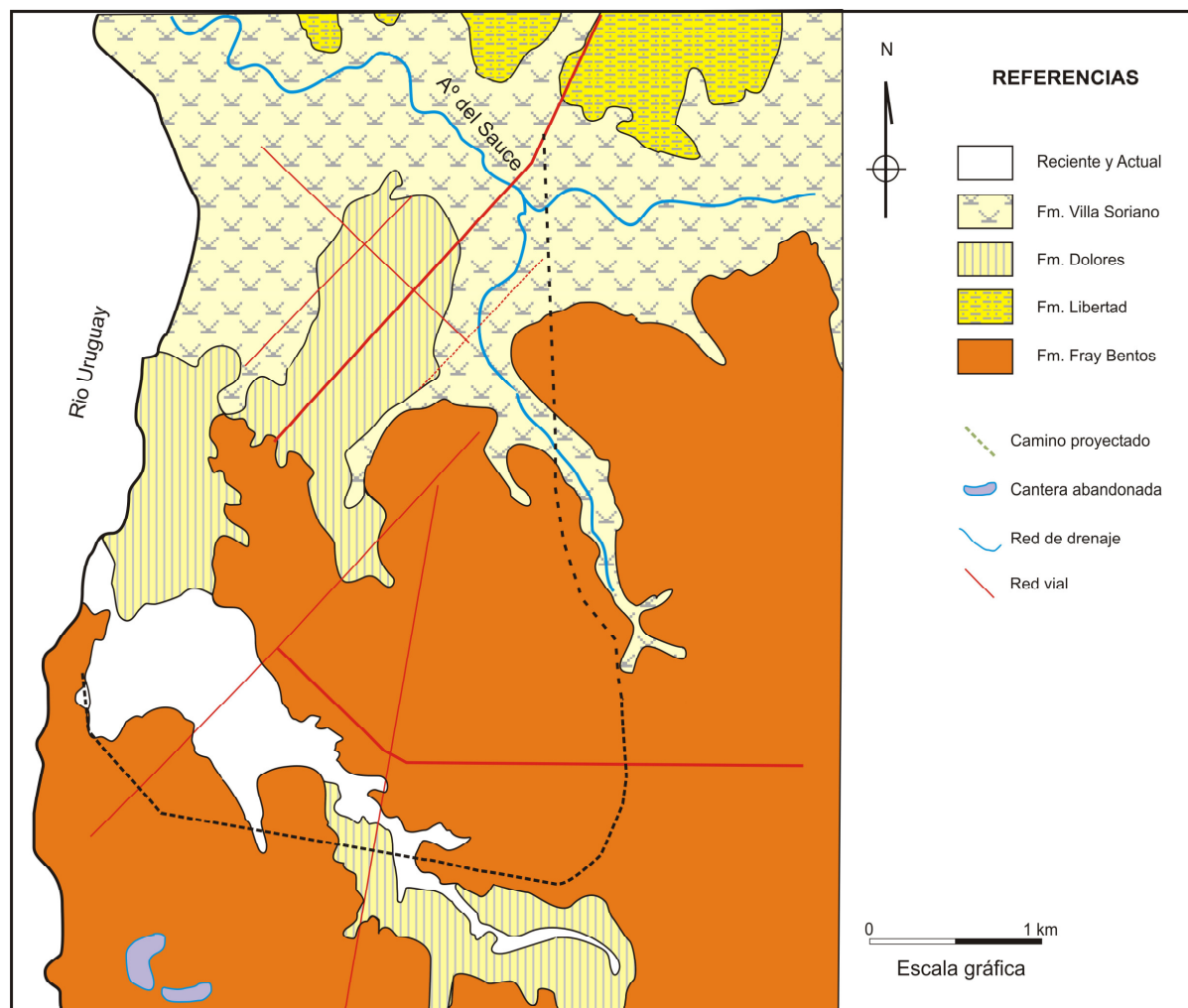


Figura 2. Carta Geológica del Entorno del Trazado

### 5.3. Reconocimiento de la Infraestructura del Camino

Con la finalidad de obtener un conocimiento suficiente de la infraestructura del camino, en particular de los parámetros geotécnicos que la caracterizan a efecto del diseño de la superestructura, se estudiaron:

- Los tramos en desmonte, analizando las características de las excavaciones, la calidad de los materiales removidos y de la subrasante resultante;
- Los tramos en terraplén, para conocer la capacidad como cimiento;
- La presencia de napas de agua.

Además, se analizaron la calidad y perspectivas de utilización de los posibles préstamos.

Para satisfacer esos objetivos, se procedió a reconocer el eje del trazado mediante sondeos con pala americana y cateos a pico y pala (Figura 3), ensayos SPT y efectuar determinaciones de laboratorio, Clasificación y Ensayos CBR (Anexo 4).

El reconocimiento de la infraestructura del camino en el eje del trazado, fue complementado, con el estudio geológico del entorno del camino.

#### 5.3.1. Descripción a lo largo del Eje del Trazado

A efectos de describir las características del eje de la traza, se procedió a dividir el camino proyectado en dos tramos con características particulares, considerándose los tramos en desmontes y los terraplenes.

##### 5.3.1.1. Tramo 0k000-7k050

Presenta un modelado con bajas pendientes interrumpidas por tres zonas planas hacia donde se efectuaron los sondeos 21, 22 y 14.

De esa manera, se tiene un buen escurrimiento de las aguas superficiales, salvo en las zonas planas asociadas a talwegs que las canalizan.

La caminería existente en este tramo presenta desmontes y terraplenes, siendo estos últimos de mucha menor extensión.

- Terraplenes

Las situaciones más comprometidas tienen lugar hacia las partes del tramo donde se efectuaron los sondeos 21, 22 y 14.

Los tres sondeos presentan:

**Superiormente**, suelos del Reciente y Actual (1.30, 1.10 y 0.90m) constituido por arcilla limosa negra.

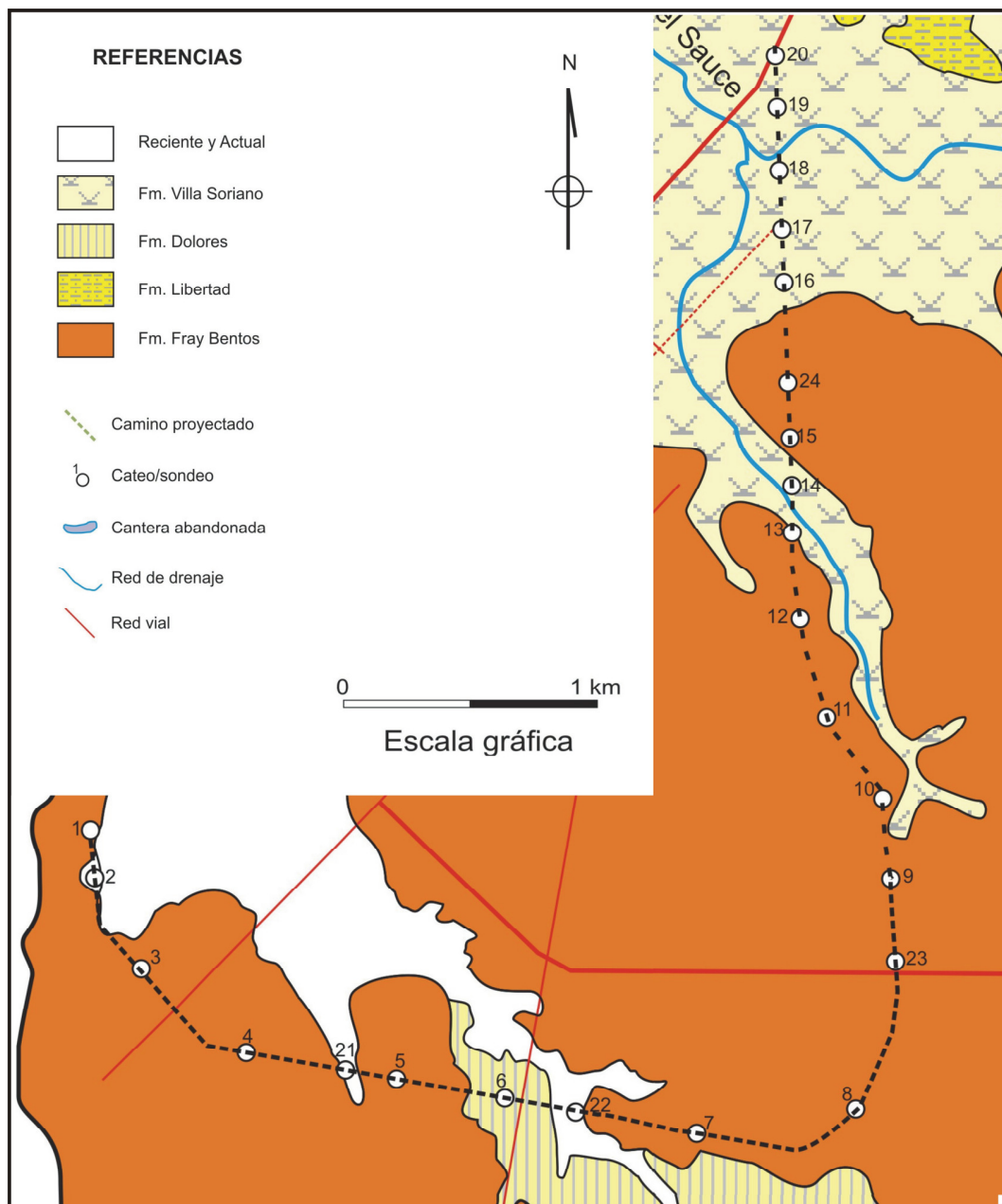
**Debajo:**

En el caso del sondeo 21, se presentan suelos de la formación Dolores (que se extienden hasta los 3.00m perforados) arcillas limosas – arenosas gris oscuro-verde que en profundidad pasan a marrón clara.

El sondeo 22, a los 1.10m evoluciona a suelos de la formación Fray Bentos.

El sondeo 14, presenta suelos de la formación Villa Soriano (que se continúan hasta los 3.00m perforados) arcillas limosas gris-verdes.

En dos de los sondeos se detectó una napa de agua dentro de los 3.00m perforados, en el sondeo 21 a 1.80m y en el sondeo 22 a 1.20m.



**Figura 3. Carta Geológica aledaña al trazado. Sondeos y cateos.**

- Desmontes

Comprenden en particular las partes del tramo en que se efectuaron los sondeos: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 23 y 24.

Luego de los 12 sondeos efectuados se tuvo la información que sigue:

Superiormente una arcilla limosa negra a arcilla limosa marrón oscura, correspondiente a los materiales orgánicos de la formación Fray Bentos, con un espesor medio de 0.80m, variando entre 0.30 y 1.40m, este último valor que tiende a darse hacia la transición de los desmontes a terraplén.

