



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

TRÁNSITO RÁPIDO DE AUTOBÚS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL GRAN RESISTENCIA



Autores:

Abdula, Gadiel

Cardozo, Ariel

Tripaldi, Federico

Tutor: Ing. Rolando H. Biain

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	7
1.1. Introducción.....	8
1.2. Fundamentos	8
1.3. Ubicación estratégica	11
1.4. Objetivos	14
1.5. Ventajas y desventajas	15
1.5.1. Ventajas.....	15
1.5.2. Desventajas	17
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRAZAS	19
2.1. Introducción.....	20
2.2. Metodología de estudio	21
2.3. Parámetros estudiados	22
2.4. Alternativas de trazas.....	24
2.5. Resultados e interpretaciones	33
2.6. Conclusiones.....	36
CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA.....	39
3.1. Introducción.....	40
3.2. Estudio de suelos	43
3.2.1. Clasificación del suelo según H.R.B.....	43
3.2.2. Compactación del suelo	45

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

3.2.3. Valor soporte e hinchamiento de los suelos	48
3.2.4. Resultados	51
3.2.5. Conclusiones	52
3.3. Topografía.....	53
CAPÍTULO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO Y FÍSICO	56
4.1. Introducción.....	57
4.2. Metodología de diseño	58
4.3. Sección transversal	58
4.4. Velocidad de diseño	63
4.5. Vehículo de diseño.....	65
4.6. Estación de transferencia modal	70
4.6.1. Plan de necesidades.....	71
4.6.2. Organigrama	72
4.6.3. Análisis de superficies.....	74
4.6.4. Diseño arquitectónico.....	74
4.7. Diseño de paradas	74
CAPÍTULO 5: DISEÑO ESTRUCTURAL	79
5.1. Introducción.....	80
5.2. Metodología de estudio	81
5.3. Procedimiento de cálculo AASHTO	82
5.3.1. Ejes equivalentes (ESALs).....	83

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.3.2.	Desvío normal estándar (Z_r)	87
5.3.3.	Desvío estándar de todas las variables (S_o)	87
5.3.4.	Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)	88
5.3.5.	Módulo de rotura del hormigón (MR).....	89
5.3.6.	Coeficiente de drenaje (C_d)	90
5.3.7.	Coeficiente de transferencia de cargas (J)	91
5.3.8.	Módulo elástico del hormigón (E_c)	92
5.3.9.	Confiabilidad (R)	93
5.3.10.	Módulo compuesto de reacción de la subrasante (K_c)	94
5.3.11.	Cálculo del espesor del pavimento.....	98
5.4.	Procedimiento de cálculo Instituto del Cemento Portland Argentino	101
5.4.1.	Propiedades mecánicas del hormigón.....	101
5.4.2.	Transferencia de cargas en juntas transversales	101
5.4.3.	Período de diseño	102
5.4.4.	Características del tránsito.....	102
5.4.5.	Módulo de reacción combinado de subrasante y base (k_c)	105
5.4.6.	Cálculo del espesor del pavimento.....	107
5.4.7.	Espesor adoptado.....	107
5.5.	Carriles de tráfico mixto.....	108
5.6.	Paquetes estructurales.....	109
5.7.	Juntas, pasadores y barras de unión.....	110

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 6: SEGURIDAD VIAL	115
6.1. Introducción.....	116
6.2. Metodología de estudio	116
6.3. Señalización horizontal	117
6.3.1. Líneas longitudinales	117
6.3.2. Líneas transversales	120
6.3.3. Símbolos y leyendas	122
6.4. Señalización vertical.....	123
6.4.1. Señales reglamentarias	123
6.4.2. Señales preventivas.....	124
6.4.3. Señales informativas.....	124
6.5. Separadores de tránsito	125
6.6. Semaforización	129
CAPÍTULO 7: ADECUACIÓN HIDRÁULICA.....	135
7.1. Introducción.....	136
7.2. Metodología de estudio	139
7.3. Cálculo del caudal de aporte	140
7.3.1. Coeficiente de escorrentía	141
7.3.2. Intensidad de lluvia de diseño	142
7.3.3. Área de la cuenca	143
7.3.4. Resultados	144

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

7.4. Caudales admisibles del cordón cuneta	144
7.5. Sumideros	146
7.6. Conclusiones	148
CAPÍTULO 8: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO	150
8.1. Introducción	151
8.2. Metodología	151
8.3. Descripción de los Componentes del Proyecto	152
8.3.1. Demoliciones	152
8.3.2. Adecuación hidráulica	152
8.3.3. Señalización	153
8.3.4. Paquete estructural	153
8.3.5. Varios	154
8.4. Cómputo y Presupuesto	154
8.5. Evaluación Socioeconómica	155
8.6. Conclusiones	159
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	161
9.1. Introducción	162
9.2. Servicio de bisisendas y bicicletas compartidas	162
9.3. Iluminación	165
9.3.1. Factores para el diseño de iluminación:	165
9.4. Semaforización	168

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

9.5. Estación de transferencia modal	170
9.6. Reacondicionamiento de veredas	171
9.7. Ubicación de las paradas	173
9.8. Adecuación hidráulica de la vía	174
9.9. Conclusiones.....	175
Bibliografía	177

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

1.1. Introducción

En el escenario de las ciudades modernas, la movilidad urbana se presenta como uno de los desafíos más complejos. Las ciudades y las poblaciones se expanden, y con esto surge la necesidad de sistemas de transporte público eficientes, sostenibles y accesibles. En este contexto, el presente trabajo aborda un tema importante para la ciudad de Resistencia: la implementación del Sistema de Tránsito Rápido de Autobús (TRA).

El TRA, como una modalidad de transporte público de alta capacidad y eficiencia, representa una respuesta innovadora a los problemas de congestión vehicular, contaminación del aire y la creciente demanda de movilidad en las áreas urbanas. Este sistema ofrece una movilidad más rápida y confiable para los ciudadanos, al tiempo que contribuye significativamente a la reducción de emisiones de carbono y al mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades.

El enfoque de este trabajo se centrará en el análisis de los aspectos generales relacionados con la implementación del TRA en Resistencia, explorando temas como el análisis de trazas, el diseño geométrico, el diseño estructural, la seguridad vial, las adecuaciones hidráulicas y el estudio de los costos.

En última instancia, este trabajo aspira a contribuir al desarrollo de una infraestructura de transporte público moderna y sostenible, que no solo beneficie a los residentes actuales, sino que también sienta las bases para futuros desarrollos en términos de movilidad y calidad de vida.

1.2. Fundamentos

El transporte público es una opción popular para los ciudadanos que se desplazan por el AMGR. Según la Encuesta Nacional de Gastos de Hogares de 2017-2018, el 34,4% de los hogares de la ciudad utilizan el transporte público como su principal medio de transporte.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Recientemente, se ha implementado un plan de movilidad urbana con un total de 23 líneas de transporte público que cubren la mayoría de las zonas del AMGR con el objetivo de mejorar la calidad del transporte público y fomentar formas más sostenibles de movilidad. Este plan incluye la implementación de nuevas líneas interurbanas, la instalación de nuevas paradas de autobús y la modernización de la flota de vehículos. El sistema de transporte público de la ciudad es operado por varias empresas de transporte que administran autobuses en diferentes rutas dentro de la ciudad.

También se está trabajando en la construcción de ciclovías y en la promoción del uso de bicicletas como medio de transporte alternativo.

En cuanto al tráfico vehicular, la ciudad cuenta con un sistema de calles y avenidas principales y secundarias que conectan sus diferentes zonas. Este sistema resulta útil aunque en algunas áreas puede haber congestión durante las horas pico.

Resistencia, como cualquier ciudad urbana, enfrenta desafíos en su movilidad. Algunos de los principales problemas que enfrenta son los siguientes:

1. Congestión del tráfico: El aumento del parque automotor, sobre todo de vehículos individuales y la falta de infraestructura vial adecuada han generado un aumento en la congestión del tráfico en horas pico.
2. Ineficiencia del transporte público debido a:
 - Insuficiente frecuencia y capacidad de los autobuses: La flota de transporte público no es suficiente para cubrir la demanda de los usuarios, lo que genera largas esperas y sobrecarga de pasajeros en los autobuses.
 - Falta de puntualidad: Los autobuses suelen sufrir retrasos debido a la congestión del tráfico, lo que hace que los usuarios pierdan tiempo y lleguen tarde a sus destinos.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Falta de seguridad: Los usuarios del transporte público pueden estar expuestos a robos y otros delitos debido a la falta de seguridad en las paradas de autobuses (ver figura 1.2) y en los mismos vehículos.
- Falta de mantenimiento y limpieza: Algunos autobuses pueden estar en mal estado, lo que genera inconvenientes a los usuarios y afecta la calidad del servicio. Además, la falta de limpieza puede generar malos olores y condiciones insalubres en los vehículos.
- Tarifas elevadas: El costo del transporte público puede ser elevado en comparación con el poder adquisitivo de algunos usuarios, lo que dificulta su acceso al servicio.
- Falta de infraestructura para ciclistas y peatones: La ciudad no cuenta con suficientes ciclovías (ver figura 1.1) ni espacios seguros para los peatones, lo que hace que sea difícil y peligroso para quienes se desplazan a pie o en bicicleta.
- Falta de planificación urbana: la ciudad ha crecido de manera desordenada, lo que ha generado problemas en la movilidad urbana, ya que no se ha tenido en cuenta la planificación adecuada de la infraestructura vial y del transporte público.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 1.1. Falta de infraestructura segura para ciclistas (fuente: Chaco Día por Día).



Figura 1.2. Situación actual de las paradas de colectivos, abordaje con desnivel (fuente: Digital Press).

1.3. Ubicación estratégica

La ciudad de Resistencia es la capital de la provincia de Chaco, ubicada en el noreste de Argentina con una población de alrededor de 360.000 habitantes. Es una ciudad con amplia

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

oferta educativa, que incluye universidades, institutos técnicos y escuelas de formación profesional, lo cual atrae a estudiantes de toda la región, que ven en la ciudad una oportunidad para desarrollarse profesionalmente.

El AMGR tiene una ubicación estratégica, ya que se encuentra en el cruce de varias rutas y corredores viales que conectan diferentes regiones del país. Limita al este con la provincia de Corrientes, y se encuentra cerca de importantes destinos turísticos de la región, como el Parque Nacional Iguazú y la ciudad de Puerto Iguazú, en la frontera con Brasil.

La Ruta Nacional 16, que conecta la ciudad de Corrientes con la provincia de Salta forma un corredor bioceánico que atraviesa la ciudad de Resistencia, lo que la convierte en un importante punto de conexión para el transporte terrestre de carga y pasajeros en el noreste de Argentina.

Además, la ciudad cuenta con el Aeropuerto Internacional de Resistencia, que ofrece conexiones con otras ciudades importantes de Argentina y destinos internacionales en América del Sur.

Por otro lado, el AMGR se encuentra ligada al río Paraná y su hidrovía mediante el puerto de Barranqueras, que la conecta hacia el norte con Asunción, capital de Paraguay, y al sur con importantes centros comerciales e industriales como Rosario y Buenos Aires.

Por todo lo mencionado anteriormente, el AMGR se convierte en un importante vínculo para el transporte terrestre, fluvial y aéreo en la región, lo que produce un incremento en el uso de los transportes públicos existentes (ver plano N°0 y Figura 1.3 y 1.4).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

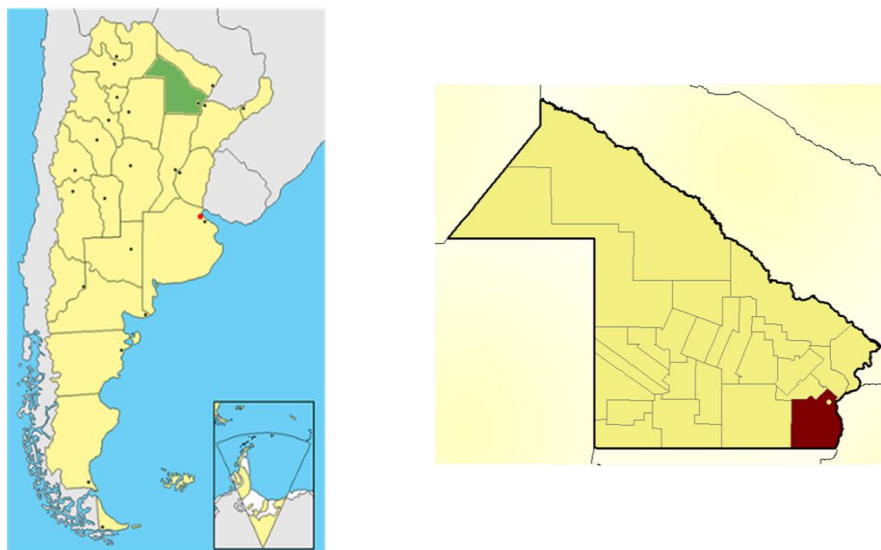


Figura 1.3. Provincia del Chaco identificada en el mapa de la Rep. Argentina (izquierda) y departamento San Fernando identificado en el mapa de la provincia del Chaco (fuente: Wikipedia).

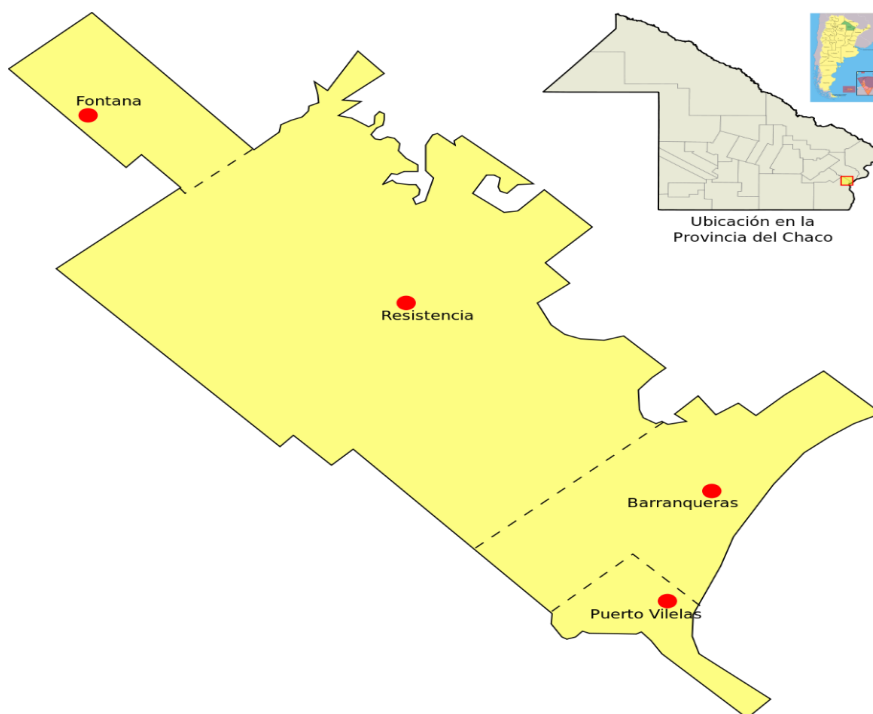


Figura 1.4. Área Metropolitana del Gran Resistencia (fuente: Wikipedia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

1.4. Objetivos

El sistema de Tránsito Rápido de Autobús (TRA) consiste en buses de alta capacidad que circulan por carriles exclusivos y tienen paradas estratégicas y modernas estaciones (ver figura 1.5).

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar la conveniencia de la implementación del sistema TRA para el Área Metropolitana del Gran Resistencia.

Como objetivos particulares podemos mencionar los siguientes:

- Determinar el diseño y dimensionado de sus componentes principales
- Mejorar la movilidad y seguridad de los habitantes de la ciudad
- Reducir los tiempos de viaje
- Disminuir la congestión vehicular
- Brindar un servicio de transporte eficiente, seguro y de calidad



Figura 1.5. Línea Ecovía en Quito, Ecuador (fuente: Guía de Planificación de Sistemas BRT).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

1.5. Ventajas y desventajas

Con todo lo mencionado anteriormente, según diferentes análisis de los sistemas de TRA aplicados en diversas ciudades del mundo (ver figura 1.6) y sobre todo en Argentina, se pueden definir las ventajas y desventajas en los siguientes ítems:

1.5.1. Ventajas

- Mayor velocidad: Al existir carriles exclusivos para las unidades de transporte público, el TRA quedará excluido de las congestiones vehiculares que sufre el resto del tránsito. A esto se suma la mejor planificación y organización en todos los aspectos del sistema, lo que resulta en una reducción del tiempo de viaje y aumento del confort del usuario, tanto cuando espera el colectivo en la estación, así como cuando utiliza el mismo.
- Mejora del tráfico: Al segregar físicamente los colectivos y el tráfico mixto, se restan vehículos del volumen que circula en los carriles comunes. Esto implica una mayor capacidad de las avenidas y mejores proyecciones a futuro.
- Mejor rendimiento: Se pretende que los buses del TRA sean más grandes que los autobuses regulares, lo que les permite transportar más pasajeros por viaje. Esto influye en el rendimiento del sistema y en el beneficio financiero de la empresa prestadora del servicio, ya que podrá llevar una mayor cantidad de pasajeros, lo que implica mayor recaudación con el movimiento de una sola unidad, logrando un ahorro de combustible, lubricantes, cubiertas, etc.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- **Sostenibilidad:** Se busca que las unidades utilizadas por el TRA tengan tecnología de bajas emisiones. La mejora en el rendimiento del sistema, generará menores emisiones que un sistema convencional de transporte público. Además, se procura que los habitantes de la ciudad prefieran el transporte público por sobre otros medios de movilidad individual (motocicletas y automóviles). Si esta premisa se cumple, se reducirán las emisiones a nivel municipal, además del ruido, congestión, etc.
- **Economía:** Comparando con otros medios de transporte masivo como el tren, tranvía o tren ligero (LRT, por su nombre en inglés: “Light Rail Transit”), el TRA es un sistema de muy alto rendimiento y muy baja inversión relativa. En otras palabras, se logran los mismos resultados que un LRT con una inversión mínima, accesibles para cualquier área metropolitana de la misma envergadura que la estudiada en el presente trabajo. En este punto, también se debe tener en cuenta el aumento del valor de las zonas aledañas al sistema TRA, como un impulso importante a la actividad económica de la ciudad.
- **Innovación:** Este sistema de TRA requiere la utilización de sistemas inteligentes de transporte (SIT) para proveer información en tiempo real tanto al usuario como a los operadores.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 1.6. Sistema TRA de Curitiba, Brasil (fuente: Guía de Planificación de Sistemas BRT).

1.5.2. Desventajas

- **Espacio requerido:** El sistema de TRA requiere carriles exclusivos para los colectivos, con segregación física, además de estaciones niveladas con el colectivo tipo, lo que puede ser difícil de implementar en áreas con espacio limitado, o puede requerir grandes inversiones de expropiación e infraestructura. (Ver figura 1.7).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Falta de flexibilidad: El sistema de TRA tiene un trazado fijo, lo que puede limitar su capacidad para adaptarse a los cambios en la demanda de transporte en ciertas áreas del AMGR. Se requiere que este proyecto sea implementado a la par del Plan Estratégico Territorial, Reglamento de Construcciones, Programa de Ordenamiento Territorial, vigentes en el AMGR.
- Impacto en la sociedad: La aplicación de un sistema de este tipo requiere el acompañamiento de todo el aparato gubernamental, junto con la educación vial de la sociedad y algunos cambios de hábitos impregnados en la idiosincrasia local. Esto se refiere al control estricto de los carriles, semaforizaciones, giros, estacionamientos, cruces peatonales, prioridades de paso, etc.



Figura 1.7. Corredor de TRA en Seúl, Corea del Sur, ante la congestión vehicular en los carriles de tráfico mixto (fuente: Guía de Planificación de Sistemas BRT).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRAZAS

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

2.1. Introducción

Se presenta el análisis de las posibles trazas para el sistema de Tránsito Rápido de Autobús (TRA) en el AMGR. El objetivo principal es identificar las alternativas más óptimas que cumplan con los criterios técnicos y contribuyan a mejorar la movilidad y el transporte público de la ciudad.

El análisis se ha llevado a cabo mediante un enfoque objetivo y fundamentado en parámetros clave, los cuales se han seleccionado considerando su relevancia y su impacto en la eficacia y el éxito del sistema de TRA donde cada parámetro ha sido evaluado de manera detallada para comprender su influencia en la elección de las trazas.

En el desarrollo de este capítulo se presentarán los parámetros estudiados, proporcionando una descripción detallada de cada uno de ellos y además se explorarán las diferentes alternativas de trazas que han surgido como resultado del análisis, destacando sus características y ventajas específicas.

Posteriormente se presentarán los resultados e interpretaciones obtenidos de este análisis exhaustivo y se analizará cada alternativa en función de los parámetros estudiados, permitiendo una comparación clara y objetiva entre ellas. Este análisis proporcionará una base sólida para la toma de decisiones informadas en la selección final de las trazas más viables.

Finalmente se presentarán las conclusiones obtenidas a partir del análisis realizado. Estas conclusiones brindarán una visión integral de las posibilidades y desafíos asociados con el TRA en el AMGR, sentando las bases para futuras etapas de planificación y diseño.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

2.2. Metodología de estudio

Para el análisis de las diferentes alternativas de trazas en este proyecto se utilizó el Método Jerárquico, el cual es una técnica utilizada en la toma de decisiones y la resolución de problemas que involucra la descomposición de un problema complejo en una serie de niveles o pasos más manejables. Los criterios son los factores o aspectos que se utilizan para evaluar las diferentes alternativas, siendo estas las posibles soluciones que se están considerando.

El proceso generalmente comienza definiendo el objetivo principal del problema y luego identificando los criterios relevantes para evaluar las alternativas, estos últimos pueden ser ponderados en función de su importancia relativa para reflejar las preferencias y prioridades del tomador de decisiones.

El método jerárquico puede ser utilizado en diversas situaciones donde se enfrenta un problema complejo y se necesita tomar decisiones basadas en múltiples criterios.

Se citan a continuación algunas razones por las cuales el método puede ser utilizado en la decisión de este proyecto.

- Toma de decisiones estructurada: Proporciona una estructura organizada y sistemática para abordar problemas complejos; ayuda a descomponer el problema en pasos más manejables y a considerar múltiples criterios de manera estructurada.
- Evaluación de múltiples criterios: Cuando hay múltiples criterios que deben ser considerados, el método jerárquico permite asignar pesos o importancias relativas a cada criterio y evaluar cómo las alternativas se desempeñan en relación con ellos. Esto ayuda a tener en cuenta diferentes aspectos y prioridades al tomar una decisión.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Clarificación de preferencias: Ayuda a clarificar las preferencias y prioridades al comparar las alternativas en función de los criterios, y al asignar valores numéricos a las relaciones de preferencia se pueden obtener resultados cuantitativos que reflejen las tendencias subjetivas.
- Comparación sistemática de alternativas: Permite realizar enfrentamientos de a pares entre las alternativas en relación con cada criterio, lo que facilita la comparación y la toma de decisiones basada en información relevante y bien estructurada.
- Flexibilidad y adaptabilidad: Se puede adaptar a diferentes contextos y problemas, y se puede ajustar para reflejar cambios en los criterios o en las preferencias a medida que se obtiene nueva información o se modifica la situación.

2.3. Parámetros estudiados

Para el trabajo en cuestión se analizarán distintas trazas posibles para el recorrido del TRA a través del AMGR; es por ello que se tendrán en cuenta los siguientes parámetros que permitan la comparación entre ellas, para así poder establecer el recorrido definitivo que mejores condiciones presente.

Los componentes seleccionados para su evaluación y comparación son:

- Ancho de camino: Como premisa se propone contar con un ancho mínimo ideal de 30 metros entre líneas municipales. Este valor surge de tener en cuenta una sección tipo que contará por sentido con 4 metros de vereda, dos carriles para tráfico mixto de 3 metros cada uno, un carril exclusivo de autobús que será de 3 metros y 2 metros de separación física entre el carril exclusivo y los demás, llegando así al ancho mínimo mencionado.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Estado de la calzada: Se necesita verificar el estado de la calzada actual, de manera visual, para determinar si es necesario un refuerzo y/o reacondicionamiento de la misma, ya sea en sentido estructural o superficial.
- Tránsito: Teniendo en cuenta que se busca reducir la congestión vehicular y promover el uso del transporte público, se analizará el volumen del tránsito en cada una de las trazas planteadas siendo la de mayor importancia aquella que cuente con mayor densidad y congestión.
- Reducción de vereda: Como se mencionó antes, se requiere un ancho mínimo para la ejecución completa de la obra. Por ello también deberá plantearse cuál traza requiere de menos disminución de vereda que se traduce en expropiación de terreno.
- Conexiones con diferentes servicios (escuelas, estaciones de servicio, hospitales y otros): Con el objetivo de captar el mayor volumen posible de movimiento urbano, se verificará qué itinerario cuenta con más cercanía a servicios, teniendo en cuenta la posibilidad de que los carriles exclusivos sean ocupados por servicios de emergencia, lo cual será un factor clave en la decisión del trayecto elegido.
- Cantidad de líneas de colectivos que circulan actualmente: Se cuantifica qué corredor cuenta actualmente con más líneas, lo que significa ser el más demandado por la población usuaria del transporte público y el más conveniente para el TRA.

Los parámetros descritos serán determinados con diferentes herramientas de fácil utilización, ya que en esta etapa de proyecto no se requiere mayor nivel de detalle; algunas de estas herramientas son: Google Maps, Google Earth, relevamiento visual en campo, odómetro de mano, datos estadísticos, SITAM, planos y otras documentaciones.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Los valores indicados para estos parámetros son plasmados en el anexo de este capítulo, indicando los porcentajes y la influencia elegida para cada uno de ellos. En dicho anexo, se encuentran desarrollados los cálculos que se realizaron para llegar a los valores que se indican con los resultados obtenidos para la traza más óptima.

2.4. Alternativas de trazas

Se analizan las distintas trazas a razón de seleccionar las mejores y más convenientes para llevar a cabo el proyecto, debido a que el trayecto deberá ser elegido en función de la eficacia y beneficio social, así como también económico, lo cual justificaría su implementación. Estos beneficios deben responder a las necesidades existentes en la ciudad, resolviendo los problemas en el tránsito y en el traslado de los habitantes de cada ciudad integrante del AMGR.

En base a lo establecido en párrafos anteriores, se presentan las distintas opciones de trazas donde se identifican tres alternativas para el ramal que ingresará a Resistencia por la Av. Sarmiento (llamado “ramal Sarmiento”) y otras tres para el ramal que tiene su ingreso por la Av. General San Martín de Barranqueras (llamado “ramal Barranqueras”), comparándose las alternativas de cada ramal por separado para obtener una traza definitiva en cada uno.

En primera instancia, se detallan las opciones del ramal Barranqueras, teniendo en cuenta que en todas ellas se repite un tramo que llamaremos “troncal” (ver figura 2.1), cuyo ingreso al AMGR es por la rotonda de la intersección entre Autovía Nicolás Avellaneda de la Ruta Nacional N°16 y Av. General San Martín, llegando al centro de la ciudad de Barranqueras.

Continúa por la Av. Diagonal Eva Perón, siguiendo su recorrido por Av. España hasta llegar a la Av. Castelli; a partir de allí se dirige por esta última en dirección a la Avenida de la Democracia (Ruta Nacional N°11) hasta la intersección con la Av. Evaristo Ramírez, desde donde se analizarán las tres alternativas posibles, teniendo en cuenta que todas ellas tienen una

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

estación de transferencia en común situada en la intersección de la Av. Alvear y la colectora de la Ruta Nacional N°11. (Ver figura 2.1).

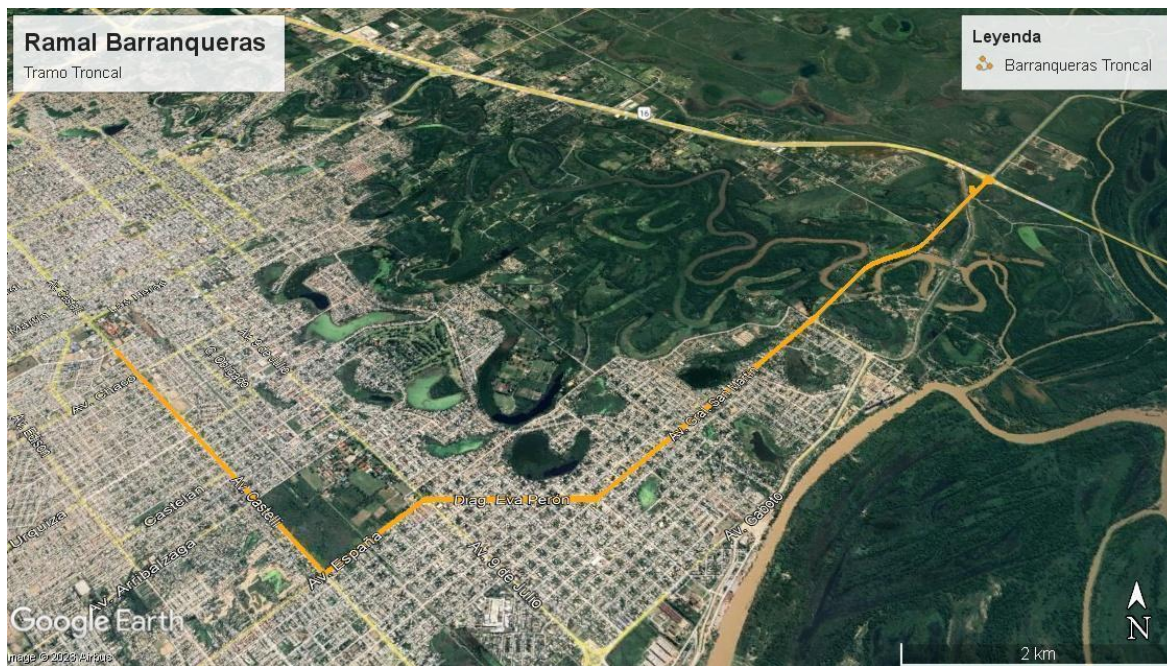


Figura 2.1. Ramal Barranqueras – Tramo Troncal (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

En cuanto a este tramo troncal del ramal, es decir aquel que no tiene alternativas y que se explicó en el párrafo precedente, el mismo fue seleccionado debido a que la Av. Gral. San Martín es la primera entrada al AMGR que se presenta viniendo desde la ciudad de Corrientes, siendo la única opción posible la de circular por la Av. General San Martín, la cual luego de seis kilómetros se conecta con Diagonal Eva Perón.

A su vez, estas dos avenidas constituyen la arteria principal de la ciudad de Barranqueras siendo de suma importancia para la movilidad, tanto de sus habitantes, como de todas aquellas personas que circulan desde Corrientes hacia Resistencia y viceversa.

A partir de allí y situándose en la rotonda Villa Monona, la traza continúa por Av. España para poder abarcar una mayor área residencial conectándose luego con la Av. Castelli, siendo esta última de su elección ya que sus alternativas paralelas hacia el noreste transitan por el

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

centro urbano, volviéndose opciones poco convenientes debido a que dicha zona ya se encuentra congestionada.

Teniendo en cuenta sus opciones en dirección contraria, es decir hacia suroeste, la Av. Castelli es la que mejores condiciones generales presenta para la implementación del TRA y además, pasa por un punto estratégico el cual es la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), que tiene mucha demanda en cuanto a pasajeros por día.

Las opciones que surgen a partir de este último trayecto detallado (Av. Castelli) fueron elegidas debido a que representan corredores importantes para el AMGR y guardan cierta equidistancia entre la plaza 25 de Mayo y la zona sur, principalmente residencial. Además, estas opciones conectan con diversos puntos de interés de la ciudad como la UNNE, el Aeropuerto Internacional de Resistencia, el estadio Centenario, la Estación Terminal de Ómnibus Resistencia (ETOR), entre otros.

Para la primera y tercera alternativa, se eligió que el bus realice el desvío por la Av. Evaristo Ramírez ya que cumple perfectamente con todos los parámetros de comparación estudiados a diferencia de sus avenidas paralelas.

- Opción 1: Se plantea que el recorrido siga por Av. Evaristo Ramírez hasta Av. Edison y desde allí continuará por la misma (Av. Marconi luego de intersectar Av. Alberdi) hasta llegar a la Ruta Nacional N°11, donde se dirigirá por colectora en dirección nordeste hasta la estación de transferencia proyectada. Luego comenzará su regreso por Av. Alvear y continuará hasta retomar Av. Castelli y el recorrido fijo, llegando nuevamente a la rotonda inicial (Ruta Nacional N°16 intersección Av. General San Martín) con el mismo trayecto que en su ingreso. (Ver figura 2.2).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

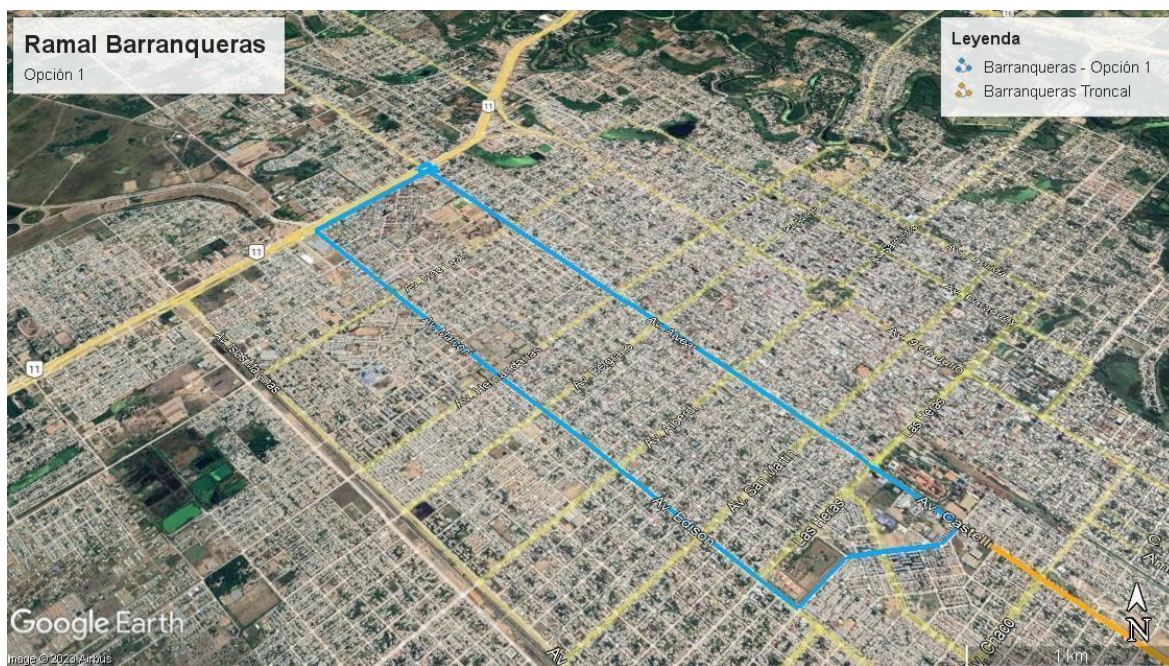


Figura 2.2. Ramal Barranqueras – Opción 1 (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

- Opción 2: En esta alternativa, se plantea que el recorrido no ingrese por Av. Evaristo Ramírez, sino que se prolongue por Av. Castelli y Av. Alvear hasta la intersección con la Ruta Nacional N°11, realizando el regreso por el mismo trayecto, luego de detenerse en la estación de transferencia mencionada. (Ver figura 2.3).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

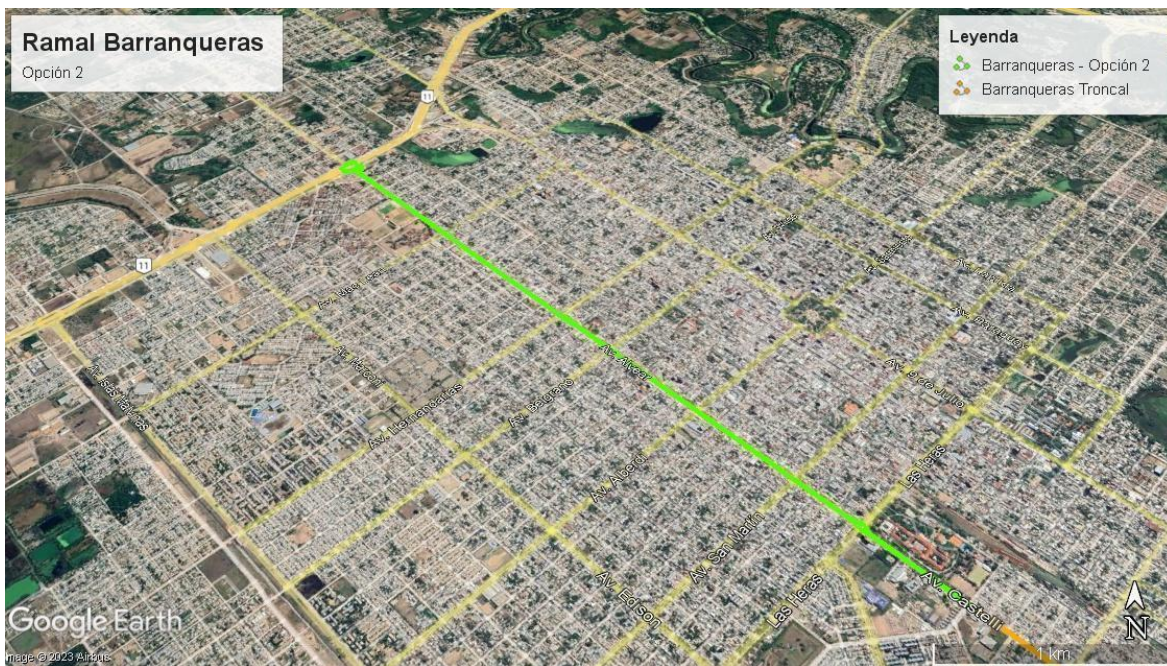


Figura 2.3. Ramal Barranqueras – Opción 2 (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

- Opción 3: Como última opción, se vuelve a plantear que el TRA ingrese por la Av. Evaristo Ramírez hasta su intersección con la Av. Edison, continuando por esta hasta llegar a Ruta Nacional N°11; allí circulará por la colectora con destino a la estación de transferencia, desde donde emprenderá su regreso por el mismo camino mencionado anteriormente. (Ver figura 2.4).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

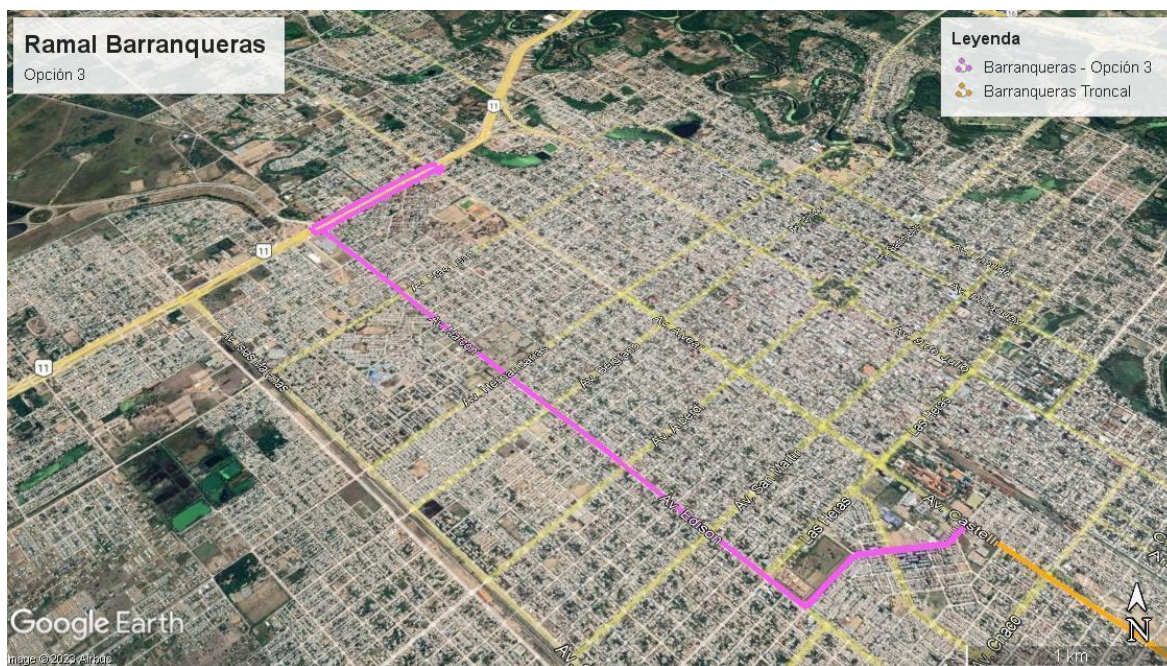


Figura 2.4. Ramal Barranqueras – Opción 3 (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

Habiendo detallado las primeras tres opciones para el ramal Barranqueras, a continuación, se describirán las alternativas para la traza del ramal Sarmiento.

Todas las opciones tienen en común el tramo que llamaremos “troncal”, desde la rotonda de la intersección entre la Autovía Nicolás Avellaneda (Ruta Nacional N°16) y la Av. General San Martín de Barranqueras.

El ramal circulará por esta Autovía hasta el ingreso a Resistencia por Av. Sarmiento; desde allí continuará su circulación hasta intersectar a la Av. Lavalle, doblando en la mencionada avenida con dirección a la Av. Ávalos donde girará hacia Av. 25 de Mayo para seguir su recorrido hasta la Ruta Nacional N°11 (ver figura 2.5) y desde ese punto se describirán las tres opciones posibles.

Estudiando ahora el recorrido troncal del segundo ramal, su entrada por la Av. Sarmiento se justifica ya que de este modo quedan cubiertas las entradas principales a las dos ciudades más importantes del AMGR, la ciudad de Barranqueras y la de Resistencia. Luego, el bus deberá

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

transitar por la av. Lavalle y av. Ávalos, favoreciendo a la búsqueda integral de descentralizar la ciudad de Resistencia y tratando de cumplir el objetivo principal de estas avenidas, las cuales fueron diseñadas como parte de una circunvalación al macrocentro de Resistencia y están provistas de todas las características necesarias para ese fin.

También sirven de conexión con puntos de interés como el Parque 2 de Febrero, un centro comercial, el club deportivo Regatas Resistencia, entre otros.

Para finalizar con el estudio del trayecto troncal elegido, se escogió la Av. 25 de Mayo ya que es la ruta inmediata luego de la Av. Ávalos, logrando conectarse con la tercera ciudad más importante del AMGR, la localidad de Fontana.

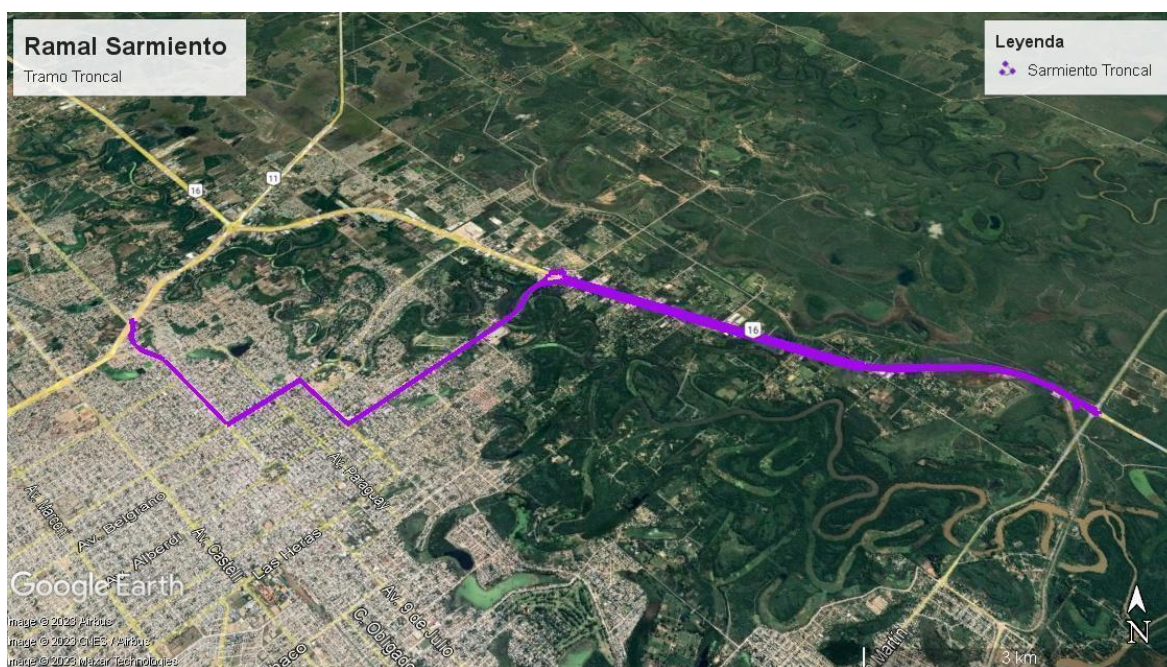


Figura 2.5. Ramal Sarmiento – Tramo Troncal (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

A partir de la intersección de la Av. 25 de Mayo y la avenida de la Democracia (Ruta Nacional N°11), se encuentran las tres alternativas con sus tramos principales constituidos por avenidas 25 de Mayo y Alvear, las cuales fueron seleccionadas debido a que son las únicas que

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

conectan a dicha ciudad con Resistencia. A su vez se incluyó la avenida Augusto Rey porque es la siguiente en importancia de la localidad de Fontana, que atraviesa las dos anteriores y pasa por puntos importantes de la misma como ser la Municipalidad y el Club Social y Deportivo Fontana.

- Opción 1: A partir del último punto en común, se plantea que el recorrido siga por la Av. 25 de Mayo en dirección a Fontana hasta intersectar la Av. Augusto Rey por la cual se conectará con la Av. Alvear, retomando por la misma hasta volver a la Ruta Nacional N°11. Allí se tendrá conexión con la estación de transferencia mencionada en la descripción del ramal de Barranqueras y luego se retomará la dirección hacia Av. 25 de Mayo, para volver al punto inicial por el mismo trayecto. (Ver figura 2.6).

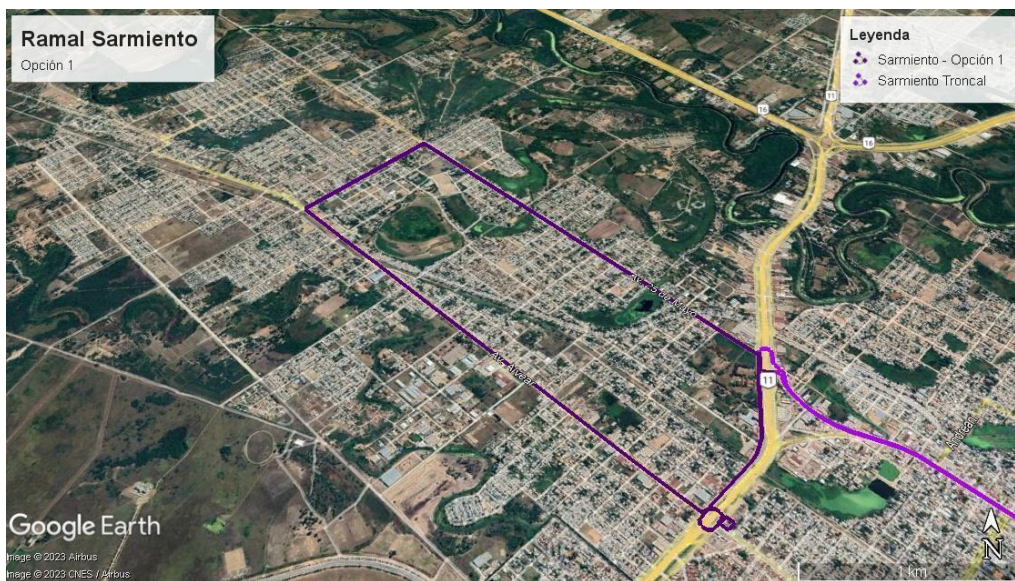


Figura 2.6. Ramal Sarmiento – Opción 1 (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Opción 2: En este segundo caso, también se plantea que el recorrido siga por la Av. 25 de Mayo en dirección a Fontana hasta intersectar la Av. Augusto Rey por la cual transitará 300 metros, terminando allí en una segunda estación de transferencia. Luego retomará el mismo recorrido en dirección contraria hasta el punto inicial. (Ver figura 2.7).



Figura 2.7. Ramal Sarmiento – Opción 2 (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

- Opción 3: Por último, se plantea que el trayecto tome la colectora de la Ruta Nacional N°11 para seguir hacia la Av. Alvear llegando al centro de Fontana hasta intersectar la Av. Augusto Rey; allí tomará la dirección anterior, pero en sentido contrario hasta intersectar otra vez con la Ruta Nacional N°11 y llegar a la estación de transferencia correspondiente, volviendo así punto inicial por el recorrido ya mencionado. (Ver figura 2.8).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

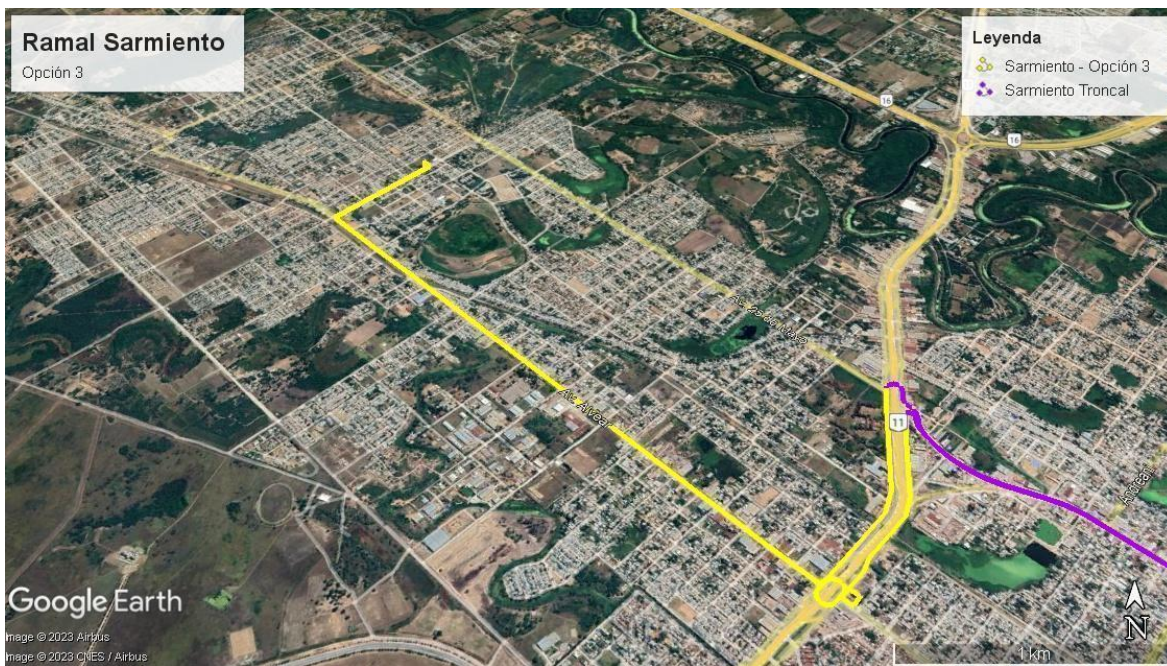


Figura 2.8. Ramal Sarmiento – Opción 3 (fuente: Elaboración propia en Google Earth, 2023).

Con todas las posibilidades descritas se puede proceder a conocer los cálculos de los parámetros con mayor detalle recurriendo al anexo de este mismo capítulo; en el mismo se encuentra desarrollado el análisis de las alternativas de ambos ramales mediante el uso del Método Jerárquico, para poder plasmar una conclusión objetiva sobre cuál de todas las opciones es la más conveniente.

2.5. Resultados e interpretaciones

Se muestran los resultados obtenidos del Método de Análisis Jerárquico de las diferentes alternativas de cada ramal (ver tablas 2.1 y 2.2); la celda de color verde indica la traza de mayor conveniencia según los parámetros estudiados y a su vez la celda amarilla, la opción intermedia. Finalmente, el casillero resaltado en color rojo es la peor de las opciones posibles.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 2.1. Resultados del análisis jerárquico sobre las trazas del ramal Sarmiento (fuente: Elaboración propia).

RAMAL SARMIENTO										
	Ancho de camino	Estado de calzada	Transito	Reducción de veredas	Conexión con servicios	Lineas de colectivos				RANKING
Alternativa 1	0,1429	0,3333	0,6000	0,3333	0,6316	0,6316	*	0,3636		36,87%
Alternativa 2	0,1429	0,3333	0,2000	0,3333	0,2105	0,1579		0,0909	=	21,18%
Alternativa 3	0,7143	0,3333	0,2000	0,3333	0,1579	0,2105		0,1212		41,95%
								0,1818		
								0,1212		
								0,1212		

Tabla 2.2. Resultados del análisis jerárquico sobre las trazas del ramal Barranqueras (fuente: Elaboración propia).

RAMAL BARRANQUERAS										
	Ancho de camino	Estado de calzada	Transito	Reducción de veredas	Conexión con servicios	Lineas de colectivos				RANKING
Alternativa 1	0,1429	0,3000	0,2308	0,2857	0,5714	0,5357	*	0,3636		29,33%
Alternativa 2	0,7143	0,1000	0,6923	0,5714	0,1429	0,3571		0,0909	=	51,72%
Alternativa 3	0,1429	0,6000	0,0769	0,1429	0,2857	0,1071		0,1212		18,94%
								0,1818		
								0,1212		
								0,1212		

Si se procede a interpretar los datos y los resultados, se puede observar que, en ambos ramales, la alternativa que prevalece es la que tiene mejores condiciones en el ancho de calzada.

Esto se debe a que para el grupo de trabajo este parámetro fue fundamental, con un factor de importancia de 36%, debido a que define la posibilidad de implementar el proyecto sin necesidad de expropiar terrenos privados.

En cuanto al parámetro de reducción de veredas se observa que influye en 18%, quedando en segundo lugar de importancia; esto tiene su origen en que la necesidad de reducir veredas provocaría un aumento del costo necesario, además de generar una intervención muy grande en el espacio urbano que puede ser contraproducente para la aceptación del proyecto.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Es posible notar en cuanto al ramal Barranqueras, que la mejor opción también tiene mejores condiciones en cuanto a la reducción de veredas.

Los parámetros de tránsito, conexión con servicios y líneas de colectivos, otorgan en conjunto un análisis de la demanda y del desarrollo urbano, es decir que los tres puntos brindan información acerca de los corredores elegidos por los ciudadanos actualmente (tránsito), las instituciones y servicios que se beneficiarían con el proyecto y que son generadores de demanda (conexión con servicios) y la concordancia con los lineamientos generales del SITAM en la actualidad, el cual se basa en estudios detallados de demanda y movilidad.

