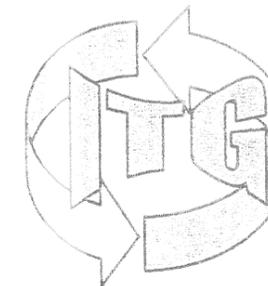
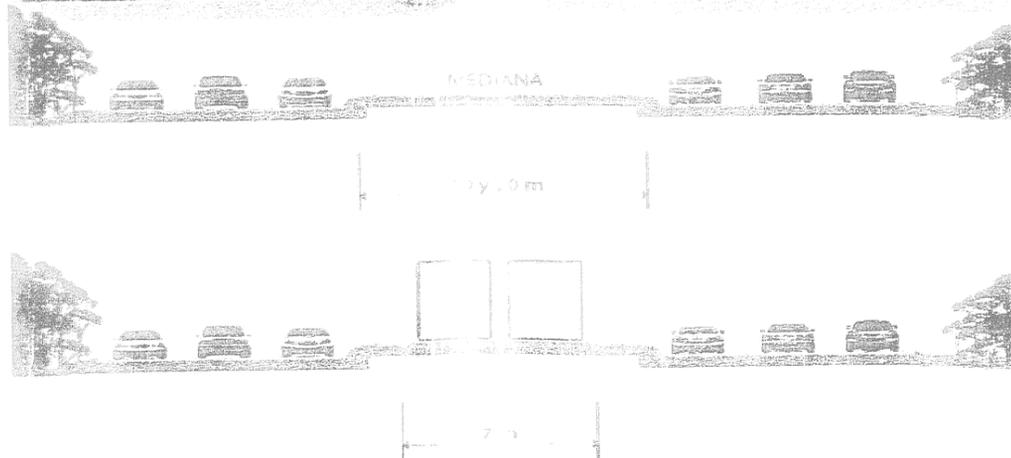
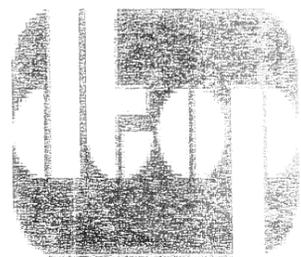
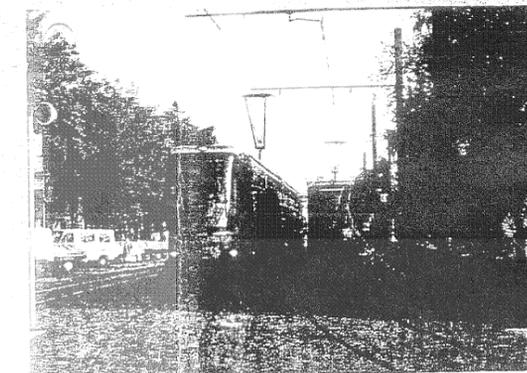
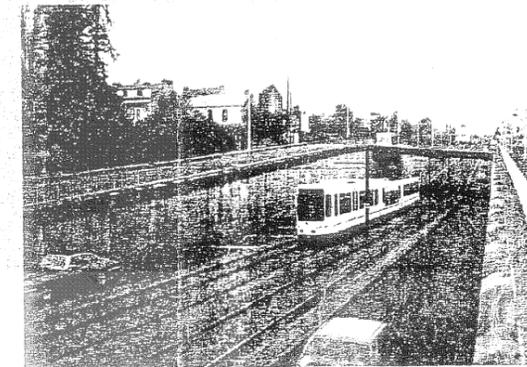
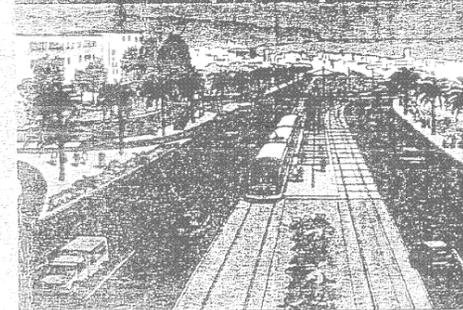
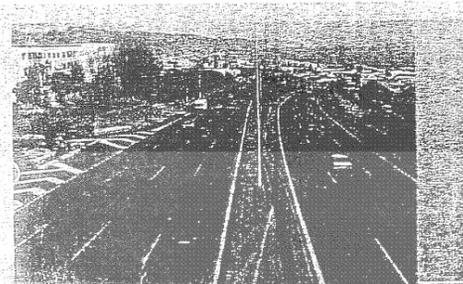
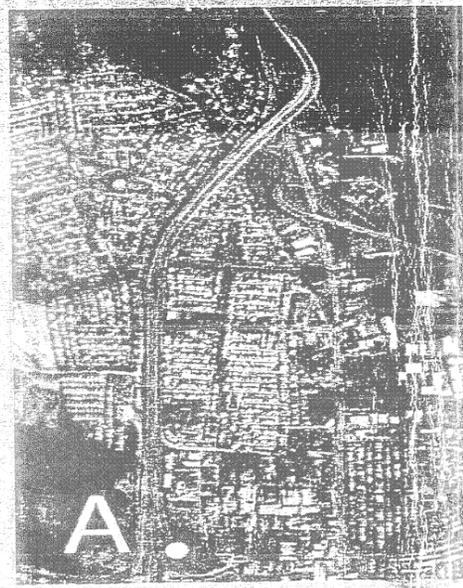
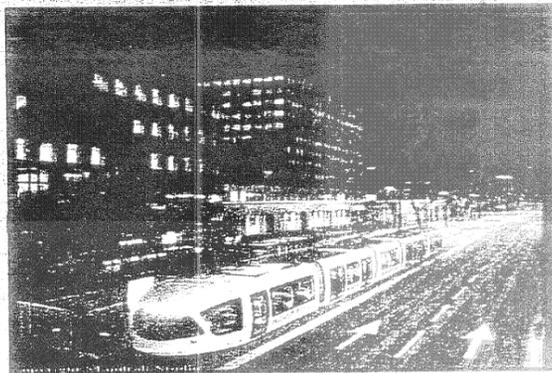
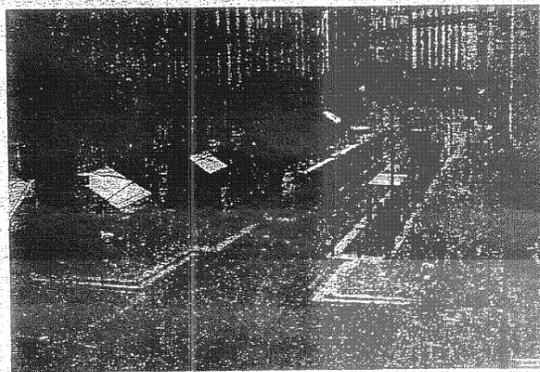


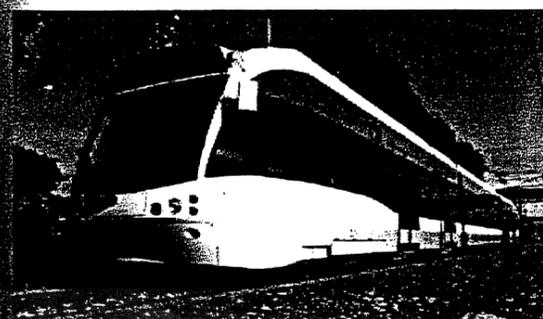
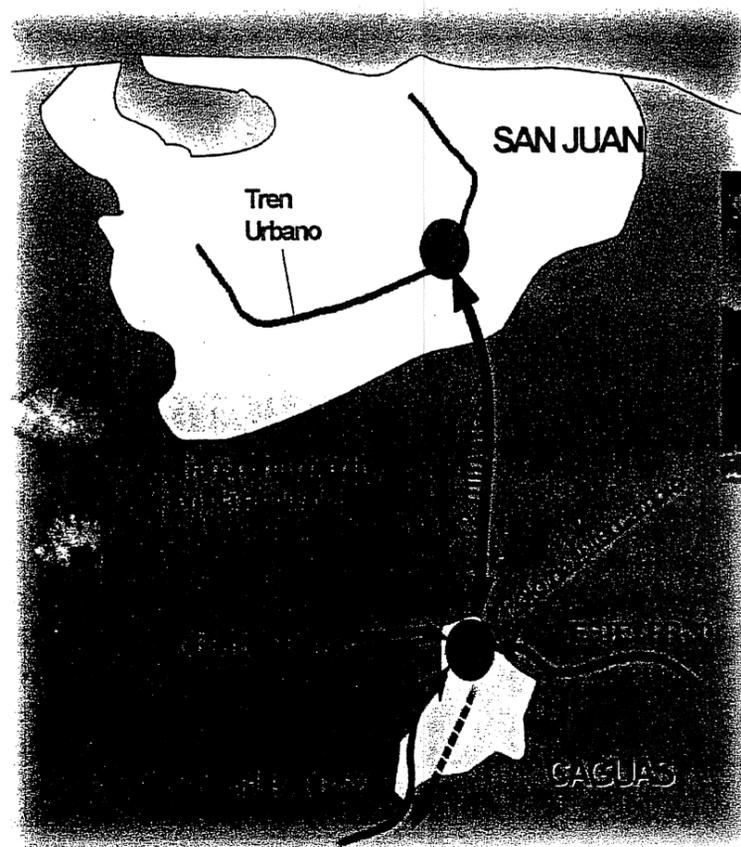
ESTUDIO DE VIABILIDAD PROYECTO TRANSPORTACION EN MASA SAN JUAN - CAGUAS

Informe Final



< Informe final >

ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN EN MASA ENTRE SAN JUAN Y CAGUAS



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
1. INTRODUCCIÓN	7
2. METODOLOGIA GENERAL DEL ESTUDIO.....	8
3. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS	9
4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	10
4.1 • Metodología	10
4.1.1 Metodología de la encuesta.....	11
4.1.2 Metodología de la proyección de demanda.....	11
4.2 • La demanda actual según la encuesta	12
4.3 • Proyecciones de la clientela	12
4.3.1 Proyección 2003.....	13
4.3.2 Proyección 2010.....	13
5. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	15
5.1 • Problemáticas.....	15
5.1.1 El trazado	15
5.1.2 El modo de transporte	17
5.2 • Presentación esquemática de las alternativas	19
5.3 • Descripción y evaluación de las alternativas	19
5.3.1 Sector 1 (entrada norte de Caguas).....	19
5.3.2 Sector 2 (de la entrada norte de Caguas a San Juan).....	24
5.3.3 Compilación de las soluciones sector 1 + sector 2.....	26
5.3.4 Elección del modo: guagua o tren-tranvía.....	27
6. DISEÑO TÉCNICO DEL ESCENARIO ELEGIDO.....	28
6.1 • Trazado	28
6.2 • Estaciones y polo de intercambio de Caguas	28
6.2.1 Estación Cupey.....	28
6.2.2 Polo de intercambio de Caguas.....	28
6.2.3 Estación opcional "Montehiedra"	29
6.3 • Programa de operación.....	30
6.4 • Obras civiles.....	30
6.5 • Vía	30
6.6 • Energía	31
6.7 • Sistemas	32
6.7.1 Señalización ferroviaria.....	32
6.7.2 Equipos de operación.....	33
6.7.3 Señalización vial.....	35
6.8 • Cocheras y talleres.....	35
6.8.1 Datos principales.....	35
6.8.2 Programa funcional de los talleres y cocheras.....	36
6.8.3 Equipos de mantenimiento.....	38
6.8.4 Equipos independientes de construcción de talleres y cocheras.....	39

6.9 • Ventajas del tren-tranvía en término de evolutividad	40
6.9.1 La capacidad de satisfacer a la demanda.....	40
6.9.2 Las posibilidades de extensión espacial.....	40
7. ANÁLISIS ECONOMICO	42
7.1 • Costos de capital.....	42
7.2 • Costos de operación y mantenimiento	42
7.3 • Análisis de contratos realizados y costo beneficio	434
7.3.1 Enfoque Contractual.....	44
7.3.2 Análisis costo beneficio sistema transporte publico SJ-Caguas.....	45
8. BIBLIOGRAFIA.....	58
9. ANEJOS.....	62
9.1 • Matriz Origen/Destino.....	62
9.2 • Matriz de tiempos generalizados	64
9.3 • Trazado.....	65
9.4 • Obras civiles	66

ÍNDICE DE LAS ILUSTRACIONES

Concepto de Sistema Rápido entre dos puntos.....	9
Ejemplos de realización de Vías Exclusivas.....	9
Descripción del Concepto de Polo de intercambio.....	9
Ejemplo de estructura de la matriz origen/destino	10
Ejemplo de cálculo de tiempo generalizado	11
Destinos de desplazamientos 2003, según Encuesta.....	12
Orígenes de desplazamientos 2003, según Encuesta.....	12
Hipótesis de crecimiento de la población 2000-2010	13
Flujos de desplazamientos 2003, según la encuesta	12
Flujos concernidos por el proyecto	13
Proyecciones 2003 y 2010 (viajes/día, ambos sentidos)	14
Polos de intercambio regionales y locales alrededor de Caguas	15
Las dos opciones para la ubicación del polo de intercambio en Caguas	16
Tres alternativas para la conexión al Tren Urbano en San Juan	16
Necesidad de ensanchar la PR-1	17
Inserción de la vía exclusiva por la mediana de la PR-52	17
Ejemplos de equipo rodante	17
Ejemplo de reordenación completa de la PR-1 de fachada a fachada	21
Estación de Cupey	24
Elevado en el nodo PR-52/PR-1.....	24
Puentes en la mediana de la PR-52	24
Secciones típicas.....	24
Ubicación de las diferentes zonas con códigos de color.....	25

Secciones típicas	25
Planta de la estación Cupey	28
Planta del polo de intercambio de Caguas (extracto)- Nivel de la calle.....	29
Elevación del polo de intercambio de Caguas	29
Planta de la estación opcional "Montehiedra" (extracto)	29

ÍNDICE DE TABLAS

Análisis de Costo Beneficio - Escenario Básico Tarifa: \$1.50.....	49
Análisis de Costo Beneficio - Escenario Básico Tarifa: \$2.00.....	55

DEFINICIONES

- Polo de intercambio: Es una zona ubicada para la organización del contacto entre varios medios de transporte, que sean privados o públicos. Aquella zona tiene que ser la más viable para los usuarios cambiando de medio de transporte.
- Cochera : Es el sitio donde se estacionan los trenes durante la noche
- Elasticidad: Sensibilidad de la demanda respecto a las variaciones de otras magnitudes económicas, como los tiempos de recorrido.
- Evolutividad: capacidad del sistema a atender a un crecimiento de la demanda en el tiempo y/o a extenderse en el espacio.
- Trazado: Diseño. Recorrido o dirección de la vía férrea sobre el terreno.
- Balasto: Capa de grava que se tiende sobre la explanación de los ferrocarriles o tranvía.
- Bogie: Pieza mecánica que lleva juntas cuatro ruedas del tren. En un tren hay varios bogies.
- Gálbo: En los ferrocarriles, arco de hierro en forma de U invertida, para comprobar si los vagones con su carga máxima pueden circular por los túneles y bajo los pasos superiores.
- Vehículo/Vagón: Un tranvía es un *vehículo* indeformable mientras que los *vagones* son elementos separados que, cuando se juntan, forman un tren.
- Catenaria: Sistema de suspensión de cable conductor que, teniendo que permanecer en contacto con el dispositivo de la toma de corriente en la locomotora o del tranvía eléctrico, está unido a un cable portante por mediación de hilos sustentadores verticales o péndolas.
- Cantón: Tramo de la vía férrea delimitado por el sistema de señalización. Los cantones aseguran la distancia entre los trenes porque en situación normal de operación un cantón está ocupado por un tren.

RESUMEN EJECUTIVO

Durante el período comprendido entre septiembre del 2002 y agosto del 2003, *Innovative Transportation Group (ITG)* realizó un estudio de viabilidad para el proyecto de transportación en masa del corredor San Juan-Caguas. Los objetivos de este estudio fueron determinar la viabilidad económica, financiera y técnica, para establecer un sistema de transportación colectiva conectando el sistema del Tren Urbano de San Juan con la región de Caguas. A tales fines, se consideraron dos alternativas: (1) a lo largo de la PR-52 y (2) a lo largo de la PR-1.

Se consideraron distintas modalidades de transportación colectiva para realizar la conexión de ambas regiones. Específicamente, se evaluaron los autobuses y sistema sobre rieles. Se estableció que la viabilidad del proyecto requería un sistema capaz de unir los dos (2) puntos en un período corto de tiempo, no más de 12 a 15 minutos y que fuese un sistema con confort y sea confiable.

Metodología Utilizada

- Se realizó encuesta para determinar el origen y destino de los viajes entre las regiones de Caguas y San Juan que incluyó la opinión y preferencia de los posibles usuarios sobre los distintos modos de transportación. Además, se encuestó sobre la disposición de los residentes para utilizar sistemas de transportación colectiva a una tarifa entre \$1.50 y \$2.00.
- Se hizo una proyección de la demanda, tomando en consideración los resultados de la encuesta y las estadísticas socioeconómicas, demográficas, dotación de infraestructura y disponibilidad de medios de transportación colectiva en el área. Además, se realizaron proyecciones de población y de desarrollo económico en el área.
- Se elaboraron y se evaluaron alternativas técnicas de transportación colectiva. En estas evaluaciones se consideraron dos (2) rutas principales: la ruta a lo largo de la PR-52 conectando la estación de Cupey con la estación que se construiría en Las Catalinas y una ruta a lo largo de la PR-1. Además, se consideraron distintos tipos de material rodante.
- Como parte de la evaluación se estimaron los costos de capital, costos de operación y mantenimiento, los costos de energía y los costos de obras civiles necesarias; tales como cocheras y talleres para cada una de las alternativas (tren tranvía y autobuses).
- Se desarrollaron esquemáticamente las alternativas y se describieron las ventajas y desventajas de cada una de ellas.
- Estas alternativas se presentaron al Secretario del Departamento de Transportación y Obras Públicas y al Director Ejecutivo de la Autoridad de Carreteras, además de; a otros funcionarios relacionados con las distintas fases de este proyecto con el propósito de seleccionar la alternativa a estudiarse con más detalle; esto, conforme a los criterios, análisis y hallazgos presentados. Se seleccionó la ruta PR-52 utilizando la tecnología del tren tranvía.
- Utilizando los costos de capital de operación y mantenimiento estimados se realizaron análisis de costo beneficio y financieros para establecer la viabilidad financiera y económica del proyecto. Los costos estimados fueron proyectados a la vida útil del proyecto y se descontaron al valor presente utilizando el criterio del costo promedio de los fondos al agente fiscal del Gobierno de Puerto Rico (BGF).
- Se identificaron los costos y beneficios sociales. Además, se monetizaron utilizando la técnica de precios sombra para la estimación del coeficiente de costo beneficio.
- Se establecieron los enfoques contractuales posibles fundamentados en los hallazgos de los análisis financieros y de costo beneficio social.

Hallazgos y Conclusiones

1. La encuesta realizada reflejó que el 54 por ciento (54%) de los 565,900 viajes semanales en una dirección son por razones de trabajo. Además, se reflejó que casi el sesenta y seis por ciento (66%) de los usuarios potenciales prefieren la alternativa de un tren liviano en comparación con autobuses entre Caguas y San Juan con una tarifa de \$1.50 ó \$2.00.
2. Según el Estudio de Demanda, de desarrollarse una parada intermedia habrá una reducción en la demanda. *Ci*
3. Sobre el automóvil, ya la autopista va por alrededor de 12 MPH en horas pico y un tapón de más de tres horas por día y utilizando el carril de emergencia como vía de rodaje. Además, el tapón entre SJ y Caguas se aumenta en tiempo todos los años. Entendemos que esta vía ya ha dejado de hacer su función y que no hay margen de evolución para el automóvil privado.
4. La tecnología seleccionada de tren tranvía puede ofrecer un servicio eficiente y efectivo de transportación colectiva uniendo la región de Caguas al proyecto de Tren Urbano que sirve la región de San Juan. Esta tecnología permite transportar pasajeros de la estación de Las Catalinas a la estación de Cupey en un período de 15 minutos. Además, provee adecuadamente los parámetros de confort y confiabilidad necesarios. Esta tecnología conlleva un costo de capital de \$281,597,100 y costos de operación y mantenimiento de \$3,908,434. Esto refleja un costo de capital de \$15,000,000 por kilómetro de vía construida. Este costo representa aproximadamente un 10 por ciento del costo por kilómetro del costo incurrido en la construcción del Tren Urbano que sirve la región de San Juan.
5. En el modo de transporte se evaluó el sistema de guaguas versus el de rieles. Esto a pesar que en el proyecto anterior de rieles; el Tren Urbano, estas alternativas se evaluaron en abundancia, ambas en el estudio de Barton – Ashman y en la DIA. De nuevo el sistema de rieles prevalece sobre el sistema de guaguas debido al confort, la imagen y la evolutividad del sistema.

6. Los análisis financieros y de costo beneficio se realizaron utilizando un horizonte de tiempo de 30 años. El total de costos sociales ascendió a \$1,039,069,430 que traído a valor presente, a una tasa de descuento de 5.37 por ciento refleja un valor de \$216,472,798. El total de beneficios sociales monta a \$1,648,227,429 que traído a valor presente, a base de una tasa de descuento de 5.37 por ciento refleja un beneficio social de \$343,380,714.
7. Se consideraron dos (2) escenarios tarifarios: UNO a base de una tarifa de \$2.00 y OTRO a base de una tarifa de \$1.50. Sobre la base de una tarifa de \$1.50 se refleja que los costos presentes, que ascienden a \$216,472,797, es marcadamente superior al valor presente de los ingresos por concepto de tarifas que ascienden a \$25,023,437. Este hallazgo por si solo excluye la posibilidad de un financiamiento privado del proyecto bajo el modelo de diseño, construcción, operación y financiamiento.

Desde el punto de vista social, el panorama luce distinto. Al tomarse en consideración los beneficios y costos sociales, resulta en que el proyecto es socialmente viable puesto que el mismo refleja un coeficiente de 1.58 con la tarifa de \$1.50 y de 1.59 con la tarifa de \$2.00. Este resultado coloca el proyecto como uno altamente deseable desde el punto de vista de beneficios sociales. Algo más subjetivo pero, aún significativo para estos movimientos de población es la calidad de vida. Al tener un medio de mayor confort, y un tiempo de movimiento mucho más rápido y sin tapones, la calidad de vida y la productividad aumenta significativamente. Es importante resaltar los beneficios del proyecto desde el punto de vista de beneficios ambientales y usos de terrenos, aunque estos temas no formaron parte de este estudio, la literatura y la experiencia en otros países demuestra que esta alternativa resulta beneficiosa para el mejor y más eficiente desarrollo físico-especial.

Recomendaciones

Recomendamos que la Autoridad de Carreteras otorgue la más alta prioridad a la construcción de la vía del tren-tranvía entre San Juan y Caguas por la deseabilidad social del proyecto fundamentados en un coeficiente de costo beneficio de 1.58. El financiamiento para este proyecto debe ser enteramente público, mediante emisión de Bonos de Garantía del ELA.

En otros lugares, donde existe un compromiso fehaciente del gobierno para lograr una cultura de transportación colectiva, los resultados de movimiento de pasajeros son siempre mucho más altos. En la medida que esto se logre en Puerto Rico, los resultados serán mejores que los indicados en este estudio.

1. INTRODUCCIÓN

El continuo aumento de la congestión de tránsito en las principales vías de Puerto Rico ha levantado suficiente inquietud para realizar estudios en búsqueda de soluciones que ayuden a minimizar dicho problema. El Estudio de Viabilidad que estamos presentando está dirigido a solucionar el problema de la congestión vehicular en las rutas entre las ciudades de San Juan y Caguas.

En este estudio hemos revisado, en un principio, la viabilidad de una ruta de transportación colectiva entre los municipios de San Juan y Caguas. En el mismo se incluye el uso de medios de transportación colectiva y la posible ruta a utilizarse entre las rutas de la autopista o la carretera PR-52 y, posteriormente, también se evaluó la carretera PR- 1. Los medios de transporte evaluados fueron los autobuses y diversas tecnologías de trenes.

Como parte del estudio se efectuó un muestreo de mercado para el cual se utilizó un método de encuesta individualizado (llamado GeoDensity) a más de 10,000 familias de la región. Las preguntas se llevaron al mayor detalle, según discutido con el DTOP. A base de esta encuesta se hizo la evaluación de los sistemas de transporte colectivo. Los resultados de esta encuesta están descritos en la sección 4.

En la sección 5 describimos los posibles escenarios evaluados a base de un sistema de multicriterio analizado y seleccionado por DTOP. Entre los criterios evaluados están la capacidad, velocidad, imagen y confort, evolutividad, contaminación, aplicación interurbana.

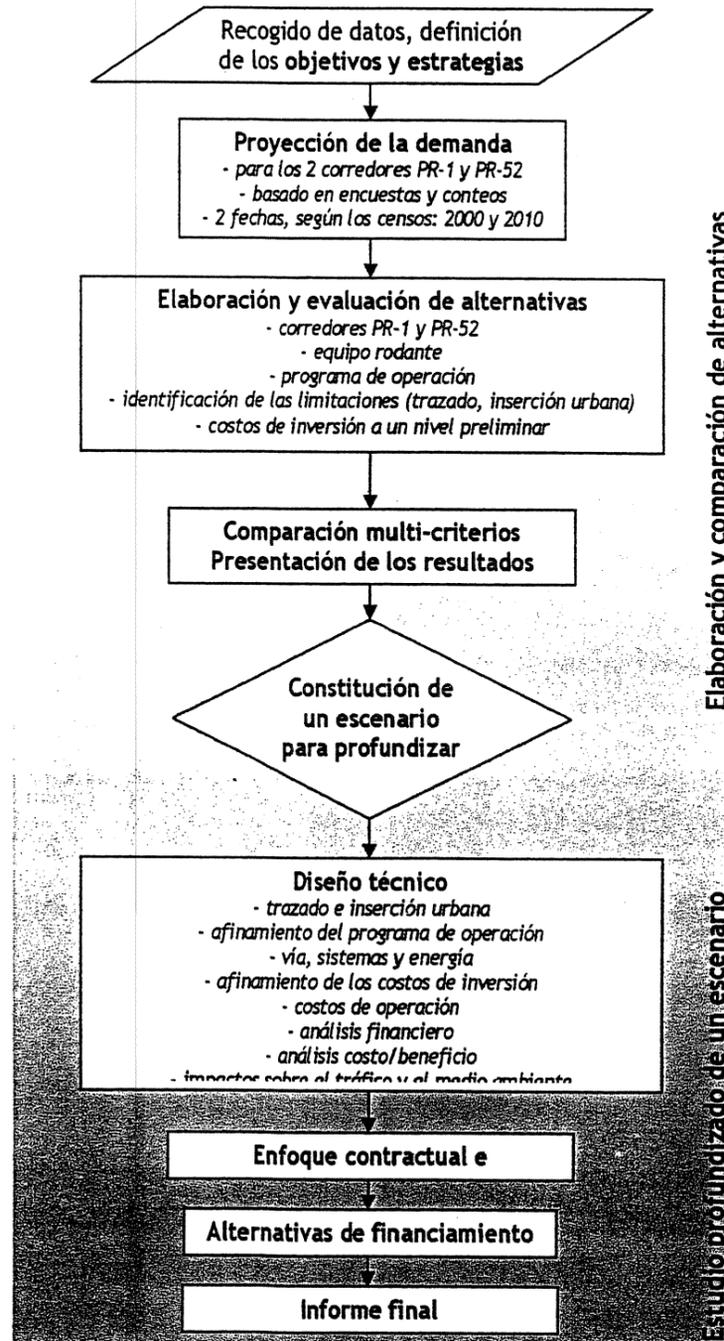
Además, se presenta el diseño técnico del escenario elegido incluyendo el trazado, estaciones de intercambio, programa de operación, obras civiles, vía, energía, sistemas y cocheras, entre otros.

Finalmente, sometimos estos trabajos a una rigurosa evaluación económica y financiera con herramientas modernas en estas disciplinas, cuyos resultados están en la sección 7 de este estudio.

Este estudio de viabilidad realizado sirve de base para el desarrollo de la infraestructura de la transportación en masa entre los Municipios de Caguas y San Juan, ya que la misma será de beneficio para los usuarios de las vías de gran congestión de tránsito existentes actualmente.

2. METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO

Este estudio se divide en dos etapas mayores: la elaboración y comparación de alternativas así como el estudio profundizado de un escenario (ver flujograma abajo).



Se habla de “alternativa” cuando existe más de una opción en cualquier área técnica como por ejemplo, el corredor geográfico (PR-1 o PR-52), el trazado, la ubicación de un terminal, el tipo de equipo rodante o “modo de transporte”, etc.

Un “escenario” resulta del estudio de las diferentes alternativas y de la elección de *una* de ellas, cada vez que existen varias alternativas, después de haber hecho una comparación multi-criterios entre las mismas.

La reducción del número de alternativas es un proceso necesario para fijar un escenario estable para empezar los trabajos de diseño técnico profundizado.

3. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS Y ESTRATEGIA

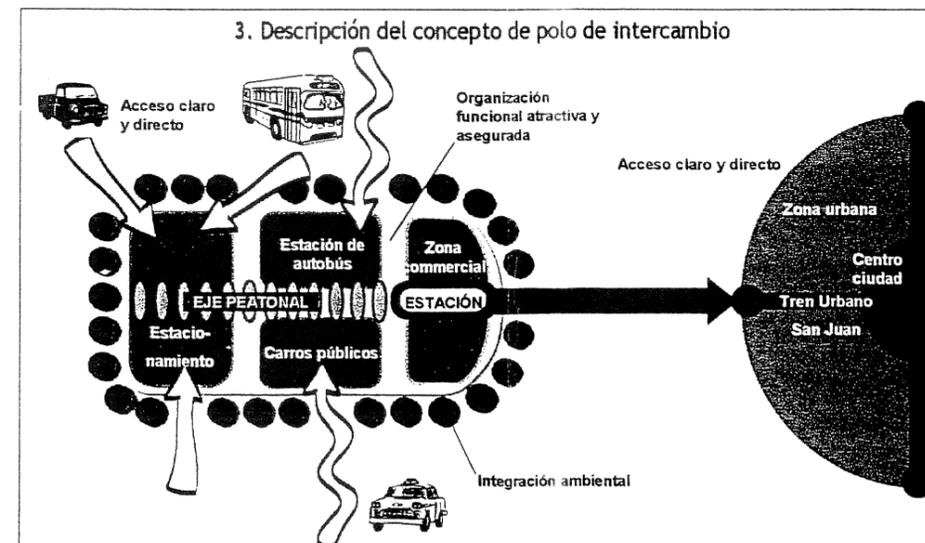
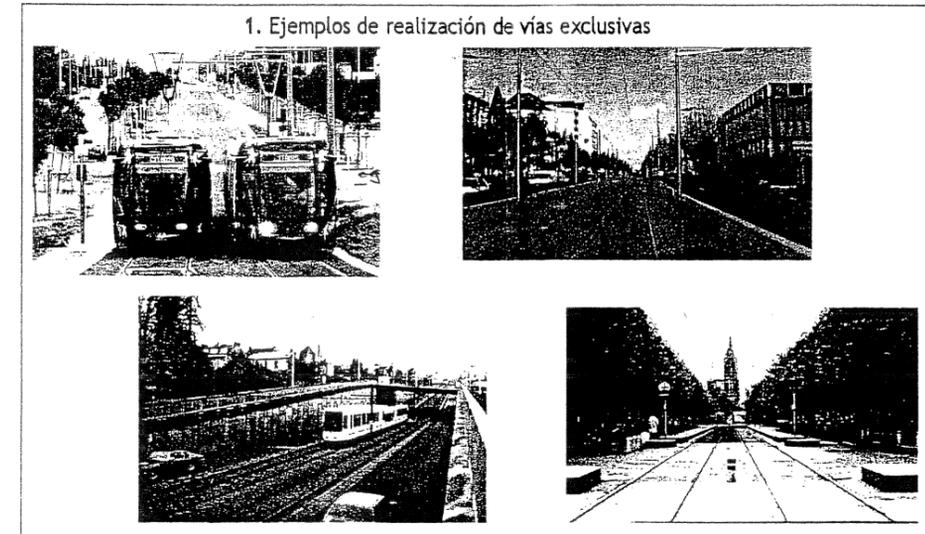
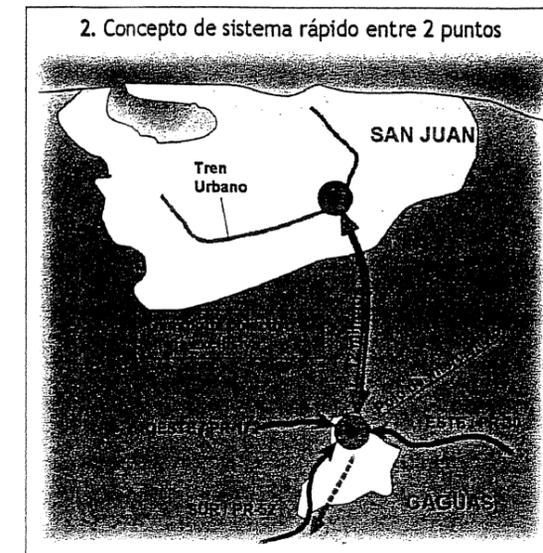
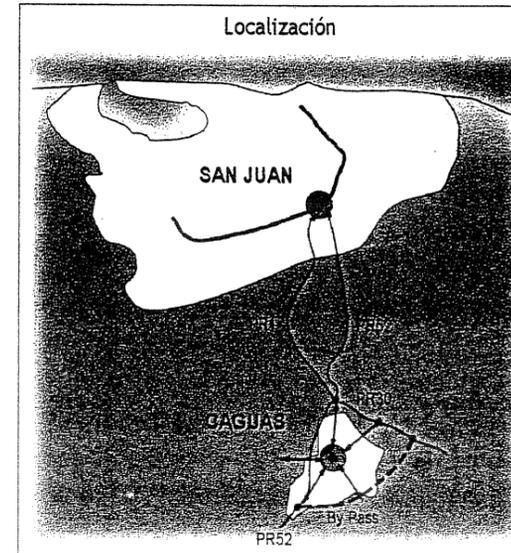
Los objetivos asignados al sistema son los siguientes:

- Tener un sistema de transporte colectivo en masa entre la Ciudad de San Juan (en conexión con el Tren Urbano) y la Ciudad Autónoma de Caguas,
- Ofrecer un tiempo de recorrido atractivo cerca de 12 minutos de terminal a terminal,
- Presentar una alternativa real y atractiva al transporte individual.

Para alcanzar estos objetivos, se necesita definir una estrategia. La estrategia propuesta se basa sobre cuatro ejes principales:

1. Se garantiza al sistema de transportación la independencia espacial en relación a los otros modos de transporte, a través del concepto de **vía exclusiva** (ver ejemplos al lado). Esta independencia es la única manera de asegurar un alto nivel de calidad de servicio: los tiempos de recorrido son óptimos porque no son afectados por la congestión en la red vial.
2. El concepto de vía exclusiva se completa por un concepto de **sistema rápido entre dos puntos, de carácter interurbano**. En el caso del eje San Juan-Caguas, la distancia aproximada de 20 km y el objetivo de 12 minutos necesita vincular un punto en San Juan a un punto en Caguas para alimentar las redes de transporte en San Juan, así como; en Caguas y alrededores, limitando el número de parada intermedia a 0 ó 1. La necesidad de rapidez implica también proveer un equipo rodante que pueda alcanzar velocidades altas (cerca de 75 mph).
3. Los **dos puntos terminales** deben ser diseñados como **polos de intercambio** (ver ejemplos al lado) eficientes para optimizar la complementariedad entre los diferentes modos de transporte colectivos e individuales.
4. El sistema de transporte colectivo debe tener **una imagen fuerte y atractiva así como un nivel de confort alto** para lograr ser una real alternativa al uso del transporte individual.

Los números encima corresponden a los números de las ilustraciones al lado.