Debajo una arcilla limosa marrón rojiza, correspondiente a los materiales descompuestos a desagregados de la formación Fray Bentos, con un espesor medio de 1.60m, variando entre 0.40 y 2.30m.

Más en profundidad un limo arcilloso rosado anaranjado, correspondiente ya a los materiales desagregados a frascos, con la menor incidencia de finos, de la formación Fray Bentos, que se presentan fundamentalmente a más de 2.40m de profundidad.

Estos suelos muestran los distintos materiales que normalmente aparecen asociados a la formación Fray Bentos.

En ninguno de los 12 sondeos se detectó la presencia de agua de subsuperficie.

A efecto de caracterizar estos materiales se efectuaron los ensayos que siguen:

Materiales descompuestos a desagregados, arcillo-limosos marrón rojizo (Cuadros 2 y 3)

**Cuadro 2**

<b>Ensayos de Clasificación</b>									
<b>Sondeo Nº</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Granulometría</b>					<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>Clas.</b>
		<b>3/8"</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>200</b>			
13	0.70-3.00	100.0	100.0	100.0	99.7	95.8	38	18	A-6(18)
4	0.80-2.30	98.7	98.4	98.2	97.2	85.5	36	16	A-6(13)
9	0.50-0.90	99.6	98.7	96.9	93.9	77.6	38	17	A-6(12)
24	0.80-1.30	100.0	99.9	98.9	99.1	85.2	30	9	A-4(6)
11	0.80-3.00	100.0	99.9	99.7	98.6	86.3	39	19	A-6(16)

**Cuadro 3**

<b>Ensayos CBR</b>						
<b>Sondeo Nº</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Humedad Optima (%)</b>	<b>P.U.S.M. (g/cm3)</b>	<b>Sobrecarga (Aros)</b>	<b>Capacidad Soporte (%)</b>	<b>Expansión (%) (4días)</b>
9	0.50-0.90	16.53	1.71	6	100% - 15 98% - 14 95% - 11	10 golpes - 1.70 25 golpes - 1.51 56 golpes - 1.19
24	0.80-1.30	17.96	1.81	6	100% - 15 98% - 12 95% - 8	10 golpes - 2.06 25 golpes - 1.89 56 golpes - 1.58

Materiales desagregados a frescos, limo-arcillosos rosado anaranjado (Cuadro 4 y 5)

**Cuadro 4**

<b>Ensayos de Clasificación</b>									
<b>Sondeo Nº</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Granulometría</b>					<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>Clas.</b>
		<b>3/8"</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>200</b>			
5	1.30-3.00	100.0	97.5	87.8	73.1	40.1	no det.	NP	A-4(0)
9	0.90-3.00	96.8	89.4	82.2	73.5	52.2	no det.	NP	A-4(0)
5	0.30-1.30	100.0	97.8	93.9	86.5	59.9	25	NP	A-4(0)
24	1.30-3.00	95.9	89.8	82.2	73.0	54.6	25	NP	A-4(0)

Cuadro 5

Ensayos CBR						
Sondeo N°	Prof. (m)	Humedad Optima (%)	P.U.S.M. (g/cm <sup>3</sup> )	Sobrecarga (Aros)	Capacidad Soporte (%)	Expansión (%) (4días)
9	0.90-3.00	14.76	1.74	6	100% - 42 98% - 34 95% - 21	10 golpes - 0.18 25 golpes - 0.16 56 golpes - 0.12
24	1.30-3.00	15.40	1.84	6	100% - 50 98% - 42 95% - 34	10 golpes - 0.38 25 golpes - 0.18 56 golpes - 0.16

## 5.3.1.2. Tramo 7k050 - 8k347

Corresponde a una zona plana, que presenta al Aº del Sauce, que se interrumpe en el extremo final del tramo.

De esa manera, el escurrimiento de las aguas superficiales se ve muy dificultado, lo que determina riesgos de inundación, los que devienen muy importantes en períodos de abundantes precipitaciones concentradas.

El tramo transcurre en terraplén, salvo la parte final del mismo, a la que ingresa en desmonte.

- Terraplén

Se extiende entre las progresivas 7k050 y 8k275.

Se efectuaron 5 sondeos: 16, 17, 18, 19 y 20, de los que en el 18 y 19 se efectuaron ensayos SPT (resultados expuestos en el corte de la Figura 4).

Los sondeos 16 al 19 presentan una buena correlación litológica entre ellos, difiriendo con el sondeo 20, más arenoso y fosilífero expresando una variación faciología lateral.

Los sondeos 16, 17, 18 y 19 presentan: superiormente una arcilla limosa negra, con una potencia media 0.80 m que varía entre 0.30 y 1.30 m, asociada al Reciente y Actual.

Hacia abajo, aparece una arcilla limosa gris verde con un espesor medio de 1.40 m, variando entre 1.20 y 1.90 m, correspondiente a un facies lagunar de la formación Villa Soriano. En el sondeo 18, entre esas arcillas y las arcillas negras superiores, se intercalan 0.50 m de una arcilla arenosa marrón, asociable al Reciente y Actual.

Más en profundidad, en el sondeo 16 se presenta una arcilla limosa a limo-arcillosa, marrón rojiza, que se extiende en profundidad, perteneciente a la formación Fray Bentos.

En los sondeos 16, 17 y 18, entre las arcillas limosas gris verdosas y las arcillas limosas marrón rojizas, se presenta un conjunto de litologías limosas marrón clara a rojizo cuyo espesor crece del sondeo 18 al 19, que se pueden asociar a la formación Dolores.

El sondeo 20 presenta: superiormente una arcilla limosa negra y una arcilla limosa gris verdosa, con 0.60 m, asociables al Reciente y Actual. Por debajo presenta una arena arcillosa blanco-grisácea con 0.90 m que en profundidad pasa a una arcilla arenosa verde gris oscura con restos de moluscos fósiles, que se extiende más allá de los 3 m de profundidad perforados, asociables a la formación Villa Soriano.

Se dispone de la clasificación correspondiente a los suelos del perfil del sondeo 18 (Cuadro 6).

**Cuadro 6**

<b>Ensayos de Clasificación</b>									
<b>Sondeo Nº</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Granulometría</b>					<b>LL</b>	<b>IP</b>	<b>Clas.</b>
		<b>3/8"</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>200</b>			
18	1.10-2.40	100.0	99.6	99.1	97.2	81.3	57	31	A-7-6(27)
	2.40-3.60	100.0	99.9	99.7	98.5	77.8	29	11	A-6(7)
	3.60-5.00	94.3	85.7	78.0	75.3	54.6	no det.	NP	A-4(0)

En los sondeos 18 y 19 se efectuaron ensayos de SPT con los resultados que siguen (Cuadro 7).

**Cuadro 7**

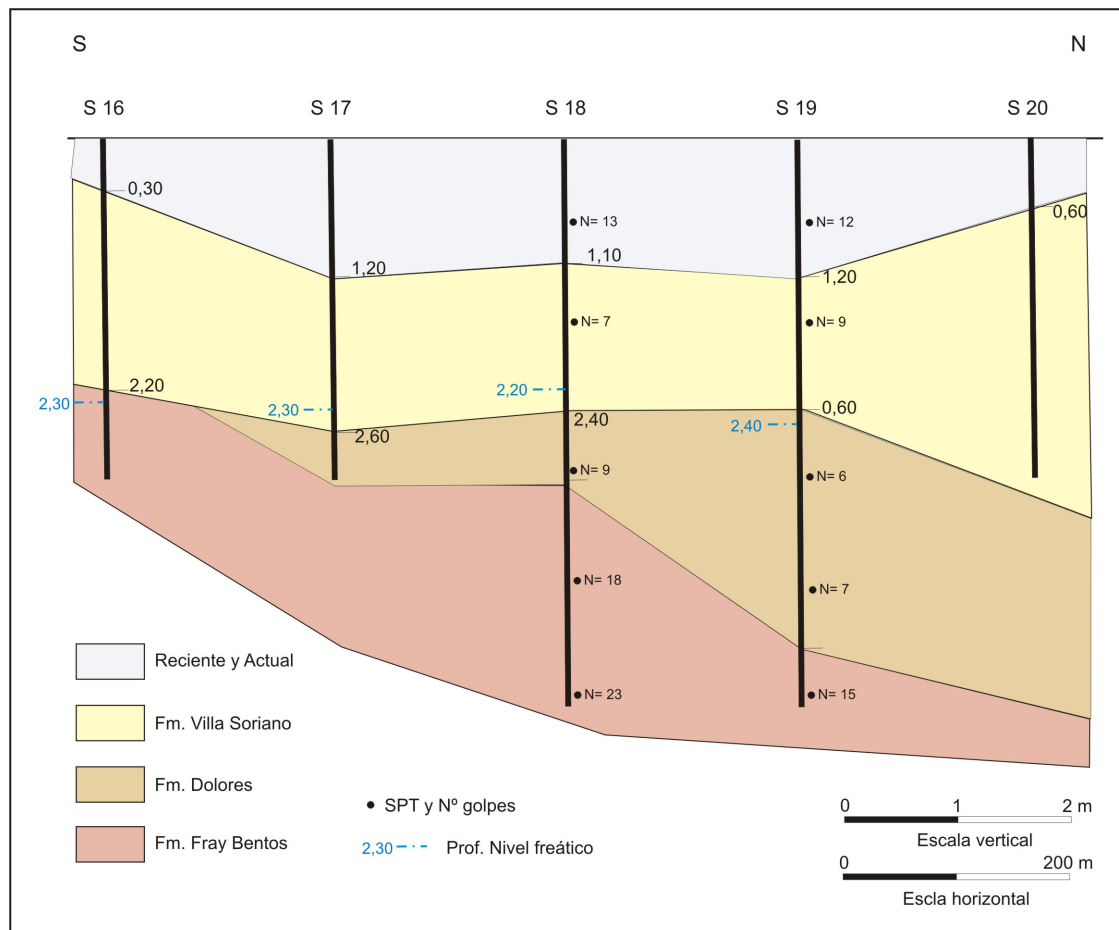
<b>Prof. (m)</b>	<b>SPT (N)</b>	
	<b>Sondeo 18</b>	<b>Sondeo 19</b>
1	13	12
2	7	9
3	9	6
4	18	7
5	23	15

Los valores de N de: 1.0 m (N=12 y 13), corresponden a las arcillas limosas negras del Reciente y Actual; 2.0 m (N= 7 y 9) corresponden a la formación Villa Soriano; a 3.0 m en el sondeo 18 (N= 9) y a los 3.0 y 4.0 m en el sondeo 19 (N= 6 y 7 respectivamente) corresponden a la formación Dolores; y a 4.0 y 5.0 m en el sondeo 18 (N= 18 y 23) y a 5.0 m en el sondeo 19 (N= 15) corresponden a la formación Fray Bentos.