El enlace entre estos parámetros no los convierte en interdependientes, en cuyo caso no se podrían haber estudiado con el método usado, pero sus vínculos son igualmente importantes, por lo que cada uno de ellos influye 12% sobre los resultados.

Si solo analizáramos estos tres aspectos, en ambos ramales la opción 1 es claramente la mejor y se debe a que al cubrir mayores longitudes y superficies abarca mayores servicios, se conecta con más líneas de transporte público y tiene más posibilidades de derivar a la población hacia el sistema TRA.

El parámetro de estado de calzada merece ser mencionado puesto que, para los evaluadores, el caso de una calzada existente con buenas condiciones sería provechoso para economizar el proyecto y prescindir de grandes readecuaciones estructurales.

Sin embargo, si el estado de la calzada existente es malo, también sería bueno plantear su renovación, lo que representaría una mejora significativa en el tránsito no solo de autobuses, sino de todo el espectro de vehículos. Ante este dilema, se prefirió pensar que el primer caso sería lo mejor (calzada existente en buen estado).

Pero por lo explicado en el párrafo anterior, su factor de importancia quedó relegado a 9% y con esto se observa que la opción elegida para el ramal Barranqueras tiene las peores condiciones de calzada, por lo cual no sería lo preferible al comienzo del análisis, pero con la

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

fundamentación detallada se acepta su validez. En el ramal Sarmiento no hay diferencias en este aspecto, ya que todas las opciones tenían iguales condiciones.

2.6. Conclusiones

Para terminar con este capítulo, se deja establecido que en adelante el presente proyecto se orientará hacia el diseño del sistema de TRA en dos líneas principales, definidas como “Ramal Sarmiento” y “Ramal Barranqueras”. El ramal Sarmiento queda conformado por la unión de su tramo troncal y la opción N°3. Mientras que el ramal Barranqueras se establece en su tramo troncal con la opción N°2. (Ver figuras 2.9 y 2.10).

También se plantea que las líneas principales mencionadas sean alimentadas por líneas secundarias con direcciones transversales a las anteriores y que circulen por distintas avenidas, para que los usuarios del sistema puedan trasladarse a lo largo y ancho de todo el AMGR. Por otra parte, se deberá complementar este proyecto con otros medios de transporte, como remises, sistema de alquiler de bicicletas, o infraestructura cómoda para peatones.

De esta manera, las trazas principales junto con las secundarias reemplazarían a todas las líneas existentes, proveyendo al usuario del transporte público un sistema más rápido, ordenado y fácil de entender, a comparación del transporte público actual (ver figura 2.9), además de las ventajas mencionadas en INTRODUCCIÓN.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

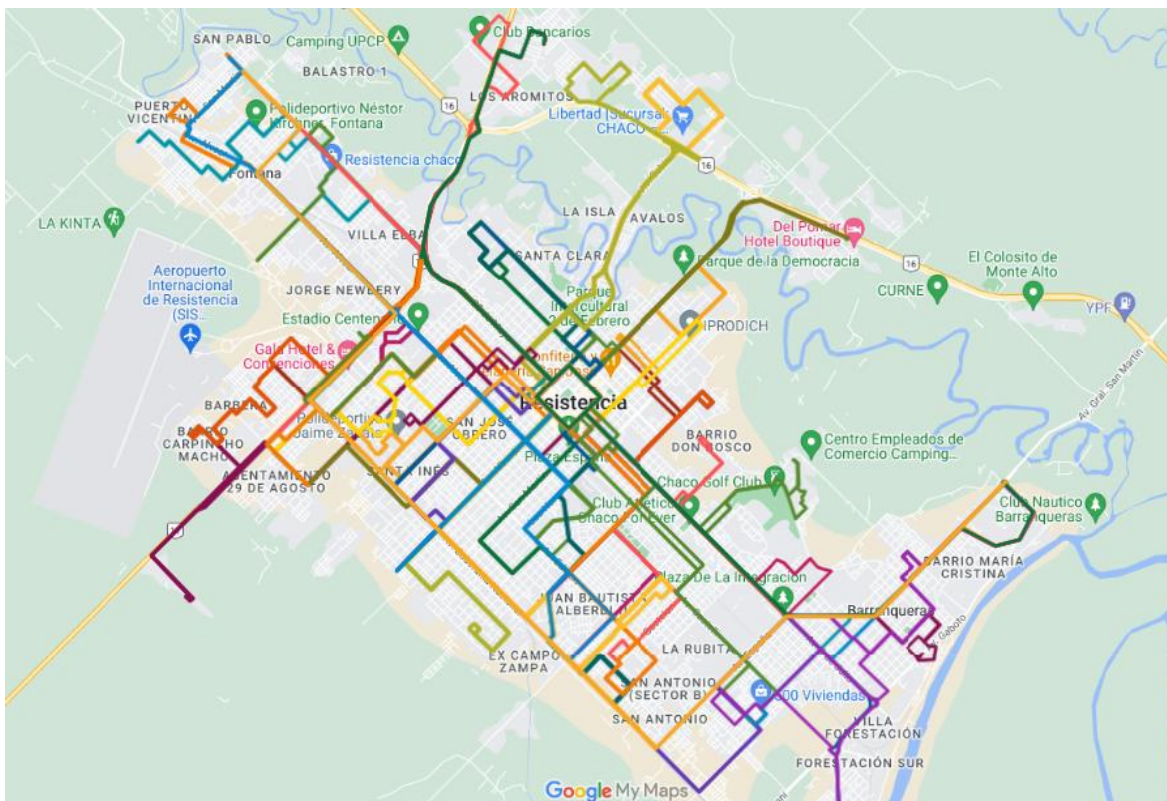


Figura 2.9. Líneas de transporte público existentes en el AMGR (fuente: SITAM – 2023).

Existe una imposibilidad de desarrollar todas las resoluciones ingenieriles en la totalidad de ambos ramales debido a que el TRA abarca una longitud de 80 kilómetros en comparación al corto lapso de estudio del proyecto. Con lo cual, se abordará específicamente una avenida en particular siendo esta la Av. Alvear y su continuación Av. Castelli (ver plano N°1), teniendo en cuenta que es en la cual intervienen con mayor influencia la serie de parámetros clave que se desarrollaron con anterioridad.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

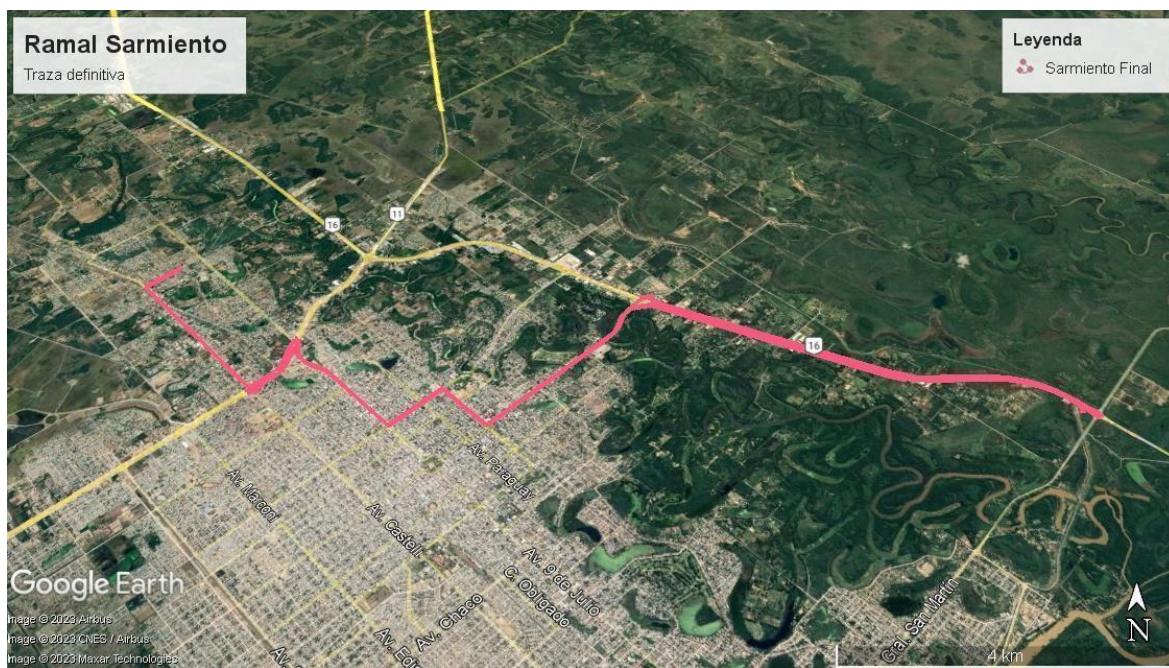


Figura 2.9. Ramal Sarmiento – Traza definitiva (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2023).

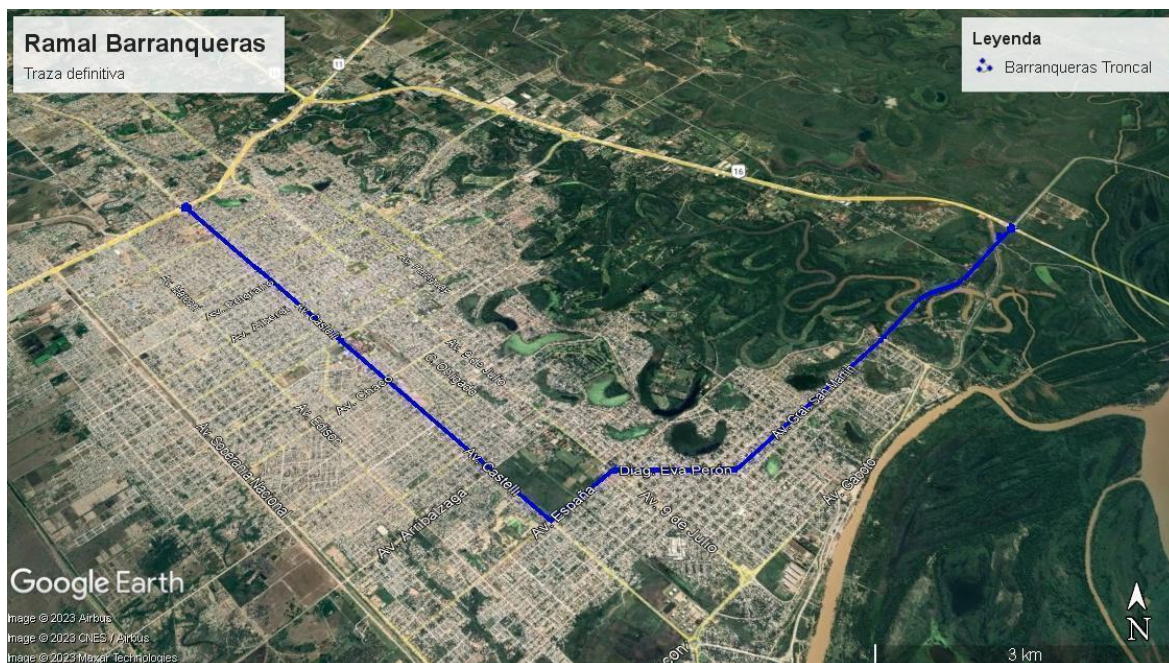


Figura 2.10. Ramal Barranqueras – Traza definitiva (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth – 2023).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

3.1. Introducción

Existen varias razones por las cuales conocer el perfil edafológico del suelo es fundamental para realizar una adecuada pavimentación y/o tratamientos de la ya existente en ambos ramales del TRA. Como principales se mencionan las siguientes:

- Estabilidad del suelo: Los estudios geotécnicos proporcionan información sobre la composición y las características físicas del suelo, como su capacidad de carga, resistencia, compactación y drenaje. Estos factores son cruciales para determinar la estabilidad del suelo y garantizar que pueda soportar el peso y las cargas de tráfico de las vías pavimentadas.
- Selección de materiales adecuados: Cada tipo de suelo tiene diferentes propiedades y comportamientos. Al conocer el perfil edafológico, se pueden seleccionar los materiales de pavimentación adecuados que sean compatibles con las características del suelo local. Esto incluye la elección de materiales base, subbase y de superficie, como asfalto, concreto u otros tipos de pavimento, de acuerdo con las condiciones específicas del suelo.
- Diseño estructural de la pavimentación: En base al estudio de suelo, se puede determinar el espesor necesario de las capas del paquete estructural para garantizar una adecuada resistencia y durabilidad. Cada tipo de suelo requiere un diseño estructural específico para evitar problemas como agrietamiento, deformaciones o hundimientos prematuros.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Prevención de problemas futuros: El conocimiento del perfil del suelo permite anticipar posibles problemas en el futuro, como la presencia de suelos expansivos o con alta susceptibilidad a la erosión. Estos problemas pueden afectar la integridad de la pavimentación y generar costosas reparaciones. Al realizar estudios de suelo, se pueden tomar medidas preventivas o correctivas adecuadas para evitar estos inconvenientes.
- Eficiencia en los costos: Conocer los estratos del suelo ayuda a optimizar los costos de construcción y mantenimiento de las calles y avenidas pavimentadas. Al adaptar el diseño y los materiales a las condiciones del suelo, se evitan gastos innecesarios y se mejora la vida útil de la pavimentación.

Conocer la naturaleza del suelo es importante para definir la resistencia mecánica a los esfuerzos que será sometido por el paquete estructural y el tráfico, garantizando la estabilidad, durabilidad y eficiencia de las calles y avenidas pavimentadas. Permite tomar decisiones informadas en cuanto a diseño, selección de materiales y prevención de problemas futuros.

Por todo esto se necesita recurrir a estudios geotécnicos. Debido a la imposibilidad de realizarlos sobre las avenidas por las cuales transitarán los buses según este anteproyecto, ya que no se tiene acceso a los elementos de trabajo necesarios y además ya se encuentran pavimentadas, se recurrió a la empresa “Gutiérrez y Asociados – Ingeniería en Suelos y Estructuras”, la cual brindó informes técnicos con la información necesaria y suficiente para el desarrollo del correspondiente capítulo.

Cabe aclarar que, las avenidas que se encuentren con un pavimento rígido en buen estado no serán intervenidas desde el punto de vista estructural, sino solamente en el diseño geométrico para adecuarlas a la sección típica necesaria para el TRA. Por otra parte, se

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

reemplazarán los carriles centrales compuestos por pavimento flexible por un pavimento rígido ya que tienen un mejor comportamiento frente al tránsito pesado.

El enfoque de este capítulo va dirigido a aquellas cuadras que cuenten con agrietamientos y desprendimientos de gran magnitud, movimientos relativos de losas, formación de baches aislados, entre otras deformaciones.

El informe citado presenta el estudio de 14 sondeos, de los cuales se eligen para este análisis los más cercanos a la zona estudiada y aquellos que fueron ensayados con más detalle. Estos serán 3 puntos, todos ubicados a 100 metros de la avenida Alvear, sobre la calle García Merou (ver figura 3.1). La elección de dichos puntos se debe a que, justamente la Av. Alvear va a ser intervenida para el proyecto del TRA.

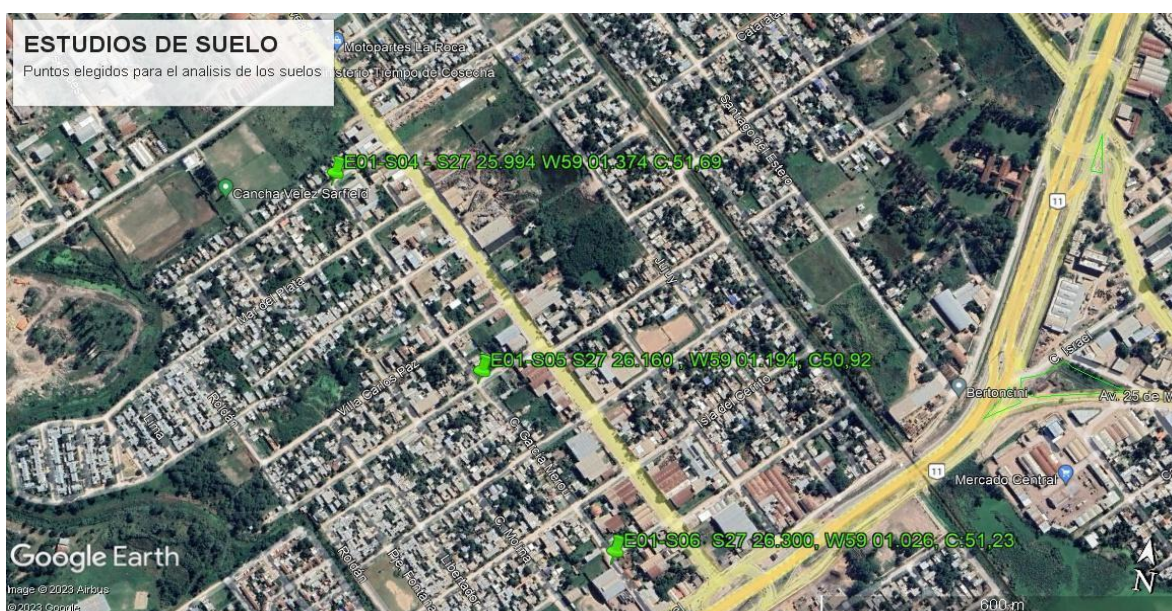


Figura 3.1. Ubicación de sondeos realizados (fuente: “Gutiérrez & Asociados – Ingeniería en suelos y estructuras” - 2022).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

3.2. Estudio de suelos

3.2.1. Clasificación del suelo según H.R.B.

La clasificación de suelos HRB (por las siglas en inglés Highway Research Board) es un sistema de clasificación usado en ingeniería vial para categorizar los suelos en función de sus características y propiedades geotécnicas. El método se encuentra reglamentado por la Dirección Nacional de Vialidad en el ensayo VN-E4-84. Este sistema se basa en dos aspectos claves: la granulometría y la plasticidad.

En primer lugar, se considera la clasificación granulométrica, que analiza la distribución de tamaños de partículas en el suelo. La clasificación HRB distingue entre suelos finos (cuando 35% o más del suelo seco pasa por el tamiz #200 de 0,074 mm) y suelos granulares (cuando 35% o más del suelo seco es retenido por el tamiz #200 de 0,074 mm). Los suelos finos incluyen las arcillas y limos, mientras que los suelos granulares abarcan gravas y arenas. Esta clasificación proporciona información valiosa sobre la composición del suelo y su capacidad para soportar cargas.

Además, se emplea la clasificación por índice de plasticidad, que evalúa la plasticidad del suelo, es decir, su capacidad de deformarse sin fracturarse bajo carga. Para obtener el índice de plasticidad, se deben estudiar los llamados Límites de Atterberg (límite líquido y plástico), los cuales se encuentran reglamentados por la Dirección Nacional de Vialidad como VN-E2-65 y VN-E3-65. Esta clasificación es relevante para comprender cómo el suelo se comportará y responderá a las cargas aplicadas.

En función de la clasificación granulométrica y la clasificación por índice de plasticidad, se puede obtener un valor numérico asignado a cada suelo dentro de un grupo, conocido como Índice de Grupo (IG). Este proporciona información sobre la calidad y el comportamiento general del suelo, lo cual es útil para la selección y diseño de materiales de construcción.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

El sistema de clasificación HRB también establece criterios para evaluar la idoneidad de un suelo como material de subrasante en la construcción de carreteras. Estos tienen en cuenta la capacidad portante y la resistencia del suelo, así como otros factores relevantes.

En la siguiente tabla se puede ver de forma resumida la clasificación HRB explicada anteriormente, en función de los criterios que adopta el método.

Tabla 3.1. Clasificación del tipo de suelo según HRB (fuente: Normas de Ensayo de Dirección Nacional de Vialidad).

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200) hasta el 35%							SUELOS ARCILLOSO-LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200) más del 35%			
CLASIFICACIÓN POR GRUPOS	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Ensayo de tamizado por vía húmeda Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm, Nº 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros Nº 40	Máx 30	Máx 50	Min 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros Nº 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros Nº 40											
Límite Líquido	-	-	-	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41
Índice de Plasticidad	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno					Regular a pobre					

Según el informe citado, se obtuvo como resultado de los sondeos S04, S05 y S06, que el suelo se ubica en los grupos A-6 y A-7-6, pertenecientes a suelos arcillosos, con índice de grupo variable entre 13 y 19. Esto significa que el terreno natural tiene una calificación pobre a mala para subrasante.

En la muestra que se extrajo del sondeo S05, a una profundidad de medio metro, se observa un suelo con clasificación A-4. Sin embargo, este tipo de suelo no es representativo ya que en la ciudad de Resistencia los suelos típicos son limos y arcillas, es decir, aquellos que se

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

encuentran en los grupos A-6 y A-7. Además, en las muestras siguientes a mayor profundidad, pero del mismo sondeo, se encuentran suelos limo-arcillosos llegando a la conclusión de que el primer estrato extraído puede tratarse solo de un bolsón de arena.

3.2.2. Compactación del suelo

La compactación es el proceso de estabilización por medios mecánicos, a través del cual se obliga a las partículas del suelo a ponerse más en contacto unas con otras, entregándole energía y produciendo la expulsión del aire de los poros. Esto genera aumento de la resistencia mecánica por fricción y cohesión, aumento del peso específico del suelo, disminución de la permeabilidad y reducir la capacidad de deformación.

Si se tiene un suelo con cierta humedad inicial y se le aporta una energía de compactación mientras se aumenta su humedad a razón de 2% o 3%, ocurre un aumento en su peso específico, llegando a un punto en el que el agua empezará a ocupar parte del volumen del suelo, lo que implica una disminución del mismo. En ese punto la densidad seca es máxima y la humedad es óptima para la compactación, siendo estos los valores buscados con la realización de los ensayos Próctor.

Este ensayo está reglamentado por la Dirección Nacional de Vialidad en la norma VN-E5-93, en el que intervienen factores como la humedad y la energía de compactación. Para realizar el mismo, se necesita saber la clasificación del suelo explicada con anterioridad, y además el hinchamiento que, según la VN-E6-84 es el aumento porcentual de la altura de una probeta con respecto a su altura inicial, la cual aumenta su humedad por inmersión (ver figura 3.2). Según los parámetros mencionados, podemos ingresar en la tabla 3.2 para elegir el tipo de ensayo a realizar.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 3.2. Probetas sometidas a inmersión (fuente: Cátedra Vías de comunicación I).

Tabla 3.2. Tipo de ensayo Próctor en función de la clasificación HRB y el hinchamiento (fuente: Normas de Ensayo VN).

Clasificación HRB	HINCHAMIENTO						Exigencia de compactación en obra		CBR de diseño
	≤ 2 %			> 2 %					
	Ensayo	Fino	Granular	Ensayo	Fino	Granular	(A)	(B)	
A-1	AASHTO T-180	II	V	AASHTO T-99	I	IV	100 %	95 %	95 %
A-2							95 %	90 %	90 %
A-3									
A-4							AASHTO T-99	I	IV
A-5									
A-6									
A-7									

Estos ensayos, a su vez, tienen ciertas características a cumplir dependiendo del tipo de material que se tenga, las cuales son mencionadas en las siguientes tablas.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 3.3. Tipo de ensayo Próctor para material fino (más del 5% pasa el tamiz N°4) (fuente: Normas de Ensayo VN).

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
I	101,6	2,5	30,5	3	25
II	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

Tabla 3.4. Tipo de ensayo Próctor para material granular (más del 5% retenido en el tamiz N°4) (fuente: Normas de Ensayo VN).

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
IV	152,4	2,5	30,5	3	56
V	152,4	4,53	45,7	5	56

Por otro lado, se debe aclarar que estos ensayos se realizan en moldes destinados para los mismos. Estos están normalizados con sus respectivas medidas siendo el diámetro uno de los más importantes dependiendo el tipo de ensayo a realizar como se ha detallado en la tabla anterior. (Ver figuras 3.3 y 3.4).

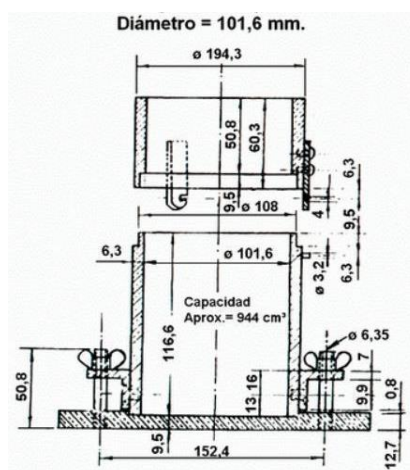


Figura 3.3. Detalle del molde para ensayo de compactación de material fino (fuente: Normas de Ensayo VN).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

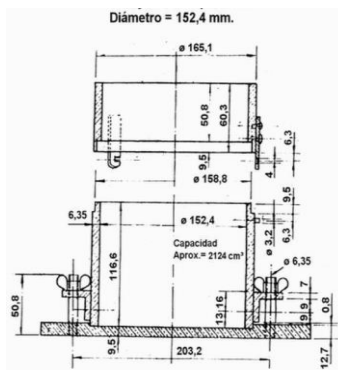


Figura 3.4. Detalle del molde para ensayo de compactación de material granular (fuente: Normas de Ensayo VN).

Este ensayo tiene como objetivo proveer los datos necesarios para una futura determinación del valor soporte relativo (CBR), a nivel de diseño y el control del grado de compactación alcanzado en obra.

Según los resultados obtenidos del informe al cual se pudo acceder, se tuvo un suelo de clasificación HRB A-6 y A-7. Para establecer el hinchamiento de los mismos se recurrió a la extrapolación de los resultados del sondeo S09, ya que es el único que cuenta con un ensayo de laboratorio CBR, obteniéndose valores de hinchamiento del 1,8% al 2,2%. Además, el muestreo S09 es un suelo de peores características que los adoptados para el análisis de la traza por lo que se estaría del lado de la seguridad en la extrapolación de los valores de humedad. Dicho esto, a este suelo le corresponde aplicar un ensayo Próctor T-99 tipo I.

3.2.3. Valor soporte e hinchamiento de los suelos

El valor soporte relativo (VSR) de un suelo en obras viales es una medida de la capacidad del suelo para soportar las cargas y esfuerzos generados por el tráfico vehicular y las estructuras de la carretera. Es una propiedad importante a considerar al diseñar y construir carreteras y otras infraestructuras viales, ya que se utiliza para determinar el espesor del pavimento necesario,

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

diseñar la estructura adecuada y seleccionar los materiales de construcción apropiados. Un suelo con un VSR alto indica que es más resistente y puede soportar cargas mayores sin deformarse excesivamente, mientras que un valor bajo indica que el suelo es más compresible y puede requerir medidas adicionales, como la estabilización del suelo o el aumento del espesor del pavimento

El ensayo para determinar el VSR de un suelo se encuentra reglamentado según VN-E6-84. Este consiste en preparar una muestra de suelo para compactarla en un molde cilíndrico, con condiciones de compactación (porcentaje de humedad, energía de compactación, densidad) definidas previamente (ensayo Próctor explicado anteriormente). Cada probeta se somete a un punzonamiento por la aplicación de un pistón cilíndrico de 4,9 centímetros de diámetro a una velocidad de 1,27 mm/minuto (ver figura 3.5). Se mide la resistencia del material para distintas penetraciones predefinidas y se expresa como un porcentaje que proporciona una indicación de la capacidad del suelo para soportar la carga en comparación con un suelo de referencia estándar.

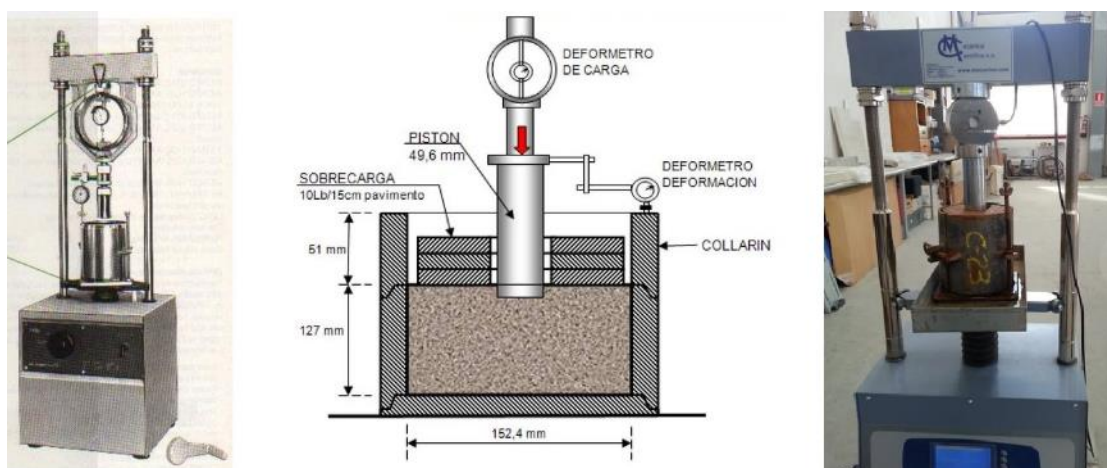


Figura 3.5. Imagen ilustrativa de ensayo CBR en laboratorio (fuente: Wikipedia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

En el informe técnico citado, este ensayo se realizó únicamente para la muestra E01-S09, mientras que para las adoptadas en el tramo analizado se recurrió al ensayo del cono dinámico de penetración, el cual es un método expeditivo que permitirá obtener un valor de CBR de forma indirecta.

Este ensayo es utilizado para determinar la resistencia del suelo en función de la profundidad de penetración de un cono estándar en el suelo, proporcionando información sobre las características y la capacidad portante del suelo. El mismo se lleva a cabo mediante un equipo que consta de un cono, un vástago y un martillo (ver figura 3.6). Durante el ensayo se deja caer el martillo de una determinada altura, utilizando al vástago para transmitir la energía al cono, el cual penetra en el suelo (ver figura 3.7).

Los resultados del ensayo se utilizan para construir una curva de penetración, que muestra la resistencia del suelo en función de la profundidad, la cual puede utilizarse para evaluar la capacidad portante del suelo, identificar capas de suelo compacto o blando, determinar profundidades de nivel freático y evaluar la calidad del suelo.

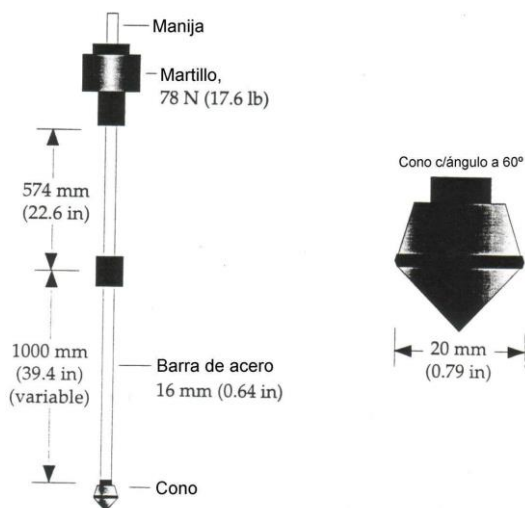


Figura 3.6. Composición de cono dinámico de penetración (fuente: wikipedia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 3.7. Ensayo in situ de cono dinámico de penetración (fuente: Cátedra de Vías de comunicación I).

Según el informe, para las diferentes muestras de los tres sondeos que se tomaron, se obtiene como valor mínimo del ensayo un CBR del 3,1%. A su vez, arroja un valor máximo del 28,4%.

3.2.4. Resultados

A continuación, se resumen los resultados y características de los tres sondeos, tomándose como valores ejemplares los de la primera capa, que alcanza una profundidad de 50 centímetros, ya que es ese suelo el que se tomará como subrasante.

Tabla 3.3. Resumen de las características y los resultados de los sondeos adoptados (fuente: Elaboración propia).

Sondeo	Capa	Clasifiacaion HRB	Ensayo Proctor	Indice de plasticidad	Hinchamiento	CBR
4	1	A-6	T-99 / I	18,5	menor al 2%	16,7
5	1	A-6	T-99 / I	7,2	menor al 2%	20,5
6	1	A-6	T-99 / I	11,3	menor al 2%	28,4

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

3.2.5. Conclusiones

El suelo empleado debe cumplir con exigencias mínimas de calidad, las cuales están determinadas según el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la DNV B.III 2.1:

- El valor de CBR debe ser mayor o igual a 3
- Hinchamiento menor o igual al 2,5% (con sobrecarga de 4,5 kg)
- Índice de plasticidad menor de 25

Si se realiza la comparación de las exigencias mencionadas recientemente y los resultados obtenidos en el apartado anterior, se puede observar claramente que los valores se encuentran dentro de los límites establecidos. Sin embargo, se plantea realizar un mejoramiento del suelo con cal buscando lo siguiente:

- Mejora de la plasticidad: Al agregar cal al suelo arcilloso, se reduce su plasticidad, la cual es la capacidad del mismo de cambiar de forma sin romperse cuando se aplica una fuerza. Al reducirla, se mejora la capacidad para resistir la deformación, lo que es importante para evitar hundimientos y asentamientos no deseados en el pavimento.
- Reducción de la expansión: Algunos suelos, como los arcillosos en nuestro caso, tienden a expandirse y contraerse en respuesta a los cambios en la humedad. Esta expansión y contracción pueden dañar el pavimento, provocando grietas y deformaciones. Al mejorarlo con cal, se reducen estos fenómenos, lo que ayuda a minimizar los problemas asociados.

En pocas palabras, lo que se busca entonces es mejorar la plasticidad, reducir la susceptibilidad al agua y evitar cambios volumétricos de gran magnitud.

Adicionalmente, al agregar cal al suelo, se produce una reacción química conocida como carbonatación, en la cual la cal se combina con el dióxido de carbono presente en el aire y el

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

suelo. Esta reacción ayuda a mejorar la capacidad de carga del suelo y su resistencia a la compresión, lo que resulta en un suelo más estable y capaz de soportar mejor las cargas del pavimento. Cabe recalcar que este no es el objetivo principal en nuestro caso, sino lo explicado en párrafos anteriores.

Dicho esto, se recurre nuevamente al Pliego de Especificaciones Técnicas Generales sección C. VII “Suelos tratados con cal” el cual especifica que el contenido de cal a incorporar al suelo será del 2% de cal útil vial (C.U.V.) referido al peso de suelo seco o un porcentaje mayor que resulte de acuerdo a la modificación que se pretenda de las constantes físicas y/o parámetros resistentes del suelo.

Finalmente, se obtiene una subrasante de suelo mejorado con cal al 2% y con un espesor de 15 centímetros.

3.3. Topografía

La provincia del Chaco se encuentra en una zona de llanura donde prevalecen las cotas con un rango de 50 a 200 metros sobre el nivel del mar. Los cambios de altura entre cada cota se producen de manera progresiva, por lo que no se percibe una variación brusca. Al ser una zona llana (ver figura 3.8), no se presentarán grandes movimientos de suelos por lo que no se generarán gastos elevados en esta tarea. El estudio irá enfocado en el adecuado escurrimiento de las aguas, evitando el acumulamiento en zonas de cota mínima, lo que podría provocar el anegamiento de las vías elegidas para el tránsito del TRA.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

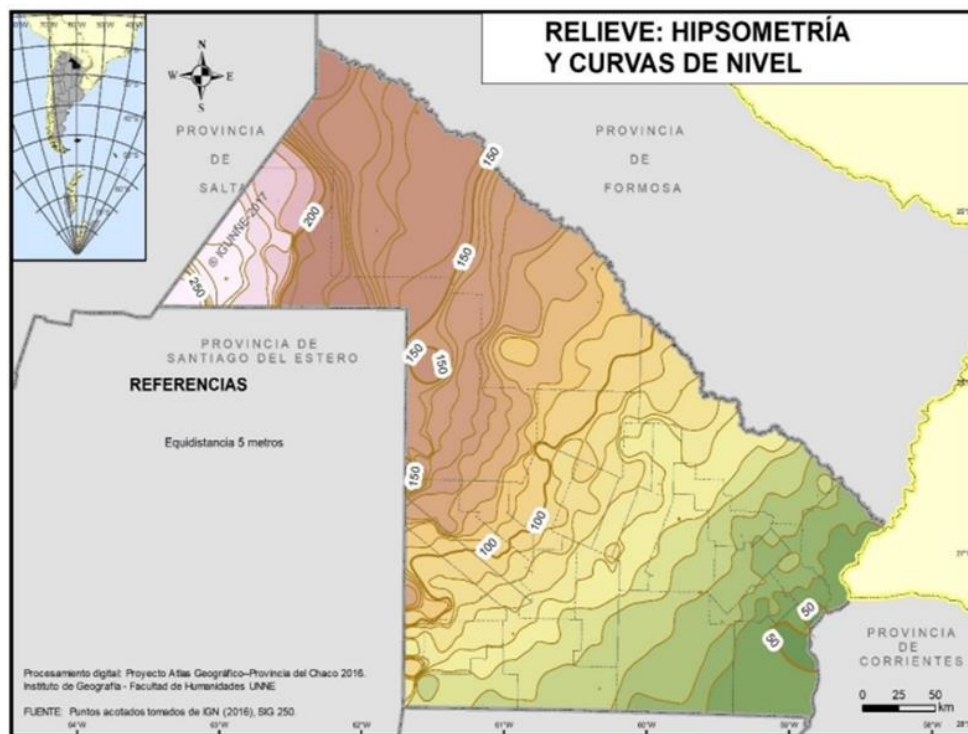


Figura 3.8. Hipsometría y curvas de nivel de la provincia del Chaco (fuente:

<http://obsterritorialchaco.xyz/mapas/view-map/25/ambiente>).

Centrándose en la vía de estudio, la cual comprende a la avenida Alvear y su continuación, la avenida Castelli, se buscará identificar aquellas zonas donde presenten un valor de cota mínimo, a fin de evaluar las condiciones hidráulicas en las mismas.

Para esto se utilizaron planos de la ciudad de Resistencia, los cuales fueron confeccionados por la empresa consultora HYTSA S.A, donde se observan las cotas en cada esquina a lo largo de todas las avenidas correspondientes a la vía de estudio.

A partir de estos, se realizará un plano de altimetría con el objetivo de interpretar fácilmente el desarrollo de la topografía de la zona de estudio (ver plano N°2).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Se puede observar que las cotas tienen una variación desde 49,55 metros, que es el valor mínimo el cual corresponde a la avenida Castelli intersección con avenida San Martín; hasta un máximo que ronda los 51,80 metros en cercanías al acceso a Fontana.

Por lo tanto, se deberá prestar atención al punto de menor cota verificando si es coincidente con zonas inundables para así plantear una resolución hidráulica correcta, evitando anegamientos y problemas de inundación que afectará tanto al tránsito vehicular y, por lo tanto, del TRA como también al tránsito peatonal. Cabe aclarar que estos anegamientos afectan también a la vida cotidiana de quienes residen en estas zonas, problemas que en menor medida también serán subsanados con las resoluciones elegidas.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO Y FÍSICO

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.1. Introducción

Este capítulo se adentrará en el diseño geométrico del sistema TRA para el AMGR. Dentro de la zona urbana que se estudia, las características fundamentales que incluye el diseño geométrico son la sección transversal del sistema, la determinación de las velocidades permitidas de operación y el vehículo de diseño. También abordaremos el proyecto preliminar de las paradas de colectivos y la estación de transferencia.

La sección transversal del sistema se refiere a la configuración de la vía en términos de carriles, andenes, veredas y otros elementos que conforman el espacio vial. En esta etapa del diseño geométrico se tomarán decisiones clave sobre el ancho y distribución de los carriles, la ubicación y dimensiones de los andenes para pasajeros, así como la inclusión de infraestructuras para ciclistas y peatones. El objetivo es lograr una sección transversal eficiente y segura que garantice la comodidad y la fluidez del TRA en su recorrido.

Además, se establecerá la velocidad de diseño del sistema, que es crucial para determinar las características geométricas de la vía, esta se basa en consideraciones de seguridad, operatividad y confort de los usuarios. Se realizará un análisis de la vía y sus condiciones, teniendo en cuenta la velocidad permitida, las intersecciones y otros factores relevantes.

Otro aspecto importante es el vehículo de diseño, el cual representa las características físicas y operativas de los autobuses que circularán en el sistema de TRA. Se definirán parámetros como longitud, ancho, radios de giro y capacidades del vehículo, lo que permitirá determinar las dimensiones adecuadas de las paradas de colectivos y la estación de transferencia.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.2. Metodología de diseño

Para definir las características geométricas del tramo en estudio, el trabajo se basó en las condiciones impuestas por el Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Resistencia, combinado con el Pliego de Recomendaciones Técnicas y Normas de Diseño de la Dirección Nacional de Vialidad.

Asimismo, se tomaron como ejemplo diseños tipos de TRA materializados en diferentes países y provincias, que se consideran acordes a la solución propuesta, respetando a su vez las normativas de diseño vigentes en el país.

4.3. Sección transversal

Las características de la sección transversal pueden ser geométricas (visibles) o estructurales (invisibles).

Las características geométricas comprenden las formas, posiciones y dimensiones de los elementos superficiales necesarios para el cumplimiento de su específica función y completan, con la planimetría y altimetría el sistema racional práctico de representación del proyecto vial. Todos los elementos complementarios en la sección transversal, como ser semáforos, dispositivos de seguridad, entre otros, serán detallados en SEGURIDAD VIAL.

Las características estructurales se refieren a las cualidades físicas de resistencia y estabilidad que deben poseer los elementos superficiales y los inferiores que le dan sustento, para oponerse a la acción disgregante de las cargas del tránsito y de los agentes del ambiente; y a las de suavidad y fricción de los elementos superficiales del pavimento para una circulación segura, veloz y cómoda (ver DISEÑO ESTRUCTURAL).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Las secciones transversales típicas dependen del tipo de camino al cual pertenecen. El tipo y diseño general del camino a su vez están influenciados por la zona que atraviesa, urbano o rural (para el correspondiente trabajo es zona urbana) y el volumen de tránsito.

Los caminos típicos de las zonas urbanas son las calles y las avenidas que, además de servir al tránsito vehicular por medio de sus calzadas, permiten el tránsito peatonal por sus veredas y recogen el agua de lluvia que cae sobre su superficie y las de las propiedades frentistas, conduciéndola por los cordones cuneta en los bordes de la calzada hasta el sistema pluvial de desagüe. Para ello, la DNV propone pendientes transversales mínimas (ver tabla 4.1), adoptando para el proyecto un valor del 2% debido a que se contará con un pavimento de hormigón.

Tabla 4.1. Pendientes transversales de la calzada o bombeos normales (BN) (fuente: DNV).

Tipo de pavimento	Pendientes transversales (%)
Hormigón	2
Concreto asfáltico	2
Carpeta bituminosa y macadam a penetración	2,5
Tratamientos bituminosos tipos doble y simple	3
Tratamiento bituminoso tipo simple	3

Para el caso en estudio, desde la altura 0 hasta 800 de la Av. Alvear, se cuenta con un ancho cercano a 45 metros que consta de tres calzadas de dos carriles cada una dejando un cantero de separación entre ellas y sus correspondientes veredas. Dicho esto, las condiciones ya se encuentran dadas para la implementación del TRA con simples modificaciones que consisten en reemplazar algunos canteros para la posterior implantación de paradas. (Ver plano N°4 y N°5).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

En el resto del trayecto de la mencionada avenida, el ancho de la misma varía entre los 28 metros y los 30 metros. En ambos casos se incluyen tres calzadas de dos carriles cada una con canteros como separación física y sus correspondientes veredas. Dicho esto, se debe recurrir a un diseño distinto al trayecto anterior debido a que existe un ancho limitante (ver anexo capítulo 2). Los tramos que cuenten con el ancho mínimo no serán modificados; sin embargo, los trayectos que cuentan con el ancho de 30 metros sí serán intervenidos para la eliminación de las separaciones físicas y su correspondiente colocación de las paradas. (Ver plano N°6, N°7 y N°8).

En conclusión, el proyecto contará con tres secciones transversales, una con un ancho de 28 metros, otra con 30 metros y, la última, de 45 metros (ver figura 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5). Para fundamentar la elección de las secciones es necesaria la identificación de la velocidad de diseño y los vehículos que circulan por dichas avenidas.



Figura 4.1. Sección transversal con ancho de 45 metros (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.2. Sección transversal con ancho de 45 metros (fuente: Elaboración propia).



Figura 4.3. Sección transversal con ancho de 28 metros (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.4. Sección transversal con ancho 30 metros con paradas (fuente: Elaboración propia).



Figura 4.5. Sección transversal con ancho de 45 metros con paradas (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.4. Velocidad de diseño

Antes de establecer una velocidad de diseño para el sistema, se debe clasificar la vía en estudio. La DNV clasifica la red vial nacional de I hasta V, dependiendo de la topografía del terreno, el TMDA de la vía en estudio y la velocidad directriz de la misma.

Para el caso en estudio, la vía se clasifica en categoría I, con un TMDA de entre 5.000 y 15.000, control de acceso parcial y configuración de trochas 2+2.

La velocidad es una de los más importantes factores a considerar por los conductores al seleccionar una alternativa de viaje o modos de transporte. El atractivo del valor de transporte es juzgado hoy en términos de tiempo, conveniencia y capital ahorrado. La velocidad de los vehículos en un camino no es continua sino más bien fluctúa por las siguientes razones:

- Capacidad, cultura y comportamiento del conductor
- Capacidades de operación del vehículo
- Características topográficas del camino y su entorno
- Condiciones climáticas
- Presencia de otros vehículos
- Limitaciones legales de velocidad, límites de velocidad señalizados

El proyectista debe satisfacer las demandas de los usuarios viales en forma segura y económica. El camino debe acomodar casi todas las demandas razonables (velocidad) con adecuación apropiada (seguridad y capacidad), pero no debe fracasar totalmente bajo carga severa; por ejemplo, las velocidades extremadamente altas o muy bajas mantenidas por un pequeño porcentaje de conductores. Entonces, los caminos deben diseñarse para operar a una velocidad que satisfaga a la mayoría de los usuarios, no necesariamente a todos.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Considerando que el proyecto estudiado se encuentra inmerso en una zona urbana donde no se debe circular a cualquier velocidad, existen límites impuestos para favorecer la seguridad de las personas según el tipo de camino y sus características. Una velocidad límite o límite de velocidad es la máxima o mínima permitida por ley, estatuto o zona de velocidad en una sección de calle o camino, comunicada a los conductores por medio de señales regulatorias u otra forma de informar.

Idealmente, los límites de velocidad deberían determinarse por medio de estudios de ingeniería vial y de tránsito para informar al conductor las velocidades a la cuales se espera minimizar el número y gravedad de los accidentes, según tipos de caminos y vehículos. Para este trabajo se tendrán en consideración las leyes nacionales vigentes y las ordenanzas municipales que correspondan.

La Ley Nacional de Tránsito N°24.449 indica:

“Artículo 51 – Velocidad máxima

Los límites máximos de velocidad son:

En zona urbana

En calles: 40 km/h

En avenidas: 60 km/h”

La Ordenanza Municipal N°5769/01 – Anexo Velocidades Máximas permitidas en la Circulación de todo tipo de Vehículo, establece:

“Zona Microcentro: Av. Las Heras – Av. Vélez Sarsfield; Av. Laprida – Av. Lavalle;

Av. Ávalos – Av. Hernandarias; Av. Alvear – Av. Castelli, la velocidad máxima permitida será de 40 km/h para todo vehículo que circule en ella.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Calles: de mano única, la velocidad máxima será de 40 km/h

Avenidas: velocidad máxima será de 50 km/h”

En conclusión, siendo el tramo en estudio (Alvear-Castelli) una avenida que delimita el microcentro consideramos que podemos elevar la velocidad máxima de 40 km/h a 50 km/h, tanto en el carril central para los buses como en ambos carriles laterales para el tráfico mixto.

4.5. Vehículo de diseño

Para diseñar una vía es necesario identificar todos los tipos de vehículos que probablemente usen el camino, establecer agrupamientos de clases generales, y seleccionar hipotéticos vehículos de diseño representativos en cada clase de diseño. El rango de vehículos tipo y sus características de operación pueden variar significativamente entre diversos proyectos.

La norma AASHTO agrupa los vehículos en diversos tipos según la siguiente tabla:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 4.1. Dimensiones de vehículos de diseño (fuente: AASHTO).

TIPO	DIMENSIONES			VOLADIZOS		DIST. EJES			RADIO MIN.DE GIRO	
	Alto	Ancho	Largo	Del.	Tras.	1°-2°	2°-3°	3°-4°	Ext.	Int.
P	1.30	2.15	5.80	0.90	1.50	3.40			7.30	4.20
SU	4.10	2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.80	8.50
BUS	4.10	2.60	12.10	2.10	2.45	7.60			12.80	7.40
ABUS	3.20	2.60	18.30	2.60	2.90	5.50			11.60	4.30
WB-12	4.10	2.60	15.20	1.20	1.80	4.00	8.25		12.20	5.70
WB-15	4.10	2.60	16.70	0.90	0.60	6.10	9.15		13.70	5.80
WB-18	4.10	2.60	19.90	0.60	0.90	3.00	6.10	6.40	13.70	6.80
WB-19	4.10	2.60	21.00	1.20	0.90	6.10	12.80		13.70	2.80
WB-20	4.10	2.60	22.50	1.20	0.90	6.10	14.30		13.70	0
WB-29	4.10	2.60	31.00	0.80	1.00	4.10	6.30	6.60*	15.20	6.30
WB-35	4.10	2.60	35.90	0.60	0.60	6.70	12.20	13.40	18.30	5.20
MH		2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.20	790
P/T		2.40	14.90	0.90	3.05	3.40			7.30	0.60
P/B		2.40	12.80	0.90	2.40	3.40			7.30	2.00
MH/B		2.40	16.10	1.20	2.40	6.10			15.20	10.70

Mientras tanto, la DNV agrupa los vehículos en la siguiente clasificación.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 4.2. Dimensiones de vehículos de diseño (fuente: DNV).

Vehículo representativo	Dimensiones de los vehículos (m)		
	Altura	Ancho	Longitud
Vehículo de pasajeros (P)	1,3	2,1	5,8
Ómnibus interurbano (BUS-14)	3,7	2,6	13,7
Ómnibus urbano (CITY-BUS)	3,2	2,6	12,2
Camión unidad simple (SU)	4,1	2,4	9,2
Camión semirremolque (WB-12)	4,1	2,4	13,9
Camión semirremolque (WB-15)*	4,1	2,6	16,8
Camión semirremolque (WB-19)	4,1	2,6	20,9
Casa rodante (MH)	3,7	2,4	9,2
Coche y remolque caravana (P/T)	3,1	2,4	14,8
Coche y remolque bote (P/B)	-	2,4	12,8

Se establecen dos vehículos de diseño para los carriles de tráfico mixto, el automóvil liviano de pasajeros (P) y el camión semirremolque (WB-15); por otro lado, el mismo camión semirremolque (WB-15) se asemejará a un ómnibus articulado para plantear los carriles exclusivos del TRA (ver figura 4.6 y 4.7).

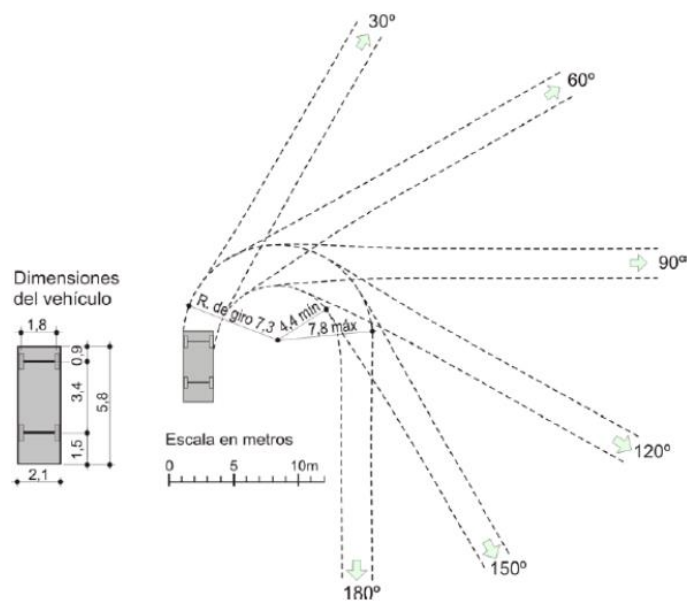


Figura 4.6. Mínima trayectoria y dimensiones de un vehículo P (fuente: Normas de diseño de la DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

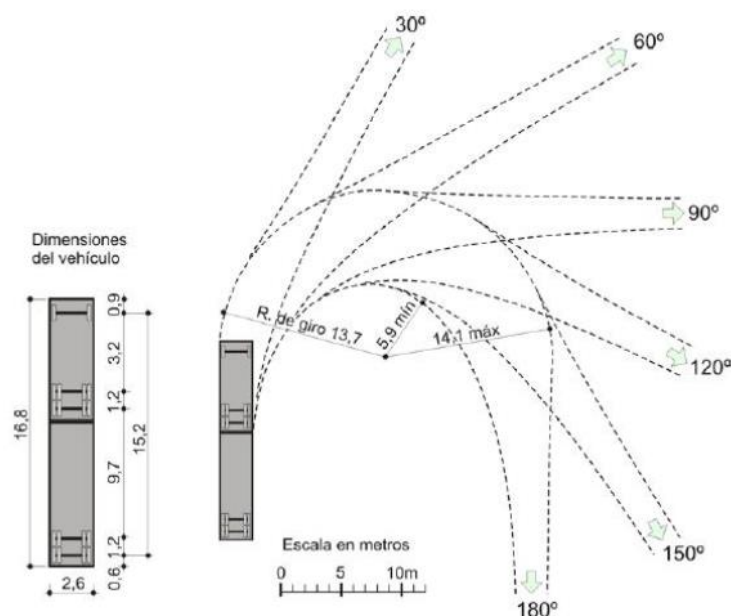


Figura 4.7. Mínima trayectoria y dimensiones de un vehículo WB-15 (fuente: Normas de diseño de la DNV).

El vehículo de diseño de mayor tamaño es el denominado WB-15 con 2,6 metros de ancho y 16,8 metros de longitud. En caminos rurales, con velocidad de operación mayores a 90 km/h, se recomienda que, a cada lado, el mismo cuente con 50 centímetros adicionales para una operación cómoda y no invadir a los demás carriles.

Sin embargo, este proyecto es llevado a cabo en una zona urbana donde la velocidad de los vehículos está limitada a 50 km/h, por lo que el sobreancho mencionado no es estrictamente necesario, además de que carriles más angostos inducen al usuario a no sobrepasarse de los límites. De esta manera se establece un ancho de carril de 3 metros, tanto para el tráfico mixto como para los autobuses.

