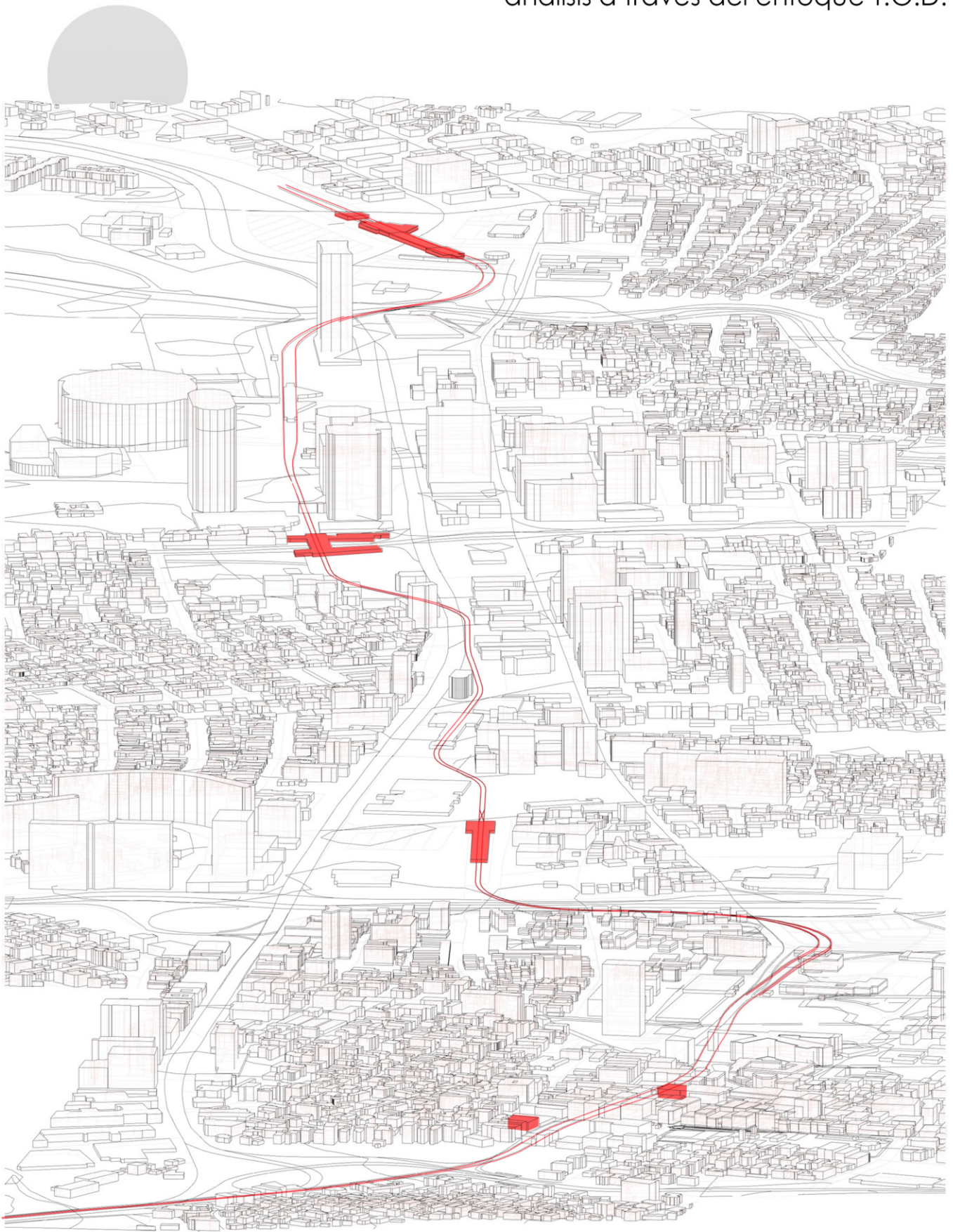


# El Tren Urbano de Puerto Rico, análisis a través del enfoque T.O.D.





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

**Elena López de Coca Hernández**

*El Tren Urbano de Puerto Rico, análisis a través del enfoque T.O.D.*

**EL TREN URBANO DE PUERTO RICO,**  
ANÁLISIS A TRAVÉS DEL ENFOQUE T.O.D.

***Estudiante***

Elena López de Coca Hernández

***Tutora***

Andrea Alonso Ramos

Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio

***Aula TFG 2***

Emilia Román López, *coordinador/a*

Hugo Varela Recio, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

# Índice

<b>Resumen - Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Introducción:</b> Motivación, Relevancia del tema, Objetivos	<b>7</b>
<b>1. Marco teórico:</b> el enfoque TOD	<b>9</b>
<b>2. Contexto:</b> la situación actual de Puerto Rico y San Juan	<b>23</b>
<b>3. Metodología</b>	<b>51</b>
3.1 Análisis general	53
- Selección y cálculo de los parámetros TOD	
- Obtención del índice TOD. Clasificación de las estaciones	
- Fichas comparativas	
3.2 Análisis pormenorizado	59
<b>4. Aplicación del TOD</b>	<b>61</b>
4.1 Análisis general	63
- Selección y cálculo de los parámetros TOD	
- Obtención del índice TOD. Clasificación de las estaciones	
- Fichas comparativas	
- Discusión	
4.2 Análisis pormenorizado	99
<b>Aportaciones</b>	<b>111</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>113</b>
<b>Anejo I. Planos</b>	<b>117</b>
<b>Fuentes</b>	
Bibliografía y recursos digitales	175
Procedencia de las ilustraciones	179



# Resumen

El presente trabajo analiza el tren urbano de Puerto Rico desde su contexto urbano, social y económico, a través del modelo urbanístico TOD (*Transport Oriented Development*).

Para ello, en el primer capítulo se explica el marco teórico, es decir, qué es el modelo TOD, cuál es su definición, sus antecedentes y sus aplicaciones actuales, aprendidas tras la revisión de trabajos previos. En el segundo capítulo se explica la evolución histórica del contexto urbano, sociocultural y económico de la isla. La situación actual se analiza en profundidad para comprender cómo repercute en el funcionamiento del tren urbano. En el tercer capítulo, se desarrolla la metodología empleada para llevar a cabo el análisis TOD. Además se explica el método de clasificación de las 16 estaciones que componen la línea de tren, a través de los 5 principios TOD. Posteriormente se realiza un análisis pormenorizado de las tres estaciones que muestran un mayor potencial dentro de la línea, donde se integran mediante un DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) los resultados del análisis TOD junto con los aspectos contextuales abordados previamente. Los resultados obtenidos a partir de la metodología se presentan y discuten en el cuarto capítulo. Finalmente, se exponen las conclusiones y aportaciones de este trabajo