Cuatro de los sondeos (16, 17, 18 y 19) presentan un freático a 2.20-2.50 m de profundidad. En el sondeo 20 no fue detectada agua en los primeros tres metros de profundidad.

Vale mencionar que esta situación, presente en el momento del estudio, corresponde a un período importante de ausencia de precipitaciones.





**Figura 4. Corte geológico esquemático Norte-Sur de parte del tramo en el A° del Sauce**

#### • Desmonte

Se presenta sobre el final del tramo, ya sobre la Ruta 21, y le son válidas las consideraciones hechas antes respecto de los terraplenes del tramo 0k000-7k050.

#### 5.3.2. La variante

Corresponde a un camino sin recubrimiento, que en el reconocimiento de superficie (sondeo 2) presenta 0.25 m de un material granular (limo arcilloso rosado anaranjado, con concreciones carbonáticas y gravas marrón rojizas) apoyado sobre 1.10 m de suelos del Reciente y Actual (arcillas limosas negras pasando en profundidad a arcillas limosas marrón claras – verde grisáceo) que en profundidad pasan a suelos de la formación Villa Soriano (arcillas limosas negras a gris oscuras que en profundidad evolucionan a arcillas arenosas gris oscuras a verdes y arenas arcillosas gris oscuras).

El material granular es similar a uno de los presentes en el camino existente, referido más adelante. A partir de la información de la que se dispone es de esperar que presente una baja Expansión y una Capacidad Soporte media a alta en el ensayo CBR.

Los suelos sobre los que se apoya el pavimento granular son similares a los presentes en las partes de la traza en terraplén señalados en el apartado 5.3.1. Los mismos podrán ser considerados: como subrasante, de calidad pobre y como cimiento, de muy baja resistencia y

con asentamientos más o menos importantes, en función de la carga, a la vez que diferidos en el tiempo dado el carácter de normalmente consolidados de estos suelos arcillosos y orgánicos.

#### 5.3.3. Préstamos

Particularmente, el importante terraplén presente entre las progresivas 7k050 y 8k275, demandará un volumen de material que muy posiblemente determinará un déficit en el balance de materiales.

En esa circunstancia, es a señalar que tanto al Sur como al Norte del Aº del Sauce se dispone de materiales correspondientes a la formación Fray Bentos, en volumen y buena calidad como para satisfacer las demandas de préstamos.

Independientemente de la capa superior de suelos arcillo limoso negro a marrón oscuro de inferior calidad, en profundidad aparecen disponibles arcillas limosas marrón rojizas, considerables como material de subrasante con expansión aceptable y capacidad soporte regular a buena así como limos arcillosos rojo anaranjados, considerables como material granular con expansión baja y capacidad soporte medio a alta.

Si en alguna de las situaciones la parte inferior de los terraplenes requiere materiales bastante más permeables, hacia la costa del Río Uruguay se presentan materiales arenosos asociados al Reciente y Actual y a la formación Villa Soriano en condiciones de ser utilizados.

#### 5.3.4. Elementos para el diseño de la superestructura.

Para el establecimiento de las características de la subrasante a efecto del proyecto de la superestructura, se tomo principalmente la información referida en 3.1-Descripción a lo largo del trazado.

- Partes en Terraplén

Presentes en ambos tramos, corresponden fundamentalmente a las partes del trazado donde se efectuaron los sondeos 21, 22, 14 y 16-17-18-19-20, que constituyen las partes en terraplén más comprometidas.

La información recogida en los sondeos efectuados muestra que:

- Las cuatro partes de los tramos transcurren sobre suelos del Reciente y Actual con espesores del orden 1.00m.
- En la parte correspondiente al sondeo 21, el Reciente y Actual pasa en profundidad a la formación Dolores, la que se extiende en profundidad hasta al menos los 3.00m, mientras que en el sondeo 22 el Reciente y Actual pasa a la formación Fray Bentos.
- En las partes correspondientes al sondeo 14 y a los sondeos 16 al 20, el Reciente y Actual se continúa en profundidad con suelos de las formaciones Villa Soriano y Dolores, los que pueden extenderse hasta al menos los 4.50m.
- En el momento del Estudio, con un freático a 2.5-3.00m de profundidad, en los ensayos SPT se tuvo para el Reciente y Actual un media de  $N=13$  y para las formaciones Villa Soriano y Dolores un valor medio de  $N=8$ , valores penetrométricos, que se asocian a una situación de freático bajo correspondiente a condiciones de una prolongada sequía. En condiciones de precipitaciones normales el freático se va a acercar a la superficie, saturando parcial o totalmente los suelos del Reciente y Actual, Villa Soriano y Dolores, dando lugar a que los valores del Ensayo SPT se vean reducidos.

En esa situación estos suelos finos presentes como cimientto de terraplenes, dada su muy baja resistencia, al ser cargados, en función de la altura del terraplén van a

presentar asentamientos más o menos importantes a la vez que diferidos en el tiempo, además de presentar riesgos de falla en el terraplén.

- Partes en Desmonte

Las características apuntadas de los materiales implicados en los desmontes, correspondientes en todos los casos a la formación Fray Bentos, llevan a considerar.

- En relación con las características de la remoción.

Podrá llevarse a cabo con medios mecánicos, considerando que en los sondeos efectuados se pudo avanzar con la pala americana hasta los 3.0m de profundidad. No obstante, es posible que ante la potencial presencia de concreciones importantes de carbonato de calcio pueda verse algo dificultada.

- Respecto de la calidad de los materiales removidos se tiene.
  - Una capa superior arcillo limosa orgánica de calidad inferior, promedialmente de unos 0.80m.
  - Luego, una capa arcillo limosa marrón rojiza que promedia los 1.60m de suelos A-6 y circunstancialmente A-4, promediando un Índice de Grupo de 13, un Límite Líquido de 36, un Índice Plástico de 16, y una Expansión de 1.7% y una Capacidad Soporte del 9% en el ensayo CBR al 95% de la compactación, considerando el uso en terraplenes.
  - En profundidad un material limo arcilloso rosado anaranjado, desarrollado promedialmente a partir de 2.40m, A-4, con Índice de Grupo 0 y no plástico, y una Expansión de 0.1% y una Capacidad Soporte del 46% en el ensayo CBR al 100% de la compactación, considerando la posibilidad de uso como capa de la superestructura.
- En lo que tiene que ver con la capacidad como cimiento.

Se puede considerar que removiendo la capa superior arcillo limosa orgánica se tendrá:

- Corrientemente, la capa arcillo limosa marrón rojiza, con las características arriba apuntadas, que permite disponer de una subrasante de Expansión aceptable (<2%) y una Capacidad Soporte Regular (5%) a buena (10%) en el ensayo CBR para el 95% de la compactación.
- Circunstancialmente la capa limo arcilloso rosado anaranjado con las características arriba apuntadas que permite disponer de una subrasante con Expansión baja (<0.5%) y una Capacidad Soporte muy buena (>20%), también para el 95% de la compactación Proctor.

#### 5.4. El Camino Existente

Entre las progresivas 0k000 y 2k350 aproximadamente fue reconocido el recubrimiento y el material de base de la caminería existente, mediante los sondeos efectuados para el estudio geotécnico.

La información obtenida es la que se presenta a continuación:

Cuadro 8

Cateo	Tratamiento (m)	Base (m)
1	0,02	0,02 – 0,10. Limo arcilloso, rosado anaranjado con concreciones de carbonatos y gravas marrón rojizas; 0,10 – 0,12. Restos de tratamiento; 0,12 – 0,25. Limo arcilloso rosado anaranjado con concreciones carbonáticas.
3	0,02	0,02 – 0,30. Limo arcilloso, rosado anaranjado con concreciones de carbonatos y gravas marrón rojizas; 0,30 – 0,50. Arcilla limosa rojiza con gravas rojas; 0,50 – 0,60. Arcilla arenosa marrón oscura.
4	0,02	0,02 – 0,12. Limo arcilloso, rosado anaranjado con concreciones de carbonatos y gravas marrón rojizas; 0,12 – 0,14. Restos de tratamiento; 0,14 – 0,30. Limo arcilloso rosado anaranjado con concreciones carbonáticas; 0,30 – 0,40. Arcilla limosa rojiza; 0,40 – 0,50. Limo arcilloso rojo anaranjado con gravas rojas.
5	0,04	0,04 – 0,30. Limo arcilloso rojo anaranjado con concreciones carbonáticas y gravas rojas
6	0,02	0,02 – 0,30. Limo arcilloso rojo anaranjado con concreciones carbonáticas y gravas rojas

De esa manera, la superestructura del camino actual presenta un espesor de unos 0.30 m, variando entre 0,25 y 0,60 m.

Aparece como constituido en dos etapas sucesivas en el tiempo, al menos parte de él, dada la presencia de restos de un tratamiento bituminoso anterior al actual presente en los sondeos 1 y 4.

Los materiales que constituyen la base de este camino, luego de las características litológicas que presenta, es a esperar que permitan disponer, de una capa granular de aceptable a baja Expansión y una Capacidad Soporte media a alta, en el ensayo CBR.

### 5.5. Materiales para la Superestructura

A efectos de la construcción del camino, será necesario disponer de materiales granulares para trituración y arena.

La información obtenida durante el reconocimiento geológico del entorno del trazado y el reconocimiento de la infraestructura del camino, así como el conocimiento de los materiales presentes en el SO del país, llevan a tener como posibles fuentes de materiales naturales para el Proyecto al Basamento Cristalino y a las formaciones Asencio y Fray Bentos como granulados naturales, el Basamento Cristalino para los materiales de trituración y la formación Villa Soriano y al Reciente y Actual para arena.

#### 5.5.1. Arena

Respecto a la arena, los distintos eventos que presentan las formaciones Villa Soriano y Reciente y Actual, determinan entre las litologías que las componen facies costeras y fluviales de arenas más o menos adecuadamente graduadas.

Dentro de las unidades Villa Soriano y Reciente y Actual, se han venido efectuando distintas explotaciones de arena para construcción sobre el Río Uruguay, las que expresan la

potencialidad que presenta a efectos de la obra, dado el desarrollo que muestran ambas unidades geológicas.

#### 5.5.2. Materiales para trituración

En lo que se refiere a materiales para trituración, dentro de la gama de posibilidades que abre el Basamento Cristalino en esta región del país, son a señalar las zonas de Carmelo, Conchillas y Ombúes de Lavalle.

Cada una de ellas muestra explotaciones para la elaboración de triturados y junto con las muy importantes reservas que presentan, permiten esperar la calidad y cantidad de material a ser demandados por la obra.

#### 5.5.3. Granulados

De de las unidades disponibles, tanto el Basamento Cristalino como la Formación Asencio y la formación Fray Bentos, han sido muy utilizadas como materiales granulares en el país, en particular en la caminería de la región SO de la que participa la zona de Nueva Palmira.