A su vez, queda determinado que el radio de giro mínimo de este vehículo es de 5,8 metros, por lo que se deberá verificar esta dimensión en el punto crítico del tramo estudiado, el

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

cual se encuentra en la intersección de la avenida Alvear con la Ruta Nacional N°11. Según se pudo medir a través del programa de computación Google Earth (ver figura 4.8), dicho radio es de 9 metros, con lo que se verifica el mínimo necesario.

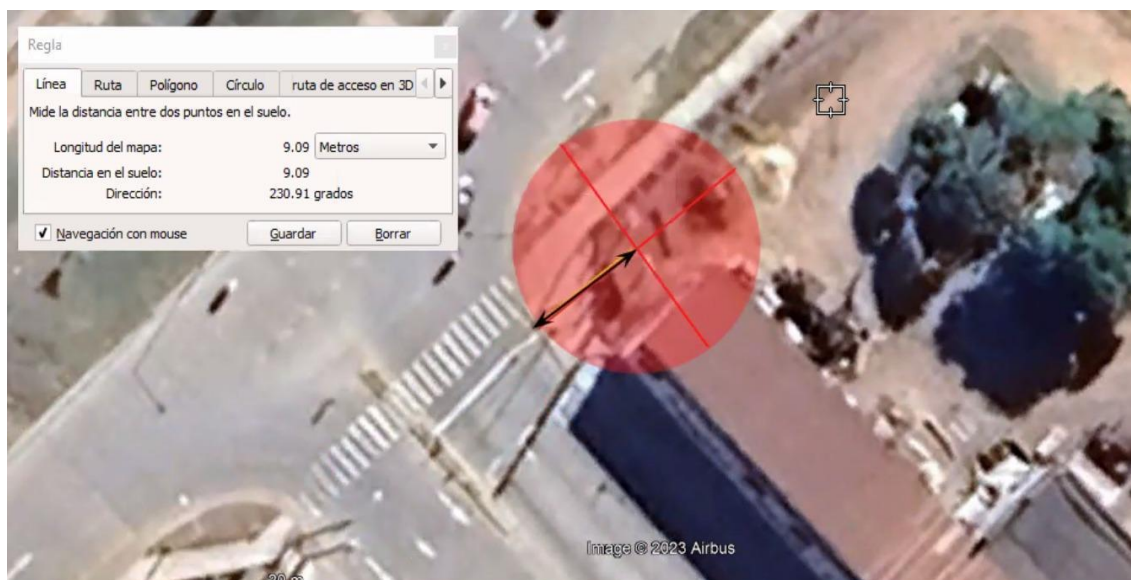


Figura 4.8. Medición del radio de giro en el punto crítico (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth - 2023).

También se puede establecer que la capacidad máxima del vehículo de diseño, considerando que circulan dos tipos de ómnibus. Uno es el típico que circula por el país, el cual tiene una capacidad de aproximadamente 30 personas sentadas y 30 paradas, es decir que se llega a un total de 60 usuarios (ver figura 5.8). Por otro lado se tendrá un bus articulado, el cual tiene una capacidad máxima de aproximadamente 60 personas sentadas y 60 paradas, alcanzando un total de 120 pasajeros (ver figura 5.9).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.6. Estación de transferencia modal

Las estaciones de transferencia modal, ETM, se instalan en zonas rurales o urbanas para estacionar el vehículo y facilitar la continuación del viaje en vehículos de transporte público, ómnibus o trenes. Mediante la localización de estos lotes o puestos de estacionamiento fuera de la zona céntrica de la ciudad, se reducen la congestión, los costos de estacionamiento, y se mejora la accesibilidad. Normalmente, la situación general y el tamaño de la ETM se determinan durante la etapa de planeamiento.

En el proyecto en cuestión, se considera construirla en la intersección de la Ruta Nacional 11 y la Av. Alvear; la misma tendrá dimensiones de 100 metros por 60 metros sobre un terreno perteneciente a Vialidad Nacional el cual puede ser expropiado para un mejor fin ya que hoy en día no tiene uso (ver plano N°3).

En el anteproyecto llamado “Estación de transferencia para transporte terrestre de pasajeros en el puerto de Corrientes” hecho por Molina, Julio Cesar y Verón, Valeria Magalí se incluye el diseño arquitectónico de una estación de transferencia con un análisis exhaustivo y óptimo. Del mismo se replicarán partes que incluyen el plan de necesidad y organigrama para obtener una zonificación, sin entrar a detalle en el análisis de superficies y diseño arquitectónico propiamente dicho ya que escapa de la finalidad de este trabajo.

Al realizar el proyecto de una estación de transferencia es importante considerar la cantidad de ambientes necesarios para el desarrollo de las actividades, asegurando la libertad de circulación y el desarrollo de dichas actividades en simultáneo, sin perjuicio de lo establecido por la normativa local. Para ello, se ejecutan un conjunto de pasos que aseguren un resultado eficiente:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.6.1. Plan de necesidades

Reúne todos los espacios que permitan el buen funcionamiento de la terminal de transferencia de pasajeros. Consiste en estudiar y analizar las necesidades generales e individuales de las personas que utilizan los servicios que brinda el edificio, así como también las del personal que desarrolla sus actividades en ella. Para cada necesidad detectada se debe definir un espacio en el cual se desarrollaría la actividad que la satisface, agrupándolos en áreas o zonas, según cumplan funciones comunes.

4.6.1.1. Actividades básicas:

- Oficina de informe turístico: ofrece información de combinación de líneas urbanas e interurbanas de colectivos para llegar a los distintos eventos culturales de la región, fomentando el turismo en la provincia y el nordeste argentino.
- Debido a que actualmente no existen puntos SUBE cercanos, en los cuales se puede adquirir la tarjeta y cargarla, pero no acreditar las cargas realizadas de manera electrónica, aplicar la Tarifa Social Federal, así como tampoco consultar y recuperar el saldo, este espacio contaría con una Terminal Automática SUBE (TAS), en la cual se pueden efectuar todas estas acciones mencionadas.
- Área de espera: zona próxima a las plataformas de ascenso, donde los usuarios esperan hasta el abordaje a los colectivos, en un número de asientos disponibles en condiciones de comodidad y seguridad.
- Plataforma de ascenso y descenso: proporcionan condiciones adecuadas para el abordaje de pasajeros, protegido ante las inclemencias climáticas.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.6.1.2. Actividades complementarias:

- Servicios sanitarios generales: satisface las necesidades fisiológicas y de higiene del usuario y del personal.

4.6.1.3. Actividades de servicio:

- Servicio de seguridad y vigilancia. Servicio contra incendio
- Sala de Atención Primaria de la Salud (SAPS), que cuente con desfibrilador externo automático (DEA).
- El servicio al público deberá ser las 24h, los 365 días del año, exceptuando las actividades de la SAPS, la cual tendrá un horario comercial.

4.6.2. Organigrama

Esquema de funcionamiento que plantea las relaciones entre los distintos componentes y es sumamente necesario para analizar y definir el correcto funcionamiento de lo que se pretende proyectar. A partir de las áreas antes descritas, se establecen los vínculos entre ellos y los ingresos al edificio desde el exterior (ver figura 4.9).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.9. Organigrama funcional de la Estación de Transferencia (fuente: “Estación de transferencia para transporte terrestre de pasajeros en el puerto de Corrientes”).

A partir del organigrama se lleva a cabo la resolución de una óptima zonificación para el desarrollo de las actividades que deben llevarse a cabo en la ETM (ver figura 4.10).

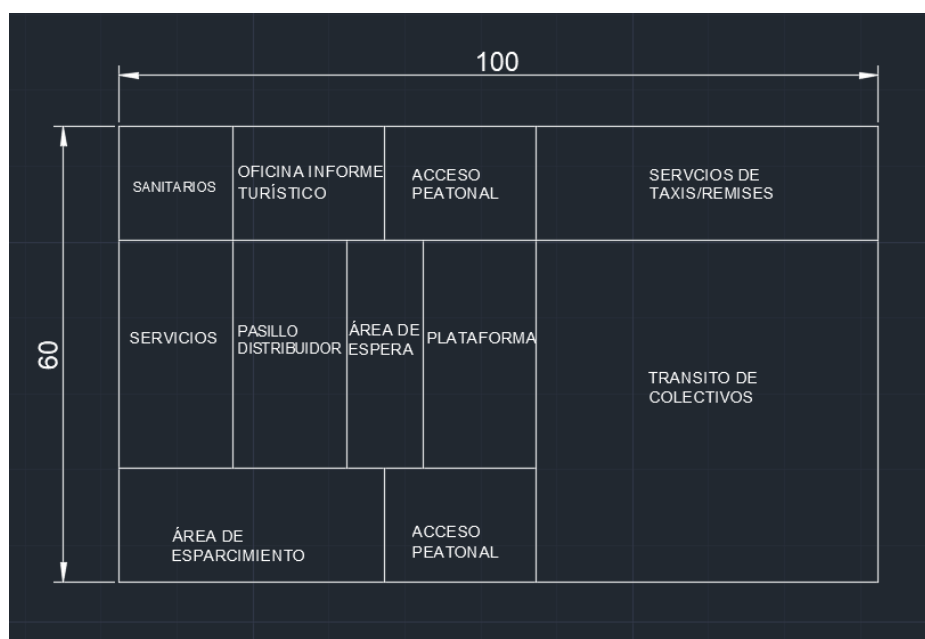


Figura 4.10. Zonificación de la ETM (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

4.6.3. Análisis de superficies

Permite conocer las dimensiones mínimas reglamentarias y la forma conveniente de los espacios para permitir una cómoda circulación de los usuarios.

4.6.4. Diseño arquitectónico

Indica, en plantas, cortes y vistas, cómo se trasladarían las diferentes áreas al terreno.

4.7. Diseño de paradas

El objetivo del diseño de paradas en este trabajo está dirigido a satisfacer las comodidades de las personas que esperarán el sistema de TRA, brindándoles protección, comodidad y seguridad. Además, se contempla el acceso a información de todo tipo sobre el transporte, como ser los horarios, recorridos y mapas.

Teniendo en cuenta la situación actual de las distintas unidades de espera a lo largo del recorrido seleccionado para el estudio, se puede observar que hay una insuficiencia de servicios en las mismas y se encuentran en un estado deplorable (ver figura 4.11). Por lo tanto se plantea un diseño innovador y moderno que cumpla con todas las condiciones óptimas, el cual se va a replicar a lo largo de toda la vía en cada unidad de espera.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.11. Parada de colectivos actuales a lo largo de la avenida Alvear (fuente: Elaboración propia).

Por último es más que importante hacer hincapié en la posición actual de las paradas de colectivos, las mismas se encuentran en las veredas (algunas a mitad de cuadra y otras en las esquinas), mientras que la idea del proyecto de TRA necesita que las mismas se encuentren ubicadas en los canteros centrales existentes en el proyecto, por lo cual se hace necesaria la reubicación y readecuación de las paradas de colectivos y su sistema.

Actualmente se instalaron paradas modernas y seguras en algunos puntos estratégicos de la ciudad, las cuales cuentan con información de los recorridos, botón antipánico, cámaras de seguridad conectadas con un centro de monitoreo, conectividad inalámbrica y terminales de carga y consulta de saldo SUBE (ver figura 4.12).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.12. Paradas modernas SITAM (fuente: <https://chaco.gob.ar/>).

Dicho esto, se implementará el mismo modelo de paradas a lo largo de la avenida Alvear con algunas mejoras que se consideran necesarias (ver figuras 4.13 y 4.14), las cuales se detallarán a continuación.

- **Pantallas interactivas:** Son dispositivos que combinan las funcionalidades de una pantalla tradicional con capacidades interactivas y táctiles, éstas indicarán en tiempo real la información necesaria para el usuario con respecto a su correspondiente transporte.
- **Accesibilidad para discapacitados:** Se contará con rampas de acceso para discapacitados y baldosas podotáctiles.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Paneles solares: También conocidos como módulos fotovoltaicos, son dispositivos que capturan la energía del sol y la convierten en electricidad utilizable; estos estarán ubicados en los techos de las paradas, para poder abastecer de energía al sistema eléctrico de la misma.
- Cestos de basura: Se contará con cestos de reciclaje, estos son recipientes diseñados específicamente para facilitar y promover la separación de residuos en distintas categorías, según su material o tipo, con el fin de fomentar el reciclaje y la gestión adecuada de los desechos.
- Sistema de bicicletas compartidas: Ponen a disposición de un grupo de usuarios una serie de bicicletas para que sean utilizadas temporalmente como medio de transporte. Normalmente estos sistemas son gestionados por un estamento público y permiten recoger una bicicleta y devolverla en un punto diferente (entre paradas de colectivos), para que el usuario sólo necesite tener la bicicleta en su posesión durante el desplazamiento.
- Sistema de tomacorriente: Se implementarán enchufes para la carga de dispositivos móviles de los usuarios de la parada.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 4.13. Modelo propuesto de paradas del sistema TRA (fuente: Elaboración propia).



Figura 4.14. Modelo propuesto de paradas del sistema TRA (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 5: DISEÑO ESTRUCTURAL

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.1. Introducción

Como bien se ha mencionado en ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA, únicamente se realizará una intervención en los tramos de las avenidas que se encuentren en malas condiciones para la circulación del tránsito, es decir, aquellas que cuenten con agrietamientos y desprendimientos de gran magnitud, movimientos relativos de losas, formación de baches aislados, entre otras deformaciones, que resulten peligrosas e incómodas para los conductores.

Por otra parte, se reemplazarán los carriles centrales compuestos por pavimento flexible por un pavimento rígido ya que tienen una gran resistencia a los esfuerzos tangenciales que genera la aceleración y desaceleración de los colectivos, sobre todo en las paradas donde ocurre reiterativamente.

Se utilizarán losas de hormigón H-30 como carpeta de rodamiento, la cual cuenta con gran rigidez y alto módulo de elasticidad, permitiendo una distribución de los esfuerzos en áreas mayores y a su vez reduciendo la transmisión de los mismos a las capas inferiores, brindando así mayor resistencia y durabilidad. A su vez, la carpeta de rodamiento se apoya sobre una base de relleno de densidad controlada (RDC) con la función de prevenir el bombeo de suelos de granos finos, y ésta sobre la subrasante de suelo mejorado con cal para dar un apoyo estable y uniforme, sin que se den cambios bruscos en el valor soporte (ya calculado anteriormente).

Si bien este criterio debería adoptarse para toda la traza del TRA, tanto el ramal Sarmiento como el ramal Barranqueras, solamente se plantea la solución para la Av. Alvear y su continuación Av. Castelli (ver figura 5.1).

Los tramos en los que se plantea la repavimentación debido a su mala condición son los que abarcan desde la calle Roque Sáenz Peña hasta la Av. Belgrano y desde Av. Mac Lean hasta su intersección con ruta 11. Mientras que desde la Av. Hernandarias hasta la intersección ruta 11 se reemplazará en el carril central el pavimento flexible por rígido (ver figura 5.1).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

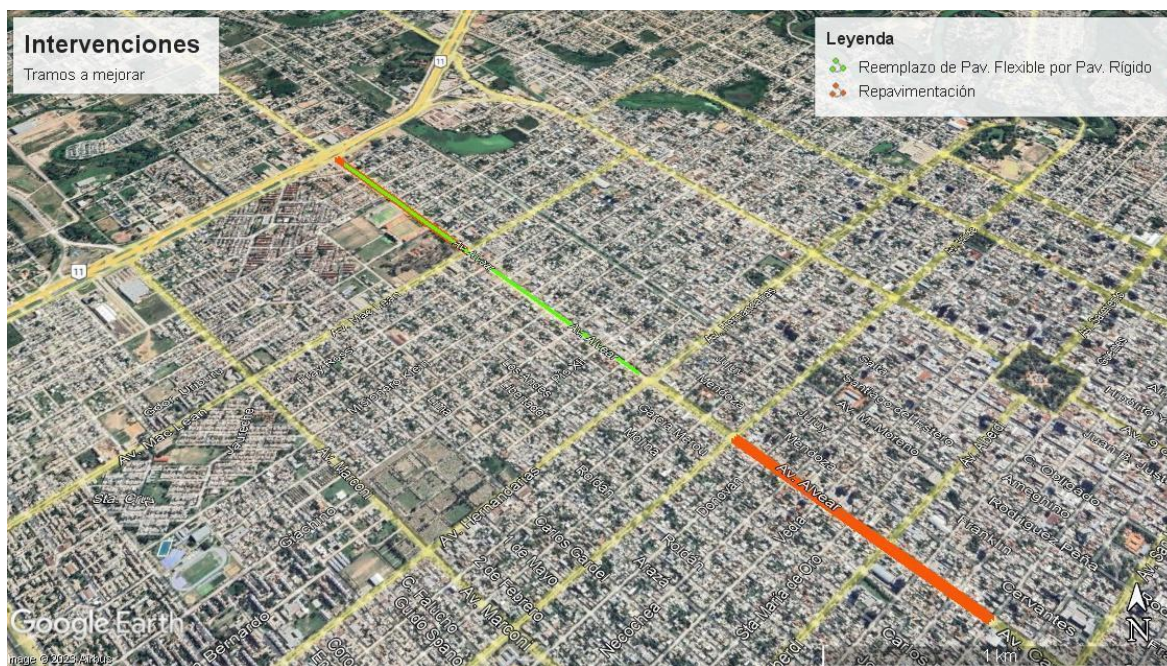


Figura 5.1. Tramos a mejorar su diseño estructural (fuente: Elaboración propia en base a Google Earth).

5.2. Metodología de estudio

En este capítulo se presenta la aplicación del método AASHTO-93 para realizar un diseño estructural de las capas del pavimento rígido que constituirá el carril exclusivo de las unidades del TRA. El espesor de la capa de rodamiento puede ser determinado mediante el empleo de la fórmula de diseño por el uso de ábacos.

Una vez dimensionado se procederá a comparar con la metodología de la Asociación del Cemento Portland o PCA por sus siglas en inglés.

Se adoptará un espesor según los resultados que arrojen ambos métodos y luego se utilizará uno de los dos procedimientos para dimensionar el paquete estructural de los carriles de tráfico mixto.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.3. Procedimiento de cálculo AASHTO

Para determinar el espesor de la losa de hormigón el procedimiento de la AASHTO, se apoya en el uso de una ecuación empírica desarrollada por la observación de algunos pavimentos estudiados durante ensayos sobre carreteras.

$$\begin{aligned} \log(ESAL's) = & Z_r * S_o + 7,35 + \log(D - 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 * 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\ & + (4,22 - 0,32 * P_t) * \frac{\log_x(MR * C_d * (D^{0,75} - 1,132))}{215,63 * J * \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0,25}} \right]} \end{aligned}$$

- ESAL's: ejes equivalentes de 18.000 libras, totales para la vida útil de diseño.
- Z_r : desvío normal estándar.
- S_o : desvío estándar global de la predicción del tránsito y desempeño.
- D : espesor de la losa de hormigón.
- ΔPSI : pérdida de serviciabilidad.
- P_t : serviciabilidad final.
- MR : módulo de rotura del hormigón.
- C_d : coeficiente de drenaje.
- J : Coeficiente de transferencia de cargas.
- E_c : módulo de elasticidad del hormigón.
- k : módulo compuesto de reacción de la subrasante

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- A continuación, se procederá a calcular cada una de estas variables de entrada que componen la fórmula y que serán de uso tanto en los ábacos como en el programa de computación.

5.3.1. Ejes equivalentes (ESALs)

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. Sin embargo, el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen distintas tensiones y deformaciones en la calzada, y a los efectos de cálculo, para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirán el mismo daño que toda la composición del tránsito, que por sus siglas en inglés es más conocido como ESALs.

En este método se proyectan ejes tipo de 80 kN o 18 kips, que en Argentina equivale a 10,6 toneladas.

El ESALs para este caso se calculará para la cantidad de vehículos pesados que transitan en nuestro sistema por el carril central, analizando un solo carril en una dirección, con lo que se replicara en el otro carril en dirección contraria. Este se calculará teniendo en cuenta la frecuencia con la que los vehículos transitan el sistema, la cual será adoptada en base a la demanda de usuarios.

Se adoptará una frecuencia dependiendo los rangos horarios donde se demande más servicio, siendo estas las denominadas “horas pico”. A continuación se discriminan distintos rangos horarios y la adopción de la frecuencia en cada una:

- Entre las 00 y las 5 h, una frecuencia de un vehículo cada 10 minutos.
- Entre las 5 h y las 9 h, un vehículo cada 3 minutos.
- Entre las 9 h y las 12 h, un vehículo cada 5 minutos.
- Entre las 12 h y las 14 h, un vehículo cada 3 minutos.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Entre las 14 h y las 17h, un vehículo cada 5 minutos.
- Entre las 17 h y las 20 h, un vehículo cada 3 minutos.
- Entre las 20 h y las 24 h, un vehículo cada 5 minutos.

Se puede analizar entonces que por cada rango horario se tendrá un determinado número de vehículos, calculados en función del número de vehículos por hora:

- Entre las 00 h y las 5 h de la mañana, se tendrán 6 vehículos por hora, 30 vehículos en total.
- Entre las 5 h y las 9 h se tendrán 20 vehículos por hora, es decir un total de 80 vehículos.
- Entre las 9 h y las 12 h del mediodía, se tendrán 12 vehículos por hora, con un total de 36 vehículos.
- Entre las 12 h y las 14 h, se tendrán 20 vehículos en una hora, con un total de 40 vehículos.
- Entre las 14 h y las 17 h, 12 vehículos en una hora, con un total de 36 vehículos.
- Entre las 17 h y las 20 h, 20 vehículos por hora con un total de 60 vehículos.
- Entre las 20 h y las 24 h, 12 vehículos por hora con un total de 48 vehículos.

Por lo tanto se puede llegar al número total de vehículos por día que circulan por un carril en una dirección, sumando la cantidad que transitan en cada rango horario. En este caso se tendrán 330 vehículos de TRA por día, de los cuales se proyecta que 33 autobuses sean del tipo articulado.

Con este número de vehículos diario, se deberá calcular el ESALs para el método de la AASHTO y así lograr obtener el valor del espesor necesario para nuestra carpeta de rodamiento.

Además de utilizar el análisis de los ejes y sus cargas, se debe considerar el cálculo de algunos valores para hallar el número de ejes equivalentes de 10 toneladas o 18.000 kips. Estos son:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Vida útil: Los pavimentos rígidos se diseñan para una vida útil de entre 20 y 50 años. En este caso se adoptan 25 años.
- Año del TMDA conocido: Es el año en el que se realizan las proyecciones mencionadas antes, es decir, 2023.
- TMDA conocido: Según lo calculado precedentemente, 330 vehículos por día.
- Año de inauguración: Se consideran 2 años posteriores a la realización de este ante proyecto, 2025.
- Tasa de crecimiento del TMDA: Se debe definir una tasa de crecimiento, en general, entre 2% y 6% al momento de realizar el estudio de demanda, con el fin de determinar el tránsito de diseño en función del crecimiento de tránsito previsto durante el período de diseño. Se adoptará una tasa de 3%.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCIÓN DE EJES	Nº DE EJES (1)	% DE CADA TIPO DE VEHICULOS (2)	FACTOR "C" (3)	(1) * (2) * (3) / 100
Automoviles					
Jeeps	1.1	2	0,00	0,010	0,000
Camionetas					
Omnibus	1.1	2	90,00	0,070	0,126
CAMIONES SIN ACOPLADOS	1.1	2	0,00	0,600	0,000
	1.2	3	0,00	0,380	0
CAMIONES CON ACOPLADOS	1.1 + 1.1	4	0,00	0,600	0,000
	1.1 + 1.2	5	0,00	0,390	0,000
	1.2 + 1.1	5	0,00	0,470	0,000
	1.2 + 1.2	6	0,00	0,320	0
SEMI REMOLQUES	1.1.1	3	10,00	0,540	0,162
	1.1.2	4	0,00	0,450	0,000
	1.1.3	5	0,00	0,410	0,000
	1.2.2.	5	0,00	0,350	0
			100,00	Fe =	0,2880
VIDA ÚTIL EN AÑOS =	25				
ÚLTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO =	2023				
TMDA CONOCIDO =	330				
AÑO DE INAUGURACIÓN =	2025				
Nº de Años para determinar el coef. (a) Año de inauguración - Año TMDA conocido	2				
Coeficiente (a) Crecimiento para el año de inauguración	1,0609				
TASA DE CRECIMIENTO =	3%				
			TMDA inicial 2018 = 350		
			TMDA 2018 * (a)		
			Coeficiente (b) Factor de crecimiento en la vida útil		
			2,09378		
			TMDA Final (TMDA inicial * (b)		
			733		
			Factor por número de trochas (Fn)		
			1		
			Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN (8,2 Toneladas)		
N = [(TMDA Final +TMDA Inicial) / 2] * 365 * Fe * Fn * 2,2 * vida útil					3,1E+06

Figura 5.2. Cálculo del ESALs en planilla Excel (fuente: Cátedra “Vías de Comunicación I”).

En resumen, se tendrá un valor de 3.131.090 millones de ejes equivalentes de 10,5 toneladas que transitan por el pavimento en los 25 años de su vida útil.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.3.2. Desvío normal estándar (Z_r)

Para obtener el valor de Z_r es necesario primero conocer la confiabilidad en el diseño (R) la cual se encuentra detallada más adelante y tiene un valor del 90%. Con este valor se conseguirá adoptar el desvío normal estándar correspondiente de la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Valores de Z_r en función de la confiabilidad R (fuente: AASHTO 1993).

Confiabilidad R , %	Desviación normal estándar Z_r
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Se observa que para una confiabilidad $R=90\%$ se obtiene un valor de $Z_r=-1,282$.

5.3.3. Desvío estándar de todas las variables (S_o)

El desvío estándar es una medida de la variabilidad de los datos, es decir cuánto se aleja respecto a un valor medio de la serie (ver tabla 5.2). Este mismo, será seleccionado en función de su condición de diseño respecto del tránsito.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.2. Desvíos estándar recomendados (fuente: AASHTO 1993).

Condición de diseño	Desvío standard
Variación en la predicción del comportamineto del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (pav. rígidos)
	0,44 (pav. flexibles)
Variación en la predicción del comportamineto del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (pav. rígidos)
	0,49 (pav. flexibles)

Para el sistema de TRA, se plantea un paquete estructural con pavimento rígido y teniendo en cuenta que, por no haber un estudio en profundidad con respecto al tránsito, pueden surgir errores de su contabilización y clasificación por lo que se adopta un desvío estándar $S_o=0,39$.

5.3.4. Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. Así se tiene un índice de serviciabilidad presente o PSI por sus siglas en inglés mediante el cual el pavimento es calificado entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfectas condiciones).

En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final; la inicial P_o es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción mientras que la final o terminal P_t es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados son:

Serviciabilidad inicial:

- $P_o=4,5$ para pavimentos rígidos
- $P_o=4,2$ para pavimentos flexibles

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Serviciabilidad final:

- $P_t=2,5$ o más para caminos muy importantes
- $P_t=2,0$ para caminos de menor tránsito

En base a lo expuesto recientemente, se adopta un valor de serviciabilidad inicial $P_o=4,5$ ya que la carpeta de rodamiento es de hormigón (pavimento rígido) y un valor de serviciabilidad final $P_t=2,5$ debido a que las trazas del TRA son avenidas principales del AMGR.

Con dichos valores adoptados, se obtiene una pérdida de serviciabilidad de:

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,5 - 2,5 = 2$$

5.3.5. Módulo de rotura del hormigón (MR)

El módulo de rotura o resistencia a la tracción por flexión del hormigón f'_r se determina con el ensayo a flexión con carga al tercio y está relacionado con la resistencia a la compresión f'_c a través de la ecuación:

$$f'_r = K * \sqrt{f'_c}$$

Donde f'_r y f'_c están dados en psi y K es una constante que varía entre 7 y 12. Se toma un promedio entre los valores de 7 y 12 para determinar la constante K.

$$K = \frac{7 + 12}{2} = 9,5$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} = 305 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 4.338 \text{ psi}$$

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$f'_r = 9,5 * \sqrt{4.338 \text{ psi}} = 625 \text{ psi}$$

Este valor puede ser comprobado utilizando la tabla 5.3, de acuerdo al tipo de vía a pavimentar.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.3. Valores del Módulo de Rotura de acuerdo a la clasificación funcional del camino (fuente: AASHTO 1993).

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm ²	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Finalmente, se adopta el valor recomendado quedando así un MR=640.1psi.

5.3.6. Coeficiente de drenaje (Cd)

Para el diseño de pavimentos rígidos se usan los coeficientes de drenaje Cd que ajustan la ecuación de diseño que considera la resistencia de la losa, las tensiones y condiciones de soporte (ver tabla 5.4).

Tabla 5.4. Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (fuente: AASHTO 1993).

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad que el pavimento próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Para poder determinar el Cd correspondiente al caso se debe calcular el tiempo de drenaje de la base combinada con subrasante para el pavimento rígido y seleccionar una calidad del mismo en base al tiempo calculado (ver tabla 5.5).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.5. Calidad del drenaje en función de su tiempo (fuente: AASHTO 1993).

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Hay dos maneras para determinar el tiempo de drenaje para una capa de un pavimento. Estas son: la aproximación del tiempo para drenar y la del estado de flujo constante; en esta última se consideran los caudales de ingreso y egreso mientras que en el método del tiempo para drenar se considera solamente el agua que se infiltra. Además se requieren datos del suelo que van más allá del informe técnico con el que se elaboró el ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA.

En base a lo establecido, existe una imposibilidad de calcular el tiempo de drenaje. Por lo cual se estima una calidad del drenaje buena, por tratarse de una vía urbana donde se supone que el agua escurre de manera rápida y eficiente, y el tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación se adopta mayor al 25%.

Así se obtiene un $C_d=1$, que no influirá en el valor final del espesor.

5.3.7. Coeficiente de transferencia de cargas (J)

El coeficiente de transferencia de cargas J es un factor usado en pavimentos rígidos para tener en cuenta la capacidad de la estructura del pavimento para transferir cargas a través de juntas y fisuras. La tabla 5.6 da recomendaciones sobre rangos de coeficientes J para distintas condiciones.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.6. Coeficientes de transferencia de cargas (fuente: AASHTO 1993).

Banquina	Concreto	asfáltico	Hormigón a	vinculado calzada
Mecanismo de transferencia de cargas	Si	No	Si	No
Tipo de pavimento				
Hormigón simple o armado c/juntas	3,2	3,8-4,4	2,5-3,1	3,6-4,2
Hormigón armado continuo	2,9-3,2	-----	2,3-2,9	-----

Sabiendo que el proyecto no cuenta con banquetas de hormigón vinculadas, ya que no hay un monolitismo a la hora de realizar la obra, y estableciendo la utilización de pasadores como mecanismo de transferencia de cargas para las losas simples con juntas, se adopta un valor de $J=3,2$.

5.3.8. Módulo elástico del hormigón (E_c)

Para el método AASHTO se utiliza la relación propuesta por el Instituto Americano de Concreto, o ACI por sus siglas en inglés, el cual relaciona la resistencia a compresión simple f'_c y su módulo de elasticidad E_c .

El módulo elástico del pavimento se determina con la ecuación:

$$E_c = 57.000 * \sqrt{f'_c}$$

Siendo:

- E_c = módulo elástico del hormigón (psi)
- f'_c =resistencia a la compresión simple del hormigón (psi)

Por lo tanto, si se aplica la fórmula se obtiene $E_c=3.754.219$ psi.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.3.9. Confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural cumpla con su función prevista durante su vida útil, bajo las condiciones de medio ambiente que suceden durante ese lapso.

Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero tiene como ventaja que pasará más tiempo hasta que necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento. En base a lo dicho, hay un nivel de confiabilidad óptimo en el cual la suma de los costos iniciales y de mantenimiento dan un valor mínimo (ver figura 5.3).

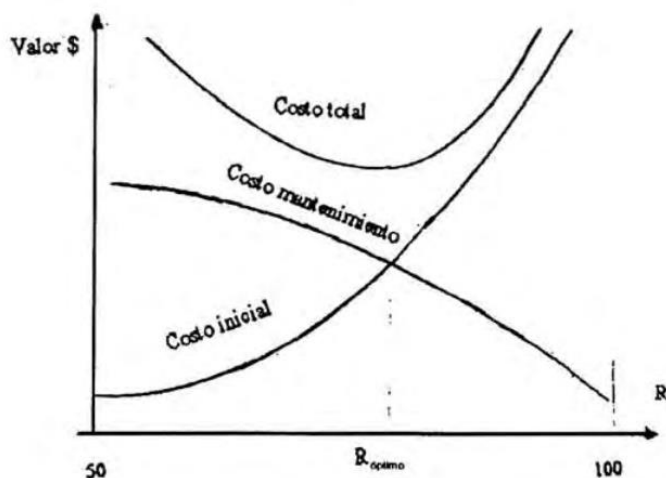


Figura 5.3. Confiabilidad óptima con costo total mínimo (fuente: AASHTO 1993).

En la siguiente tabla se presentan los niveles de confiabilidad recomendados por la guía AASHTO 93.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.7. Coeficientes de transferencia de cargas (fuente: AASHTO 1993).

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Debido a que se cuenta con un camino de tipo arteria principal y, además, el proyecto se encuentra emplazado en una zona urbana, se adopta una confiabilidad $R=90\%$ que representa el valor promedio del caso.

5.3.10. Módulo compuesto de reacción de la subrasante (K_c)

Para el cálculo de este coeficiente se va a requerir de valores adicionales como ser el módulo de elasticidad de la base y su espesor, y el módulo resiliente de la subrasante.

Teniendo en cuenta que el suelo del lugar mejorado con cal servirá de subrasante, se propone una base RDC con un espesor de 15 cm, con 150 kg de cemento por metro cúbico y una resistencia a la compresión simple a los 7 días mayor o igual a 20 kg/cm².

Las mezclas de agregados con cemento presentan un módulo de elasticidad que oscilan entre los 500.000 y 1.000.000 psi (ver tabla 5.8).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.8. Rangos típicos de módulos de elasticidad (fuente: AASHTO 1993).

Tipo de material	Módulo de elasticidad ó módulo resiliente [psi]	Factor de pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento	1,000,000 – 2,000,000	0.0 – 1.0
Mezclas de agregado con cemento	500,000 – 1,000,000	0.0 – 1.0
Base tratada con asfalto	350,000 – 1,000,000	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas	40,000 – 300,000	0.0 – 1.0
Limo estabilizado	20,000 – 70,000	1.0 – 3.0
Material granular	15,000 – 45,000	1.0 – 3.0
Subrasante natural	3,000 – 40,000	2.0 – 3.0

En este caso se adopta un valor promedio de 750.000 psi como módulo de elasticidad de la base.

Para el caso de la subrasante, se propuso en ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA un espesor de 15 cm. El cálculo del módulo resiliente de la subrasante se realiza a partir de ensayos en laboratorio y dado que no se cuenta con equipamientos para ejecutarlo, es conveniente relacionarlo con otras propiedades de los materiales. En este caso, con respecto al valor soporte o CBR se tiene:

$$Mr = B \times CBR$$

Si el valor CBR es menor a 10%, se adopta un coeficiente $B=1.500$, pero este valor puede variar entre 750 y 3600 para el cálculo en psi.

Recordando el resumen de los datos de suelos establecidos en la tabla 3.3, se opta por tomar el menor valor de CBR de entre los tres sondeos realizados y así estar del lado de la seguridad. Además, más allá de tener CBR de 16,7%, es decir, mayor al 10%, también se elige seguir con valores conservadores adoptando al coeficiente $B=1.500$ aunque podría tomarse valores mayores según el reglamento.

$$Mr = 1500 \times 16,7 = 25.050 \text{ psi}$$

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Con los valores obtenidos se ingresa en el ábaco de la figura 5.4 y se obtiene el módulo de reacción combinado (K_{comb}), arrojando un valor de aproximadamente 2000 psi.

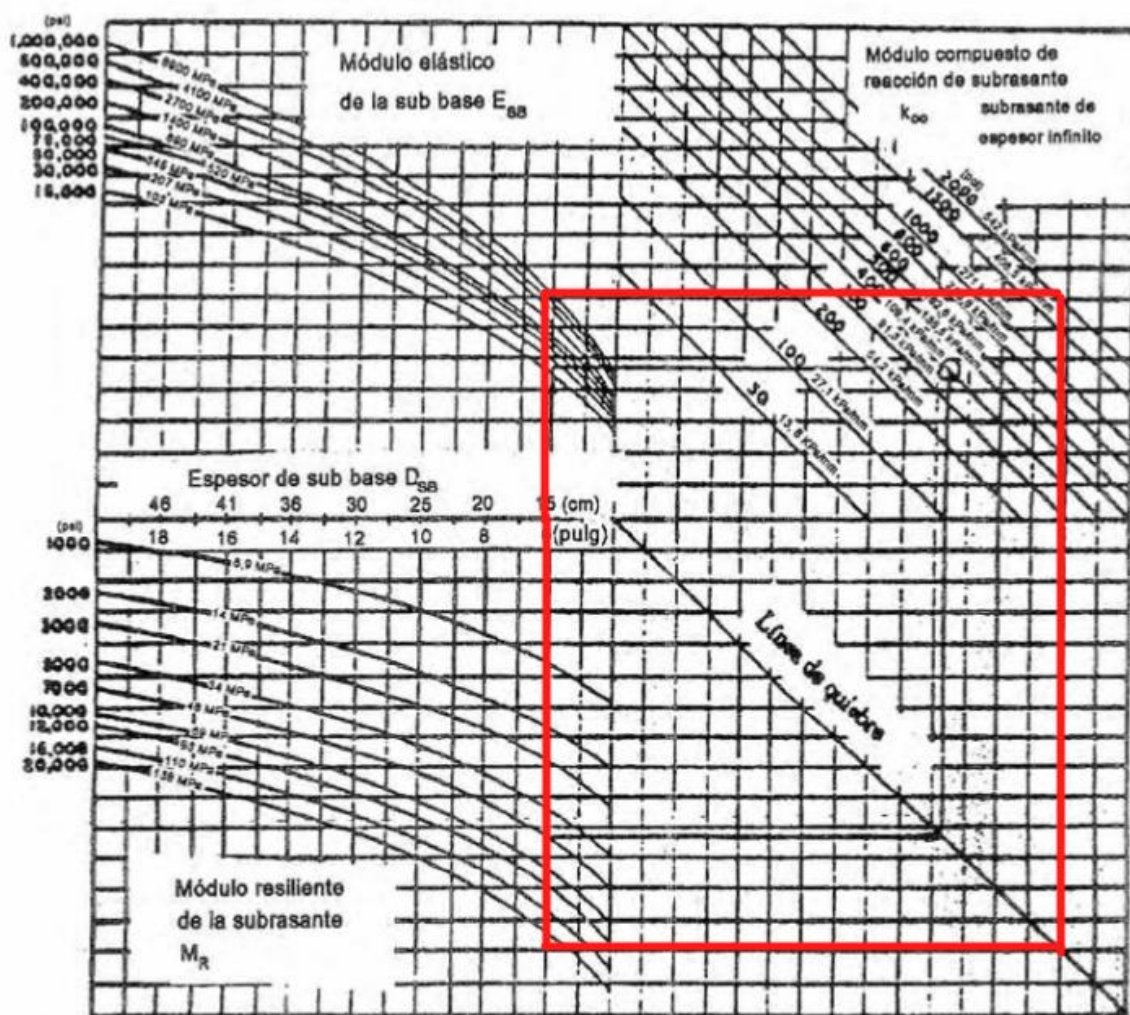


Figura 5.4. Ábaco para estimar el módulo compuesto de reacción de subrasante, considerando una profundidad infinita de una capa rígida (fuente: AASHTO 1993).

Debe ajustarse el módulo de reacción de la subrasante para considerar la pérdida de soporte (LS) de la base por erosión. Este factor es incluido en el diseño de pavimentos rígidos y

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

se obtiene gráficamente ingresando en la figura 5.4, dependiendo del tipo de material se adopta un valor de LS (ver tabla 5.9), que para este caso oscila entre 0 y 1.

Tabla 5.9. Valores de pérdida de soporte (fuente: AASHTO 1993).

Tipo de material	Pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento E=6,9 a 13,8 GPa (1x10 ⁶ a 2x10 ⁶ psi)	0,0-1,0
Mezclas de agregados con cemento E=3,4 a 6,9 GPa (5x10 ⁵ a 1x10 ⁶ psi)	0,0-1,0
Base tratada con asfalto E=2,4 a 6,9 GPa (3,5x10 ⁵ a 1x10 ⁶ psi)	0,0-1,0
Mezclas bituminosas estabilizadas E=276 a 2070 MPa (4x10 ⁴ a 3x10 ⁵ psi)	0,0-1,0
Estabilizado con cal E=138 a 483 MPa (2x10 ⁴ a 7x10 ⁴ psi)	1,0-3,0
Base granular no tratada E=103 a 310 MPa (1,5x10 ⁴ a 4,5x10 ⁴ psi)	1,0-3,0
Materiales naturales de subrasante E=21 a 276 MPa (3x10 ³ a 4x10 ⁴ psi)	2,0-3,0

Se adopta LS = 1 debido a la existencia de una subbase constituida por mezclas de agregados con cemento. Se ingresa a la tabla con el valor de LS y K, luego en el ábaco de la figura 5.5 se determina el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante, que en este caso pasó de ser Kcomb=2000 psi a Kcomb(corregido)=500 psi.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

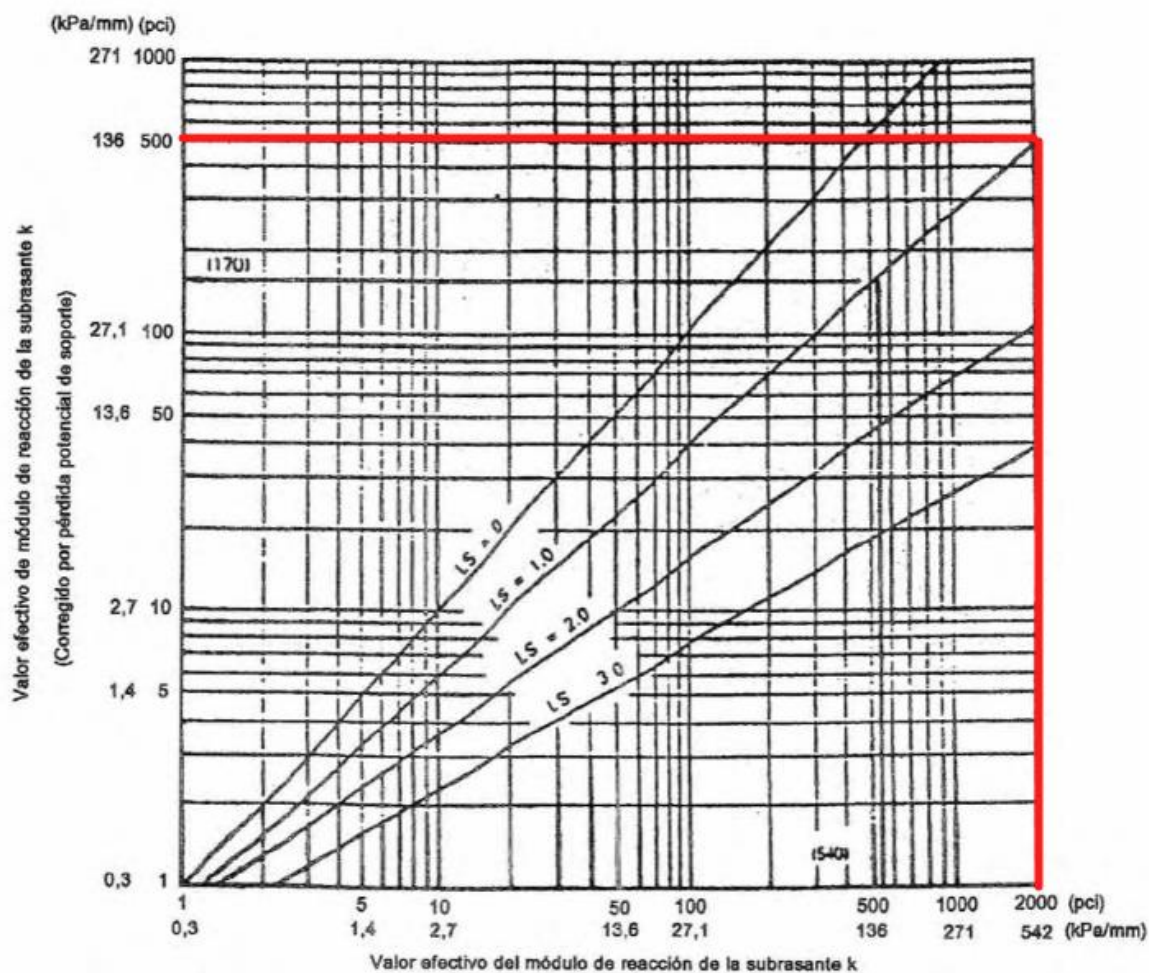


Figura 5.5. Corrección del módulo efectivo de reacción por pérdida potencial de soporte (fuente: AASHTO).

5.3.11. Cálculo del espesor del pavimento

Una vez determinadas todas las variables de entrada, las cuales se encuentran resumidas a continuación (ver tabla 5.10), se procede a utilizar las mismas con el uso de ábacos proporcionados por el manual AASHTO (ver figura 5.6 y 5.7) con los cuales se obtiene un espesor de carpeta de rodamiento de 210 mm.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.10. Resumen de variables de entrada (fuente: Elaboración propia).

VARIABLES	
Tipo de pavimento	rigido
ESALs	3100000
Confiabilidad R	90%
Desvio normal estandar Zr	-1,282
Desvio estandar So	0,39
Serviciabilidad inicial	4,5
Serviciabilidad final	2,5
Modulo de reaccion combinado Kc	500
Modulo de elasticidad del H° Ec	3754219
Modulo de rotura del H° MR	640
Coeficiente de transmision de cargas J	3,2
Coeficiente de drenaje Cd	1

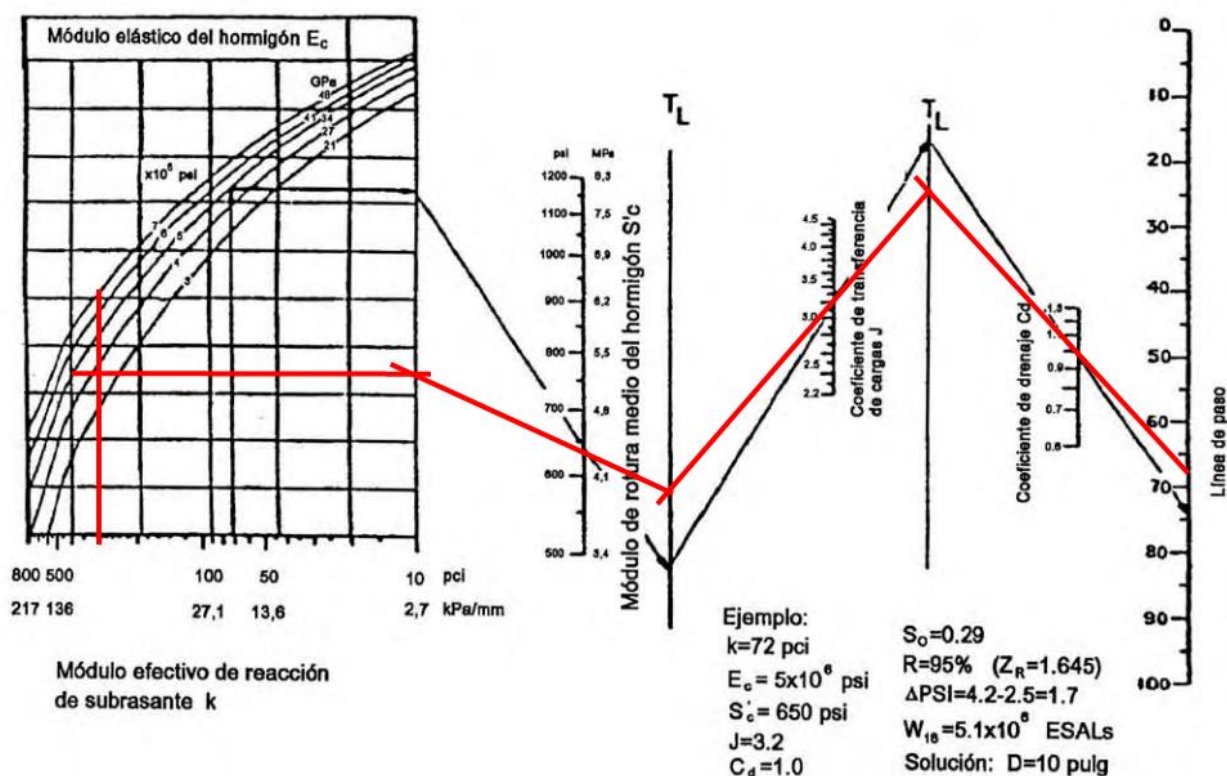


Figura 5.6. Ábaco de diseño para pavimentos rígidos (fuente: AASHTO 1993).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

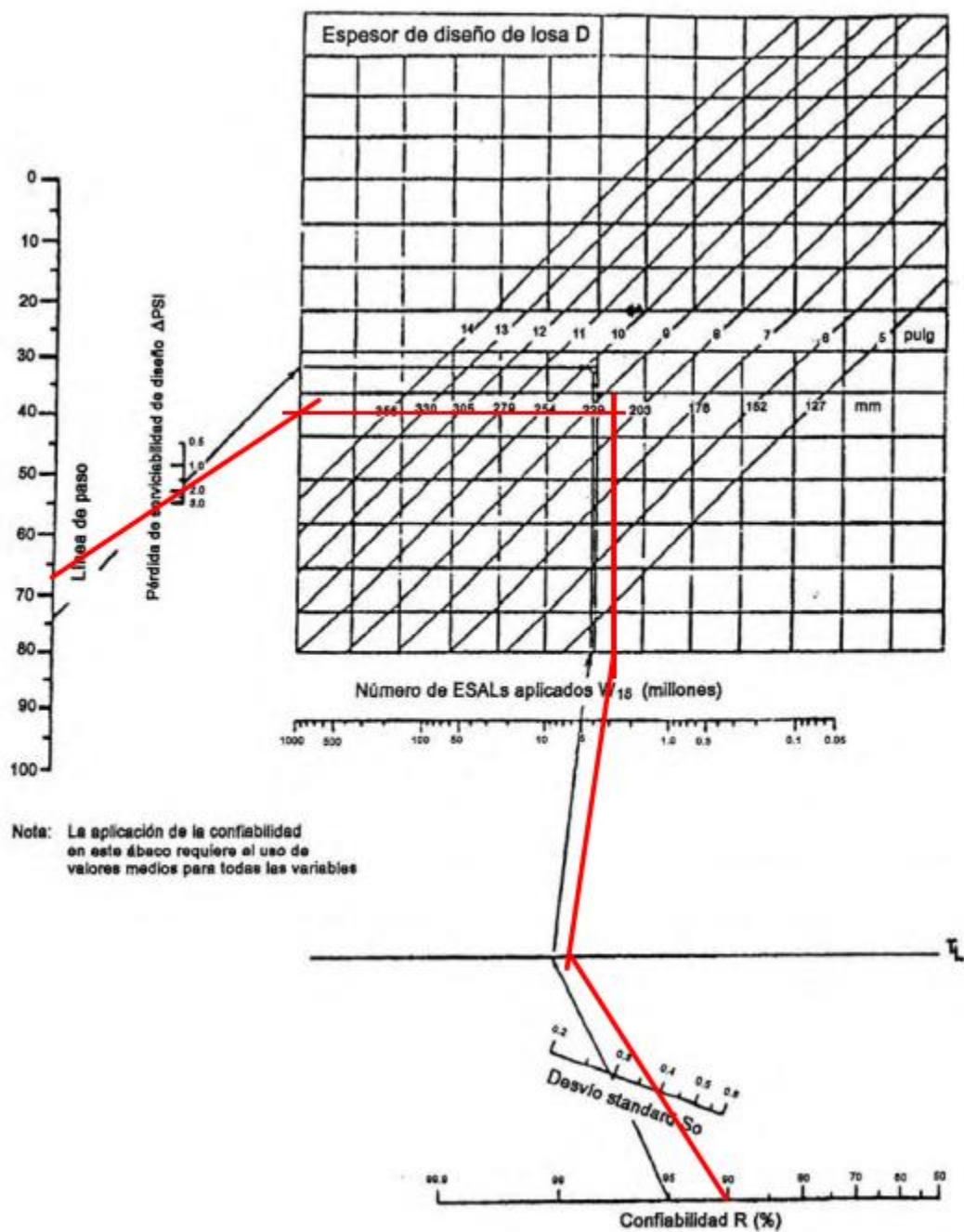


Figura 5.7. Ábaco de diseño para pavimentos rígidos (fuente: AASHTO 1993).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.4. Procedimiento de cálculo Instituto del Cemento Portland Argentino

Los procedimientos de la PCA basan su análisis en la verificación estructural del pavimento bajo dos criterios: el de falla por fatiga, y el de pérdida de soporte por erosión.

El criterio de fatiga es el que permite mantener los esfuerzos del pavimento, producidos por la acción repetitiva de cargas, dentro de los límites de seguridad y previniendo el agrietamiento del hormigón. En tanto que el criterio de erosión, se ocupa de limitar los efectos de la deflexión del pavimento en bordes, juntas y esquinas de las losas, controlando así la erosión de los materiales de las capas inferiores.

Las variables de diseño que se tienen en cuenta en este proceso se explican a continuación.

5.4.1. Propiedades mecánicas del hormigón

Corresponde a la resistencia media a flexión del hormigón de calzada a 28 días de edad. Para el módulo de elasticidad se sugiere utilizar, en el caso de que no se cuenten con determinaciones en laboratorio, la siguiente ecuación en función de la resistencia a compresión del hormigón y el tipo de agregado.

Para hormigones de resistencias convencionales (15 MPa a 35 MPa):

$$Ec = k * \sqrt{f'_c}$$

Siendo f'_c la resistencia a compresión del hormigón y k variable entre 0,75 y 0,85 según el agregado sea canto rodado o triturado, respectivamente.

5.4.2. Transferencia de cargas en juntas transversales

En las juntas transversales que se forman en la calzada de hormigón, se generan fuerzas debidas a la trabazón entre agregados, que se transmiten de una losa a otra a medida que se reciben los esfuerzos externos.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Los pasadores son barras lisas de acero colocadas en las juntas transversales para permitir la transferencia de cargas entre losas sin restringir el movimiento horizontal. Colaboran en la disminución de tensiones y deflexiones en el hormigón, y reducen el potencial de escalonamiento, bombeo y rotura de esquinas en las losas.