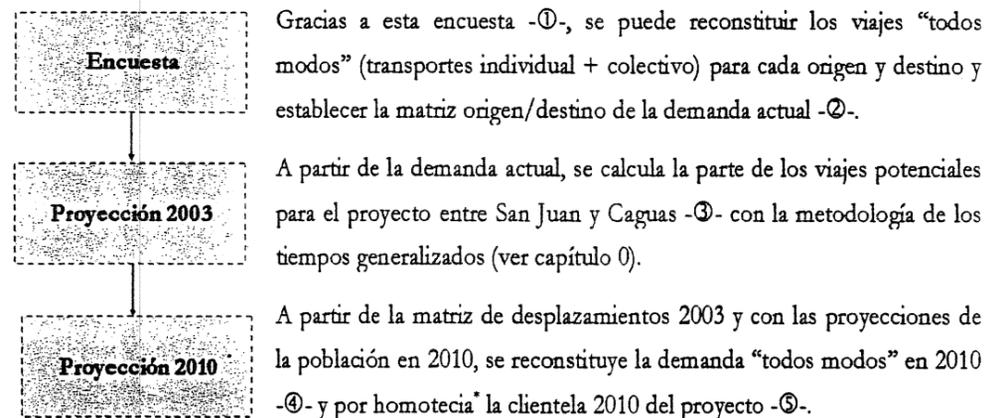
4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

4.1 Metodología

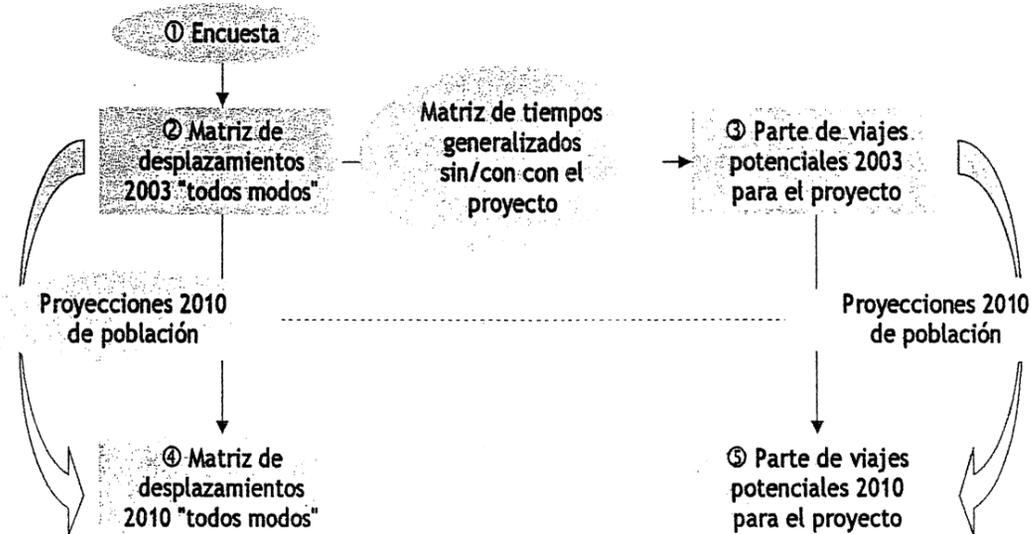
El objetivo es determinar el número actual de viajes potenciales para el proyecto cuando se trata de los desplazamientos de los habitantes de la zona Norte (área metropolitana de San Juan) hacia la zona Sur (región de Caguas) así como de los habitantes de la zona Sur hacia la zona Norte.

Para conocer estos desplazamientos, se realizó una encuesta directa a los hogares por teléfono en los habitantes de trece municipios:

- **Zona Norte:** los municipios de San Juan (dividido en 4 macro zonas), Carolina, Bayamón, Toa Baja, Guaynabo, Trujillo Alto;
- **Zona Sur** compuesta de los municipios de Caguas, Gurabo, Las Piedras, Juncos, San Lorenzo, Cayey, Cidra.



El esquema siguiente resume la metodología general. Los números se refieren al texto al lado.



Ejemplo de estructura de la matriz origen/destino

		Destino o Atracción				TOTAL Emisión
		San Juan	Caguas	Aguas Buenas	Trujillo Alto	
Origen o Emisión	San Juan					
	Caguas					
	Aguas Buenas					
	...					
	Trujillo Alto					
TOTAL Atracción						

El total de las líneas "Origen" da el total de "Emisión", el total de las columnas "Destino" da el total de "Atracción"

* La evolución socio-económica general se aplica en primer lugar a la matriz 2003 "todos modos". Se determina así coeficientes de evolución para cada enlace O/D para obtener la matriz 2010 "todos modos". El principio de la homotecia reside en el hecho de que se aplican los mismos coeficientes para pasar de la matriz "Parte de viajes potenciales 2003 proyecto" a la matriz "Parte de viajes potenciales 2010 proyecto".

4.1.1. Metodología De La Encuesta

Como parte del estudio de viabilidad realizado se requirió efectuar un estudio de tránsito que cumpliera con los siguientes objetivos:

- Determinar el número de personas que viajan al menos una vez a la semana desde y hacia Caguas y Municipios aledaños y el área metropolitana de San Juan
- Examinar el comportamiento de viajes de residentes de ambas regiones
 - Tipo de transportación que utilizan, sea privada, compartida (pasajero) o pública
 - Frecuencia semanal de viajes
 - Origen y destinos de sus viajes
 - Vías de accesos que utilizan; Expreso PR-52 y/o Carretera PR-1
- Preferencia e Intención de uso de un sistema de transportación rápido con conexión al tren urbano
 - Carriles exclusivos para automóviles con tres pasajeros
 - Autobuses por carriles exclusivos
 - Sistema de tren liviano en carril exclusivo sin paradas
 - Sistema de tren liviano en carril exclusivo con una parada intermedia
- Medición de vehículos de transporte (no particulares) desde y hacia Caguas y San Juan por la Carr. Estatal PR#1

La metodología de encuestas utilizada es conocida como Geo-Density uno de los procedimientos más efectivo utilizado en varios países para determinar saturación de tránsito e impacto de "Outdoor Media Displays Posters".

Comenzamos el estudio con la identificación de las dos regiones geográficas primarias a encuestarse:

- Caguas: compuesta por los municipios de Caguas, Aguas Buenas, Cidra, Cayey, San Lorenzo, Gurabo, Juncos y Las Piedras
- San Juan: compuesta por los municipios de San Juan, Bayamón, Guaynabo, Trujillo Alto, Carolina y Levitown/Toa Baja

El muestreo consistió en contactar por la vía telefónica un total de 7,813 hogares representativos por municipios, sectores y niveles socioeconómicos, entrevistas realizadas en la Unidad CATI durante los meses de febrero y marzo del 2003.

4.1.2 Metodología De La Proyección De Demanda

Elasticidad y tiempos generalizados

Para la proyección de la demanda, se utiliza el método de los ahorros de **tiempo generalizado** y la **elasticidad** de la demanda a la oferta.

El **tiempo generalizado** incluye:

- El tiempo de recorrido (transporte individual o colectivo),
- El tiempo de acceso a la estación/parada o de difusión desde la estación/parada a pie,
- El tiempo de espera para el transporte colectivo (= 1/2 frecuencia. Por ejemplo, un tren cada 15 minutos da un tiempo de espera promedio de 7.5 minutos),
- La penalidad de trasbordo entre modo de transporte (5 minutos, carro/guagua o carro/Tren o guagua/Tren),
- El tiempo de estacionamiento para el transporte individual (en promedio de 5 minutos).

Ejemplo de cálculo de tiempo generalizado



La **elasticidad** es la sensibilidad de la demanda en transporte colectivo en función de la mejora de la oferta (el ahorro de tiempo ofrecido por el proyecto). La parte de mercado del transporte colectivo depende de los ahorros de tiempo en hora pico.

Para cada origen y destino concernidos, se calcularon los tiempos actuales de recorrido generalizados en hora pico y con el proyecto entre San Juan y Caguas y el Tren Urbano en transporte colectivo y en transporte individual.

En hora normal de tránsito, la velocidad en transporte individual es de 55 MPH en los pueblos del área metropolitana y 45 MPH en los pueblos fuera del área metropolitana. En hora pico, debido a la congestión, estos valores se dividen por 2 sea 27,5 MPH en promedio. Para los transportes colectivos en hora pico, la velocidad es de 12,5 MPH.

Se compara la matriz de los tiempos actuales y con la del proyecto para saber si existen ahorros de tiempo para cada origen y destino.

4.2 La demanda actual

Características generales de viajes

565, 900 viajes semanales en una dirección, o sea 80,842 viajes por día útil. El 80% de las personas viajan en sus propios vehículos y los 16% son pasajeros. La parte de mercado del transporte público es del 3%. En promedio, las personas viajan 3.2 días por semana. El 89% de personas no tienen una parada intermedia entre el origen y el destino final. El 66% de las personas utilizan la PR-52, el 19% la carretera PR-1 y el 14% ambas alternativas.

Motivos de viajes

Entre ambas regiones los motivos de viajes son:

- Trabajo : 60%
- Compras : 6%
- Educación : 9%
- Visitar familias o amigos : 11%
- Otros : 20%

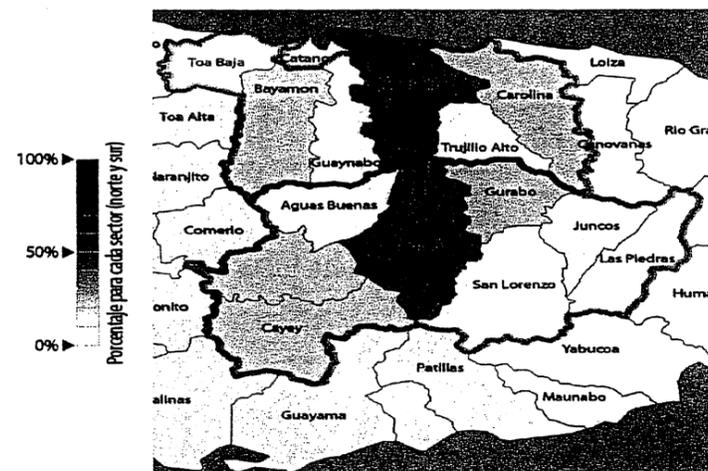
Origen y destino

El 57% o sea 300,900 viajes por semana vienen del Sur hacia el Norte. El 43% o sea 228,200 viajes semanales vienen del Norte hacia el Sur.

Si se considera el origen y el destino de los viajes municipio por municipio, aparece una jerarquía bien contrastada entre los municipios.

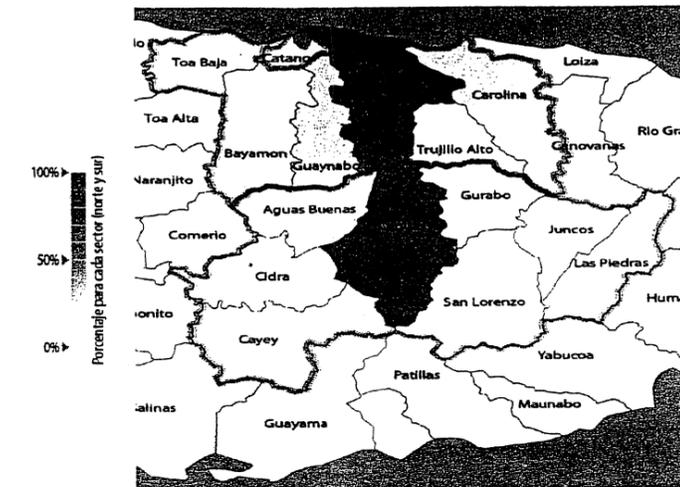
Los municipios de Caguas y San Juan emiten la mitad del número total de viajes originando de la zona Sur para Caguas y de la zona Norte para San Juan. Cada otro municipio pesa entre el 2 y el 15%.

Orígenes de desplazamientos 2003 según encuesta



El contraste entre los municipios de Caguas y San Juan y los otros municipios es aun más fuerte cuando se considera el destino de los viajes. Caguas es el destino principal con el 83% de los viajes desde el Norte mientras que San Juan atrae el 78% de los desplazamientos de los habitantes del Sur.

Destinos de desplazamientos 2003 según la encuesta



Preferencia específica en la demanda

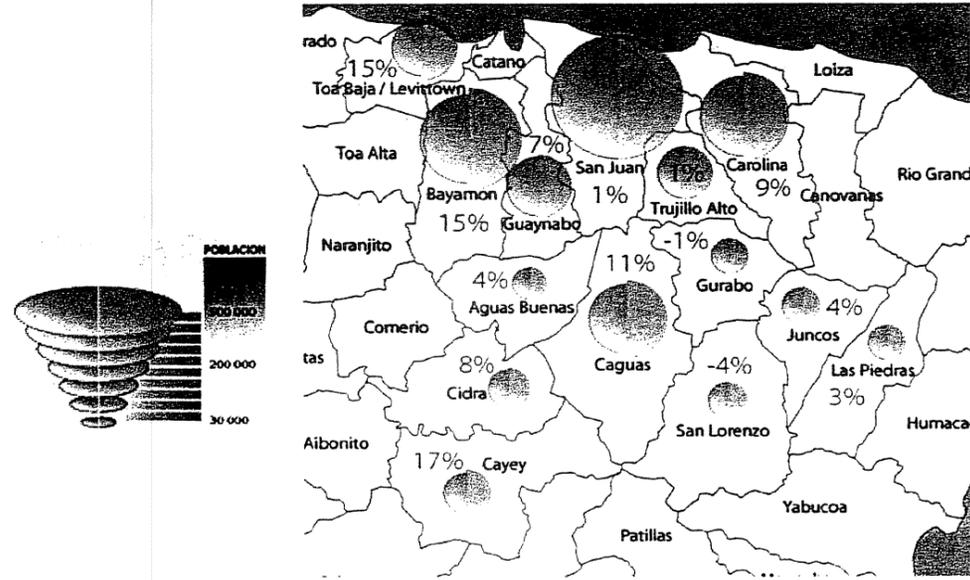
- Casi dos terceras partes (64%) prefieren la opción de un tren liviano entre Caguas y San Juan.
- Un 40% prefiere un tren sin paradas y otro 24%, con una parada intermedia.
- Se constató una alta intención en utilizar un tren liviano con conexión al Tren Urbano a un costo de \$1.50 a \$2.00 por viaje.

Las principales razones de aceptación del sistema de transportación masiva rápido son el ahorro de gasolina, el ahorro de tiempo, la rapidez en llegar al destino y la disminución de la congestión vehicular.

4.3 Proyecciones de la clientela

A partir de la matriz de demanda 2003 provista por la encuesta, se calcula la matriz 2010 gracias a las proyecciones de la población en 2010 por homotecia. La evolución de viajes de los habitantes de cada municipio es igual a la evolución de la población por municipio.

Hipótesis de crecimiento de la población 2000-2010



4.3.1 Proyección 2003

La proyección de la demanda en 2003 corresponde a la situación socio-económica de 2000 con la realización del proyecto del Tren Urbano en San Juan. En la zona Norte, entre San Juan y Bayamón, circula el Tren Urbano con una frecuencia de 5 minutos en hora pico. En la zona Sur, los transportes públicos no están muy desarrollados.

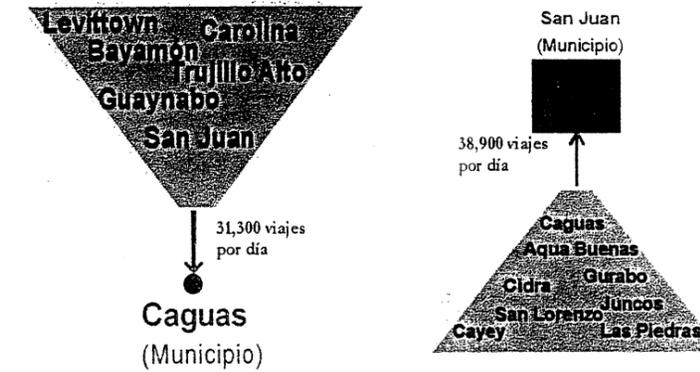
La **demanda mínima** concernida por el proyecto es calculada a partir de los tiempos generalizados con una hipótesis máxima de dos (2) trasbordos.

El potencial mínimo de los viajes es de 70,200 por día y consta de:

- Los viajes de los habitantes del Norte hacia Caguas municipio: 31,300 por día por sentido,
- Los viajes de los habitantes del Sur hacia San Juan municipio: 38,900 por día por sentido.

Esta demanda representa el 80% de los viajes.

Flujos concernidos por el proyecto



Para los proyectos de transporte colectivo en Francia y en Europa, la elasticidad de la demanda varía entre 0,8 y 1,2. Aunque la motorización de Puerto Rico es alta, sus comportamientos no están acostumbrados a los transportes colectivos (sólo en viajes de carácter interurbano), un coeficiente de elasticidad igual a 1 (=1) parece aceptable.

Significa, que si hay un ahorro de tiempo igual a n %, la parte de mercado de transporte público es igual al porcentaje de ahorros de tiempo.

En el caso contrario, la parte de tiempo es del 3 %.

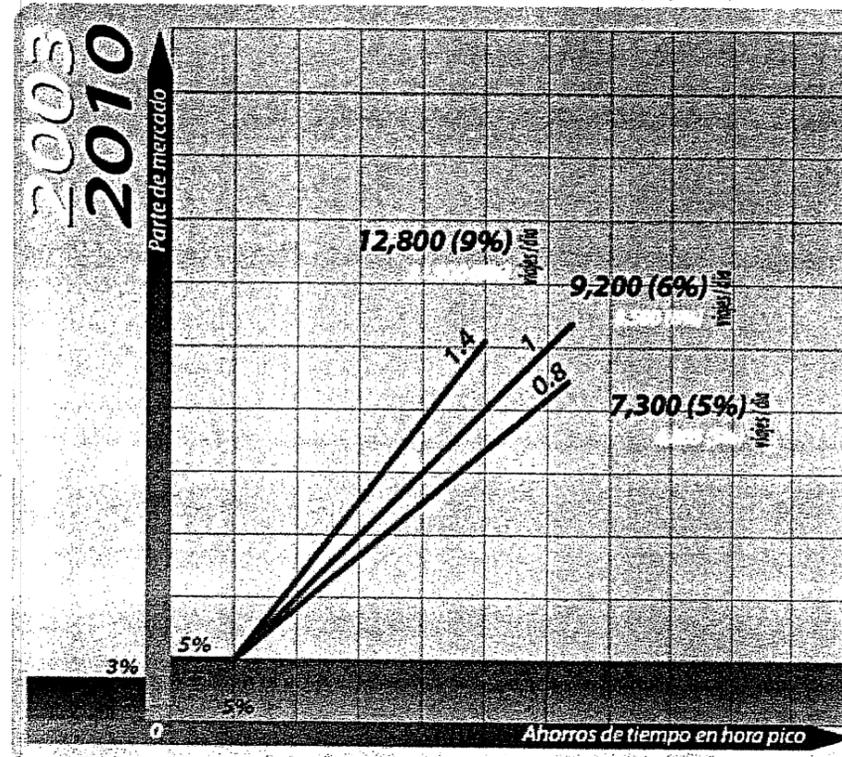
Con pruebas de sensibilidad de variación de la demanda a los ahorros de tiempo (con tres hipótesis para los coeficientes de elasticidad: 0.8 –pesimista-, 1 –aceptable, 1.4 –optimista-) se puede estimar la parte de mercado entre los 5% a 8%; o sea **6,800 a 11,900 viajes por día**.

4.3.2. Proyección 2010

La situación 2010 corresponde a la demanda corregida con las proyecciones de población al 2010. La parte de mercado varía entre los 5% y 9%; o sea 7,300 y 12,800 viajes por día.

Con el coeficiente de elasticidad de 1, la clientela del proyecto es de 9,200 viajes por día en 2010 (6% de parte de mercado), sea 458 viajes en hora pico por dirección.

Proyecciones 2003 y 2010 (viajes/día, ambos sentidos)



Las tres curvas de color azul representan los valores de la demanda en función de tres hipótesis para los coeficientes de elasticidad: 0.8, 1 y 1.4

Los valores en blanco corresponden al año 2003, los valores en rojo al año 2010. Los porcentajes indican la parte de mercado del transporte colectivo.

Esta demanda necesita un sistema que tenga una fuerte evolutividad para su desarrollo. En efecto, ella puede ser aumentada gracias a políticas complementarias:

- Políticas atractivas para el uso integrado de Transporte Individual y Transporte Colectivo,
- Disuasión del uso del transporte individual como único medio de transporte: tarifa del peaje, política de estacionamiento.

5. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

El proceso de elaboración y evaluación de las alternativas se divide en tres etapas:

1. La expresión de las diferentes problemáticas en término de trazado y equipo rodante,
2. La definición de las alternativas (ver esquema en el párrafo 5.2),
3. El estudio comparativo de las alternativas, para llegar a la definición de un escenario para profundizar.

Como se encuentran varias alternativas, este estudio se basa sobre un proceso convergente gracias a la eliminación de algunas alternativas y a la propuesta de elecciones intermedias. Reuniones específicas entre el Departamento de Transportación y Obras Públicas y el Consultor se organizaron en febrero y junio 2003 para validar las alternativas descartadas y hacer las elecciones intermedias.

5.1 Problemáticas

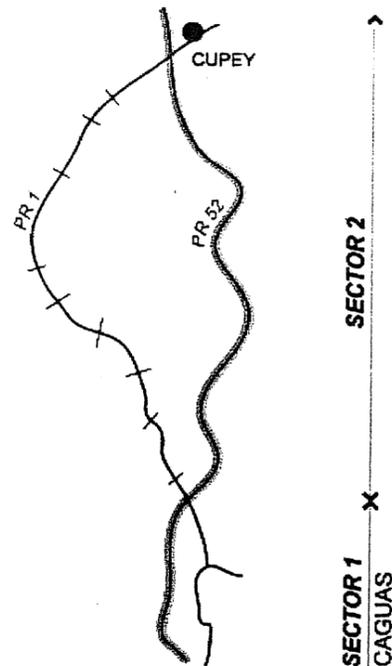
5.1.1 El trazado

En el corredor de estudio se notan dos problemáticas distintas que son:

- Al Sur de los nodos de las carreteras PR52 – PR1 – PR30 con **dos alternativas de final de línea en Caguas;**
- Al Norte de dicho nodo hasta San Juan: se trata de la **identificación del trazado o en la PR1 o en la PR52** hasta un contacto con una estación del tren urbano (Cupey, Centro Médico o San Francisco).

Estas dos problemáticas llevan a una ramificación del perímetro de estudio en dos sectores (ver al lado).

Dentro de cada sector, existen diferentes alternativas que son descritas más a bajo.

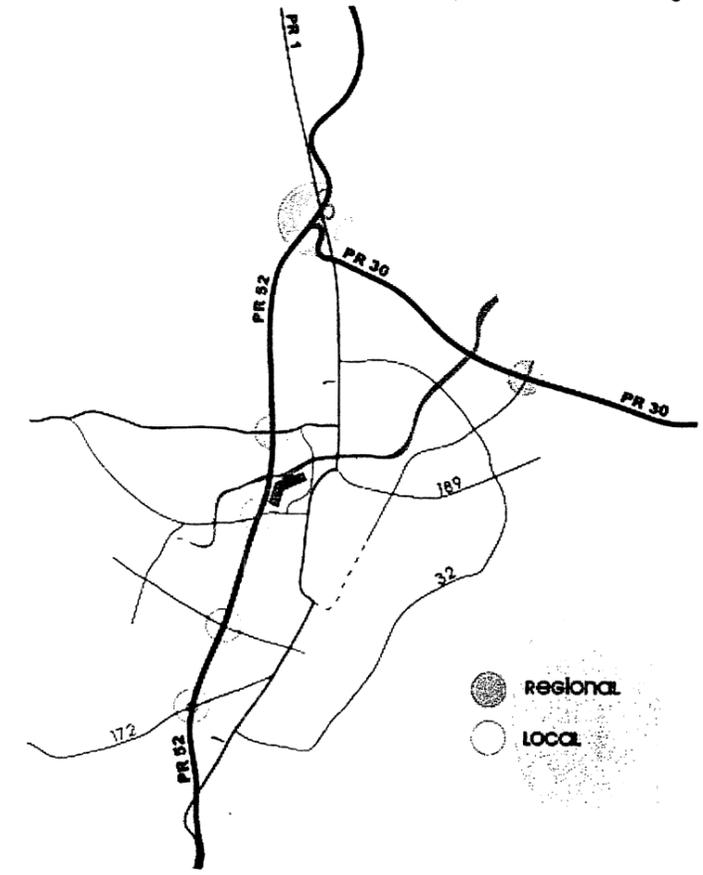


Sector 1: dos alternativas para la ubicación del final de línea

Se trata de identificar el polo de intercambio tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- Como Caguas es el centro de una región de más de 400,000 habitantes quienes tienen vínculos fuertes con San Juan (por diferentes razones como trabajo, placer, universidad, ...), el polo de intercambio de Caguas debe ser de nivel regional y estar bien ubicado en relación a la red vial para favorecer viajes bi-modales combinados:
 - transporte individual (o colectivo) desde los municipios alrededores de Caguas hacia el polo de intercambio de Caguas,
 - transporte colectivo entre Caguas y San Juan.
- El conocimiento del desarrollo de las carreteras y de los nodos de intercambio en Caguas nos indica sobre la localización más viable del final de línea del transporte público y del futuro polo de intercambio. El estudio “Caguas 2020 – A summary of the strategic urban design study for the urban zone – Municipio de Caguas – octubre 1998” indica tres posibilidades de ubicación para un nodo de intercambio de escala regional.

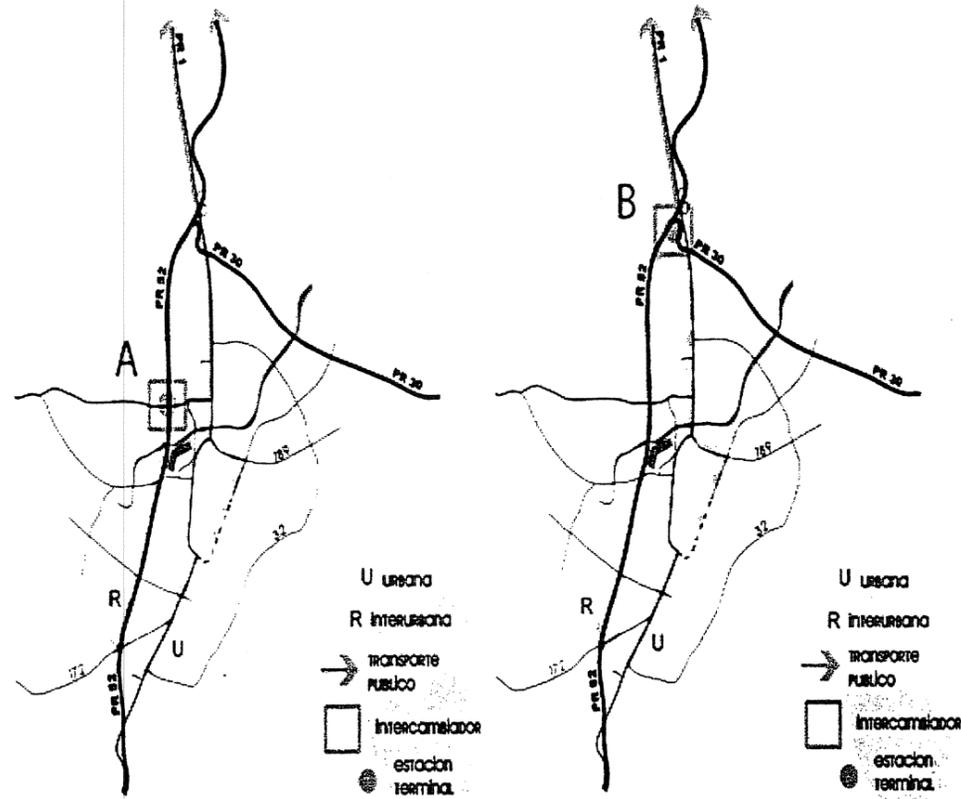
Nodos de intercambios regionales y locales alrededor de Caguas



Fuente: estudio “Caguas 2020”

- El principio de la línea que llega del Norte desde San Juan nos permite identificar dos zonas eficientes para la ubicación del futuro polo de intercambio. Estas dos zonas están localizadas en el **nodo PR1 - PR52 - PR30** (opción llamada "A") y en la **zona del nodo de Catalinas** (opción llamada "B").
- Para cada opción, se debe prever desde el inicio la disponibilidad de un terreno adaptado al tamaño de un polo de intercambio regional.

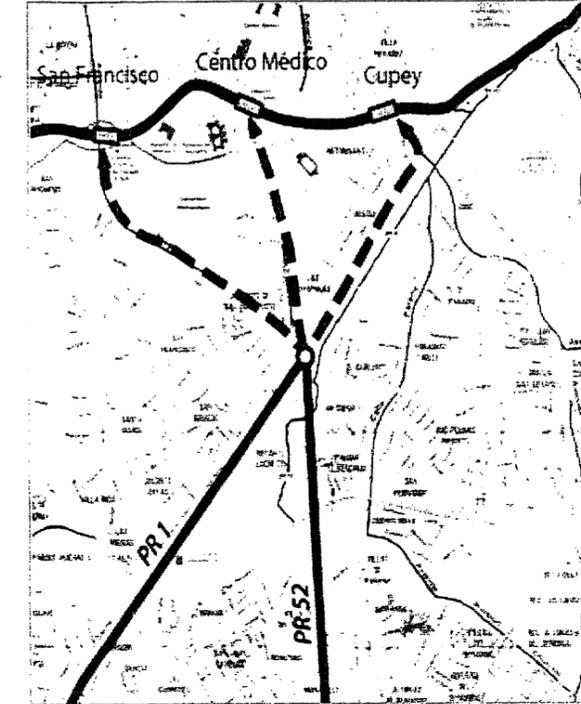
Las dos opciones para la ubicación del polo de intercambio en Caguas



Sector 2: tres alternativas para la conexión al Tren Urbano en San Juan

Llegando de la PR-1 o de la PR-52 desde Caguas, se puede en teoría, alcanzar tres estaciones del Tren Urbano. Del oeste al este, son: San Francisco, Centro Médico y Cupey.

Tres alternativas para la conexión al Tren Urbano en San Juan



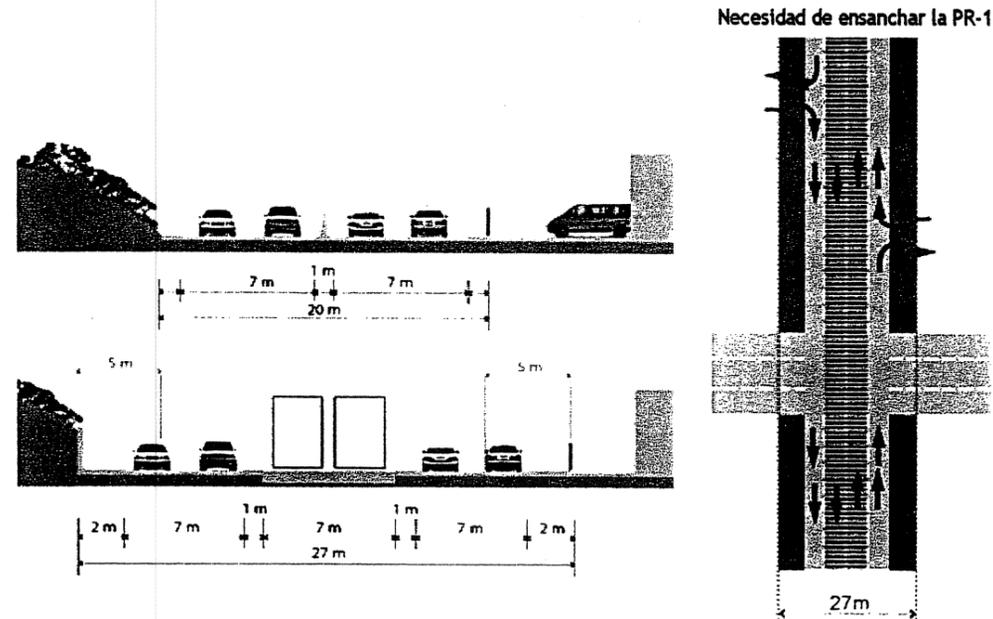
Entre estas tres estaciones, la de Cupey se distingue principalmente por tres razones:

- Presenta las posibilidades de acceso menos complicadas en términos de obras civiles entre las tres estaciones,
- Tiene espacio favorable para la ubicación de la estación terminal, directamente al lado de la estación del Tren Urbano,
- Dicha estación está ya estudiada como un polo de intercambio urbano mayor (con la red de guaguas, taxis y el transporte individual).

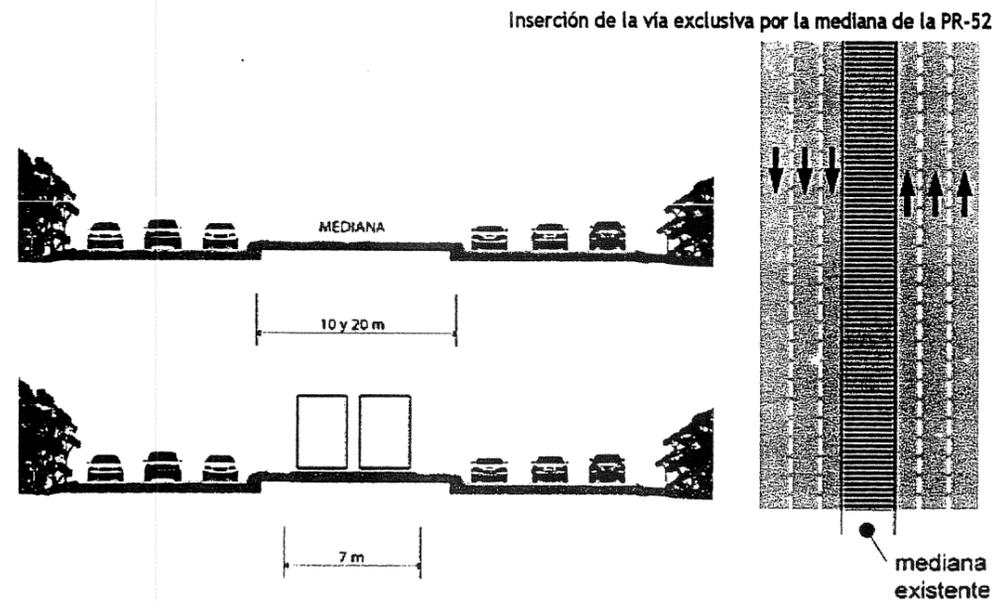
Por estas razones, se descartan las estaciones de San Francisco y Centro Médico.

Sector 2: dos alternativas para el recorrido PR-1 o PR-52

En el caso de la PR-1, la problemática es el ancho de la carretera. Como no se puede disminuir el número de carriles, debido al volumen de tránsito alto, tanto en camiones como en carros, se necesita ensanchar la carretera para colocar la vía exclusiva. Además, el número de puntos singulares, como cruces por ejemplo, es alto (ver párrafo 0).



En el caso de la PR-52, la mediana existente puede recibir sin problema la vía exclusiva. Existen sin embargo puntos singulares (ver párrafo 0).



5.1.2 El modo de transporte

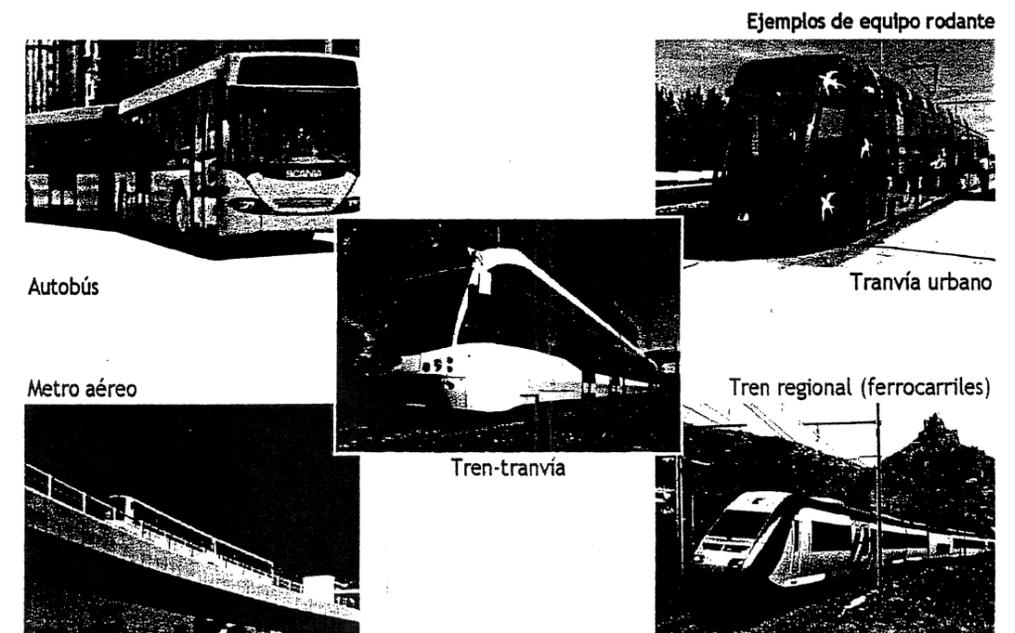
Los objetivos definidos tienen impactos sobre la elección del modo de transporte. Su traducción en término de problemática es la siguiente:

- Un sistema de transportación colectiva tiene que responder a la demanda de pasajeros. Significa tener una **capacidad amplia**;
- El objetivo de tiempo de recorrido implica sistemas que deben alcanzar **velocidades altas** (cerca de 75 mph);
- El equipo rodante, como la parte más visible del sistema, es el vector principal de **confort e imagen atractivos**.