En la zona existen numerosas canteras en las que han sido explotadas las formaciones Fray Bentos y Asencio, para la obtención de granulares, lo que sucede también en relación con los granulares del Basamento Cristalino, en particular en las señaladas zonas de Carmelo, Conchillas y Ombúes de Lavalle.

En todos los casos, los granulados producidos presentan calidad y volúmenes que permiten esperar satisfagan las demandas de las capas granulares, proyectadas para la obra.

## 6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRAULICOS

Se detallan a continuación los avances a la fecha de los estudios hidrológicos-hidráulicos.

### 6.1. Cuencas

En el Primer Informe de Avance se distinguieron las dos grandes cuencas a ser consideradas para la ejecución del proyecto, las cuales son independientes entre sí. Ellas son:

- Cuenca del Arroyo Sauce
- Cuenca del Arroyo Higuieritas

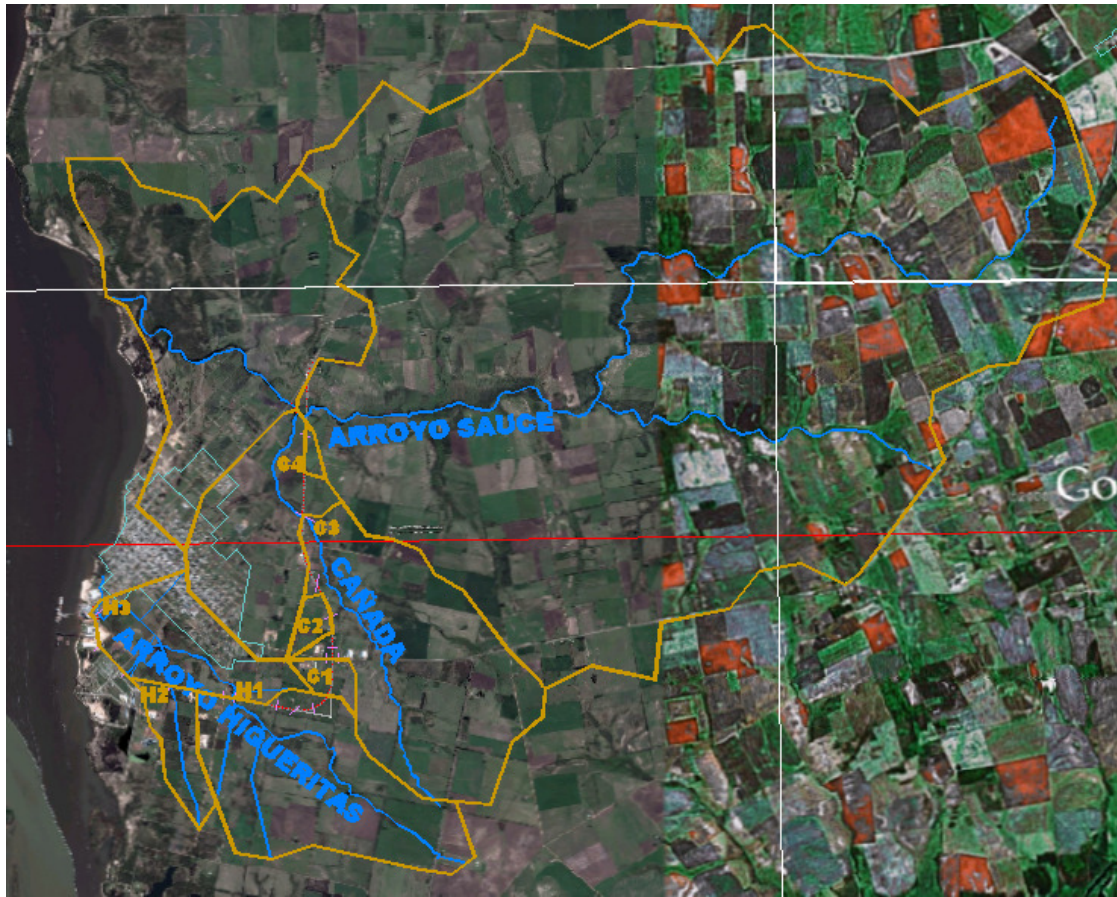


Figura 5

- Cuenca del Arroyo Sauce

Dentro de la cuenca del Arroyo Sauce se encuentra el propio Arroyo y una importante cañada afluente.

El Arroyo Sauce será cruzado por el By Pass aproximadamente 200m al este del cruce actual, mientras que la cañada lo será alrededor de 1.600m aguas arriba de su desembocadura en el Arroyo.

Sobre el cauce principal del Arroyo Sauce no existen otros cruces que puedan afectar el escurrimiento.

La cañada afluente tiene las siguiente dos alcantarillas aguas arriba del cruce con el By Pass:

- en el cruce con Ruta 12 una alcantarilla tipo H de dos bocas cuadradas de 1m de lado
- en el cruce con la calle Esmeralda una alcantarilla tipo Z de 6 bocas de 1m de diámetro.

Por su parte aguas abajo del mencionado cruce existen también dos alcantarillas. Las mismas se localizan en:

- cruce con las calle Bravo
- cruce con las calle Garantías

Ambas son alcantarillas son tipo Z, de 6 bocas de 1,2m de diámetro.



Además se definieron otras subcuencas en la cuenca del Arroyo Sauce que tienen puntos de cierre en los lugares identificados para ubicar alcantarillas, es decir en los cruces de líneas de puntos bajos con la traza del By Pass. Dichos puntos corresponden a pequeños cursos de agua afluentes a la Cañada.



Figura 6

- Cuenca del Arroyo Higuieritas

Dentro de la cuenca del Arroyo Higuieritas se identifican tres puntos a ser considerados en los estudios hidrológicos-hidráulicos. Para cada uno de los mismos se determinan sus cuencas de aporte.

Por un lado se tiene el cruce del Arroyo Higuieritas con la traza del By Pass, el cual se da en las cercanías del cruce con la calle Domingo Ordoñana. Unos 800m al Oeste el By Pass cruza una cañada afluente a dicho Arroyo. Finalmente, a pesar de estar aún en etapa de definición la geometría en la llegada al Puerto, interesa la globalidad del Arroyo Higuieritas para definir las obras a realizar en las cercanías del mismo.

El Arroyo Higuieritas tiene dos alcantarillas en su recorrido (cruces con las calles Domingo Ordoñana y Bravo), estando revestido en un tramo importante.

En el cruce con la calle Colonia (entrada actual al Puerto), el cruce de la cañada afluente se da en una alcantarilla tipo Z, de 6 bocas de 60 cm de diámetro cada una.



Figura 7

## 6.2. Tiempos de concentración

Para las cuencas definidas, utilizando los datos obtenidos del relevamiento topográfico y las curvas contenidas en los planos del SGM, se determinaron las características de las cuencas y se determinó el tiempo de concentración utilizando la fórmula de Kirpich de acuerdo con lo indicado en el Manual de Directivas de Diseño Hidrológico – Hidráulico de Alcantarillas (edición 2000).

**Cuadro 9**  
**Características de las cuencas**

Cuenca	Largo (m)	Dif. Altimétrica (m)	Pendiente (%)	Área (ha)	Tiempo de concentración (min)
C1	800	11.0	1.4	18.3	17.9
C2	785	17.5	2.2	27.9	14.8
C3	4655	31.5	0.7	789.3	91.2
C4	600	17.0	2.5	11.6	11.4
H1	4349	37.0	0.8	560.6	79.2
H2	1957	18.0	0.9	98.3	41.6
H3	7457	37.5	0.5	916.4	146.9



### 6.3. Caudales de diseño de alcantarillas

Para la determinación de los caudales de diseño en cada cuenca, se utilizarán distintas formas de cálculo, se compararán y finalmente se acordarán con el GdS, los valores a ser adoptados.

De acuerdo a lo ya expresado en el Primer Informe de Avance y a lo acordado con el GdS, se considerarán las siguientes hipótesis de trabajo:

- número de curva de 80 para todas las cuencas del proyecto
- dimensionamientos para lluvias de período de retorno 50 años
- para la aplicación del método racional se utilizará un valor de  $C=0.5$

El Manual de Directivas de Diseño Hidrológico – Hidráulico de Alcantarillas (edición 2000) presenta el método del Número de Curva del SCS para la confección de hidrogramas de diseño para cuencas pequeñas no aforadas. Dicho método utiliza los siguientes conceptos:

- La forma de la tormenta de diseño se realiza mediante el método del bloque alterno, utilizando 12 bloques cuya duración depende del tiempo de concentración de la cuenca.
- Para separar infiltración de escurrimiento, se asume que la infiltración acumulada es función de la precipitación acumulada y el almacenamiento máximo del suelo. Este último se considera función del tipo y cobertura de suelo y se calcula a partir de un indicador llamado Número de Curva, que varía entre 0 y 100.
- El método permite tomar en cuenta las condiciones antecedentes de humedad en el suelo, en forma discreta para tres casos: condiciones medias, secas o húmedas. Dichas condiciones se reflejan en el parámetro que indica la capacidad de almacenamiento del suelo, es decir el número de curva.

El citado manual indica que los Números de Curva se pueden obtener de una tabla incluida en el mismo donde se presentan los valores de los mismos para condiciones antecedentes de humedad medias (Condiciones II) en función del tipo y uso del suelo. El Manual no define específicamente las condiciones antecedentes del suelo a utilizar ni se indica cómo obtener los Números de Curva para condiciones I y III, por lo que es usual realizar los diseños para condiciones II. En la bibliografía se pueden obtener las fórmulas para pasar a Números de Curva en condiciones I o III, como por ejemplo en Ven Te Chow (1994).

En función de todo lo anteriormente expuesto, se propone calcular el caudal de diseño de las siguientes tres maneras:

- Siguiendo lo especificado en el Manual de DNV, para condiciones antecedentes de humedad medias.
- Ídem anterior pero corrigiendo el Número de Curva para considerar condiciones antecedentes húmedas del suelo. De acuerdo a lo sugerido por Ven Te Chow (Hidrología aplicada, 1994), considerando el Número de Curva 80 para condiciones antecedentes de humedad normales del suelo, se obtiene un valor de Número de Curva 90.2 para condiciones húmedas. Según la bibliografía esta corrección se debe realizar si se quiere considerar una lluvia acumulada mayor a 50mm en los 5 días anteriores a la ocurrencia de la tormenta de diseño.
- Igual al primer punto pero tomando una tormenta de 24 horas de duración total. Esta tormenta también se realiza mediante el método del bloque alterno con el pico en el centro de la misma, La diferencia entre esta tormenta y la de los puntos a y b, en términos de volumen de precipitación, se da solamente en ambos extremos de la tormenta. Dado que en este método la infiltración acumulada es función de la precipitación acumulada, el exceso de volumen en el extremo inicial de la tormenta produce una disminución de la infiltración y por lo tanto un aumento del escurrimiento.