## Palabras clave

TOD · Tren urbano · Puerto Rico · Transporte · Urbanismo · DOT

# **Abstract**

This study examines the urban train system of Puerto Rico within its urban, social, and economic context, employing the TOD (Transport Oriented Development) urban model.

To achieve this, the first chapter outlines the theoretical framework, providing an overview of the TOD model, its definition, historical background, and contemporary applications, derived from an extensive review of previous studies. The second chapter delves into the historical development of the island's urban, sociocultural, and economic landscape. A thorough analysis of the current situation is conducted to understand its impact on the operation of the urban train system. The third chapter details the methodology employed for the TOD analysis, including the classification of the 16 stations that comprise the train line, using the five key TOD principles. A comprehensive analysis is subsequently presented for the three stations demonstrating the greatest potential within the system, incorporating the results of the TOD analysis through a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) framework alongside the contextual factors previously discussed. The fourth chapter presents and discusses the results derived from the methodology. Lastly, the conclusions and contributions of this research are summarized.

## **Keywords**

TOD · Urban train · Puerto Rico · Transport · Urbanism · DOT

# Introducción

## MOTIVACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Durante el año 2023, tuve la oportunidad de realizar un intercambio en la Universidad Politécnica en San Juan, lo que me permitió conocer la maravillosa isla de Puerto Rico, con sus impresionantes paisajes y, aún más, su gente extraordinaria. Sin embargo, hubo algo que me impactó profundamente. Acostumbrada a la facilidad de caminar o utilizar el metro en Madrid para desplazarme, descubrí que en Puerto Rico la única manera de moverse era a través del coche. Las aceras estaban en condiciones tan precarias que caminar resultaba incomodo y a veces hasta peligroso, y si lo hacías, era muy raro cruzarse con otras personas en el camino.

Cada día, desde la ventana, veía la gran estación Roosevelt y observaba cómo el tren pasaba una y otra vez. No podía evitar preguntarme: ¿por qué nadie utilizaba el tren? ¿Cómo era posible que una infraestructura tan grande estuviera prácticamente vacía? Estas preguntas fueron el germen de este trabajo, surgido de la voluntad de comprender esta situación y, sobre todo, de aportar, un pequeño grano de arena para contribuir a su mejora.