Es recomendable considerar la incorporación de pasadores a partir de un volumen de tránsito de más de 100 vehículos pesados por día.

5.4.3. Período de diseño

Es la vida útil teórica del pavimento antes de que éste requiera una rehabilitación importante o reconstrucción. Es un parámetro que debe definir el comitente. Este no representa necesariamente la vida útil, la cual podrá ser mayor a la supuesta en el diseño, o más corta debido a un incremento inesperado del tránsito.

Los períodos de diseño en pavimentos rígidos comúnmente oscilan entre 20 y 40 años, mientras que para el tramo en estudio se opta por un valor de 25 años.

5.4.4. Características del tránsito

Considerando el mismo análisis de la composición del tránsito establecido en el método AASHTO, para el año de habilitación del TRA se calcula un valor de 350 vehículos por día. Este dato se obtuvo analizando una sola dirección de circulación, por lo que el coeficiente de distribución por sentido será de 100% y todo el método se replicará en el otro sentido.

En cuanto a la distribución por carriles, debido a que se proyecta un único carril exclusivo por sentido, este coeficiente también será igual a 100%. Además, se necesita evaluar el crecimiento del tránsito durante el período de diseño, para lo cual se establece una tasa del 3%, igual a la utilizada en el método AASHTO.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

En el procedimiento de diseño de la PCA, las cargas por eje previstas son mayoradas mediante un factor de seguridad de cargas (FSC), con el fin de resguardar el pavimento de imprevistas sobrecargas de tránsito.

En función de la vía, la metodología recomienda:

- Para autopistas y arterias de alto volumen de tránsito pesado (más de 1000 camiones por día), donde exista un flujo ininterrumpido del tránsito, $FSC=1,2$.
- Para arterias importantes con moderado volumen de tránsito pesado (entre 100 y 1000 camiones por día), $FSC=1,1$.
- Para vías de bajo volumen de tránsito pesado (menos de 100 camiones por día) y calles residenciales, $FSC=1,0$.
- Se adopta para este caso un factor de seguridad de cargas igual a 1,1.

Por otra parte, se analiza la composición del tránsito según la cantidad de ejes de los vehículos y las cargas que soportará. Se debe discriminar entre aquellos de ejes simples y duales para este caso (ver figura 5.8 y 5.9).

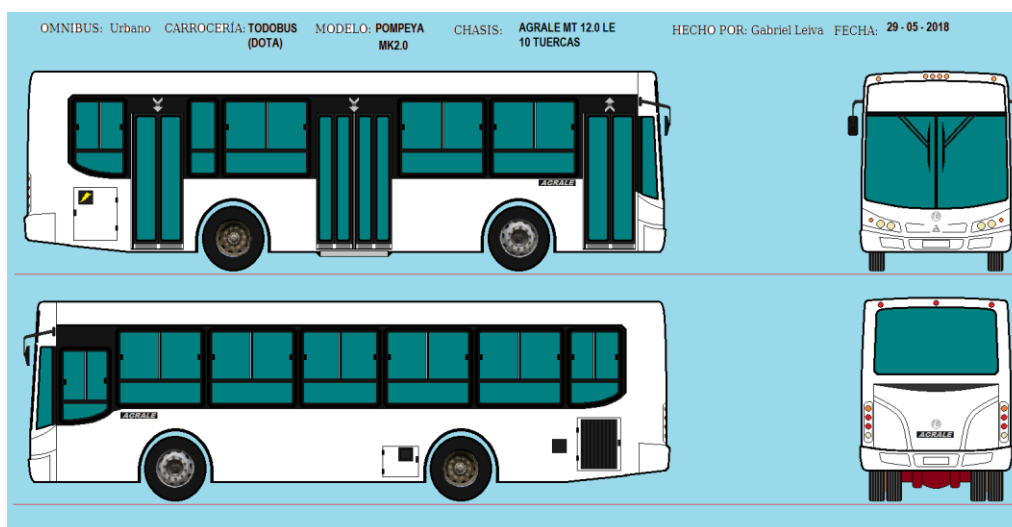


Figura 5.8. Bus de eje simple delantero y eje dual trasero (fuente: leivag1991vehicles.blogspot.com - 2021).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

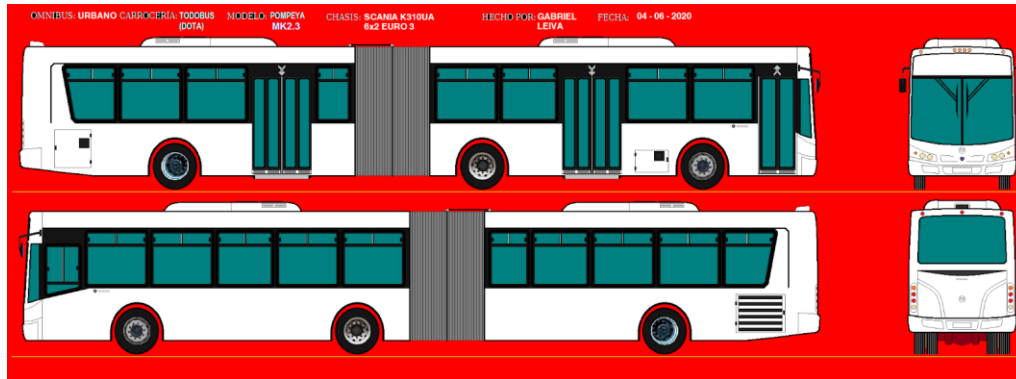


Figura 5.9. Bus articulado de eje simple delantero, eje dual central y eje dual trasero (fuente:

leivag1991vehicles.blogspot.com - 2021).

Una vez identificados los ejes, se procede a cargar el espectro donde se detalla la cantidad de ejes que transitarán por el pavimento durante un día, considerando que los ejes duales pueden soportar una carga de 10,5 tn y los ejes simples una carga de 6 tn, según detalla la DNV en el art. 27 del decreto N°32/18 (ver figura 5.10). En este trabajo, se utilizará el tipo de vehículo N°1 para el bus de la figura 5.8, y el tipo de vehículo N°8 para el bus articulado de la figura 5.9.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

N°	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES				PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) min.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		
1		S1 - D1	13,20	2,60	4,30	16,50	4,25
2		S1 - D2	13,20	2,60	4,30	24,00	4,25
3		S1 - D3	13,20	2,60	4,30	31,50	4,25
4		S2 - D2	13,20	2,60	4,30	28,00	4,25
5		S2 - D3	13,20	2,60	4,30	35,50	4,25
6		S1 - S1 - D2	13,20	2,60	4,30	30,00	4,25
7		S1 - S1 - D3	13,20	2,60	4,30	37,50	4,25
8		S1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	27,00	4,25
9		S1 - D1 - D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25

REFERENCIAS

	NUEVA CONFIGURACIÓN	D1	EJE CON RODADOS DOBLES
S1	EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES	D2	DOS EJES CON RODADOS DOBLES
S2	DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D3	TRES EJES CON RODADOS DOBLES

Figura 5.10. Tipos de vehículos según DNV (fuente: DNV).

El espectro estará compuesto de 350 ejes simples que soportan una carga de 6 toneladas, y 385 ejes dobles que soportan 10,5 toneladas, redondeadas a 11 toneladas.

5.4.5. Módulo de reacción combinado de subrasante y base (kc)

Para la estimación del módulo de reacción de subrasante (k_1), la metodología PCA brinda un ábaco (ver figura 5.11) mediante el cual, a partir del valor del CBR, puede obtenerse el valor correspondiente.

La incorporación de una o más capas especiales para la conformación de la estructura de apoyo de la losa, involucra además un incremento de la capacidad soporte de la misma, el

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

que debe considerarse durante el procedimiento de diseño. Para ello, las metodologías brindan diferentes tablas (ver tabla 5.11) para cada tipo de base. Con ellas, conociendo el módulo de reacción de la subrasante, el tipo y espesor de base empleado, se determina el módulo de reacción combinado.

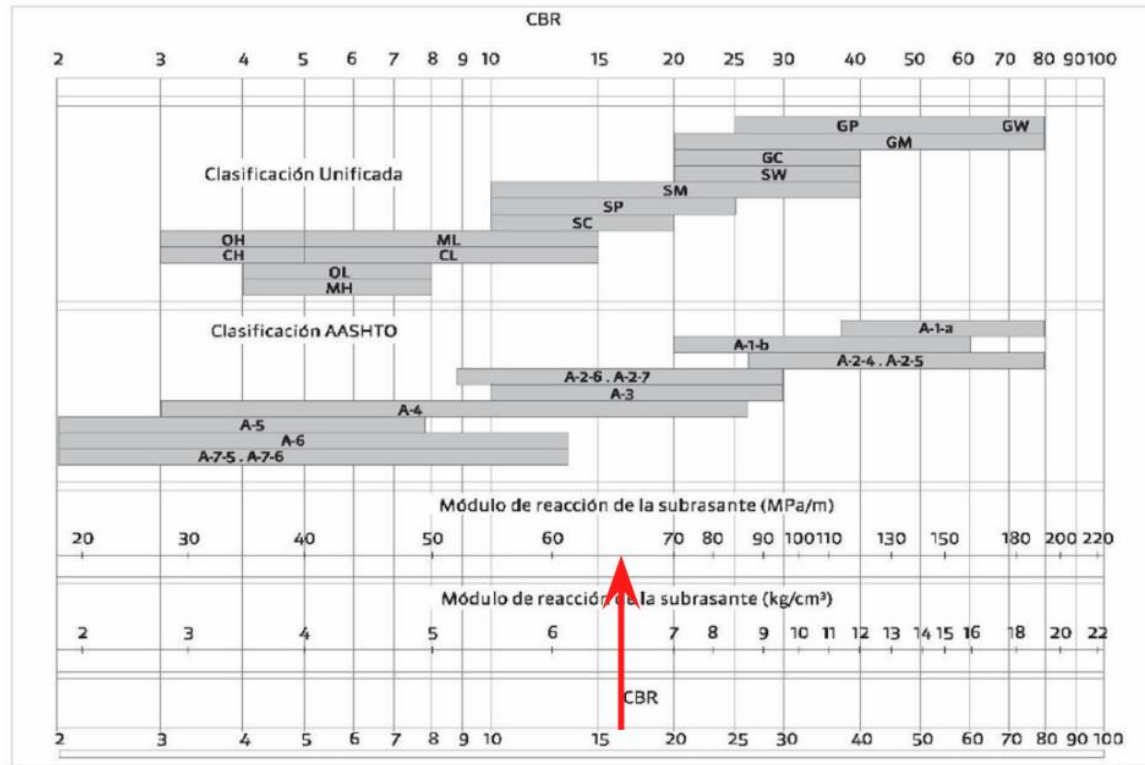


Figura 5.11. Ábaco de relación entre CBR y módulo de reacción de subrasante (fuente: ICPA - 2016).

En el presente trabajo, se mantiene el valor de CBR=16,7% según lo explicado para el método AASHTO, con lo cual se puede ver que el módulo de reacción de la subrasante es de 65,3 MPa/m.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 5.11. Valores típicos de módulo de reacción k combinado para bases tratadas con cemento o de hormigón pobre (fuente: ICPA - 2016).

Valor k de la subrasante [MPa/m]	Espesor de la subbase/base con módulo entre 3500 y 13800 MPa			
	100 mm	150 mm	230 mm	305 mm
27,0	43,4 - 51,0	56,9 - 71,8	79,1 - 107,6	100,9 - 144,2
40,5	62,0 - 72,9	79,6 - 100,4	108,2 - 147,2	135,9 - 194,2
54,0	79,9 - 93,9	101,0 - 127,4	135,1 - 183,7	167,8 - 239,9

En la tabla se observa que los valores k de la subrasante varían entre 27 y 54 MPa/m. Siendo el k obtenido de 65,3 MPa/m, se ingresará a la misma con el valor máximo disponible siendo este de 54 MPa/m, lo que implica obtener un número conservador.

Se adopta un espesor de base de RDC de 150 mm, por lo que el módulo de reacción combinado podría resultar de entre 101 y 127,4 MPa/m. Debido a que se adoptó un k de subrasante conservador, en esta ocasión se resuelve seleccionar un valor de k combinado cercano al límite superior, de 123 MPa/m.

5.4.6. Cálculo del espesor del pavimento

Con todas las variables de entrada a disposición, se procede a cargar cada una de estas en una planilla Excel que responde al método de la PCA. La misma arroja un informe resumen con cada uno de los valores calculados y adoptados, además del cálculo del espesor el cual es de $D=197$ mm (ver su respectivo cálculo en el anexo).

5.4.7. Espesor adoptado

Se opta por el espesor mayor, es decir aquel obtenido mediante el método AASHTO de 210 mm, que a pesar de no ser el más económico presenta múltiples ventajas en comparación con uno de menor espesor. A continuación, se mencionan algunas de estas:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Mayor resistencia estructural: Un pavimento de mayor espesor tiene una capacidad de carga superior y es más resistente a las deformaciones causadas por cargas pesadas.
- Durabilidad y vida útil prolongada: Una carpeta de rodamiento más gruesa suele tener una vida útil más larga ya que la mayor cantidad de material proporciona una mejor protección contra el desgaste y la fatiga causados por las cargas repetidas. Esto significa que la estructura requerirá menos mantenimiento y reparaciones a lo largo del tiempo, lo que puede ahorrar dinero a largo plazo.
- Resistencia al agrietamiento: El hormigón tiende a agrietarse con el tiempo debido a factores como las cargas de tráfico, los cambios de temperatura y la contracción y expansión del material; por lo tanto un pavimento más grueso tiene una mayor capacidad para resistir las tensiones y minimizar las grietas. Esto es especialmente importante en áreas donde hay cambios de temperatura significativos o condiciones climáticas adversas como se da en el AMGR.

5.5. Carriles de tráfico mixto

Para el cálculo del espesor del pavimento de tráfico mixto, únicamente se desarrollará el método del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA) o PCA por sus siglas en inglés.

La elección de utilizar dicho método se basa en que está diseñado específicamente para las condiciones y materiales presentes en Argentina, tomando en cuenta factores climáticos, propiedades de los agregados locales y otros aspectos relevantes para la región, lo que puede resultar en un diseño más adecuado para las condiciones específicas del país.

Además, tiene en cuenta la normativa local y esto favorece porque el proyecto de TRA se está llevando a cabo en la provincia del Chaco. El método del ICPA está respaldado por el

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

instituto y es ampliamente reconocido en la industria del pavimento en Argentina, es decir que al utilizar este método se asegura cumplir con las especificaciones y estándares requeridos por las autoridades argentinas.

Por último, se puede observar a lo largo del correspondiente capítulo que es un método más simple y práctico que el método AASHTO.

El informe con las variables calculadas y adoptadas puede verse en el anexo del correspondiente capítulo, según el cual se adopta el espesor de valor $D = 210\text{mm}$.

5.6. Paquetes estructurales

La estructura de los carriles de tráfico mixto y del carril central, queda conformada por los siguientes materiales y espesores (ver figura 5.12).

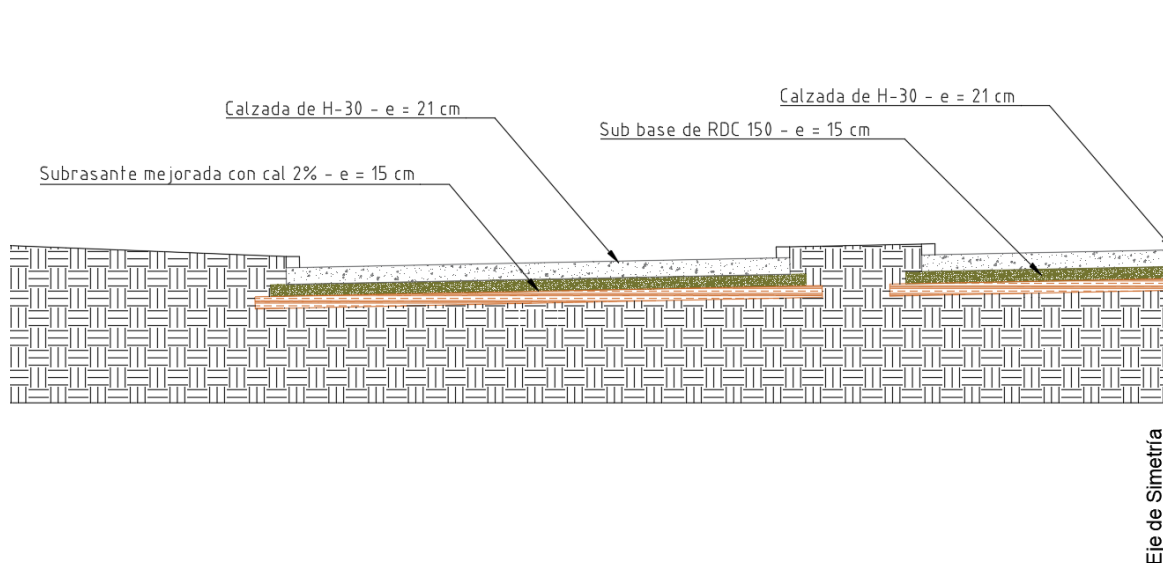


Figura 5.12. Perfil estructural adoptado (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

5.7. Juntas, pasadores y barras de unión

En los pavimentos de hormigón simple se diseñan juntas transversales y longitudinales (ver figura 5.13) que delimitan las dimensiones de las losas. Los objetivos principales de las juntas son:

- Controlar la fisuración longitudinal y transversal debida a la contracción restringida (por la fricción con las capas inferiores) y a los efectos combinados de las tensiones de alabeo (por diferencia de temperatura y humedad), y las producidas por las cargas del tránsito.
- Dividir al pavimento en elementos que resulten prácticos para su ejecución.
- Permitir el libre movimiento de las losas.
- Proveer transferencia de carga entre losas (por trabazón de agregados y/o pasadores).
- Proveer un reservorio para colocar el material de sello.

Estas juntas requieren de la colocación de cierta armadura que va a formar parte del paquete estructural siendo estas los llamados pasadores y barras de unión (ver figura 5.13).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

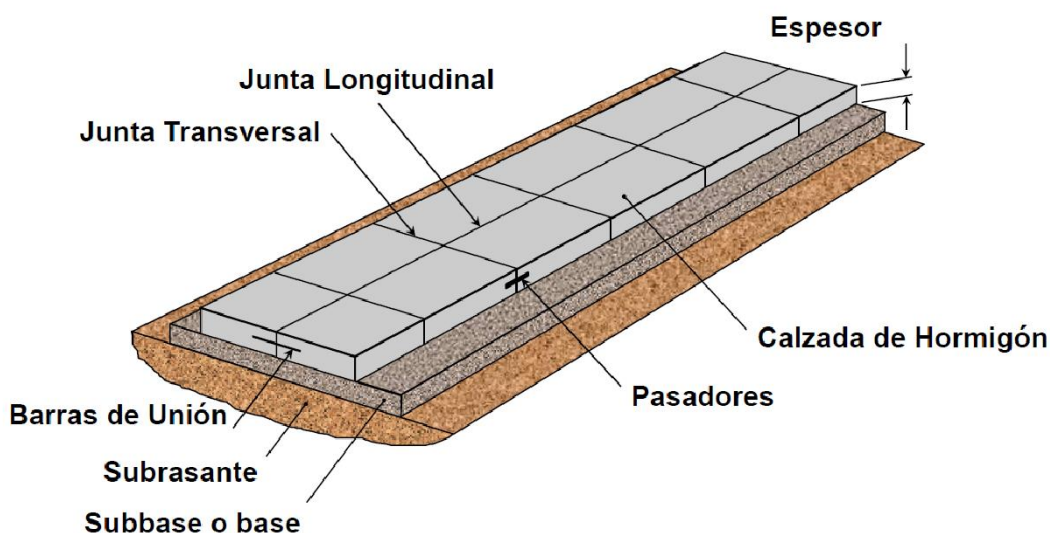


Figura 5.13. Elementos componentes del paquete estructural (fuente: ICPA - 2016).

Los pasadores son barras lisas de acero colocadas en la junta transversal para permitir la transferencia de cargas entre losas, sin restringir el movimiento horizontal. El ICPA brinda la siguiente tabla de recomendaciones:

Tabla 5.12. Características de los pasadores (fuente: ICPA - 2016).

Tipo de hierro	Barra redonda lisa. Tipo I. AL-220.
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón en toda su longitud.
Longitud	45 cm
Diámetro	$\text{Diámetro} \geq \frac{\text{Espesor de Calzada}}{8}$
Separación	30 cm de centro a centro, 15 cm de centro a borde
Ubicación	Paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada Mitad del espesor de losa Mitad a cada lado de la junta transversal

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Se procede al cálculo del diámetro de los pasadores con las referencias de la tabla anterior:

$$D = 210\text{mm}/8 = 26,25\text{mm}$$

Finalmente se adoptan pasadores con un diámetro de 32 mm tanto para el carril central como para los carriles laterales. Se establece que los pasadores tienen una separación de 300 mm de centro a centro y de 150 mm de centro a borde.

Por otro lado, las barras de unión son barras de acero nervuradas que se utilizan para el anclaje de la junta longitudinal garantizando una adecuada eficiencia en la transferencia de carga a largo plazo.

Su dimensionamiento se basa en calcular el esfuerzo que deben soportar para mantener unidas a las losas, y este dependerá del espesor de la losa, la distancia al borde libre más cercano y la fricción en el plano de contacto (superficie de apoyo - losa). Conocido el esfuerzo, con la tensión admisible del acero puede determinarse la cuantía necesaria para absorber este esfuerzo de tracción mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$A_{BU} = \frac{\gamma \cdot E \cdot L \cdot \mu \cdot S}{f_a}$$

Siendo:

- Abu: Sección mínima de acero de las barras de unión por cada losa de pavimento (cm²)
- Gamma: Peso unitario del hormigón (kg/m³)
- E: Espesor de la losa (m)
- L: Distancia al borde libre más cercano (m)
- u: Coeficiente de fricción entre la losa y el apoyo
- fa: Tensión admisible del acero (kg/cm²)
- S: Separación entre juntas transversales (m)

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Mediante la aplicación de esta forma, el ICPA elaboró una tabla donde se resumen las cuantías mínimas necesarias a disponer con barras de anclaje, por metro lineal de junta (ver tabla 5.13).

Con un espesor de pavimento $D=210$ mm y una distancia al borde libre de 3,35 metros, se obtiene una cuantía mínima de $1,05 \text{ cm}^2/\text{m}$. Si la distancia al borde libre es de 3 metros, esta cuantía será de $0,95 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Tabla 5.13. Cuantía mínima de acero por metro lineal en junta longitudinal (fuente: ICPA - 2016).

Distancia al borde libre [m] →	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
Espesor de Calzada [cm] ↓	Base Granular o Subbase no Tratada					Base tratada con cemento o asfalto				
0,12	0,54	0,59	0,63	0,68	0,72	0,65	0,70	0,76	0,81	0,86
0,13	0,59	0,63	0,68	0,73	0,78	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94
0,14	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84	0,76	0,82	0,88	0,95	1,01
0,15	0,68	0,73	0,79	0,84	0,90	0,81	0,88	0,95	1,01	1,08
0,16	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96	0,86	0,94	1,01	1,08	1,15
0,17	0,77	0,83	0,89	0,96	1,02	0,92	0,99	1,07	1,15	1,22
0,18	0,81	0,88	0,95	1,01	1,08	0,97	1,05	1,13	1,22	1,30
0,19	0,86	0,93	1,00	1,07	1,14	1,03	1,11	1,20	1,28	1,37
0,20	0,90	0,98	1,05	1,13	1,20	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44
0,21	0,95	1,02	1,10	1,18	1,26	1,13	1,23	1,32	1,42	1,51
0,22	0,99	1,07	1,16	1,24	1,32	1,19	1,29	1,39	1,49	1,58
0,23	1,04	1,12	1,21	1,29	1,38	1,24	1,35	1,45	1,55	1,66
0,24	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44	1,30	1,40	1,51	1,62	1,73
0,25	1,13	1,22	1,31	1,41	1,50	1,35	1,46	1,58	1,69	1,80

Con el cálculo de las barras de unión y los pasadores, solamente resta definir la separación entre juntas que van a definir el tamaño de las losas de la calzada, y por ende las tensiones que se generarán por alabeo.

Existen distintos factores que influyen en la elección de la separación entre juntas más conveniente, tales como el espesor de la calzada, la rigidez de la base, el modelo de elasticidad del hormigón, las condiciones climáticas, el nivel de tránsito pesado, etc. Es por ello que resulta una buena práctica para el diseño de juntas, observar en la zona de implantación de la obra la

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

existencia de vías de similares características a la que se está proyectando, y analizar las separaciones entre juntas empleadas, así como su comportamiento en servicio.

En algunas situaciones puede no disponerse de información local de desempeño de pavimentos en vías similares. En estos casos, el ICPA recomienda que la separación máxima entre juntas no supere la que se determine a partir de la siguiente ecuación: $Sep. \text{ máx.} = A \cdot K \cdot E$

Siendo:

- E: Espesor de calzada
- K: Para bases tratadas con cemento o con asfalto = 21
- A: Factor de ajuste en función de las características del hormigón

Esta ecuación tiene en cuenta la influencia de la rigidez de la base a través de un factor K, e incluye un factor de ajuste A que permite tener en cuenta el efecto de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Si estas últimas se desconocen se puede emplear por defecto un valor de $A=1$.

Como en este caso se desconocen las propiedades físicas del hormigón que se va a utilizar, se opta por el valor de $A=1$. Además al tener una base de RDC el factor K es igual a 21, con lo que la separación máxima entre juntas será:

$$Sep. \text{ Max} = 21 \text{ cm} \cdot 21 \cdot 1 = 441 \text{ cm}$$

Adoptando un valor de 400 cm, formando así losas de 4 m x 3,35 m o 4 m x 3 m según la ubicación en el tramo de estudio.

Así mismo, deben conformarse losas tan cuadradas como sea posible, manteniendo la relación de esbeltez (largo/ancho) por debajo de 1,25. Vemos que dicha recomendación no se cumple en el caso de las losas de 4 m x 3 m debiendo tener una longitud máxima de 3,75 m, pero se adopta 3,5 m por facilidad constructiva.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 6: SEGURIDAD VIAL

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

6.1. Introducción

Las circulaciones vehiculares y peatonales deben ser guiadas y reguladas a fin de que puedan llevarse a cabo en forma segura, fluida y ordenada. A través de la señalización se transmite a los usuarios de las vías la forma correcta de circular, con el propósito de evitar riesgos y demoras innecesarias.

El señalamiento horizontal y vertical debe brindar información clara, precisa e inequívoca, estando destinado a transmitir al usuario de la vía pública órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante códigos comunes en todo el país y coherente con los utilizados en la región.

A su vez, para una circulación vehicular segura se establecen separadores físicos entre carriles de tráfico mixto y el carril central.

6.2. Metodología de estudio

Para la elección de los diferentes señalamientos, tanto vertical como horizontal, que deba llevar el tramo en estudio se recurrirá al Manual de Señalamiento de Dirección Nacional de Vialidad, el cual tiene marco jurídico y basamento legal en el Anexo "L" (Sistema de Señalización Vial Uniforme) del Decreto N° 779/95, que reglamenta la Ley Nacional de Tránsito N° 24.449, el Manual Interamericano de Dispositivos para Control del Tránsito en Calles y Carreteras y Normas que sobre el tema mantiene vigentes la DNV.

Por otro lado, la decisión de colocar un determinado tipo de separador físico respecto de otro será abordado respecto a las normas de diseño vigentes de la DNV.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

6.3. Señalización horizontal

Las marcas viales o demarcación horizontal son las señales de tránsito aplicadas sobre la calzada, con la finalidad de guiar el tránsito vehicular, regular la circulación y advertir determinadas circunstancias. La regulación incluye la transmisión de órdenes y/o indicaciones de zonas prohibidas, así como también de ciertas restricciones a maniobras peligrosas (giro en U, giro a izquierda, etc.).

De acuerdo a su conformación física, las marcas se pueden distinguir en marcas normales y marcas especiales. Por su parte, las marcas normales se pueden clasificar en función de su posición relativa a la calzada, en marcas longitudinales y marcas transversales. Las marcas especiales a su vez, incluyen marcas como símbolos, leyendas y otras demarcaciones, que no se incluyen en ninguna de las anteriores.

6.3.1. Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales son las que se ubican en forma paralela a la carretera y suministran guía “positiva” al indicar al usuario de la carretera los límites de las áreas de la calzada donde es seguro circular. Estas definen y delimitan anchos de carriles y calzadas. En un sentido más amplio, indican dónde es seguro sobrepasar a otro vehículo.

A su vez, suministran guía “negativa”; esto es, indican áreas donde no es seguro circular o directamente está prohibido hacerlo, es decir definen zonas con prohibición de sobrepaso.

Se pueden clasificar según:

Su ubicación:

- Líneas centrales o eje
- Líneas de borde
- Líneas de carril

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Su forma:

- Por su trazo: líneas continuas, discontinuas o mixtas
- Por el número de líneas: líneas simples o líneas dobles
- Por su dimensión: líneas normales o líneas anchas

Su textura:

- Líneas planas
- Líneas conformadas

Dicho esto, para la separación de carriles de tráfico mixto se utilizarán líneas de carril que indican la separación de corrientes de tránsito que circulan en el mismo sentido y tendrán las siguientes características (ver figura 6.1):

- Discontinuas: El trazo discontinuo significa que la línea se puede traspasar. Está caracterizada por la sucesión de una marca o bastón que es el segmento pintado, seguido de un vacío o brecha que es el segmento sin pintar.
- Simples: Ya que es una sola línea que sigue una traza.
- Normales: Porque su ancho varía entre 0,10 m a 0,20 m no llegando a los 0,30 m que tienen uso excepcional en determinados casos.
- Planas: Debido a que no presentan resaltos que produzcan efectos sonoros y vibratorios.

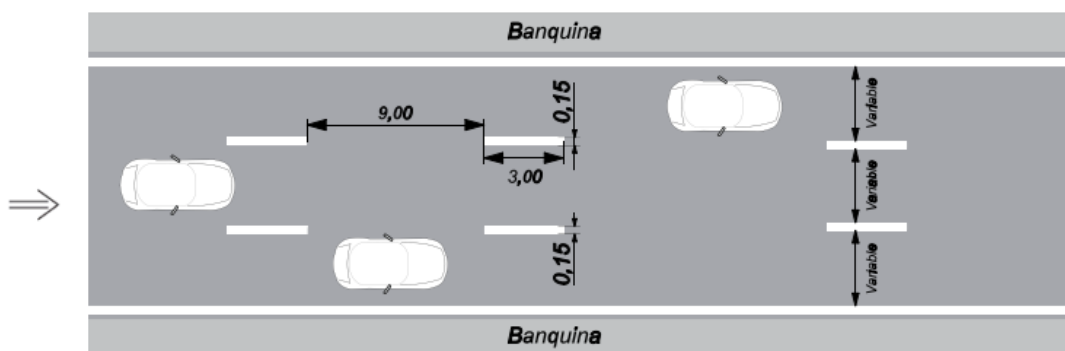


Figura 6.1. Línea de carril de tráfico mixto (fuente: Manual de Señalamiento DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Mientras que para la separación de los carriles centrales de TRA, serán de uso las líneas centrales o ejes que indican la separación de corrientes de tránsito de sentidos opuestos e incluye zonas con y sin prohibición de adelantamiento.

Para aquellas secciones con un ancho de 28 y 30 metros será de uso la simple línea continua (SLC) que como línea central en color amarillo se usa en casos excepcionales en la Red Nacional de Caminos (ancho de calzada mayor o igual a 4,80 metros y menor a 6,30 metros a fin de no disminuir en demasía el ancho del carril de los buses (ver figura 6.2). Para el caso de la sección con un ancho de 45 metros se utilizará la doble línea continua (DLC) ya que no quedarían carriles angostos (ver figura 6.3).

Al igual que las líneas de carril, cumplen con la condición de ser normales y planas, pero además son continuas (el trazo continuo significa que la línea no se puede traspasar).

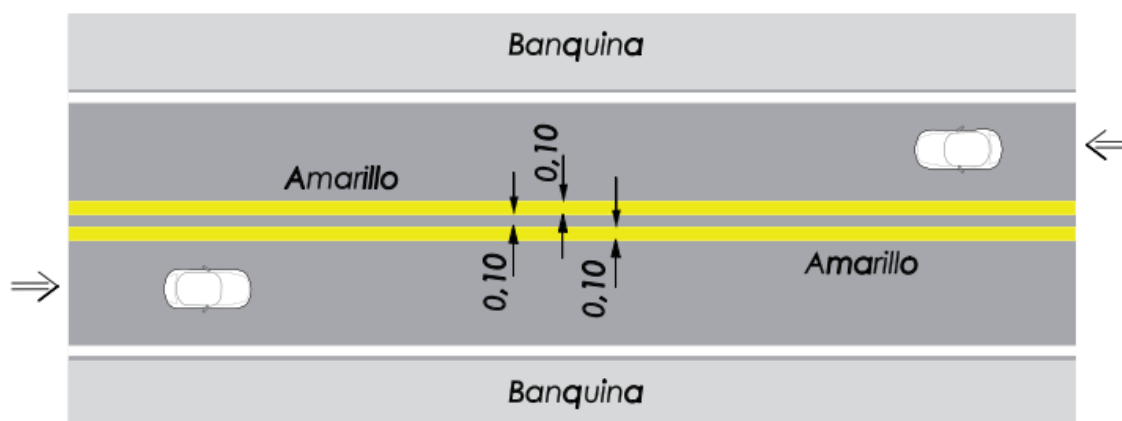


Figura 6.2. Línea central de TRA en secciones de ancho de 45 metros (fuente: Manual de Señalamiento DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

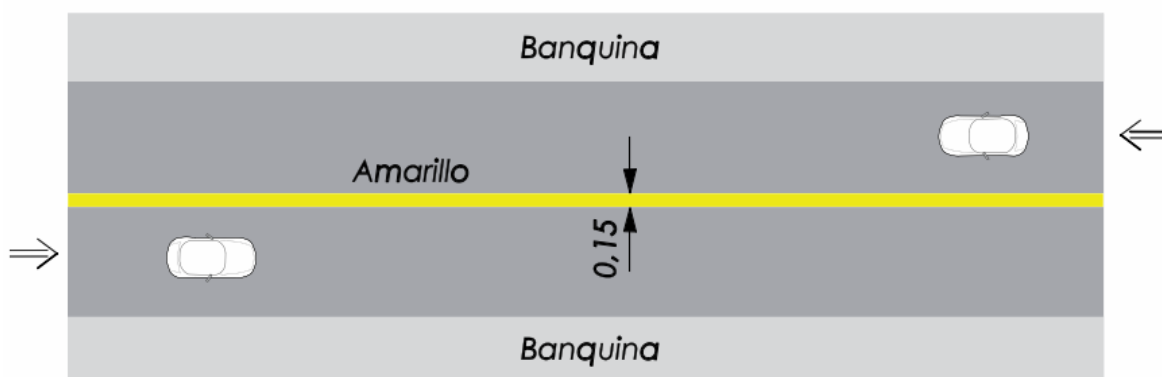


Figura 6.3. Línea central de TRA en secciones de ancho de 28 y 30 metros (fuente: Manual de Señalamiento DNV).

6.3.2. Líneas transversales

Son aquellas que se ubican generalmente en forma perpendicular a la carretera. Se emplean fundamentalmente para indicar sectores de reducción de velocidad ante un lugar de riesgo (curva peligrosa, cruce, empalme) y para poner en evidencia la existencia de líneas límites, entendiendo por tales, líneas que no pueden ser sobrepasadas sin efectuar una acción en relación al derecho de paso. En este sentido, las líneas transversales suministran básicamente advertencias y regulaciones.

La clasificación de este tipo de líneas es la siguiente:

- Línea de detención
- Línea de paso
- Senda peatonal
- Senda para ciclistas
- Líneas auxiliares para reducción de velocidad

En el presente trabajo se pasará a explicar únicamente las que tienen funcionalidad en el proyecto, y estas son:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Línea de detención: Es una línea continua de color blanco y de 0,50 m de ancho. Se ubica antes y paralela a la senda peatonal desde el cordón de la vereda hasta el eje divisorio o en caso de único sentido, hasta el otro cordón. Indica la obligación de detener el vehículo antes de ser transpuesta por indicación de la autoridad competente, señalización luminosa o vertical, cruce de peatones o ferroviarios o en caso de hallarse ocupada la bocacalle. En el proyecto del TRA se encontrará en cada esquina antes de una senda peatonal (ver figura 6.4).

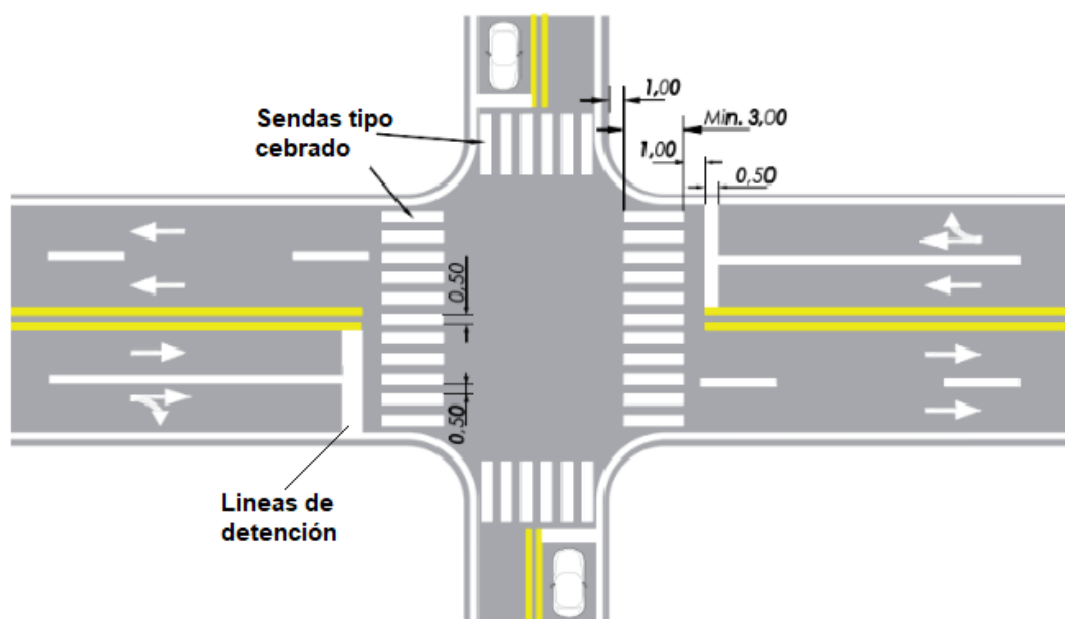


Figura 6.4. Detalle de línea de detención y senda peatonal (fuente: Manual de Señalamiento Horizontal DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Senda peatonal: La misma suministra guía “positiva” a los peatones que cruzan la carretera al delinear la trayectoria a seguir en los accesos a intersecciones. Es la zona autorizada para que los peatones crucen la calzada sin que les sea permitido detenerse o esperar sobre la misma. En esta área, los peatones tienen prioridad respecto de los vehículos, salvo cuando exista un semáforo o autoridad competente que indique lo contrario.

Asimismo, advierte a los usuarios de la carretera sobre la existencia de un punto de cruce peatonal. Los vehículos no deben estacionarse ni detenerse sobre la senda, ni aún por circunstancias del tránsito.

Se utilizará el diseño de cebrado ya que constituye la configuración deseable en zonas urbanas (ver figura 6.4).

6.3.3. Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean básicamente como guía “positiva”, asimismo como refuerzo del señalamiento vertical destinados a regular la circulación y advertir sobre peligros.

Por lo tanto su uso es recomendado pero no obligatorio. Estas se clasifican en:

- Flechas
- Leyendas
- Inscripciones - pictogramas
- Símbolos y señales predefinidas

La mayoría de estos símbolos y leyendas son de uso complementario a la señalización vertical por lo que se decide obviarlos debido a su poco uso en el tránsito en zona urbana.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

6.4. Señalización vertical

Las señales verticales son señales de tránsito colocadas al costado del camino (laterales) o elevadas sobre la calzada, mediante pórticos o ménsulas (aéreas), con la finalidad de guiar el tránsito, regular la circulación, y advertir determinadas circunstancias. La regulación incluye la transmisión de órdenes, y/o restricciones de distinta índole.

De acuerdo al tipo de mensaje emitido, las señales se dividen en reglamentarias, preventivas e informativas. A continuación se clasifican las señales verticales que se emplazarán en el proyecto, cuyas imágenes y descripciones se abordarán en el anexo del correspondiente capítulo.

6.4.1. Señales reglamentarias

Son aquellas que transmiten órdenes específicas, de cumplimiento obligatorio en el lugar para el cual están destinadas, creando excepción a las reglas generales de circulación, de velocidad y de transporte. En función al carácter, las mismas se dividen en:

- Señales de Prohibición
 - R.6. No adelantar
 - R.4. (a) No girar a la izquierda
 - R.9. No estacionar ni detenerse
- Señales de Restricción:
 - R.15. (1) Límite de velocidad máxima
 - R.18. (a) Circulación exclusiva-Transporte Público
- Señales de Prioridad
 - R.27 Pare

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Señales de Fin de Prescripción

6.4.2. Señales preventivas

Son aquellas que advierten la proximidad de una circunstancia anormal en la vía que puede resultar sorpresivo o peligroso a la circulación. Apunta a que se adopte una actitud adecuada. En función al carácter, las mismas se dividen en:

- Señales de Advertencias de máximo peligro
 - P.5 Cruce de peatones
- Señales de Advertencia sobre características físicas de la vía
 - P.10. (a) Estrechamiento bilateral
- Señales de Posibilidad de riesgos eventuales
 - P.25.a Escolares
- Señales de Anticipo de otros dispositivos de control de tránsito
- Señales de Fin de Prevención

6.4.3. Señales informativas

Son aquellas que identifican, orientan o hacen referencia a aspectos tales como: servicios, lugares, destinos, rutas que sean de utilidad para el usuario en su itinerario. En función del carácter, las mismas se dividen en:

- Señales de Nomenclatura vial y urbana. Distancias y destinos.
 - 1.2 Ruta Nacional
 - 1.4 Nomenclatura Urbana
 - 1.5 Identificación de regiones y localidades

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- 1.6/7 Orientación
- 1.9 Identificación de jurisdicción o accidente geográfico
- Señales sobre Características de la vía
- Señales sobre Maniobras permitidas
- Señales de Información Turística y de Servicios
 - Terminal de ómnibus
 - Parada de ómnibus
 - Parada de Taxis
- Señales Educativas y de anuncios especiales

6.5. Separadores de tránsito

Los separadores de carriles o de sentido de circulación opuesta son barreras físicas que separan dos carriles contiguos, las cuales pueden ser de hormigón o de material plástico.

Se forman por una sobreelevación longitudinal de la calzada con un ancho variable y una altura tal que dificulte el paso de un vehículo.

Se pueden clasificar en:

- Separadores de hormigón
 - Canteros centrales (ver figura 6.5)
 - Separador New Jersey (ver figura 6.6)

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.5. Separadores de hormigón tipo New Jersey (fuente: Imágenes de Google).



Figura 6.6. Separador de hormigón tipo cantero (fuente: Imágenes de Google).

- Separadores de material plástico
 - Tortugas (ver figura 6.7)

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Pilonas (ver figura 6.8)
- Boyas (ver figura 6.9)
- Tortugas con pilonas



Figura 6.7. Separador de carril tipo tortuga (fuente: Imágenes de Google).



Figura 6.8. Separadores de carril tipo pilonas (fuente: Imágenes de Google).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.9. Separador de carril tipo boya (fuente: Imágenes de Google).

En este anteproyecto se plantean canteros centrales como separadores del tránsito, debido a que los mismos ya existen en gran parte del tramo en estudio y aprovechando la posibilidad de parquearlos (ver figura 6.10).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.10. Cantero central parqueizado (fuente: Elaboración propia).

6.6. Semaforización

En este anteproyecto no se plantea el cálculo de la semaforización debido a su amplia extensión. Sin embargo, se llega a la conclusión a partir del estudio de tránsito de que para el óptimo funcionamiento del sistema de TRA y el tráfico mixto se recomienda que el sistema cuente con “onda verde”; esto requiere la utilización de semáforos con dos fases. (Ver figura 6.11).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.11. Ilustración onda verde (fuente: Imágenes de Google).

En la actualidad los semáforos que se encuentran en el tramo de estudio cuentan con cuatro fases, que se deberán reducir a dos, agregando la prohibición del giro a la izquierda para evitar conflictos entre el tráfico mixto y el TRA.

En los puntos donde el TRA deba doblar hacia la derecha, como es la intersección de la avenida Alvear y Ruta Nacional N°11 se priorizará el giro del mismo por encima del tránsito de los vehículos mixtos, interrumpiendo la “onda verde”.

Por otro lado, se propone mejorar las condiciones de los semáforos existentes y en particular del tramo ubicado entre Avenida Mac Lean y Ruta Nacional N°11. Allí existen semáforos que están dispuestos de manera confusa y en la actualidad algunos de ellos no son respetados por los usuarios, ya que no cumplen ninguna función por su ubicación.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Un caso es el de la intersección de avenida Alvear con calle Campias, donde solo se dispone semaforización para permitir un giro a la izquierda que genera conflictos, el cual con la implementación del TRA se prohibirá. Por lo tanto, se deberán sustraer estos semáforos.

El otro caso es el de la intersección de la avenida Alvear con calle Fotheringham, en el acceso al Club Atlético Sarmiento, donde se dispone actualmente de semaforización con cuatro fases, siendo una de ellas para el egreso de esta institución. Debido al poco uso de esta fase en gran parte del día, excepto durante horarios de entrenamiento o eventos deportivos, se plantea instalar un semáforo de operación “semi-actuada” para esta localización.

Además, en esta intersección también se observa una situación ilógica, donde se encuentra un semáforo en dirección opuesta a la circulación permitida para esa calle (ver figura 6.12). Por esto, se plantea el retiro de este semáforo ya que no estaría cumpliendo ninguna función y genera confusión en los usuarios.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.12. Semáforo en sentido opuesto a la circulación (fuente: Elaboración propia).

En la operación semi-actuada, la calle identificada como principal tiene indicación de verde permanente hasta que los detectores de la calle secundaria noten la presencia de vehículos en espera. Al suceder esto, la señal provee fase verde para la calle secundaria hasta lograr su despeje, siempre dentro de un rango de tiempo mínimo y máximo (ver figura 6.13).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

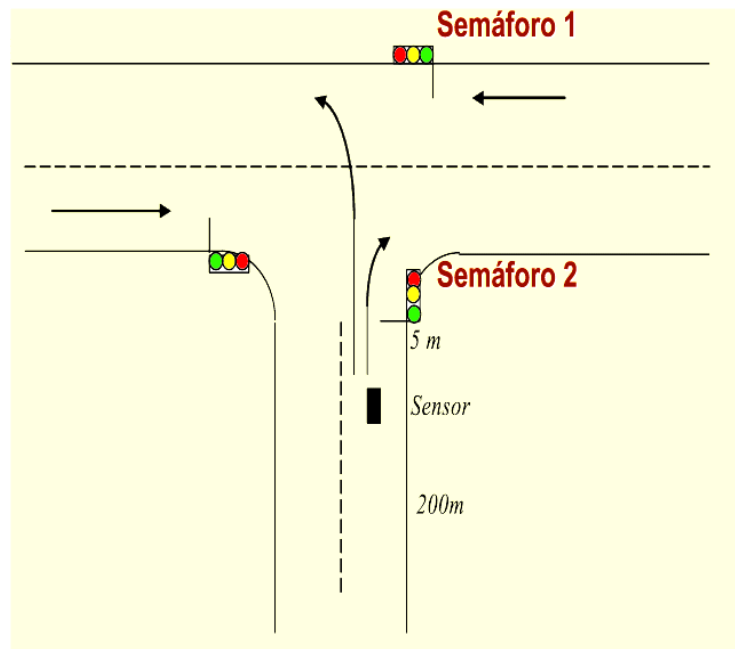


Figura 6.13. Semaforización semi-actuada (fuente: Imágenes de Google).

Además de lo ya mencionado se recomienda ubicar cada semáforo en la esquina anterior a la bocacalle, distinto a como se encuentran actualmente (ver figura 6.14), evitando así el adelantamiento de los usuarios especulando con el rojo del semáforo del otro carril sin esperar al verde correspondiente al suyo. De esta manera se evitarán accidentes y cruces ilegales que generan riesgos para los usuarios.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 6.14. Ubicación actual de los semáforos - Av. Alvear intersección Padre Cerqueira (fuente: Elaboración propia sobre Google Earth).

Para concluir se puede decir que para este tema es necesario un desarrollo más extenso, teniendo en cuenta el estudio de todos los factores intervinientes, buscando el óptimo funcionamiento de los semáforos a lo largo de todo el recorrido del TRA.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 7: ADECUACIÓN HIDRÁULICA

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

7.1. Introducción

Una cuenca urbana es un área geográfica específica dentro de un entorno urbano que se caracteriza por recoger y drenar el agua de lluvia y otros tipos de aguas superficiales hacia un punto central de salida, como un río, lago o mar. Esta área está delimitada por las características topográficas y la red de drenaje existente, y puede incluir una o varias subcuencas que convergen en el punto de salida.

El presente capítulo se enfoca en el análisis de las subcuencas urbanas para el diseño de la adecuación hidráulica, la cual es necesaria para el correcto drenaje del área afectada por el proyecto de Tránsito Rápido de Autobús.

La planificación y ejecución de infraestructuras viales como el TRA, deben considerar de manera integral el manejo adecuado de las aguas pluviales para minimizar los efectos de inundaciones y brindar seguridad y funcionalidad al sistema de transporte público.

El AMGR sufre de distintos problemas hidráulicos asociados al manejo de las aguas superficiales y subterráneas debido a su topografía, la cual es escasa de relieves y con muy bajas pendientes, además de sus características climáticas y desarrollo urbano no planificado, aumentando el escurrimiento superficial en la ciudad (ver imagen 7.1).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 7.1. Inundación en el microcentro de Resistencia (fuente: Diario Norte - 2020).

A continuación se detallan los factores más importantes asociados a los problemas hidráulicos en la zona urbana.

- **Topografía:** Como ya se ha mencionado en ESTUDIO DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA, Resistencia y su área metropolitana está ubicada en una zona de llanuras, donde si se analizan las curvas de nivel, estas no tienen grandes saltos (ver figura 3.8). Esto impide el rápido escurrimiento de las aguas superficiales y subterráneas, debido a las escasas pendientes.
- **Características climáticas:** La provincia del Chaco sufre de condiciones climáticas con lluvias periódicas de gran intensidad, las cuales se dan entre los meses de octubre y abril. A lo largo de todo el año se da un volumen cercano a los 1500 mm (ver figura 7.2).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Desarrollo urbano: En las últimas décadas se ha expandido la población urbana en la provincia y sobre todo en el AMGR, sin respetar las normas de construcción ni la planificación urbana. Se han logrado asentamientos en zonas donde no está permitido, por ser parte del valle de inundación del río Paraná, por lo que las mismas sufren inundaciones en épocas de grandes lluvias.

Por otro lado, se ha realizado la pavimentación de diferentes calles a lo largo y ancho del AMGR lo cual produce un aumento en el escurrimiento superficial, sin tener en cuenta la adecuación de las alcantarillas y desagües existentes, produciendo una saturación en las mismas.

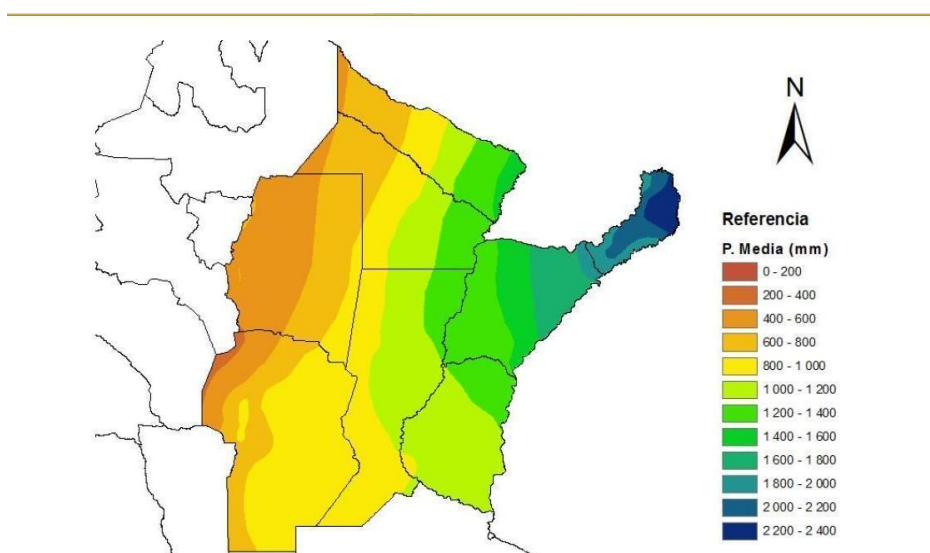


Figura 7.2. Precipitación media anual en la Región Nordeste de Argentina (fuente: Cátedra de Hidrología - 2021).

Como consecuencia de esto la cuenca urbana se torna sensible a lluvias intensas de corta duración, y entonces es posible observar en las zonas altamente impermeabilizadas que a los pocos segundos de iniciada una lluvia intensa el agua ya está escurriendo por la red pública de desagües.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

7.2. Metodología de estudio

La vía en estudio ya cuenta con un sistema de drenaje propio, el cual posee sus imbornales a lo largo de la misma. Se estudiará si estos son suficientes o requerirán de nuevos imbornales, dependiendo de los puntos de descarga de las cuencas, que están ligados a la topografía de la misma. Para esto, se analizarán las áreas de aporte de cada subcuenca y el caudal que estas generan para la correcta ubicación y dimensionamiento de nuevos imbornales que posteriormente podrían ser conectados a los conductos subterráneos ya existentes.

Para la determinación del caudal que aporta cada frente se va utilizar el Método Racional, el cual es aplicable a cuencas urbanas de áreas inferiores a 3 km². Este método se aplicará en cada una de las subcuencas delimitadas, que en total son tres. (Ver plano N°9).