Como se puede ver, se analizarán dos formas diferentes de considerar el efecto de la saturación inicial del suelo debido a la precipitación antecedente:

- Afectando al Número de Curva, como indica el método del SCS
- Calculando explícitamente el efecto de precipitación antecedente

Dado que el método para calcular la infiltración es aproximado, no se puede afirmar que se trate de una metodología más adecuada para representar los fenómenos físicos involucrados. Por lo tanto, se evaluarán ambos métodos para definir los hidrogramas de diseño.

Los métodos alternativos de cálculo valen solamente para las cuencas en que se debe aplicar el método SCS.

Se obtienen así los siguientes caudales de diseño:

**Cuadro 10**  
**Caudales de diseño**

Cuenca	Caudal (m <sup>3</sup> /s)			
	Racional	SCS NC=80	SCS NC=90.2	SCS Tormenta 24hr.
C1	3.3	-	-	-
C2	5.6	-	-	-
C3	-	66.6	93.5	97.1
C4	2.7	-	-	-
H1	-	51.1	71.7	74.7
H2	11.3	8.9	15.0	18.5
H3	-	64.2	85.5	85.8

Además de estas cuencas, cuando se avance con el proyecto ejecutivo probablemente surgirá la necesidad de considerar otras. En general serán áreas menores y el cálculo de su caudal de diseño se realizará de la misma manera que se hizo para las cuencas anteriores.

#### **6.4. Cálculo de caudales de diseño en el puente sobre el Arroyo Sauce**

Para el puente sobre el Arroyo Sauce, se desarrollará un modelo hidrodinámico utilizando el software HEC-RAS 3.1.3. Esta herramienta permitirá estudiar las implicancias del puente en cuanto a la sedimentación y/o erosión en las bases del mismo, así como determinar los caudales de diseño en los puntos de interés del cauce.

Los caudales de entrada al modelo serán los provenientes de las siguientes dos cuencas:

- cuenca total de la cañada afluente al Arroyo Sauce
- cuenca del Arroyo Sauce con cierre en su confluencia con la cañada afluente (excluida la cuenca de la cañada)

**Cuadro 11**  
**Características de las cuencas**

Cuenca	Largo (m)	Dif. Altimétrica (m)	Pendiente (%)	Área (ha)	Tiempo de concentración (min)
Cañada	6338	33.5	0.5	1187.2	127.1
A° Sauce	15564	49.0	0.3	6306.5	310.1

Ambas cuencas están dentro de los límites establecidos en el Manual de Directivas de Diseño Hidrológico – Hidráulico de Alcantarillas (edición 2000) para la aplicación de la metodología de cálculo (área menor a 1000 km<sup>2</sup> y tiempo de concentración menor a 6 horas).

Para la determinación de los hidrogramas de diseño en cualquier punto del Arroyo Sauce, se utilizarán los resultados de la propagación de caudales en el modelo hidrodinámico del mismo. Para ello, será necesario contar con los hidrogramas de entrada al modelo, los que serán calculados mediante el método del SCS, siguiendo una de las tres maneras propuestas en el apartado anterior.

## **7. ESTUDIOS DE TRANSITO**

### **7.1. Introducción**

Para realizar los estudios de tránsito del By Pass a Nueva Palmira el Consultor definió en conjunto con la Contraparte las hipótesis generales que se aplicarán a todos los análisis de capacidad y nivel de servicio. A continuación se mencionan los acuerdos realizados para el desarrollo de estos estudios:

- Los análisis de capacidad y nivel de servicio se realizarán para la intersección de la Ruta 12 con el By Pass y la intersección de la Ruta 21 con el By Pass.
- El TPDA base corresponde al tránsito promedio diario anual del año 2008 (TPDA2008).
- El año cero (puesta en funcionamiento de la nueva infraestructura) es el año 2011.
- Se definieron 2 escenarios de análisis:
  - Escenario 1: el tránsito de análisis corresponde a la componente de tránsito actual reordenado en la nueva infraestructura más el tránsito asociado al movimiento de cargas vinculado con el Puerto de Nueva Palmira.
  - Escenario 2: el tránsito de análisis es igual al del Escenario 1 más el tránsito generado y derivado por la puesta en funcionamiento del Puente Internacional Brazo Largo-Nueva Palmira.
- Se estimó el TPDA en las distintas secciones de análisis del Proyecto, incluyendo su distribución en las confluencias a cada intersección para los años 2011, 2017 y 2027.
- Registro y análisis de volúmenes de tránsito en horas pico, en las intersecciones principales del Proyecto (rotonda en Ruta 12 y By Pass e intersección entre Ruta 21 y By Pass).

Debido a la complejidad de este proceso de cálculo, el Consultor ha mantenido permanentemente informada a la Contraparte de las hipótesis asumidas y los resultados primarios que se iban obteniendo.

Más allá de ello, a continuación se describen sintéticamente los estudios realizados, así como sus resultados principales. Cabe destacar que una descripción exhaustiva de todos los detalles

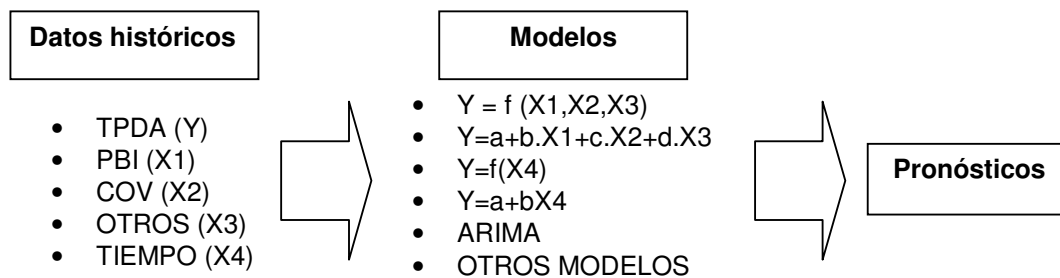
involucrados sería muy extensa, por lo que el Consultor está a disposición de la Contraparte, en caso que se entienda necesario ampliar el contenido o profundidad de este informe.

#### 7.1.1. Tasas de crecimiento y estimación del TPDA

A efectos de proyectar el TPDA para distintos horizontes temporales, se estimaron modelos según dos metodologías. Luego, el valor final se obtuvo promediando las estimaciones calculadas por ambos métodos. El objetivo de esta modelización es obtener proyecciones del TPDA a partir de las estimaciones actuales para distintos conteos efectuados en las inmediaciones de los accesos a la ciudad de Nueva Palmira.

Antes de describir las técnicas utilizadas, es pertinente discutir la ventaja de utilizar el promedio de estimaciones provenientes de distintos enfoques en lugar de elegir el mejor modelo que represente a los datos. La modelización con objetivos de pronósticos consiste en estimar un modelo cualquiera (regresión lineal, series de tiempo, modelos estructurales, etc.) con datos disponibles para distintos momentos del tiempo y a partir de estas estimaciones realizar inferencia sobre los horizontes temporales para los que no se disponen datos.

Esquemáticamente, se tiene una variable dependiente (Y) que se pretende estimar en función de diversas variables independientes (Xi). A los efectos de ejemplificar lo mencionado, se muestra el siguiente esquema de proceso de cálculo que permite obtener los pronósticos de una variable dependiente.



El problema es que si bien un modelo puede ajustar correctamente a los datos disponibles e incluso mostrar altos niveles de predicción en el corto plazo, cuando se realizan proyecciones con horizontes de tiempo más prolongados, además de que aumenta la incertidumbre propia de este tipo de análisis, existe mayor probabilidad de que eventos no anticipados modifiquen fuertemente las estimaciones. En el caso bajo estudio, un ejemplo de un evento no anticipado es la instalación de una planta industrial de gran porte en las cercanías del sitio relevado; esto podría modificar sustancialmente los valores de TPDA. En virtud de ello, es recomendable utilizar varias técnicas de proyección basadas en distintas metodologías de forma tal que los pronósticos incorporen tanto las tasas de crecimiento recientes como el comportamiento de largo plazo, además de dotarlos de la mayor flexibilidad posible. En tal sentido, se sugiere la combinación de resultados provenientes de:

- modelos de series de tiempo que utilizan el propio pasado de la serie para modelar.
- modelos estructurales que vinculen a la variable de interés con variables macroeconómicas.

Estos estudios requieren la asociación de los conteos realizados por el Consultor en diciembre de 2008 en las inmediaciones de la ciudad de Nueva Palmira con otros puestos de conteo para los que se disponga de una cantidad considerable de datos históricos. Por este motivo, se realizó un análisis discriminante que permitió asignar cada conteo ejecutado por el Consultor

con un puesto permanente de los pertenecientes a la DNV o una estación de peaje. Luego de realizado el análisis discriminante los puestos seleccionados fueron los siguientes: peaje de Mercedes (Ruta 2), peaje en Paso del Puerto (Ruta 3) y peaje en Centenario (Ruta 5). En adelante, estos puestos serán denominados puestos de referencia.

Luego de seleccionar los puestos de referencia para los conteos ejecutados por el Consultor, se realizaron proyecciones según dos metodologías: una de ellas consiste en estimar las tasas de crecimiento de los puestos seleccionados a partir de un modelo de series de tiempo; la otra permite vincular el crecimiento del tránsito con el crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) mediante la estimación de un modelo estructural.

En la primera de las metodologías, se estimó un modelo auto regresivo con una componente de tendencia que permitió calcular la tasa de crecimiento del tránsito para cada puesto seleccionado en el análisis discriminante. La estimación se realizó para cuatro categorías de vehículos: autos, buses, camiones medianos y camiones pesados. Luego, se obtuvo el tránsito proyectado aplicando las tasas de crecimiento a los valores de TPDA estimado a partir de los censos ejecutados por el Consultor en diciembre de 2008.

La segunda metodología permitió estimar, mediante la aplicación de un modelo de regresión lineal múltiple, la elasticidad existente en cada puesto de referencia con el PBI. Las estimaciones se realizaron para las cuatro categorías de vehículos utilizadas en la metodología anterior.

En esta metodología se tuvieron en consideración factores estacionales y otras variables (como aproximaciones al costo de operación vehicular) de forma de obtener estimaciones no sesgadas de la elasticidad entre el tránsito y el PBI. Como complemento a esta metodología, se estimó la tasa de crecimiento de largo plazo para el PBI de Uruguay. A estos efectos, se aplicó un modelo en series de tiempo con datos desde el año 1970 a 2008 (fuente de datos: Banco Central del Uruguay).