Quiero expresar mi agradecimiento a mi tutora, Andrea Alonso, por su dedicación y por su orientación indispensable para realizar este trabajo. A los profesores que he tenido a lo largo de la carrera, por enseñarme a querer la Arquitectura. A mis amigos de España y a mis amigos de Puerto Rico. A mi familia, Alberto, Enrique, mamá y papá, por vuestro sacrificio y amor incondicional. A Jaime, en Puerto Rico o donde sea, contigo siempre estaré en casa.

Y a la *islita* de mi corazón.

## RELEVANCIA DEL TEMA

El modelo urbano TOD (Desarrollo Orientado al Transporte) se presenta como una solución óptima y actual que permite a las ciudades crecer de manera organizada, especialmente cuando ya no es posible hacerlo de forma compacta. Sin embargo, los estudios existentes sobre este modelo se centran en el análisis de transporte público en ciudades que ya cuentan con sistemas eficientes.

Este trabajo propone una perspectiva diferente: emplear el modelo TOD como herramienta de análisis en un contexto con menor desarrollo, con el objetivo de crear una metodología que permita evaluar la situación actual, aunque esta esté lejos de ser la ideal. A partir de este análisis, se busca establecer una base desde la cual implementar mejoras y avanzar hacia un modelo urbano más eficiente y sostenible.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es el análisis de la situación actual de la línea de Tren Urbano de San Juan, Puerto Rico.

A través de este análisis, se busca comprender las razones por las que la línea no ha funcionado como se esperaba, identificar sus debilidades y fortalezas, y clasificar las estaciones según su potencial, realizando un estudio más detallado en aquellas que presentan mayores oportunidades de desarrollo.

Para ello, se busca establecer una metodología basada en los principios TOD (*Transit Oriented Development*), que permita evaluar la línea de tren.

Tanto los resultados obtenidos como la metodología desarrollada tienen como propósito establecer una base sólida que facilite la implementación de mejoras en el sistema del tren y que, además, pudieran ser utilizados para evaluar futuras líneas de tren en San Juan.

# **1. Marco teórico:**

El enfoque TOD



# 1. Marco teórico: el enfoque TOD

El transporte y el crecimiento urbano son dos realidades codependientes cuya interacción ha moldeado la forma urbana a lo largo de la Historia. Las poblaciones humanas se han asentado con frecuencia en torno a vías de tránsito, principalmente ríos. La primera ciudad de la Historia y el primer gran ejemplo de esto es Ur, situada al sur de Mesopotamia, a orillas del río Éufrates.

El modelo TOD (*Transit Oriented Development*) conocido en castellano como DOT (Desarrollo Orientado al Tránsito) fue definido por primera vez y establecido como un modelo fijo de planificación moderna en el libro: *The Next American Metropolis*<sup>1</sup> en 1993 por Peter Calthorpe.

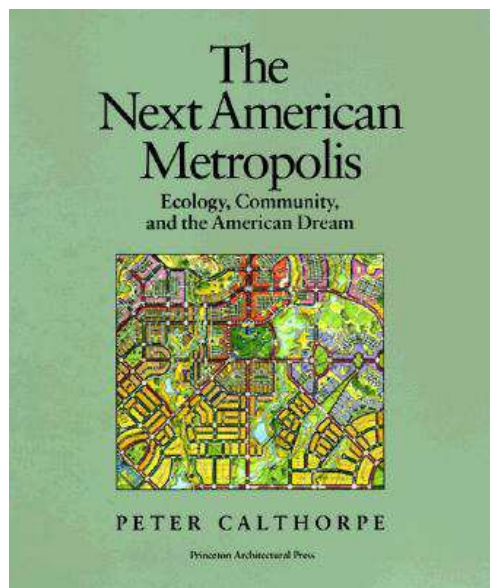
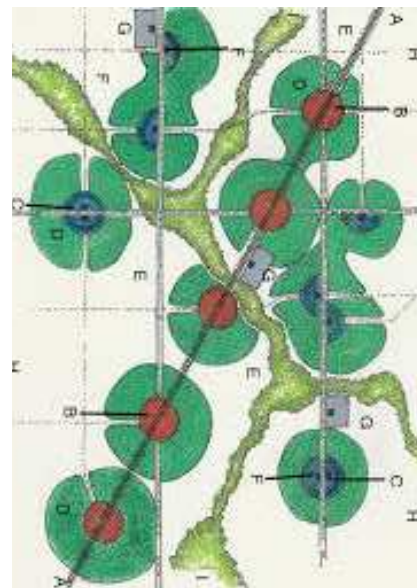


Fig.1 Peter Calthorpe, 1993. Portada de *The Next American Metropolis*.