Se puede observar que toda la zona sur del AMGR está limitada en su lado norte por la red ferroviaria la cual es paralela a la vía en estudio, actuando como parteaguas. Por otro lado, se tomó como límite inferior de las subcuencas a la avenida Alvear/Castelli con el objetivo de simplificar el estudio, considerando solamente la evacuación de los desagües pluviales que puedan afectar a la traza del TRA con dirección a los canales principales Soberanía, Quijano y 16 (ver figura 7.3).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

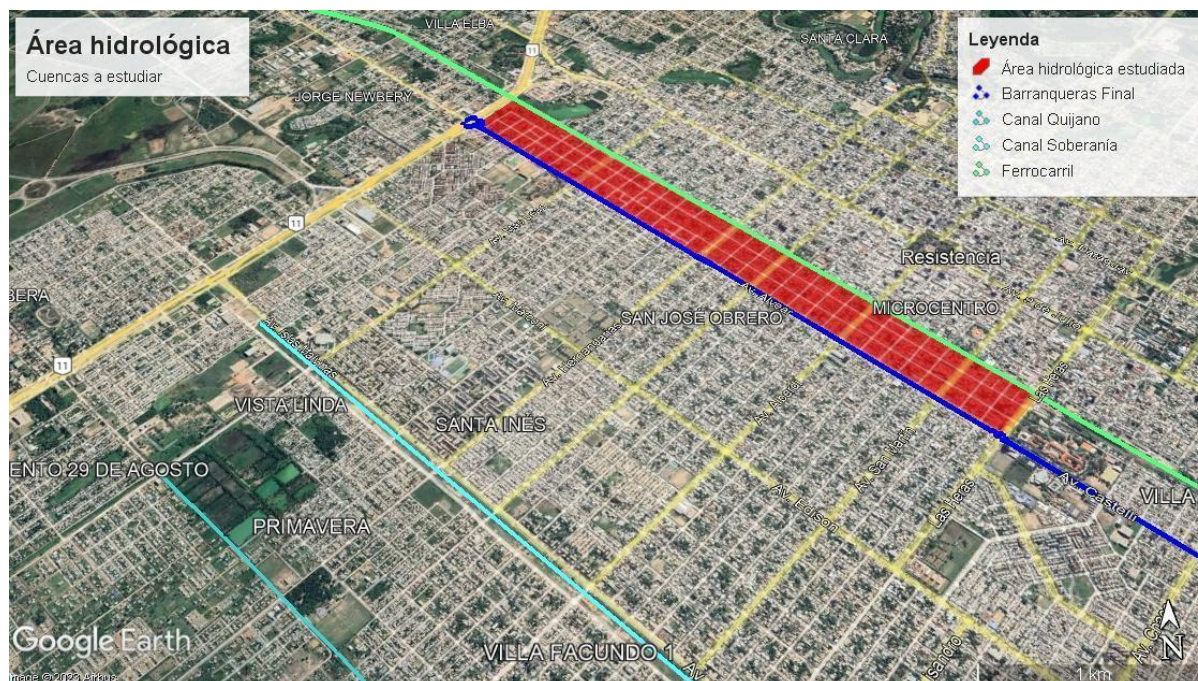


Figura 7.3. Área estudiada, delimitada por el ferrocarril y la avenida Alvear, junto con los canales principales de desagüe (fuente: Elaboración propia en Google Earth).

Cabe aclarar que las cuencas que se encuentran por debajo de las delimitadas en cuestión, deberán ser analizadas por el caudal que reciben desde subcuencas superiores y de igual manera con las siguientes hasta llegar a los canales mencionados.

7.3. Cálculo del caudal de aporte

El Método Racional se usa prácticamente en todos los proyectos de drenaje vial, urbano o agrícola, siempre teniendo en cuenta que producirá resultados aceptables en áreas pequeñas y con alto porcentaje de impermeabilidad, por ello es recomendable que su uso se limite a cuencas con extensiones inferiores a las 300 ha.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Este mismo es utilizado para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño, y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

La expresión utilizada por el método es: $Q_p = 0,275 \cdot C \cdot I \cdot A$; siendo:

- Q: Caudal máximo [m³/s]
- C: Coeficiente de escorrentía [adim.]
- I: Intensidad de la Lluvia de Diseño [mm/h]
- A: Área de la cuenca [ha]

Se pasará a determinar cada uno de estos coeficientes para cada subcuenca ya que cada una de ellas tendrá su propio caudal pico.

7.3.1. Coeficiente de escorrentía

Este coeficiente es adimensional y, a su vez, es el parámetro por excelencia del método y como tal requiere una estimación detallada de sus valores para cuencas rurales y urbanas.

Para definir el mismo se procedió a analizar la zona en estudio en la plataforma Google Earth, observándose que hay zonas totalmente cubiertas por tinglados, galpones y construcciones que a su vez se compensan con manzanas donde abundan los espacios verdes y abiertos.

Además, se debe considerar aquellas viviendas y construcciones que no tienen salida directa del agua de lluvia a las calles, por lo que no generan aporte.

Es decir, se considera a las tres subcuencas homogéneas, por lo que se define un coeficiente de escorrentía igual a 0,45 para todas ellas, en base a las consideraciones adoptadas y siguiendo la tabla 7.1.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla 7.1. Coeficientes de escorrentía a usar en la ecuación del Método Racional (fuente: “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow - Maidment - Mays. Edición 1994).

Ocupación del Suelo	C
Edificación Muy Densa: Partes Centrales, densamente pobladas de ciudades con calles pavimentadas.	0.70 a 0.95
Edificación no Muy Densa: Partes adyacentes al centro, de menor densidad de habitantes, con calles pavimentadas.	0.60 a 0.70
Edificación con Pocas Superficies Libres: Partes residenciales con construcciones cerradas, calles pavimentadas.	0.50 a 0.60
Edificación con Muchas Superficies Libres: Partes residenciales con calles pavimentadas pero con muchas áreas verdes.	0.25 a 0.50
Suburbios con Alguna Edificación: Partes semi urbanas con pequeña densidad de construcciones.	0.10 a 0.25
Parques y Campos de Deportes: Partes rurales, áreas verdes, superficies arborizadas, parques ajardinados y campos de deporte sin pavimentos.	0.05 a 0.20

7.3.2. Intensidad de lluvia de diseño

La Intensidad Media Máxima de lluvia es otro de los factores fundamentales de la fórmula racional, la cual se obtiene a partir de las curvas Intensidad - Duración – Frecuencia (IDF) propias de cada ciudad, para una duración del evento $T_d = t_c$, tiempo de concentración de la cuenca, en minutos u horas. Esto puede verse reflejado en la siguiente fórmula:

$$I = \frac{A}{(T_d + B)^C}$$

Siendo:

- I: Intensidad de precipitación en mm/h
- A, B y C parámetros de ajuste adimensionales
- T_d : Tiempo de duración en minutos

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Los parámetros mencionados en la fórmula detallada anteriormente se encuentran calculados en el anexo del correspondiente capítulo. Por su parte, las constantes A, B y C se mantienen iguales para cada una de las subcuencas. Además, participa el tiempo de concentración, que a diferencia de las constantes mencionadas, varía en cada una de ellas obteniendo así diferentes tiempos de concentración e intensidades (ver tabla 7.2).

Tabla 7.2. Intensidad de lluvia de las subcuencas (fuente: Elaboración propia).

SUBCUENCAS	Tc (minutos)	INTENSIDAD (mm/h)
SC1	50,9	81
SC2	47,5	84
SC3	34,9	99

La intensidad de lluvia variará para cada cuenca con su respectivo tiempo de concentración. Sin embargo, se considera tomar un solo valor de intensidad calculado con el promedio de todas las subcuencas ya que al ser un área no muy extensa la variación de la lluvia no será muy amplia. Dicho esto se toma un valor de intensidad de lluvia de 88 mm/h.

7.3.3. Área de la cuenca

El área de una cuenca es el área en proyección horizontal encerrada por el parteaguas, el cual está definido por la línea que une los puntos topográficos de mayor altura. Las áreas de las mismas se pueden ver reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 7.3. Áreas de las subcuencas (fuente: Elaboración propia).

SUBCUENCAS	AREAS (km2)
SC1	0,4320
SC2	0,5060
SC3	0,4350

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

7.3.4. Resultados

En la siguiente tabla, se observan los resultados de los caudales pico de cada subcuenca, como así también con los caudales de aporte por frente de cada una de ellas.

Tabla 7.4. Caudales pico y caudales por frente (fuente: Elaboración propia).

	SC1	SC2	SC3
Coef. Escorrentia	0,45		
Area (km ²)	0,4320	0,5060	0,4350
Intensidad (mm/h)	88	88	88
Caudal pico (m ³ /s)	4,704	5,510	4,737
Numero de frentes	120	134	118
Caudal por frente (m ³ /s*f)	0,039	0,041	0,040

Se puede ver que los caudales por frente que aportan cada una de las subcuencas son muy similares, por lo que se decide adoptar un valor promedio entre todos ellos. De esta manera, se obtiene en promedio un caudal de 0,04 m³/s.

7.4. Caudales admisibles del cordón cuneta

Este elemento del sistema de desagües es el que recibe los excesos provenientes de las manzanas, actuando como un canal. Existen básicamente dos tipos dependiendo de si la calle es de tierra o de pavimento, pero su funcionamiento es similar.

Los caudales admisibles por el cordón cuneta pueden variar dependiendo de varios factores, como el diseño específico, las dimensiones del cordón, la pendiente del terreno, el clima y la regulación local o nacional. Sin embargo, en términos generales, el caudal admisible se refiere a la conductancia de la calle para transportar el agua de lluvia. Para su evaluación se utiliza la ecuación de Manning, que se puede ver a continuación:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Se hace la adopción de que las variables que intervienen en la fórmula anterior permanecen constantes para todos los cordones en cada una de las subcuencas.

Cabe aclarar que se toma un valor de 21 cm de tirante, por lo que el agua en extrema situación sobrepasa el cordón de 17 centímetros hasta cubrir la mitad de la vereda, las cuales tienen un ancho total de 4 metros con un 2% de pendiente.

Además, se toma una pendiente longitudinal promedio de todas las calles que componen a las subcuencas, quedando ésta con un valor de 0,003 m/m.

En resumen, los valores de cada variable quedan detallados en la siguiente tabla junto con el resultado de la conductancia de los cordones.

Tabla 7.4. Variables de la fórmula de caudal en cordones trapeciales y conductancia (fuente: Elaboración propia).

FRENTES	Seccion trapecial
n	0,015
d(m)	0,21
S	0,0030
P.transv (%)	0,02
L.transv (m)	4,00
A(m2)	0,72
P(m)	6,17
R(m)	0,12
Q (m3/s)	0,627817504

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

7.5. Sumideros

Los sumideros son elementos que constan de una abertura en la superficie (generalmente en forma de rejilla) permitiendo que el agua fluya hacia el interior y sea conducida a través de tuberías subterráneas o canales hacia sistemas de drenaje más grandes, como alcantarillas, ríos, arroyos o estanques de retención.

En las calles pavimentadas se pueden encontrar tanto los sumideros de cordón como los sumideros de cuneta. La elección entre uno u otro puede depender de varios factores, como la ubicación, el entorno, el volumen de agua esperado y las características de diseño.

Algunas razones por las cuales podría considerarse mejor utilizar sumideros de cordón en lugar de sumideros de cuneta son:

- **Eficiencia en la recolección del agua:** Los sumideros de cordón están diseñados para recolectar el agua de manera más eficiente, ya que se ubican a lo largo de la línea de cordón o acera, donde se concentra naturalmente el agua de lluvia. Esto ayuda a capturar una mayor cantidad de agua antes de que pueda acumularse en la calzada y causar problemas de inundación.
- **Menor riesgo de obstrucción:** Los sumideros de cordón suelen estar ubicados en áreas donde la acumulación de sedimentos y basura es menor en comparación con las cunetas. Esto reduce el riesgo de obstrucción de los sumideros y asegura un drenaje más eficiente.
- **Seguridad para peatones:** Al estar ubicados en la acera o cerca de ella, los sumideros de cordón no interfieren con el tránsito de peatones y proporcionan un entorno más seguro para los mismos.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Menos impacto visual: Los sumideros de cordón a menudo son más discretos y estéticamente agradables, ya que se integran mejor con el entorno urbano. Los sumideros de cuneta, al estar en medio de la calzada, pueden ser más notorios y afectar la apariencia de la vía.
- Mayor capacidad en situaciones específicas: En áreas con un alto volumen de tráfico o donde se espera una gran cantidad de agua de lluvia, los sumideros de cordón pueden proporcionar una capacidad de drenaje superior a la de los sumideros de cuneta.
- Menor riesgo de daño por vehículos: Los sumideros de cordón suelen estar más alejados de la calzada, lo que disminuye la posibilidad de que los vehículos los dañen al transitar sobre ellos. En cambio, los sumideros de cuneta podrían estar más expuestos al tráfico y ser propensos a sufrir daños.

Por las razones expuestas anteriormente se adopta la utilización de sumideros de cordón (ver figura 7.4), los cuales trabajan a presión ya que se diseñan con la posibilidad de que el agua supere la altura del cordón. El máximo caudal admisible por estos responde a la siguiente fórmula:

$$Q = 3.01 * L * h^{3/2} * \sqrt{y_1/h}$$

- Q: Caudal en m³/s
- L: Longitud de la reja vertical en m
- y₁: Profundidad de la lámina en la abertura en m
- h: Altura de la reja en m

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Si se realiza el despeje de la longitud, se cuenta con todos los datos necesarios para el dimensionamiento de los mismos. Esta información puede verse en el anexo (ver tablas A-7.6, A-7.7 y A-7.8).



Figura 7.4. Sumidero de cordón (fuente: Elaboración propia)

7.6. Conclusiones

En los planos N°10, N°11 y N°12 se puede observar el diseño de los desagües de las subcuencas con sus respectivos sumideros y los conductos proyectados para su posible conexión con las tuberías principales ya existentes.

Como resultado se obtuvieron 52 bocas de tormenta, todas con una altura de 0,17m. En cuanto a las longitudes podemos desglosarlas en:

- S1: 1 metro

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- S2: 1,5 metros
- S3: 2 metros
- S4: 2,5 metros
- S5: 3 metros
- S6: 3,5 metros
- S7: 4 metros
- S8: 4,5 metros

Respecto a los conductos proyectados, resultan 3.061 metros teniendo en cuenta diferentes longitudes de acuerdo a cada una de las subcuencas:

- Subcuenca 1: 1843 metros
- Subcuenca 2: 671 metros
- Subcuenca 3: 547 metros

Como conclusión, en los planos mencionados anteriormente, se ve claramente que la cantidad de imbornales necesarios es elevada lo cual demuestra la escasa pendiente topográfica que, a su vez, trae inconvenientes hidráulicos en la zona.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 8: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

8.1. Introducción

En el presente capítulo, se aborda una de las etapas fundamentales en el proceso de planificación y desarrollo de un proyecto de TRA en el Área Metropolitana del Gran Resistencia. El cómputo y presupuesto, como componente esencial de la evaluación socioeconómica de cualquier iniciativa, adquiere especial relevancia en el contexto de un proyecto de esta envergadura y complejidad, ya que refleja la inversión monetaria necesaria.

La evaluación socioeconómica no sólo proporciona un panorama detallado de los recursos requeridos para la implementación del TRA, sino que también constituye un elemento clave para la toma de decisiones informadas por parte de los responsables gubernamentales y los actores involucrados en el proyecto.

Este capítulo se dedica a la descripción de los elementos y recursos involucrados en el TRA, presentando una cuantificación que abarca los aspectos constructivos y tecnológicos que se requieren en un kilómetro de longitud del sistema TRA.

8.2. Metodología

Es importante señalar que la elaboración de un cómputo y presupuesto preciso y confiable demanda la colaboración de expertos en diferentes áreas, así como una investigación exhaustiva para asegurar que todos los aspectos del proyecto estén debidamente considerados.

En las secciones siguientes, se desglosan los diferentes elementos que componen el cómputo y presupuesto, detallando los costos estimados y proporcionando un panorama completo de los recursos requeridos para la implementación exitosa del TRA en un kilómetro de longitud, tomando como referencia las avenidas Alvear y Castelli comprendidas en el tramo estudiado. Estos datos se pueden extrapolar a los demás tramos y ramales del TRA con pequeñas variaciones.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

8.3. Descripción de los Componentes del Proyecto

En esta sección, se detallan los componentes principales del proyecto de TRA en el AMGR que requieren inversión. Esto abarca aspectos de demoliciones, infraestructura vial, señalización, adecuación hidráulica y otros elementos.

8.3.1. Demoliciones

Según lo relevado en campo, la mayor parte de la avenida en estudio se encontraba en mal estado en cuanto a la condición de la calzada. Por lo tanto, se plantean grandes superficies de pavimento a demoler para una reconstitución completa de los tres carriles, proveyendo una mejora en el confort tanto de los usuarios que utilizarán el TRA, como de los vehículos particulares que componen el tráfico mixto.

8.3.2. Adecuación hidráulica

Al finalizar ADECUACIÓN HIDRÁULICA, se conoció que en el tramo en estudio sería necesario establecer 52 sumideros, con sus respectivas cámaras de vinculación, para desagotar la zona comprendida entre las avenidas Alvear-Castelli y la línea de ferrocarriles, de esta forma se evitaría el anegamiento del sistema TRA y sus carriles mixtos.

A su vez, se estableció que para conectar esos sumideros a la red de desagües pluviales existente, sería preciso instalar 3.061 metros de cañería subterránea hasta conectar con los conductos existentes. Para el mantenimiento y limpieza de estas cañerías, se recomienda construir cámaras de limpieza con una separación de 30 metros.

Para llevar estos valores a un promedio por kilómetro, se divide cada uno de ellos por los 3,9 kilómetros que constituyen el tramo en estudio. De esta manera, tendremos 14 sumideros, 7 cámaras de vinculación, 27 cámaras de limpieza y 785 metros de cañería en cada kilómetro de TRA.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

8.3.3. Señalización

Para esta parte, se desglosa la señalización horizontal y la vertical, la primera por extrusión queda compuesta por las sendas peatonales y las líneas de detención, junto con las líneas de separación de los carriles y se contabilizan 633 metros cuadrados de este ítem en un kilómetro de longitud del TRA.

La señalización vertical comprende toda la cartelería enlistada en SEGURIDAD VIAL y su anexo y se estima que para que cada sector del TRA quede señalizado y delimitado de manera segura y clara, se necesitarán 150 carteles por kilómetro.

8.3.4. Paquete estructural

Como se concluyó en DISEÑO ESTRUCTURAL, lo necesario para soportar el tránsito resultante de la implementación de este proyecto consta de los siguientes componentes:

- Sub rasante de 15 cm de espesor con suelo mejorado con cal al 2%. Se considera un ancho de 7,14 m en cada una de las tres calzadas para una longitud de un kilómetro.
- Base de Relleno de Densidad Controlada (RDC) con 150 kg de cemento por m³. Se computa la misma longitud, disminuyendo los anchos en 40 centímetros, ya que se consideran 20 cm menos que la capa inferior en cada lado para apoyo de los moldes.
- Calzada de Hormigón Simple H-30 con pasadores, antisol, juntas y demás materiales necesarios, computando la misma longitud y disminuyendo nuevamente los anchos en 40 centímetros, por las mismas razones explicadas antes.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

8.3.5. Varios

En esta sección se estima un costo a partir de los elementos que se incluyen, los cuales son:

- Retiro de columnas de iluminación
- Traslado de líneas de energía
- Instalación de nuevas columnas de iluminación
- Luminarias LED
- Tendido eléctrico
- Tableros para conexiones de iluminación
- Paradas de colectivos, taxis, bicicletas compartidas
- Rampas para accesibilidad
- Equipamiento urbano

En base a cálculos y presupuestos de obras que requieren ítems similares a los anteriormente mencionados, se ha considerado que estos tienen una incidencia de aproximadamente 10% de la suma de los costos de los demás ítems.

En lo que respecta a los ítems de iluminación como retiro e instalación de columnas, traslado de líneas de energía, luminarias LED, entre otros, abarcan generalmente 7% y con los ítems restantes se llega al valor final de 10%.

8.4. Cálculo y Presupuesto

Se observa la tabla 8.1, donde se encuentran los ítems detallados anteriormente, como también aquellos de menor incidencia en el valor final pero que aun así son necesarios para materializar la obra.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

El presupuesto total de infraestructura por kilómetro será de \$1.236.278.055,74. A la fecha de realización de este cálculo el tipo de cambio fue de \$367 por cada dólar estadounidense, se obtiene un valor de U\$S3.366.220,27.

Tabla 8.1. Cómputo y presupuesto (fuente: Elaboración propia)

N° de Item	Designación de obras	Un.	Cant.	Precio unitario	Importes parciales	% inc.
1	Extracción de árboles y arbustos	un	10	\$ 210.999,68	\$ 2.109.996,77	0,17%
2	Demolición de pavimento	m2	19020	\$ 6.128,04	\$ 116.555.251,98	9,43%
3	Excavación no clasificada a depósito	m3	2367,20	\$ 4.231,65	\$ 10.017.164,34	0,81%
4	Suelo vegetal para recubrimiento de islas y cancheros	m3	2565,30	\$ 6.442,97	\$ 16.528.145,51	1,34%
5	Recubrimiento de banquetas y veredas con suelo pasto en 0,10m de espesor	m3	393,05	\$ 42.051,34	\$ 16.528.145,51	1,34%
6	Sumideros	un	14,00	\$ 876.959,44	\$ 12.277.432,19	0,99%
7	Cámaras de vinculación	un	7,00	\$ 708.533,37	\$ 4.959.733,62	0,40%
8	Cámaras de limpieza	un	27,00	\$ 439.976,00	\$ 11.879.352,06	0,96%
9	Conductos	ml	784,87	\$ 228.343,14	\$ 179.220.087,84	14,50%
10	Señalización horizontal	m2	633,00	\$ 41.342,55	\$ 26.169.832,29	2,12%
11	Señalización vertical	un	150	\$ 302.417,98	\$ 45.362.696,66	3,67%
12	Sub base de suelo mejorado con cal 2%, espesor 0,15m	m3	3213,00	\$ 9.702,48	\$ 31.174.065,40	2,52%
13	Construcción base RDC-150 espesor 0,15m	m3	3033,00	\$ 57.573,66	\$ 174.620.896,55	14,12%
14	Calzada de H-30, espesor 0,21m, pasadores, antisol y juntas	m2	19020,00	\$ 25.051,86	\$ 476.486.340,85	38,54%
15	Varios	gl	1,00	\$ 112.388.914,16	\$ 112.388.914,16	9,09%
TOTAL (Pesos argentinos)					\$ 1.236.278.055,74	
TOTAL (Dólares estadounidenses)					\$ 3.366.220,27	

8.5. Evaluación Socioeconómica

La evaluación de un proyecto se realiza para los siguientes fines: tomar una decisión de aceptación o rechazo (cuando se estudia un proyecto en específico) o decidir el ordenamiento de varios proyectos (cuando estos son mutuamente excluyentes o existe racionamiento de capitales).

El proyecto en sí puede tener dos tipos de evaluaciones, la financiera que se centra en el flujo de fondos financieros para decidir si es rentable para el empresario; y la evaluación

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

económica o social que tiene como objetivo principal medir la contribución del proyecto al bienestar económico del país.

Sin embargo, se ha optado por no llevar a cabo estas evaluaciones, en base a varias justificaciones. En primer lugar, una evaluación socioeconómica profunda requiere una cantidad significativa de tiempo, medido en horas-hombre, para la recopilación, análisis y procesamiento de datos.

Además, una evaluación socioeconómica exhaustiva involucra la consideración de múltiples parámetros interrelacionados y difíciles de cuantificar que influyen en la toma de decisiones informadas, los mismos incluyen:

- **Tiempo de Viaje Reducido:** La disminución del tiempo de viaje para los pasajeros es un factor clave en la evaluación de la conveniencia de un sistema de TRA. La reducción de la congestión y los retrasos en el transporte público pueden aumentar la eficiencia y la productividad en la vida cotidiana de los usuarios. Para estudiar este parámetro se necesita la siguiente información:
 - Datos de tiempo de viaje antes y después de la implementación del TRA en las rutas seleccionadas.
 - Datos de velocidad promedio del tráfico en las rutas afectadas.

Para obtenerlos se deben realizar estudios de campo con el objetivo de medir los tiempos de viaje actuales y estimar los tiempos de viaje proyectados con la implementación del TRA. Además, se debe consultar a autoridades de tráfico y transporte para obtener datos históricos y proyecciones.

- **Costos Operativos y de Mantenimiento:** Los costos asociados con la operación y el mantenimiento continuo del sistema de TRA son esenciales para determinar su viabilidad financiera a largo plazo. Para analizar estos puntos se necesitan:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Datos sobre los costos de operación de los vehículos del TRA, incluidos, la mano de obra, el combustible y el mantenimiento.
- Datos sobre el costo de la infraestructura del TRA, como paradas y estaciones.

Se puede consultar a empresas de transporte público o agencias de tránsito. También se puede estimar los costos de infraestructura a partir del cómputo y presupuesto realizado.

- Efectos sobre el Empleo Local: La implementación del sistema de TRA puede tener efectos en la generación y el mantenimiento de empleos locales. Tanto la creación de puestos de trabajo directos (por ejemplo, conductores, personal de mantenimiento) como indirectos (a través de proveedores y actividades relacionadas) deben considerarse y para ello se necesita:
 - Datos sobre la cantidad de empleos directos e indirectos creados por la implementación del TRA.
 - Datos sobre la tasa de desempleo local y la disponibilidad de mano de obra.

Para esto se puede realizar un análisis de impacto económico utilizando modelos que consideren la creación de empleo a partir de la inversión en el proyecto y consultar a agencias de empleo y desarrollo económico sobre el mercado laboral local.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Ahorros en Costos Individuales de Transporte: El TRA puede reducir los gastos de transporte para los usuarios en comparación con medios de transporte individuales como autos particulares o motos. Este último merece un análisis especial, ya que se hace difícil su sustitución por el sistema TRA, debido a que hoy en día es de fácil adquisición para la mayoría de la población, bajo costo de operación y mantenimiento y escasa regulación legal.

Todo esto puede influir en la disposición de las personas a utilizar el transporte público y, por ende, en la demanda del sistema. Por lo tanto, se necesitarán estudios sobre:

- Costos individuales de transporte antes y después de la implementación del TRA.
- Tarifa del TRA y su comparación con otros modos de transporte.

Con este fin se sugiere realizar encuestas a usuarios potenciales y a la ciudadanía en general para obtener información sobre sus gastos actuales en transporte, consultar a las autoridades de transporte para obtener datos sobre las tarifas y compararlas con los costos individuales actuales.

- Eficiencia Energética y Reducción de Emisiones: Aunque en este trabajo no se incluye la evaluación ambiental, la eficiencia energética y la reducción de emisiones son factores relevantes para determinar el impacto general del TRA en la sostenibilidad y el medio ambiente. Se debe estudiar:
 - El consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos del TRA.
 - La eficiencia energética y emisiones de otros modos de transporte.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Se necesitará la cooperación de agencias ambientales o de transporte para obtener datos sobre emisiones y consumo de energía de vehículos. También se pueden utilizar modelos de simulación para estimar la reducción de emisiones con el TRA.

Como comentario final de este apartado, la recopilación y el análisis de esta información requieren un enfoque multidisciplinario y un procesamiento cuidadoso. Los estudios socioeconómicos requieren datos sólidos y fiables para proporcionar resultados coherentes y útiles, y la ausencia de información detallada podría comprometer la calidad y la objetividad de la evaluación.

8.6. Conclusiones

Aunque una evaluación socioeconómica completa sería deseable, las limitaciones de tiempo, recursos y datos hacen que esta decisión resulte pragmática en este nivel de anteproyecto. Por lo tanto, se realizó un cómputo y presupuesto detallado por kilómetro, lo cual servirá como insumo para futuras evaluaciones.

Teniendo en cuenta que este tipo de proyectos en nuestro país son implementados por el Estado, es este el que debería realizar una evaluación social para analizar si el proyecto es conveniente o si existe alguna alternativa mejor. Generalmente, los resultados de las evaluaciones de estos servicios son positivos, ya que se considera al transporte público como un bien social que contribuye al desarrollo de una ciudad, provincia o nación.

Una vez establecida la conveniencia de la implementación del TRA en el AMGR, se debe planificar por un lado las obras de infraestructura necesarias (nuevo diseño geométrico y estructural, adecuación hidráulica, seguridad vial, paradas y estaciones) y por el otro la provisión del servicio (nuevas unidades, frecuencia, tarifa, recorridos complementarios y otros servicios).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Esta planificación, y sobre todo su financiamiento, se puede realizar de dos maneras. La primera es que el Estado ofrezca en concesión el proyecto completo. Es decir, que una empresa privada ejecute las obras físicas en el espacio público, se encargue de la operación del servicio y del mantenimiento hasta que recupere la inversión efectuada y pueda obtener sus beneficios.

Esta solución implica un alto riesgo para el sector privado, ya que la infraestructura, al estar en un espacio de dominio público, no tendrá un valor residual para la empresa. Al asumir más riesgos, las tarifas serán más elevadas y el perjudicado será el usuario.

Otra solución es que el Estado ofrezca por separado la obra física y el servicio de transporte público y de esta manera, mediante una licitación pública, una empresa privada ejecutará la infraestructura mientras que la concesión del servicio de transporte público será otorgada por separado.

El privado que se encargue de la prestación de este servicio sólo asumirá los costos de invertir en nuevas unidades de autobús, mantenerlas en buenas condiciones y cumplir con las condiciones de confort requeridas. El riesgo asumido y el tiempo de retorno de la inversión serán menores, por lo que las tarifas para el usuario también disminuirán.

En este sentido, se deberá analizar qué método es el más conveniente y finalmente realizar una evaluación financiera para determinar las frecuencias mínimas necesarias y una tarifa de referencia. Las empresas que estén interesadas ofertarán sus servicios con las tarifas que crean más adecuadas y se seleccionará la mejor opción para los usuarios.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran Resistencia,
Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

9.1. Introducción

Se tratan recomendaciones y medidas complementarias al proyecto del TRA, que beneficiarán tanto a este mismo como a su vez al tránsito del AMGR. El diseño geométrico, la ubicación de paradas, la iluminación, los servicios complementarios y la semaforización son aspectos vitales para garantizar el éxito y la efectividad del TRA en el AMGR.

Aquellos temas que ya se hayan tratado en capítulos anteriores contarán directamente con su respectiva recomendación, no así los temas no abordados a lo largo del trabajo, que además llevarán una breve explicación.

Cabe aclarar que las opciones que se tratarán en este capítulo son del orden orientativo y requieren de estudios y evaluaciones precisas sobre cada una.

Cada recomendación presentada se fundamenta en la premisa de maximizar la eficiencia del TRA intentando servir como guía y referencia para la implementación del proyecto en el AMGR. El propósito final es contribuir al desarrollo de una infraestructura de transporte público moderna y resiliente, que mejore la movilidad y la calidad de vida de todos los habitantes del Área Metropolitana del Gran Resistencia.

Además, al final del capítulo se hará una conclusión final de todo el proyecto correspondiente a los Objetivos planteados.

9.2. Servicio de bisisendas y bicicletas compartidas

Como ya se mencionó en DISEÑO GEOMÉTRICO Y FÍSICO, las paradas de colectivos contarán con un sistema de bicicletas compartidas (ver figura 9.1) que requieren de bisisendas (ver figura 9.2) que se integrarán estratégicamente a lo largo del recorrido del TRA, conectando puntos clave en la ciudad y zonas de alto interés.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Las bicicletas estarán disponibles también en otros lugares estratégicos además de las paradas del TRA, como ser centros educativos, centros comerciales, parques y áreas recreativas, permitiendo a los usuarios tomar una bicicleta en un lugar y devolverla en otro cercano a su destino.

Esta alternativa de movilidad activa y sostenible promueve una integración efectiva entre el TRA y otros modos de transporte, proporcionando opciones de desplazamiento adicionales y favoreciendo un enfoque multimodal en la movilidad urbana.

El sistema de bisisendas y bicicletas compartidas se debe complementar con una campaña de concientización y promoción del uso de la misma como una alternativa viable de transporte donde se buscará incentivar a la población a utilizar este medio de movilidad activa, destacando sus beneficios para la salud, el medio ambiente y la descongestión del tráfico.



Figura 9.1. Sistema de bicicletas compartidas (fuente: Imagen de Google).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.2. Bicisenda (fuente: Imagen de Google).

Además, la propia ciudad de Resistencia cuenta con condiciones favorables para el uso de bicicletas como lo son:

- Las distancias: Las distancias de hasta 10 km son ideales para hacerlas en bicicleta ya que pueden cubrirse en 30 o 35 min, teniendo esta ciudad un radio aproximado de 7 km se puede contribuir de manera significativa a la descongestión del tránsito vehicular de la ciudad.
- Las pendientes: La ausencia de grandes pendientes hacen de Resistencia una ciudad viable para la implementación de este tipo de transportes.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- La población: Además de que la bicicleta es un medio de transporte para todas las edades en trayectos de corta y media distancia, Resistencia presenta la particularidad de tener una gran cantidad de población estudiantil joven, masa de potenciales ciclistas.

Dicho esto, se recomienda adosar al proyecto del TRA otro realizado por el Municipio de Resistencia donde se plantea el diseño de bisisendas en el centro de la ciudad y sus alrededores, que se llama “Plan Eco Resistencia” y es una medida que fomentará la intermodalidad y promoverá un sistema de transporte más sostenible.

9.3. Iluminación

El alumbrado se coloca con el objetivo de permitir una visibilidad clara para la identificación de obstáculos, objetos y personas que se presenten en la vía durante las horas nocturnas pero siempre evitando encandilar al conductor.

Para llevar a cabo este tipo de alumbrado, deben ser tomados en cuenta diversos factores, además de considerar los aspectos económicos y estéticos de la vía iluminada, estudiando los costos de instalación y mantenimiento.

9.3.1. Factores para el diseño de iluminación:

- Requerimientos para conductores: El camino y sus zonas aledañas deben ser vistos en detalle en todo momento, es decir que cualquier objeto que signifique un riesgo para el conductor debe ser visible con anterioridad, otorgándole un tiempo de reacción y espacio necesario de frenado al conductor.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Visibilidad y campo visual del conductor: La visibilidad es directamente proporcional al contraste. En caso de que un objeto sea claro con fondo oscuro, su contraste será positivo, en cambio un objeto más oscuro que su fondo genera contraste negativo.

La importancia del campo visual del conductor se enumera en el siguiente orden:

1. La calzada
 2. El señalamiento horizontal y vertical
 3. El cielo incluyendo la luminaria
- Deslumbramiento y contaminación visual: El deslumbramiento es generado normalmente por las propias luminarias, disminuyendo la capacidad de la vista del conductor, perjudicando el confort visual que a la larga provoca irritabilidad y fatiga. Por esta razón, se ponen límites a la intensidad luminosa generada por luminarias en dirección casi horizontal, que es el caso de las luminarias con refractor.

Otros factores pueden generar deslumbramiento, como la presencia de grandes superficies con un alto factor de reflexión, anuncios publicitarios, señalamiento vertical, faros de vehículos, etc.

Se recomienda llevar a cabo una iluminación regular y equidistante (ver figura 9.3) a lo largo de todo el trayecto del TRA para una mejor visibilidad por parte de los conductores, siguiendo el uso de manuales como ser el de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) o el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares de la DNV.

En el AMGR, se aconseja utilizar tecnologías de iluminación LED de alta eficiencia energética en las avenidas principales por donde circulan los autobuses del TRA, que incluso puedan estar alimentadas por energía solar (ver figura 9.4). Estas luminarias proporcionan una

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

iluminación uniforme y de calidad, mejorando la percepción visual y aumentando la seguridad durante la noche y además dicha iluminación ofrece un menor consumo de energía y una mayor durabilidad, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental y los costos de operación.

Asimismo, en el diseño de la iluminación es importante tener en cuenta la integración con el entorno urbano y arquitectónico del AMGR y puede ser utilizada de manera estratégica para realzar aspectos arquitectónicos o resaltar puntos de interés turístico cercanos, lo que enriquecerá la experiencia de los usuarios y realzará la identidad de la ciudad.



Figura 9.3. Buena iluminación de la vía (fuente: Imagen de Google).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.4. Iluminación LED con fuente solar (fuente: Imagen de Google).

9.4. Semaforización

El diseño adecuado de la semaforización en las intersecciones por donde circula el TRA es esencial para optimizar el flujo vehicular y garantizar la seguridad vial. La implementación de una semaforización inteligente y coordinada contribuirá a mejorar la eficiencia del sistema de transporte público y reducir los tiempos de viaje.

La coordinación de los semáforos debe estar diseñada de manera estratégica para permitir que los autobuses del TRA puedan mantener velocidades adecuadas y realizar paradas

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

y arranques seguros en las intersecciones. Para ello, es importante establecer tiempos de verde y rojo adecuados que optimicen el paso de los vehículos y minimicen los tiempos de espera.

Se recomienda un análisis profundo del flujo vehicular en las distintas intersecciones de las líneas que abarca el TRA a lo largo del AMGR para así determinar de manera eficiente los puntos en los que deberían colocarse los semáforos y los tiempos de cada fase de los mismos. Asimismo, se aconseja implementar sistemas de control de velocidad en las zonas donde circula el TRA para garantizar una conducción segura y reducir los riesgos de accidentes.

9.4.1. Semaforización en Av. Castelli intersección con Av. Las Heras

En esta intersección se observa un conflicto en el tránsito, donde los vehículos que circulan por el carril central y laterales de la avenida Castelli confluyen a una sola sección en la rotonda; por su parte los vehículos que circulan por la avenida Las Heras sufren el mismo problema en dicha intersección. (Ver figura 9.5).

Por esto, se recomienda la intervención de esta esquina y se propone el retiro de la rotonda, siendo reemplazada por un sistema de semaforización que permita la circulación ordenada y fluida. Se propone replicar el sistema de semáforos que se utilizan en las demás intersecciones entre avenidas como ser la de avenida Alvear y Belgrano.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.5. Rotonda Av. Las Heras intersección Av. Castelli (fuente: Imagen de Google Earth).

9.5. Estación de transferencia modal

Como se ha detallado en DISEÑO GEOMÉTRICO Y FÍSICO, se contará con una ETM en la intersección de la Ruta Nacional N°11 y la Av. Alvear pero se considera necesario para un mejor funcionamiento la implementación de otra ETM en la intersección de la Ruta Provincial N°63 (Av. General San Martín de Barranqueras) y la Ruta Nacional N°16 (Autovía Nicolás Avellaneda) (ver figura 9.6).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.6. Estación de transferencia ubicada en Ruta N°16 y Ruta Provincial N°83 (fuente: Imagen de Google Earth).

La elección de contar con otra estación y que esté ubicada allí, es tener otro punto estratégico donde se capten usuarios que provengan de la Ciudad de Corrientes. Además de garantizar una mayor comodidad a los choferes contando con dos puntos de descanso para los mismos.

9.6. Reacondicionamiento de veredas

Actualmente, la mayoría de las veredas no se encuentran acordes para una cómoda circulación de los peatones (ver figura 9.7).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.7. Situación actual de algunas veredas de la traza del TRA (fuente: Elaboración propia).

El mejoramiento de las veredas en las áreas cercanas a las paradas y estaciones del TRA es fundamental para garantizar la accesibilidad y comodidad de los usuarios. Además, esta refacción de la infraestructura peatonal puede ir de la mano con la incorporación de espacios verdes, árboles y mobiliario urbano, lo que enriquecerá el entorno y brindará áreas de descanso para los usuarios del TRA.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Dicho esto, se recomienda realizar un relevamiento completo de las veredas en las áreas de influencia del TRA donde se identifiquen aquellas que requieren mejoras en términos de pavimentación, nivelación, anchura adecuada y ausencia de obstáculos que dificulten la circulación peatonal. El diseño de veredas accesibles para personas con movilidad reducida también debe ser una prioridad.

9.7. Ubicación de las paradas

En este anteproyecto se ha planteado la incorporación de nuevas paradas, con mayor tecnología y comodidad para los usuarios. Para las mismas, se ha dicho que deben ubicarse en ambos sentidos con diferencia de una cuadra. (Ver figura 9.8).

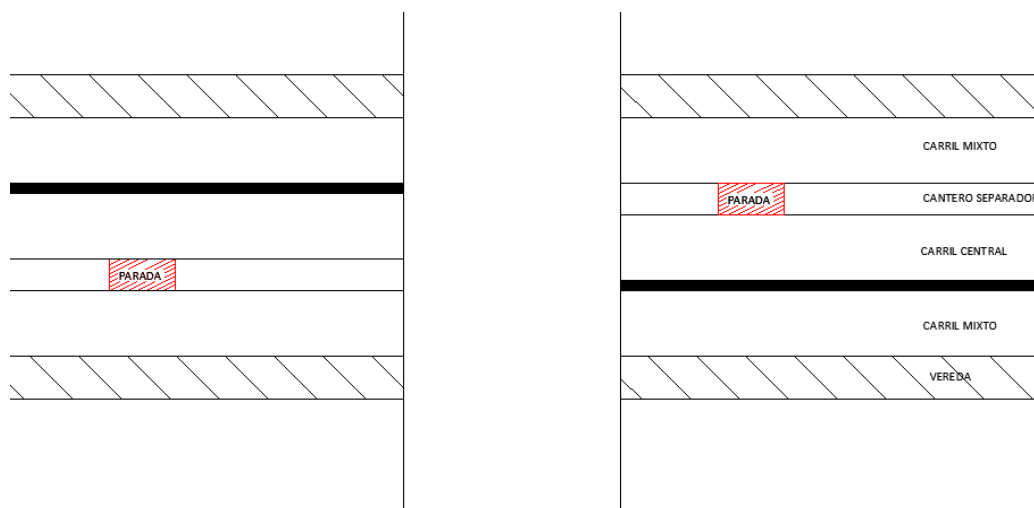


Figura 9.8. Paradas en ambos sentidos, con una cuadra de separación (fuente: Elaboración propia).

Sin embargo, se recomienda un estudio más profundo sobre los puntos estratégicos para la ubicación de las mismas, contemplando aquellas zonas donde existe un mayor número de usuarios en las paradas que existen actualmente.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

9.8. Adecuación hidráulica de la vía

Si bien se ha realizado un estudio de la cantidad de imbornales necesarios para drenar la lluvia de diseño en el tramo en estudio, se debería realizar un relevamiento completo de la zona donde se incluyan los datos de cada uno. Con dichas características se deberá evaluar si realmente es necesaria la implantación de todos los sumideros planteados o solo de algunos de ellos.

Por otro lado, se recomienda la readecuación y limpieza de los sumideros existentes en la zona de estudio, ya que muchos de ellos se encuentran en mal estado y obstruidos con basura, plantas, entre otros objetos. (Ver figuras 9.9 y 9.10).



Figura 9.9. Situación actual de los sumideros (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura 9.10. Situación actual de los sumideros (fuente: Elaboración propia).

9.9. Conclusiones

Si bien se ha planteado como objetivo principal la evaluación de la conveniencia sobre la implantación de un sistema de TRA en el AMGR, no se ha podido llevar a cabo una evaluación socioeconómica que nos permita cuantificar con parámetros reconocidos internacionalmente (Valor actual neto, Tasa interna de retorno, Relación beneficio-costos, Periodo de retorno de inversión). Esta imposibilidad de realizar dicha evaluación se debió a que no fueron considerados en su alcance y también a las limitaciones de recursos y datos.

Sin embargo, los resultados de las evaluaciones de estos servicios serían positivos, ya que se considera al transporte público como un bien social que contribuye al desarrollo de una

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

ciudad, provincia o nación; por lo que, a partir de los temas desarrollados en cada uno de los capítulos, se considera que sería conveniente la implementación del TRA ya que desarrollaría un mejor servicio de transporte público como así también un ordenamiento del tráfico mixto, mejoraría el estado de las calzadas y veredas, aumentaría la seguridad vehicular y peatonal, y conlleva también a una ampliación del drenaje urbano existente.

La introducción del sistema de TRA no sólo representa una movilidad más eficiente y rápida para los ciudadanos, sino que también promoverá una reducción de la congestión vehicular y, por lo tanto, disminución de los niveles de contaminación del aire.

El ordenamiento del tráfico mixto traerá consigo una organización más fluida y segura de las vías, lo que a su vez contribuirá a la reducción de accidentes y aumentará la seguridad tanto para los conductores como para los peatones. Además, el estado mejorado de calzadas y veredas no solo brindará comodidad a los usuarios, sino que también fomentará un ambiente más agradable para el desplazamiento urbano.

Por otro lado, se resalta la mejora en el drenaje urbano existente con la adecuación de los mismos para manejar eficazmente las precipitaciones intensas evitando anegamientos en las vías de comunicación.

En resumen, el proyecto de Tránsito Rápido de Autobús en el AMGR no solo representa una mejora en la movilidad urbana, sino que también es un catalizador potencial para un cambio positivo en la calidad de vida de los ciudadanos. La combinación de un transporte público eficiente, un tráfico organizado, vías seguras y un sistema de drenaje mejorado apunta hacia una ciudad más sustentable, habitable y conectada.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Bibliografía

- Instituto de Política para el Transporte y Desarrollo de la Universidad de California (2007). The BRT Planning Guide.
- Asociación Argentina de Carreteras.
- Dirección Nacional de Vialidad (2017). Normas de Ensayo.
- Dirección Nacional de Vialidad (1998). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Buenos Aires: DNV.
- Dirección Nacional de Vialidad (2010). Manual de Diseño.
- Código de Planeamiento Urbano del Gran Resistencia (2021).
- Molina, J. C., Verón, V. M. (2019). Estación de Transferencia para Transporte Terrestre de Pasajeros en el Puerto de Corrientes.
- Escuela de Caminos de Montaña de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan (2006). Tercera Edición del Manual de Diseño de Pavimentos en base al Método AASHTO – 93.
- Instituto del Cemento Argentino Portland (2016). Diseño Racional de Mezclas de Hormigón. Método ICPA.
- Dirección Nacional de Vialidad (2012). Manual de Señalamiento Horizontal.
- Dirección Nacional de Vialidad (2017). Manual de Señalamiento Vertical.
- Baldovino, A., Bundrea, I. (2017). Optimización de la Av. 9 de Julio y Desarrollo de Vías Alternativas.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. y Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Colombia: Mc Graw-Hill.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Chandias, M. (1981). Cómputos y Presupuestos. 21° Edición.

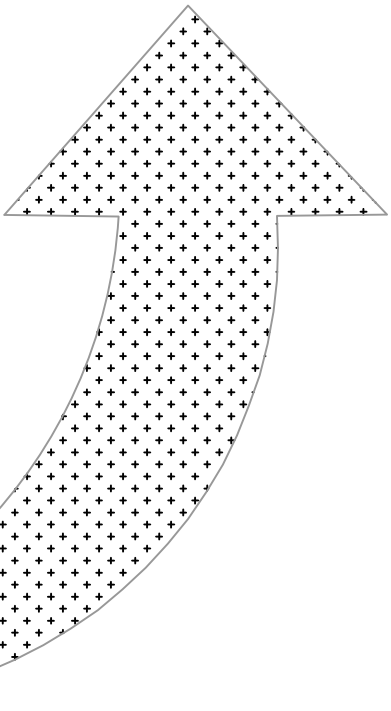
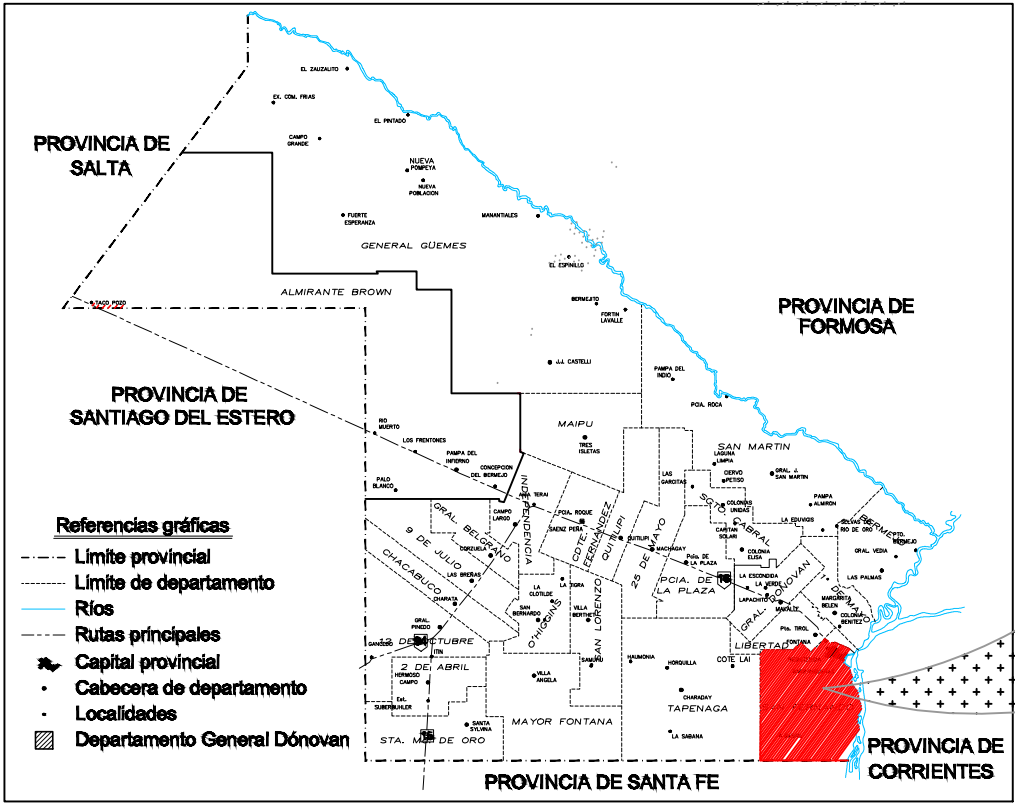
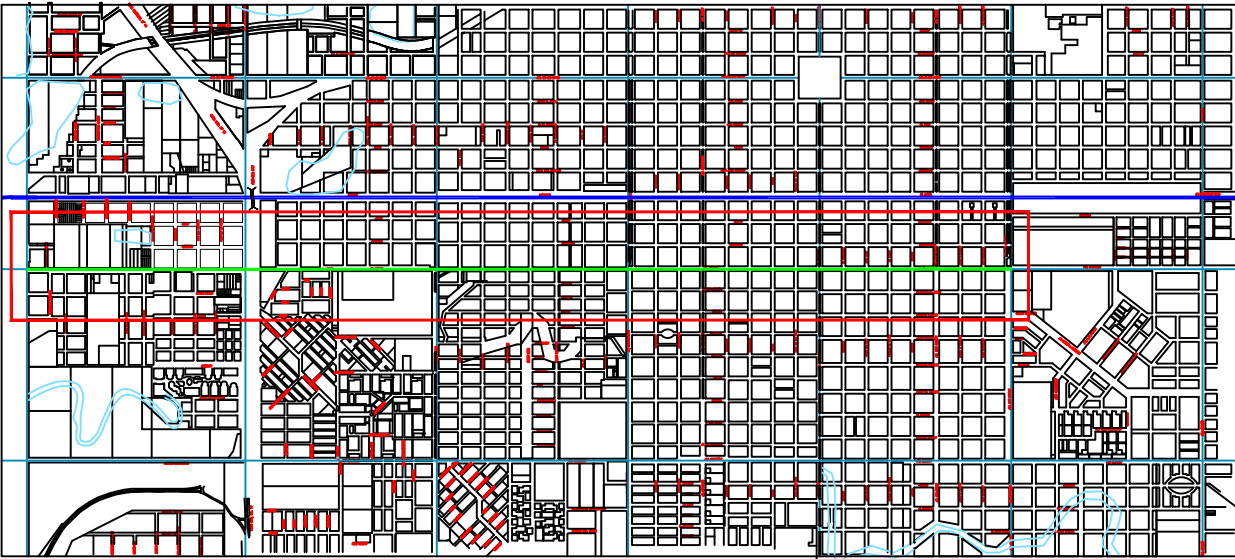
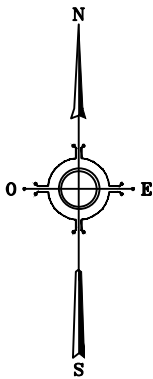
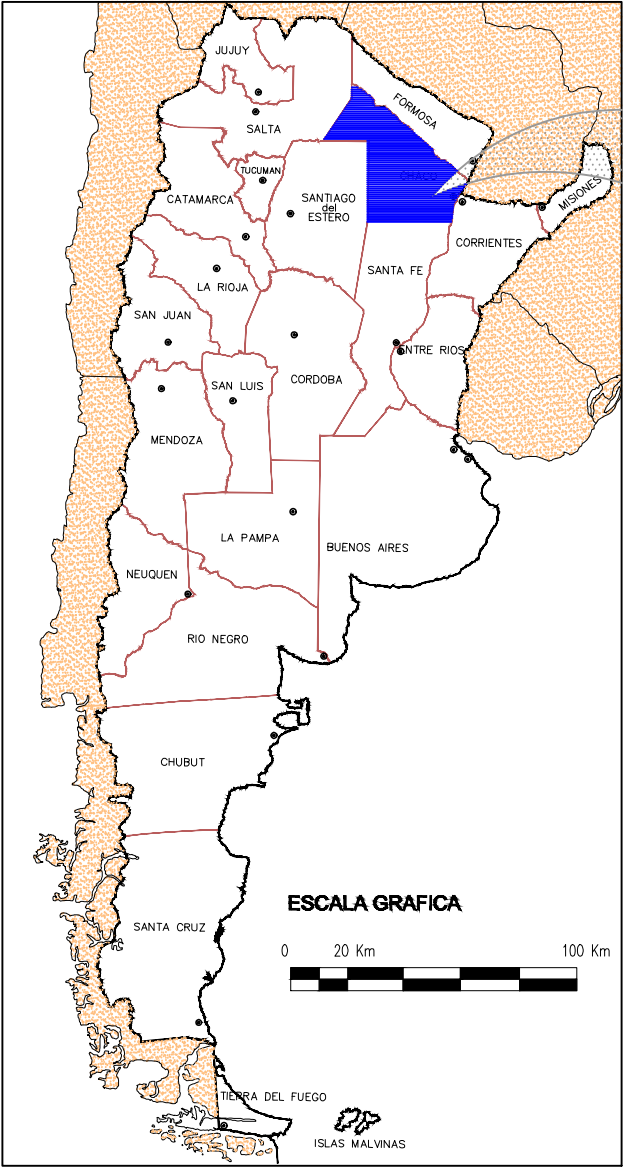
Índice de planos

Plano N°

Ubicación de zona de estudio	0
Planimetría del tramo en estudio	1
Altimetría del tramo en estudio	2
Ubicación de estación de transferencia.....	3
Perfil transversal de 45m de ancho con paradas	4
Perfil transversal de 45m de ancho sin paradas.....	5
Perfil transversal de 28m de ancho sin paradas.....	6
Perfil transversal de 30m de ancho con paradas	7
Perfil transversal de 30m de ancho sin paradas.....	8
Subcuencas delimitadas en zona de estudio	9
Sistema de drenaje proyectado – subcuenca 1.....	10
Sistema de drenaje proyectado – subcuenca 2.....	11
Sistema de drenaje proyectado – subcuenca 3.....	12
Sumideros tipos para calles de hormigon	13