En función de las consideraciones mencionadas al inicio de este apartado, se adoptaron las tasas de crecimiento que surgen de hacer el promedio entre las tasas obtenidas por cada metodología, para cada puesto y por tipo de vehículo. En los siguientes cuadros se muestran los valores de las estimaciones en cada puesto de referencia según la metodología considerada.

**Cuadro 12**  
**Tasas de crecimiento: peaje Mercedes**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	Modelo no significativo	
buses	3,4%	2,7%
medianos	Modelo no significativo	
pesados	2,0%	8,0%

**Cuadro 13**  
**Tasas de crecimiento: peaje Paso del Puerto**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	11,4%	0,7%
buses	10,1%	0,9%
medianos	Modelo no significativo	
pesados	16,6%	2,0%

**Cuadro 14**  
**Tasas de crecimiento: peaje Centenario**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	4,1%	0,5%
buses	4,1%	0,4%
medianos	4,8%	11,8%
pesados	9,7%	1,6%

**Cuadro 15**  
**Elasticidades: peaje Mercedes**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	0,55	0,10
buses	0,29	0,08
medianos	0,07	0,02
pesados	0,76	0,24

**Cuadro 16**  
**Elasticidades: peaje Paso del Puerto**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	0,78	0,02
buses	0,73	0,04
medianos	0,14	0,07
pesados	1,07	0,07

**Cuadro 17**  
**Elasticidades: peaje Centenario**

Tipo veh	Estimación	Desvío
autos	0,29	0,02
buses	0,29	0,02
medianos	Modelo no significativo	
pesados	0,71	0,05

Para proyectar la componente del tránsito vinculado con el movimiento de cargas del Puerto de Nueva Palmira se utilizaron los datos de toneladas movilizadas en dicha terminal. Estos datos provienen del PM<sup>1</sup>. En forma sintética, las tasas promedio de crecimiento del flujo de camiones para los períodos 2011-2017 y 2017-2027 son 2,9% y 3,9% respectivamente.

Las tasas de crecimiento del tránsito derivado y generado por la puesta en funcionamiento del Puente Internacional Brazo Largo-Nueva Palmira se obtuvieron a partir de los datos incluidos en el Estudio del Enlace Vial Brazo Largo-Nueva Palmira<sup>2</sup>. En este informe se presentan dos escenarios posibles de crecimiento. El Consultor ha definido con la Contraparte que la tasa de crecimiento a utilizar es del 4% anual.

<sup>1</sup> Plan Maestro para el Puerto de Nueva Palmira. Informe Final, tomo II, Demanda y Planes de Acción. Ecoconsult, Octubre de 2008.

<sup>2</sup> Informe Preliminar. Enlace Vial Brazo Largo-Nueva Palmira. Segundo Informe. Ing. Mireya Soriano Lagarmilla. Febrero de 2000.

En el Anexo 5 de este informe se presentan las estimaciones de TPDA por tipo de vehículo para los años de análisis definidos en las hipótesis generales de los estudios de tránsito, es decir: 2011, 2017 y 2027. Para facilitar la lectura de los datos, las proyecciones se muestran en un esquema gráfico que permite ubicar los flujos de tránsito en cada sección de interés del By Pass.

#### 7.1.2. Registro y análisis de volúmenes de tránsito en horas pico

El volumen de tránsito utilizado en los análisis de capacidad debe representar las situaciones más críticas en cuanto a la confluencia de vehículos en la intersección analizada. Al respecto cabe destacar:

- Se analizó la capacidad para el flujo horario punta correspondiente a la mañana. Esto surgió de la información de campo relevada por el Consultor en diciembre de 2008.
- Debe observarse que para definir la hora punta en cada día de relevamiento se identificó la hora punta general de la intersección (total de viajes que ingresan a la intersección).
- Los factores de hora de diseño (factor K según la terminología del HCM 2000) utilizados en la rotonda de Ruta 12 y el futuro By Pass son los siguientes: K livianos = 0,064 y K pesados = 0,088.
- Los factores de hora de diseño utilizados en la intersección de Ruta 21 y el futuro By Pass son los siguientes: K livianos = 0,098 y K pesados = 0,081.

Si se analizan las referencias mencionadas en el HCM 2000<sup>3</sup> en cuanto a valores sugeridos para el factor K, se encuentra que los valores adoptados son levemente superiores a los del HCM 2000. De todas formas, la opinión del Consultor es que utilizando los factores registrados como referencia directa para establecer los Factores de Hora de Diseño para los estudios de capacidad, representarán una hora de diseño exigente, seguramente no más allá de la hora 30.

### 7.2. Análisis de capacidad y nivel de servicio

#### 7.2.1. Consideraciones generales

El Consultor y la Contraparte han acordado estudiar la capacidad y el nivel de servicio en las siguientes secciones del Proyecto:

- Rotonda de la actual Ruta 12 con el futuro By Pass.
- Intersección a nivel (tipo T) entre la actual Ruta 21 y el futuro By Pass.

#### 7.2.2. Hipótesis particulares del análisis de capacidad de las rotondas

El análisis de capacidad de las rotondas se realizó utilizando el software aaSidra el cual permite analizar todos los tipos de intersecciones involucradas en este proyecto. Para el caso de rotondas, este software permite analizar rotondas de más de un carril de circulación (lo cual no es posible con software HCS).

En pocas palabras, el software aaSidra analiza la capacidad aplicando la teoría de aceptación de intervalos. En esta teoría, el comportamiento del flujo de aproximación a una rotonda está regido por la aceptación de intervalos, siendo determinantes los parámetros de intervalo crítico ( $t_c$ ) y tiempo de seguimiento ( $t_f$ ) para estimar la capacidad y nivel de servicio. Así, a medida que  $t_c$  y  $t_f$  disminuyen, aumenta la capacidad de la rotonda.

<sup>3</sup> Highway Capacity Manual, versión 2000. Chapter 8. Exhibit 8-8

Estos parámetros dependen de la geometría de la rotonda, cantidad de carriles de circulación y aproximación, ancho de los carriles y flujo de tránsito en cada rama de aproximación. El software calcula  $t_c$  y  $t_f$  teniendo en cuenta las variables definidas en cada caso.

Los valores de  $t_c$  y  $t_f$  utilizados son los estimados para rotondas en Uruguay. Dichas estimaciones fueron obtenidas por el Ing. Marcelo Caimi (encargado de los estudios de tránsito de este proyecto) en su trabajo de tesis de maestría. Las estimaciones obtenidas en Uruguay presentan diferencias respecto a los valores históricamente utilizados en este tipo de estudio (los cuales se incluyen en el Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos de Norteamérica, HCM 2000). En efecto, los del HCM2000 son superiores a los estimados en Uruguay, lo cual redundaría en sobreestimación de la capacidad.

En definitiva, se adoptaron los siguientes valores de los parámetros:  $t_c = 3,5$  segundos y  $t_f = 2,2$  segundos.

Las principales características del método de análisis utilizado por el software son:

- Análisis individual por carril
- La rotonda no se analiza como un conjunto de intersecciones tipo T sino que tiene en cuenta la interacción entre los flujos de las ramas de aproximación a través del efecto de las características direccionales

#### 7.2.3. Hipótesis particulares del análisis de capacidad de las intersecciones a nivel tipo T

El análisis de capacidad de este tipo de intersecciones utilizando el software SIDRA se basa en la modelación mediante la aceptación de intervalos. La capacidad y los modelos de performance son consistentes con los utilizados para rotondas en lo que refiere a los conceptos aplicados y la obtención de la estructura de los modelos.

Los valores de intervalo crítico y tiempo de seguimiento tienen una importancia relevante en los resultados de capacidad y nivel de servicio. Los parámetros utilizados en los estudios de capacidad efectuados son los siguientes:

**Cuadro 18**  
 **$t_c$  y  $t_f$  en intersección tipo T**

Giro desde R21	Intervalo Crítico (s)	Tiempo de Segum. (s)
Izquierda	7,5	3,5
Pasante	6,5	4,0
Derecha	6,9	3,3

**Cuadro 19**  
 **$t_c$  y  $t_f$  en intersección tipo T**

Giro desde By Pass	Intervalo Crítico (s)	Tiempo de Segum. (s)
Izquierda	6,9	3,3
Derecha	6,9	3,3

#### 7.2.4. Definición de los casos analizados

##### 7.2.4.1. Volumen de diseño

El Consultor, en acuerdo con la Contraparte, ha definido que los análisis de la capacidad se realicen para el flujo de la hora punta existente en cada sitio., el cual representa el flujo de



tránsito en las situaciones más exigentes que se producen durante el día. Este tránsito es representativo de las horas más críticas que ocurrirán dentro del área de influencia del Proyecto.

Bajo esta hipótesis se están representando las condiciones de tránsito más exigentes en cuanto a la capacidad de las vías. Si se efectuara un ranking de las horas más críticas que existen en un año, la representación de la hora punta entraría entre los primeros 30 lugares. Este aspecto es de fundamental importancia al realizar consideraciones respecto los valores de demora y nivel de servicio obtenidos en estas situaciones.

#### 7.2.4.2. Geometría de las intersecciones

Para estudiar la capacidad de la rotonda se consideraron 2 situaciones:

- rotonda de un carril de circulación y un carril de aproximación
- rotonda con 2 carriles de circulación y 2 carriles de aproximación

Para la intersección en forma de T entre la Ruta 21 y el By Pass se analizó el caso de intersección con preferencia de paso para el tránsito del By Pass y con cartel de Pare para los giros desde Ruta 21.

#### 7.2.4.3. Escenarios de tránsito

Como se mencionó en la Introducción de este capítulo, los análisis de capacidad se realizaron para dos Escenarios de demanda de tráfico:

**Escenario 1:** el tránsito de análisis corresponde a la componente de tránsito actual reordenado en la nueva infraestructura más el tránsito asociado al movimiento de cargas vinculado con el Puerto de Nueva Palmira.

Las estimaciones del movimiento de cargas vinculado al Puerto de Nueva Palmira tiene como fuente el estudio de PM<sup>4</sup>. En este informe, las estimaciones de demanda consideraron tres Escenarios diferentes: Optimista, Moderado y Pesimista. En acuerdo con la Contraparte, el Consultor ha utilizado para las asignaciones de tránsito los valores de toneladas estimados en el Escenario Moderado. A partir de ellos, el Consultor estimó el flujo diario de camiones asociado a la operativa del puerto. Los valores finales se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 20**  
**Estimación de demanda en el puerto de Nueva Palmira**

Cargas (millones t)	2007	2008	2011	2012	2016	2017	2022	2027
Graneles sólidos	0.79	0.96	1.16	1.37	1.53	1.58	2.38	2.39
Graneles líquidos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Break bulk	0.22	0.20	0.24	0.13	0.09	0.08	0.05	0.03
Carga general	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05
Total (millones t)	1.03	1.18	1.43	1.53	1.65	1.69	2.47	2.47
camiones/día	94	108	130	140	151	154	226	226

Valores interpolados con una tasa del 6,5%

**Escenario 2:** el tránsito de análisis es igual al del Escenario 1 más el tránsito generado y derivado por la puesta en funcionamiento del Puente Internacional Brazo Largo-Nueva Palmira.