Fig.2 Peter Calthorpe, 1993. *Urban Form Diagram*.



El TOD tiene como antecedentes: la ciudad lineal (1894) de Arturo Soria, los suburbios nacidos alrededor de estaciones de tranvía y las ciudades satélite (1902), desarrolladas en Inglaterra por Ebenezer Howard y habilitadas gracias al acceso al tránsito ferroviario. El modelo surgió en Estados Unidos en la década de los 80, en un contexto de movimiento anti-suburbio y anti-expansión. Este movimiento estudiaba los vínculos entre los suburbios orientados al automóvil con el tráfico y la contaminación y reivindicaba un diseño de vecindario neotradicional que promoviera caminar y redujera los viajes en coche.

1. Peter Calthorpe, 1993. *The Next American Metropolis*.



Fig.3 Environmental Action Newsletter, 1973. *The Empty Promise of Freedom.*

Calthorpe definió el concepto como «[...] una comunidad de uso mixto dentro de una distancia promedio de 2000 pies (aproximadamente 600m) a pie de una parada de tránsito y un área comercial central. Las áreas TOD mezclan usos residenciales, comerciales, de oficinas, espacios abiertos y usos públicos en un entorno caminable, lo que hace cómodo para los residentes y empleados viajar en transporte público, bicicleta, a pie o en automóvil.» (Calthorpe, 1993)<sup>2</sup>

Esta comunidad de uso mixto permite que los habitantes puedan prescindir del coche en su día a día, y gracias a la estación de transporte público tengan acceso rápido a un núcleo urbano más desarrollado y complejo, dónde puedan acceder a otros usos distintos a los de su área TOD.

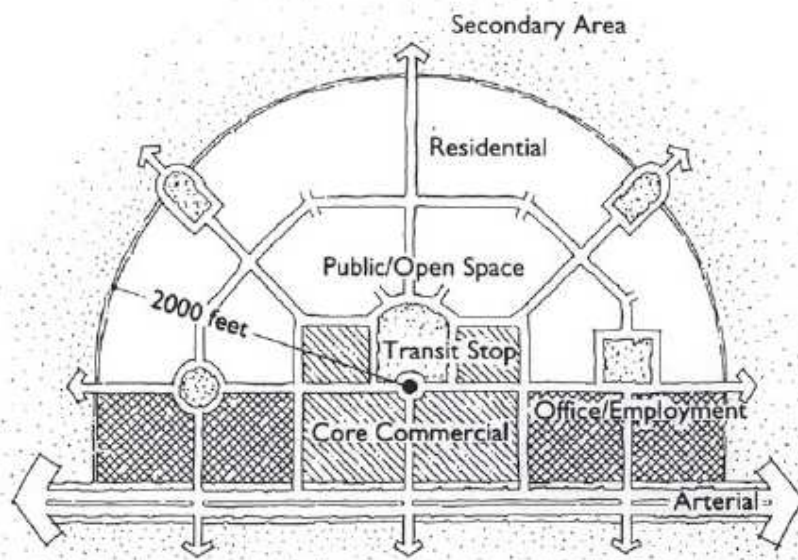


Fig.4 Peter Calthorpe, 1993. *Diagrama estructura urbana.*

Peter Calthorpe entendía el TOD tanto como una herramienta de crecimiento urbano como una teoría de diseño comunitario que ayudase a solu-

2. Peter Calthorpe, 1993. *The Next American Metropolis.* Princeton Archi, p.56.

cionar problemas sociales y ambientales, y que buscara la sostenibilidad en las futuras nuevas áreas urbanas. En definitiva, como posteriormente describieron otros autores, Calthorpe tenía la ambiciosa aspiración de «redefinir el sueño americano».