Además, se debe considerar los aspectos siguientes:

- La **evolutividad** del sistema: de nuevo, el vector principal es el equipo rodante que debe poder evolucionar en el tiempo (evolución de la demanda) y en el espacio (posibles extensiones).
- La configuración espacial del eje San Juan-Caguas refleja una **problemática interurbana**. El equipo rodante tiene que ser adaptado a esta configuración.
- La **contaminación**: es creciente la exigencia de tener sistemas que respeten el ambiente y reduzcan la contaminación. El equipo rodante tiene que llevar ventajas ambientales versus el automóvil.

Frente a estos seis ejes, existe una variedad de tipos de equipo rodante: carros públicos, autobuses (guaguas), tranvías urbanos, tren-tranvía, metros aéreos y trenes regionales (ferrocarriles).



Desde ahora, siempre con el objetivo de mantener un número aceptable de alternativas, se pueden descartar algunos tipos de equipo rodante, enfocándonos sobre dos tipos bien contrastados. El cuadro siguiente compara los modos y lleva argumentos para seleccionar los dos modos de preferencia en la continuación del estudio.

	Capacidad	Velocidad	Imagen y confort	Evolutividad	Adaptado al caso interurbano	Reduce la contaminación	Puntos
Carros públicos	--	-	--	+	No	No	-7
Guaguas	-	+	-	+	Si	Posible(*)	3
Tranvía urbano	+	-	++	+	No	Si	4
Tren-tranvía	+	+	++	+++	Si	Si	8
Metro aéreo	++	+	+	+	No	Si	5
Tren regional	+	++	+	-	Si	Si	5

(*) Con alimentación eléctrica.

Leyenda y método de cálculo de los puntos:

-- [bajo] | - [bajo a medio] | + [medio a alto] | ++ [alto]
 - = [-1] | -- = [-2] | + = [+1] | ++ = [+2] | Si o posible = [+1] | No = [-1]

A partir del cuadro precedente, se puede concluir lo siguiente:

- Dos modos no son adaptados a los diferentes elementos de problemática: los taxis colectivos y el tranvía urbano. Se propone descartarlos.
- A pesar de los aspectos de capacidad así como imagen y confort, el autobús o guagua puede representar un modo de preferencia, llamado modo “bajo”, porque es confiable, eficiente y poco oneroso.
- Los metros aéreos y trenes pesados no presentan tantas ventajas como la familia de los trenes-tranvías más livianos. Se propone entonces descartarlos y guardar el tren-tranvía como otro modo de referencia, llamado modo “alto”.

En la continuación del estudio, se va a construir un escenario incluyendo dos alternativas contrastadas en término de modo de transporte: guagua o tren-tranvía.

5.3.1.2 Ubicación del polo de intercambio cerca de "Las Catalinas": Opción A

Opción A (llegando de San Juan por la PR-52)

Trazado: por un elevado desde el centro de la autopista que permite cruzar la PR-52 en dirección de Caguas. El viaducto cruza también la PR-1 y la rampa de acceso a la PR-30.

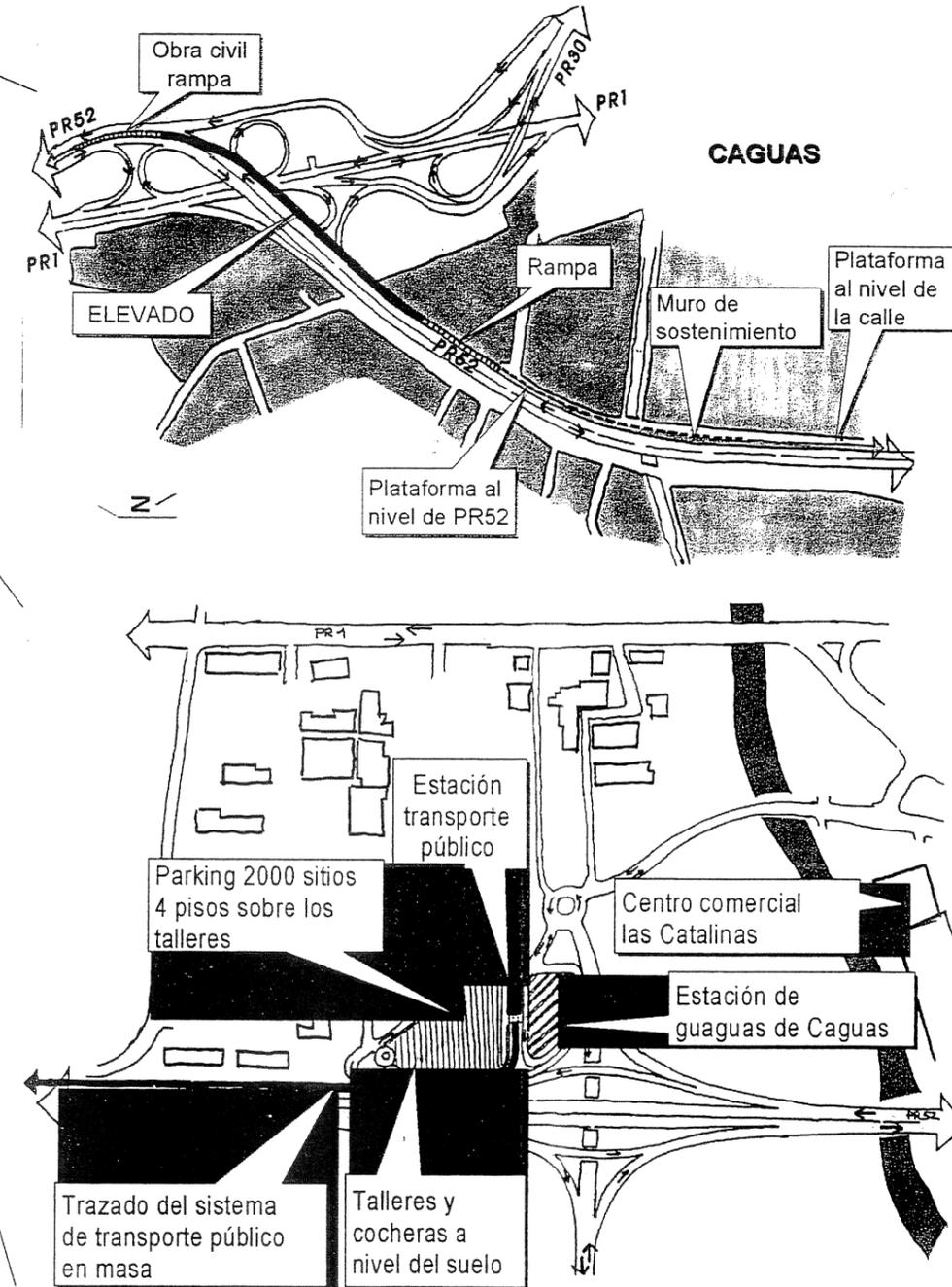
Localizado en la parte Este de la autopista, el trazado sigue pegado a la PR-52. La obra civil del elevado se termina cuando la franja de terreno disponible a lo largo de la autopista lo permita. Siguiendo al sur, el trazado de la plataforma exclusiva se desarrolla en la calle que bordea la PR-52 hasta el nivel del terreno, propiedad de la municipalidad en el sector "Las Catalinas". El dicho terreno se localiza en la zona del intercambiador de carreteras PR-52 - Calle Zafiro, precisamente al norte de la Calle Zafiro y al Este de la autopista.

Esta parcela, de unos 45,000 m² aproximados, permite la ubicación del polo de intercambio y de los talleres y cocheras.

La proximidad de la autopista, el nodo de intercambios de carreteras y la proximidad de la zona de las Catalinas favorecen una buena viabilidad para esta solución.



Organización espacial esquemática:



Opción A Llegando de San Juan por la PR-1

En esta opción, el trazado de la plataforma exclusiva se ubica en la carretera PR-1 al nivel del suelo. Desde el cruce con la PR-52, al nivel inferior, el recorrido sigue por el centro de la PR-1 hasta el cruce con la calle Zafiro prolongada. Sigue después por la calle Zafiro hasta el terreno municipal, localización del polo de intercambio.

Como en la solución precedente, el polo de intercambio se ubica en dicho terreno.

La solución supone una reordenación completa de la carretera PR-1, de fachada a fachada (ver ejemplo abajo).



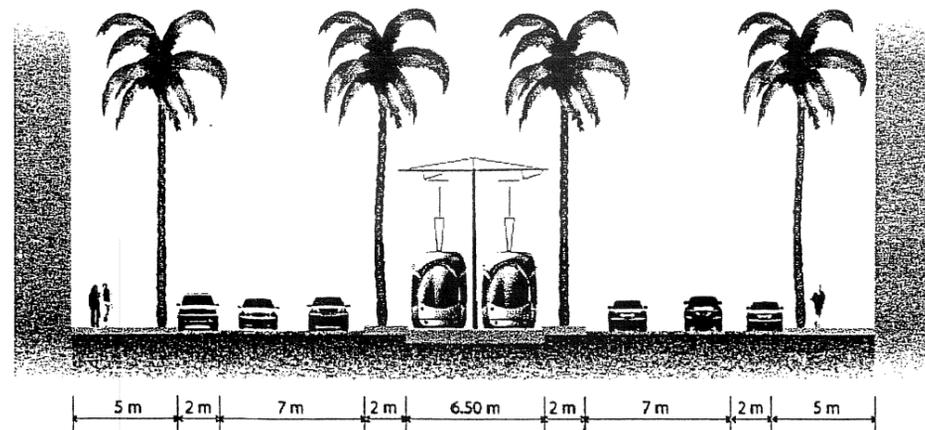
Opción A: comparación multicriterios acceso por PR-52 o PR-1

	PR-52	PR-1
VIABILIDAD		
Tiempos de recorrido en sector 1	2.4 minutos	4 minutos
Imagen y confort	Buena por trayecto rápido	Buena si reordenación de la PR-1 en boulevard
Interconexiones con la red vial	Buena: nodo "LAS CATALINAS"	Buena: nodo "LAS CATALINAS"
Evolutividad (evolución y extensión de la red)	Posible interurbana o urbana	Posible interurbana o urbana
FACILIDAD		
Longitud del trazado	2.37 km	2.85 km
Consistencia de las obras civiles	Elevado en el nodo PR-52/PR-1/PR-30	Ninguna: trazado al nivel de la carretera
Dificultades de construcción	Obras en elevación sobre PR-52	Reordenación de la PR-1
Definición de los talleres y cocheras	En el polo de intercambio	En el polo de intercambio
IMPACTO		
Medio urbano	Impacto reducido (a lo largo de autopista)	Importante: reordenación PR-1
Expropiaciones	No	Según proyecto de reordenación
Reordenación y arreglos de las calles y carreteras	No	Si: la PR-1 y C/ Zafiro
INVERSIÓN		
Inversión * (bus / tranvía)	54.04 / 59.88	55.00 / 61.98

* Los costos no incluyen el desvío de redes, las expropiaciones, la alimentación en energía, el equipo rodante así que los talleres y cocheras.

En la opción A, a pesar de los aspectos positivos del recorrido en la PR-1 (reordenación urbana de la carretera y trazado al nivel de la calle), **la solución más rápida para el transporte público es el recorrido por la PR-52, la cual nos ofrece la mejor viabilidad:** trayecto directo y más corto que PR-1, sin cruces con otras carreteras.

Ejemplo de reordenación completa de la PR-1 de fachada a fachada



5.3.1.3 Ubicación del polo de intercambio cerca del nodo PR-52/1/30: Opción B

Opción B llegando de San Juan por la PR-52

Trazado: por un elevado, desde el centro de la autopista, que permite cruzar la PR-52 en dirección a Caguas. El elevado cruza también la PR-1 y la rampa de acceso a la PR-52.

La estación terminal en elevado se localiza al nivel de la autopista, en la zona incluida entre PR-52 y PR-30, tomando en cuenta el proyecto de conexión PR-30/PR-52. El terreno que queda disponible al nivel del suelo permite, en este caso, ubicar el estacionamiento y la estación de guaguas.

Por lo tanto, en este caso los talleres y cocheras tendrían que desarrollarse en otro terreno identificado como propiedad del gobierno, en el mismo sector al este de PR-1 y de PR-30.



Opción B: comparación multicriterios acceso por PR-52 o PR-1

	PR-52	PR-1
VIABILIDAD		
Tiempos de recorrido en sector 1	0	0
Imagen y confort	Penalizado por razón de factibilidad estación en elevado (acceso desnivelado)	Buena : acceso directo por carretera al nivel del suelo
Interconexiones con la red vial	Buena: nodo regional	Buena: nodo regional
Evolutividad (evolución y extensión de la red)	Posible interurbana y urbana	Posible urbana, difícil interurbana
FACTIBILIDAD		
Longitud del trazado	0	0
Consistencia de las obras civiles	Elevado en el nodo de carreteras PR-52/PR-1/PR-30	No
Dificultades de construcción	Obras en elevación sobre PR-52	No
Definición de los talleres y cocheras	En un terreno a l'Este de PR-1 Acceso específico desde PR-52 (elevado)	En un terreno a l'Este de PR-1 Acceso con vía única al nivel de la carretera
IMPACTOS		
Medio urbano	No impactos significativos	No impactos significativos
Expropiaciones	No	No
Reordenación y arreglos de las calles y carreteras	No	Sección utilizada de la PR-1
COSTOS		
Inversión *	64.0	30.2

* Los costos no incluyen el desvío de redes, las expropiaciones, la alimentación en energía, el equipo rodante así como los talleres y cocheras.

En la opción B, el análisis de las dos soluciones favorece la recomendación del recorrido en la PR1 por los temas: factibilidad, viabilidad, acceso a la estación del transporte público y costos.

Opción B llegando de San Juan por la PR-1

En esta solución, el trazado de la plataforma exclusiva se ubica en la carretera PR-1 al nivel del suelo. El recorrido en el centro de la carretera gira en dirección del terreno localizado entre PR-52 y PR-30. El cruce con PR-30 se trata con un desnivel del transporte público hasta la estación terminal. Una otra rama con vía única cruza la PR-1, al nivel del suelo en dirección del terreno localizado para los talleres y cocheras, al Este de PR-1 y PR-30.



5.3.1.4 Conclusión: elección del punto A (por PR-52) o B (por PR-1)

El cuadro siguiente compara las dos alternativas que quedan:

	A	B
VIABILIDAD		
Funcionalidad del intercambiador	+++	+
Accesos y conexión con red vial	++	+
Imagen transporte público	+++	++
Imagen para la ciudad	+++	+
Integración urbana	++	+
Tiempo de recorrido	+	+++
FACTIBILIDAD		
Longitud del trazado	+	+++
Dificultades de construcción	++	++
Talleres y cocheras	+++	+
Organización de los accesos (carros y guaguas)	+++	+
IMPACTOS		
Medio urbano	+++	+
Expropiaciones	0	0
Calidad de integración del polo de intercambio	+++	+
COSTOS		
Inversión	+	+++

El análisis de las dos opciones para la ubicación del polo de intercambio en Caguas nos indica más ventajas en la opción A, tanto del punto de vista de la organización intermodal de los transportes, que del punto de vista de la integración urbana, del urbanismo de manera general, de la viabilidad y de la atraktividad del transporte público.

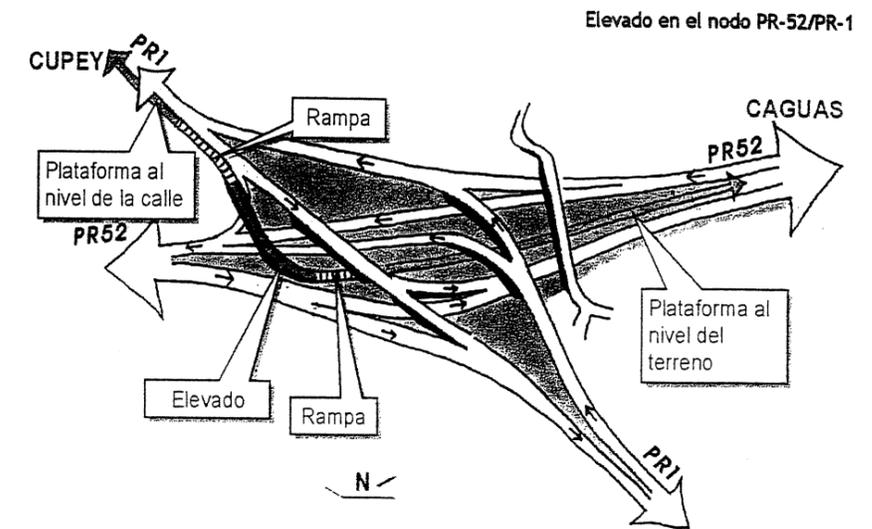
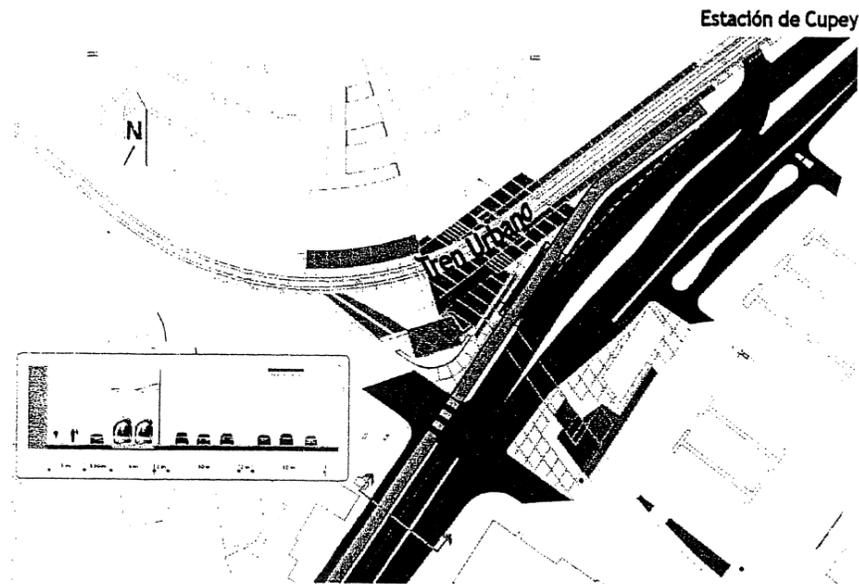
Se propone la opción A por PR-52 para la ubicación del polo de intercambio en el sector de las Catalinas.

5.3.2 Sector 2 (de la entrada norte de Caguas a San Juan)

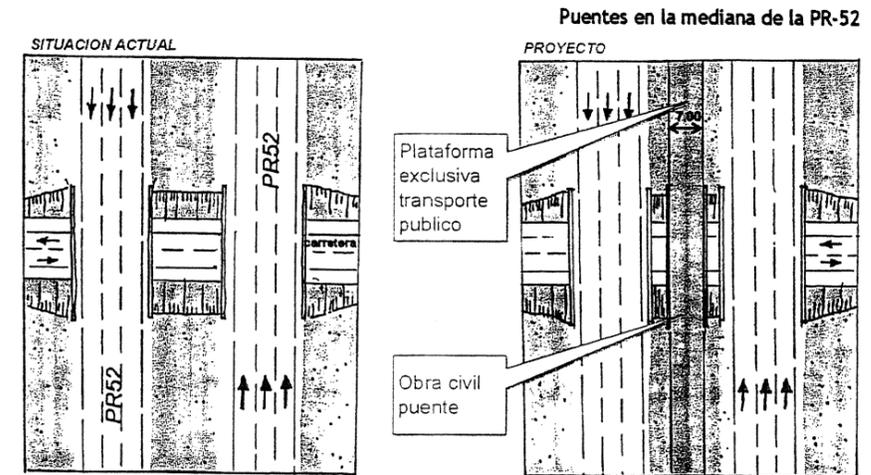
Por la PR-52

Descripción del trazado

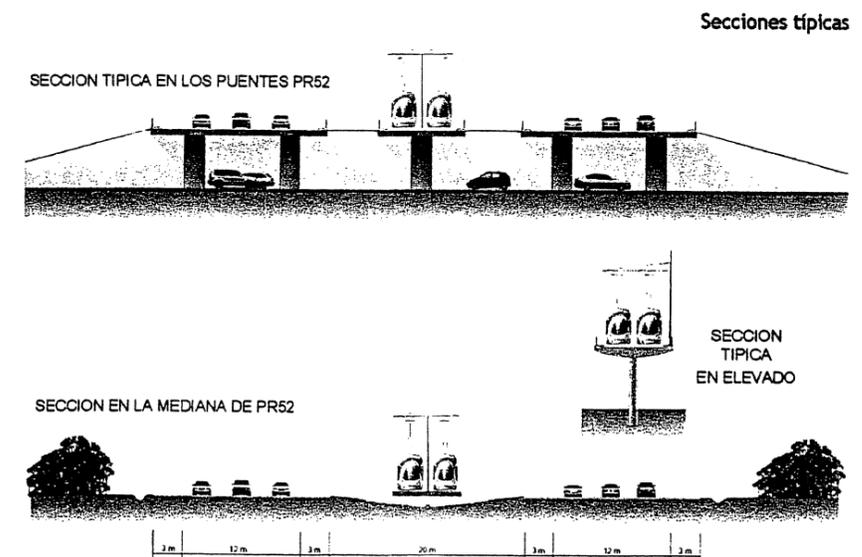
- Desde la estación del Tren Urbano de Cupey, la plataforma del sistema de transporte público se ubica en la parte Norte de la carretera PR-1;
- Un elevado permite al trazado cruzar el nodo de carreteras PR-52/PR-1 hasta un punto a donde la plataforma exclusiva se implanta;
- En el centro de la autopista PR-52, en la zona de la mediana al nivel del suelo, el trazado sigue hacia el Sur, siempre en la mediana con plataforma exclusiva de 7 metros de ancho para la circulación del sistema en doble dirección;
- 12 obras civiles (puentes) son necesarias en el recorrido por el centro de la PR-52 en las cruces con carreteras al nivel inferior;
- Siempre en el centro de la PR-52, el trazado atraviesa el peaje de la autopista utilizando dos filas de cobro;
- El recorrido sigue hacia el Sur atravesando el nodo PR-52/PR-1/PR-30 con un elevado. El viaducto 900m de longitud cruza el nodo de carreteras.



Elevado en el nodo PR-52/PR-1



Puentes en la mediana de la PR-52

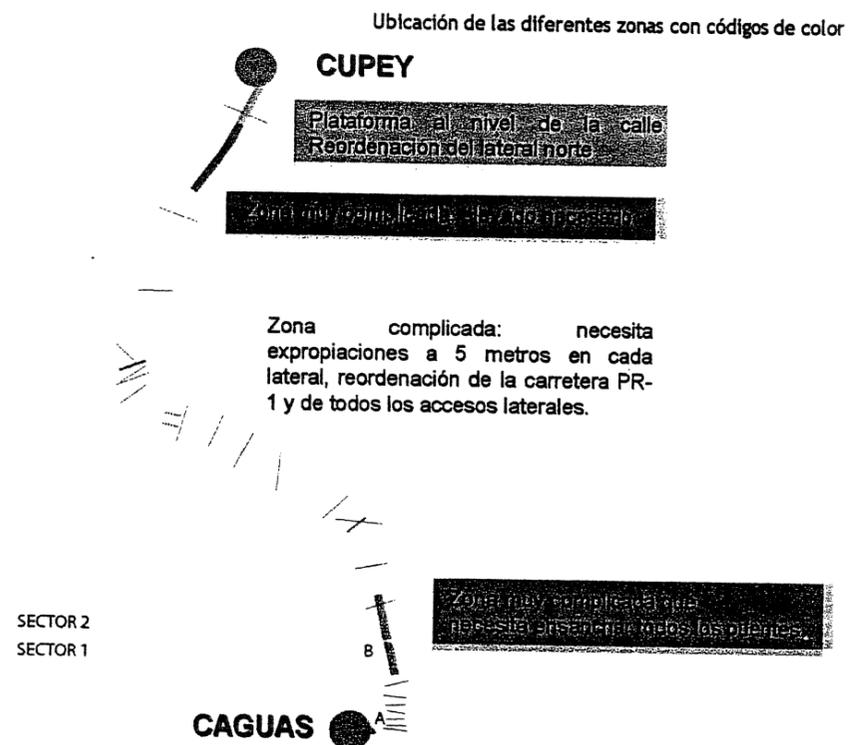
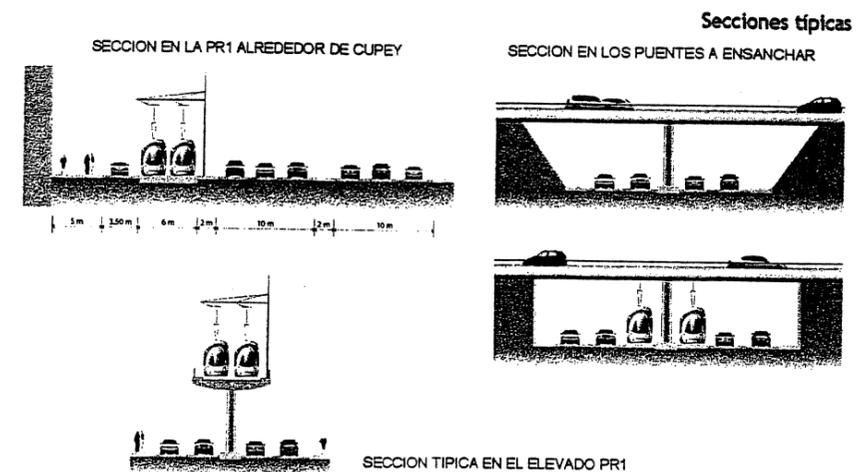


Secciones típicas

5.3.2.2 Por la PR-1

Descripción del trazado

- Desde la estación del tren urbano de Cupey, la plataforma del sistema de transporte público se ubica en el lateral Norte de la carretera PR-1;
- Un elevado de 2,020 metros permite al trazado cruzar el nodo de carreteras PR-52/PR-1 hasta la PR-177. Es una zona muy difícil de ensanchar, a donde el elevado se ubica en el centro de la carretera a una altura de 6 metros del nivel del suelo;
- En el centro de la PR-1 y al nivel del suelo, el trazado sigue hacia el Sur, con plataforma exclusiva de 7 metros de ancho para la circulación del sistema en doble dirección. Esta ubicación necesita ensanchar la PR-1 de unos 10 metros (5 metros en cada lateral). Esta configuración sigue durante 13.5 km y se encuentran unas 13 intersecciones con otras carreteras;
- Tres puntos complicados se encuentran en esta parte del recorrido que son: un puente de carretera al nivel superior a ensanchar, 420 metros de muro de sostenimiento a construir, un puente a ensanchar sobre un río;
- Hasta el límite del sector 2 queda una zona de unos 1,000 metros muy complicada a donde se necesita ensanchar algunos puentes (bajo de PR-52 en particular).



5.3.2.3 **Conclusión: elección del trazado por PR-52 o por PR-1**

	PR-52	PR-1
VIABILIDAD		
Tiempos de recorrido en sector 1 (bus / tranvía)	14.6 / 10.6 minutos	24 / 24 minutos
Imagen y confort	Buenos por razón de trazado directo, rápido, sin cruces con carreteras, calidad del trayecto	Penalización por recorrido en una carretera muy cargada, con cruces
Cruces con la red vial	1	16
Evolutividad (evolución y extensión de la red)	posible	posible
FACTIBILIDAD		
Longitud del trazado	17.0 km	17.82 km
Consistencia de las obras civiles	Dos elevados, ubicación de la plataforma en la mediana de la autopista	Un elevado, ubicación de la plataforma que necesita ensanchar la carretera existente. Reordenación de la sección.
Dificultades de construcción	Los elevados	El elevado y las expropiaciones
IMPACTOS		
Medio ambiente	Buena integración en la mediana	Cercanía con zonas urbanas y comerciales: impacto mayor
Medio urbano	Buena integración en la mediana	Reordenación de la sección de la carretera actual con expropiaciones total de 10 metros
Expropiaciones	no	Si, importantes
Sobre el negocio	no	Si : todo a lo largo de la PR-1
COSTOS (Millones USD, base € 1 = \$1.18)		
Inversión * (bus / tranvía)	82.52 / 111.31	139.17/ 180.73

* Los costos no incluyen el desvío de redes, las expropiaciones, la alimentación en energía, el equipo rodante así que los talleres y cocheras.

El análisis de las dos soluciones nos indica que el recorrido por PR1 no ofrece ninguna ventaja comparado al recorrido en la PR52.

Se propone el recorrido por la PR52.

5.3.3 **Compilación de las soluciones sector 1 + sector 2**

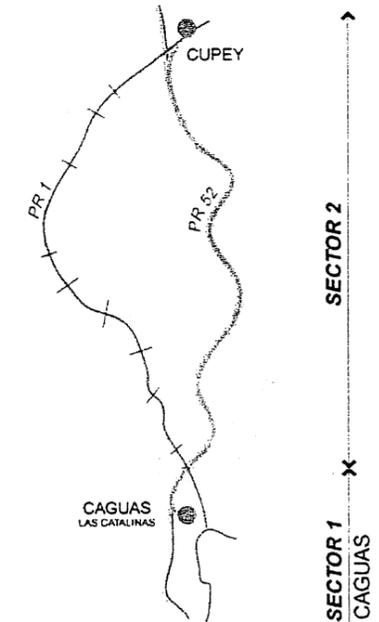
EL TRAZADO PROPUESTO EN LOS DOS SECTORES ES EL SIGUIENTE:

SECTOR 1 :

- Final de línea y polo de intercambio en Caguas "Las Catalinas"
- Acceso por PR52

SECTOR 2 :

- Trazado por PR52
- Final de línea en Cupey



5.3.4 Elección del modo: guagua o tren-tranvía

Observación importante: en esta comparación, se añadió una columna presentando el sistema guagua en carriles HOV (compartiendo los carriles con automóviles de alta densidad o “carpools”). Esta columna ayuda percibir las diferencias de eficiencia entre dos sistemas que no obstante se pueden llamar “guaguas”: las guaguas en carriles exclusivos y en carriles HOV.

	Carriles exclusivos para guagua o tren-tranvía		HOV lanes
	Guagua	Tren-Tranvía	Guagua+HOV
			
Tiempos de recorrido (objetivo 12')	17 minutos	13 minutos	23 minutos o peor en función de la congestión en la entrada/salida de del carril HOV
Oferta mínima	Cada 10 minutos (hora pico) Cada 20 minutos (fuera hora pico)	Cada 15 minutos (hora pico) Cada 30 minutos (fuera hora pico)	Cada 10 minutos (hora pico) Cada 20 minutos (fuera hora pico)
Capacidad en pasajeros	480 personas sentadas (por hora pico por sentido)	440 personas sentadas + 464 personas de pie (por hora pico por sentido)	480 personas sentadas (por hora pico por sentido)
Respuesta a la demanda estimada	Si	Si	Si
Evolutividad a la demanda	Baja	Alta (frecuencias, unidades dobles)	Baja
Evolutividad a largo plazo	Baja En tramos urbanos: no salto de calidad fuerte comparado a las guaguas existentes En tramos interurbanos: menos eficiente que el modo férreo	Alta En tramos urbanos: posibilidad de reordenación completa de las calles En tramos interurbanos: el modo férreo es el más eficiente en termino de tiempos de recorrido y confort	Baja En tramos urbanos: no salto de calidad muy fuerte comparado a las guaguas existentes En tramos interurbanos: menos eficiente que el modo férreo
Life cycle (equipo rodante/plataforma)	8/12 años	30/30 años	8/12 años
Imagen	+	+++	-
Confort accesibilidad	+	+++	-
COSTOS (Millones USD, base € 1 = \$1.18)			
Inversión por vehículo	0.27	4.72	0.27
Sobrecostos energía	31.08	61.30	-
Costos globales del material en el proyecto	1.89 (7 unidades)	23.6 (5 unidades)	2.7 (10 unidades) Se necesita más vehículos que la opción Guagua/Carril exclusivo a causa del aumento de los tiempos de recorrido

Existen dos argumentos fundamentales en la evaluación del modo según los criterios establecidos para el caso de Puerto Rico y San Juan Caguas.

Uno es la evolutividad. Otro es una imagen fuertemente atractiva para ayudar a conseguir el cambio drástico necesario para una cultura de transportación colectiva.

Si bien es cierto que a corto plazo los números son ventajosos para los sistemas de guaguas a través del mundo es cierto que a largo plazo esto cambia debido a los criterios de evolutividad y velocidad.

Hoy en día a estos criterios tradicionales se le añaden los criterios de medio ambiente y de integración urbana o ciudad habitable.

Estudiando el caso más específico planteado por el DTOP, en el cual existe un plan para establecer un sistema de carril de alta densidad como método de transportación colectiva esto complica aun más la evaluación.

Si se usa un carril exclusivo solo para las guaguas. Estas tienen capacidad para demanda pero no así velocidad ni evolutividad ni integración urbana según los criterios anteriores.

Si se usa este carril combinado con autos este pierde aun más su atractivo debido a que ahora el movimiento de las guaguas se atrasa por incidentes con los automóviles y congestión vehicular reduciendo aun más su atractivo.

A estos argumentos naturalmente hay que añadir los argumentos de imagen y confort y de cambio cultural.

Estos argumentos a largo plazo derrotan el uso del bus. En el capítulo siguiente, un párrafo específico presentará, bajo diversos aspectos, las ventajas del tren-tranvía en términos de evolutividad.

Entendemos el punto de vista del DTOP de aprovechar un proyecto establecido a corto plazo. Sin embargo el DTOP tendrá que tomar la decisión a favor de un sistema a largo plazo con la menor cantidad de competencias posibles para que la inversión de rieles rinda frutos.

6. DISEÑO TÉCNICO DEL ESCENARIO ELEGIDO

Advertencia: este trabajo de diseño técnico consiste en profundizar los trabajos anteriores hechos, a fin de comparar diversas alternativas. Como todo trabajo de profundizar, algunas diferencias pueden surgir entre los resultados dados en el párrafo 5 y los presentados abajo, sin cambiar fundamentalmente las características del proyecto.

6.1 Trazado

El trazado (planta y perfil) esta incluido en el anejo 9.3.

6.2 Estaciones y polo de intercambio de Caguas

El sistema propuesto consta de dos estaciones terminales en San Juan/Cupey y Caguas/Las Catalinas. La estación de Cupey debe ser integrada en la estación del Tren Urbano existente. Del otro lado, la estación de Caguas forma parte de un polo más grande que se presenta bajo el “polo de intercambio de Caguas”.

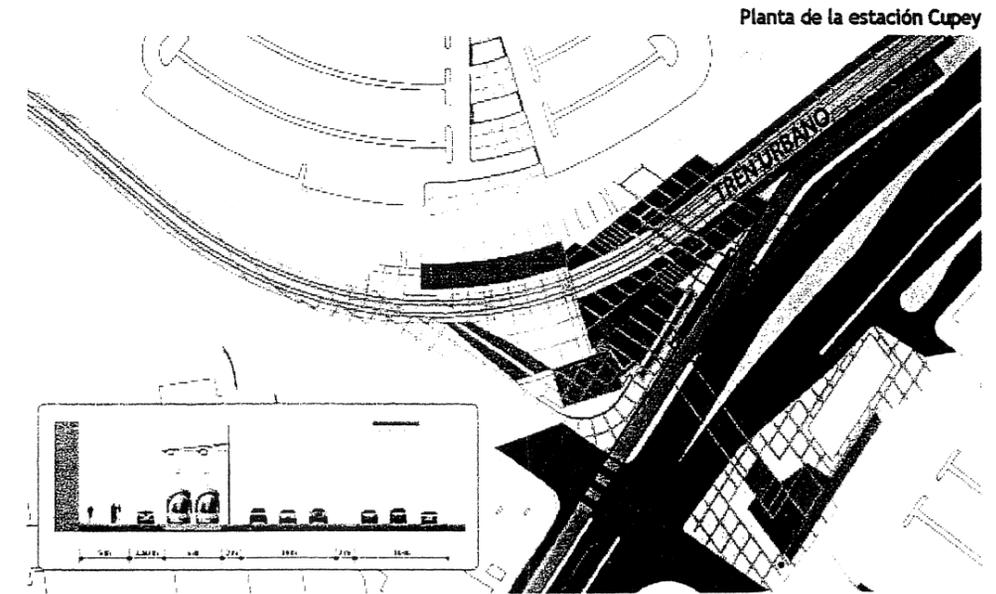
Una estación llamada “Montehiedra” (a la altura de las urbanizaciones de Caimito-Montehiedra) puede ser opcional. Se recomienda que esta estación sea evaluada con más detalle para identificar su impacto al resto del proyecto.