Dpto. San Fernando

REPUBLICA ARGENTINA

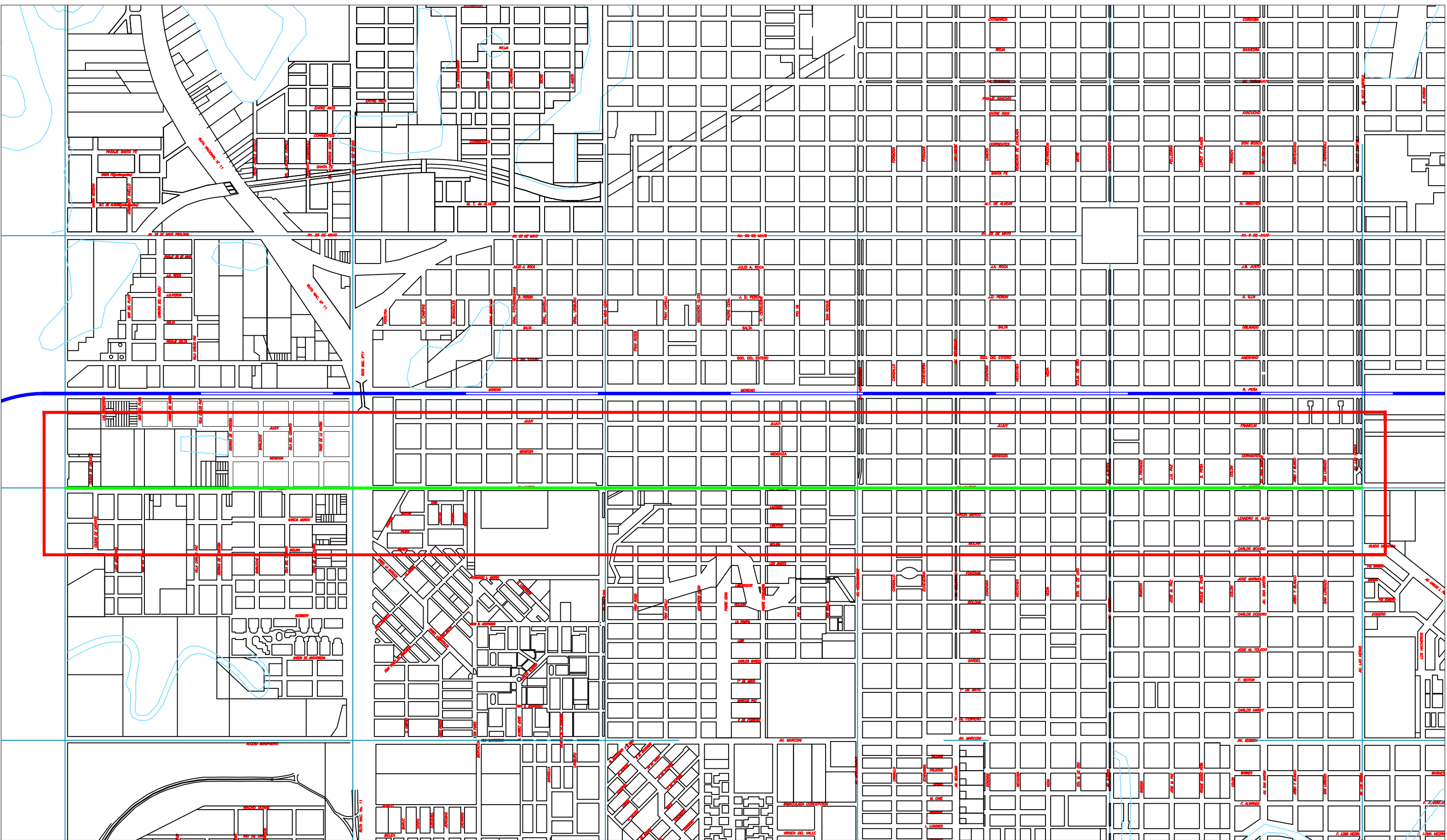


Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste
Trabajo Final

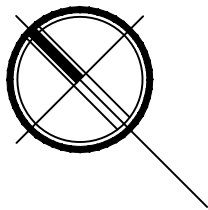
UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

Autores:
ABDULA, Gadiel
CARDOZO, Ariel
TRIPALDI, Federico

PLANO N°0
ESCALAS: VARIAS
FECHA: Junio 2023



- REFERENCIAS:
- Zona de estudio
 - Tramo en estudio de la av. Alvear / Castelli
 - Ferrocarril



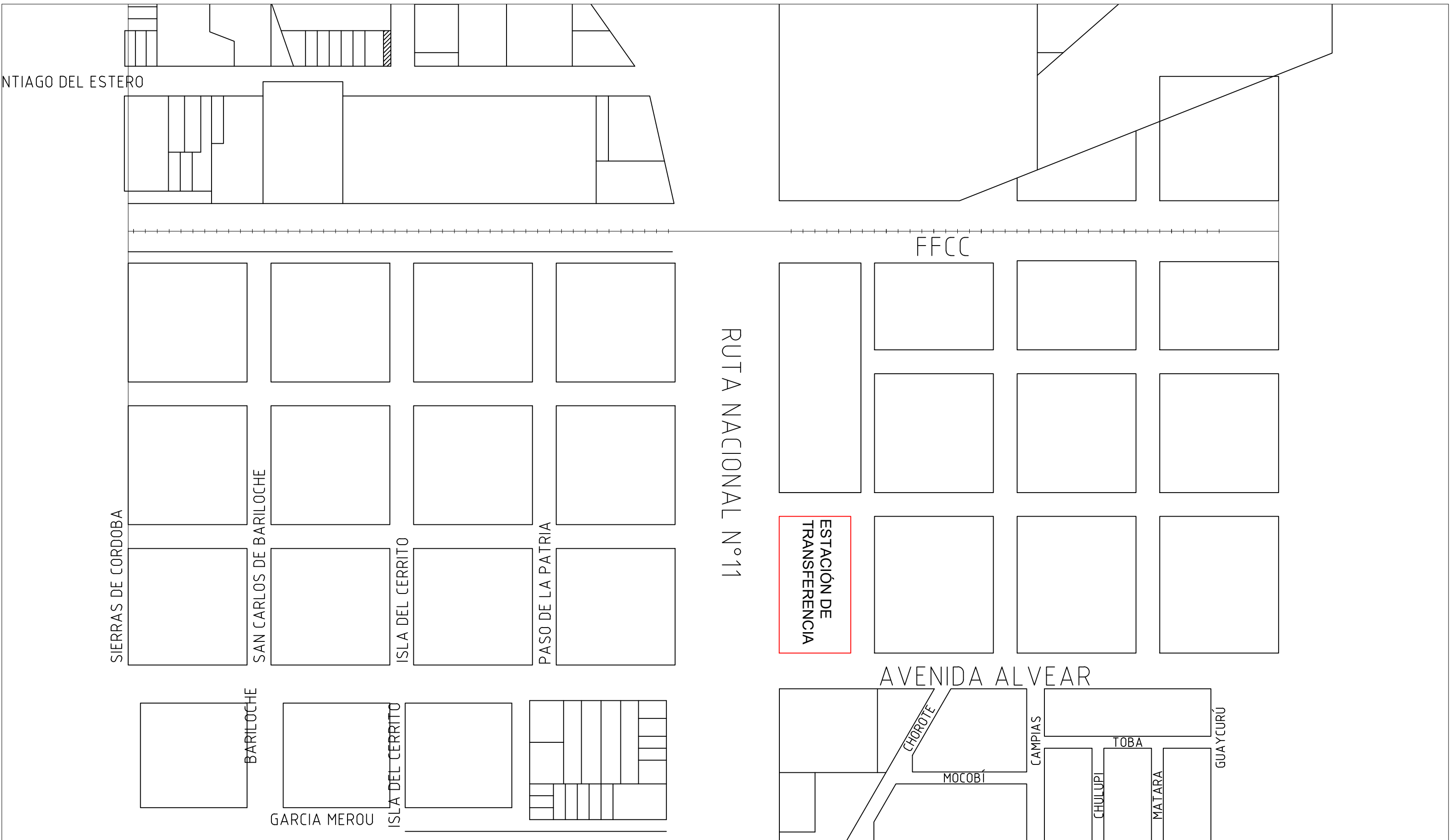
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste

Trabajo Final

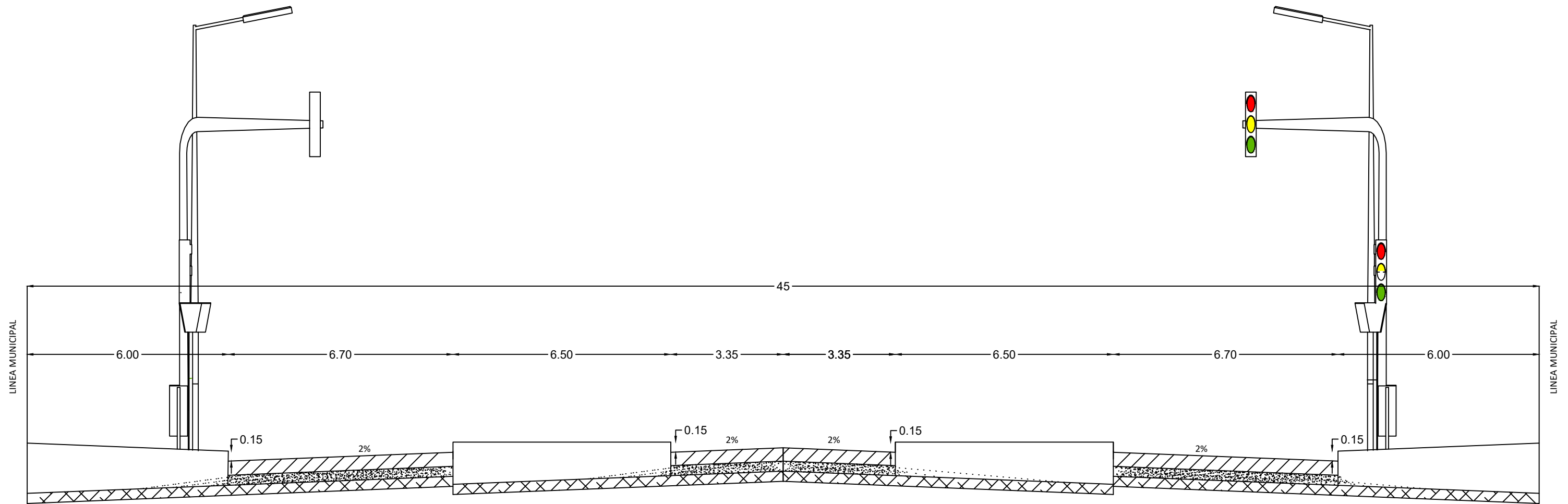
TRAMO EN ESTUDIO DEL ANTEPROYECTO

Autores:
ABDULA, Gadiel
CARDOZO, Ariel
TRIPALDI, Federico

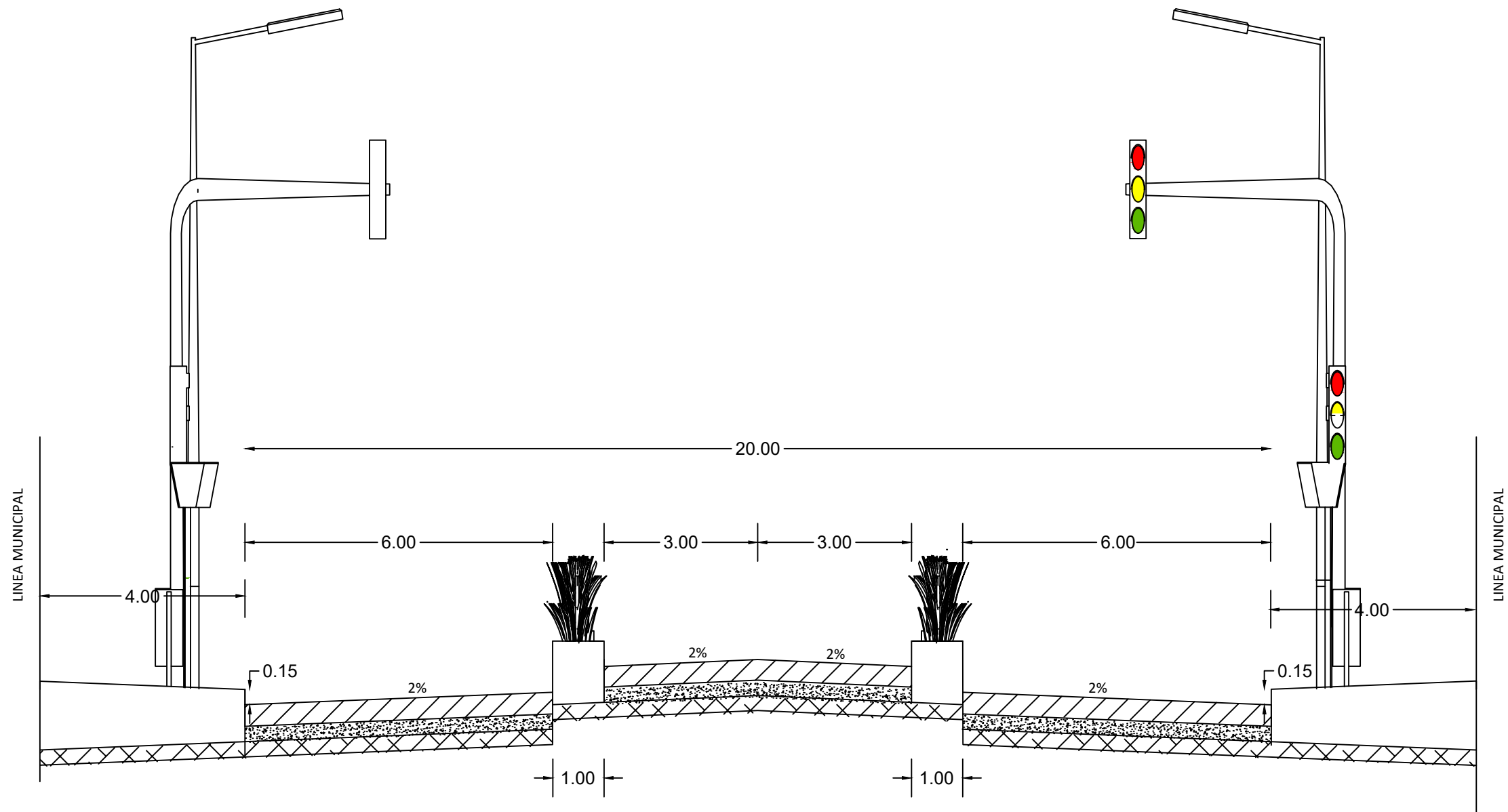
PLANO N°1
ESCALA 1:35.000
FECHA: Junio 2023



	Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste	
	Trabajo Final	
	UBICACIÓN ESTACION DE TRANSFERENCIA	
	Autores: ABDULA, Gadiel CARDOZO, Ariel TRIPALDI, Federico	PLANO N°0
		ESCALAS: VARIAS
		FECHA: Junio 2023

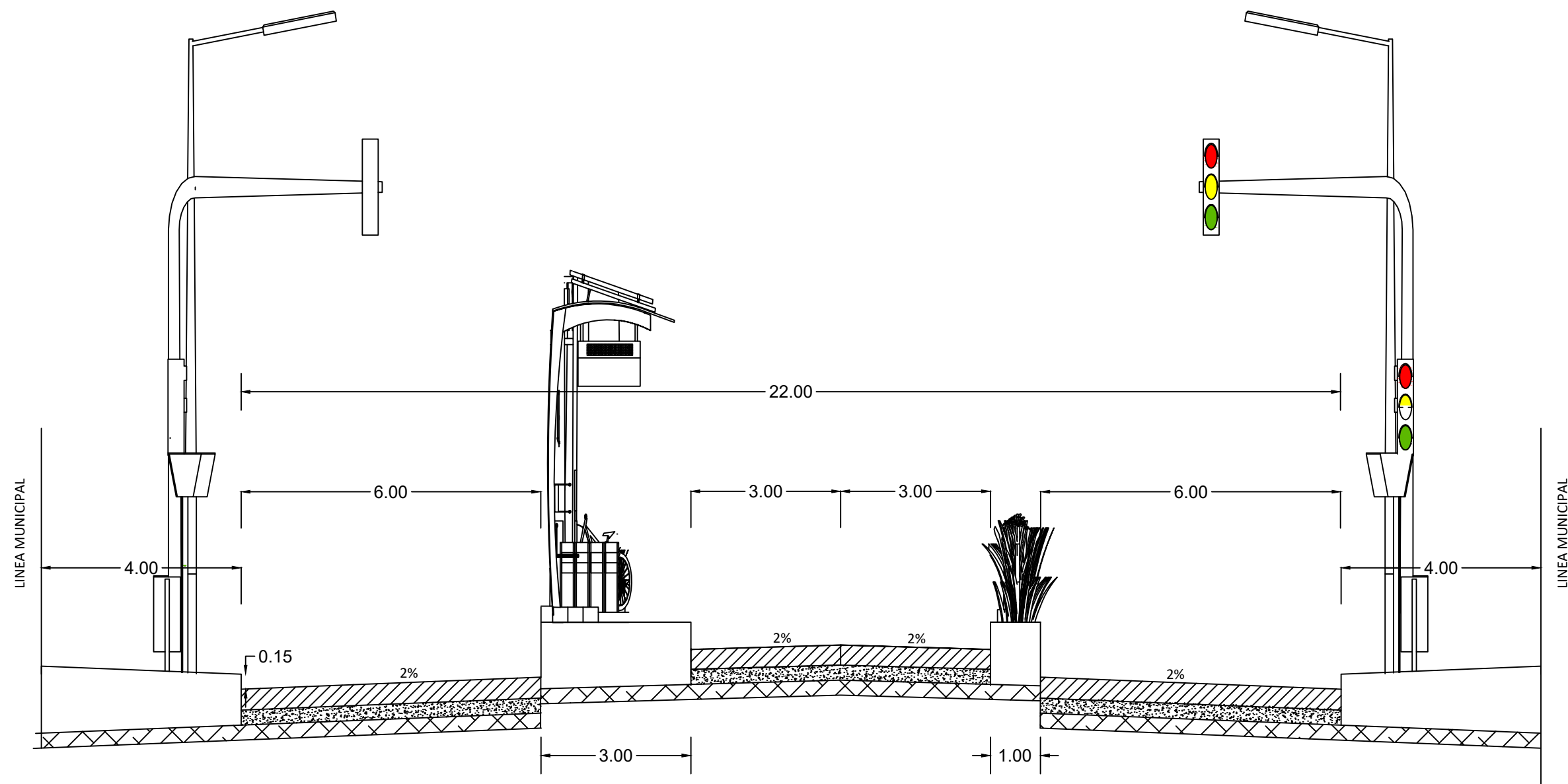


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 45 METROS DE ANCHO SIN PARADAS	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 5
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

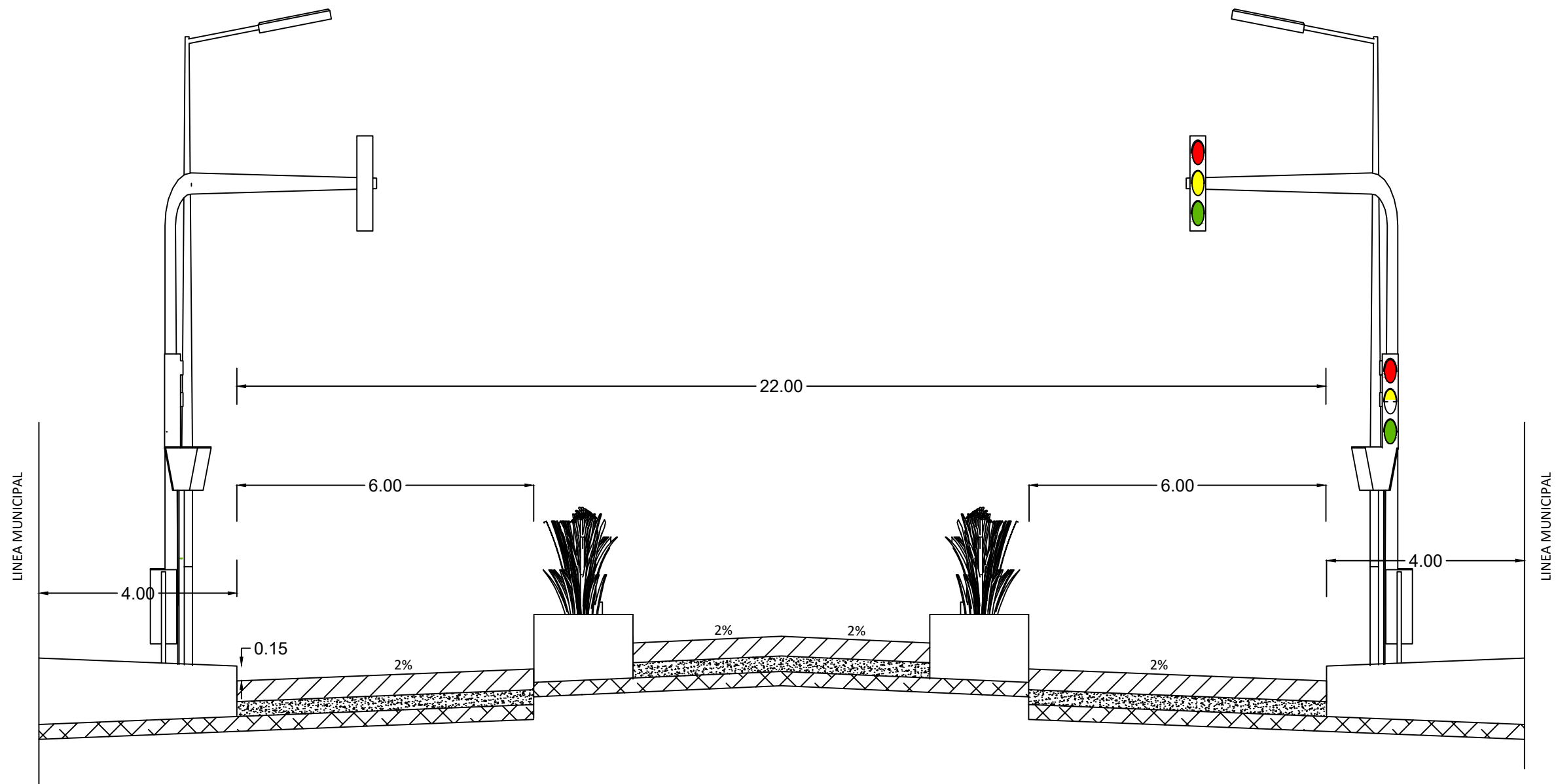


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 28 METROS DE ANCHO SIN PARADAS	
AUTORES:	PLANO Nº : 6
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

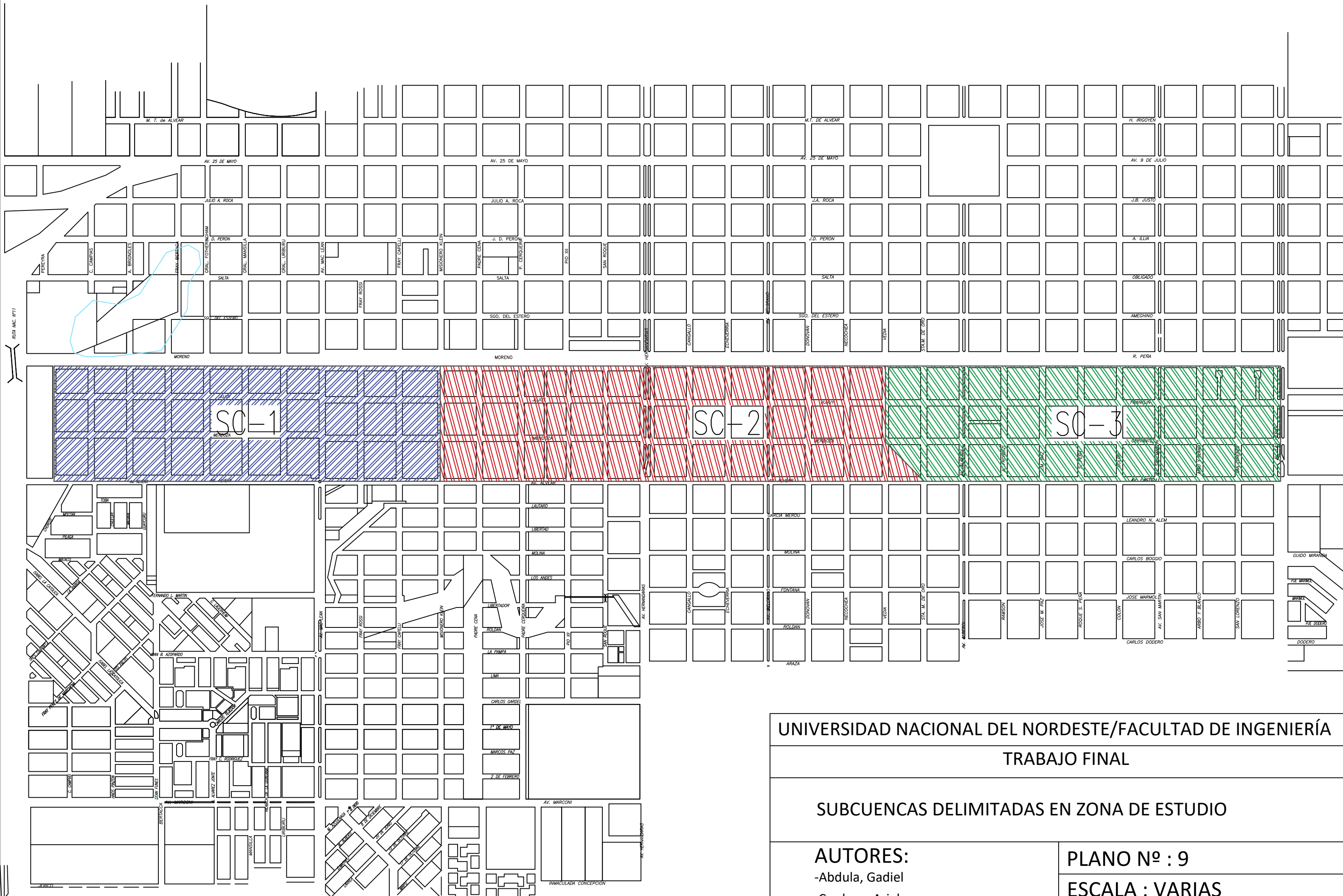
- Abdula, Gadiel
- Cardozo, Ariel
- Tripaldi, Federico



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 30 METROS DE ANCHO CON PARADAS	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 7
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 30 METROS DE ANCHO SIN PARADAS	
AUTORES:	PLANO Nº : 8
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

SUBCUENCAS DELIMITADAS EN ZONA DE ESTUDIO

AUTORES:

-Abdula, Gadiel

-Cardozo, Ariel

-Tripaldi, Federico

PLANO Nº : 9

ESCALA : VARIAS

FECHA : SEPTIEMBRE 2023



IMBORNALES



CONDUCTOS SECUNDARIOS



CONDUCTOS EXISTENTES

S1–Sumidero L=1m

S2–Sumidero L=1,50m

S3–Sumidero L=2m

S4–Sumidero L=2,50m

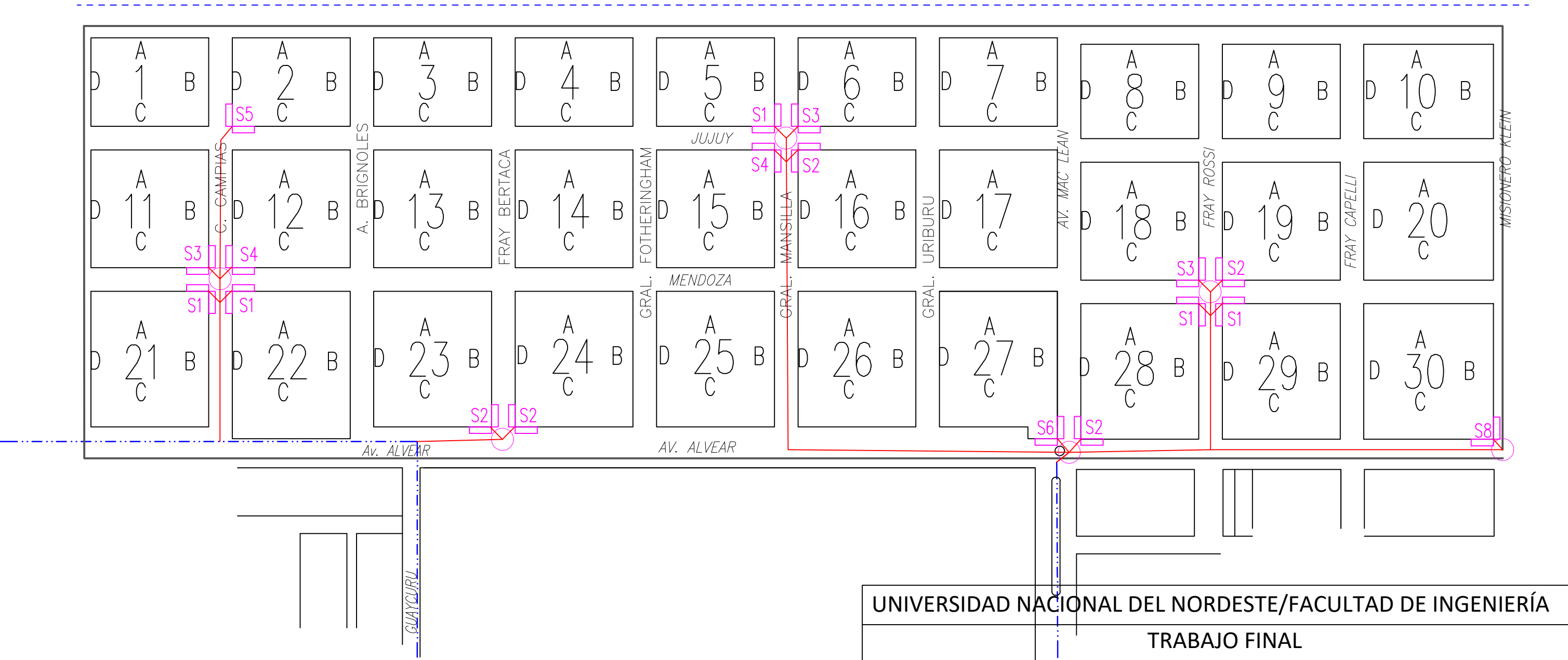
S5–Sumidero L=3m

S6–Sumidero L=3,50m

S7–Sumidero L=4m

S8–Sumidero L=4,50m

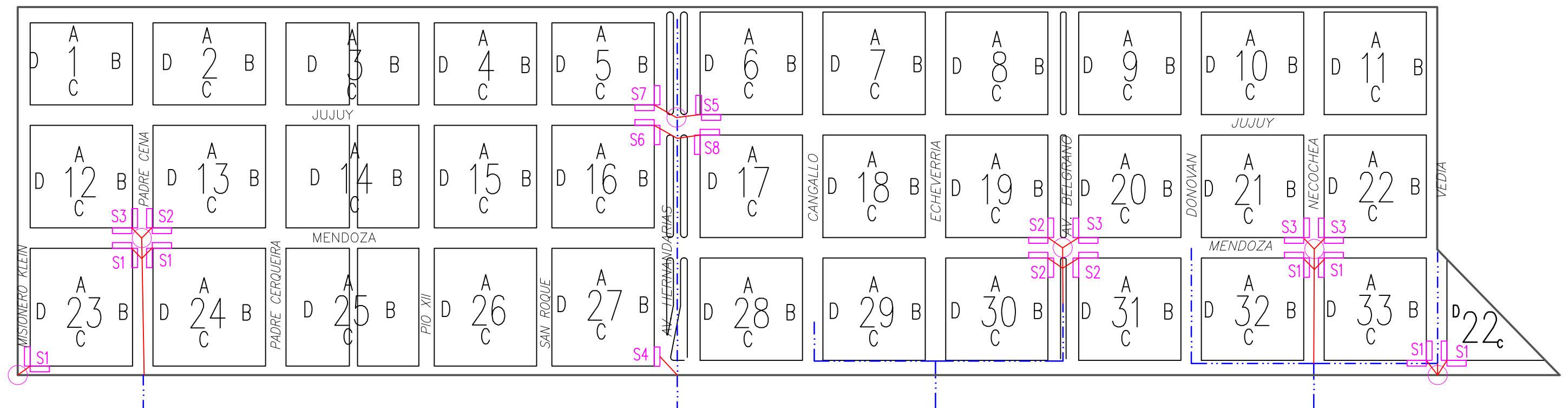
FERROCARRIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 1	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 10
	ESCALA : 1:100
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

- IMBORNALES
- CONDUCTOS SECUNDARIOS
- CONDUCTOS EXISTENTES

- S1–Sumidero L=1m
- S2–Sumidero L=1,50m
- S3–Sumidero L=2m
- S4–Sumidero L=2,50m
- S5–Sumidero L=3m
- S6–Sumidero L=3,50m
- S7–Sumidero L=4m
- S8–Sumidero L=4,50m



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 2	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 11
	ESCALA : 1:100
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

-  IMBORNALES
-  CONDUCTOS PROYECTADOS
-  CONDUCTOS EXISTENTES

S1–Sumidero L=1m

S2–Sumidero L=1,50m

S3–Sumidero L=2m

S4–Sumidero L=2,50m

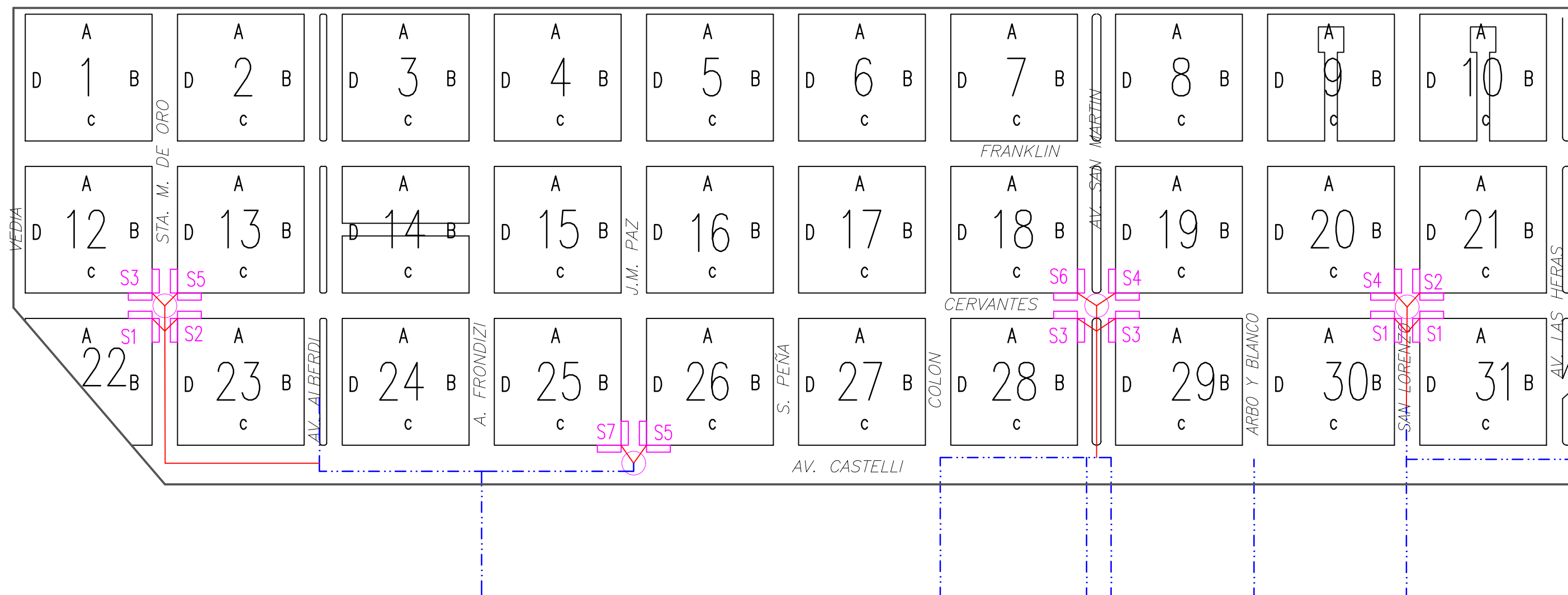
S5–Sumidero L=3m

S6–Sumidero L=3,50m

S7–Sumidero L=4m

S8–Sumidero L=4,50m

FERROCARRIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 3

AUTORES:

-Abdula, Gadiel

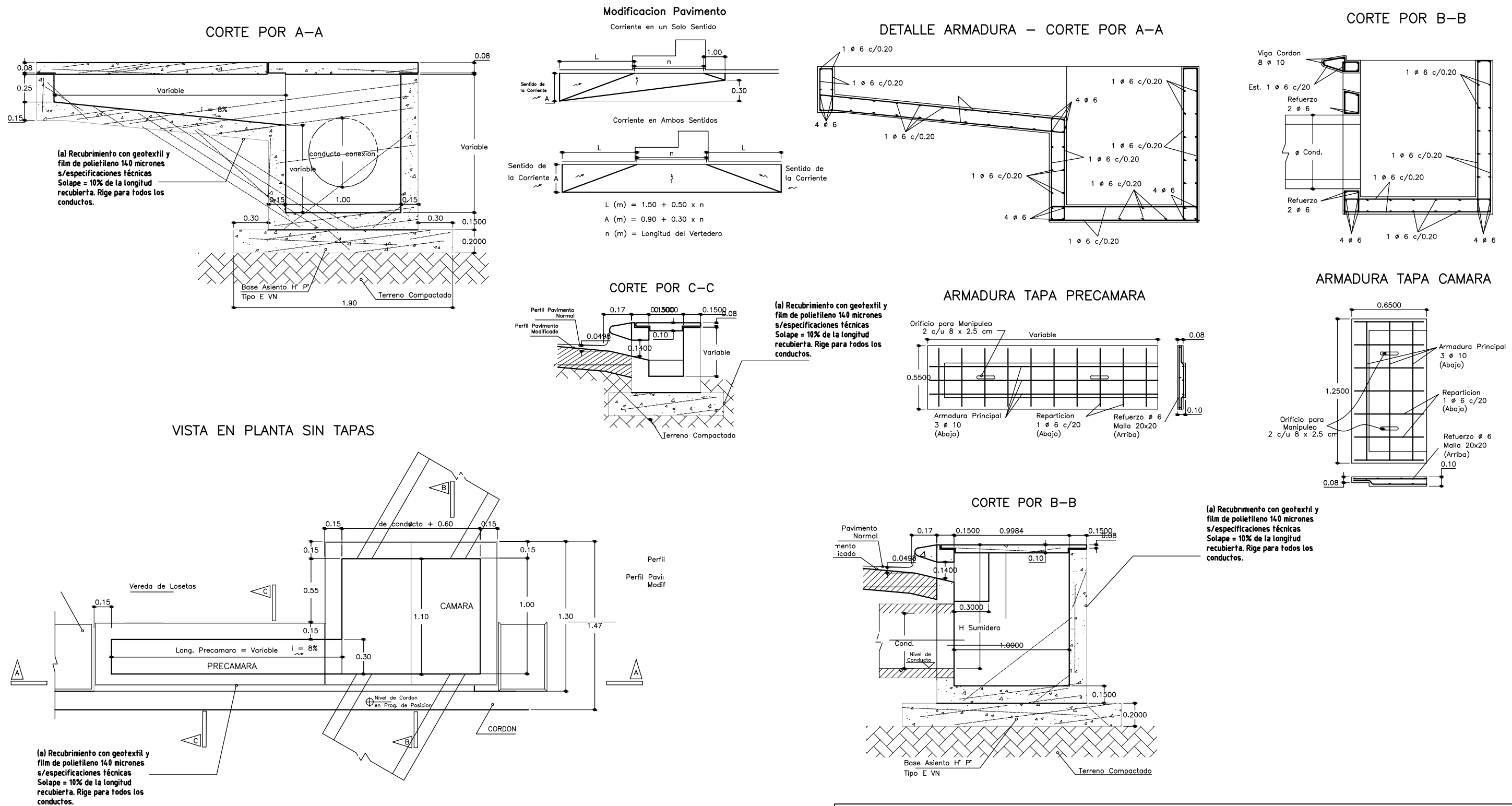
-Cardozo, Ariel

-Tripaldi, Federico

PLANO Nº : 12

ESCALA : 1:100

FECHA : SEPTIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

SUMIDEROS TIPOS PARA CALLES DE HORMIGON

AUTORES:

-Abdula, Gadiel

-Cardozo, Ariel

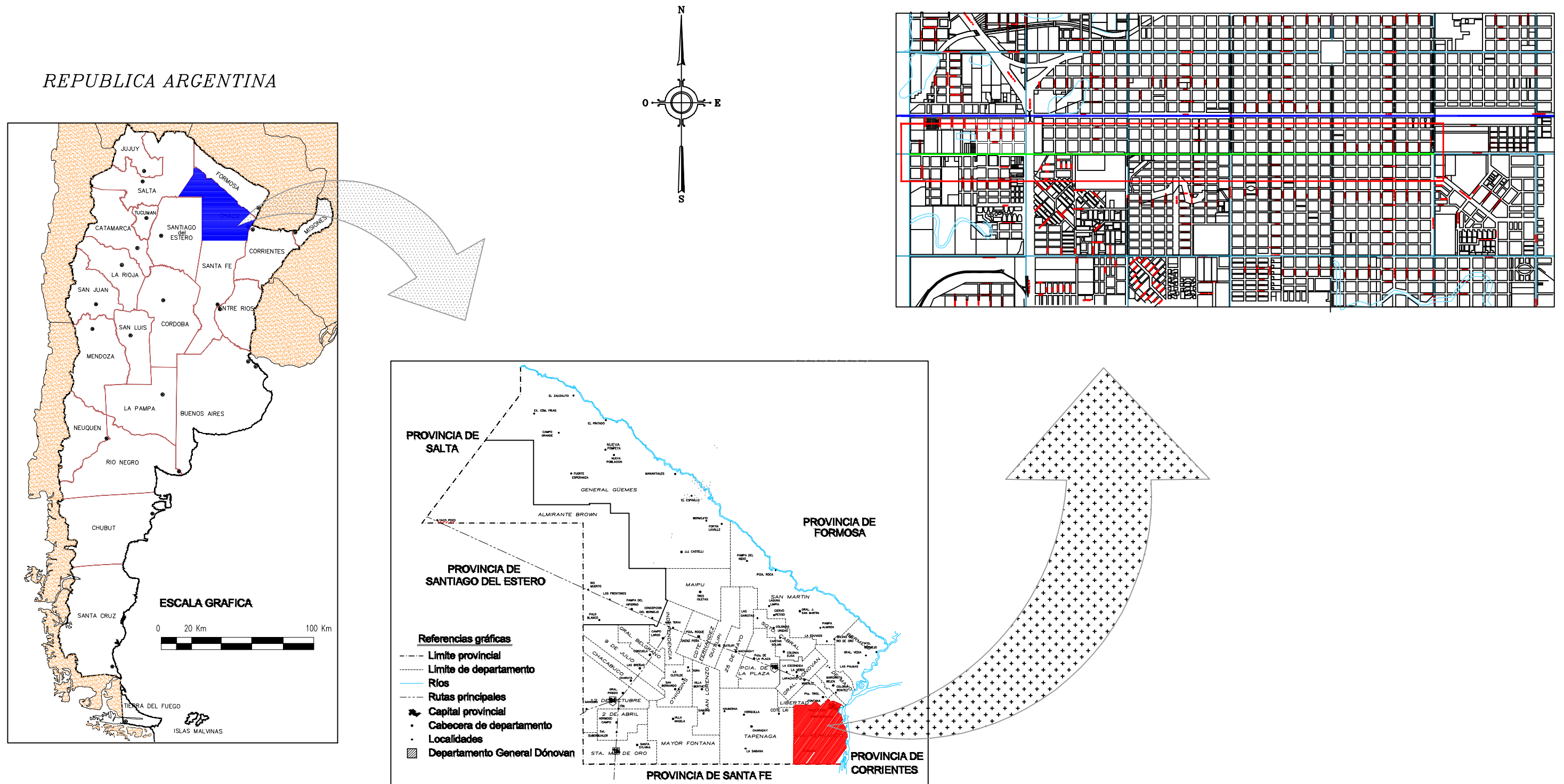
-Tripaldi, Federico

PLANO Nº : 13

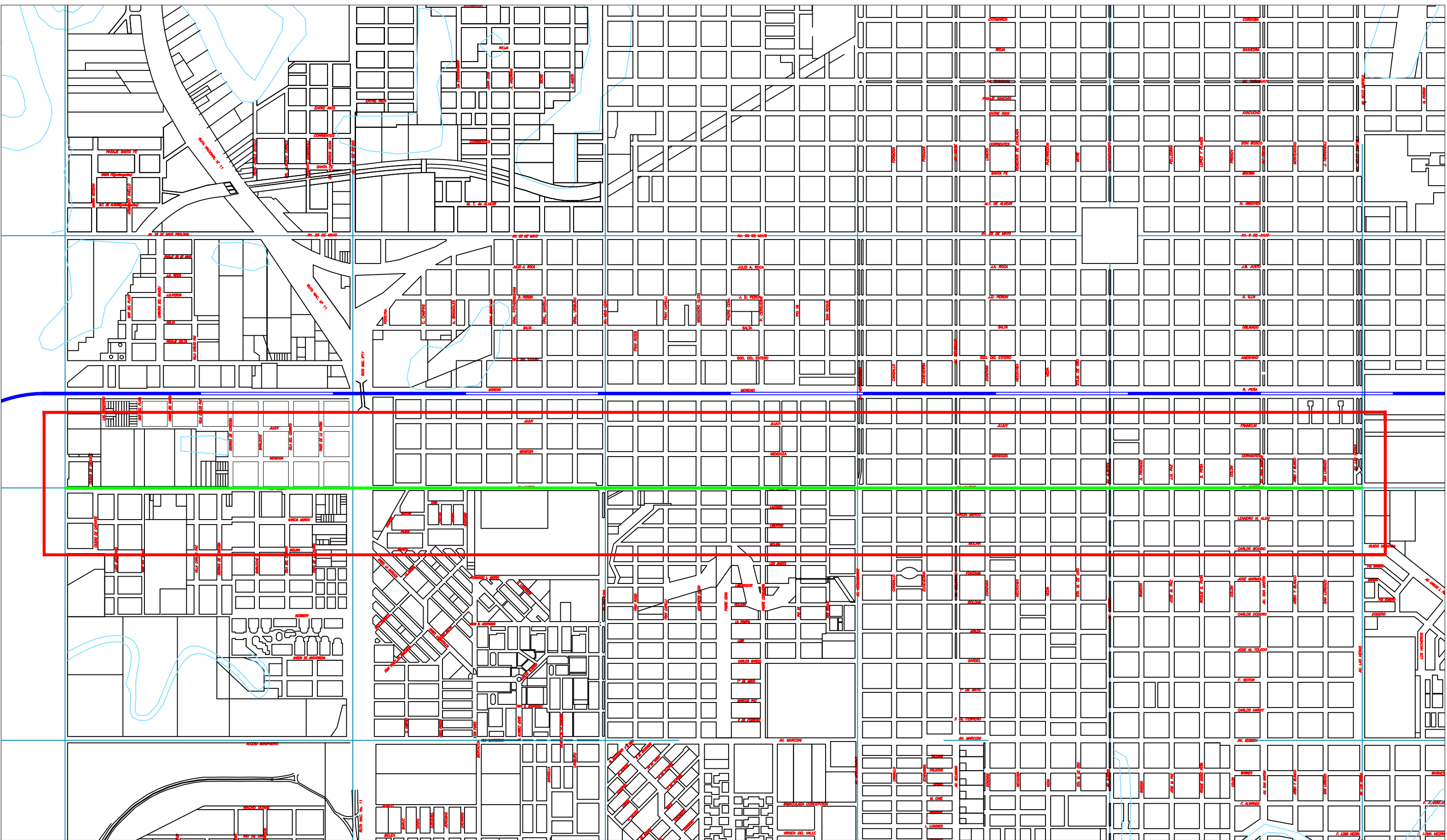
ESCALA : 1:100

FECHA : SEPTIEMBRE 2023

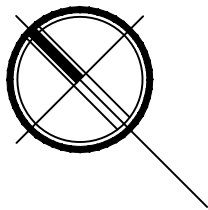
Dpto. San Fernando



Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste	
Trabajo Final	
UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO	
Autores: ABDULA, Gadiel CARDOZO, Ariel TRIPALDI, Federico	PLANO N°0
	ESCALAS: VARIAS
	FECHA: Junio 2023



- REFERENCIAS:
- Zona de estudio
 - Tramo en estudio de la av. Alvear / Castelli
 - Ferrocarril



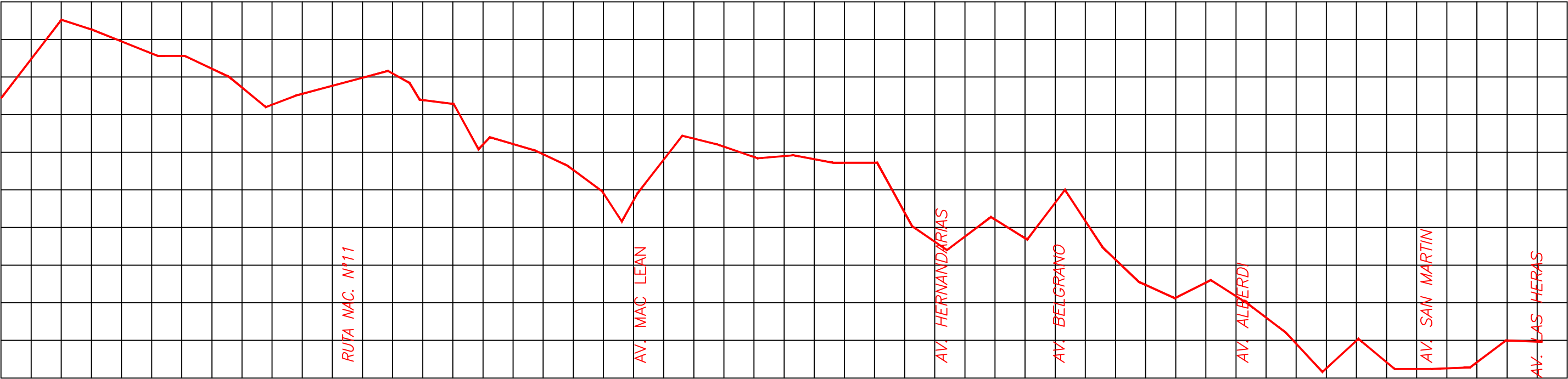
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste

Trabajo Final

TRAMO EN ESTUDIO DEL ANTEPROYECTO

Autores:
ABDULA, Gadiel
CARDOZO, Ariel
TRIPALDI, Federico

PLANO N°1
ESCALA 1:35.000
FECHA: Junio 2023



REFERENCIAS:
■ Rasante existente

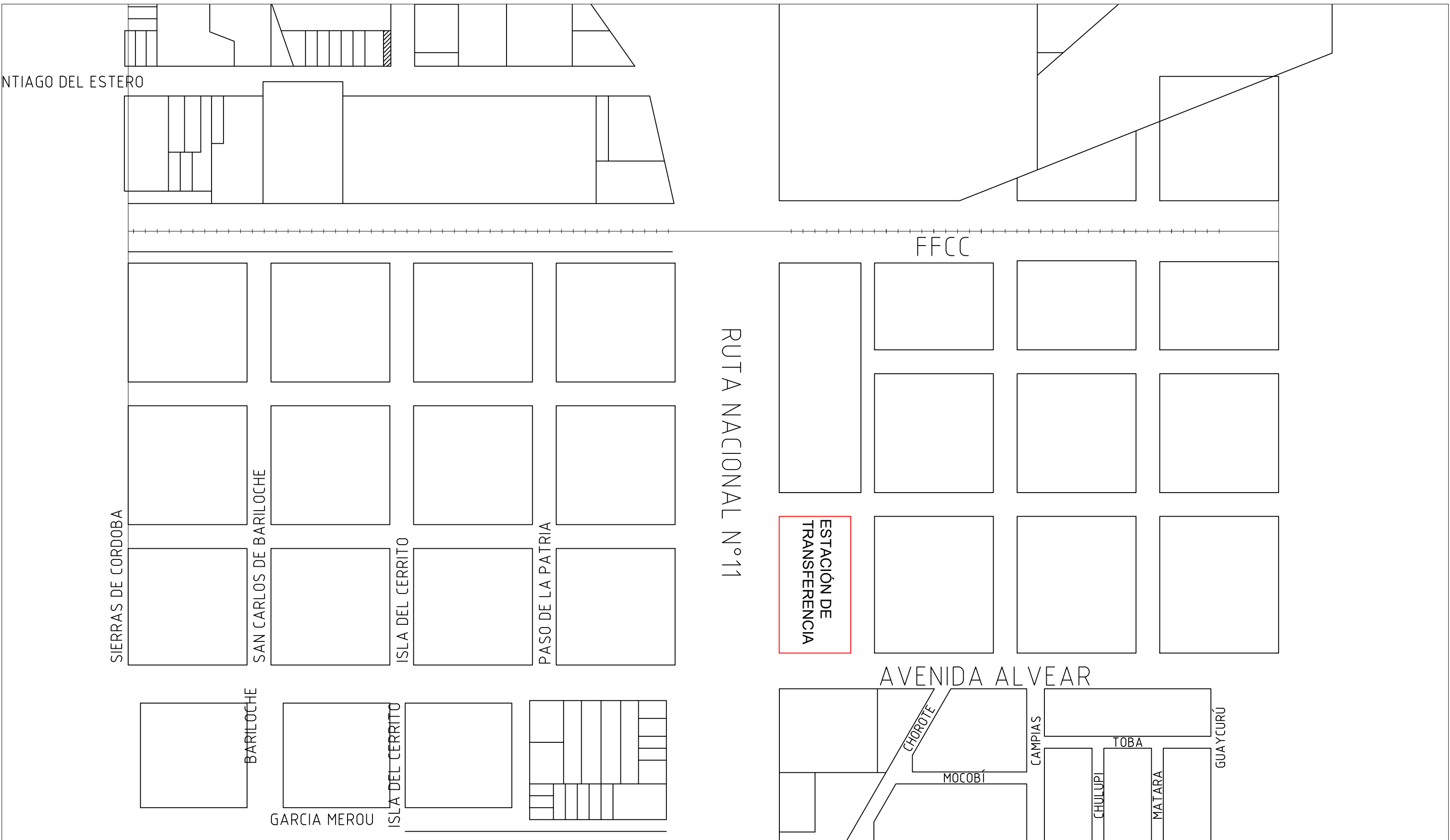
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste

Trabajo Final

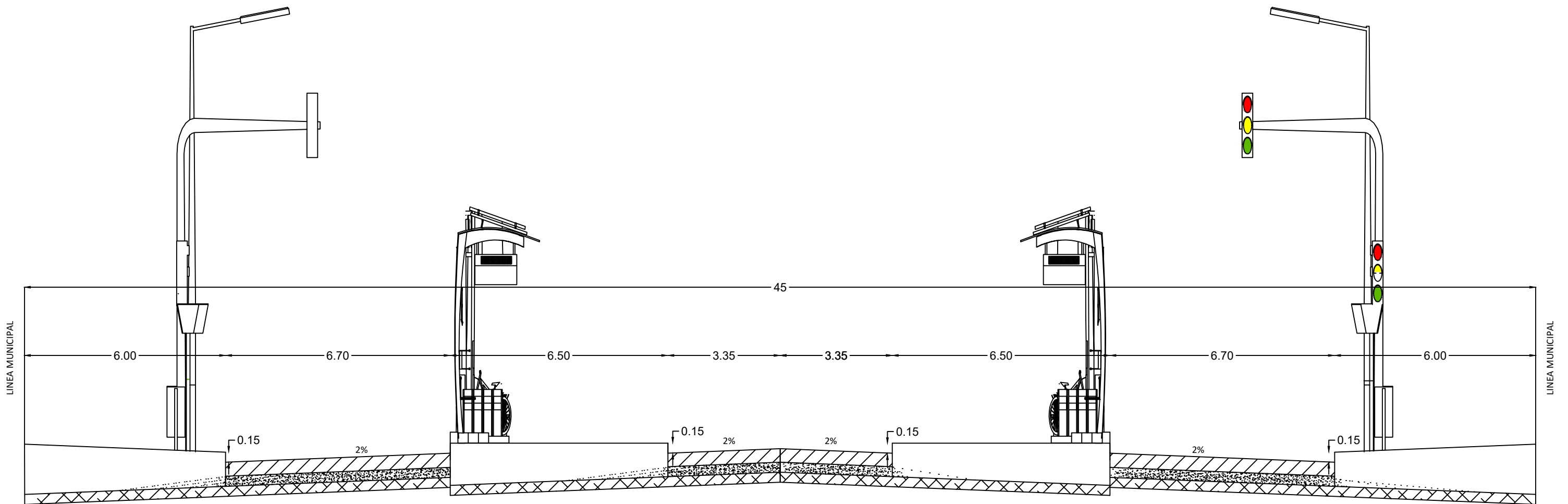
ALTIMETRÍA DEL TRAMO EN ESTUDIO

Autores:
ABDULA, Gadiel
CARDOZO, Ariel
TRIPALDI, Federico

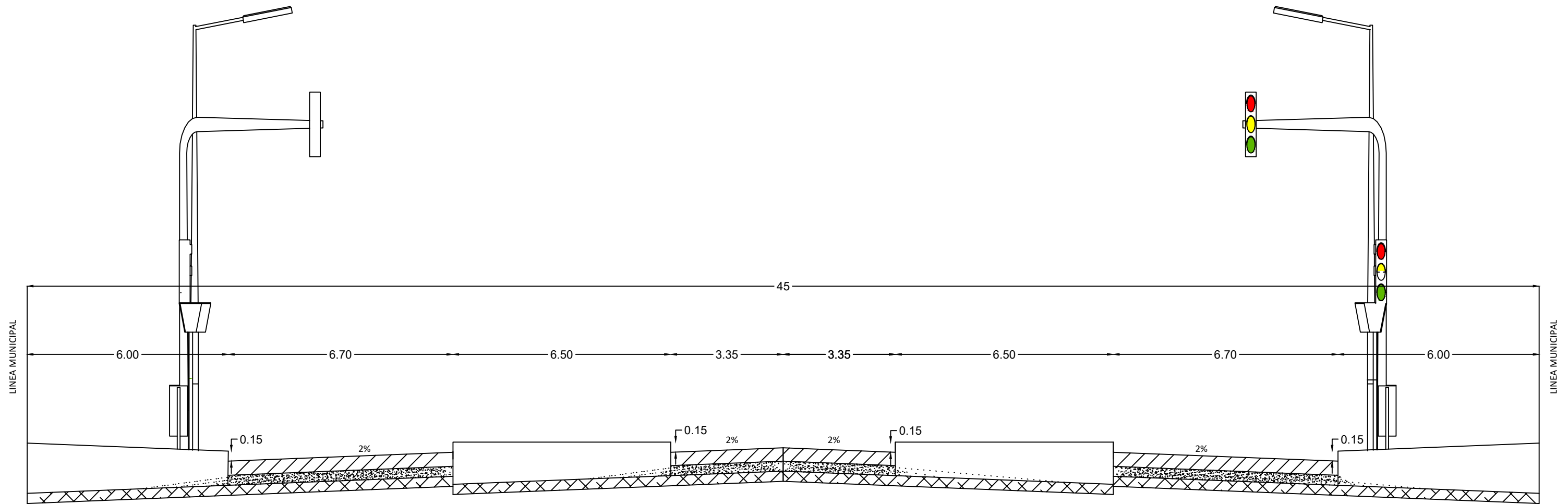
PLANO N°2
ESC. HORIZ. 1:3.500 – ESC. VERT. 1:7.000
FECHA: Junio 2023



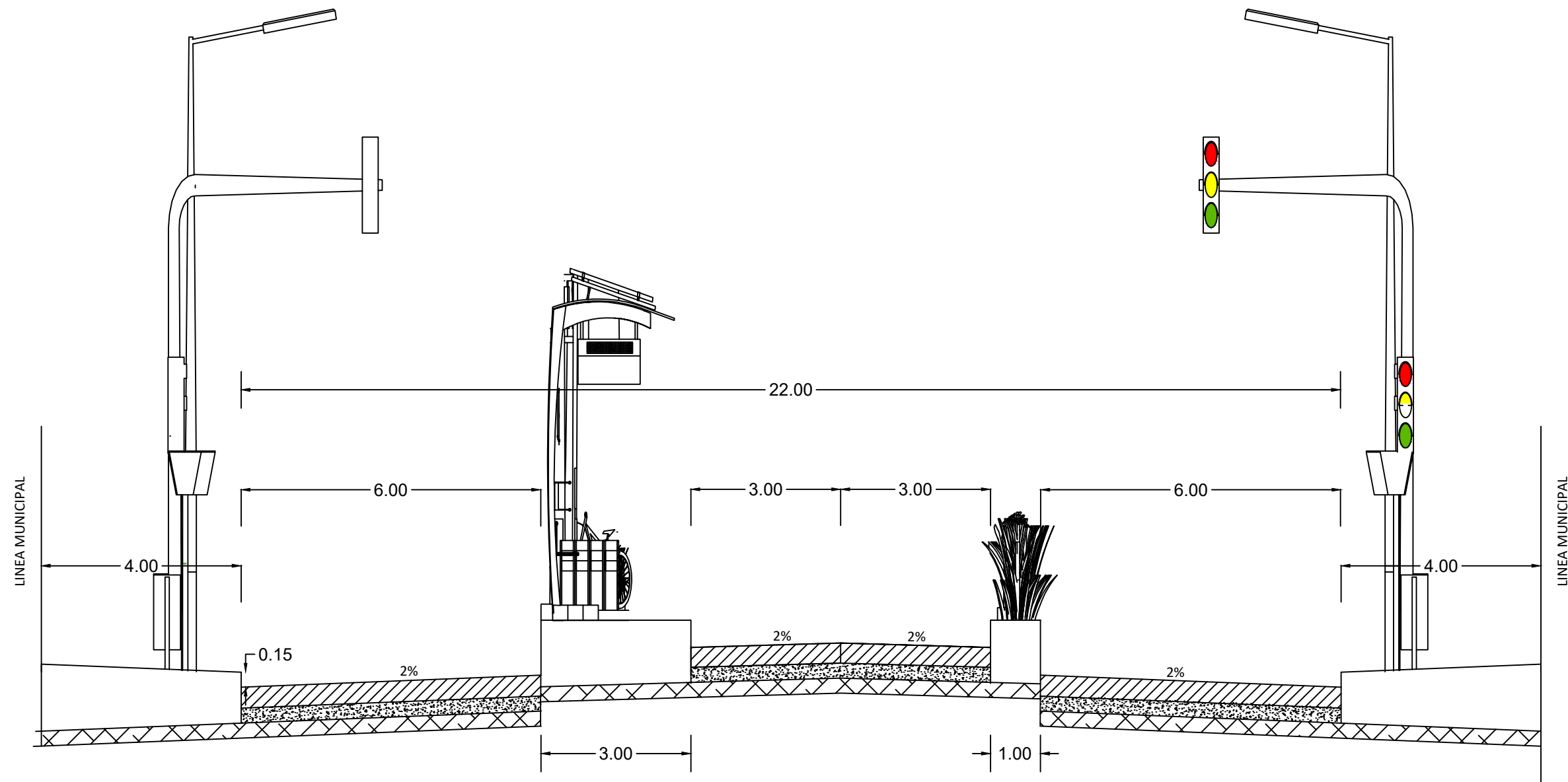
	Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste	
	Trabajo Final	
	UBICACIÓN ESTACION DE TRANSFERENCIA	
	Autores: ABDULA, Gadiel CARDOZO, Ariel TRIPALDI, Federico	PLANO N°0
		ESCALAS: VARIAS
		FECHA: Junio 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 45 METROS DE ANCHO CON PARADAS	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 4
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

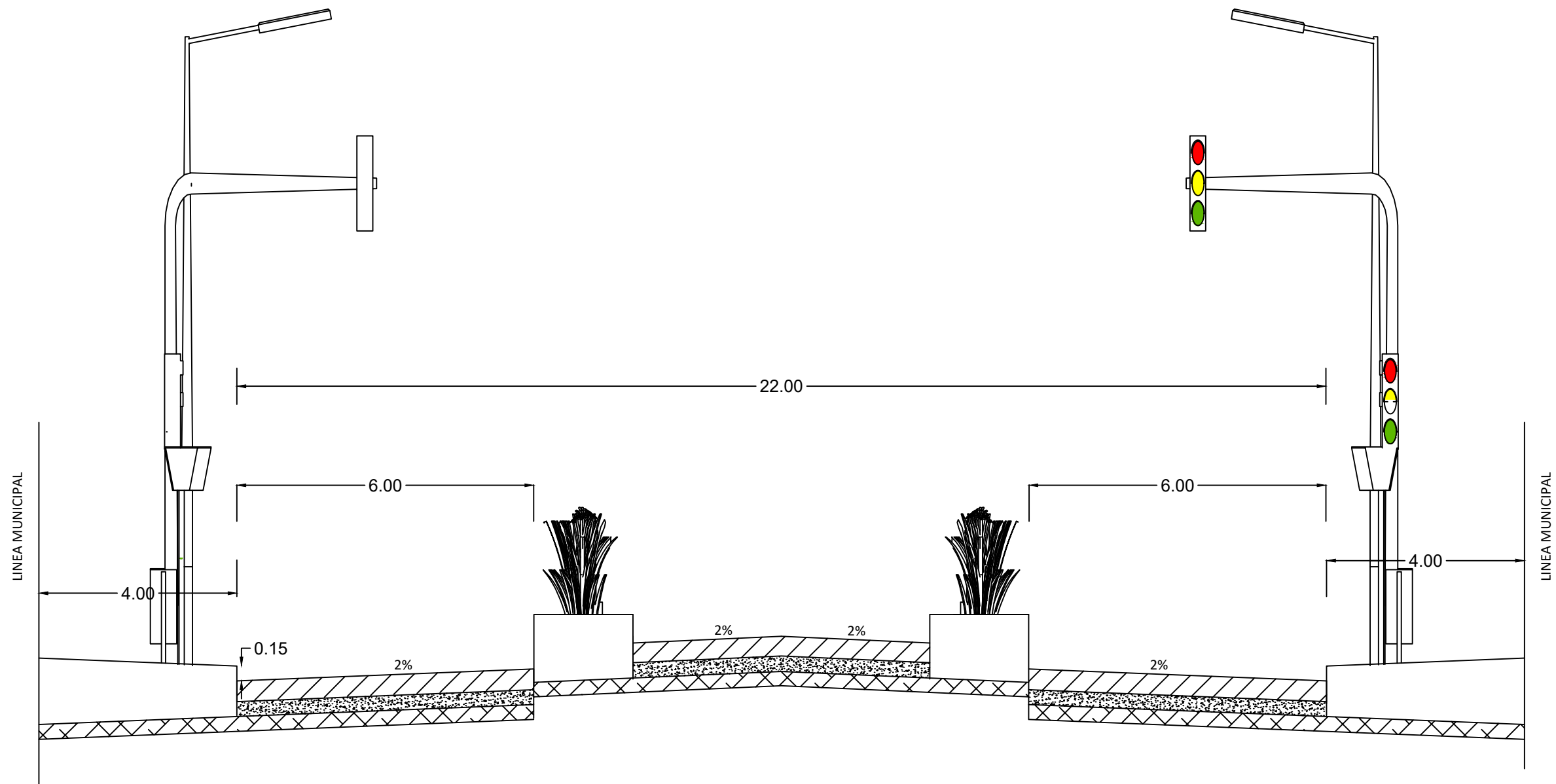


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 45 METROS DE ANCHO SIN PARADAS	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 5
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 30 METROS DE ANCHO CON PARADAS	
AUTORES:	PLANO Nº : 7
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

- Abdula, Gadiel
- Cardozo, Ariel
- Tripaldi, Federico

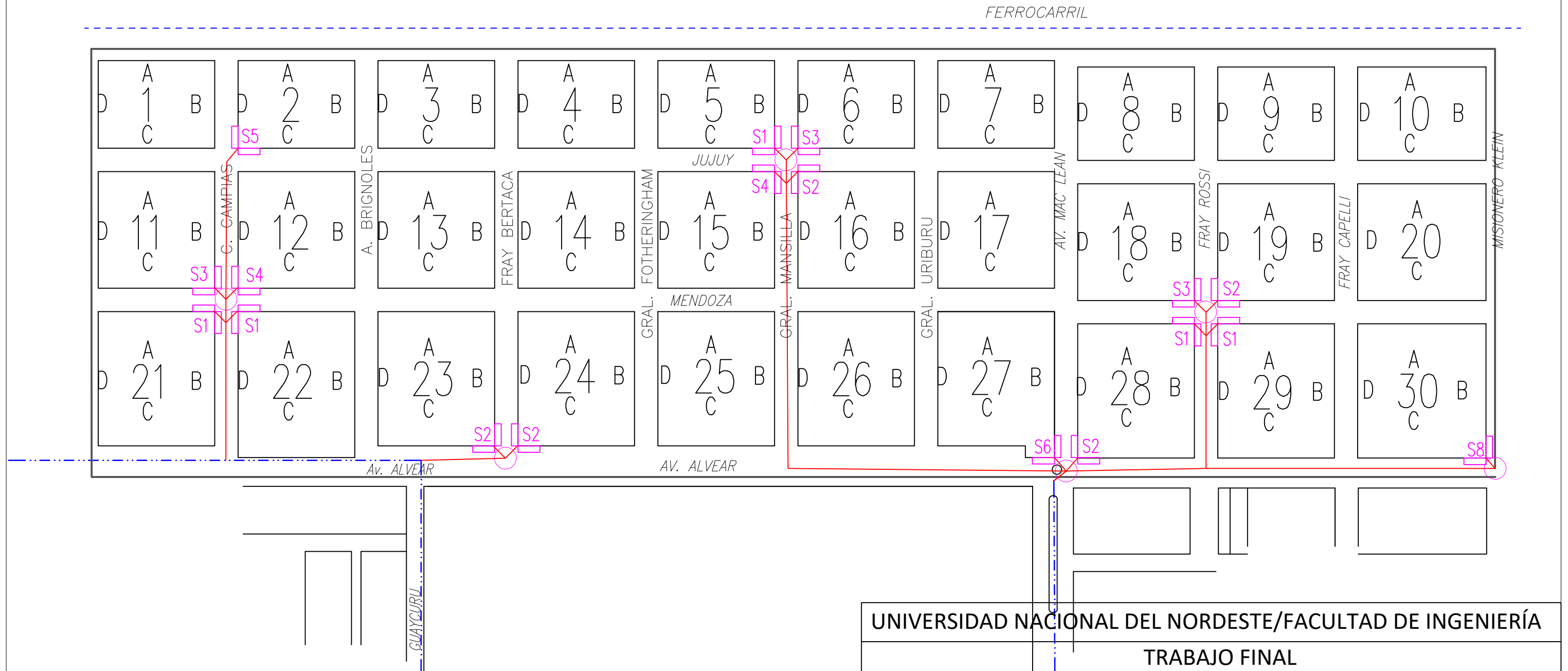


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
PERFIL TRANSVERSAL DE 30 METROS DE ANCHO SIN PARADAS	
AUTORES:	PLANO Nº : 8
	ESCALAS : Horizontal : 1:100 Vertical: 1:50
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

- Abdula, Gadiel
- Cardozo, Ariel
- Tripaldi, Federico

- IMBORNALES
- CONDUCTOS SECUNDARIOS
- CONDUCTOS EXISTENTES

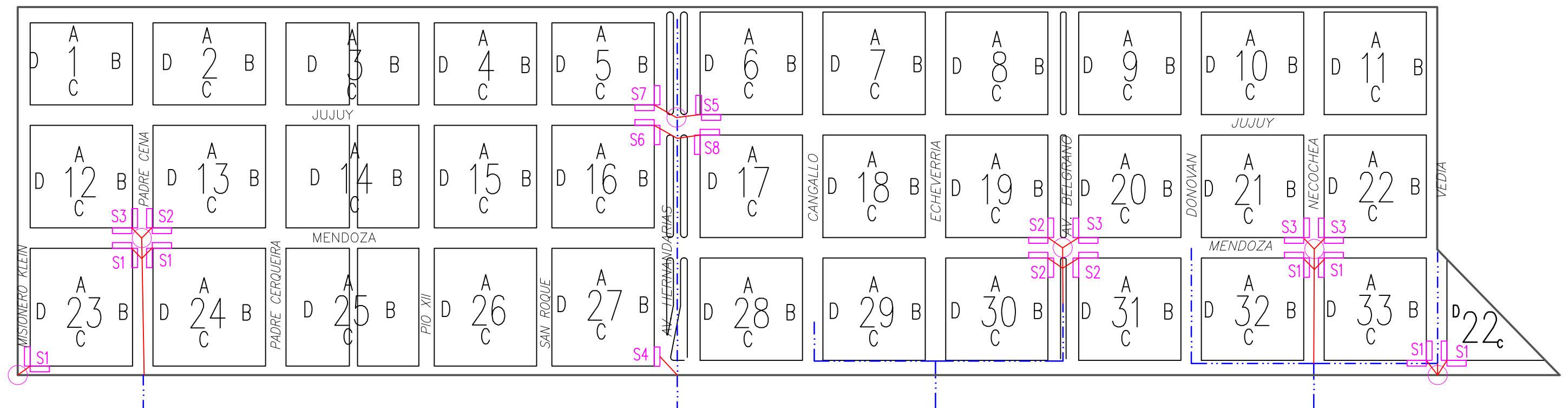
- S1–Sumidero L=1m
- S2–Sumidero L=1,50m
- S3–Sumidero L=2m
- S4–Sumidero L=2,50m
- S5–Sumidero L=3m
- S6–Sumidero L=3,50m
- S7–Sumidero L=4m
- S8–Sumidero L=4,50m



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 1	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 10
	ESCALA : 1:100
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

- IMBORNALES
- CONDUCTOS SECUNDARIOS
- CONDUCTOS EXISTENTES

- S1–Sumidero L=1m
- S2–Sumidero L=1,50m
- S3–Sumidero L=2m
- S4–Sumidero L=2,50m
- S5–Sumidero L=3m
- S6–Sumidero L=3,50m
- S7–Sumidero L=4m
- S8–Sumidero L=4,50m



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL	
SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 2	
AUTORES: -Abdula, Gadiel -Cardozo, Ariel -Tripaldi, Federico	PLANO Nº : 11
	ESCALA : 1:100
	FECHA : SEPTIEMBRE 2023

-  IMBORNALES
-  CONDUCTOS PROYECTADOS
-  CONDUCTOS EXISTENTES

S1–Sumidero L=1m

S2–Sumidero L=1,50m

S3–Sumidero L=2m

S4–Sumidero L=2,50m

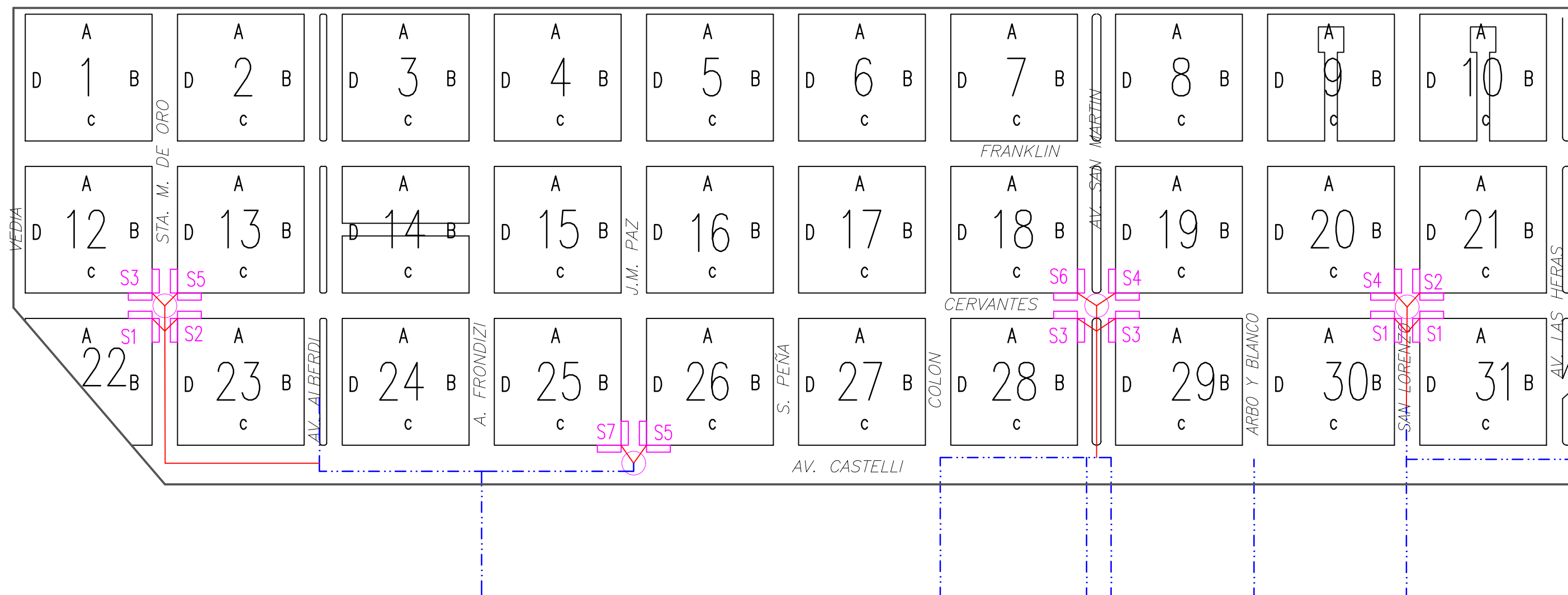
S5–Sumidero L=3m

S6–Sumidero L=3,50m

S7–Sumidero L=4m

S8–Sumidero L=4,50m

FERROCARRIL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

SISTEMA DE DRENAJE PROYECTADO - SUBCUENCA 3

AUTORES:

-Abdula, Gadiel

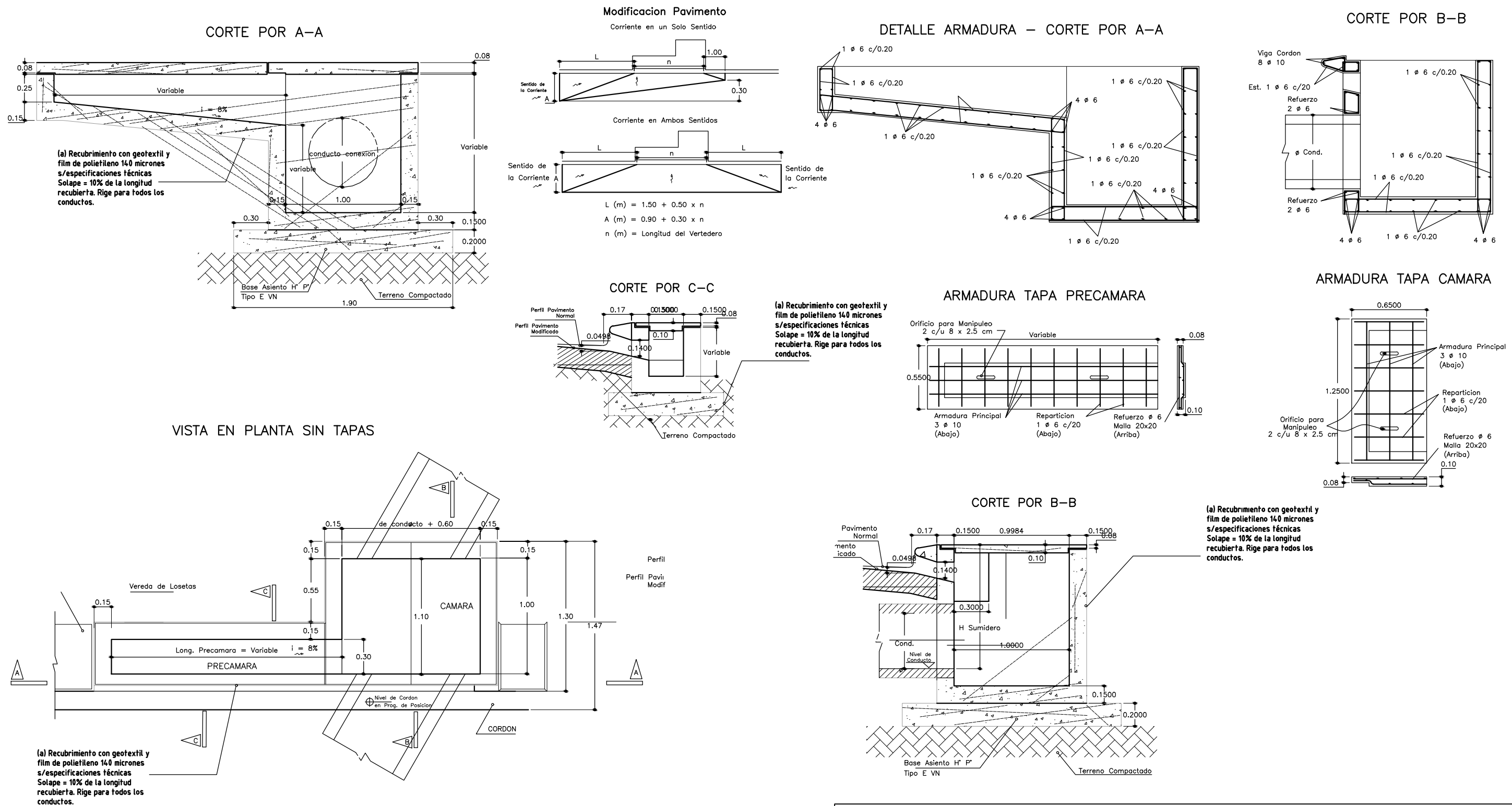
-Cardozo, Ariel

-Tripaldi, Federico

PLANO Nº : 12

ESCALA : 1:100

FECHA : SEPTIEMBRE 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE/FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL

SUMIDEROS TIPOS PARA CALLES DE HORMIGON

AUTORES:

-Abdula, Gadiel

-Cardozo, Ariel

-Tripaldi, Federico

PLANO Nº : 13

ESCALA : 1:100

FECHA : SEPTIEMBRE 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla de contenido

ANEXO CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ALTERNATIVA DE TRAZAS.....	3
A.2.1 Parámetros	4
A.2.1.1. Ancho de camino.....	4
A.2.1.2. Estado de la calzada	8
A.2.1.3. Reducción de veredas	10
A.2.1.4. Conexión con diferentes servicios	12
A.2.1.5. Líneas de colectivos	13
A.2.1.6. Transito	14
A.2.2 Método de análisis Jerárquico.....	15
ANEXO CAPÍTULO 5: DISEÑO ESTRUCTURAL.....	20
A.5.1. Cálculo del espesor del pavimento.....	21
A.5.1.1. Carril central exclusivo	21
A.5.1.2. Carril de tránsito mixto	22
A.5.2. Cálculo del tránsito medio diario anual	24
A.5.3. Composición del tránsito medio diario anual	28
ANEXO CAPÍTULO 6: SEGURIDAD VIAL.....	30
A.6.1. Introducción	31
A.6.2. Señales de prohibición	31
A.6.3. Señales de restricción	33
A.6.4. Señales de prioridad	34

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.5. Señales de advertencia de máximo peligro	35
A.6.6. Señales de advertencias físicas de la vía.....	35
A.6.7. Señales de posibilidad de riesgos eventuales	36
A.6.8. Nomenclatura vial y urbana.....	36
A.6.9. Señales de información turística y servicios	37
ANEXO CAPÍTULO 7: ADECUACIÓN HIDRÁULICA.....	39
A.7.1. Intensidad de lluvia de diseño	40
A.7.2. Bocas de tormenta	43

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

ANEXO CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE TRAZAS

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran
Resistencia, Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.2.1.PARÁMETROS

A continuación se desarrollarán los parámetros que se utilizaron para el análisis jerárquico, describiendo en que se enfoca cada uno y las características que se tuvieron en cuenta.

A.2.1.1 Ancho de caminos

Para el ancho de los caminos se tuvieron en cuenta tres métodos de medición. El primer método, es el más expeditivo, tomando la mensura desde Google Earth mediante el uso de la herramienta “Regla” (ver figura A-2.1).

Como segunda forma de medir, se realizó un trabajo de campo para constatar los datos obtenidos por los métodos anteriores utilizando un odómetro de mano (ver figura A-2.2) y finalmente se utilizaron planos de la ciudad de Resistencia en formato CAD (.dwg) (ver figura A-2.3).

Para obtener una sección ideal, se deberá contar como mínimo con un ancho de treinta metros de línea municipal a línea municipal, valor que surge de tener en cuenta por cada lado: cuatro metros de vereda, dos carriles para tráfico mixto de tres metros cada uno, un carril exclusivo de autobús de tres metros, y al menos dos metros de separación física. Esto mismo se replica del lado de la mano contraria, teniendo así un total de treinta metros de ancho.

Sin embargo, se podría establecer un ancho mínimo de veintiocho metros entre líneas municipales, reduciendo la separación física a un metro de cada lado, para los sectores más comprometidos.

Las mediciones obtenidas se plasmaron en la tabla A-2.1, que se puede ver a continuación.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-2.1. Anchos de las distintas avenidas de ambos ramales (fuente: Elaboración propia).

RAMAL	AVENIDA	ALTURA	ANCHO		
			Google Eart	Planos	Odómetro
SARMIENTO	25 de mayo	2800	28,38	32,17	29,2
		3500	26,81	29,67	27,9
		4600	28,57	sin datos	28,2
	Augusto Rey	50	25,43	sin datos	25,8
		700	28,28	sin datos	28,3
	Alvear	4500	31,63	sin datos	28,8
		3700	29,8	sin datos	27,75
		3100	30,9	30,42	30,3
BARRANQUERAS	Alvear	2400	26,08	30,32	30,85
		1900	27,32	27,31	30,85
		1200	26,82	29,7	30,5
		500	42,4	44,25	45,5
	Castelli	100	42,08	45,51	45,5
		850	40,18	30,21	30,3
	Ramirez	900	28,44	27,34	27,1
	Edison	1000	29,2	29,31	28,8
		200	sin datos	24,38	24,1
	Marconi	50	29,37	29,83	29,7
		550	42,6	45,07	42,8
		800	21,14	23,92	21,4
		1600	sin datos	31,27	30,55

Como se observa en el ramal Sarmiento, la avenida Augusto Rey no cumple con el ancho ideal, y menos con el ancho mínimo necesario para la realización del proyecto. Por lo tanto, dicha avenida se descarta, quedando así la opción 1 obsoleta.

La opción 2 también resultaría fuera de análisis ya que incluye el trayecto de la misma avenida que no cumple las condiciones requeridas.

Finalmente, la opción 3 se considera apta para la implementación del proyecto, ya que la avenida Alvear en toda su extensión satisface las dimensiones pretendidas y se utiliza la avenida Augusto Rey en el tramo que sí cumple con el ancho mínimo.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Por otro lado, para el ramal Barranqueras se deberán descartar las opciones 1 y 3, ya que las avenidas Edison y Marconi no satisfacen las condiciones requeridas en este apartado, principalmente por los quiebres en sus trazas y la ubicación del Cementerio San Francisco Solano.

La opción 2 será la ideal, según este parámetro, ya que las avenidas Castelli y Alvear tienen anchos suficientes para la implementación del proyecto en estudio.

Las opciones que no satisfacen las dimensiones mínimas, podrían no descartarse si se busca otra solución de diseño geométrico que conlleve a necesitar menor ancho de camino, por ejemplo, la solución podría ser eliminar un carril de tráfico mixto en cada sentido. En este caso, se deberán realizar análisis de tránsito específicos en las arterias en cuestión, así como en otras calles aledañas que funcionarán como colectoras del tráfico derivado al eliminar un carril.

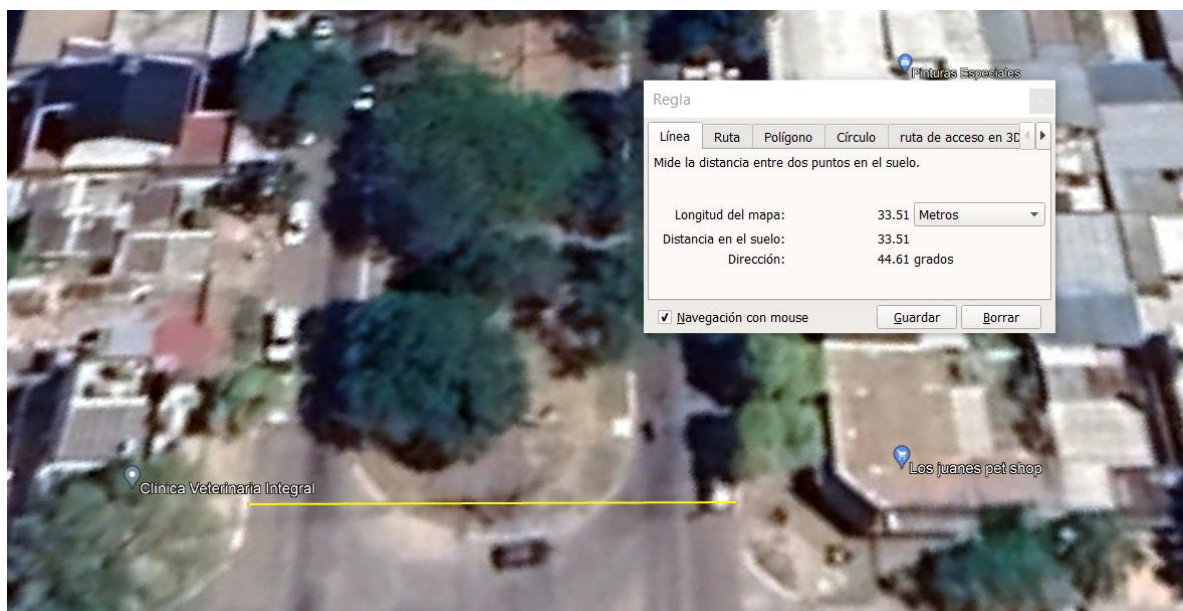


Figura A-2.1. Utilización de la herramienta regla de Google Earth (fuente: Google Earth).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura A-2.2. Utilización de odómetro de mano (fuente: Elaboración propia).



Figura A-2.3. Ejido Municipal del AMGR (formato .dwg) intersección Av. Sarmiento con Av. Lavalle (fuente: Elaboración propia sobre ejido Municipal).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.2.1.2 Estado de la calzada

En cuanto a este parámetro, se realizó el relevamiento visual de las distintas fallas superficiales del pavimento (ver figura A-2.4). La mayoría de estas se repetía a lo largo del trayecto relevado, dentro de las cuales las más comunes eran fisuraciones, baches, y deformaciones. (Ver Tabla A-2.2).

Tabla A-2.2. Estado de la calzada de las distintas avenidas de ambos ramales (fuente: Elaboración propia).

RAMAL	AVENIDA	ESTADO DE CALZADA	TIPO DE PAVIMENTO
SARMIENTO	25 de mayo	Bueno	Rígido
		Bueno	Rígido
		Bueno	Rígido
	Augusto Rey	Bueno	Rígido
		Bueno	Rígido
	Alvear	Bueno	Rígido
		Bueno	Flexible
		Bueno	Rígido
BARRANQUERAS	Alvear	Regular	Rígido y Flexible
		Malo	
		Malo	
		Malo	
	Castelli	Malo	Rígido
		Malo	Rígido y Flexible
	Ramirez	Bueno	Rígido
	Edison	Bueno	Rígido
		Regular	Rígido
	Marconi	Bueno	Rígido
		Bueno	Rígido
		Bueno	Rígido
		Regular	Rígido

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Analizando el ramal Sarmiento, se observa que las tres avenidas en cuestión (25 de mayo, Augusto Rey, Alvear) se encuentran en buen estado. Las mismas están constituidas de pavimento rígido en su mayoría; por esto cualquiera de las tres opciones podría ser una buena alternativa.

En el caso del ramal Barranqueras, la opción 3 tendría las mejores condiciones de calzada, ya que las avenidas Edison y Marconi están en gran parte en buen estado.

Las otras opciones, que utilizan las avenidas Alvear y Castelli, podrían ser descartadas o bien, se podría plantear un nuevo paquete estructural que soporte las cargas proyectadas.



Figura A-2.4. Agrietamientos longitudinales de gran magnitud, con desprendimiento superficial sobre la Av. Alvear (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR



Figura A-2.5. Agrietamientos y desprendimientos profundos, movimiento relativo de losas y formación de baches aislados sobre la Av. Alvear (fuente: Elaboración propia).

A.2.1.3 Reducción de veredas

Aquellas avenidas que no cumplan con un ancho mínimo de 20 metros medidos de cordón a cordón, deberán sufrir una ampliación de calzada a través de la reducción de la vereda.

Esto surge de plantear la sección transversal, mencionada con anterioridad, con dos carriles de tráfico mixto por sentido, un carril exclusivo para autobús por sentido, y separaciones físicas de cada lado.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A los anchos totales medidos con el odómetro de mano, se le restarán los anchos de vereda medidos de la misma manera, para obtener la dimensión real de la calzada de cordón a cordón. (Ver tabla A-2.3).

Tabla A-2.3. Ancho de cordón a cordón de las distintas avenidas de ambos ramales (fuente: Elaboración propia).

RAMAL	AVENIDA	ALTURA	ANCHO	de CORDÓN a CORDÓN
			Odómetro	
SARMIENTO	25 de mayo	2800	29,2	20,1
		3500	27,9	19,1
		4600	28,2	19,1
	Augusto Rey	50	25,8	19,9
		700	28,3	19,6
	Alvear	4500	28,8	sin datos
		3700	27,75	sin datos
		3100	30,3	19,1
BARRANQUERAS	Alvear	2400	30,85	22,5
		1900	30,85	sin datos
		1200	30,5	21,85
		500	45,5	33,4
	Castelli	100	45,5	32,1
		850	30,3	14,8
	Ramirez	900	27,1	17,2
	Edison	1000	28,8	20,2
		200	24,1	17,9
	Marconi	50	29,7	20,5
		550	42,8	21,7
		800	21,4	17,4
		1600	30,55	22,95

Como se puede ver, en todas las opciones planteadas, tanto del ramal Sarmiento como del ramal Barranqueras, se deberá recurrir a la ampliación de calzada por medio de la reducción de vereda. Por tanto, según este parámetro, para la implementación de cualquier alternativa se deberá realizar un estudio más exhaustivo de la superficie de vereda a remover.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.2.1.4. Conexión con diferentes servicios

En este apartado, se tiene en cuenta la cercanía de cada itinerario a los distintos servicios públicos. Los servicios que cuentan con vehículos de emergencia, como los hospitales o sanatorios con las ambulancias y las comisarías con los patrulleros, son importantes ya que estos vehículos podrán hacer uso del carril exclusivo de autobuses para evitar las congestiones en el tráfico mixto.

Por otro lado, se contabilizaron las instituciones educativas, ya que estos servicios demandan gran parte del transporte público.

A continuación, se muestra la cantidad total de servicios (educativos y de emergencia) con una distancia diametral menor a 300 metros, del proyecto de TRA en cada alternativa.

Tabla A-2.4. Cantidad de servicios con una distancia diametral menor a 300 metros de cada alternativa (fuente: Elaboración propia).

Ramal	Opción	Cantidad de servicios
Sarm.	1	15
	2	8
	3	7
Bqras.	1	36
	2	11
	3	25

Dentro del ramal Sarmiento, la opción 1 es la que cuenta con mayor cantidad de servicios a menos de 300 metros. Las opciones 2 y 3 son bastante similares entre ellas.

En cuanto al ramal Barranqueras, se observa que la opción 1 también es la más conveniente según este parámetro, ya que abarca una mayor cantidad de servicios.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.2.1.5. Líneas de colectivos

Para la evaluación de este parámetro, se tendrá en cuenta la cantidad de líneas del sistema actual de transporte público que circulan por las avenidas en cuestión y las longitudes de esos tramos, además de las líneas que cruzan por estas arterias. Para ello se utiliza como fuente de información el mapa interactivo creado por la Subsecretaría de Transporte de la Provincia del Chaco, en el que se detallan todos los recorridos del Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana (SITAM).

Con la pesquisa realizada se puede presentar la siguiente tabla, en la que se cuentan los totales de longitudes medidas de los recorridos actuales en las alternativas planteadas.

Tabla A-2.5. Distancia recorrida en metros por la totalidad de líneas de colectivos que actualmente circulan por las distintas trazas (fuente: Elaboración propia).

Ramal	Opción	Distancia (metros)	Cruces
Sarm.	1	35280	18
	2	18000	12
	3	20160	6
Bqras.	1	31240	62
	2	25320	32
	3	5920	30

Se puede observar que la alternativa 1 de cada ramal prevalece sobre las demás debido a que abarca mayores longitudes, por lo cual muchas líneas de colectivos utilizan actualmente esos corredores.

En segunda instancia, para el ramal Sarmiento prevalece la tercera opción, utilizando la avenida Alvear en la localidad de Fontana, mientras que en el ramal Barranqueras se ve que las avenidas Castelli-Alvear son mucho más utilizadas por el SITAM que el trazado Edison-Marconi.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.2.1.6 Tránsito

Para la evaluación de la influencia del tránsito en relación al proyecto, se pondrá a las zonas más transitadas como aquellas que necesitan el paso del TRA, ya que este reemplazaría un gran número de vehículos en esas calles y por lo tanto beneficia al tránsito.

Para esta evaluación se utilizó la herramienta proporcionada por Google Maps, donde se puede ver el tránsito usual en función de los días y horas de la semana, indicada por colores, siendo rojo para un tránsito denso, naranja para moderado y verde para ligero.

Utilizando esta herramienta, la evaluación se centró en las calles que se optaron como alternativas para cada ramal; es decir para el ramal Sarmiento, las avenidas 25 de Mayo, Alvear y Augusto Rey, tanto en Resistencia como en Fontana. Mientras que para el ramal Barranqueras, el enfoque se da en las avenidas: Marconi/Edison, Alvear/Castelli y la colectora de la Ruta Nacional N°11, en dirección Noreste.

En base a esto, se clasifica al tránsito en cada alternativa de cada ramal de la siguiente manera:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-2.6. Estado del tránsito en las diferentes alternativas de trazas (fuente: Elaboración propia).

Ramal	Opción	Tránsito
Sarm.	1	Denso
	2	Moderado
	3	Moderado
Bqras.	1	Moderado
	2	Denso
	3	Ligero

Se puede concluir entonces, que las avenidas más afectadas por el tránsito en cada ramal son las que constituyen la alternativa uno para el ramal Sarmiento, es decir las avenidas 25 de mayo, Alvear y Augusto Rey y, para el ramal Barranqueras, las que constituyen la alternativa dos, la avenida Castelli y avenida Alvear lo cual indica que el TRA debería transitar por las avenidas mencionadas, beneficiando la descongestión del tránsito.

A.2.2. Método de Análisis Jerárquico

Habiendo descrito y calculado todos los parámetros de comparación para las diferentes alternativas y distintos ramales, se procedió a darles un valor de importancia a cada uno de ellos entre el 1 y el 5, para así poder desarrollar el Método de Análisis Jerárquico.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-2.7. Valores de importancia entre los parámetros (fuente: Elaboración propia).

	Ancho de camino	Estado de calzada	Transito	Expropiacion	Conexión con diferentes servicios	Líneas de colectivos
Ancho de camino	1,00	4,00	3,00	2,00	3,00	3,00
Estado de calzada	0,25	1,00	0,75	0,50	0,75	0,75
Transito	0,33	1,33	1,00	0,67	1,00	1,00
Expropiacion	0,50	2,00	1,50	1,00	1,50	1,50
Conexión con diferentes servicios	0,33	1,33	1,00	0,67	1,00	1,00
Líneas de colectivos	0,33	1,33	1,00	0,67	1,00	1,00
SUMA	2,75	11,00	8,25	5,50	8,25	8,25
$K=1 / \text{SUMA}$	0,36	0,09	0,12	0,18	0,12	0,12
K Normalizado	0,36	0,09	0,12	0,18	0,12	0,12

Como el método lo indica, se procede a realizar la comparación entre alternativas, pero considerando cada uno de los parámetros por separado. Esto se hizo tanto para el ramal Sarmiento como para el ramal Barranqueras.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tablas A-2.8. Comparación de alternativas del ramal Sarmiento teniendo en cuenta sólo un parámetro (fuente: Elaboración propia).

Según ancho de camino			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	1,00	0,20
Alternativa 2	1,00	1,00	0,20
Alternativa 3	5,00	5,00	1,00
SUMA	7,00	7,00	1,40
K=1 / SUMA	0,14	0,14	0,71
K Normalizado	0,14	0,14	0,71

Según estado de calzada			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	1,00	1,00
Alternativa 2	1,00	1,00	1,00
Alternativa 3	1,00	1,00	1,00
SUMA	3,00	3,00	3,00
K=1 / SUMA	0,33	0,33	0,33
K Normalizado	0,33	0,33	0,33

Según tránsito			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	3,00	3,00
Alternativa 2	0,33	1,00	1,00
Alternativa 3	0,33	1,00	1,00
SUMA	1,67	5,00	5,00
K=1 / SUMA	0,60	0,20	0,20
K Normalizado	0,60	0,20	0,20

Según expropiación			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	1,00	1,00
Alternativa 2	1,00	1,00	1,00
Alternativa 3	1,00	1,00	1,00
SUMA	3,00	3,00	3,00
K=1 / SUMA	0,33	0,33	0,33
K Normalizado	0,33	0,33	0,33

Según conexión con servicios			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	3,00	4,00
Alternativa 2	0,33	1,00	1,33
Alternativa 3	0,25	0,75	1,00
SUMA	1,58	4,75	6,33
K=1 / SUMA	0,63	0,21	0,16
K Normalizado	0,63	0,21	0,16

Según línea de colectivos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	4,00	3,00
Alternativa 2	0,25	1,00	0,75
Alternativa 3	0,33	1,33	1,00
SUMA	1,58	6,33	4,75
K=1 / SUMA	0,63	0,16	0,21
K Normalizado	0,63	0,16	0,21

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tablas A-2.9. Comparación de alternativas del ramal Barranqueras teniendo en cuenta sólo un parámetro (fuente: Elaboración propia).

Según ancho de camino			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	0,20	1,00
Alternativa 2	5,00	1,00	5,00
Alternativa 3	1,00	0,20	1,00
SUMA	7,00	1,40	7,00
K=1 / SUMA	0,14	0,71	0,14
K Normalizado	0,14	0,71	0,14

Según estado de calzada			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	3,00	0,50
Alternativa 2	0,33	1,00	0,17
Alternativa 3	2,00	6,00	1,00
SUMA	3,33	10,00	1,67
K=1 / SUMA	0,30	0,10	0,60
K Normalizado	0,30	0,10	0,60

Según tránsito			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	0,33	3,00
Alternativa 2	3,00	1,00	9,00
Alternativa 3	0,33	0,11	1,00
SUMA	4,33	1,44	13,00
K=1 / SUMA	0,23	0,69	0,08
K Normalizado	0,23	0,69	0,08

Según expropiación			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	0,50	2,00
Alternativa 2	2,00	1,00	4,00
Alternativa 3	0,50	0,25	1,00
SUMA	3,50	1,75	7,00
K=1 / SUMA	0,29	0,57	0,14
K Normalizado	0,29	0,57	0,14

Según conexión con servicios			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	4,00	2,00
Alternativa 2	0,25	1,00	0,50
Alternativa 3	0,50	2,00	1,00
SUMA	1,75	7,00	3,50
K=1 / SUMA	0,57	0,14	0,29
K Normalizado	0,57	0,14	0,29

Según línea de colectivos			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1	1,00	1,50	5,00
Alternativa 2	0,67	1,00	3,33
Alternativa 3	0,20	0,30	1,00
SUMA	1,87	2,80	9,33
K=1 / SUMA	0,54	0,36	0,11
K Normalizado	0,54	0,36	0,11

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Finalmente, con todos los valores obtenidos de las tablas anteriores se procedió a realizar el último cálculo que consta de una multiplicación de matrices la cual nos arroja en porcentaje cuál de todas las opciones posibles es la más conveniente según los parámetros estudiados. Dicha tabla con resultados finales puede encontrarse en el capítulo 2.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

ANEXO CAPÍTULO 5: DISEÑO ESTRUCTURAL

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran
Resistencia, Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.5.1. Cálculo del espesor del pavimento

En el presente anexo se desarrollará el cálculo del espesor del pavimento a partir del método de la Asociación del Cemento Portland o PCA por sus siglas en inglés, colocando el informe detallado que arroja este método mediante el uso de la planilla de Excel.

Este método se ha utilizado para el cálculo del espesor del pavimento tanto en el carril central exclusivo de TRA, cómo en el del tránsito mixto de vehículos livianos; se carga la planilla Excel del método con los valores correspondientes a cada carril, los cuales se han descrito en el correspondiente capítulo.

A.5.1.1. Carril central exclusivo

Para el carril exclusivo de TRA se obtuvo el siguiente espesor de pavimento de acuerdo a los datos que se observan en la tabla A-5.1 y al espectro de cargas de la tabla A-5.2.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-5.1. Datos de diseño (fuente: Elaboración propia).

Datos de Diseño					
Tránsito					
Tránsito pesado medio diario anual:			350 VP/día		
Tasa de crecimiento:			3%		
Coef. Distr. por sentido de circulación:			100%		
Coef. Distr. por carril:			100%		
Total vehículos pesados en carril de diseño:			4.657.671 VP		
Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO):			6.471.274	(Con espesor de 19,7 cm)	
Estructura					
k combinado subrasante-base:			123 MPa/m		
Resist. a flexión del hormigón:			4,7 MPa		
Factor de seguridad de cargas:			1,1		
Juntas transversales con pasadores:			SI		
Banquina de hormigón vinculada:			NO		
Verificación					
Modelo de fatiga:		PCA '84			
Espesor de diseño:		19,7 cm		Consumo por Fatiga:	21%
				Consumo por Erosión:	96%

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-5.2. Espectro de cargas (fuente: Elaboración propia).

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE					
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados					
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
16	0,0	30	0,0	45	0,0
15	0,0	28	0,0	42	0,0
14	0,0	26	0,0	39	0,0
13	0,0	24	0,0	36	0,0
12	0,0	22	0,0	33	0,0
11	385,0	20	0,0	30	0,0
10	0,0	18	0,0	27	0,0
9	0,0	16	0,0	24	0,0
8	0,0	14	0,0	21	0,0
7	0,0	12	0,0	18	0,0
6	350,0	10	0,0	15	0,0
5	0,0	8	0,0	12	0,0
4	0,0	6	0,0	9	0,0
3	0,0	4	0,0	6	0,0
Total simples:	735	Total dobles:	0,0	Total triples:	0

A.5.1.2. Carril de tránsito mixto

Se respetan todas aquellas características del método PCA identificadas y explicadas en el capítulo 5 para el cálculo del carril central con excepción del tránsito, ya que se va a evaluar un nuevo TMDA y se adoptaran otros vehículos de diseño.

En cuanto al TMDA, se ha realizado un estudio de tránsito que consiste en el conteo de vehículos en un punto específico de la vía en estudio, teniendo en cuenta además el comportamiento de los usuarios y los problemas que se dan en el mismo (accidentes, interrupciones, congestionamiento, etc).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Para esta evaluación se necesita también de los datos aportados por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), en la estación de cobertura permanente ubicada en el peaje entre las provincias de Chaco y Corrientes. Estos permiten aproximar el flujo vehicular en la avenida Alvear/Castelli ya que es una avenida principal que une distintas ciudades (Fontana, Barranqueras y Resistencia).

La forma en que se realizó es mediante la observación de horas pico y obteniendo los coeficientes de proporcionalidad que servirán para estimar los flujos de una vía que carece de datos de una estación permanente solamente con los valores obtenidos en una hora pico en un punto de la vía.