<sup>4</sup> Plan Maestro para el Puerto de Nueva Palmira. Informe Final, tomo II, Demanda y Planes de Acción. Ecoconsult, Octubre de 2008.

Para asignar al proyecto el tránsito que circularía por el puente Internacional se utilizó como fuente de datos los incluidos en el Segundo Informe del Enlace Vial Brazo Largo-Nueva Palmira<sup>5</sup>.

Ante la ausencia de mejor información, el Consultor y la Contraparte han asumido como hipótesis que la puesta en funcionamiento del Puente Internacional será en el año 2020. Debido a que las estimaciones de tránsito incluidas en el informe mencionado corresponden al año 2001, el Consultor realizó una actualización al año 2020 mediante la aplicación de tasas de crecimiento históricas. Luego, para obtener el tránsito proyectado a partir de la puesta en servicio se aplicaron las tasas de crecimiento consideradas en el estudio de demanda del Puente Internacional y así se obtuvo el tránsito diario que lo utilizaría.

**Cuadro 21**  
**Estimación de demanda del Puente Internacional**  
**Brazo Largo-Nueva Palmira**

Tránsito	2001	2020	2027
Livianos	530,512	930,256	1,224,153
Pesados	100,956	133,964	176,287
Flujo anual	<b>631,468</b>	<b>1,064,220</b>	<b>1,400,440</b>
TPDA Liv	1,453	2,549	3,354
TPDA Pes	277	367	483
TPDA	1,730	2,916	3,837

Livianos: autos

Pesados: buses y camiones

Hipótesis 1: tasa crec. Livianos 2001-2020 = 3%

Hipótesis 2: tasa crec. Pesados 2001-2020 = 1,5%

La hipótesis de asignación adoptada implica que el 70% del tránsito que utilizaría el Puente Internacional será captado por el By Pass. Fue necesario considerar esta suposición ya que el estudio de demanda del Puente Internacional no tiene ninguna referencia e información vinculada a la distribución de origen-destino del tránsito que lo cruzaría.

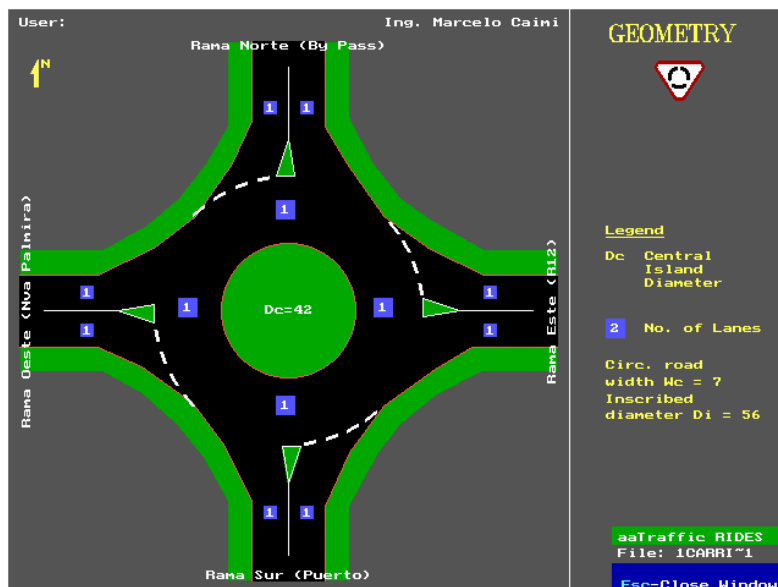
En función de todo lo expuesto, se obtuvieron las asignaciones de tránsito cuyos valores se presentan en el Anexo 5 de este informe. Los datos se presentan en forma de esquema gráfico en los cuales se representan las estimaciones de TPDA para los 2 escenarios definidos y para los años 2011, 2017 y 2027.

#### 7.2.4.4. Capacidad de la rotonda en Ruta 12 y By Pass

La Figura 8 muestra las características geométricas de esta intersección: el primer caso de análisis corresponde a una rotonda de 4 ramas de aproximación con 1 carril de circulación de 7 metros de ancho y 1 carril de aproximación en cada rama. El ancho de los carriles de aproximación es de 3,3 m en las ramas Este y Oeste y de 3,6 m en las ramas Norte y Sur. El diámetro exterior de la rotonda es de 56 m y el interior es de 42 m.

<sup>5</sup> Informe Preliminar. Enlace Vial Brazo Largo-Nueva Palmira. Segundo Informe. Ing. Mireya Soriano Lagarmilla. Febrero de 2000.

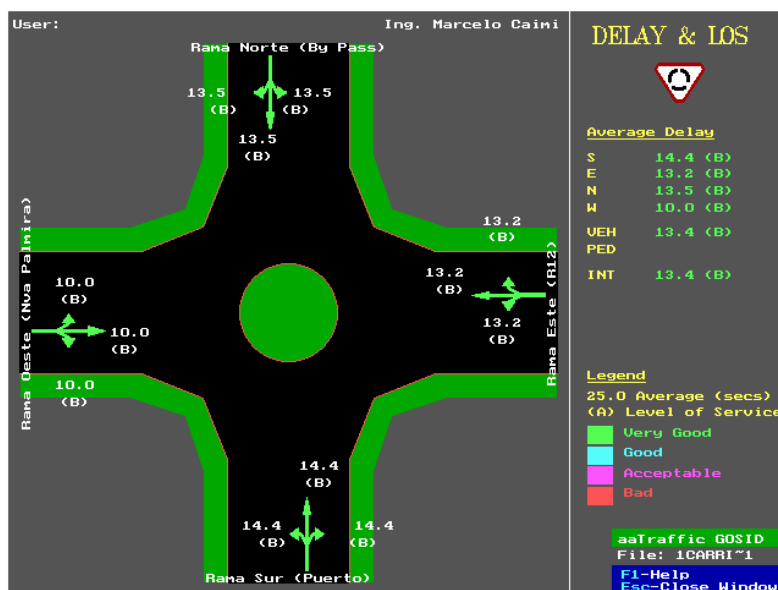
**Figura 8**  
**Rotonda en R12 y By Pass – 1 carril de circulación**  
**Geometría**



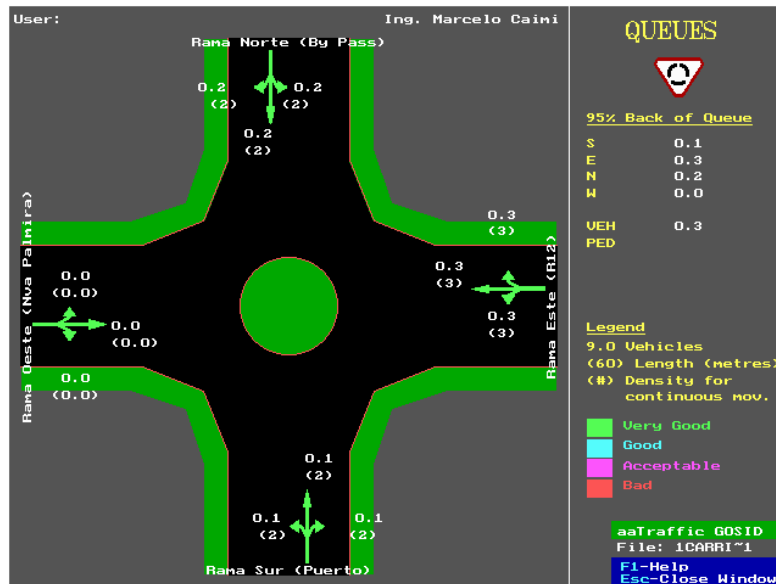
Todos los resultados de los análisis de capacidad y nivel de servicio (demora, nivel de servicio, longitud de cola y flujo horario utilizado) se adjuntan en el Anexo 5 de este informe.

A modo de ejemplo, a continuación se presentan los resultados de demora, nivel de servicio y longitud de cola (percentil 95) para la rotonda de Ruta 12 y el futuro By Pass en su versión de un carril de circulación, considerando el flujo de hora punta del año 2011 (año de puesta en servicio).

**Figura 9**  
**Rotonda en R12 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1 Demora media y Nivel de servicio**

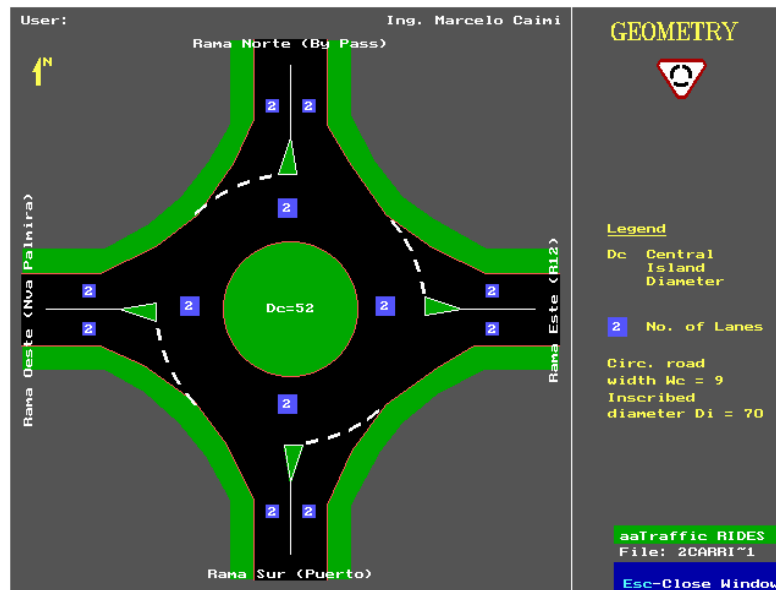


**Figura 10**  
**Rotonda en R12 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1**  
**Longitud de cola**



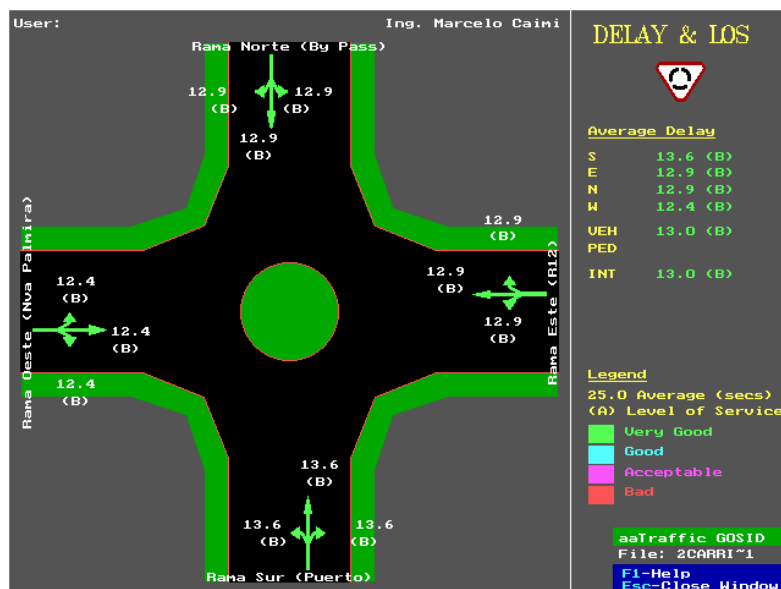
En la Figura 11 se muestra la geometría de la rotonda para el segundo caso analizado: dos carriles de aproximación (3,6 m de ancho) en cada rama y 2 carriles de circulación de 4,5 m cada uno. El diámetro exterior de la rotonda es de 70 m y el interior es de 52 m.