Los planos de planta y elevaciones de las estaciones y del polo de intercambio se encuentran en los anejos. Se presentan en este capítulo algunos extractos.

6.2.1 Estación Cupey

La estación está ubicada al lado del edificio de la estación del Tren Urbano. Es una estructura liviana y abierta (la validación de los billetes se hace a bordo de los trenes). Las dos plataformas laterales tienen las características siguientes:

- Longitud: 80 m, en alineación recta, permitiendo la recepción de un conjunto de dos trenes en unidad múltiple (cuando se debe aumentar la capacidad de los trenes en el futuro),
- Ancho mínimo: 3 m,
- Nivel de la plataforma: a 30 cm sobre el nivel de la calle con rampas de acceso haciendo la relación a nivel de las aceras. Este nivel de plataforma está compatible con el equipo rodante piso bajo, garantizando una accesibilidad óptima, en particular para las personas de movilidad reducida.



La estación beneficia las instalaciones previstas para la estación del Tren Urbano: estacionamiento, estación de guaguas y carros públicos.

6.2.2 Polo de intercambio de Caguas

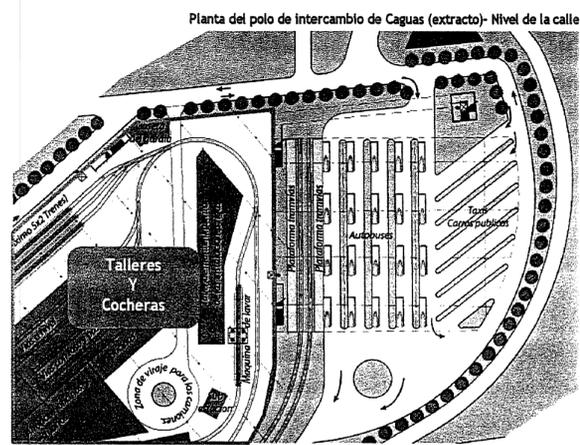
La necesidad de ofrecer una alternativa al transporte individual la más atractiva posible pide reunir en un solo lugar los diferentes modos de transporte para desarrollar la intermodalidad. Como en Cupey, este polo debe poder recibir, además de la estación del tren-tranvía, los guaguas, carros públicos y taxis así como un estacionamiento conocido como “P+R” para que las personas usando su propio vehículo estén incitadas a dejar su vehículo en Caguas y viajar en el tren hacia San Juan.

Gracias a la existencia de un terreno municipal de unos 45,000 m², se puede combinar en el mismo sitio el polo de intercambio y los talleres y cocheras (ver capítulo específico para el diseño de los talleres y cocheras).

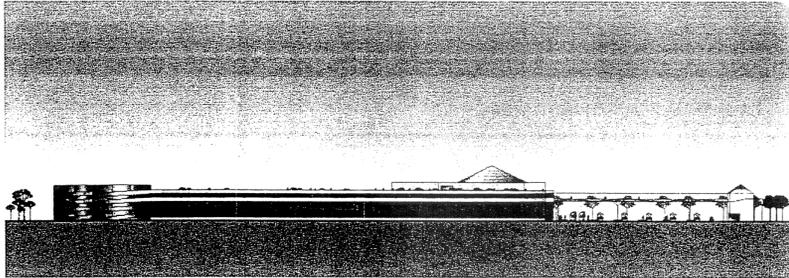
Para ofrecer la mayor accesibilidad, las estaciones de tren-tranvía, guaguas y carros públicos están ubicadas al nivel de la calle sobre una superficie aproximada de 13,500 m². Al lado de esta superficie, se ubican los talleres y cocheras. Encima de los talleres y cocheras, se ubica el estacionamiento P+R. Una pasarela vincula el estacionamiento a las estaciones de tren-tranvía, guaguas y carros públicos.

Para el diseño del número de sitios en estacionamiento, se tomó una hipótesis de un 6% de los flujos diarios de vehículos viajando de Caguas hacia San Juan, sean en total unos 2,000 sitios.

Las características de la estación de tren-tranvía son las mismas que las de la estación Cupey.



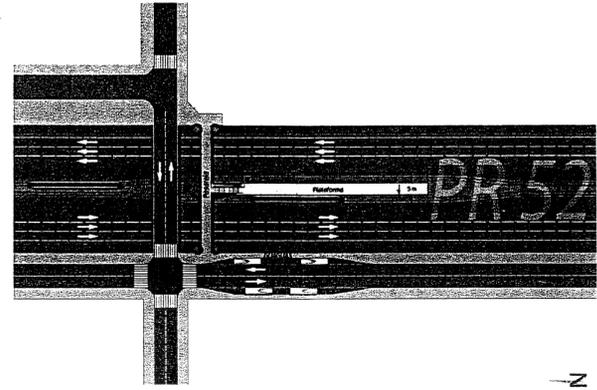
Elevación del polo de Intercambio de Caguas



6.2.3 Estación opcional "Montehiedra"

Esta estación liviana podría ubicarse en la mediana de la autopista PR-52. Una pasarela pasando en cima de la autopista hace el vínculo con las urbanizaciones al este y al oeste de la PR-52. Para optimizar el costo de inversión, la pasarela da acceso a una sola plataforma central. Esta plataforma tiene un ancho de unos 5 m.

Planta de la estación opcional "Montehiedra" (extracto)



A pesar que el contrato no incluye el concepto de estaciones intermedias por solicitud del DTOP se añade esta imagen. De todas maneras debemos señalar que, como indicado en el resumen ejecutivo, el estudio de mercado no favorece ahora mismo paradas intermedias. Esto no quita que en un futuro se pueda reconsiderar.

6.3 Programa de operación

El diseño del programa de operación consiste en las etapas siguientes:

- Definir la amplitud de operación y los periodos de hora pico,
- Adaptar la oferta a la demanda en hora pico y fuera de hora pico,
- Calcular los tiempos de recorrido,
- Calcular el numero de trenes necesarios,
- Calcular el total de kilómetros rodados (útil para la evaluación de los costos de operación).

Amplitud de operación

Se propone operar el sistema todos los días del año de las 06:00 AM a las 01:00 AM, sean 19 horas.

6 horas pico son previstas los días laborales, por ejemplo 06:30-09:30 AM y 04:30-07:30 PM. Por supuesto, en su momento, estos horarios serán coordinados con el horario del Tren Urbano.

Oferta para atender a la demanda

Los trenes tienen una capacidad de 110 personas sentadas + 116 de pie (4 personas por m²).

Con un orden de magnitud de la demanda de 460 pasajeros por dirección en hora pico, se propone una salida de tren cada 15 minutos en hora pico, por ejemplo a las 00, 15, 30 y 45 de cada hora. Fuera de hora pico, se propone una salida cada 30 minutos.

Tiempos de recorrido

Se calcularon los tiempos de recorrido gracias al programa "Vitesse TC". Este programa toma en consideración las características técnicas de la infraestructura (radios, pendientes, velocidad máxima autorizada) y del equipo rodante.

Se obtiene un tiempo de recorrido de Cupey a Caguas o viceversa de 810 segundos sean 13.5 minutos. Se añade un margen de seguridad (para absorber las varias perturbaciones en operación) de un 5% para alcanzar un tiempo de recorrido de 15 minutos.

Número de trenes necesarios

Se necesitan 3 trenes para operar el sistema todos los días, con una hipótesis de tiempo entre la llegada y la salida de un tren en las estaciones terminales igual a 7 minutos. Para las necesidades de mantenimiento y reserva, se necesitan en total 5 trenes.

Total de kilómetros rodados

Los 5 vehículos recorren un total de 658,657 km al año, sean 131,731 km por tren por año.

6.4 Obras civiles

El trazado o la ruta propuesta para el sistema tren-tranvía es una de tipo sencillo que consiste principalmente de una estación a ambos extremos de la ruta. La primera está ubicada en la estación

del tren urbano en Cupey. La segunda está ubicada al final de la línea en Caguas cerca del centro comercial de las Catalinas.

El trazado del sistema recorre toda la mediana de la ruta PR52 de la siguiente manera. El tren comienza a deslizarse desde la estación de Cupey hacia el sur por la ruta PR1. Continúa a lo largo de la calle Bori en dirección sur. De aquí entra por el puente a la carretera PR52 desde el tramo del carril reversible. Un poco después entra a la mediana de la ruta y sigue por esta misma mediana utilizando la vía establecida para el carril HOV.

Por este mismo trazado llega al peaje de Caguas Norte. Inmediatamente después de este peaje se levanta en puente para salvar los sistemas que cruzan la PR52 en la carretera PR1 cerca de Caguas. Este puente elevado sobre la PR52 lleva el tren hacia el lado sur de la autopista aterrizando cerca del sector Bairoa. Cuando se prosiga con el proyecto este tramo específico hay que coordinarlo con la firma de ingenieros que está haciendo la intersección con la 30 para evitar conflictos entre ambos.

De Bairoa se continúa por el lado sur de la autopista hasta llegar a la intersección con la calle Zafiro. En esta intersección el tren entra a la estación de Caguas. Esta estación también sirve de cochera y de terminal de mantenimiento para el sistema de San Juan -Caguas.

6.5 Vía

La puesta de vía del tren-tranvía de Puerto Rico tiene que permitir una velocidad de operación de 75 mph en entera seguridad y ofreciendo el mejor confort posible.

La inserción de la plataforma en el sitio central por la mediana de la autopista es propicia a una puesta sobre balasto con rieles de patín, más económica y más adaptada a las velocidades altas.

Descripción de la puesta de vía

El riel de patín colocado recto o inclinado es enteramente soldado. Está fijado sobre traviesas de dos bloques de hormigón o monobloque a razón de 1666 traviesas por Km.

Las fijaciones elásticas previstas a fin de oponerse a los esfuerzos de dilatación van a permitir realizar largos rieles soldados (LRS). Para valores de radios débiles o en los tramos sobre elevado, la vía estará localmente recubierta de hormigón.

Compatibilidad de revestimientos

La compatibilidad de los revestimientos con la puesta balasto está limitada a los sistemas prefabricados en hormigón o en caucho que equipan los pasos a nivel y los platos peatones.

No se aconseja un revestimiento en césped (que presenta la ventaja parecer igual a la mediana actual) pero se puede plantar pequeños árboles a lo largo de la plataforma por cada lado.

6.3 Programa de operación

El diseño del programa de operación consiste en las etapas siguientes:

- Definir la amplitud de operación y los periodos de hora pico,
- Adaptar la oferta a la demanda en hora pico y fuera de hora pico,
- Calcular los tiempos de recorrido,
- Calcular el numero de trenes necesarios,
- Calcular el total de kilómetros rodados (útil para la evaluación de los costos de operación).

Amplitud de operación

Se propone operar el sistema todos los días del año de las 06:00 AM a las 01:00 AM, sean 19 horas.

6 horas pico son previstas los días laborales, por ejemplo 06:30-09:30 AM y 04:30-07:30 PM. Por supuesto, en su momento, estos horarios serán coordinados con el horario del Tren Urbano.

Oferta para atender a la demanda

Los trenes tienen una capacidad de 110 personas sentadas + 116 de pie (4 personas por m²).

Con un orden de magnitud de la demanda de 460 pasajeros por dirección en hora pico, se propone una salida de tren cada 15 minutos en hora pico, por ejemplo a las 00, 15, 30 y 45 de cada hora. Fuera de hora pico, se propone una salida cada 30 minutos.

Tiempos de recorrido

Se calcularon los tiempos de recorrido gracias al programa "Vitesse TC". Este programa toma en consideración las características técnicas de la infraestructura (radios, pendientes, velocidad máxima autorizada) y del equipo rodante.

Se obtiene un tiempo de recorrido de Cupey a Caguas o viceversa de 810 segundos sean 13.5 minutos. Se añade un margen de seguridad (para absorber las varias perturbaciones en operación) de un 5% para alcanzar un tiempo de recorrido de 15 minutos.

Número de trenes necesarios

Se necesitan 3 trenes para operar el sistema todos los días, con una hipótesis de tiempo entre la llegada y la salida de un tren en las estaciones terminales igual a 7 minutos. Para las necesidades de mantenimiento y reserva, se necesitan en total 5 trenes.

Total de kilómetros rodados

Los 5 vehículos recorren un total de 658,657 km al año, sean 131,731 km por tren por año.

6.4 Obras civiles

El trazado o la ruta propuesta para el sistema tren-tranvía es una de tipo sencillo que consiste principalmente de una estación a ambos extremos de la ruta. La primera está ubicada en la estación

del tren urbano en Cupey. La segunda está ubicada al final de la línea en Caguas cerca del centro comercial de las Catalinas.

El trazado del sistema recorre toda la mediana de la ruta PR52 de la siguiente manera. El tren comienza a deslizarse desde la estación de Cupey hacia el sur por la ruta PR1. Continúa a lo largo de la calle Bori en dirección sur. De aquí entra por el puente a la carretera PR52 desde el tramo del carril reversible. Un poco después entra a la mediana de la ruta y sigue por esta misma mediana utilizando la vía establecida para el carril HOV.

Por este mismo trazado llega al peaje de Caguas Norte. Inmediatamente después de este peaje se levanta en puente para salvar los sistemas que cruzan la PR52 en la carretera PR1 cerca de Caguas. Este puente elevado sobre la PR52 lleva el tren hacia el lado sur de la autopista aterrizando cerca del sector Bairoa. Cuando se prosiga con el proyecto este tramo específico hay que coordinarlo con la firma de ingenieros que está haciendo la intersección con la 30 para evitar conflictos entre ambos.

De Bairoa se continúa por el lado sur de la autopista hasta llegar a la intersección con la calle Zafiro. En esta intersección el tren entra a la estación de Caguas. Esta estación también sirve de cochera y de terminal de mantenimiento para el sistema de San Juan -Caguas.

6.5 Vía

La puesta de vía del tren-tranvía de Puerto Rico tiene que permitir una velocidad de operación de 75 mph en entera seguridad y ofreciendo el mejor confort posible.

La inserción de la plataforma en el sitio central por la mediana de la autopista es propicia a una puesta sobre balasto con rieles de patín, más económica y más adaptada a las velocidades altas.

Descripción de la puesta de vía

El riel de patín colocado recto o inclinado es enteramente soldado. Está fijado sobre traviesas de dos bloques de hormigón o monobloque a razón de 1666 traviesas por Km.

Las fijaciones elásticas previstas a fin de oponerse a los esfuerzos de dilatación van a permitir realizar largos rieles soldados (LRS). Para valores de radios débiles o en los tramos sobre elevado, la vía estará localmente recubierta de hormigón.

Compatibilidad de revestimientos

La compatibilidad de los revestimientos con la puesta balasto está limitada a los sistemas prefabricados en hormigón o en caucho que equipan los pasos a nivel y los platos peatones.

No se aconseja un revestimiento en césped (que presenta la ventaja parecer igual a la mediana actual) pero se puede plantar pequeños árboles a lo largo de la plataforma por cada lado.

Riel de patín



Riel de garganta



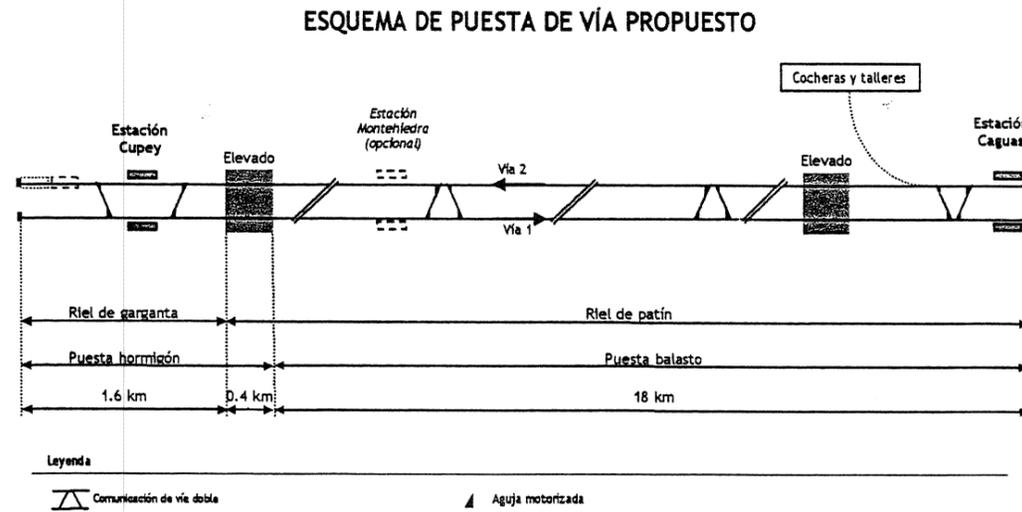
Variación de puesta de vía a lo largo de la PR-1 en la entrada en San Juan

Como existe un tramo urbano a lo largo de la PR-1, se propone un revestimiento más estético como césped. En este caso, el riel de patín está reemplazado por un riel de garganta* y el balasto por hormigón cubierto por una capa de césped. Una junta flexible adherente al riel y al revestimiento trata la conexión entre ambos componentes.

Protección entre los carriles de la autopista y la vía exclusiva

Para evitar que camiones o automóviles accidentados entren en la vía exclusiva, se prevé una barrera separadora de hormigón entre los carriles de la autopista y la vía exclusiva.

Esquema sintético



6.6 Energía

Existen varias alternativas para el diseño de la provisión de energía. Estas alternativas cubren dos áreas principales: la tensión de alimentación eléctrica y el modo de captación de la corriente.

La tensión de alimentación

Las líneas urbanas son generalmente alimentadas con el estándar 750V DC, pero el uso del 1500V DC es posible. El 1500V DC corresponde al límite superior del área de la baja tensión, según la reglamentación internacional CEI 60-850 (Comisión Eléctrica Internacional).

Tomando en consideración las posibilidades de evolutividad (extensión de líneas en tramos urbanos), se propone alimentar los terminales de la línea en baja tensión (750V DC o 1500V DC)

La longitud del tramo interurbano así como el concepto de vía exclusiva y protegida son condiciones favorables al uso de altas tensiones. Los estándares eléctricos son:

* El riel de garganta es necesario cuando se quiere tener un revestimiento plano como césped o mineral, en los tramos urbanos por ejemplo. En este caso, la vía está "hundida" dentro de una capa de hormigón y el revestimiento. El riel de garganta tiene por desventaja de no permitir velocidades de circulación muy altas.

- el 1500V DC,
- el 3000V DC,
- en monofásico, el 15kV AC 16Hz 2/3, el 1x o 2x 25kV AC 60 Hz.

El uso de una tensión estándar continua alta es más económico en relación al 750V DC solo. Como el corriente monofásico no lleva tampoco muchas ventajas en término de Instalaciones Fijas de Tracción Eléctrica (IFTE) frente al 3000V DC e implica sobrecostos para los equipos a bordo de los trenes y en los talleres, se descarta esta opción.

Existen entonces tres alternativas:

- 750V DC en las terminales y 1500V DC en el tramo interurbano,
- 750V DC en las terminales y 3000V DC en el tramo interurbano,
- 1500V DC en todas partes.

En este nivel de estudio, se toma como hipótesis de diseño el 1500V DC porque es la alternativa más sencilla del punto de vista técnico y económico: no necesita tener vehículos bimodos ni secciones de transición entre las diferentes tensiones y puede ser instalado en los tramos urbanos (a pesar de una reglamentación específica para los EE.UU.). La elección de la o las tensiones de alimentación debe ser profundizada en las fases de estudio ulteriores (Anteproyecto).

El modo de captación

En la parte interurbana, la línea se encuentra en sitio exclusivo. Una alimentación por línea aérea de tipo catenaria es de gran rendimiento, pero sería particularmente vulnerable en caso de actividades violentas en la intemperie: esfuerzos en los postes, desajuste o quebranto de la catenaria después de huracán o de la caída de objetos del ambiente.

Es posible captar el corriente al suelo, con un riel de corriente lateral o «tercero riel». Es de gran rendimiento, económico al mantener y está menos expuesto a las intemperies. En caso de incidente o accidente, es más fácil repararlo que la línea aérea. Al contrario, la inserción del patín de captación en un bogie motor para piso bajo es difícil. La captación puede ser de mala calidad a velocidad elevada, y la presencia de un riel por el suelo (protegido por un capó aislando) presenta un riesgo eléctrico y mecánico (débil en la zona interurbana, elevado en la zona urbana). La factibilidad de inserción del patín en un bogie de tren-tranvía tiene que ser estudiado con serio. Dada la debilidad de la serie del vehículo, los costos de desarrollo específicos podrían ser bastante elevados, y no suscitarán un gran interés por parte de los industriales considerando su especificidad.

Por estas razones, se descarta la opción "tercer riel" y se toma como hipótesis de diseño una línea aérea de tipo catenaria. Como la tensión, la elección del modo de captación debe ser profundizada en las fases de estudios ulteriores.

A causa de los huracanes, se debe minimizar el riesgo para un sistema de tipo catenaria:

- Establecer procedimientos de operación que prohíben operar el sistema cuando la velocidad de los vientos sostenidos sobrepasan un valor máximo (75 mph por ejemplo);
- Diseñar la línea aérea y los postes para resistir a una velocidad de viento sostenido máxima (por ejemplo 125 mph). Se prestará atención en escoger un perfil que presenta una toma al viento débil a fin de limitar los esfuerzos mecánicos: perfiles en H revestidos, poligonales o cilindro-cónicos, pórticos rígidos en viguetas o enrejados, etc. El paso de implantación de los postes y los masivos de los apoyos serán adaptados a los esfuerzos de viento retenidos. También se buscara minimizar la altura de la línea aérea en relación al galibo del equipo rodante.
- Para evitar de neutralizar ambos vías en caso de incidente o accidente en las IFTE, se sugiere disponer en zona interurbana de los postes bilaterales, más bien que postes centrales. Esta forma de redundancia permite de operar la línea en vía única temporera al tiempo de los trabajos de reparación.

Subestaciones eléctricas

El programa de operación previsto y la necesidad de redundancia implican prever tres subestaciones 1500 V DC. Estas subestaciones serán conectadas a la red de alta tensión de Puerto Rico.

Con un hipótesis de consumo máximo de 11 kWh por tren por kilómetro, el orden de magnitud del consumo global de todo el sistema al año es 7.3 MW.

6.7 Sistemas

6.7.1 Señalización ferroviaria

Presentación

La red consta de:

- una línea a doble vía de longitud de aproximadamente 20 km;
- dos estaciones terminales: Cupey y Caguas. La estación de Cupey permite una vuelta por la estación trasera y la inserción de una plaza de estacionamiento;
- una estación opcional intermedia ubicada en la zona de Montehiedra.

La línea se dividirá en 3 secciones separadas por comunicaciones.

La velocidad máxima de los vehículos deberá alcanzar 75mph.

La señalización ferroviaria permite a los trenes circular con seguridad. Por eso, su papel es de asegurar:

- el control / mando de las agujas de las zonas de maniobra rotuladas,
- la gestión de la distancia entre las ramas y entre otros la gestión de las vías únicas temporeras.

Solución de señalización propuesta

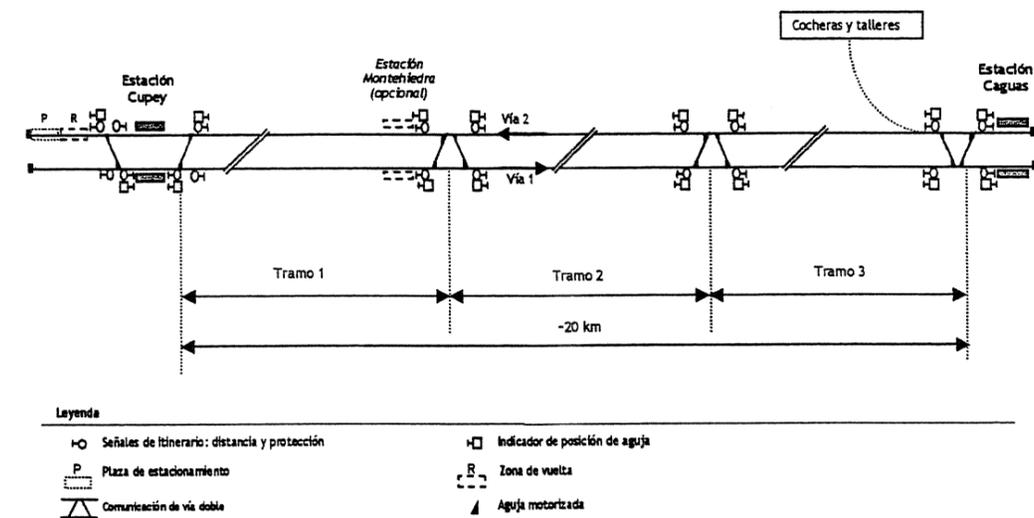
En la continuación del documento se propone una solución que presenta las características siguientes:

- gestión de la distancia entre los trenes en modo nominal por bloqueo permisivo;
- gestión de las vías únicas temporeras (en caso de operación perturbada, por ejemplo, un tren averiado o averías en las instalaciones fijas) por la señalización;
- motorización y señalización de todas las comunicaciones y zonas de maniobra de Caguas y Cupey.

Todas aquellas funciones son teledirigidas a partir de un Puesto de Control Centralizado (PCC) único, ubicado en el interior de las cocheras y talleres de Caguas.

Existen otras alternativas técnicas para el diseño del sistema de señalización. Una de ella puede ser por ejemplo la gestión manual de las vías únicas temporeras. Para este nivel de estudio, se tomó como hipótesis el sistema que ofrece todas las posibilidades de gestión de los modos normales como perturbados desde una única persona en el PCC. La optimización de las funciones ofertas por el sistema de señalización debe ser hecha en las fases de estudios ulteriores (Anteproyecto).

ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN PROPUESTO



Descripción del funcionamiento del sistema de señalización

Distancia

La distancia entre las ramas, necesaria para impedir que dos trenes que circulan en el mismo sentido se alcancen, se controla mediante la señalización en modo de circulación tan normal como perturbado (vía única temporera).

Este modo permite así explotar la línea en vía banalizada, es decir que se podrá recorrer cada vía en ambos sentidos para por ejemplo utilizarla temporalmente en vía única.

En modo normal

La distancia se asegura mediante la señalización siguiendo el principio **del bloqueo permisivo**: Cada tramo (vea esquema) corresponde a 2 cantones (1 cantón por vía y por sección de vía) lo que da 6 cantones. La entrada en cada cantón es autorizada mediante una señal:

- **Señal verde**: ningún tren está presente en el cantón y el conductor puede circular en velocidad máxima,
- **Señal amarilla**: un tren circulando en el mismo sentido está presente en el cantón y el conductor tiene que circular en marcha a vista (muy lenta).

Este principio permite:

- Ofrecer un alto nivel de seguridad para los pasajeros cualquiera sea la velocidad de circulación,
- Garantizar una velocidad comercial alta porque los conductores pueden circular en una velocidad superior a lo permitido por la marcha a vista.
- Seguir operando en marcha a vista si el cantón no está libre (tren que se queda anormalmente en el cantón, defecto técnico).

En modo perturbado

Uno de los 6 cantones no está disponible durante largo tiempo entonces se decide operar la línea en vía única temporera, es decir que se recorre uno de los cantones en ambos sentidos de circulación posibles.

La señalización tiene que impedir que dos trenes de sentidos contrarios entren en un mismo cantón y se choquen.

La señalización efectúa el mando de las agujas en la posición necesaria y dispone los indicadores y señales correctamente. La señal de entrada en la vía se puede presentar así:

- **Señal verde**: ningún tren está presente en el cantón y el conductor puede circular a velocidad máxima.
- **Señal amarilla**: un tren que circula en el mismo sentido está presente en el cantón y el conductor tiene que circular en marcha a vista.
- **Señal roja**: un tren que circula en sentido contrario está presente en el cantón, lo que prohíbe entrar en este.

Nota

- Es necesario equipar los trenes de sistema de parada automática en caso de rebasar los semáforos rojos.
- Se prevé una señal indicadora de posición de aguja frente a cada aguja tomada de punta.

Gestión de las estaciones terminales

Cupey

- Motorización de las 4 agujas y control / mando de todos los itinerarios

Caguas

- Motorización de las 5 agujas (comunicaciones + agujas de acceso a los talleres y cocheras) y control / mando de todos los itinerarios

Equipos de señalización

- gestión de la zona de maniobra de Caguas con 4 agujas motorizadas:
 - los equipos de detección de trenes en Caguas (4 circuitos de vía),
 - los automatismos de enganche al PCC de Caguas,
 - las señales
- gestión de la zona de maniobra de Cupey:
 - los equipos de detección de trenes en Cupey (6 circuitos de vía),
 - los automatismos de enganche al PCC de Caguas,
 - las señales
- gestión de la dos comunicaciones intermedias:
 - los equipos de detección de trenes en Cupey (4 circuitos de vía),
 - los automatismos de enganche al PCC de Caguas,
 - las señales
- gestión de la distancia : 6 bloqueos
 - los equipos de detección de tren (contadores de ejes o circuitos de vía),
 - los automatismos de gestión de distancia (6 bloqueos),
 - las señales
- un puesto de supervisión en Caguas
- una conexión numérica entre los automatismos

6.7.2 Equipos de operación

El Puesto de Control Centralizado o "PCC"

La operación de la línea está supervisada desde un Puesto de Control Centralizado (PCC) establecido en los talleres y cocheras.

La función del PCC, cual puede ser llevado por un agente solo, en situación de operación inicialmente prevista consiste en:

- visualizar los movimientos de los trenes en circulación,
- asegurar la comunicación con el conductor y los agentes que se encuentran en las estaciones
- asegurar el contacto con los clientes
- organizar los movimientos con destino a, o procedente de los talleres y cocheras.

En situación de operación perturbada, su función consiste en:

- analizar la causa de la perturbación,
- tomar las decisiones adecuadas sin demora,

- utilizar las herramientas a su disposición para resolver el problema,
- mandar y coordinar el conjunto del personal trabajando en línea,
- avisar y coordinar los servicios de socorro y de policía.

El PCC dispone de:

- **monitores de video** permitiendo visualizar las imágenes de estación o de terminal,
- **medios de comunicación** (micrófonos, altoparlantes, pesas radio o teléfono) con los agentes de operación, las estaciones, los socorros y la policía,
- **un puesto dedicado a las informaciones de señalización** (ocupación de los bloqueos, itinerarios, posición de las agujas...)
- **un puesto dedicado a la gestión técnica centralizada, a la energía e información de los viajeros** así como
- **un botón de parada de emergencia** dejando posible cortar la alimentación de las líneas aéreas.

El PCC está conectado a las estaciones, subestaciones eléctricas, a los trenes, a los agentes de operación, a los servicios de socorro y de policía, eventualmente a otros servicios (proveedor de energía, PCC de los transportes colectivos urbanos, PCC tráfico urbano...) por medias tal como fibra óptica, radio, telefonía fija y celular.

En las estaciones

En estación, pizarras electrónicas indican la hora de la próxima salida o toda otra información interesante. La clientela puede también estar informada desde el PCC por altoparlantes. Vendedores automáticos permiten la compra de billetes de transporte en el mismo lugar. Una **cámara** permite al PCC vigilar a los andenes. Un pasajero tiene la posibilidad de contactar el PCC utilizando el **intercomunicador** situado en la estación. De la misma manera, se puede escuchar desde el PCC, por medio de este mismo intercomunicador, el ambiente de la estación (incluso sin llamada).

En los trenes

Los pasajeros a bordo de los trenes tienen a disposición una pizarra electrónica indicando la próxima estación. Pueden entrar en contacto con el conductor utilizando un **intercomunicador**. El conductor puede de la misma manera comunicar con ellos a través de **altoparlantes**. Una **cámara** grava sin interrupción el interior de cada tren, las imágenes están grabadas por un **grabador** a bordo durante un período convenido de antemano y pueden servir en caso de investigación.

Los validadores de billetes están previstos a bordo de los trenes (ver procedimiento abajo).

Procedimiento de validación de pasajes

Para evitar el uso de un solo billete para varios viajes, se necesita validar el billete a cada entrada en el tren. Varios procedimientos existen para controlar la validación efectiva de los billetes:

- Controlar la validación de los billetes cuando el tren está parado en la estación a la subida de los pasajeros. Si se sube por una sola puerta, el control puede ser hecho por el chofer del tren.
- Controlar la validación de los billetes cuando el tren está rodando gracias a un agente de operación llamado "controlador". Este control puede ser sistemático o aleatorio.

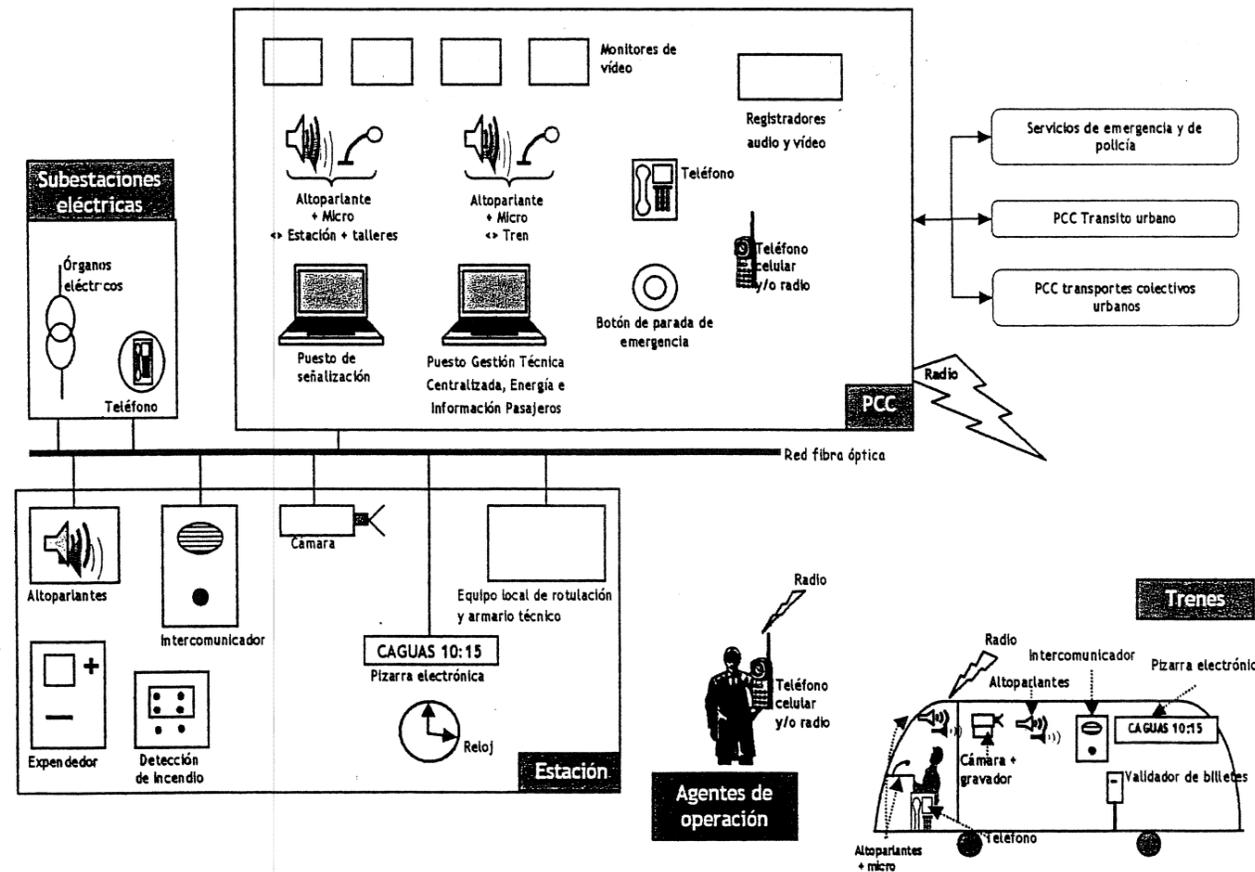
Para los agentes de operación

Los agentes de operación (incluso los conductores) tienen a disposición **un teléfono o una radio celular** permitiéndoles establecer contacto con el PCC.

Esquema de los equipos de operación

El esquema a continuación representa la arquitectura general de los equipos de operación. El tipo de medias de comunicación (fibra óptica, radio, telefonía...) no es más que indicativa y tendrá que ser adaptada a las necesidades de la línea San Juan - Caguas. Además, la utilidad de una conexión entre equipos locales como los vendedores automáticos, los equipos de detección de incendio y el PCC tendrá que ser analizada caso por caso según la organización prevista para la operación y el mantenimiento, así como eventuales extensiones para esta línea.

ARQUITECTURA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE OPERACIÓN



6.7.3 Señalización vial

En el tramo a lo largo de la PR-1 en San Juan, el trazado cruza dos cruces a nivel. Se instalará un sistema de semáforos con prioridad a los trenes. Significa que cuando los trenes se acercan a las cruces, los semáforos pasan al rojo para que los carros se detengan, permitiendo a los trenes seguir a su velocidad y respetar su tiempo de recorrido previsto.