En el volumen de tránsito se deben tener en cuenta también los siguientes datos:

- Composición: Se refiere a los distintos vehículos que componen el tránsito, como ser automóviles, camiones, ómnibus, motocicletas, bicicletas y carros.
- Variación: El flujo vehicular no es constante, sino que varía dependiendo del horario, día y mes. Esta variación depende de la zona y localización de su estudio

A.5.2. Cálculo del tránsito medio diario anual

Para la determinación del TMDA, se han recopilado datos obtenidos mediante un relevamiento propio realizado sobre la avenida Alvear al 950 aproximadamente (ver figura A-5.1), obteniéndose datos de volumen de automóviles, motocicletas, camiones y ómnibus en dirección hacia Ruta Nacional N°11 y desde la misma en dirección hacia la UNNE.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

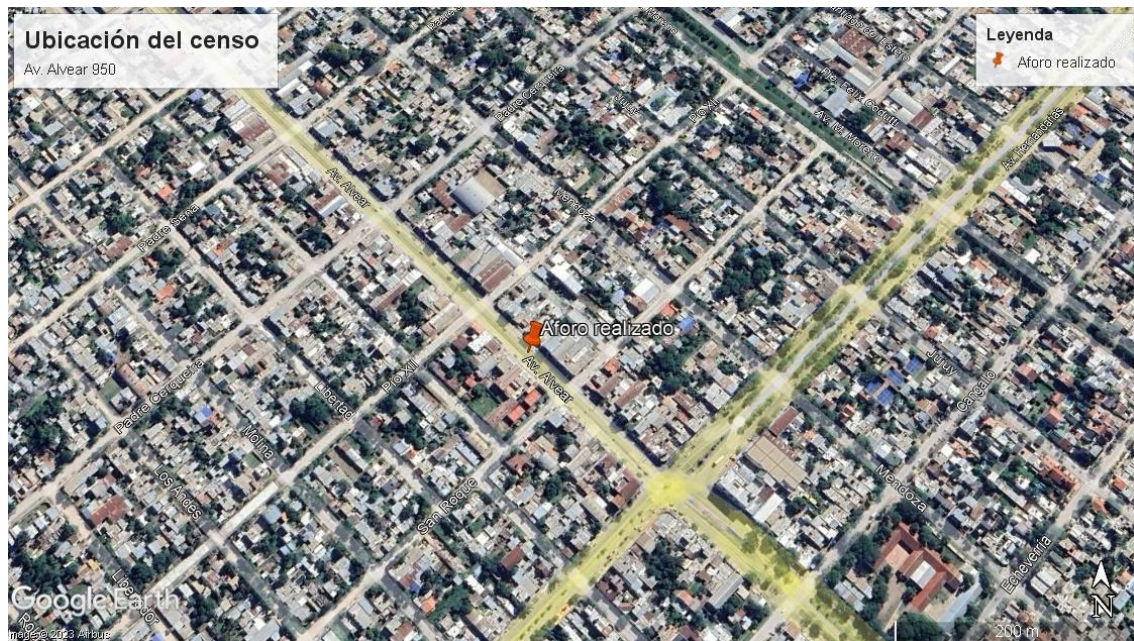


Figura A-5.1. Ubicación del censo (fuente: Elaboración propia).

Además de esto se utilizaron los datos pertenecientes al año 2018 de la estación permanente ubicada en el puente General Belgrano, que ya se ha mencionado anteriormente, detallando la hora pico donde circulaban la mayor cantidad de vehículos.

En el cálculo se realizó la adopción de que tres motos equivalen a un auto en función al espacio que ocupan ya que no existen normas de equivalencia y, además, no se utilizó el coeficiente de proporcionalidad mensual ya que no se contaba con información del mismo.

Cálculo sentido hacia UNNE:

- Hora: 18 A 19 h
- Día: jueves
- Mes: Junio
- Autos: 483 + 464 (motos)
- Camiones: 14

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Total: 652
- TMDA: $\frac{vehículos/h}{\alpha*\gamma} = \frac{652 v/h}{0,696*0,932} = 10.045 v/d$

Cálculo sentido hacia Ruta Nacional N°11:

- Hora: 18 A 19 h
- Día: jueves
- Mes: Junio
- Autos: 508 + 461 (motos)
- Camiones: 11
- Total: 673
- TMDA: $\frac{vehículos/h}{\alpha*\gamma} = \frac{673 v/h}{0,696*0,932} = 10.374 v/d$

A los resultados obtenidos de TMDA, se le deben asignar porcentajes que incrementen los mismos debido a los diferentes tipos de tránsito que se obtienen a partir de la creación de esta nueva vía (TRA). Los mismos son:

- Tránsito derivado: Se define como aquel que deja de utilizar otras alternativas de camino para circular por el camino de proyecto. Se estima a partir de censos de origen y destino en las vías cercanas a la de proyecto en obras nuevas, o en un porcentaje que va desde el 5% al 30% del TMDA existente para obras de rehabilitación como es el caso de este proyecto.

Se supone que el tránsito derivado es del 10% debido a que, al mejorar el transporte urbano, no se producirá tanto incremento del tránsito de automóviles y de motos, sino de colectivos. Esto atraerá al usuario por el menor tiempo de demora, la seguridad, el confort y la reducción del costo generalizado de viaje.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Tránsito inducido: Se produce por viajes motivados por la mejora, ya que si estas no existieran, esos viajes no se realizarían. Según el pliego de especificaciones técnicas de la DNV se considera que el mismo será 20% del TMDA existente.
- Tránsito generado: Se produce, en este caso, como la implementación de un nuevo sistema de transporte urbano. La mejora en la circulación incrementará el uso del tramo, lo cual favorecerá a los comerciantes de la zona, sus niveles de producción, valor de las tierras, etc. Se proyecta que el incremento en el tránsito sobre la avenida será de 5%.

Dicho esto, los TMDA quedan establecidos de la siguiente forma:

- Hacia UNNE:

Tránsito derivado=10% del TMDA existente= $0,10 \times 10.045 \text{ v/d} = 1.005 \text{ v/d}$

Tránsito inducido=20% del TMDA existente= $0,20 \times 10.045 \text{ v/d} = 2.009 \text{ v/d}$

Tránsito generado=20% del TMDA existente= $0,05 \times 10.045 \text{ v/d} = 503 \text{ v/d}$

TMDA Inicial = 13.562 v/d

- Hacia Ruta Nacional N°11:

Tránsito derivado=10% del TMDA existente= $0,10 \times 10.374 \text{ v/d} = 1.038 \text{ v/d}$

Tránsito inducido=20% del TMDA existente= $0,20 \times 10.374 \text{ v/d} = 2.075 \text{ v/d}$

Tránsito generado=20% del TMDA existente= $0,05 \times 10.374 \text{ v/d} = 519 \text{ v/d}$

TMDA Inicial = 14.006 v/d

Como último incremento de ambos TMDA, se debe tener en cuenta una tasa de crecimiento que es del 3% anual (al igual que se ha mencionado en el cálculo de ESALs para el carril central) para un periodo de dos años hasta la fecha de inauguración del proyecto (2023-2025). Los valores de TMDA finales son:

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

- Hacia UNNE: TMDA Inicial = 14.388 v/d
- Hacia Ruta Nacional N°11: TMDA Inicial = 14.859 v/d

A.5.3. Composición del tránsito medio diario anual

En cuanto a la distribución por carriles, debido a que se proyectan dos carriles por sentido, este coeficiente será igual a 90%.

En el procedimiento de diseño de la PCA, las cargas por eje previstas son mayoradas mediante un factor de seguridad de cargas (FSC), con el fin de resguardar el pavimento de imprevistas sobrecargas de tránsito. Al igual que para el carril central, se adopta un $FSC=1,1$.

Por otra parte, se analiza la composición del tránsito según la cantidad de ejes de los vehículos y las cargas que soportará. Para este caso, se considera que existen tres tipos de vehículos que fueron los identificados en el censo (ver figura A-5.2).

Una vez identificados los ejes, se procede a cargar el espectro donde se detalla la cantidad de ejes que transitarán por el pavimento durante un día, considerando que los ejes dobles de ruedas duales pueden soportar una carga de 18 tn, los ejes simples de ruedas duales una carga de 10,5 tn y los ejes simples de ruedas simples una carga de 6 tn, según detalla la DNV en el art. 27 del decreto N°32/18 (ver figura 5.10). En este trabajo, se utilizará el tipo de vehículo N°1, N°2 y N°9.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

N°	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES				PESO MÁXIMO (t)	Relación POT./PESO (CV/t) mín.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		
1		S1 - D1	13,20	2,60	4,30	16,50	4,25
2		S1 - D2	13,20	2,60	4,30	24,00	4,25
3		S1 - D3	13,20	2,60	4,30	31,50	4,25
4		S2 - D2	13,20	2,60	4,30	28,00	4,25
5		S2 - D3	13,20	2,60	4,30	35,50	4,25
6		S1 - S1 - D2	13,20	2,60	4,30	30,00	4,25
7		S1 - S1 - D3	13,20	2,60	4,30	37,50	4,25
8		S1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	27,00	4,25
9		S1 - D1 - D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25

REFERENCIAS

	NUEVA CONFIGURACIÓN	D1	EJE CON RODADOS DOBLES
S1	EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES	D2	DOS EJES CON RODADOS DOBLES
S2	DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES	D3	TRES EJES CON RODADOS DOBLES

Figura A-5.2. Tipos de vehículos según DNV (fuente: DNV).

El espectro estará compuesto de 1000 ejes simples de ruedas simples que soportan una carga de 6 toneladas, 667 ejes simples de ruedas dobles que soportan 10,5 tn y 667 ejes dobles de ruedas duales que soportan 18 tn.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

ANEXO CAPÍTULO 6: SEGURIDAD VIAL

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran
Resistencia, Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.1. Introducción

En el correspondiente anexo, se adjuntan las señales verticales que se van a implementar en el proyecto TRA y que, a su vez, fueron clasificadas en el capítulo “Seguridad vial”.

A.6.2. Señales de prohibición

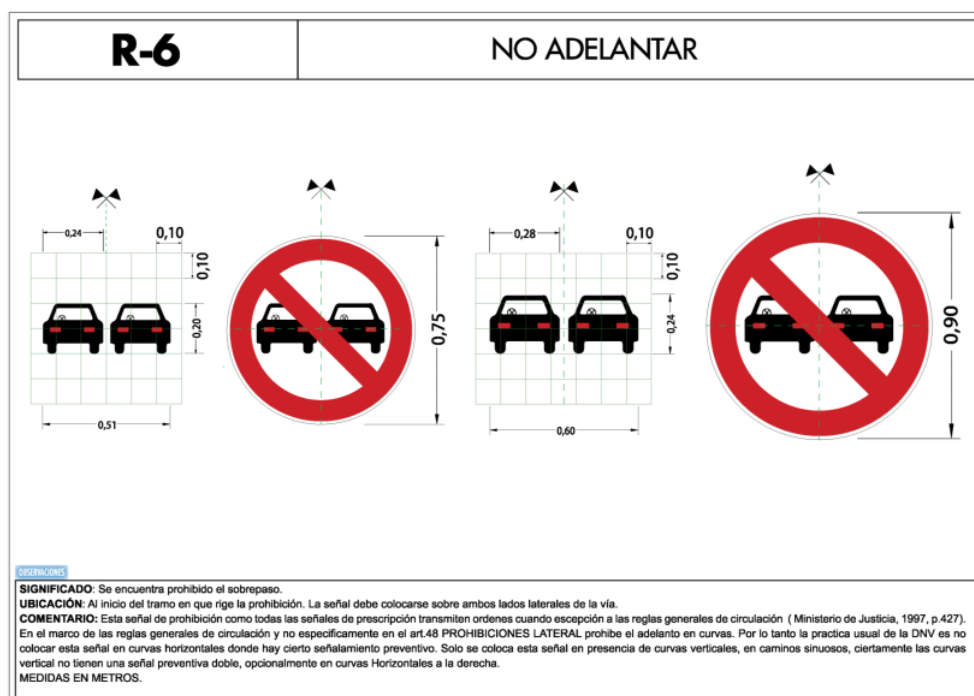


Figura A-6.1. Señal de no adelantar (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

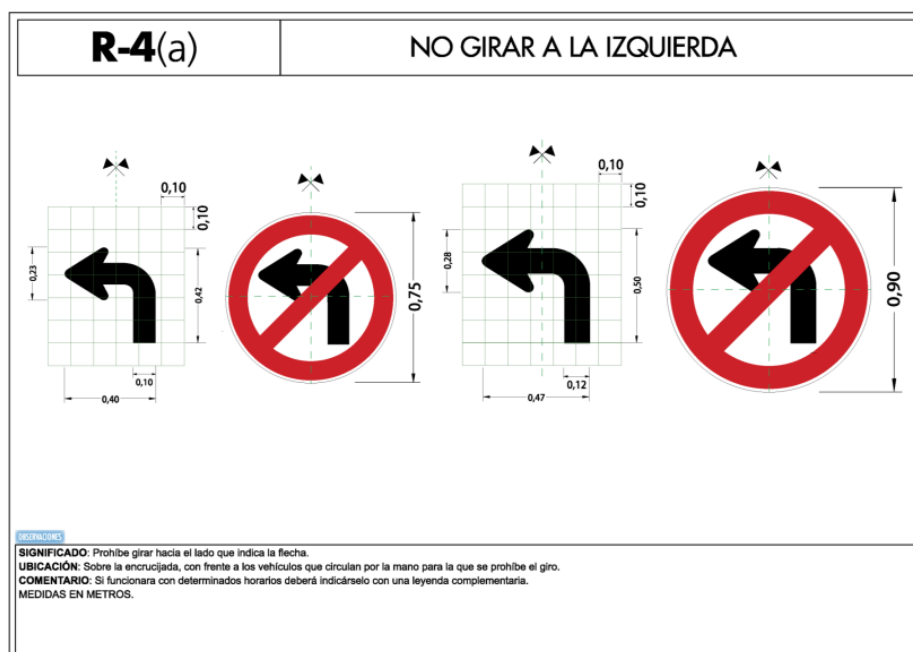


Figura A-6.2. Señal de no girar a la izquierda (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).



Figura A-6.3. Señal de no estacionar ni detenerse (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.3. Señales de restricción

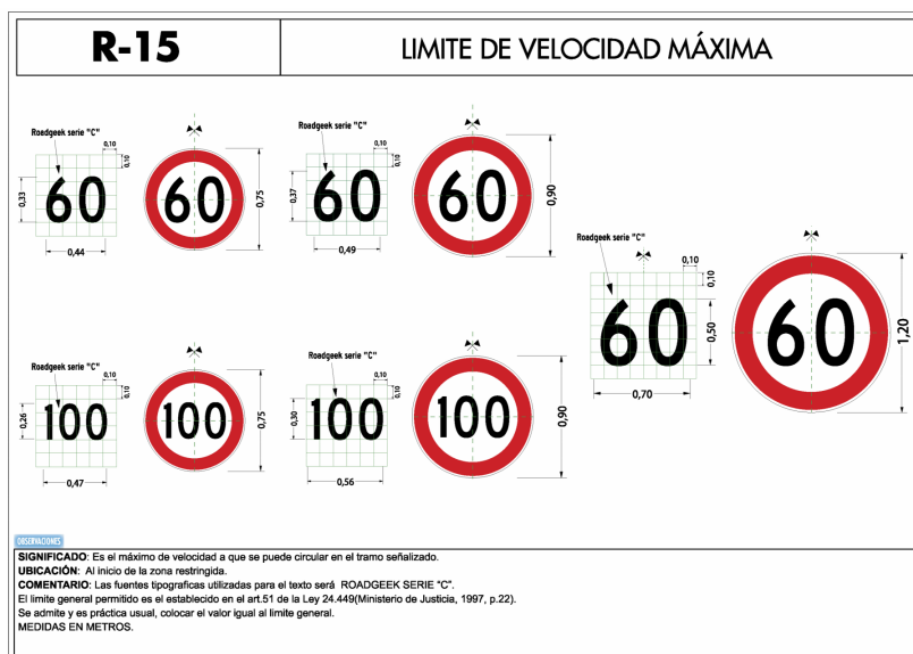


Figura A-6.4. Señal de límite de velocidad máxima (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

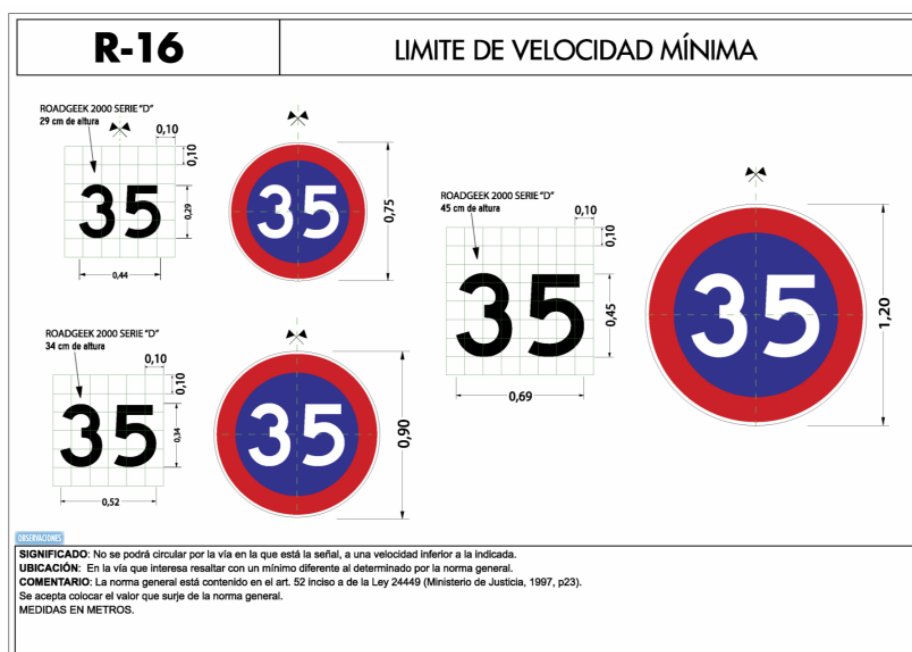


Figura A-6.5. Señal de límite de velocidad mínima (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

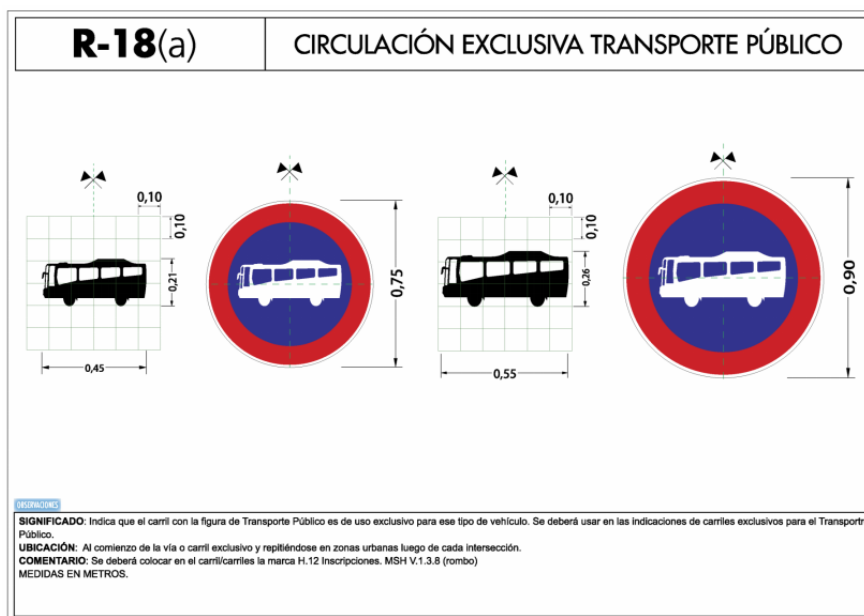


Figura A-6.6. Señal de circulación exclusiva de transporte público (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

A.6.4. Señales de prioridad

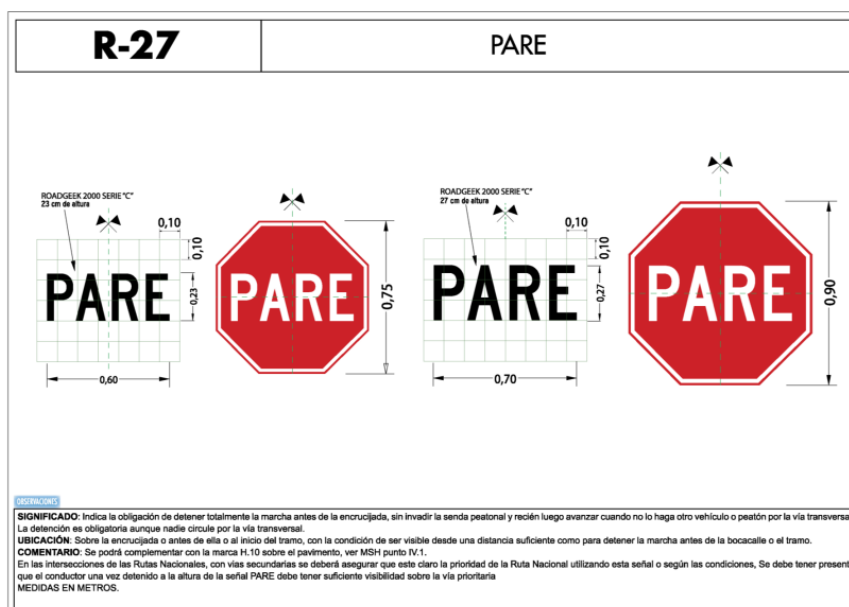


Figura A-6.7. Señal de pare (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.5. Señales de advertencia de máximo peligro

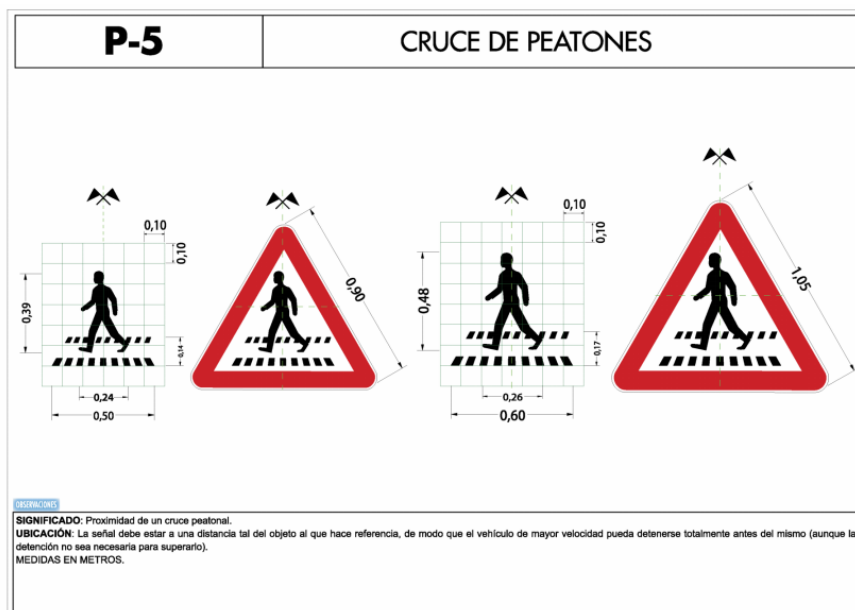


Figura A-6.8. Señal de cruce de peatones (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

A.6.6. Señales de advertencias físicas de la vía

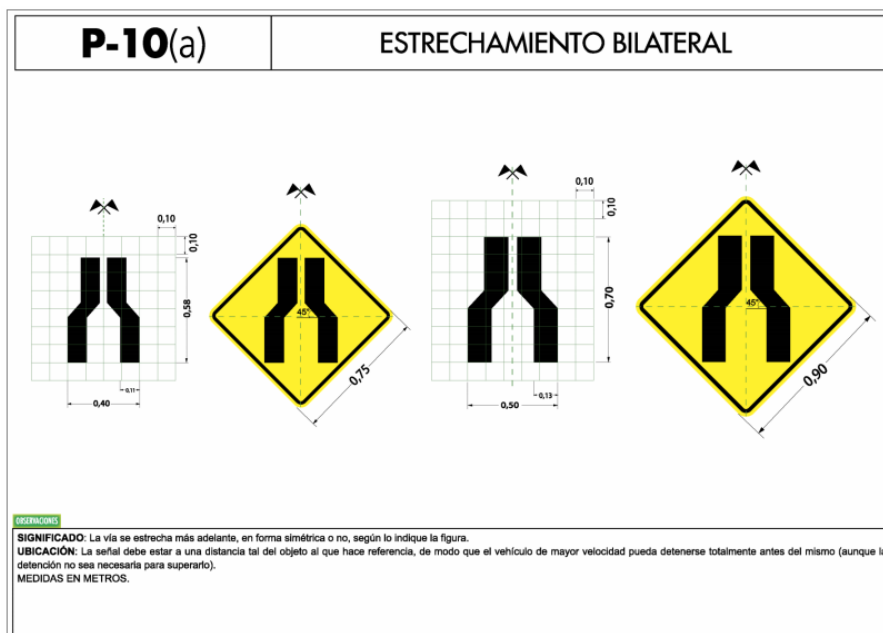


Figura A-6.9. Señal de estrechamiento bilateral (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.7. Señales de posibilidad de riesgos eventuales

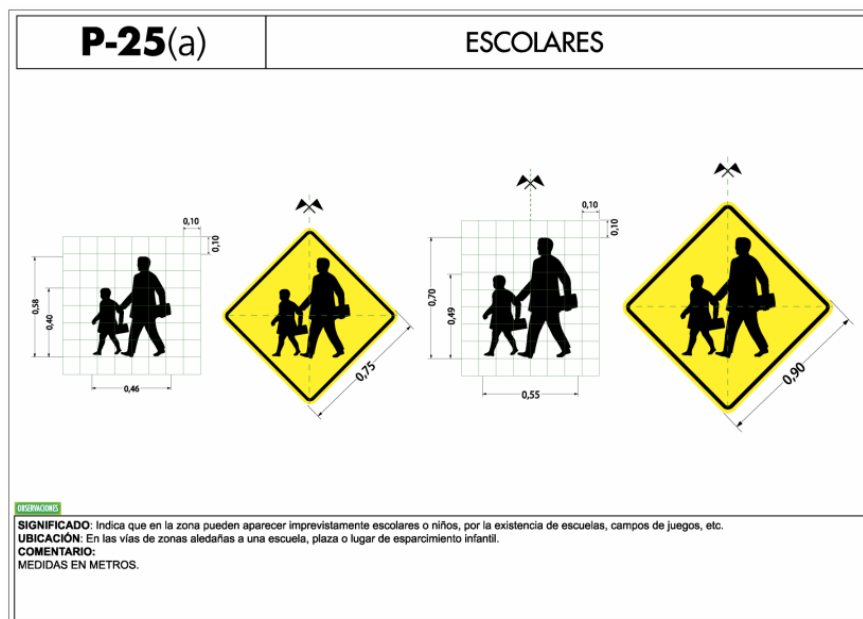


Figura A-6.10. Señal de escolares (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

A.6.8. Nomenclatura vial y urbana



Figura A-6.11. Señal de orientación, y de identificación de regiones y localidades (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.6.9. Señales de información turística y servicios

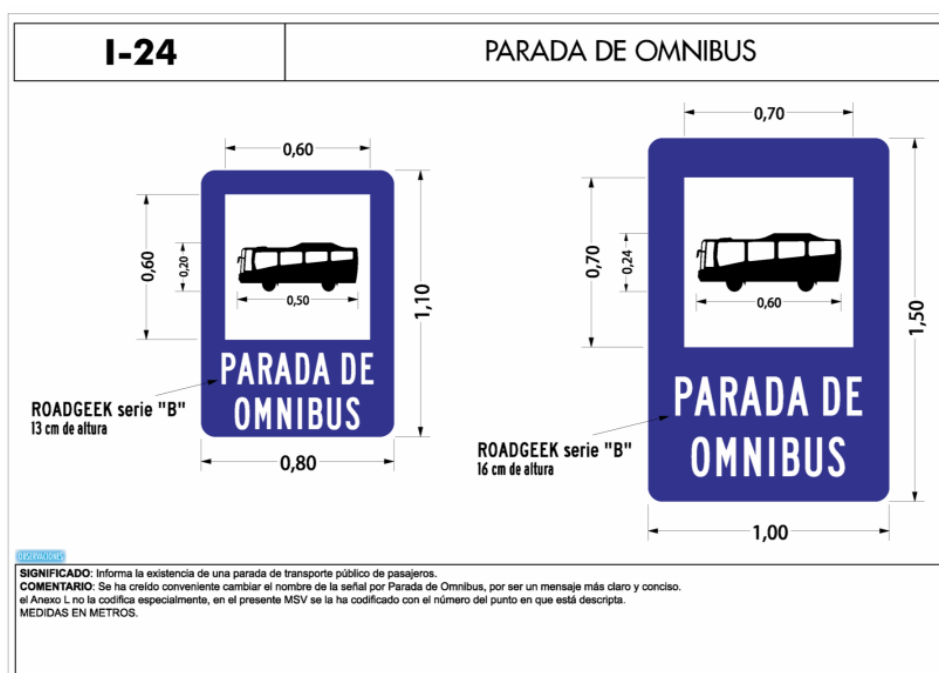


Figura A-6.12. Señal de parada de ómnibus (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

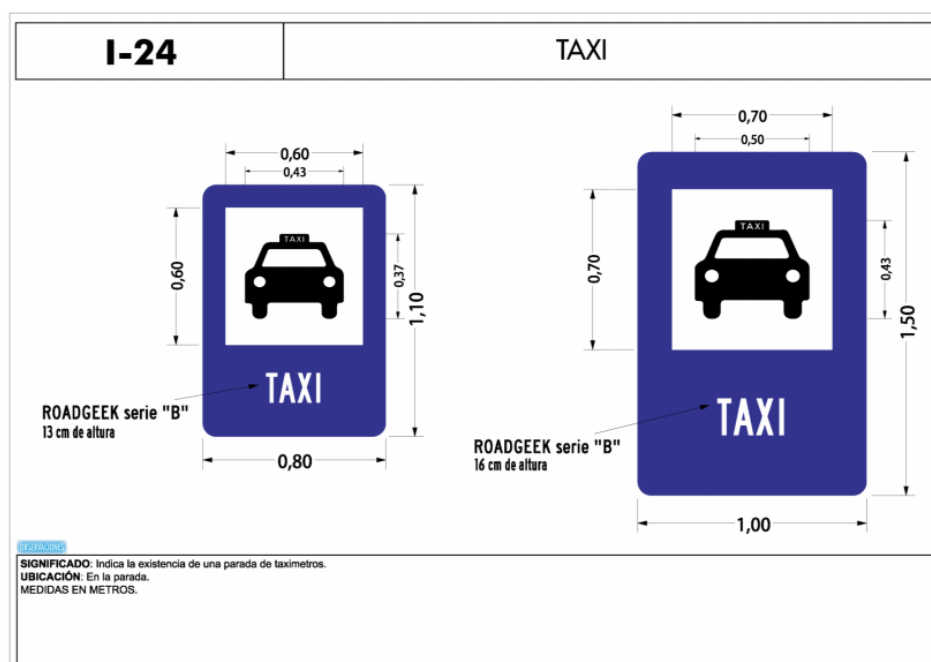


Figura A-6.13. Señal de parada de taxis (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

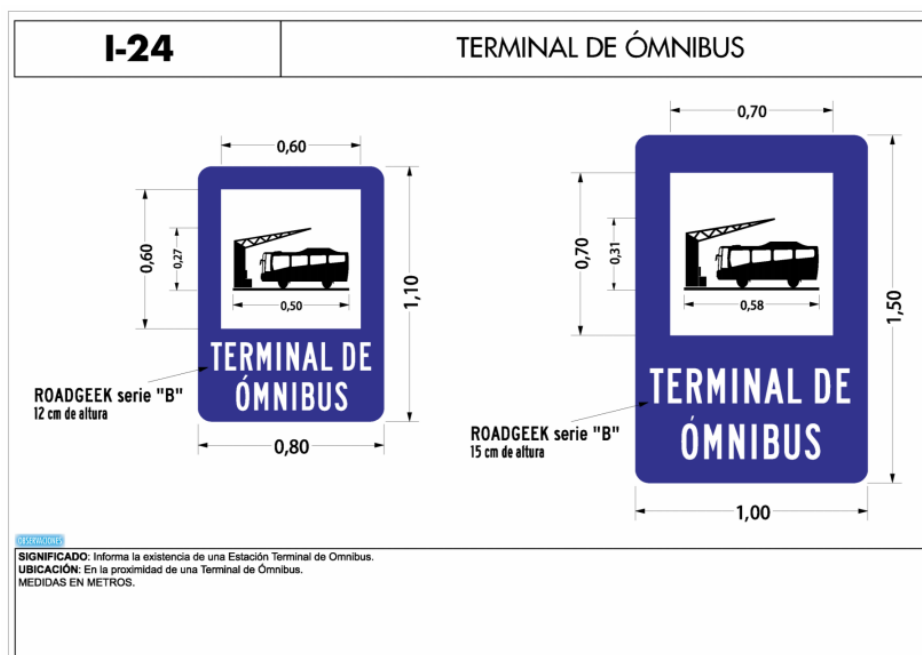


Figura A-6.14. Señal de terminal de ómnibus (fuente: Manual de Señalamiento Vertical DNV).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

ANEXO CAPÍTULO 7: ADECUACIÓN HIDRÁULICA

**Tránsito Rápido de Autobús (TRA) para el Área Metropolitana del Gran
Resistencia, Chaco**

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional del Nordeste

Año 2023

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

A.7.1. Intensidad de lluvia de diseño

Para la adopción de los parámetros A, B y C se debe adoptar un tiempo de retorno y siendo que la frecuencia resulta inversa a este tiempo ($f = 1/TR$) se escoge un $TR = 10$ años ya que este subsistema debe estar proyectado para operar sin inconvenientes ante tormentas con períodos de retorno entre 2 y 10 años, dependiendo del tipo de ocupación del sector.

Además de ser una recomendación, esta también se encuentra establecida en la resolución N°8775: “La determinación de la tormenta de diseño, se hará aplicando el método de los bloques alternos, para un evento con 10 años de tiempo de retorno”.

De esta manera, se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 7.2):

- $A = 1648,5$
- $B = 16$
- $C = 0,71600$

Tabla A-7.1. Valores de los parámetros adimensionales para intensidades de tormentas de diferentes recurrencias para el AMGR (fuente: Cátedra de Hidrología - 2021).

TR (años)	Parámetros		
	A	B	c
2	740,0	8,1	0,63299
5	1201,5	11,1	0,68400
10	1648,5	16,0	0,71600
25	2300,0	24,5	0,74500
50	2135,0	24,0	0,71100

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

El tiempo de duración (T_d) se considerará igual al tiempo de concentración (T_c) ya que a menor T_c mayor intensidad de precipitación, estableciéndose de esta manera condiciones críticas para el diseño.

El T_c puede ser definido como el mayor tiempo alcanzado para los diferentes recorridos posibles del agua en la cuenca, hasta llegar al punto de salida. Cuando se carece de los datos de campo que permitan calcularlo, se puede recurrir a fórmulas empíricas que arrojan buenos resultados para cuencas urbanas.

A continuación, se puede observar la tabla A-7.2 con las variables que intervienen en las diferentes fórmulas. A su vez, las tablas posteriores indican los tiempos de concentración obtenidos para cada una de las subcuencas (ver tablas A-7.3, A-7.4 y A-7.5).

Tabla A-7.2. Variables que intervienen en las fórmulas de t_c (fuente: Elaboración propia).

Subcuenca		1	2	3	
Area	A =	0,432	0,506	0,435	Km ²
Longitud	L =	0,720	0,720	0,720	Km
Pendiente	S =	0,00069	0,00083	0,00185	m/m
Desnivel	H =	0,50	0,60	1,33	m
Coef. Racional	C =	0,45	0,45	0,45	
Manning	n =	0,015	0,015	0,015	
Intensidad	I =	90,00	90,00	90,00	mm/h

Tabla A-7.3. Tiempos de concentración para la subcuenca 1 (fuente: Elaboración propia).

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Kirpich (1940) $T_c = 0.4x(3.989 \times L^{0.77} \times S^{0.385})$	20,4	minutos	0,34	0,014
			horas	días
California Culverts Practice (1942) $T_c = 57 \times L^{1.155} \times H^{0.385}$	50,9	minutos	0,85	0,035
			horas	días
Federal Aviation Agency (1970) $T_c = 22.73 \times (1.1 - C) \times L^{0.50} \times S^{0.33}$	138,2	minutos	2,30	0,096
			horas	días
Onda cinemática (1963) $T_c = 447 \times (nxL)^{0.60} \times S^{0.30} \times I^{0.40}$	43,3	minutos	0,72	0,030
			horas	días

Tabla A-7.4. Tiempos de concentración para la subcuenca 2 (fuente: Elaboración propia).

Kirpich (1940) $T_c = 0.4x(3.989 \times L^{0.77} \times S^{0.385})$	19,0	minutos	0,32	0,013
			horas	días
California Culverts Practice (1942) $T_c = 57 \times L^{1.155} \times H^{0.385}$	47,5	minutos	0,79	0,033
			horas	días
Federal Aviation Agency (1970) $T_c = 22.73 \times (1.1 - C) \times L^{0.50} \times S^{0.33}$	130,1	minutos	2,17	0,090
			horas	días
Onda cinemática (1963) $T_c = 447 \times (nxL)^{0.60} \times S^{0.30} \times I^{0.40}$	41,0	minutos	0,68	0,028
			horas	días

Tabla A-7.5. Tiempos de concentración para la subcuenca 3 (fuente: Elaboración propia).

Kirpich (1940) $T_c = 0.4x(3.989 \times L^{0.77} \times S^{0.385})$	14,0	minutos	0,23	0,010
			horas	días
California Culverts Practice (1942) $T_c = 57 \times L^{1.155} \times H^{0.385}$	34,9	minutos	0,58	0,024
			horas	días
Federal Aviation Agency (1970) $T_c = 22.73 \times (1.1 - C) \times L^{0.50} \times S^{0.33}$	100,1	minutos	1,67	0,069
			horas	días
Onda cinemática (1963) $T_c = 447 \times (nxL)^{0.60} \times S^{0.30} \times I^{0.40}$	30,3	minutos	0,51	0,021
			horas	días

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

De los cuatro métodos realizados, se descartan los valores de los métodos de Kirpich y de la Agencia Federal de Aviación por ser muy extremos en comparación con los otros dos. De las metodologías restantes se optó por tomar el valor del método de Práctica de Alcantarillas de California.

A.7.2. Bocas de tormenta

A continuación, se encuentran las tablas A-7.6, A-7.7 y A-7.8 donde se observan los dimensionamientos de los imbornales con sus respectivas longitudes de rejillas.

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.6. Longitud de reja de los sumideros para la subcuenca 1 (fuente: Elaboración propia).

Numero de manzana	Numero de Frente	Conductancia [m ³ /seg]	Caudal aportado por frente[m ³ /seg]	Caudal aportado acumulado [m ³ /seg]	Caudal aportado post imbornal [m ³ /seg]	Caudal máximo real por imbornal [m ³ /seg]	Longitud de la reja para el caudal erogado [m]	Longitud de la reja adoptada[m]
5	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
5	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
4	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
4	A	0,628	0,040	0,160	-	-	-	-
4	D	0,628	0,040	0,200	-	-	-	-
3	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
3	C	0,628	0,040	0,280	-	-	-	-
3	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
3	D	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
2	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
2	C	0,628	0,040	0,440	0	0,440	2,43	2,50
2	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
2	D	0,628	0,040	0,080	0	0,080	0,44	0,50
14	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
13	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
13	A	0,628	0,040	0,120	-	-	-	-
13	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
12	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
12	A	0,628	0,040	0,240	-	-	-	-
12	D	0,628	0,040	0,280	0	0,280	1,55	2,00
1	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
1	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
1	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
2	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
21	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
11	D	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
11	A	0,628	0,040	0,120	-	-	-	-
11	B	0,628	0,040	0,200	0	0,200	1,11	1,50
11	C	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
21	A	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
12	C	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
22	A	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
21	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
21	B	0,628	0,040	0,080	0	0,080	0,44	0,50
22	D	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
22	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
22	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
23	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
23	C	0,628	0,040	0,160	0	0,160	0,88	1,00
23	B	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
24	D	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
25	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
24	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
24	C	0,628	0,040	0,120	0	0,120	0,66	1,00
7	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
6	A	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
6	D	0,628	0,040	0,120	0	0,120	0,66	1,00
4	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
5	C	0,628	0,040	0,080	0	0,080	0,44	0,50
14	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
14	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
15	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
15	A	0,628	0,040	0,160	0	0,160	0,88	1,00
13	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
14	C	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
15	C	0,628	0,040	0,120	-	-	-	-
23	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.6. Continuación. Longitud de reja de los sumideros para la subcuenca 1 (fuente: Elaboración propia).

24	A	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
25	A	0,628	0,040	0,120	-	-	-	-
15	B	0,628	0,040	0,240	0	0,240	1,33	1,50
16	C	0,628	0,040	0,04	-	-	-	-
16	D	0,628	0,040	0,08	0	0,080	0,44	0,50
17	A	0,628	0,040	0,04	-	-	-	-
17	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
16	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
16	A	0,628	0,040	0,160	0	0,160	0,88	1,00
7	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
7	D	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
6	B	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
6	C	0,628	0,040	0,160	0	0,160	0,88	1,00
5	B	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
7	B	0,628	0,040	0,040				
17	B	0,628	0,040	0,080				
17	C	0,628	0,040	0,040				
27	A	0,628	0,040	0,040				
27	B	0,628	0,040	0,240	0	0,240	1,33	1,50
8	D	0,628	0,040	0,040				
18	D	0,628	0,040	0,080				
28	D	0,628	0,040	0,120	0	0,120	0,66	1,00
25	C	0,628	0,040	0,040				
25	B	0,628	0,040	0,040				
26	D	0,628	0,040	0,040				
26	C	0,628	0,040	0,160				
26	B	0,628	0,040	0,040				
27	D	0,628	0,040	0,040				
27	C	0,628	0,040	0,280	0	0,280	1,55	2,00
28	C	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
18	C	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
28	A	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
28	B	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
29	D	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
8	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
8	B	0,628	0,040	0,080	-	-	-	-
8	C	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
18	A	0,628	0,040	0,040	-	-	-	-
18	B	0,628	0,040	0,200	0	0,200	1,11	1,50
9	D	0,628	0,040	0,040				
9	C	0,628	0,040	0,040				
19	A	0,628	0,040	0,040				
19	D	0,628	0,040	0,160	0	0,160	0,88	1,00
19	C	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
29	A	0,628	0,040	0,040	0	0,040	0,22	0,50
9	A	0,628	0,040	0,040				
10	A	0,628	0,040	0,080				
10	B	0,628	0,040	0,120				
20	B	0,628	0,040	0,160				
30	B	0,628	0,040	0,200	0	0,200	1,11	1,50
9	B	0,628	0,040	0,040				
19	B	0,628	0,040	0,080				
29	B	0,628	0,040	0,120				
10	D	0,628	0,040	0,040				
10	C	0,628	0,040	0,040				
20	A	0,628	0,040	0,040				
20	D	0,628	0,040	0,160				
20	C	0,628	0,040	0,040				
30	A	0,628	0,040	0,040				
30	D	0,628	0,040	0,280				
29	C	0,628	0,040	0,040				
30	C	0,628	0,040	0,480	0	0,480	2,65	3,00

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.7. Longitud de reja de los sumideros para la subcuena 2 (fuente: Elaboración propia).

Número de manzana	Frete	Conductancia [m ³ /s]	Caudal aportado por frente [m ³ /seg]	Caudal aportado acumulado [m ³ /seg]	Caudal máximo real por imbornal [m ³ /seg]	Longitud de la reja para el caudal erogado [m]	Longitud de la reja adoptada [m]
1	A	0,628	0,040	0,04			
1	D	0,628	0,040	0,08	-		
1	C	0,628	0,040	0,12	-		
1	B	0,628	0,040	0,04	-		
12	A	0,628	0,040	0,04	-		
12	B	0,628	0,040	0,24	0,24	1,331422697	1,5
12	D	0,628	0,040	0,04	-		
12	C	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
23	A	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
23	B	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
23	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
23	C	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
2	A	0,628	0,040	0,04	-		
2	B	0,628	0,040	0,04	-		
3	D	0,628	0,040	0,04	-		
3	A	0,628	0,040	0,16	-		
3	B	0,628	0,040	0,20	-		
2	C	0,628	0,040	0,04	-		
3	C	0,628	0,040	0,08	-		
4	A	0,628	0,040	0,04	-		
4	D	0,628	0,040	0,08	-		
4	C	0,628	0,040	0,40	-		
4	B	0,628	0,040	0,04	-		
5	A	0,628	0,040	0,04	-		
5	D	0,628	0,040	0,08	-		
5	C	0,628	0,040	0,56	0,56	3,106652961	3,5
2	D	0,628	0,040	0,04	-		
13	D	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
13	A	0,628	0,040	0,04	-		
13	B	0,628	0,040	0,08	-		
13	C	0,628	0,040	0,12	0,12	0,665711349	1
24	A	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
24	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
24	B	0,628	0,040	0,04	-		
24	C	0,628	0,040	0,04	-		
25	D	0,628	0,040	0,04	-		
25	C	0,628	0,040	0,16	-		
25	B	0,628	0,040	0,04	-		
26	D	0,628	0,040	0,04	-		
26	C	0,628	0,040	0,28	-		
26	B	0,628	0,040	0,04	-		
27	D	0,628	0,040	0,04	-		
27	C	0,628	0,040	0,40	-		
27	B	0,628	0,040	0,44	0,40	2,219037829	2,5
25	A	0,628	0,040	0,04	-		
26	A	0,628	0,040	0,08	-		
27	A	0,628	0,040	0,12	-		
14	D	0,628	0,040	0,04	-		
14	C	0,628	0,040	0,08	-		
14	B	0,628	0,040	0,04	-		
15	D	0,628	0,040	0,04	-		
15	C	0,628	0,040	0,20	-		
16	C	0,628	0,040	0,24	-		
16	B	0,628	0,040	0,32	0,32	1,775230263	2
14	A	0,628	0,040	0,04	-		
15	A	0,628	0,040	0,08	-		
15	B	0,628	0,040	0,04	-		
16	D	0,628	0,040	0,04	-		
16	A	0,628	0,040	0,20	0,20	1,109518915	1,5
5	B	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
6	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
8	C	0,628	0,040	0,04	-		
8	D	0,628	0,040	0,04	-		
7	A	0,628	0,040	0,04	-		
7	B	0,628	0,040	0,08	-		
7	C	0,628	0,040	0,20	-		
7	D	0,628	0,040	0,04	-		
6	A	0,628	0,040	0,04	-		
6	B	0,628	0,040	0,08	-		
6	C	0,628	0,040	0,36	0,36	1,997134046	2

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.7. Continuación. Longitud de reja de los sumideros para la subcuenca 2 (fuente: Elaboración propia).

Número de manzana	Frente	Conductancia [m ³ /s]	Caudal aportado por frente [m ³ /seg]	Caudal aportado acumulado [m ³ /seg]	Caudal máximo real por imbomal [m ³ /seg]	Longitud de la reja para el caudal erogado [m]	Longitud de la reja adoptado [m]
19	A	0,628	0,040	0,04	-		
19	D	0,628	0,040	0,04	-		
18	B	0,628	0,040	0,04	-		
18	A	0,628	0,040	0,16	-		
17	A	0,628	0,040	0,20	0,20	1,109518915	1,5
29	C	0,628	0,040	0,04	-		
29	B	0,628	0,040	0,08	-		
29	A	0,628	0,040	0,12	-		
29	D	0,628	0,040	0,04	-		
28	B	0,628	0,040	0,04	-		
28	A	0,628	0,040	0,24	-		
28	C	0,628	0,040	0,04	-		
28	D	0,628	0,040	0,08	-		
18	C	0,628	0,040	0,04	-		
18	D	0,628	0,040	0,04	-		
17	B	0,628	0,040	0,04	-		
17	C	0,628	0,040	0,16	-		
17	D	0,628	0,040	0,52	0,52	2,884749178	3
30	C	0,628	0,040	0,04	-		
30	D	0,628	0,040	0,08	-		
30	A	0,628	0,040	0,12	0,12	0,665711349	1
30	B	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
19	C	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
8	A	0,628	0,040	0,04	-		
8	B	0,628	0,040	0,08	-		
19	B	0,628	0,040	0,12	0,12	0,665711349	1
9	D	0,628	0,040	0,04	-		
20	D	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
31	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
9	A	0,628	0,040	0,04	-		
9	B	0,628	0,040	0,08	-		
9	C	0,628	0,040	0,04	-		
20	A	0,628	0,040	0,04	-		
20	B	0,628	0,040	0,20	-		
20	C	0,628	0,040	0,24	0,24	1,331422697	1,5
31	C	0,628	0,040	0,04	-		
31	B	0,628	0,040	0,08	-		
31	A	0,628	0,040	0,12	0,12	0,665711349	1
10	A	0,628	0,040	0,04	-		
10	D	0,628	0,040	0,08	-		
10	C	0,628	0,040	0,04	-		
21	A	0,628	0,040	0,04	-		
21	D	0,628	0,040	0,20	-		
21	C	0,628	0,040	0,24	0,24	1,331422697	1,5
32	D	0,628	0,040	0,04	-		
32	A	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
32	C	0,628	0,040	0,04	-		
32	B	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
10	B	0,628	0,040	0,04	-		
21	B	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
11	D	0,628	0,040	0,04	-		
22	D	0,628	0,040	0,08	0,08	0,443807566	0,5
11	A	0,628	0,040	0,04	-		
11	B	0,628	0,040	0,08	-		
11	C	0,628	0,040	0,04	-		
22	A	0,628	0,040	0,04	-		
22	B	0,628	0,040	0,20	-		
22	C	0,628	0,040	0,24	0,24	1,331422697	1,5
33	A	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
33	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
33	B	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
33	C	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
34	D	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5
34	C	0,628	0,040	0,04	0,04	0,221903783	0,5

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.8. Longitud de reja de los sumideros para la subcuenca 3 (fuente: Elaboración propia).

Numero de manzana	Numero de Frente	Conductancia [m3/seg]	Caudal aportado por frente[m3/seg]	Caudal aportado acumulado [m3/seg]	Caudal maximo real por imbornal [m3/seg]	Longitud de la reja para el caudal erogado [m]	Longitud de la reja adoptado[m]
1	A	0,628	0,058	0,058			
1	D	0,628	0,058	0,116			
12	D	0,628	0,058	0,174			
12	C	0,628	0,058	0,232	0,232	1,28	1,30
1	B	0,628	0,058	0,058			
1	C	0,628	0,058	0,116			
12	A	0,628	0,058	0,174			
12	B	0,628	0,058	0,232	0,232	1,28	1,30
2	D	0,628	0,058	0,058			
13	D	0,628	0,058	0,116	0,116	0,64	0,70
2	B	0,628	0,058	0,058			
2	C	0,628	0,058	0,116			
3	D	0,628	0,058	0,174			
3	C	0,628	0,058	0,232			
13	A	0,628	0,058	0,290			
13	B	0,628	0,058	0,348			
14	A	0,628	0,058	0,406			
14	C	0,628	0,058	0,464			
14	D	0,628	0,058	0,522			
13	C	0,628	0,058	0,580	0,580	3,21	3,30
24	A	0,628	0,058	0,058			
24	D	0,628	0,058	0,116			
23	B	0,628	0,058	0,174			
23	A	0,628	0,058	0,232	0,232	1,28	1,30
22	A	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
22	B	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
23	D	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
3	B	0,628	0,058	0,058			
14	B	0,628	0,058	0,116			
23	C	0,628	0,058	0,174			
24	B	0,628	0,058	0,232			
24	C	0,628	0,058	0,290			
4	D	0,628	0,058	0,348			
15	D	0,628	0,058	0,406			
25	D	0,628	0,058	0,464			
25	C	0,628	0,058	0,522	0,522	2,88	2,9
2	A	0,628	0,058	0,058			
4	A	0,628	0,058	0,116			
4	B	0,628	0,058	0,174			
4	C	0,628	0,058	0,232			
15	A	0,628	0,058	0,290			
15	B	0,628	0,058	0,348			
15	C	0,628	0,058	0,406			
25	A	0,628	0,058	0,464			
25	B	0,628	0,058	0,522	0,522	2,88	2,9
5	A	0,628	0,058	0,058			
5	D	0,628	0,058	0,116			
5	B	0,628	0,058	0,174			
5	C	0,628	0,058	0,232			
16	A	0,628	0,058	0,290			
16	B	0,628	0,058	0,348			
16	C	0,628	0,058	0,406			
16	D	0,628	0,058	0,464			
26	B	0,628	0,058	0,522			

Tránsito Rápido de Autobús para el AMGR

Tabla A-7.8. Continuación. Longitud de reja de los sumideros para la subcuenca 3 (fuente: Elaboración propia).

26	A	0,628	0,058	0,580	0,580	3,21	3,30
26	D	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
26	C	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
6	D	0,628	0,058	0,058	-		
17	D	0,628	0,058	0,116			
17	C	0,628	0,058	0,174			
17	B	0,628	0,058	0,232			
18	D	0,628	0,058	0,290			
18	C	0,628	0,058	0,348	0,348	1,92	2,00
6	B	0,628	0,058	0,058			
6	C	0,628	0,058	0,116			
7	D	0,628	0,058	0,174			
7	B	0,628	0,058	0,232			
7	C	0,628	0,058	0,290			
18	A	0,628	0,058	0,348			
18	B	0,628	0,058	0,406	0,406	2,24	2,30
8	D	0,628	0,058	0,058			
19	D	0,628	0,058	0,116	0,116	0,64	0,70
6	A	0,628	0,058	0,058			
7	A	0,628	0,058	0,116			
8	A	0,628	0,058	0,174			
8	B	0,628	0,058	0,232			
8	C	0,628	0,058	0,290			
19	A	0,628	0,058	0,348			
19	B	0,628	0,058	0,406			
19	C	0,628	0,058	0,464	0,464	2,56	2,60
27	D	0,628	0,058	0,058			
27	A	0,628	0,058	0,116			
28	A	0,628	0,058	0,174	0,174	0,96	1,00
27	B	0,628	0,058	0,058			
27	C	0,628	0,058	0,116			
28	B	0,628	0,058	0,174	0,174	0,96	1,00
28	C	0,628	0,058	0,232			
29	A	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
29	B	0,628	0,058	0,058			
30	D	0,628	0,058	0,116			
30	C	0,628	0,058	0,174			
29	C	0,628	0,058	0,232			
29	D	0,628	0,058	0,290	0,290	1,60	1,70
10	A	0,628	0,058	0,058			
9	A	0,628	0,058	0,116			
9	D	0,628	0,058	0,174			
9	C	0,628	0,058	0,232			
20	A	0,628	0,058	0,290			
20	D	0,628	0,058	0,348			
20	C	0,628	0,058	0,406	0,406	2,24	2,30
20	B	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
9	B	0,628	0,058	0,116			
30	A	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,4
30	B	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,4
10	B	0,628	0,058	0,058			
21	B	0,628	0,058	0,116			
21	C	0,628	0,058	0,174	0,174	0,96	1,00
21	A	0,628	0,058	0,058			
21	D	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
31	A	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40
31	D	0,628	0,058	0,058	0,058	0,32	0,40