Partiendo de esta primera descripción y tras popularizarse el modelo, numerosos autores lo adoptaron y reinterpretaron, apareciendo así nuevas definiciones<sup>3</sup>. A continuación, se citan algunas de ellas, traducidas al castellano, con su autor y fecha:

- **Salvesen** (1996): «Desarrollo dentro de un área geográfica específica alrededor de una estación de tránsito con una variedad de usos del suelo y múltiples propietarios.»
- **Bernick y Cervero** (1997): «Una comunidad compacta y de uso mixto, centrada alrededor de una estación de tránsito que, por diseño, invita a los residentes, trabajadores y compradores a usar menos sus coches y más el transporte público.»
- **Boarnet y Crane** (1997): «La idea de que el suelo cerca de las estaciones de tránsito ferroviario debe desarrollarse o volverse a desarrollar de manera que fomente el mejor uso del sistema de tránsito y aproveche la inversión pública en el tránsito ferroviario». También definen el TOD como «desarrollar o intensificar el uso residencial del suelo cerca de las estaciones».
- **Bae** (2002): «Un medio para reducir la dependencia del automóvil, promoviendo un desarrollo residencial más compacto y fomentando usos mixtos del suelo.»
- **Still** (2002): «Una comunidad de uso mixto que anima a las personas a vivir cerca de los servicios de tránsito y a disminuir su dependencia del coche.»
- **Parker** (2002): «Desarrollo de densidad moderada a alta, ubicado a una distancia fácil de caminar desde una parada de tránsito importante, generalmente con una mezcla de oportunidades residenciales, de empleo y comerciales diseñadas para peatones sin excluir el automóvil. El TOD puede ser una nueva construcción o la reurbanización de uno o más edificios cuyo diseño y orientación faciliten el uso del tránsito»
- **Cervero** (2004): «El TOD es una herramienta para promover el crecimiento inteligente, aprovechar el desarrollo económico y atender las demandas cambiantes del mercado de la vivienda y las preferencias de estilo de vida.»
- **Lund** (2004): «Las características de diseño y uso mixto del TOD pueden reducir tanto los viajes en coche relacionados con el trabajo como los no relacionados con el trabajo.»

3. Definiciones recuperadas y traducidas de: **Yamini Jain Singh**, 2015. *Measuring Transit Oriented Development (TOD) at Regional and Local Scales - A Planning Support Tool*. University of Twente, p.4.

- **Schlossberg y Brown** (2004): «El Desarrollo Orientado al Tránsito (TOD) representa un enfoque integrado de la planificación del transporte y el uso del suelo. El objetivo principal del TOD es crear más beneficios que costos tanto a escala regional como local.»
- **Dittmar y Poticha** (2004): «El término Desarrollo Orientado al Tránsito (TOD) debe reservarse para referirse a proyectos que logren cinco objetivos principales: eficiencia de ubicación, rica mezcla de opciones, recuperación de valor, creación de lugares y resolución de la tensión entre nodo y lugar.»
- **Hale y Charles** (2006): «Un recinto de desarrollo de uso mixto vibrante, relativamente denso y peatonalizado, con espacios públicos de calidad y acceso inmediato a un tránsito público de alta frecuencia.»
- **Reconnecting America Organization** (2009): «Realmente se trata de crear comunidades caminables y sostenibles para personas de todas las edades e ingresos y proporcionar más opciones de transporte y vivienda (incluyendo casas adosadas, apartamentos, espacios de trabajo y *lofts*). Estos vecindarios ofrecen un estilo de vida conveniente, asequible y activo, y crean lugares donde nuestros hijos pueden jugar y nuestros padres pueden envejecer cómodamente.»

Estos múltiples enfoques demuestran que no existe una definición estándar para el concepto de TOD, este se adapta en los distintos estudios y trabajos, incorporando matices que responden principalmente a sus objetivos específicos.

A pesar de las reformulaciones del concepto TOD, su esencia permanece: un crecimiento urbano con mezcla de usos, organizado en torno a una estación de transporte y cuyo principal objetivo es reducir el uso del vehículo privado.

## LA RELEVANCIA Y APLICACIÓN DEL MODELO TOD EN LA PLANIFICACIÓN URBANA CONTEMPORÁNEA

En la actualidad, se pueden identificar dos enfoques predominantes de planificación urbana que se distinguen por sus características y patrones fundamentales con respecto a la densidad: la ciudad compacta y la ciudad dispersa. Cada una de estas configuraciones tiene implicaciones clave en cuanto a la sostenibilidad, el uso de recursos y la calidad de vida de los habitantes urbanos.