Estas cruces son:

- PR-1 con la continuación de la PR-176 (avenida San Claudio),
- PR-1 con la continuación de la Avenida de Diego.

6.8 Cocheras y talleres

Dentro del proyecto de la línea de tren-tranvía entre San Juan y Caguas, este documento tiene por objeto:

- Definir las funcionalidades de los talleres y cocheras,
- Concebir la organización general de los talleres y cocheras,
- Describir los equipos de mantenimiento y elaborar una lista no exhaustiva de los instrumentos específicos y equipos estándares.

6.8.1 Datos principales

Los siguientes datos corresponden a las conclusiones del estudio de viabilidad presentado el 5 de Junio.

Localización

Los futuros talleres y cocheras de la línea Caguas-San Juan se establecerán en el terreno municipal ya mencionado en el capítulo 0.

Estas instalaciones de mantenimiento forman parte del polo de intercambio de Caguas. Los talleres y cocheras están cubiertos por dos o tres pisos de estacionamiento para los automóviles.

Funcionamiento general de los talleres y cocheras

Los talleres y cocheras incluyen las funciones siguientes:

- Acceso, circulación interna y aparcamiento del equipo rodante,
- Mantenimiento corriente, preventivo y correctivo del equipo rodante (ferroviaria),
- Mantenimiento de las instalaciones fijas,
- Gestión y supervisión de la operación de la línea San Juan - Caguas,
- Acceso y circulación interna del personal de operación y de mantenimiento,
- Acceso y circulación de los vehículos de suministros,
- Formación, reunión, descanso, etc... del personal de operación y de mantenimiento.

Equipo rodante

El dimensionado del parque de vehículos diseñado para el estudio de viabilidad es de 5 para la primera fase. Este parque se puede aumentar hasta 10 vehículos cuando la línea de transporte se prolongará en la ciudad de Caguas o que la operación estará reforzada.

El equipo rodante de tipo tren-tranvía no se conoce precisamente al día de hoy, pero se conocen sus dimensiones principales:

- Longitud máxima: 40 m
- Ancho: 2,65 m
- Capacidad de un vehículo: 110 sentadas + 116 de pie (relación de 4 personas / m²)
- Radios de giro mínimos: 25 m

Operación

Los cálculos de operación determinan un kilometraje anual de unos 130.000 km para cada vehículo.

6.8.2 Programa funcional de los talleres y cocheras

Generalidades

Se han dimensionado los talleres y cocheras para guardar y mantener 10 vehículos de 40 m de largo.

El diseño de los talleres y cocheras está condicionado a la construcción de un estacionamiento de 2000 automóviles sobre él.

Acceso, circulación y estacionamiento de los trenes

El acceso de los trenes se hace por una entrada al oeste de los talleres, a lo largo de la PR 52.

Los vehículos, al entrar en la cochera al final del servicio, se situarán como sigue:

- O pasaran por la estación de servicio, donde podrán efectuar el rellenado de arena así como los controles diarios y después hacia la máquina lavadora en la pasarela,
- O bien irán directamente a los sitios que se les hayan asignado para depositar el tren (en el taller de mantenimiento o en el estacionamiento).

La zona de estacionamiento para los trenes consta de 3 vías con capacidad de 2 vehículos en primera fase (6 vehículos en total). Otras Dos vías podrían establecerse para ofrecer una capacidad total de 10 vehículos.

Todos los equipos de vía, excepto las agujas de entrada en el taller de mantenimiento, estarán motorizados en primera fase. Durante las fases ulteriores (Anteproyecto), la posibilidad de utilizar equipos manuales a algunas distribuciones será estudiada.

Acceso de los vehículos de suministros

Los vehículos de suministros se dirigirán a la caseta del guardia antes de acceder a los talleres y cocheras.

La circulación, posiciones de carga/descarga y áreas de giro de los vehículos de suministros se organizarán con el fin de obstaculizar lo menos posible la circulación de los trenes.

Los carriles contarán con un revestimiento superficial, aglomerado por ejemplo, que permita la circulación de los vehículos de intervención y transportadores, así como el fácil acceso de los chóferes a los vehículos.

Acceso para el personal y los peatones

El acceso del personal a pie o que llegue por los transportes públicos se hace desde la caseta de guardia. Los que vienen con sus vehículos particulares les aparcen sobre los talleres. Plazas reservadas y accesos hacia los talleres de mantenimiento o los lugares de operación.

Todos los accesos peatonales del aparcamiento estarán bien organizados y delimitados, especialmente las travesías de las vías del tren.

Los conductores se dirigirán sistemáticamente, al inicio de su servicio, a los lugares de operación antes de subirse al vehículo que se les asigne en la cochera.

Estación de servicio

La estación de servicio se utilizará principalmente para la entrada de vehículos por la tarde.

Permite acoger trenes en unidad simple, de una longitud de unos 40 m, para efectuar principalmente las operaciones siguientes:

- Limpieza automática de los vehículos con un sistema "NETTOTRAM",
- Relleno de cajas de arena de los vehículos,
- Controles diarios de los trenes: control del estado del arco del pantógrafo, control del estado de los frenos, cambio de filtros, etc.
- Rellenos diversos de los tanques de lava-parabrisas, de dotación de grasa por los engrasadores de pestañas cuando sea necesario, etc.

Zona de lavado

La máquina de lavado se utiliza principalmente en la entrada de los vehículos por la noche.

El lavado de los extremos y laterales del equipo rodante se efectuará al exterior en el paso del vehículo con una velocidad limitada a 3 km/h.

Un sistema de pantalla de protección permitirá reducir el ruido emitido por la máquina y impedir las proyecciones de agua. La máquina de lavar estará equipada con un sistema de recuperación, reciclaje y tratamiento de aguas.

Mantenimiento del equipo rodante

Generalidades

El diseño de los talleres y cocheras y el número de puestos de trabajo para el mantenimiento del equipo rodante se determinan en función del plan de mantenimiento y principalmente a partir de los criterios siguientes:

- número de kilómetros-vehículos recorridos al año por 5 trenes : 660,000 veh.km,
- intervalo entre 2 visitas: 10,000 km,
- tasa de roturas que exige una intervención de mantenimiento : 3×10^{-4} incidente/km,
- duración media de una avería: 4 horas,
- horario de operación de los talleres y cocheras: 12 horas ,
- número anual de días laborales: 200.

Número de vías necesarias

En un parque incluido entre 5 y 10 trenes, es necesario disponer de 4 vías de mantenimiento que pueden repartirse como sigue:

- 2 vías (de una longitud de unos 50 m) en el foso con pasarela y puente móvil :
- Estas vías están dedicadas al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos en el techo y bajo el marco de los vehículos.
- 1 vía en el pavimento de una longitud de unos 100 m para el levantamiento y actividades de carrocería o de mantenimiento de las puertas y de los interiores.
- 1 vía con torno en foso para el reperfilado de las ruedas sin desmontarlas.

Disposiciones comunes a todas las vías

Se instalarán diversos equipos en todas las vías:

- línea aérea de contacto sobre toda la longitud de la vía excepto la vía del torno en foso que estará parcialmente equipada
- puntos de parada de emergencia (equipos proporcionados e instalados por el conjunto de la electrificación de la línea de tren-tranvía),
- puntos de distribución de aire comprimido, de agua y de electricidad,
- rejilla de evacuación.

Talleres especializados

Las intervenciones de los equipos desmontables se efectuarán en los talleres y cocheras especializados. La manutención del material en los talleres y cocheras se realizará con ayuda de la carretilla elevadora motorizada. Cada taller tendrá un número de bancos, estanterías, armarios, bancos de ensayo, en función del uso para cual se destina.

Los talleres especializados se componen de la manera siguiente:

- **Taller mecánico y bogies:** Este taller estará abierto y se situará al extremo de la vía de levantamiento, cerca del puesto de levantamiento de los vehículos y de recambio de bogies. Se

creará un local cerrado de lavado de agua caliente a presión de las piezas mecánicas y bogies en el taller.

- **Taller electromecánico:** Permitirá realizar las intervenciones en los equipos entregados así como las pruebas de electromecánica, neumáticas e hidráulicas.
- **Taller electrónico:** Estará destinado a las intervenciones en los equipos electrónicos de mando y de potencia. Podrá dividirse en sublocales.
- **Taller hidráulico:** Estará previsto para el mantenimiento de los órganos hidráulicos de los trenes. Tendrá un tratamiento anti-polvo gracias a una ligera sobre-presión del aire ambiente.
- **Taller de baterías:** Estará destinado al almacenamiento y carga así como a la regeneración de baterías de los trenes.
- **Taller de poliéster para pequeñas piezas de carrocería:** Estará constituido de una zona de almacenamiento de elementos poliéster y una zona de preparación de carrocería que podrán abrirse ampliando en el taller.

Locales y oficinas de mantenimiento

Los locales y oficinas dedicados a los talleres estarán al lado o en el taller. Los locales están organizados para optimizar la supervisión de las actividades de mantenimiento, reducir los desplazamientos y facilitar la circulación del personal en función de sus actividades.

Distinguimos en el taller los locales y distribuciones siguientes para el personal: oficinas del jefe de mantenimiento y de los jefes de equipo, salas de reunión, vestuarios, sanitarios y duchas, zona de descanso, etc.

Locales de servidumbre del taller

- **Almacén:** El almacén permitirá guardar reservas de diferentes piezas y equipos necesarios para el abastecimiento del equipo rodante y las instalaciones fijas.
- **Almacén de aceites:** Este local cerrado, regido por el responsable del almacén, estará dirigido al almacén de aceites, grasas y productos de desengrase de piezas. Los productos se suministrarán en bidones con capacidad máxima de 200 l.
- **Locales técnicos:** Habrán sido concebidos para las utilidades de los talleres y cocheras, tales como: local compresor, local calefacción, climatización, local técnico para la implantación de armarios de control de la baja tensión (cableado informático y telefonía) y de diversos componentes (distribuidores, repetidores, etc...).

Mantenimiento de las instalaciones fijas

Para realizar el mantenimiento y las reparaciones de primera necesidad, en caso de averías en la vía, en los cables de alimentación, y donde sea necesario, será necesario prever talleres de mantenimiento de instalaciones fijas.

Estos talleres deberán permitir el mantenimiento de los elementos siguientes: vía, señalización, catenaria, energía, equipos de operación, etc.

Más o menos 900 m² deben ser reservados a los locales destinados al mantenimiento de las instalaciones fijas. Otros 900m² deben de ser previstos para el almacén dedicado a los materiales voluminosos: rieles, postes de catenaria...

Locales y oficinas de operación de la red

Las oficinas de operación se ubican en el estacionamiento sobre una superficie de 500 m².

Se componen de la manera siguiente:

- Inicio de servicio de los conductores,
- Oficina PCC
- Vestuarios / sanitarios / duchas
- Varios oficinas, salas de reunión y zona de descanso

Subestación

En esta fase del estudio, un local de subestación de 100 m² está previsto para proporcionar la futura línea en el centro de la ciudad de Caguas y la red interna de los talleres y cochera.

Resumen de las superficies

La tabla siguiente ilustra la síntesis de las principales superficies por actividades:

Locales	Superficie útil estimada en m ²
ESTACIÓN DE SERVICIO	450
COCHERA DEL EQUIPO RODANTE	1,400
TALLERES DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO RODANTE	5,300
Taller con 4 vías	3,300
Talleres especializados	1,000
Oficinas de mantenimiento y Almacenes	900
Zona y locales diversos	100
TALLER DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES FIJAS	1,800
Oficinas	900
Almacenes	900
ADMINISTRACIÓN	500
Inicio de servicio de conductores	100
Oficina PCC	150
Oficinas / vestuarios / sanitarios / duchas	250
CASETA DE GUARDIA	50
EDIFICIO SUB-ESTACIÓN	100
TOTAL	17,200

6.8.3 Equipos de mantenimiento

Los equipos de mantenimiento dependerán esencialmente de la política de mantenimiento, de la operación y del tipo de equipo rodante correspondiente. Se pueden enumerar los equipos siguientes:

Maquina de lavar

La instalación se desarrollará para abarcar de manera diaria unos 10 vehículos y para lavar la cara delantera del vehículo, paredes laterales incluyendo los bordes del techo.

La instalación incluirá:

- pórticos de lavado y de aplicación,
- juegos de cepillos de lavado,
- el dispositivo de alimentación de agua desde la red pública,
- el dispositivo de alimentación de agentes limpiadores y aditivos de enjuague,
- la instalación eléctrica,
- la instalación de reciclaje y de pre-tratamiento de aguas de lavado.

Levantamiento

El dispositivo de levantamiento de los trenes se situará en el taller, en la vía de levantamiento.

Está destinado principalmente a puesta de bogies. Podrá utilizarse igualmente para algunas operaciones de mantenimiento a efectuar en la parte baja de la caja en los bogies.

El levantamiento del vehículo se realizará mediante la caja, apoyándose en los puntos de apoyo para el levantamiento del vehículo mediante columnas elevadoras fijas, móviles o incorporadas, permitiendo tomar los bogies de la caja.

Como complemento del equipo de levantamiento de los vehículos, será necesario desarrollar mesas o carros de depósito/toma de bogies, o bien columnas o pórticos de calado, móviles o de puesto fijo.

Instalación de distribución de agua caliente a presión

Función

Lavado manual, mediante lanzas de agua caliente a presión, de piezas diversas y de bogies

Ubicación

La instalación se situará en el local de lavado de los bogies, en el taller de mecánica. Este local se situará en la prolongación de la vía de levantamiento y los bogies serán encarrilados por una vía férrea.

Torno de foso

Función

Para garantizar la seguridad y la calidad de la rodadura de las ruedas, se necesita verificar y mantener el perfil de las ruedas que están sometidas al desgaste. La instalación de torno de foso permite verificar y reperfilear las ruedas.

Descripción

El equipo permitirá la incorporación simultánea de dos ruedas, que se activará mediante un solo operador. La instalación se adaptará perfectamente al equipo rodante y en especial: al tipo de ruedas, al tipo y posición de las diferentes cajas de ejes y al galibo de las partes bajas.

Sistema de relleno de arena

Función

Rellenar automáticamente las cajas de arena del equipo rodante. La arena se usa para aumentar la adherencia entre las ruedas y el riel. En casos de frenado o de tracción, un equipo a bordo de los trenes permite inyectar arena entre las ruedas y el riel.

Descripción

El sistema automático de relleno de arena se instalará en la estación de servicio. El número y posición de los puntos de distribución se especificarán una vez conocido el equipo rodante.

A partir de un silo, cuyo aprovisionamiento de arena se realizará con un camión, la arena se obtiene por fluidización neumática, a velocidad reducida, en las cajas de arena del tren.

La utilización del dispositivo requiere la presencia de un solo operador.

Sistema de limpieza del interior de los vehículos "NETTOTRAM"

Función

Limpiar el interior de los trenes

Descripción

Ubicado en la estación de servicio, este dispositivo funciona por circulación de aire en el vehículo. Se fija un sistema de aspiración contra una de las puertas de extremidad, la puerta opuesta que sigue siendo abierta para permitir la creación del flujo de aire.

La limpieza del interior necesita así un solo operador y puede hacerse al mismo tiempo que el relleno de arena.

6.8.4 Equipos independientes de la construcción de los talleres y cocheras

La lista exhaustiva no se puede dar en esta fase del proyecto pero los siguientes equipos estarán obligatorios:

- Equipos de levantamiento y transporte,
- Equipos específicos de pruebas de los diversos materiales fijos y de los vehículos,
- Materiales de medidas y de controles,
- Máquinas de herramienta, herramientas de mano, accesorios,
- Suministros de engrase y limpieza,
- Vehículo bivial (tierra-carril) a plataforma elevadora,

- Vehículo de tracción/empuje,
- Mobiliario industrial,
- Otros materiales de protección y de seguridad.

Algunos de los equipos descritos serán proporcionados por el fabricante del equipo rodante.

Todos los equipos, así como el diseño y elección de todos los materiales, para el efecto de competencia internacional, deberán cumplir con lo indicado en la ISO 14001.

6.9 Ventajas del tren-tranvía en término de evolutividad

Bajo el término evolutividad, se entiende dos dimensiones:

- La capacidad de satisfacer a la demanda creciente de pasajeros,
- Las posibilidades de extensión de la red, tanto en tramos urbanos (San Juan, Caguas) como en tramos interurbanos (Ponce por ejemplo)

6.9.1 La capacidad de satisfacer a la demanda

La capacidad de un tren de tipo tren-tranvía de 37.5 metros de longitud permite acoger hacia 226 pasajeros (sentados y de pie), casi el doble de la demanda prevista en hora pico. Significa que este tipo de equipo rodante puede sostener a una duplicación de la demanda sin aumentar el parque de equipo rodante. Si esto no está suficiente, se puede aumentar las frecuencias entre dos trenes y/o poner en marcha unidades múltiples (dos trenes agrupados con una longitud de 75 metros).

6.9.2 Las posibilidades de extensión espacial

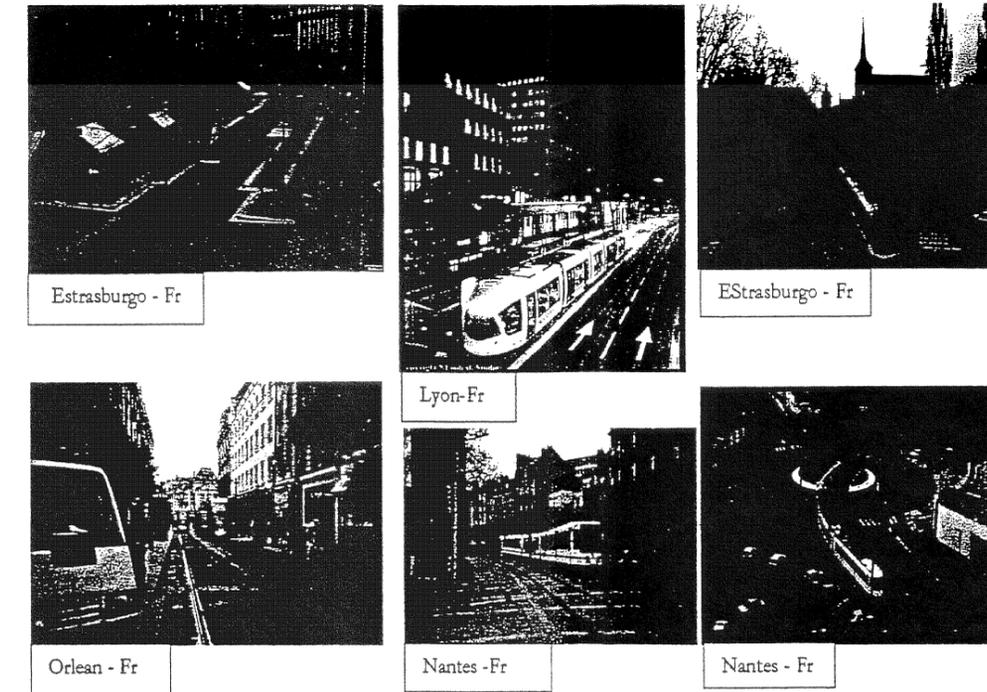
Un sitio piloto: a lo largo de la PR-1 en San Juan

Este tramo de la PR-1 puede representar el inicio de una posible extensión dentro de San Juan. Es una herramienta muy fuerte para lograr una política de mejora de la urbe gracias a la reordenación de las calles.

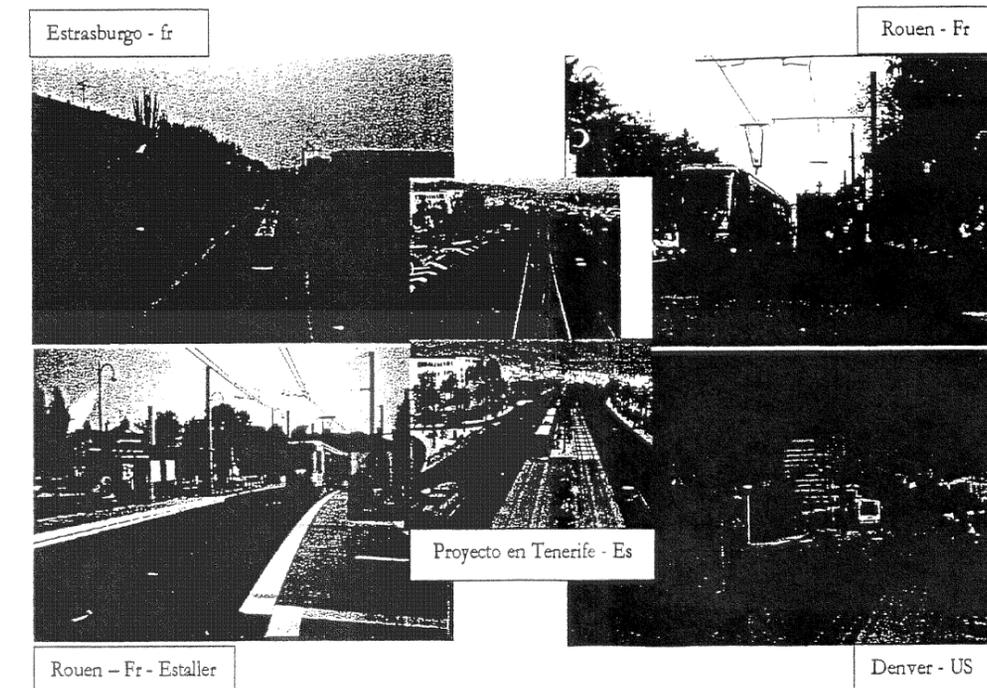
La inserción urbana se hace a nivel del suelo, con un revestimiento elegante como césped. Las cruces con la red vial tienen semáforos que dan una prioridad absoluta a los trenes: cuando los trenes se acercan de las cruces, los semáforos pasan al rojo para los carros permitiendo a los trenes seguir a su velocidad y respetar su tiempo de recorrido previsto.

Tales extensiones se pueden imaginar en San Juan como en Caguas.

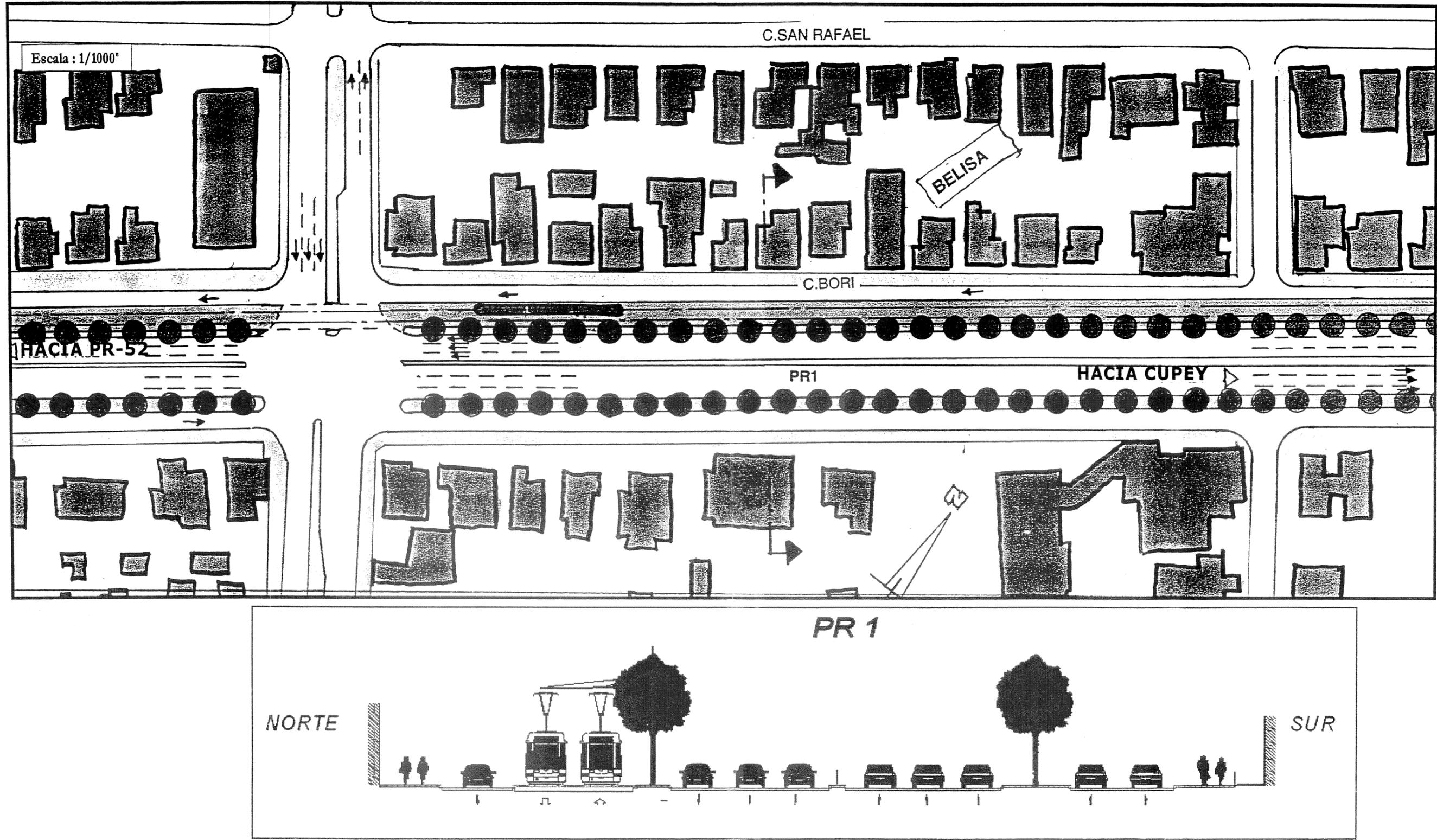
Ilustraciones de inserción en medios urbanos...



...e interurbanos



Ejemplo de inserción urbana del tranvía-tren en PR1



7. ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1 Costos de Capital

Los costos de capital corresponden a los elementos de programa mencionados en el capítulo precedente. El desglose de costos es el siguiente:

Área	Costo \$
Plataforma	32,531,000
Red vial	14,121,000
Vía	39,875,000
Obras civiles	43,137,000
Estaciones	597,000
Energía	12,663,000
Equipos de operación	4,241,000
Polo de intercambio + talleres y cocheras de Caguas	50,965,000
Equipo rodante	23,600,000
TOTAL	221,730,000
12% Administración, Gerencia e Ingeniería	26,607,600
15% Riesgo	33,259,500
TOTAL GENERAL	281,597,100

Estos costos no incluyen:

- las obras de desvío de redes,
- las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico,
- las expropiaciones eventuales.

Nota: en las fases ulteriores del estudio (Anteproyecto), se refinan los costos con mayor exactitud.

7.2 Costos de operación y mantenimiento

Metodología

La estimación de los costos de operación y mantenimiento se hizo sobre la hipótesis siguiente: se constituye un ente independiente como una estructura totalmente autónoma en relación a la AMA (Autoridad Metropolitana de Autobuses) por ejemplo.

Esta estructura autónoma tiene entonces tres servicios o departamentos principales: operación, mantenimiento y administración/ gerencia de la estructura.

Se calcula el número de puestos necesarios para cada tarea a partir del decreto sobre el tiempo de trabajo de los empleados en el sector de los transportes.

Se calcula las necesidades en término de piezas de repuesto gracias a relaciones estándares. El consumo energético se hace sobre la base de un consumo promedio igual a 11kWh por tren por kilómetro.

Hipótesis

	Unidad de tiempo	Numero
días fin de semana	año	104
días pagados	año	261
días vacaciones	año	17
días laborados	año	244
5% días enfermedad		12.2
10% días reserva, formación, etc		24.4
días laborados efectivos	año	207

Empleados (turno)

horas trabajo	día	8
horas laboradas efectivas	año	1,656

Chóferes

horas trabajo	día	8
tiempo pausa	minutos	30
tiempo antes de manejar	minutos	15
tiempo regreso al taller	minutos	15
tiempo sin pasajeros	minutos	15
Horas "rodadas" efectivas	día	6.75
Horas "rodadas" efectivas	año	1,397

Costos	\$/h	\$/año
obrero no diestro	6	12,528
obrero diestro	9	18,792
jefe de equipo	13	27,144
gerente	30	62,640
chofer	12	25,056
director		75,000

Cuadro detallado

Se obtienen los resultados siguientes:

	Puesto	número de puestos	h/día	h/año	numero empleados	costo/año \$	costo total \$
Operación	Chofer	12			12	25,056	300,672
	Regulación	1	19	6935	5	27,144	135,720
	Control	3	57	20805	13	18,792	244,296
	Supervisión	1	19	6935	5	27,144	135,720
	Responsable de ruta	1			1	27,144	27,144
	Formación	1			1	27,144	27,144
	Fiscalización				5	12,528	62,640
	Jefe de equipo	1			1	27,144	27,144
	Gerentes	3			3	62,640	187,920
	energía						869,428
Mantenimiento	obreros no diestros (vía, catenaria, energía, rotulación)				7	12,528	87,696
	obreros diestros (vía, catenaria, energía, rotulación)				10	18,792	187,920
	obreros no diestros (estaciones)				2	12,528	25,056
	obreros diestros (estaciones)				1	18,792	18,792
	jefe de equipo				5	27,144	135,720
	gerente				1	62,640	62,640
	piezas de repuesto infraestructura						672,600
	piezas de repuesto material rodante						88,500
Administración	Métodos				1	27,144	27,144
	Comercial (empleados)				2	12,528	25,056
	Comercial (gerente)				1	62,420	62,420
	Administrativo (empleados)				5	12,528	62,640
	Administrativo (empleados)				1	18,792	18,792
	Administrativo (gerente)				2	62,640	125,280
	Administrativo (director)				1	75,000	75,000
	Seguros y Finanzas						26,550
	Diversos						188,800
Total					85		3,908,434

658,657 km rodados

\$5.93/km

7.3 Análisis de Contratos realizables y Análisis Costo Beneficio

7.3.1 Enfoque Contractual

En esta etapa nos proponemos describir los diferentes esquemas contractuales que podrían ser utilizados en el proyecto. Los enfoques que discutiremos son los siguientes:

- 1) **El método tradicional donde el gobierno asume toda la responsabilidad de diseño, construcción, operación y financiamiento.**
 - a. La primera alternativa presenta al gobierno con la responsabilidad sobre todo el proceso. En esta etapa es necesario que el gobierno desarrolle los requisitos y especificaciones de la obra y desarrolle los procesos convencionales de subasta para la otorgación de contrato de construcción. El financiamiento de este modelo sería a través de la emisión de bonos y de dinero del fondo federal.
 - b. En relación a la operación es necesario la creación de una estructura administrativa que asegure el buen funcionamiento.
- 2) **El contrato donde la autoridad pública asume la responsabilidad de diseño y construcción mediante los procesos establecidos y contrata a una entidad privada para la operación del sistema durante un largo periodo de tiempo bajo unas condiciones específicas. También este contrato puede dar la responsabilidad al contratista de construir la obra.**
 - a. En este contrato hay una transferencia del gobierno al contratista de las obligaciones de servicio público y se establece un vínculo entre la remuneración del contratista y los resultados de su operación. El contratista puede tener a su cargo las siguientes obligaciones: construir la infraestructura, conservarla en buen estado, mantener la operación y al final del contrato entregar las obras a la autoridad pública.
 - i) **Construcción**
 - (1) Todas las obras a cargo de la entidad privada deben estar definidas y controladas por la entidad pública hasta el final del contrato. El dueño de la obra es responsable de definir los requisitos y especificaciones de la obra de tal forma que el contratista pueda cotizarla sin mayor riesgo. Además, un anejo del contrato debe contener el esquema detallado de las obras, ciertos planos y las fases de operación.
 - (2) Las obras de inversión inicial y después los trabajos de mantenimiento común, de reparación y el mantenimiento mayor, en general, están a cargo del contratista y deben definirse con precisión en el contrato. La entidad

privada deberá posteriormente realizar la infraestructura en las condiciones establecidas en el pliego de condiciones. La administración tiene el derecho de supervisar las obras. El contratista no puede hacerse sustituir por terceros en su papel de empresa general para la ejecución de las obras.

- (3) Este debe precisar el programa exacto de las obras y su desarrollo en el tiempo. La buena coherencia técnica de las obras iniciales y de los trabajos de conservación es el resultado de una buena planificación en común previa a la ejecución de las obras. Los costos de conservación de las infraestructuras por largo tiempo suelen ser importantes y la falta de trabajos de conservación regulares puede alterar la salud de la obra que corre el riesgo de ser devuelta a la autoridad pública en mal estado al final de la concesión. La entrega de la obra en buen estado de funcionamiento, se realiza al concluir el contrato de acuerdo con términos iniciales establecidos.

ii) Operación

- (1) Las obligaciones de la entidad privada deben ser precisas: el contrato establece las características y la calidad del servicio prestado a los usuarios. La autoridad pública también define la naturaleza de las obligaciones del contratista que podrán modificarse después de acuerdo con este último.
- (2) La autoridad pública es el responsable permanente del servicio público delegado, independientemente que su organización sea delegada o no.
- (3) Las disposiciones del contrato deben definir las relaciones entre los clientes y el contratista a través de pliegos de condiciones técnicas y administrativas que establezcan acceso al servicio para el usuario y las tarifas por el servicio.
- (4) El contratista dispone de una verdadera autonomía de gestión para prestar los servicios amparados por el contrato. La autoridad pública no debe interferir en la gestión del contratista quien es el único responsable de sus obligaciones. La autoridad debe practicar los controles contemplados en el contrato, es para ella una obligación de acuerdo con su papel.
- (5) La remuneración económica de la empresa privada puede realizarse a través de una cuota fija o del subsidio de la operación.

- 3) **Un contrato de DBOF (Design, Build, Operate and Finance) donde la empresa privada asuma la obligación del diseño, construcción, operación y financiamiento del sistema por un determinado periodo de tiempo.**

- (a) En este contrato además de las responsabilidades asumidas por el contratista en la alternativa 2, este también es responsable del financiamiento de la obra.

Estos son en términos generales los esquemas contractuales más comunes para las obras de transporte colectivo. La decisión del enfoque mas apropiado dependerá de los resultados de un análisis financiero y de las decisiones de política publica del gobierno.

7.3.2 Análisis Costo-Beneficio del Sistema de Transporte Público - Eje San Juan-Caguas

Propósito del análisis

- El análisis de costo-beneficio es una herramienta analítica que permite identificar, enumerar, cuantificar y monetizar los beneficios y costos asociados con un proyecto de inversión para determinar si el mismo es meritorio desde el punto de vista de la sociedad.
- En la medida que sea posible los beneficios y costos del proyecto se expresan en una unidad común—el dinero—en un momento dado en el tiempo.
- El propósito de este trabajo es evaluar, mediante el Análisis de Costo Beneficio, el Proyecto de Transportación Pública en el Eje de San Juan-Caguas. La alternativa A es el desarrollo de un Tranvía-Tren que cubra la ruta de San Juan-Caguas.

Advertencia analítica

Este trabajo aspira a lograr la mayor precisión y objetividad en la evaluación mediante la aplicación de técnicas económicas cuantitativas. Sin embargo, estas técnicas afrontan serias limitaciones en el proceso de cuantificar o representar en términos de valor económico aspectos estéticos, impactos ecológicos y metas sociales no económicas, conceptos de ordenamiento urbano y otros elementos importantes para la toma de decisiones sobre este tipo de proyecto.

En la medida que ha sido posible los beneficios y costos del proyecto se expresan en términos monetarios, pero ello no es obstáculo para desarrollar una discusión sobre el balance entre beneficios y costos en las dimensiones no cuantificables. De ningún modo, pretendemos ser exhaustivos o concluyentes en el análisis debido a que en este tipo de estudio los elementos subjetivos son prácticamente ilimitados.

Características técnicas

- Se trata de un Tranvía-Tren, que recorrerá una longitud de 19.3 kilómetros (12.06 millas), con un tiempo de recorrido de 13 minutos, a una velocidad máxima de 75 MPH.
- El tren tendrá una frecuencia de 15 minutos por sentido en las horas pico y de cada 30 minutos en las horas fuera de pico.

- Tendrá dos estaciones, una en Caguas (Las Catalinas) y otra en Cupey, que conecta con el Tren Urbano.
- El proyecto implica varias obras civiles:
 - Elevado en la PR-2, Lado de San Juan
 - Plataforma de 7 metros de ancho en el centro de la Autopista PR- 52, al nivel del terreno.
 - Puentes en la PR 52.
 - Elevado el nodo PR 1-PR 52 en el lado de Caguas.