**Figura 11**  
**Rotonda en R12 y By Pass – 2 carriles de circulación**  
**Geometría**

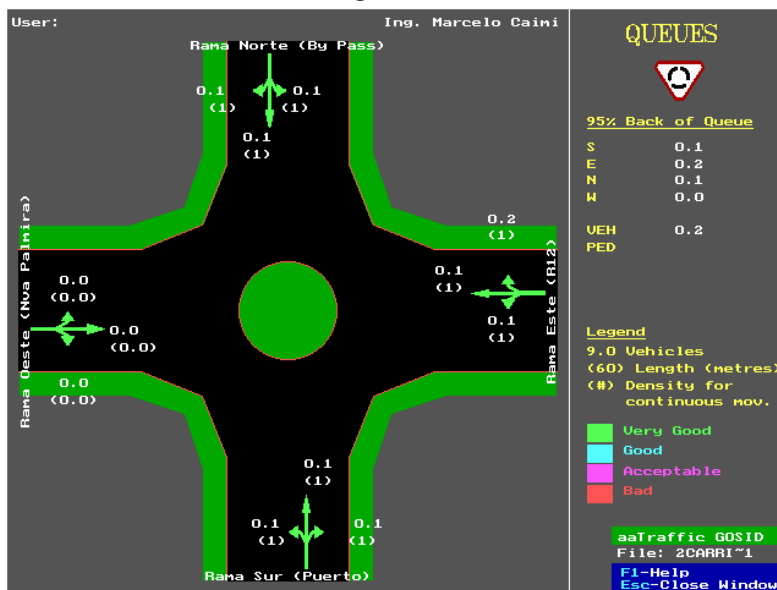


A modo de ejemplo, en las Figuras 12 y 13 se presentan los resultados de demora, nivel de servicio y longitud de cola (percentil 95) para la rotonda de Ruta 12 y el futuro By Pass en su versión de 2 carriles de circulación, considerando el flujo de hora punta del año 2011 (año de puesta en servicio).

**Figura 12**  
**Rotonda en R12 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1**  
**Demora media y Nivel de servicio**



**Figura 13**  
**Rotonda en R12 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1**  
**Longitud de cola**



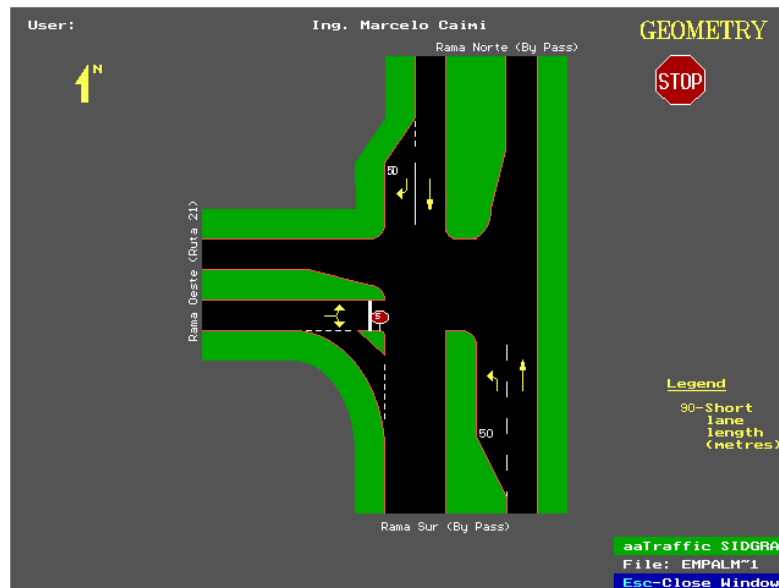
#### 7.2.4.5. Capacidad de la intersección a nivel (tipo T) en R21 y By Pass

La Figura 14 muestra las características geométricas de la intersección: 3 ramas de aproximación (forma de T) con 1 carril por sentido de circulación, salvo en el By Pass en las inmediaciones de la intersección donde se generan carriles para giro a la derecha (rama Norte) y para giro a la izquierda (rama Sur). El ancho de los carriles del By Pass es de 3,6 m y el de los de Ruta 21 es de 4,2 m.

Las prioridades de paso responden al siguiente orden de preferencia:

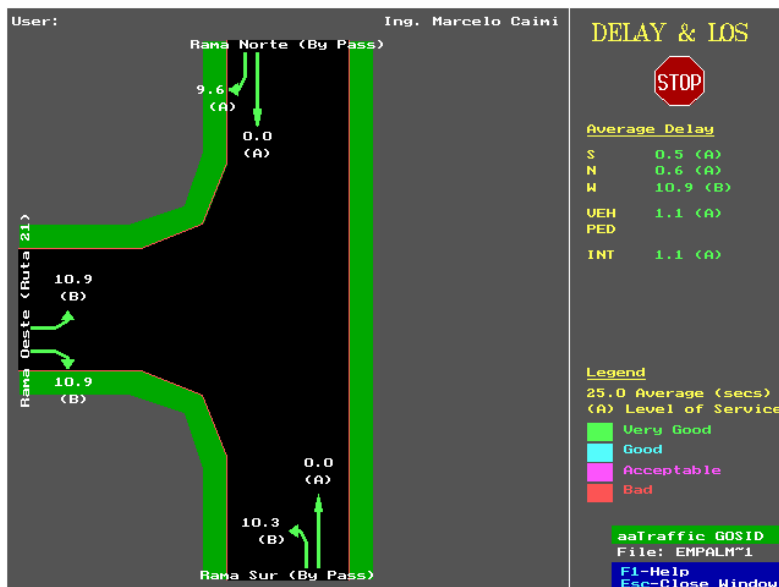
- Pasantes por el By Pass
- Giros desde el By Pass hacia Ruta 21
- Giros desde Ruta 21 hacia el By Pass

**Figura 14**  
**Intersección tipo T en R21 y By Pass**  
**Geometría**

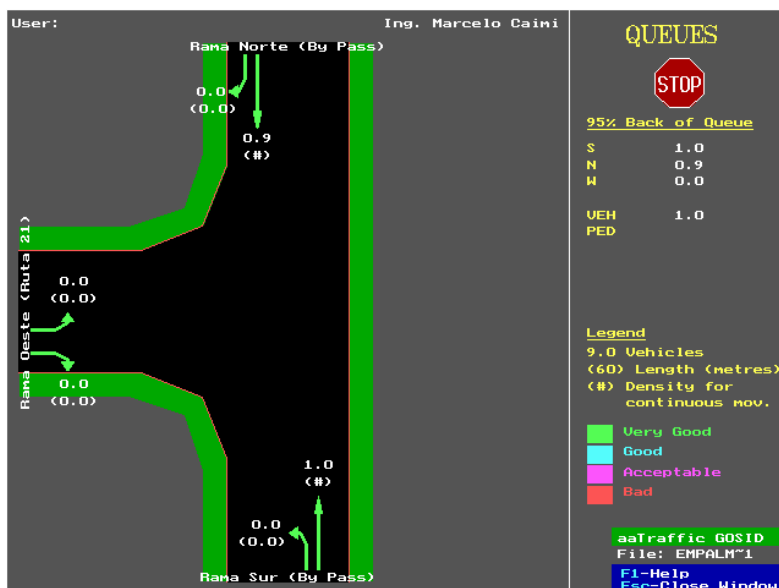


En forma análoga a la rotonda, en las Figuras 15 y 16 se presentan los resultados del análisis de capacidad para la intersección de Ruta 21 y el By Pass, considerando el tránsito de la hora punta del año 2011.

**Figura 15**  
**Intersección tipo T en R21 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1**  
**Demora media y Nivel de servicio**



**Figura 16**  
**Intersección tipo T en R21 y By Pass**  
**Año 2011 – Escenario 1**  
**Longitud de cola**



Con respecto a los resultados (ver Anexo 5) cabe comentar:

- En la versión de un carril, el nivel de servicio de la rotonda en Ruta 12 y el futuro By Pass es B para todo el período de análisis y en los dos escenarios de tránsito considerados en el

presente estudio. Esto asegura un funcionamiento correcto de la intersección bajo las hipótesis definidas.

- Cuando se considera la rotonda con dos carriles de circulación también se obtiene nivel de servicio B durante todo el período de análisis. En consecuencia, se verifica un correcto funcionamiento de la intersección durante el período considerado.
- Si se comparan los valores de las demoras y nivel de servicio obtenidos en la rotonda con uno y dos carriles de circulación, se observa que son similares. Sin embargo se considera que en la medida que estas intersecciones serán utilizadas para efectuar maniobras de giro de vehículos de gran tamaño, es conveniente que la rotonda disponga de 2 carriles de circulación a los efectos de mejorar las condiciones de maniobrabilidad de estos vehículos y además para proporcionar mayores condiciones de seguridad al tránsito.
- Con respecto a la intersección entre Ruta 21 y el futuro By Pass, el nivel de servicio es A durante todo el período de análisis. Esto se explica principalmente por las definiciones de prioridad en las preferencias de paso y adicionalmente porque los giros desde el By Pass hacia Ruta 21 y viceversa no presentan grandes volúmenes de vehículos.
- Bajo las hipótesis definidas en este capítulo, las dos intersecciones presentan un funcionamiento adecuado y en ningún momento se ve comprometida la capacidad.

## **8. PROXIMAS TAREAS A DESARROLLAR**

Habiendo avanzado los estudios hasta esta instancia, se procederá a iniciar los estudios correspondientes a la parte final del estudio. Los mismos incluirán:

- Diseño geométrico.
- Diseño de drenajes.
- Diseño de pavimento.
- Diseño de la señalización e iluminación.
- Expropiaciones.
- Anteproyectos de las estructuras.
- Recaudos técnicos para la licitación.
- Modelo tridimensional.
- Evaluación de impacto ambiental.