Beneficios de los usuarios

- Reducción en tiempo de viaje o recorrido, tanto en viajes al trabajo como en viajes de placer
- Reducción en consumo de combustible y mantenimiento de automóviles
- Reducción en las primas por concepto de seguros contra accidentes
- Reducción en los costos de estacionamiento
- Reducción en compra de automóviles
- Reducción en accidentes de tránsito: menos accidentes fatales, menos heridos en accidentes

Beneficios del sector público

- Mejoras en la capacidad
- Aumento en la satisfacción de los consumidores
- Reducción en construcción de carreteras
- Reducción en la construcción de facilidades de estacionamiento
- Aumento en los recaudos del Gobierno Central y los municipios

Beneficios para la comunidad

- Reducciones de las emisiones al aire
- Reducción del consumo de combustible
- Reducción del ruido

- Mejor uso de terrenos y mayor accesibilidad
- Creación de empleos directos, indirectos e inducidos
- Aumento en la productividad
- Aumento en los valores de residencias y negocios

Costos del proyecto

- Costos de capital
- Costos de operación, mantenimiento y administración
- Servicio de la deuda
- Costos sociales
- Total de costos

Beneficios del proyecto

- Beneficios directos: ingreso por tarifa
- Beneficios macroeconómicos directos: construcción y operación
- Beneficios macroeconómicos indirectos e inducidos: construcción y operación
- Beneficios sociales
- Total de beneficios

Parámetros y supuesto del análisis de costo-beneficio

- Para llevar a cabo el análisis de costo-beneficio se utilizaron los estimados y proyecciones de demanda que se presentan en la sección 4 de este documento.
- Para efectos del análisis se supone una vida útil del proyecto de 30 años (incluyendo el período de construcción).
- Se supone que la construcción del proyecto durará dos años, de 2005 a 2006 y que el mismo comenzará a operar en el año 2007.

Estimación de los costos

- El costo de capital, según estimado, monta a \$281,597,100. Esto no incluye la depreciación correspondiente.

- Para estimar el servicio a la deuda por construcción se supone el pago fijo y anualizado por 30 años con una tasa de interés del 5.37% sobre el principal.
- La tarifa por uso del sistema es de \$1.50 y se deja fija por todo el periodo del análisis. Se lleva a cabo un ejercicio alternativo con una tarifa fija de \$2.00.
- Para efectos de la estimación de la demanda se supuso que para el año inicial (2007) el número de viajes diarios en ambos sentidos habría de montar a 7,300. Ya para 2010 se supone que dicha cifra ascienda a 9,200 y para 2015 a 12,800. De 2015 a 2034 se parte de supuesto conservador de que los viajes diarios se sostendrán a ese último nivel (12,800).
- Para estimar los costos de operación, mantenimiento y administración por año se aplicó una tasa inflacionaria anual de 5% a estas partidas a partir de año 2008
- No se estimaron los costos sociales (alza en rentas y costos, adquisición de tierras, impacto por ruido y obstrucciones visual y demoras en el tránsito por causa de la construcción) ya sea porque no son cuantificables o porque no estaban incluidas en el informe.
- El total de costos ascendió a durante los 30 años asciende a \$1,039,069,430 que traído a valor presente a una tasa de descuento de 5.37% asciende a \$216,472,798.

Estimación de los beneficios

- Los beneficios directos del proyecto se estimaron a base de los ingresos por concepto de tarifa. El ingreso por tarifa se estimó a razón de \$1.50 por viaje, suponiendo que no importa donde se genere el viaje, el operador del tren capta ese valor total cuando se trata de personas que viajan en la ruta de San Juan-Caguas en cualquier sentido o dirección.
- Los beneficios macroeconómicos se estimaron tanto para la fase de construcción como para la fase de operación del proyecto. La aportación al Producto Bruto se hizo a base del volumen de inversión del proyecto. Se distinguió entre aquella parte del costo total de proyecto que aporta a las ganancias, los intereses, dividendos, rentas, y depreciación y aquella que constituye la compensación a los empleados (salarios y jornales y suplementos).
- Se estimaron los beneficios macroeconómicos a base de un multiplicador de ingreso de 0.74 en el caso de la aportación al producto bruto y de un multiplicador de empleo de 0.54 en el caso del valor monetario de la cantidad que fluye a los empleados en forma de salarios, jornales y suplementos.
- La aportación al producto bruto y al empleo se hizo a base de un promedio de 85 personas que trabajarán en las diversas fases de la operación del proyecto. El crecimiento del subtotal corresponde al alza de los costos de operación que se indican en la sección de costos.

Estimación de los beneficios sociales

- Los beneficios sociales se estimaron a base de los siguientes supuestos
 - No se asignó valor a la reducción del pago por tarifa para personas que usan la transportación pública, ya que la tarifa de carros públicos en la ruta de San Juan-Caguas es de \$1.00 en el caso de carros públicos y de \$0.70 en el caso de autobuses, ambas inferiores a la tarifa que se contempla en el proyecto.
 - El ahorro en el tiempo de viaje se estimó a base de la demanda proyectada y de un ahorro en tiempo promedio por viaje de 30 minutos. Se estimó un valor por hora ahorrada de \$11.70 para los que viajan al trabajo y de \$5.85 para los que viajan por otros motivos. Se calculó a base de 244 días laborales en este y todos los demás estimados de beneficio social.
 - La reducción en los costos de operación de vehículos de motor se hizo a base del número de viajes al año multiplicado por un costo de operación por milla recorrida de \$0.024, tomando en cuenta que hay una distancia de 15 millas entre San Juan (Río y Piedras) y Caguas en un recorrido equivalente al que haría el tren. Se hicieron los ajustes por año de acuerdo al crecimiento de la demanda de los servicios del tren. En este caso la captación de viajes que tenga el tren es equivalente a la reducción de viajes en automóvil.
 - La reducción en los gastos de gasolina se hizo tomando en cuenta la proyección del número de viajes, el total de millas que dejarían de recorrerse en automóvil, suponiendo un rendimiento de 21 millas por galón en los viajes en automóvil y un costo por galón de gasolina de \$0.35. La proyección de esta partida se ajustó de acuerdo con el alza en la demanda de los servicios del tren durante el periodo de análisis.
 - La reducción en los costos de estacionamiento se hizo a base de un estimado de costo de estacionamiento por día de \$5.00, suponiendo que el 60% de los viajes son hacia el trabajo y que el 20% de las viajes se traducen en un periodo de estacionamiento de un día completo.

Beneficios sociales

- Se estimó la partida de reducción en el mantenimiento de carreteras bajo el supuesto de que esta partida es proporcional al por ciento de reducción de viajes por la porción de la autopista 52 que conecta a San Juan con Caguas. Se tomó en cuenta la cantidad que se la asigna en el Presupuesto de Estado Libre Asociado de 2002-2003 al mantenimiento de las autopistas de la Isla. Las partidas de alza en el valor de la tierra, reducción en accidentes de tránsito, mejoras en la calidad del aire se consideran no cuantificables.
- El ahorro de peaje se estimó a base de \$1.00 por viaje suponiendo que el 80% de los viajes en ambas direcciones se hacen por PR-52.
- El cálculo de la reducción en la congestión de flujo vehicular, medido por el aumento en la velocidad promedio de los vehículos que viajan en la ruta de San

Juan-Caguas y el correspondiente ahorro en tiempo y la reducción en el consumo de gasolina de los personas que no usan el tren. Ambos elementos fueron estimados a base de los parámetros de valoración del tiempo en el recorrido al trabajo y el rendimiento por galón de gasolina y costo de la gasolina antes mencionados. En cada caso se consideró que aportación del tren es proporcional al número de viajes en automóvil que resta en la ruta bajo análisis. Las mejoras al patrón de uso de terrenos se consideraron como no cuantificables.

- El total de beneficios monta a \$1,648,227,429, que traído a valor presente, a base de una tasa de descuento de 5.37%, asciende a \$343,380,714.

Criterio de decisión

Si el VPBS es mayor que uno la inversión es socialmente beneficiosa. De ser menor que uno los costos sociales son mayores que los beneficios.

Escenarios alternativo	VP Beneficios \$Millones	VP Costos \$Millones	Razón beneficio-costo
Tarifa \$2.00	\$343.9	\$216.5	1.59

Conclusión

En la medida que los beneficios son superiores a los costos, por una razón de 1.59, el proyecto se considera beneficioso desde el punto de vista social.

Forma de financiamiento del proyecto

- La conclusión con respecto a la conveniencia social del proyecto a base del criterio de costo beneficio debe evaluarse dentro del contexto de que el mismo no ofrece una perspectiva gananciosa desde el punto de vista de los ingresos que se obtendría de la operación en comparación con el costo de capital, los costos de operación y el servicio de la deuda.
- Más específicamente, la suma del valor presente de los costos de capital, los costos de operación y el servicio de la deuda, que monta a \$216,472,797, es marcadamente superior al valor presente de los ingresos por tarifa que asciende a \$25,023,437.
- Ahora bien, los beneficios macroeconómicos y sociales del proyecto son suficientemente grandes como para que el mismo sea viable desde el punto de vista social y está que haría una aportación significativa a la solución del problema de congestión de tránsito en la ruta a a servir, además de aportar un volumen considerable de pasajeros al Tren Urbano.

Razón de costo-beneficio del proyecto: escenario básico

El análisis anterior, se puede resumir de la siguiente manera:

a) Valor presente del Beneficio Social (VPBS):

$$\sum_{Tt=0} Bt (1 + r)^t = \$343,380,714$$

b) Valor presente del Costo Social (VPCS):

$$\sum_{Tt=0} Ct (1 + r)^t = \$216,472,798$$

c) Razón Beneficio-Costo

Razón Beneficio – Costo (RBC):

$$\sum_{Tt=0} [Bt / (1 + r)^t] / [Ct / (1 + r)^t] = \underline{1.58}$$

donde: $\sum_{Tt=0}$ – Sumatoria desde el año cero hasta la duración del proyecto.

Bt – Valor monetario del beneficio social en cada año t del proyecto.

Ct – Valor monetario del costo social en cada año t del proyecto.

r – Tasa de descuento social.

Se estimó un escenario alternativo con una tarifa de \$2.00. En este caso la razón beneficio-costo sube a 1.59

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO
ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$1.50, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59
HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD
PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

ESTIMADO DE COSTOS
COSTOS DE CAPITAL^a

Plataforma
 Red Vial
 Vía
 Obras civiles
 Estaciones
 Energía
 Equipamientos de operación
 Polo de intercambio, talleres y cocheras de Caguas
 Equipo rodante
 Administración, Gerencia e Ingeniería
 Riesgo

Subtotal

SERVICIO DE LA DEUDA^b

Subtotal

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Operación
 Mantenimiento
 Administración de la fase operacional

Subtotal

COSTOS SOCIALES

Alza en rentas y costos*
 Adquisición de tierras*
 Ruido*
 Ambiente visual*

Subtotal

TOTAL DE COSTOS

	1 y 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Plataforma	\$ 32,531,000										
Red Vial	\$ 14,121,000										
Vía	\$ 39,875,000										
Obras civiles	\$ 43,137,000										
Estaciones	\$ 597,000										
Energía	\$ 12,663,000										
Equipamientos de operación	\$ 4,241,000										
Polo de intercambio, talleres y cocheras de Caguas	\$ 50,965,000										
Equipo rodante	\$ 23,600,000										
Administración, Gerencia e Ingeniería	\$ 26,607,600										
Riesgo	\$ 33,259,500										
<i>Subtotal</i>	\$ 281,597,100										
SERVICIO DE LA DEUDA^b											
<i>Subtotal</i>	\$ 35,280,646	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO											
Operación		\$ 2,017,828	\$ 2,118,719	\$ 2,224,655	\$ 2,335,888	\$ 2,452,683	\$ 2,575,317	\$ 2,704,083	\$ 2,839,287	\$ 2,981,251	\$ 3,130,314
Mantenimiento		\$ 1,278,724	\$ 1,342,660	\$ 1,409,793	\$ 1,480,283	\$ 1,554,297	\$ 1,632,012	\$ 1,713,612	\$ 1,799,293	\$ 1,889,258	\$ 1,983,721
Administración de la fase operacional		\$ 611,882	\$ 642,476	\$ 674,600	\$ 708,330	\$ 743,746	\$ 780,934	\$ 819,980	\$ 860,979	\$ 904,028	\$ 949,230
<i>Subtotal</i>		\$ 3,908,434	\$ 4,103,856	\$ 4,309,048	\$ 4,524,501	\$ 4,750,726	\$ 4,988,262	\$ 5,237,675	\$ 5,499,559	\$ 5,774,537	\$ 6,063,264
COSTOS SOCIALES											
Alza en rentas y costos*											
Adquisición de tierras*											
Ruido*											
Ambiente visual*											
<i>Subtotal</i>											
TOTAL DE COSTOS	\$ 35,280,646	\$ 21,548,757	\$ 21,744,179	\$ 21,949,371	\$ 22,164,824	\$ 22,391,049	\$ 22,628,585	\$ 22,877,998	\$ 23,139,882	\$ 23,414,860	\$ 23,703,587

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$1.50, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	1 y 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ESTIMADO DE BENEFICIOS											
Periodo de construcción											
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB	\$ 228,514,671										
Creación de empleos directos	\$ 53,082,429										
<i>Subtotal</i>	\$ 281,597,100										
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación al PNB	\$ 169,100,857										
Creación de empleos directos e indirectos	\$ 28,664,512										
<i>Subtotal</i>	\$ 197,765,368										
Periodo de operación											
BENEFICIOS DIRECTOS											
Ingreso por tarifa											
<i>Subtotal</i>		\$ 2,737,500	\$ 2,737,500	\$ 2,737,500	\$ 3,450,000	\$ 3,450,000	\$ 3,450,000	\$ 3,450,000	\$ 3,450,000	\$ 3,450,000	\$ 4,800,000
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB	\$ 1,780,930	\$ 1,869,977	\$ 1,963,475	\$ 2,061,649	\$ 2,164,732	\$ 2,272,968	\$ 2,386,617	\$ 2,505,947	\$ 2,631,245	\$ 2,762,807	\$ 2,762,807
Creación de empleos	\$ 2,127,504	\$ 2,233,879	\$ 2,345,573	\$ 2,462,852	\$ 2,585,994	\$ 2,715,294	\$ 2,851,059	\$ 2,993,612	\$ 3,143,292	\$ 3,300,457	\$ 3,300,457
<i>Subtotal</i>	\$ 3,908,434	\$ 4,103,856	\$ 4,309,048	\$ 4,524,501	\$ 4,750,726	\$ 4,988,262	\$ 5,237,675	\$ 5,499,559	\$ 5,774,537	\$ 6,063,264	\$ 6,063,264
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación del PNB	\$ 1,317,888	\$ 1,383,783	\$ 1,452,972	\$ 1,525,620	\$ 1,601,901	\$ 1,681,996	\$ 1,766,096	\$ 1,854,401	\$ 1,947,121	\$ 2,044,477	\$ 2,044,477
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 1,148,852	\$ 1,206,295	\$ 1,266,610	\$ 1,329,940	\$ 1,396,437	\$ 1,466,259	\$ 1,539,572	\$ 1,616,550	\$ 1,697,378	\$ 1,782,247	\$ 1,782,247
<i>Subtotal</i>	\$ 2,466,740	\$ 2,590,077	\$ 2,719,581	\$ 2,855,560	\$ 2,998,338	\$ 3,148,255	\$ 3,305,668	\$ 3,470,951	\$ 3,644,499	\$ 3,826,724	\$ 3,826,724
BENEFICIOS SOCIALES											
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública											
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 10,802,187	\$ 10,802,187	\$ 10,802,187	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 16,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 21,924,864
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 445,300	\$ 445,300	\$ 445,300	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 780,800
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 641,232	\$ 641,232	\$ 641,232	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 1,124,352
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 547,500	\$ 547,500	\$ 547,500	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000
Reducción en el costo de peaje	\$ 1,424,960	\$ 1,424,960	\$ 1,424,960	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 2,498,560
Alza en el valor de la tierra*											
Reducción en accidentes de tránsito*											
Mejoras en la calidad del aire*											
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 109,296	\$ 109,296	\$ 109,296	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 201,702
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 6,205,034	\$ 6,205,034	\$ 6,205,034	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 10,796,168
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 550,757	\$ 550,757	\$ 550,757	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 922,756
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*											
<i>Subtotal</i>	\$ 13,861,179	\$ 13,861,179	\$ 13,861,179	\$ 19,657,824	\$ 19,883,664	\$ 19,883,664	\$ 19,883,664	\$ 19,883,664	\$ 19,883,664	\$ 19,883,664	\$ 27,288,576
TOTAL DE BENEFICIOS	479,362,468	22,973,853	23,292,612	23,627,309	30,487,885	31,082,728	31,470,181	31,877,007	32,304,175	32,752,700	41,978,564
* No cuantificables.											

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.37%.

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$1.50, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ESTIMADO DE BENEFICIOS											
Periodo de construcción											
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB											
Creación de empleos directos											
<i>Subtotal</i>											
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación al PNB											
Creación de empleos directos e indirectos											
<i>Subtotal</i>											
Periodo de operación											
BENEFICIOS DIRECTOS											
Ingreso por tarifa											
<i>Subtotal</i>	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB	\$ 2,900,947	\$ 3,045,995	\$ 3,198,294	\$ 3,358,209	\$ 3,526,120	\$ 3,702,426	\$ 3,887,547	\$ 4,081,924	\$ 4,286,020	\$ 4,500,321	\$ 4,725,337
Creación de empleos	\$ 3,465,480	\$ 3,638,754	\$ 3,820,692	\$ 4,011,726	\$ 4,212,312	\$ 4,422,928	\$ 4,644,074	\$ 4,876,278	\$ 5,120,092	\$ 5,376,097	\$ 5,644,901
<i>Subtotal</i>	\$ 6,366,427	\$ 6,684,748	\$ 7,018,986	\$ 7,369,935	\$ 7,738,432	\$ 8,125,354	\$ 8,531,621	\$ 8,958,202	\$ 9,406,112	\$ 9,876,418	\$ 10,370,239
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación del PNB	\$ 2,146,701	\$ 2,254,036	\$ 2,366,738	\$ 2,485,075	\$ 2,609,328	\$ 2,739,795	\$ 2,876,785	\$ 3,020,624	\$ 3,171,655	\$ 3,330,238	\$ 3,496,750
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 1,871,359	\$ 1,964,927	\$ 2,063,173	\$ 2,166,332	\$ 2,274,649	\$ 2,388,381	\$ 2,507,800	\$ 2,633,190	\$ 2,764,850	\$ 2,903,092	\$ 3,048,247
<i>Subtotal</i>	\$ 4,018,060	\$ 4,218,963	\$ 4,429,911	\$ 4,651,407	\$ 4,883,977	\$ 5,128,176	\$ 5,384,585	\$ 5,653,814	\$ 5,936,505	\$ 6,233,330	\$ 6,544,997
BENEFICIOS SOCIALES											
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública											
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000
Reducción en el costo de peaje	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560
Alza en el valor de la tierra*											
Reducción en accidentes de tránsito*											
Mejoras en la calidad del aire*											
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*											
<i>Subtotal</i>	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576
TOTAL DE BENEFICIOS	42,473,063	42,992,288	43,537,473	44,109,918	44,710,985	45,342,106	46,004,782	46,700,592	47,431,193	48,198,324	49,003,811

* No cuantificables.

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.37%.

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$1.50, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD
PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL
EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

ESTIMADO DE BENEFICIOS

Periodo de construcción

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS

Aportación al PNB

Creación de empleos directos

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS

Aportación al PNB

Creación de empleos directos e indirectos

Subtotal

Periodo de operación

BENEFICIOS DIRECTOS

Ingreso por tarifa

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS

Aportación al PNB

Creación de empleos

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS

Aportación del PNB

Creación de empleos indirectos e indirectos

Subtotal

BENEFICIOS SOCIALES

Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública

Reducción en el tiempo de viaje

Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren

Reducción en los costos de operación de vehículos

Reducción de los costos de estacionamiento

Reducción en el costo de peaje

Alza en el valor de la tierra*

Reducción en accidentes de tránsito*

Mejoras en la calidad del aire*

Reducción en el mantenimiento de las carreteras

Reducción de la congestión del flujo vehicular

Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios

Mejoras en el patrón de uso de terrenos*

Subtotal

TOTAL DE BENEFICIOS

* No cuantificables.

	24	25	26	27	28	29	30	
ESTIMADO DE BENEFICIOS								
Periodo de construcción								
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS								
Aportación al PNB								\$ 228,513,674
Creación de empleos directos								\$ 53,082,429
<i>Subtotal</i>								\$ 281,597,100
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS								
Aportación al PNB								\$ 189,100,857
Creación de empleos directos e indirectos								\$ 28,664,512
<i>Subtotal</i>								\$ 197,765,368
Periodo de operación								
BENEFICIOS DIRECTOS								
Ingreso por tarifa								
<i>Subtotal</i>	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 4,800,000	\$ 120,112,500
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS								
Aportación al PNB	\$ 4,961,604	\$ 5,209,685	\$ 5,470,169	\$ 5,743,677	\$ 6,030,861	\$ 6,332,404	\$ 6,649,024	\$ 101,010,912
Creación de empleos	\$ 5,927,147	\$ 6,223,504	\$ 6,534,679	\$ 6,861,413	\$ 7,204,484	\$ 7,564,708	\$ 7,942,943	\$ 124,251,728
<i>Subtotal</i>	\$ 10,888,751	\$ 11,433,188	\$ 12,004,848	\$ 12,605,090	\$ 13,235,345	\$ 13,897,112	\$ 14,591,968	\$ 225,262,640
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS								
Aportación del PNB	\$ 3,671,587	\$ 3,855,167	\$ 4,047,925	\$ 4,250,321	\$ 4,462,837	\$ 4,685,979	\$ 4,920,278	\$ 76,988,075
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 3,200,659	\$ 3,360,692	\$ 3,528,727	\$ 3,705,163	\$ 3,890,421	\$ 4,084,942	\$ 4,289,189	\$ 67,095,839
<i>Subtotal</i>	\$ 6,872,246	\$ 7,215,859	\$ 7,576,652	\$ 7,955,484	\$ 8,353,258	\$ 8,770,921	\$ 9,209,467	\$ 144,084,008
BENEFICIOS SOCIALES								
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública								
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 43,520,953
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 10,538,300
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 1,124,352	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 28,301,040
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 25,372,500
Reducción en el costo de peaje	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 82,566,720
Alza en el valor de la tierra*								
Reducción en accidentes de tránsito*								
Mejoras en la calidad del aire*								
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 3,057,012
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 66,026,880
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 1,405,119
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*								
<i>Subtotal</i>	\$ 27,288,576	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 179,000,513
TOTAL DE BENEFICIOS	49,849,573	50,765,271	51,697,723	52,676,798	53,704,827	54,784,257	55,917,659	1,651,110,129

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.37%.

4.802964775

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO
ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00 TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59
HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD
PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	1 y 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ESTIMADO DE COSTOS											
COSTOS DE CAPITAL^a											
Plataforma	\$ 32,531,000										
Red Vial	\$ 14,121,000										
Vía	\$ 39,875,000										
Obras civiles	\$ 43,137,000										
Estaciones	\$ 597,000										
Energía	\$ 12,663,000										
Equipamientos de operación	\$ 4,241,000										
Polo de intercambio, talleres y cocheras de Caguas	\$ 50,965,000										
Equipo rodante	\$ 23,600,000										
Administración, Gerencia e Ingeniería	\$ 26,607,600										
Riesgo	\$ 33,259,500										
<i>Subtotal</i>	\$ 281,597,100										
SERVICIO DE LA DEUDA^b											
<i>Subtotal</i>	\$ 35,280,646	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO											
Operación		\$ 2,017,828	\$ 2,118,719	\$ 2,224,655	\$ 2,335,888	\$ 2,452,683	\$ 2,575,317	\$ 2,704,083	\$ 2,839,287	\$ 2,981,251	\$ 3,130,314
Mantenimiento		\$ 1,278,724	\$ 1,342,660	\$ 1,409,793	\$ 1,480,283	\$ 1,554,297	\$ 1,632,012	\$ 1,713,612	\$ 1,799,293	\$ 1,889,258	\$ 1,983,721
Administración de la fase operacional		\$ 611,882	\$ 642,476	\$ 674,600	\$ 708,330	\$ 743,746	\$ 780,934	\$ 819,980	\$ 860,979	\$ 904,028	\$ 949,230
<i>Subtotal</i>		\$ 3,908,434	\$ 4,103,856	\$ 4,309,048	\$ 4,524,501	\$ 4,750,726	\$ 4,988,262	\$ 5,237,675	\$ 5,499,559	\$ 5,774,537	\$ 6,063,264
COSTOS SOCIALES											
Alza en rentas y costos*											
Adquisición de tierras*											
Ruido*											
Ambiente visual*											
<i>Subtotal</i>											
TOTAL DE COSTOS	\$ 35,280,646	\$ 21,548,757	\$ 21,744,179	\$ 21,949,371	\$ 22,164,824	\$ 22,391,049	\$ 22,628,585	\$ 22,877,998	\$ 23,139,882	\$ 23,414,860	\$ 23,703,587

\$ 0

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	1 y 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ESTIMADO DE BENEFICIOS											
Periodo de construcción											
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB	\$ 228,514,671										
Creación de empleos directos	\$ 53,082,429										
<i>Subtotal</i>	\$ 281,597,100										
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación al PNB	\$ 169,100,857										
Creación de empleos directos e indirectos	\$ 28,664,512										
<i>Subtotal</i>	\$ 197,765,368										
Periodo de operación											
BENEFICIOS DIRECTOS											
Ingreso por tarifa											
<i>Subtotal</i>	\$ 2,671,800	\$ 2,671,800	\$ 2,671,800	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 3,367,200	\$ 4,684,800
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS											
Aportación al PNB	\$ 1,780,930	\$ 1,869,977	\$ 1,963,475	\$ 2,061,649	\$ 2,164,732	\$ 2,272,968	\$ 2,386,617	\$ 2,505,947	\$ 2,631,245	\$ 2,762,807	\$ 2,762,807
Creación de empleos	\$ 2,127,504	\$ 2,233,879	\$ 2,345,573	\$ 2,462,852	\$ 2,585,994	\$ 2,715,294	\$ 2,851,059	\$ 2,993,612	\$ 3,143,292	\$ 3,300,457	\$ 3,300,457
<i>Subtotal</i>	\$ 3,908,434	\$ 4,103,856	\$ 4,309,048	\$ 4,524,501	\$ 4,750,726	\$ 4,988,262	\$ 5,237,675	\$ 5,499,559	\$ 5,774,537	\$ 6,063,264	\$ 6,063,264
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS											
Aportación del PNB	\$ 1,317,888	\$ 1,383,783	\$ 1,452,972	\$ 1,525,620	\$ 1,601,901	\$ 1,681,996	\$ 1,766,096	\$ 1,854,401	\$ 1,947,121	\$ 2,044,477	\$ 2,044,477
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 1,148,852	\$ 1,206,295	\$ 1,266,610	\$ 1,329,940	\$ 1,396,437	\$ 1,466,259	\$ 1,539,572	\$ 1,616,550	\$ 1,697,378	\$ 1,782,247	\$ 1,782,247
<i>Subtotal</i>	\$ 2,466,740	\$ 2,590,077	\$ 2,719,581	\$ 2,855,560	\$ 2,998,338	\$ 3,148,255	\$ 3,305,668	\$ 3,470,951	\$ 3,644,499	\$ 3,826,724	\$ 3,826,724
BENEFICIOS SOCIALES											
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública											
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 10,802,187	\$ 10,802,187	\$ 10,802,187	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 15,758,496	\$ 21,924,864
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 445,300	\$ 445,300	\$ 445,300	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 561,200	\$ 780,800
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 641,232	\$ 641,232	\$ 641,232	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 808,128	\$ 1,124,352
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 547,500	\$ 547,500	\$ 547,500	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 690,000	\$ 960,000
Reducción en el costo de peaje	\$ 1,424,960	\$ 1,424,960	\$ 1,424,960	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 1,795,840	\$ 2,498,560
Alza en el valor de la tierra*											
Reducción en accidentes de tránsito*											
Mejoras en la calidad del aire*											
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 109,296	\$ 109,296	\$ 109,296	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 131,136	\$ 201,702
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 6,205,034	\$ 6,205,034	\$ 6,205,034	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 7,197,445	\$ 10,796,168
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 550,757	\$ 550,757	\$ 550,757	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 684,067	\$ 952,444
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*											
<i>Subtotal</i>	\$ 13,861,179	\$ 13,861,179	\$ 13,861,179	\$ 19,657,824	\$ 19,883,664	\$ 27,288,576					
TOTAL DE BENEFICIOS	479,362,468	22,908,153	23,226,912	23,561,609	30,405,085	30,999,928	31,387,381	31,794,207	32,221,375	32,669,900	41,863,364

* No cuantificables.

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.37%.

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO
ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59
HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD
PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ESTIMADO DE COSTOS										
COSTOS DE CAPITAL^a										
Plataforma										
Red Vial										
Vía										
Obras civiles										
Estaciones										
Energía										
Equipamientos de operación										
Polo de intercambio, talleres y cocheras de Caguas										
Equipo rodante										
Administración, Gerencia e Ingeniería										
Riesgo										
<i>Subtotal</i>										
SERVICIO DE LA DEUDA^b										
<i>Subtotal</i>	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO										
Operación	\$ 3,286,829	\$ 3,451,171	\$ 3,623,729	\$ 3,804,916	\$ 3,995,161	\$ 4,194,919	\$ 4,404,665	\$ 4,624,899	\$ 4,856,144	\$ 5,098,951
Mantenimiento	\$ 2,082,907	\$ 2,187,052	\$ 2,296,405	\$ 2,411,225	\$ 2,531,786	\$ 2,658,375	\$ 2,791,294	\$ 2,930,859	\$ 3,077,402	\$ 3,231,272
Administración de la fase operacional	\$ 996,691	\$ 1,046,526	\$ 1,098,852	\$ 1,153,795	\$ 1,211,485	\$ 1,272,059	\$ 1,335,662	\$ 1,402,445	\$ 1,472,567	\$ 1,546,195
<i>Subtotal</i>	\$ 6,366,427	\$ 6,684,748	\$ 7,018,986	\$ 7,369,935	\$ 7,738,432	\$ 8,125,354	\$ 8,531,621	\$ 8,958,202	\$ 9,406,112	\$ 9,876,418
COSTOS SOCIALES										
Alza en rentas y costos*										
Adquisición de tierras*										
Ruido*										
Ambiente visual*										
<i>Subtotal</i>										
TOTAL DE COSTOS	\$ 24,006,750	\$ 24,325,071	\$ 24,659,309	\$ 25,010,258	\$ 25,378,755	\$ 25,765,677	\$ 26,171,944	\$ 26,598,525	\$ 27,046,435	\$ 27,516,741

ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ESTIMADO DE BENEFICIOS										
Periodo de construcción										
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS										
Aportación al PNB										
Creación de empleos directos										
<i>Subtotal</i>										
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS										
Aportación al PNB										
Creación de empleos directos e indirectos										
Periodo de operación										
BENEFICIOS DIRECTOS										
Ingreso por tarifa										
<i>Subtotal</i>	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS										
Aportación al PNB	\$ 2,900,947	\$ 3,045,995	\$ 3,198,294	\$ 3,358,209	\$ 3,526,120	\$ 3,702,426	\$ 3,887,547	\$ 4,081,924	\$ 4,286,020	\$ 4,500,321
Creación de empleos	\$ 3,465,480	\$ 3,638,754	\$ 3,820,692	\$ 4,011,726	\$ 4,212,312	\$ 4,422,928	\$ 4,644,074	\$ 4,876,278	\$ 5,120,092	\$ 5,376,097
<i>Subtotal</i>	\$ 6,366,427	\$ 6,684,748	\$ 7,018,986	\$ 7,369,935	\$ 7,738,432	\$ 8,125,354	\$ 8,531,621	\$ 8,958,202	\$ 9,406,112	\$ 9,876,418
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS										
Aportación del PNB	\$ 2,146,701	\$ 2,254,036	\$ 2,366,738	\$ 2,485,075	\$ 2,609,328	\$ 2,739,795	\$ 2,876,785	\$ 3,020,624	\$ 3,171,655	\$ 3,330,238
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 1,871,359	\$ 1,964,927	\$ 2,063,173	\$ 2,166,332	\$ 2,274,649	\$ 2,388,381	\$ 2,507,800	\$ 2,633,190	\$ 2,764,850	\$ 2,903,092
<i>Subtotal</i>	\$ 4,018,060	\$ 4,218,963	\$ 4,429,911	\$ 4,651,407	\$ 4,883,977	\$ 5,128,176	\$ 5,384,585	\$ 5,653,814	\$ 5,936,505	\$ 6,233,330
BENEFICIOS SOCIALES										
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública										
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000
Reducción en el costo de peaje	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560
Alza en el valor de la tierra*										
Reducción en accidentes de tránsito*										
Mejoras en la calidad del aire*										
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*										
<i>Subtotal</i>	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576
TOTAL DE BENEFICIOS	42,357,863	42,877,088	43,422,273	43,994,718	44,595,785	45,226,906	45,889,582	46,585,392	47,315,993	48,083,124

* No cuantificables.

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.37%.

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD

PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

	23	24	25	26	27	28	29	30	TOTAL
ESTIMADO DE COSTOS									
COSTOS DE CAPITAL^a									
Plataforma									32,531,000
Red Vial									14,121,000
Vía									39,875,000
Obras civiles									43,137,000
Estaciones									597,000
Energía									12,663,000
Equipamientos de operación									4,241,000
Polo de intercambio, talleres y cocheras de Caguas									50,965,000
Equipo rodante									23,600,000
Administración, Gerencia e Ingeniería									26,607,600
Riesgo									33,259,500
<i>Subtotal</i>									281,597,100
SERVICIO DE LA DEUDA^b									
<i>Subtotal</i>	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	\$ 17,640,323	529,209,690
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO									
Operación	\$ 5,353,898	\$ 5,621,593	\$ 5,902,673	\$ 6,197,807	\$ 6,507,697	\$ 6,833,082	\$ 7,174,736	\$ 7,533,473	117,846,367
Mantenimiento	\$ 3,392,835	\$ 3,562,477	\$ 3,740,601	\$ 3,927,631	\$ 4,124,013	\$ 4,330,213	\$ 4,546,724	\$ 4,774,060	74,680,784
Administración de la fase operacional	\$ 1,623,505	\$ 1,704,680	\$ 1,789,914	\$ 1,879,410	\$ 1,973,381	\$ 2,072,050	\$ 2,175,652	\$ 2,284,435	35,735,489
<i>Subtotal</i>	\$ 10,370,239	\$ 10,888,751	\$ 11,433,188	\$ 12,004,848	\$ 12,605,090	\$ 13,235,345	\$ 13,897,112	\$ 14,591,968	228,262,640
COSTOS SOCIALES									
Alza en rentas y costos*									
Adquisición de tierras*									
Ruido*									
Ambiente visual*									
<i>Subtotal</i>									
TOTAL DE COSTOS	\$ 28,010,562	\$ 28,529,074	\$ 29,073,511	\$ 29,645,171	\$ 30,245,413	\$ 30,875,668	\$ 31,537,435	\$ 32,232,291	1,039,069,430

ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO

ESCENARIO BÁSICO TARIFA: \$2.00, TRAYECTORIA DE LA DEMANDA: 7,300 EN 2007, 9,200 EN 2010, 12,800 EN 2015, RAZÓN DE BENEFICIO-COSTO: 1.59

HOJA DE TRABAJO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL EJE DE SAN JUAN-CAGUAS

ESTIMADO DE BENEFICIOS

Periodo de construcción

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS

Aportación al PNB

Creación de empleos directos

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS

Aportación al PNB

Creación de empleos directos e indirectos

Subtotal

Periodo de operación

BENEFICIOS DIRECTOS

Ingreso por tarifa

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS

Aportación al PNB

Creación de empleos

Subtotal

BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS

Aportación del PNB

Creación de empleos indirectos e indirectos

Subtotal

BENEFICIOS SOCIALES

Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública

Reducción en el tiempo de viaje

Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren

Reducción en los costos de operación de vehículos

Reducción de los costos de estacionamiento

Reducción en el costo de peaje

Alza en el valor de la tierra*

Reducción en accidentes de tránsito*

Mejoras en la calidad del aire*

Reducción en el mantenimiento de las carreteras

Reducción de la congestión del flujo vehicular

Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios

Mejoras en el patrón de uso de terrenos*

Subtotal

TOTAL DE BENEFICIOS

* No cuantificables.

	23	24	25	26	27	28	29	30	
ESTIMADO DE BENEFICIOS									
Periodo de construcción									
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS									
Aportación al PNB									\$ 228,514,871
Creación de empleos directos									\$ 53,082,429
Subtotal									\$ 281,597,300
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS									
Aportación al PNB									\$ 189,100,857
Creación de empleos directos e indirectos									\$ 28,564,512
Subtotal									\$ 197,785,368
Periodo de operación									
BENEFICIOS DIRECTOS									
Ingreso por tarifa									
Subtotal	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 4,684,800	\$ 117,729,800
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS DIRECTOS									
Aportación al PNB	\$ 4,725,337	\$ 4,961,604	\$ 5,209,685	\$ 5,470,169	\$ 5,743,677	\$ 6,030,861	\$ 6,332,404	\$ 6,649,024	\$ 104,010,912
Creación de empleos	\$ 5,644,901	\$ 5,927,147	\$ 6,223,504	\$ 6,534,679	\$ 6,861,413	\$ 7,204,484	\$ 7,564,708	\$ 7,942,943	\$ 124,251,728
Subtotal	\$ 10,370,239	\$ 10,888,751	\$ 11,433,188	\$ 12,004,848	\$ 12,605,090	\$ 13,235,345	\$ 13,897,112	\$ 14,591,968	\$ 228,262,640
BENEFICIOS MACROECONÓMICOS INDIRECTOS E INDUCIDOS									
Aportación del PNB	\$ 3,496,750	\$ 3,671,587	\$ 3,855,167	\$ 4,047,925	\$ 4,250,321	\$ 4,462,837	\$ 4,685,979	\$ 4,920,278	\$ 76,168,075
Creación de empleos indirectos e indirectos	\$ 3,048,247	\$ 3,200,659	\$ 3,360,692	\$ 3,528,727	\$ 3,705,163	\$ 3,890,421	\$ 4,084,942	\$ 4,289,189	\$ 67,095,933
Subtotal	\$ 6,544,997	\$ 6,872,246	\$ 7,215,859	\$ 7,576,652	\$ 7,955,484	\$ 8,353,258	\$ 8,770,921	\$ 9,209,467	\$ 143,064,008
BENEFICIOS SOCIALES									
Reducción de pago de tarifa para personas usan transportación pública									
Reducción en el tiempo de viaje	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 21,924,864	\$ 175,629,953
Reducción de consumo de gasolina usuarios del tren	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 780,800	\$ 6,306,400
Reducción en los costos de operación de vehículos	\$ 1,124,352	\$ 1,124,352	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 1,152,000	\$ 9,301,040
Reducción de los costos de estacionamiento	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 7,728,000
Reducción en el costo de peaje	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 2,498,560	\$ 20,000,000
Alza en el valor de la tierra*									
Reducción en accidentes de tránsito*									
Mejoras en la calidad del aire*									
Reducción en el mantenimiento de las carreteras	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 201,702	\$ 1,613,616
Reducción de la congestión del flujo vehicular	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 10,796,168	\$ 86,369,364
Reducción en el consumo de gasolina de no usuarios	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 502,444	\$ 4,019,552
Mejoras en el patrón de uso de terrenos*									
Subtotal	\$ 27,288,576	\$ 27,288,576	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 27,316,224	\$ 221,308,513
TOTAL DE BENEFICIOS	48,888,611	49,734,373	50,650,071	51,582,523	52,561,598	53,589,627	54,669,057	55,802,459	1,648,227,429

4.802964775

a) Estos costos no incluyen las obras de desvío de redes, las obras de conexión de las subestaciones eléctricas a la red de alta tensión de Puerto Rico, ni las expropiaciones pertinentes.

b) Por 30 años a una tasa de 5.27%

8. BIBLIOGRAFÍA

Kratofil, Joseph A., A Benefit-Cost Analysis for the Use of Intelligent Transportation Technology for Temporary Construction Zone Traffic Management on the I-496 Reconstruction in Lansing, Michigan, 14 de marzo de 2001, 32 págs.

NCEDR Tools, Cost-Benefit Analysis Modules

Thayer Watkins, Introduction to Cost Benefit Analysis

Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Análisis de Costo-Beneficio del Metro de San Juan, 1977, 32 págs.

Zalacaín, Fernando, A Cost-Benefit Analysis of Tren Urbano, Basic Elements, 1992, 26 págs. y tablas.

Wilbur Smith Associates, Rochester Light Rail Transit Economic Development Feasibility Study, Executive Summary, 1998, 17 págs.

Victoria Transport Policy Institute, Transportation Cost and Benefit Analysis- Resource Consumption External Cost, Capítulo 5, págs. 5.12.1-5.12-11

Declaración de Impacto Ambiental del Tren Urbano

Estudio de Transportación Región Central - Este

Traffic Data Collection Analysis PR - 52

Vehicle Classification Volume PR - 52 (During March 2002)

Vehicle Classification Volume PR - 52 (During September 2002)

Promedio de Tránsito Mensual PR - 52 (2001)

Traffic Volume Analysis South PR - 1 (Guaynabo)

Estudio PR - 1

Estudio de Comisión de Transporte Público

Foto de Satélite Área Topográfica

Estudio TU Ruta de Carolina

Estudio TU Ruta de Minillas

Estudio TU Construcción Estaciones (San Francisco, Cupey y Centro Médico)

Informe de Proyecto contemplando las Rutas PR - 1 y PR - 2, 2000, ACT

Inversión de Infraestructura Existente (PR - 1)

Informe de Proyectos Propuestos y en Desarrollo Área de Caguas, ARPE, JP, Municipio Autónomo de Caguas 2003

Informe sobre Planificación - 2002, JP, Municipio Autónomo de Caguas

Informe Económico 2000 de la JP a la Gobernadora, 2000, JP

Estadísticas Censales - Censo 2000, JP

Proyecciones de Población 1990 - 2025 (JP), 2000

Indicadores Económicos por Municipio - Censo 2000, JP

Prospectus DTOP (Emisión de Bonos)

Estadísticas Censales Área de Caguas - 2000, JP

Indicadores Socioeconómicos Caguas, Censo 2000, JP

Estadísticas Económicas Región Caguas - 2000, JP

"Census Track" área de San Juan, Censo 2000, JP

Indicadores Socioeconómicos San Juan, Censo 2000, JP

Informe Tarifas Vigentes, 2002, JP

Inventario Tipo/Capacidad Vehículos Transporte Público área de Caguas

9. ANEXOS

9.1 • Matriz Origen / Destino

Población 2000

Municipios	Población 2000
Aguas Buenas	29,032
San Lorenzo	40,997
Bayamón	224,044
San Juan	434,374
Guaynabo	100,053
Trujillo Alto	75,728
Carolina	186,076
Toa Baja	94,085
Caguas	140,502
Cayey	47,370
Cidra	42,753
Gurabo	36,743
Juncos	36,452
Las Piedras	34,485

Fuente: El censo 2000 de los EE.UU.

Matriz de demanda 2003, todos modos

origen \ destino	SJ Centro	SJ Sur	SJ Este	SJ Norte	Caguas	Aguas Buenas	Cidra	Cayey	San Lorenzo	Gurabo	Juncos	Las Piedras	Bayamón	Guaynabo	Trujillo Alto	Carolina	Levittown	
SJ Centro	0	0	0	0	16471	0	350	1752	1752	1402	2453	350	0	0	0	0	0	24532
SJ Sur	0	0	0	0	49764	701	350	3505	0	2453	0	0	0	0	0	0	0	58773
SJ Este	0	0	0	0	12256	0	0	0	0	350	1051	0	0	0	0	0	0	13988
SJ Norte	0	0	0	0	11915	0	0	1752	1051	0	1402	0	0	0	0	0	0	16121
Caguas	73718	12267	1758	24563	298	0	0	0	0	0	0	0	5419	12207	1489	7265	2799	141841
Aguas Buenas	8902	1885	286	2696	119	0	0	0	0	0	0	0	406	1455	191	1143	239	18329
Cidra	12916	3072	0	3250	0	0	0	0	0	0	0	0	638	1205	0	1053	992	22789
Cayey	13681	1079	317	3659	63	0	0	0	0	0	0	0	1270	1573	381	2478	317	29109
San Lorenzo	11801	1362	71	3677	0	0	0	0	0	0	0	0	1107	2392	0	2249	0	22488
Gurabo	16614	1350	0	6516	294	0	0	0	0	0	0	0	294	1996	352	1761	646	28822
Juncos	11760	1355	0	3775	0	0	0	0	0	0	0	0	1113	2862	242	2613	48	23859
Las Piedras	7359	907	0	1632	227	0	0	0	0	0	0	0	1568	2722	36	1172	189	16633
Bayamón	0	0	0	0	27055	763	645	1075	430	1720	1076	216	0	0	0	0	0	33028
Guaynabo	0	0	0	0	22563	63	186	2600	0	186	0	371	0	0	0	0	0	23899
Trujillo Alto	0	0	0	0	12259	787	918	131	0	918	918	0	0	0	0	0	0	16001
Carolina	0	791	0	0	31337	152	2150	1621	0	1359	162	0	0	0	0	0	0	37422
Levittown	0	0	0	0	3822	64	0	193	0	590	0	0	0	0	0	0	0	4540
Total	157831	24006	2462	60220	188543	2550	4580	12530	3234	8976	7052	837	11833	29802	2892	19744	6230	529028

Matriz de demanda 2010, todos modos

semana 1 sentido 2010	SJCentro	SJSur	SJEste	SJNorte	Caguas	Aguas Buenas	Cidra	Cayey	San Lorenzo	Gurabo	Juncos	Las Piedras	Bayamon	Guaynabo	Trujillo Alto	Carolina	Levittown	
SJCentro	0	0	0	0	16599	0	353	1766	1766	1413	2472	353	0	0	0	0	0	24722
SJSur	0	0	0	0	60150	706	353	3532	0	2472	0	0	0	0	0	0	0	67214
SJEste	0	0	0	0	12361	0	0	0	0	353	1060	0	0	0	0	0	0	13774
SJNorte	0	0	0	0	12008	0	0	1766	1060	0	1413	0	0	0	0	0	0	16246
Caguas	81803	13612	1982	27290	330	0	0	0	0	0	0	0	6013	13546	1652	8061	3106	157395
Aguas Buenas	10279	1957	297	2799	124	0	0	0	0	0	0	0	421	1511	198	1189	248	19023
Cidra	13605	3248	0	3516	0	0	0	0	0	0	0	0	688	1299	0	1146	1070	24572
Cayey	16055	1266	372	4284	74	0	0	0	0	0	0	0	1490	2198	447	2905	372	29484
San Lorenzo	11174	1341	69	3541	0	0	0	0	0	0	0	0	1066	2304	0	2166	0	21660
Gurabo	16394	1332	0	6430	290	0	0	0	0	0	0	0	290	1970	348	1738	637	29428
Juncos	12177	1403	0	3909	0	0	0	0	0	0	0	0	1153	3057	251	2706	50	24704
Las Piedras	8200	937	0	1913	234	0	0	0	0	0	0	0	1640	2811	39	1210	195	17181
Bayamon	0	0	0	0	31034	862	739	1231	493	1970	1231	246	0	0	0	0	0	37807
Guaynabo	0	0	0	0	24200	100	199	2788	0	199	0	398	0	0	0	0	0	27884
Trujillo Alto	0	0	0	0	12429	793	926	132	0	926	926	0	0	0	0	0	0	16131
Carolina	0	826	0	0	34022	165	2312	1652	0	1486	165	0	0	0	0	0	0	40628
Levittown	0	0	0	0	4372	74	0	222	0	667	0	0	0	0	0	0	0	6338
T	169686	26923	2721	63882	198227	2701	4882	13089	3318	9487	7287	898	12760	28995	2834	21123	5678	563170

dia 1 sentido (M) 2010	SJCentro	SJSur	SJEste	SJNorte	Caguas	Aguas Buena	Cidra	Cayey	San Lorenzo	Gurabo	Juncos	Las Piedras	Bayamon	Guaynabo	Trujillo Alto	Carolina	Levittown	
SJCentro	0	0	0	0	2767	0	59	294	294	235	412	59	0	0	0	0	0	4120
SJSur	0	0	0	0	8358	118	59	589	0	412	0	0	0	0	0	0	0	8536
SJEste	0	0	0	0	2060	0	0	0	0	59	177	0	0	0	0	0	0	2296
SJNorte	0	0	0	0	2001	0	0	294	177	0	235	0	0	0	0	0	0	2708
Caguas	13634	2269	330	4548	65	0	0	0	0	0	0	0	1002	2258	275	1344	518	26232
Aguas Buenas	1713	326	50	466	21	0	0	0	0	0	0	0	70	252	33	198	41	3170
Cidra	2267	541	0	586	0	0	0	0	0	0	0	0	115	217	0	191	178	4095
Cayey	2676	211	62	714	12	0	0	0	0	0	0	0	248	366	74	484	62	4911
San Lorenzo	1862	223	11	590	0	0	0	0	0	0	0	0	178	384	0	361	0	3610
Gurabo	2732	222	0	1072	48	0	0	0	0	0	0	0	48	328	58	290	106	4905
Juncos	2029	234	0	661	0	0	0	0	0	0	0	0	192	609	42	451	8	4117
Las Piedras	1387	156	0	319	39	0	0	0	0	0	0	0	273	469	7	202	33	2864
Bayamon	0	0	0	0	5172	144	123	205	82	328	205	41	0	0	0	0	0	6301
Guaynabo	0	0	0	0	4033	17	33	465	0	33	0	66	0	0	0	0	0	4647
Trujillo Alto	0	0	0	0	2072	132	154	22	0	154	154	0	0	0	0	0	0	2689
Carolina	0	138	0	0	5670	28	385	275	0	248	28	0	0	0	0	0	0	6771
Levittown	0	0	0	0	729	12	0	37	0	111	0	0	0	0	0	0	0	899
T	28281	4320	453	8947	33038	450	814	2182	553	1581	1211	188	2127	4783	489	3520	946	83862

Matriz de demanda, Transporte Público 2003, con el proyecto San Juan Caguas

dia 1 sentido TP 2003	SJCentro	SJSur	SJEste	SJNorte	Caguas	T
SJCentro					137	137
SJSur					249	249
SJEste					102	102
SJNorte					457	457
Caguas	369	61	9	123		562
Aguas Buenas	50	9	1	13		74
Cidra	63	15	0	16		94
Cayey	68	5	2	18		94
San Lorenzo	58	7	0	18		84
Gurabo	83	7	0	33		122
Juncos	59	7	0	19		84
Las Piedras	40	5	0	9		53
Bayamon					677	677
Guaynabo					113	113
Trujillo Alto					62	62
Carolina					1201	1201
Levittown					95	95
T	789	116	12	250	3093	4261

Matriz de demanda, Transporte Público 2010, con el proyecto San Juan Caguas

dia 1 sentido TP 2010	SJCentro	SJSur	SJEste	SJNorte	Caguas	T
SJCentro					138	138
SJSur					251	251
SJEste					103	103
SJNorte					460	460
Caguas	409	68	10	136		623
Aguas Buenas	51	10	1	14		77
Cidra	68	16	0	18		102
Cayey	80	6	2	21		110
San Lorenzo	56	7	0	18		81
Gurabo	82	7	0	32		121
Juncos	61	7	0	20		87
Las Piedras	41	5	0	10		55
Bayamon					776	776
Guaynabo					121	121
Trujillo Alto					62	62
Carolina					1304	1304
Levittown					109	109
T	848	125	14	268	3325	4581

9.2 • Tiempos generalizados

Tiempos Transporte Público desde el Sur hacia San Juan en hora pico

fuera HP 45mph	HP 22.5mph
frecuencia (min)	15

Origen	millas hacia San Juan Centro	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de espera =1/2 frecuencia	tiempo hacia San Juan centro	tiempo de espera del Tran Urbano	tiempo de recorrido Tran Urbano	tiempo de difusión	total	penalidad de trasbordo =5	total
Caguas	0	5	7.5	13	2.5	10	5	43	10	53
Aguas buenas	6	16	7.5	13	2.5	10	5	54	10	64
Cidra	10	27	7.5	13	2.5	10	5	65	10	75
Cayey	13	35	7.5	13	2.5	10	5	73	10	83
San Lorenzo	7	19	7.5	13	2.5	10	5	57	10	67
Gurabo	5	13	7.5	13	2.5	10	5	51	10	61
Juncos	9	24	7.5	13	2.5	10	5	62	10	72
Las Piedras	15	40	7.5	13	2.5	10	5	78	10	88

Origen	millas hacia San Juan Sur/Este/Norte	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de espera =1/2 frecuencia	tiempo hacia San Juan Sur/Norte/Este	tiempo de espera del bus	tiempo recorrido 12.5mph	tiempo de difusión	total	penalidad de trasbordo =5	total
Caguas	0	5	7.5	13	4	19.2	5	54	10	64
Aguas buenas	6	16	7.5	13	4	19.2	5	65	10	75
Cidra	10	27	7.5	13	4	19.2	5	75	10	85
Cayey	13	35	7.5	13	4	19.2	5	83	10	93
San Lorenzo	7	19	7.5	13	4	19.2	5	67	10	77
Gurabo	5	13	7.5	13	4	19.2	5	62	10	72
Juncos	9	24	7.5	13	4	19.2	5	73	10	83
Las Piedras	15	40	7.5	13	4	19.2	5	88	10	98

Tiempos Transporte Individual desde el Sur hacia San Juan en hora pico

Origen	millas hacia San Juan Centro	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de estacionamiento	total en minutos
Caguas	14	37	5	42
Aguas buenas	12	32	5	37
Cidra	23	61	5	66
Cayey	26	69	5	74
San Lorenzo	21	56	5	61
Gurabo	18	48	5	53
Juncos	21	56	5	61
Las Piedras	26	69	5	74

Origen	millas hacia San Juan Este	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de estacionamiento	total en minutos
Caguas	14	37	5	42
Aguas buenas	12	32	5	37
Cidra	23	61	5	66
Cayey	26	69	5	74
San Lorenzo	21	56	5	61
Gurabo	18	48	5	53
Juncos	21	56	5	61
Las Piedras	26	69	5	74

Origen	millas hacia San Juan Sur	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de estacionamiento	total en minutos
Caguas	10	27	5	32
Aguas buenas	8	21	5	26
Cidra	19	51	5	56
Cayey	22	59	5	64
San Lorenzo	17	45	5	50
Gurabo	14	37	5	42
Juncos	17	45	5	50
Las Piedras	22	59	5	64

Origen	millas hacia San Juan Norte	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de estacionamiento	total en minutos
Caguas	18	48	5	53
Aguas buenas	16	43	5	48
Cidra	27	72	5	77
Cayey	30	80	5	85
San Lorenzo	25	67	5	72
Gurabo	22	59	5	64
Juncos	25	67	5	72
Las Piedras	30	80	5	85

Tiempos Transporte Público desde el Norte hacia Caguas en hora pico

fuera HP 45mph	HP 22.5mph
frecuencia (min)	15

Norte hacia Caguas en TI y TP

Origen	millas hacia Caguas	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de espera =1/2 frecuencia	tiempo TP hasta Caguas	tiempo de difusión	total	penalidad de trasbordo =5	total en minutos
San Juan centro		10	7.5	13	5	38	5	41
San Juan sur	4	11	7.5	13	5	36	5	41
San Juan este	4	11	7.5	13	5	36	5	41
San Juan norte	4	11	7.5	13	5	36	5	41
Bayamón	4	11	7.5	13	5	36	5	41
Guaynabo	4	11	7.5	13	5	36	5	41
Trujillo Alto	7	19	7.5	13	5	44	5	49
Carolina	6	16	7.5	13	5	42	5	47
Levittown	12	32	7.5	13	5	58	5	63

Norte hacia Caguas en TP

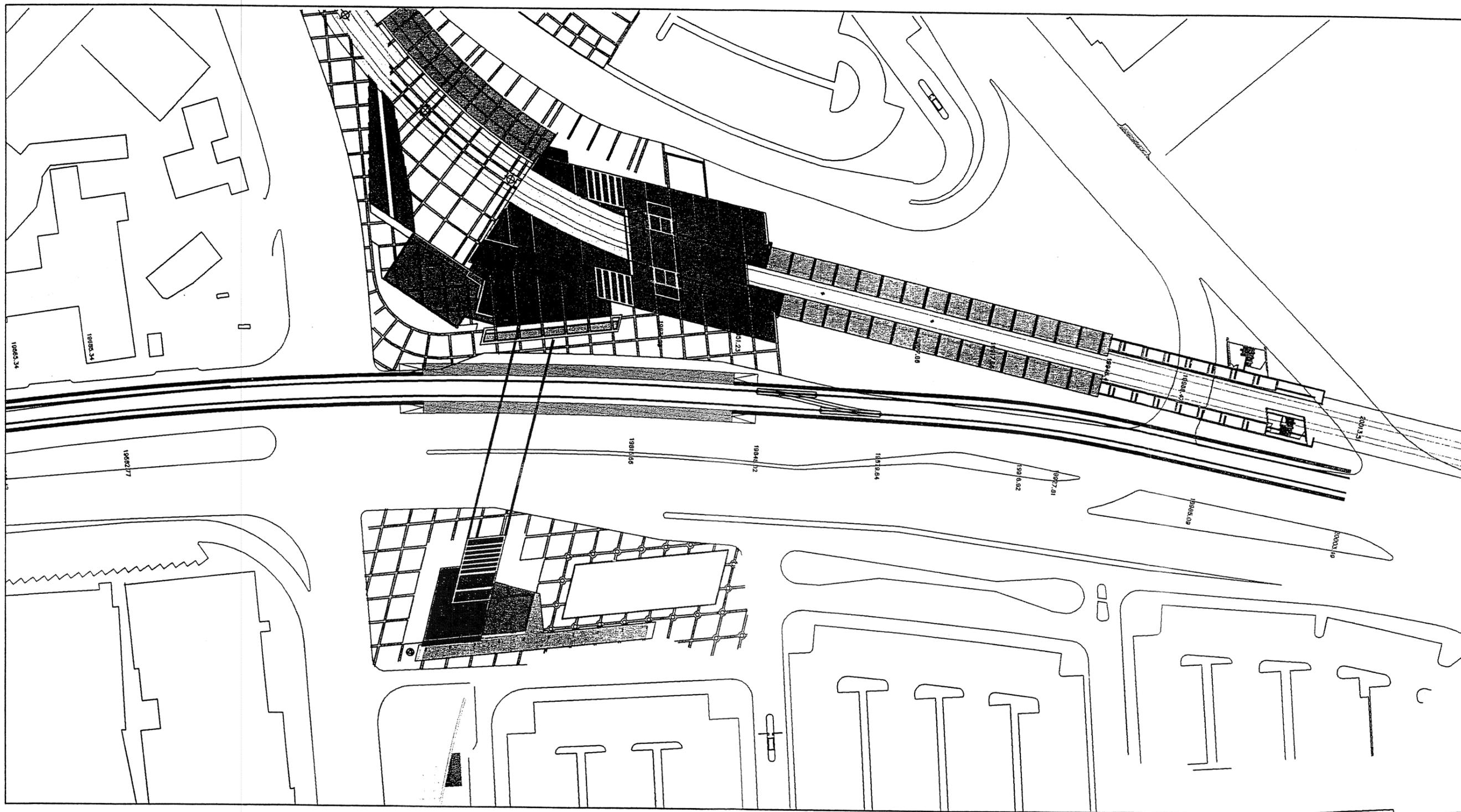
Origen	millas hacia Caguas	penalidad de acceso	tiempo de espera =1/2 frecuencia	tiempo en TP v=12.5mph	tiempo de espera =1/2 frecuencia	tiempo TP hasta Caguas	tiempo de difusión	total	penalidad de trasbordo =5	total en minutos
San Juan centro		5	2.5	10	7.5	13	5	43	10	53
San Juan sur	4	5	4	19	7.5	13	5	54	10	64
San Juan este	4	5	4	19	7.5	13	5	54	10	64
San Juan norte	4	5	4	19	7.5	13	5	54	10	64
Bayamón	4	5	2.5	15	7.5	13	5	48	10	58
Guaynabo	4	5	2.5	15	7.5	13	5	48	10	58
Trujillo Alto	7	5	4	34	7.5	13	5	68	10	78
Carolina	6	5	4	29	7.5	13	5	63	10	73
Levittown	12	5	4	58	7.5	13	5	92	10	102

Tiempos Transporte Individual desde el Norte hacia Caguas en hora pico

Origen	millas hacia Caguas	tiempo TI v=22.5mph min	tiempo de estacionamiento	total en minutos
San Juan centro	14	37	5	42
San Juan sur	10	27	5	32
San Juan este	14	37	5	42
San Juan norte	16	48	5	53
Bayamón	16	43	5	48
Guaynabo	11	29	5	34
Trujillo Alto	14	37	5	42
Carolina	21	56	5	61
Levittown	26	69	5	74

9.3 • Trazado

VER PLANOS A CONTINUACION.



Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Intersección con la estación de Tren Urbano en Cupey

Escala 1:1000





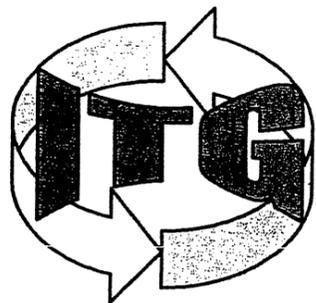
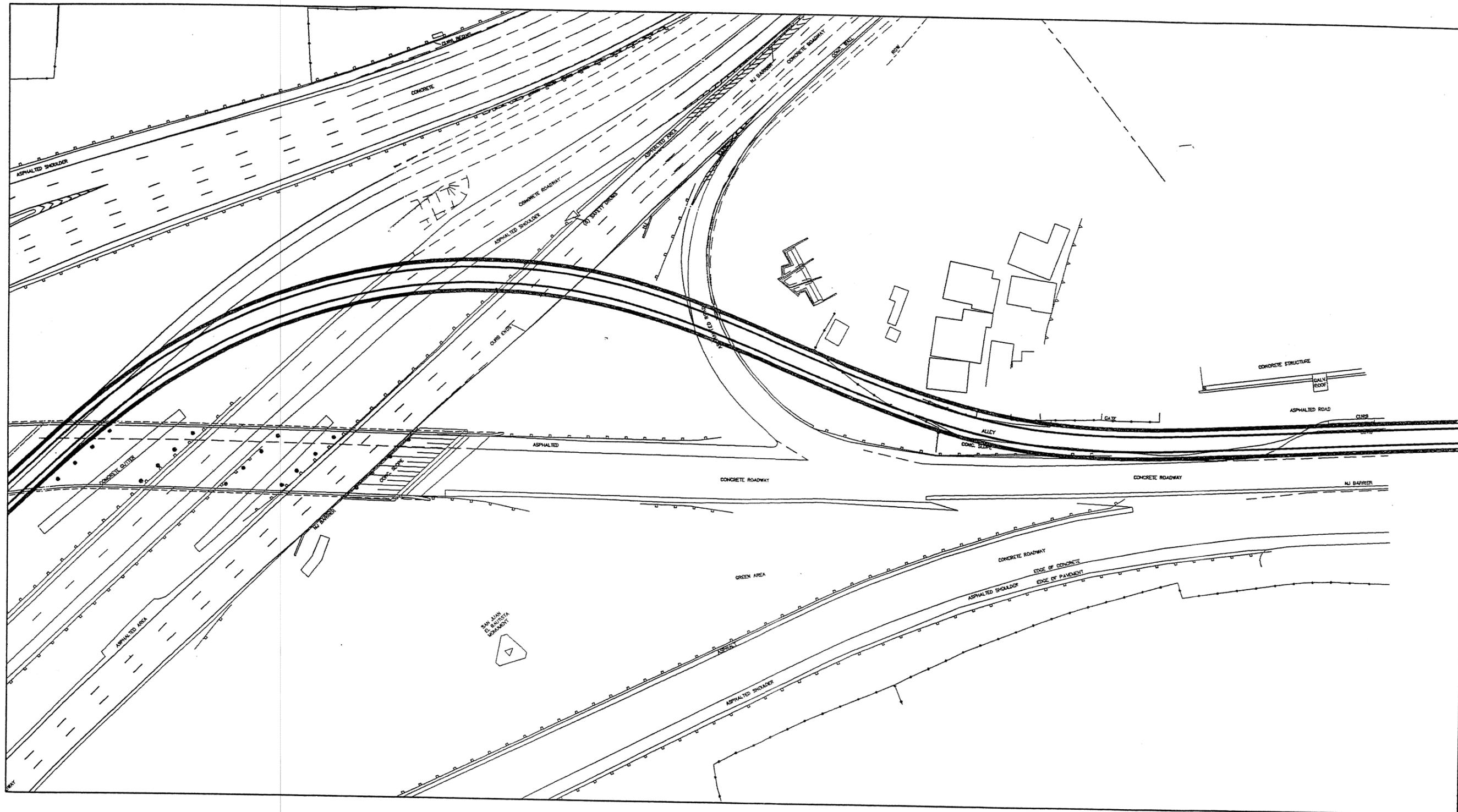
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Alineación al lado norte de la PR-1

Escala 1:1000





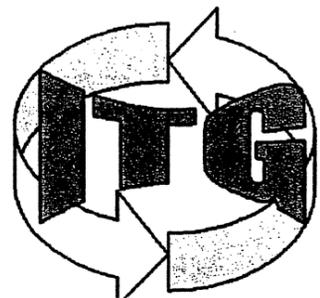
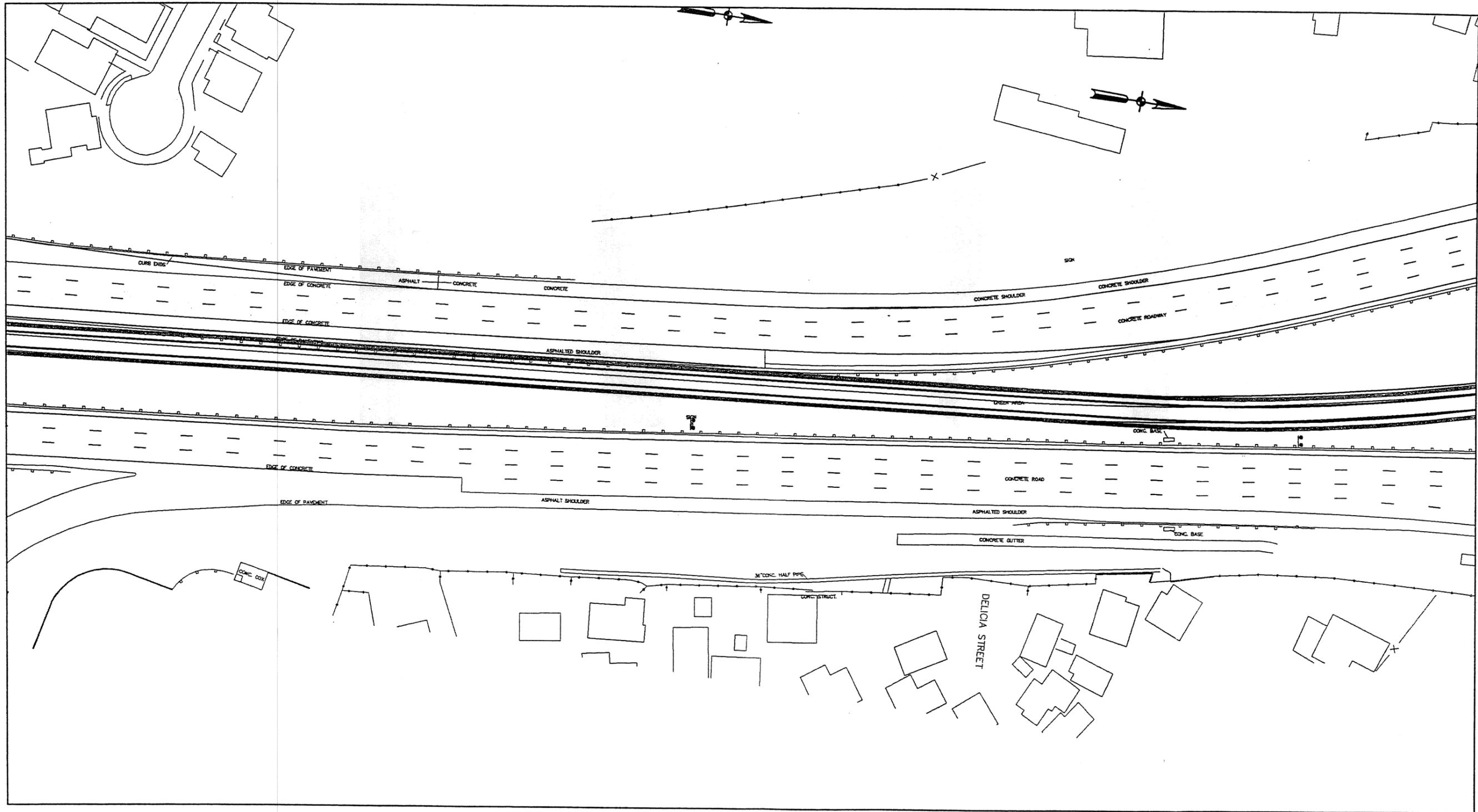
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Intersección PR-1 y PR-52 (Elevado)

Escala 1:1000





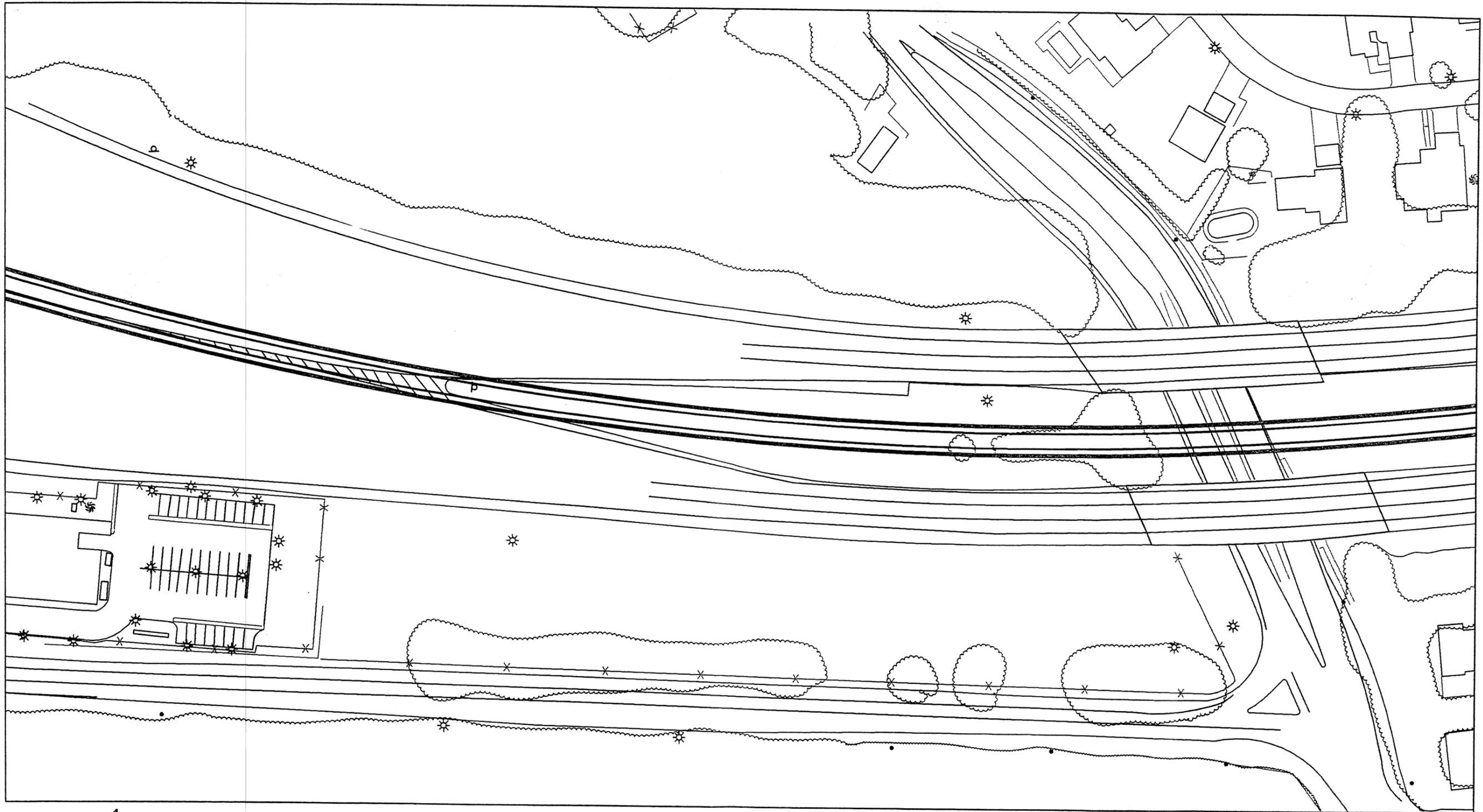
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Alineación en la mediana de la PR-52

Escala 1:1000





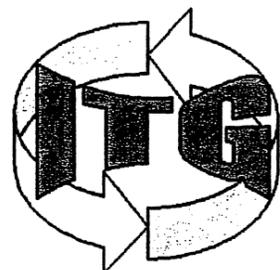
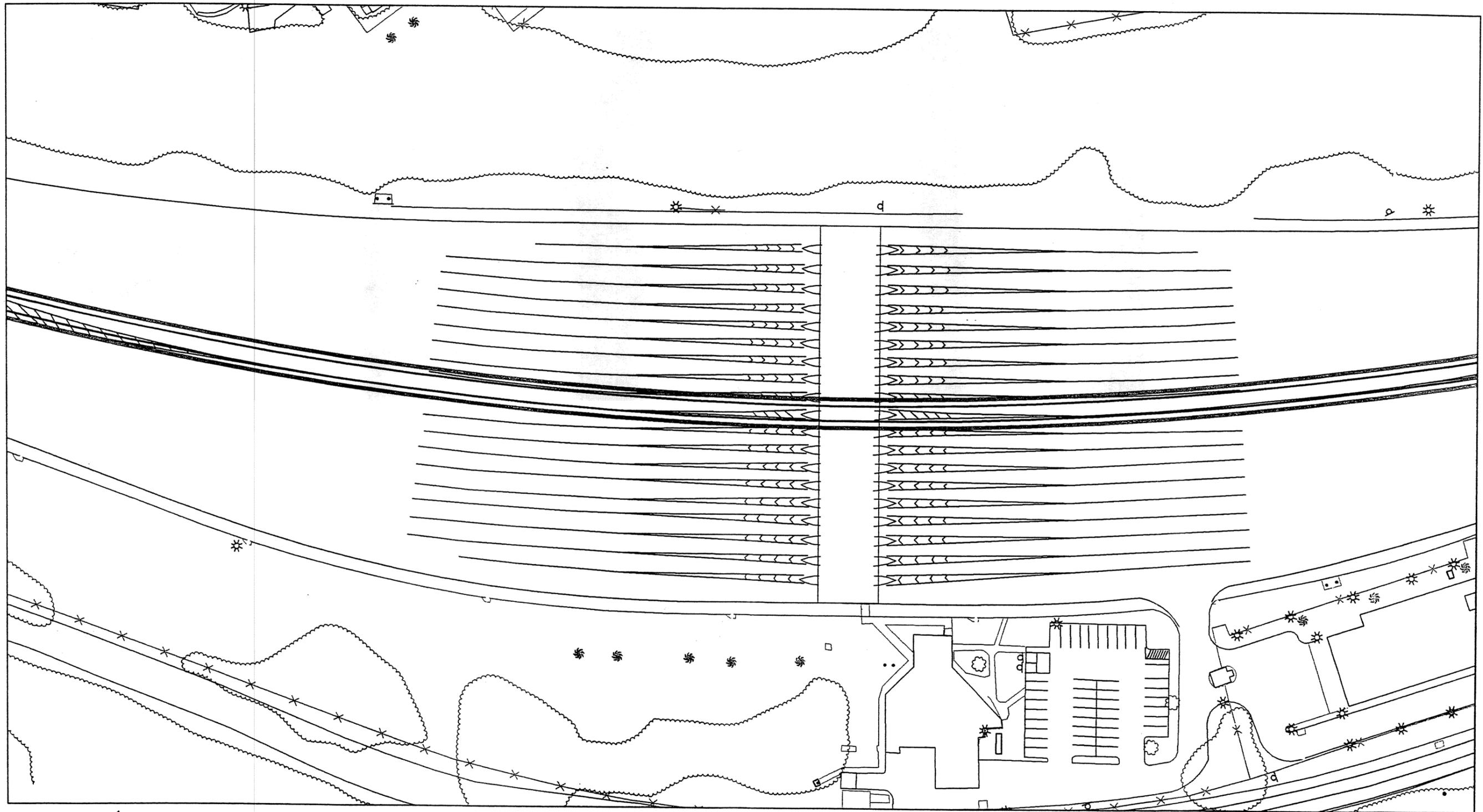
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Entrada al peaje de Caguas Norte

Escala 1:1000





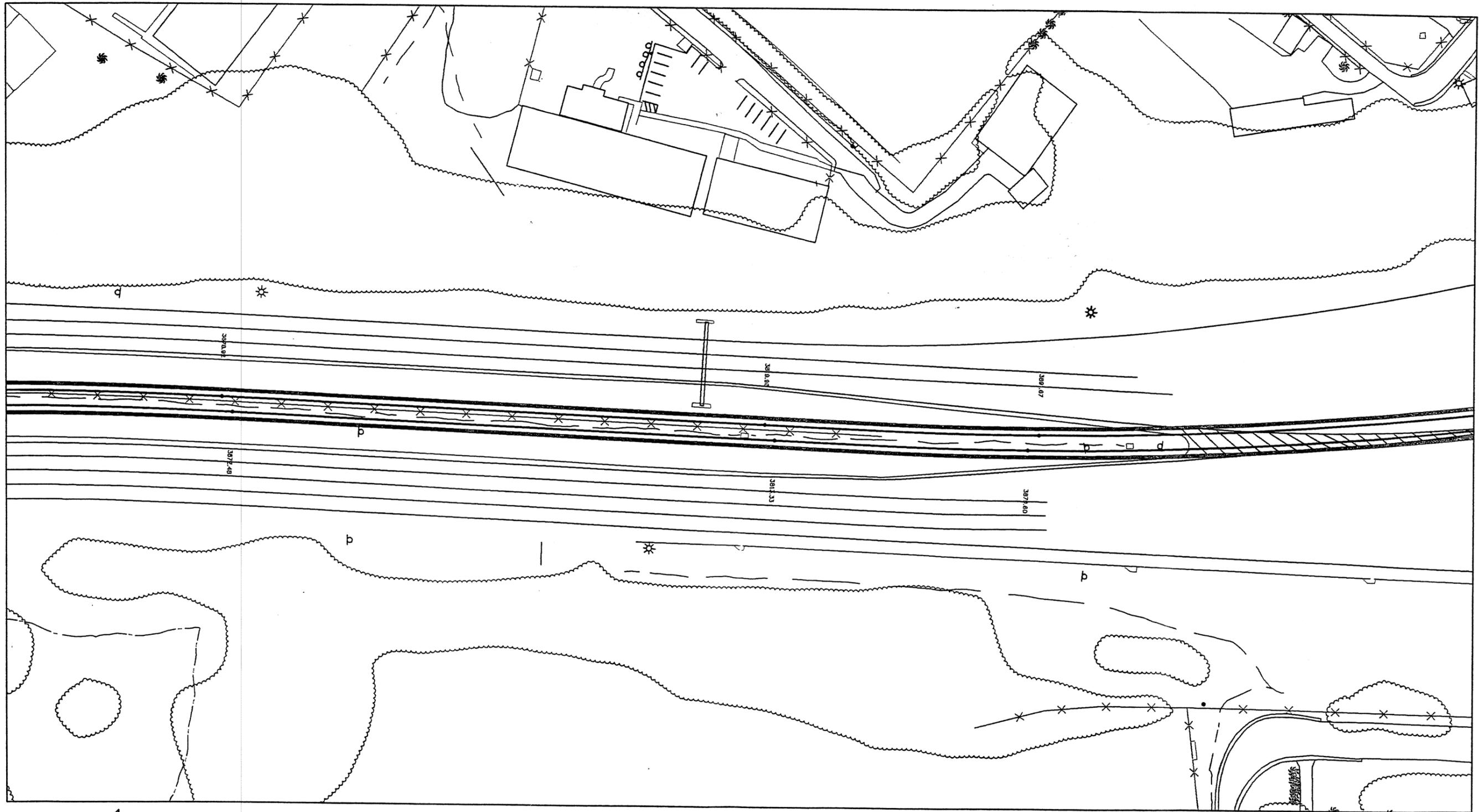
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Alineación en el peaje de Caguas Norte

Escala 1:1000





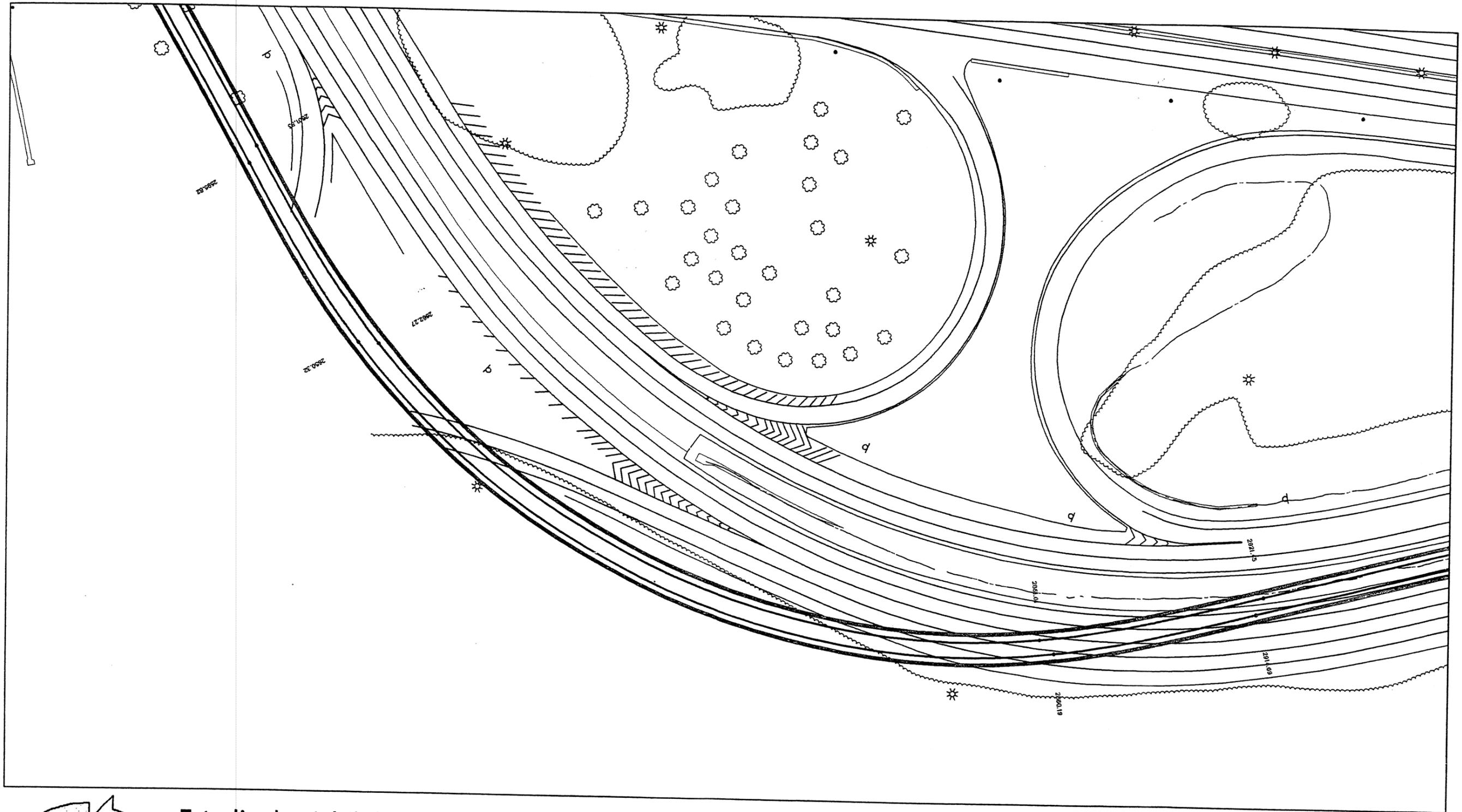
Estudio de viabilidad para un sistema de transporte en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Entrada a la mediana de la PR-52 después del peaje de Caguas Norte

Escala 1:1000





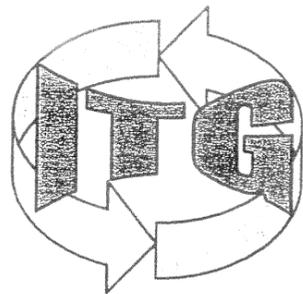
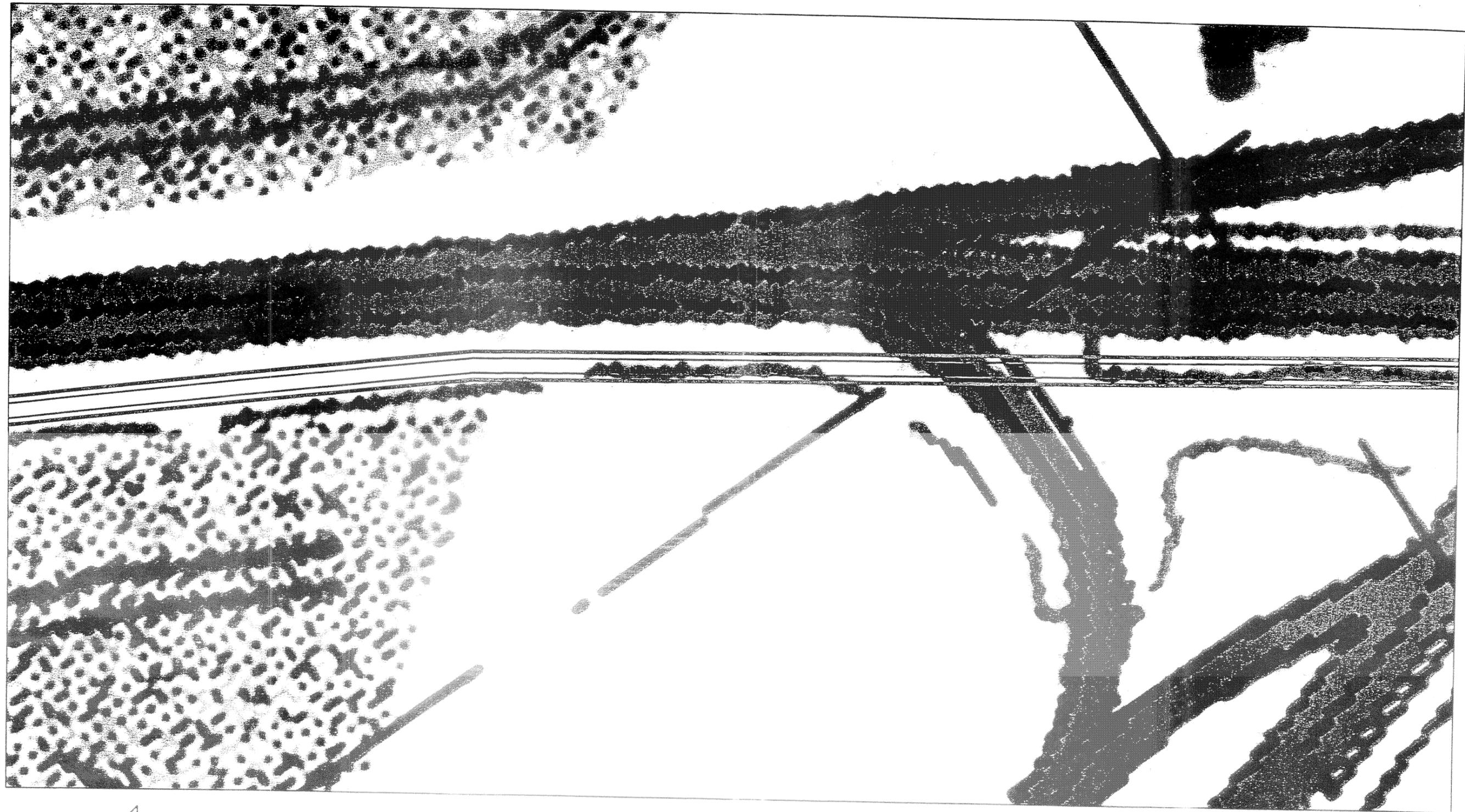
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Intersección Sur de la PR-1 y PR-52

Escala 1:1000





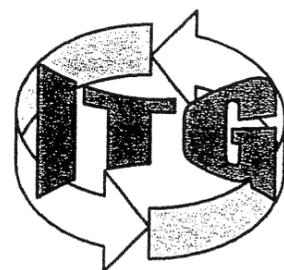
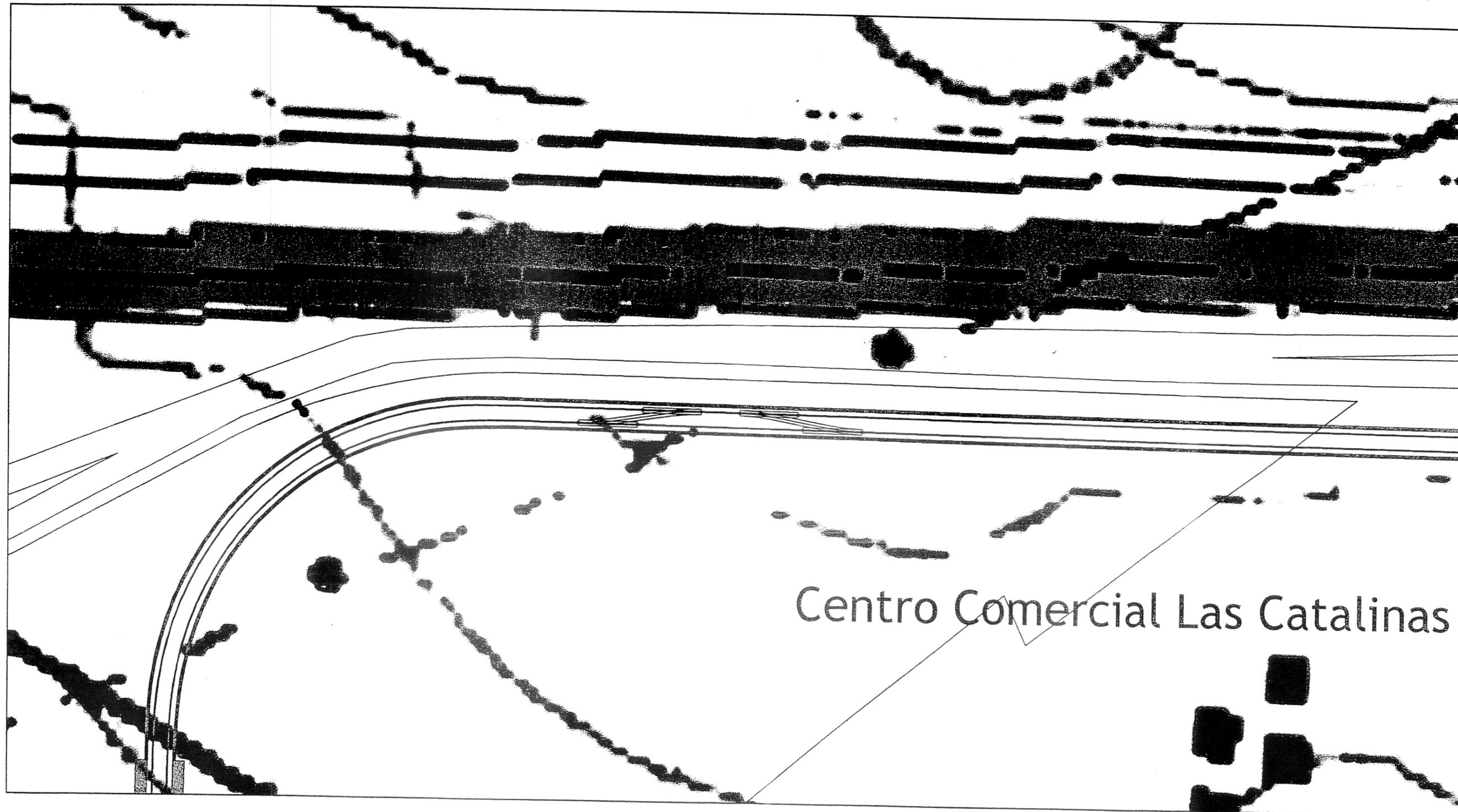
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Alineación al lado este de la PR-52 (Caguas)

Escala 1:1000





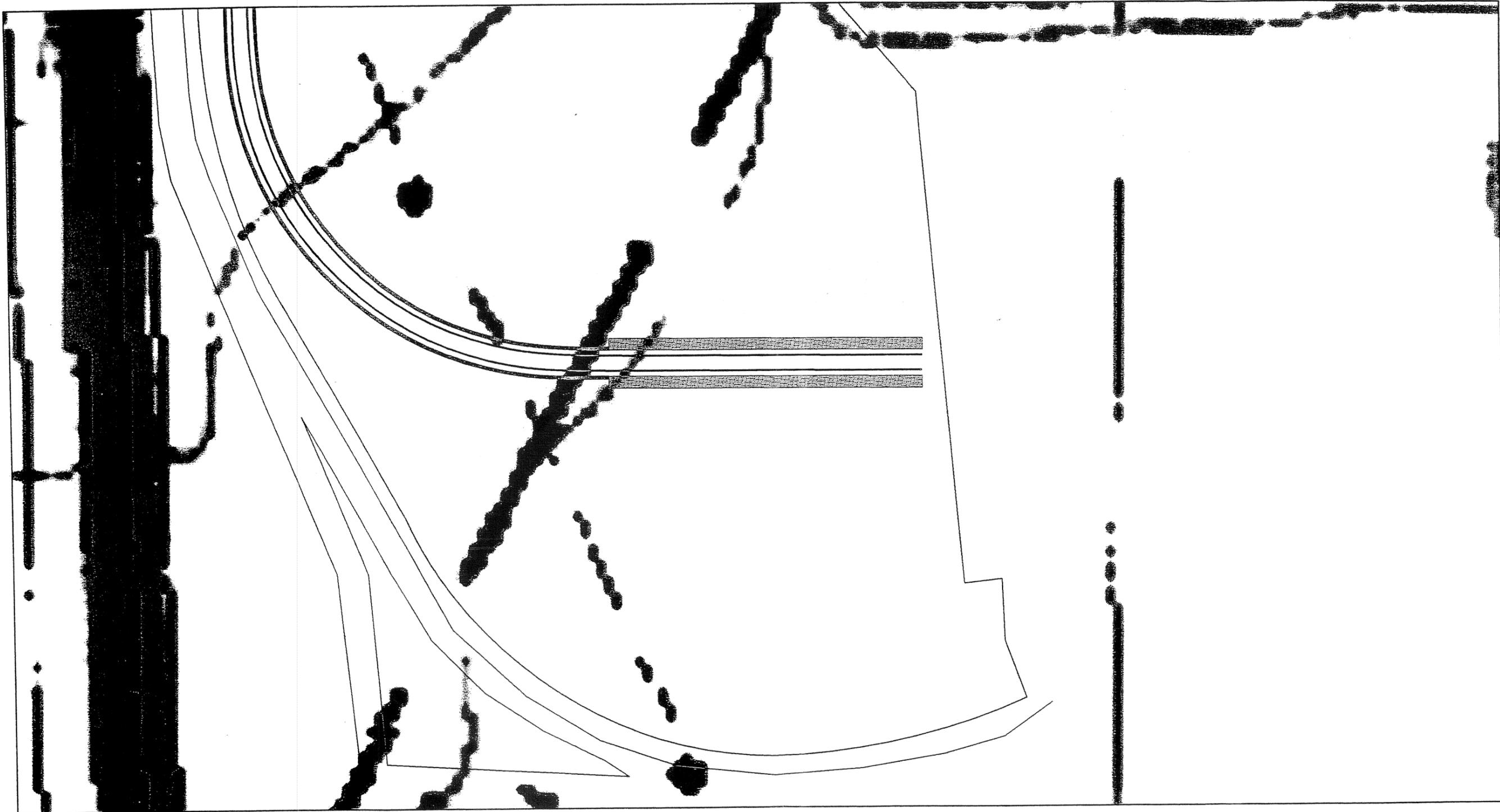
Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

Alineación de entrada a la estación de Caguas, en el Centro Comercial Las Catalinas

Escala 1:1000



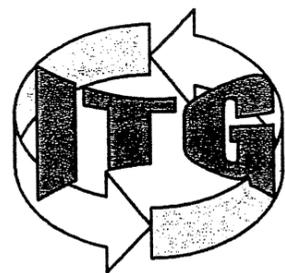


Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

Informe Final

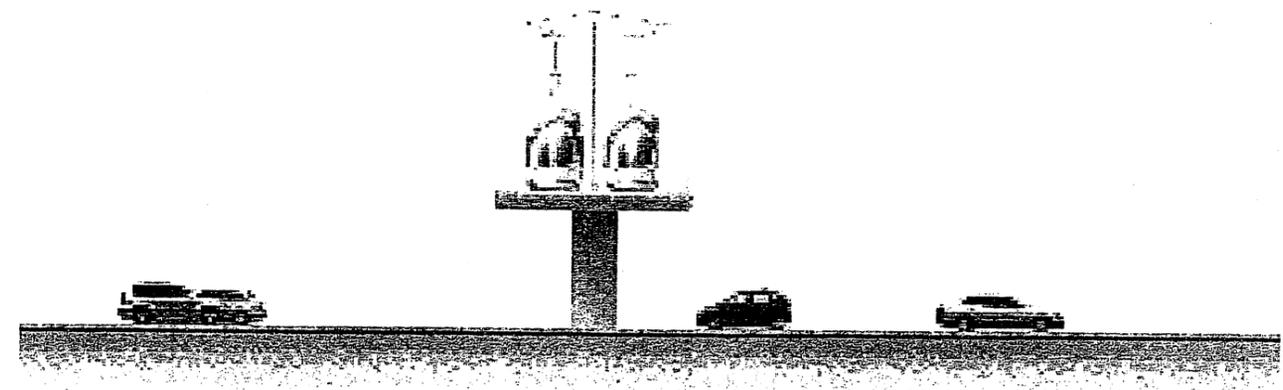
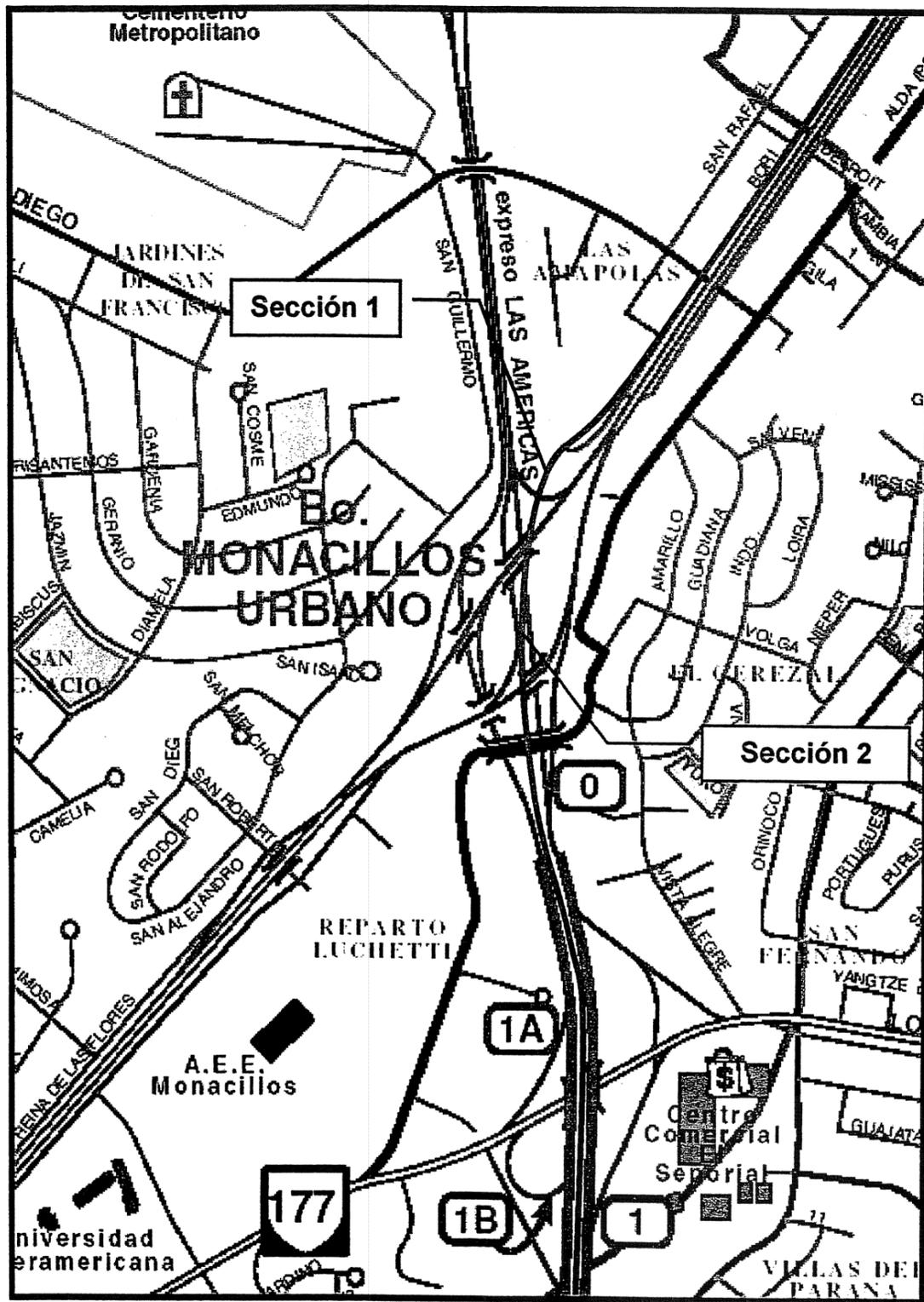
Estación de Caguas

Escala 1:1000

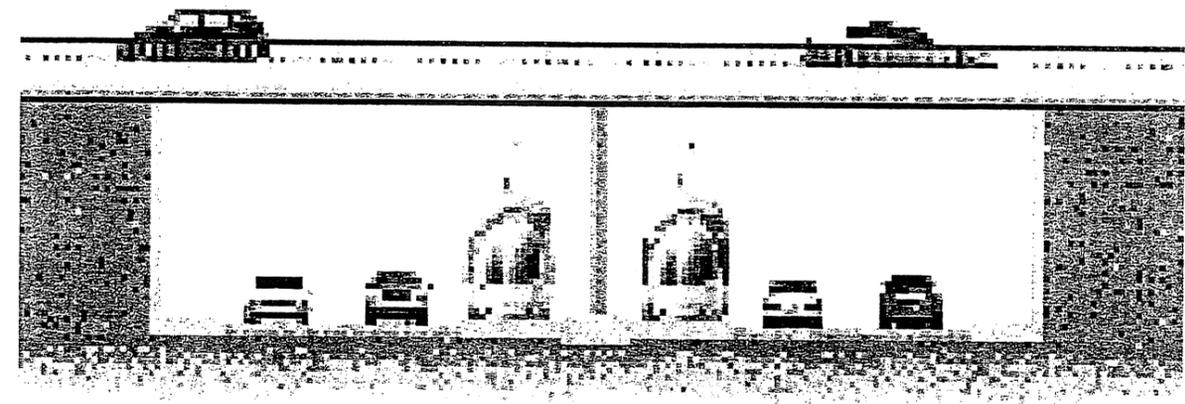


9.4 • **Obras civiles**

VER PLANOS A CONTINUACION.



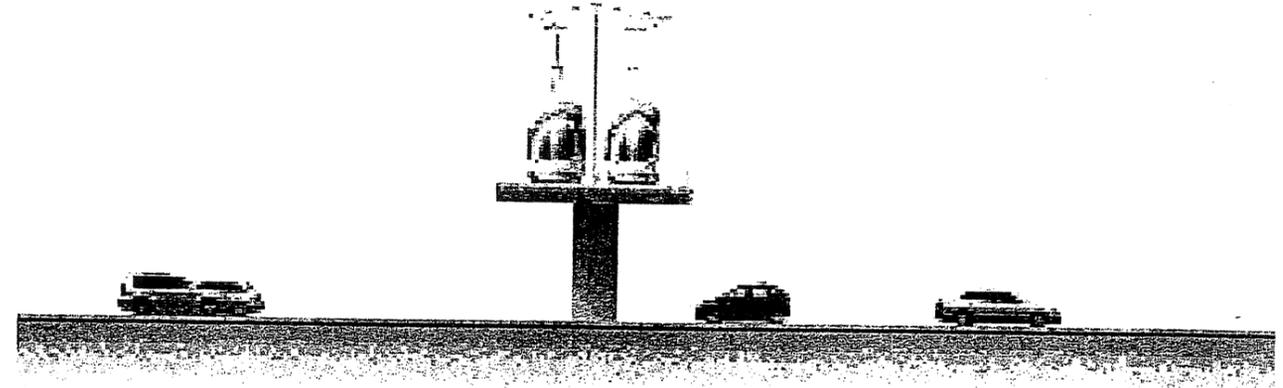
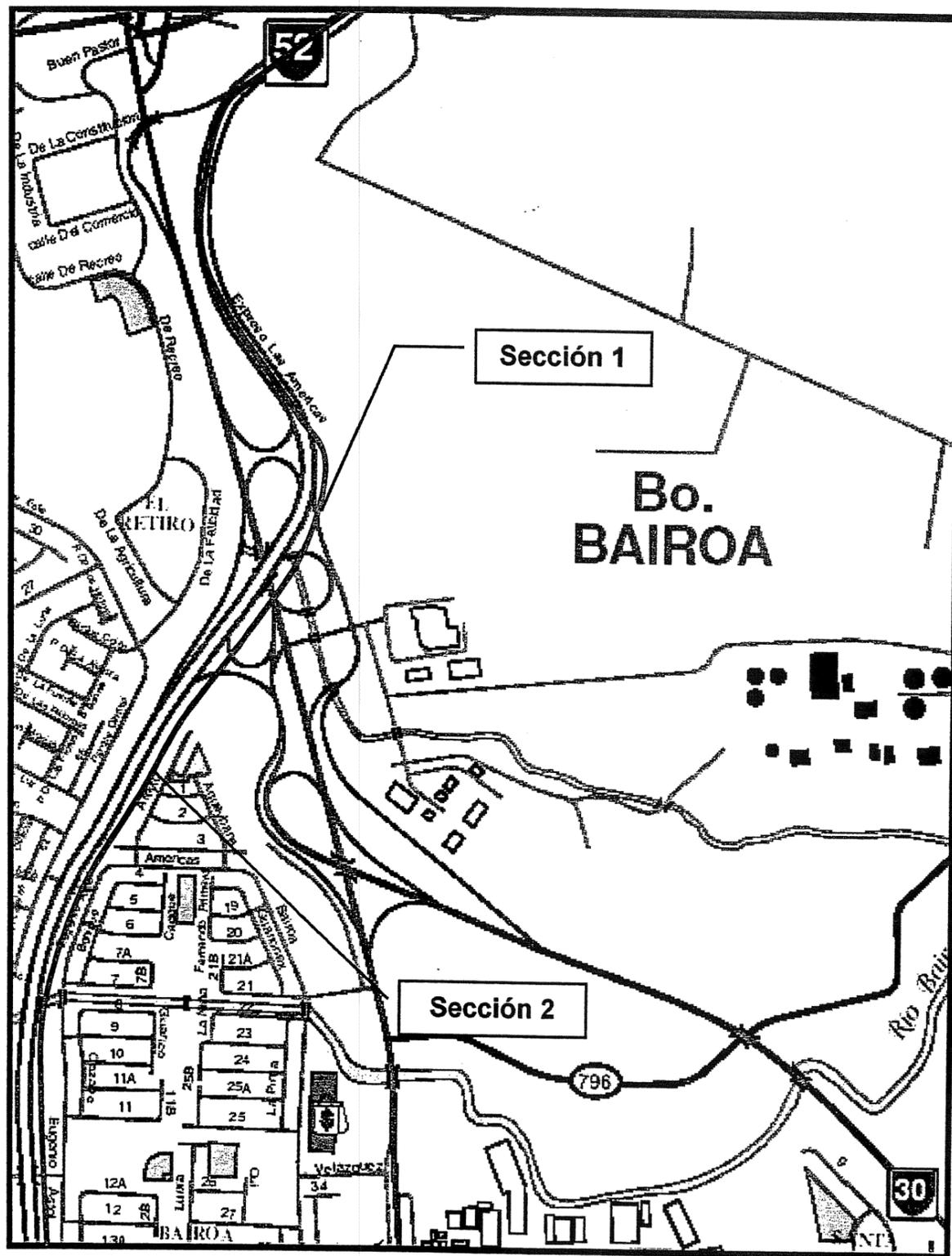
Sección 1: Elevado en intersección PR-1 y PR-52



Sección 2: En dirección a la PR-52 debajo de PR-1

Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

OBRA CIVIL INTERSECCION NORTE PR-1 Y PR-52



Sección 1: Elevado en intersección PR-1 y PR-52



Sección 2: Alineación al lado este de PR-52

Estudio de viabilidad para un sistema de transportación en masa entre San Juan y Caguas

OBRA CIVIL INTERSECCION SUR PR-1 Y PR-52