Por un lado, la ciudad compacta se distingue por su diseño denso, ordenado y eficiente, priorizando la proximidad entre áreas residenciales, zonas laborales y servicios esenciales. Este modelo fomenta el uso del transporte público y la movilidad activa, como caminar o andar en bicicleta, lo que a su vez contribuye a una menor huella ecológica. Por otro lado, la ciudad

dispersa se caracteriza por un desarrollo más disperso y heterogéneo, donde las áreas residenciales, comerciales e industriales se distribuyen de manera más dispersa y menos cohesionada. «Este modelo presenta varias desventajas, como una mayor contaminación ambiental, un mayor consumo de recursos naturales, congestión en el transporte y un aumento en los costos de la prestación de servicios públicos.» (Henry, 2007).

A pesar de estos inconvenientes, en muchas ocasiones no es viable implementar un modelo urbanístico de ciudad compacta debido a limitaciones geográficas, económicas o de crecimiento poblacional. Es en este contexto donde el concepto TOD adquiere una relevancia significativa en la actualidad, ya que es un modelo que, aunque se basa en características de la ciudad dispersa, busca mitigar los efectos negativos inherentes a este tipo de desarrollo, como la excesiva dependencia del automóvil.

Como ya se ha descrito, el TOD promueve un modelo urbano centrado en torno a nodos de transporte público de alta eficiencia, que se conectan con otros núcleos urbanos cercanos. Estos nodos de transporte se integran en áreas donde se encuentra una mezcla equilibrada de usos del suelo, permitiendo que los residentes de estas zonas puedan acceder fácilmente a servicios y actividades sin necesidad de depender del automóvil. Este enfoque busca no sólo reducir la contaminación y aliviar la congestión del tráfico, si no también mejorar la accesibilidad a los servicios urbanos, fomentar la equidad social y promover una mayor sostenibilidad en las ciudades.

En conclusión, el modelo TOD se presenta como una solución altamente eficaz en contextos urbanos donde la expansión compacta ya no es posible, ofreciendo una alternativa que permite mejorar la calidad de vida de los habitantes mientras se abordan los retos medioambientales y de movilidad de las grandes ciudades contemporáneas.

## **BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS**

The TOD Institute enuncia 12 beneficios que tiene el modelo TOD en la actualidad:

1. Mejor calidad de vida: lugares más agradables para vivir, trabajar y disfrutar.
2. Mayor movilidad: facilidad para desplazarse.
3. Aumento del uso del transporte público.
4. Reducción del tráfico: menos congestión, accidentes y lesiones.
5. Ahorro en transporte: vivienda más asequible.
6. Estilo de vida más saludable: más caminatas y menos estrés.
7. Valores de propiedad más altos y estables.
8. Más clientes para negocios locales.
9. Menor dependencia del petróleo extranjero: menos contaminación y daño ambiental.

10. Incentivo para el desarrollo compacto: menos expansión urbana.
11. Menor coste: más barato que construir carreteras y fomentar la expansión.
12. Competitividad económica mejorada.

Para disfrutar de todos estos beneficios y garantizar que los desarrollos urbanos alrededor de las estaciones funcionen como áreas TOD, es fundamental que la planificación de los usos del suelo esté estrechamente vinculada con el sistema de transporte. Las personas que residen en la zona deben encontrar razones atractivas para utilizar el transporte público, al mismo tiempo que el área debe incorporar suficientes elementos de interés para atraer a usuarios externos y motivarlos a detenerse en la estación.

Cuando no se logra esta interacción bidireccional, se deriva en el concepto de TAD (Transit Adjacent Development), conocido en castellano como Desarrollo Adyacente al Tránsito. En estos casos, la estación queda aislada de su entorno, sin una relación funcional ni una integración efectiva con el área circundante. T. Halbur (2007) describe el TAD como «*the evil brother*» (el hermano maligno) del TOD, destacando sus limitaciones y la pérdida de oportunidades que supone frente al modelo TOD.

El Centro para el Desarrollo Orientado al Tránsito (CTOD) define tres tipos de corredores o líneas de transporte público según los lugares con los que conectan. Estos son:

a) Los conectores de destinos: conectan varias áreas residenciales con distintos centros de actividad: comercial, educacional, de oficina, etc. La mayor oferta de usos generará un tránsito continuo en la línea, creando un mayor volumen de usuarios en la misma. Es la línea de transporte público donde podría funcionar el TOD.

b) Corredor de viajeros: esta línea de transporte público conecta áreas residenciales con un centro con una actividad única. Normalmente centros de oficinas. Estas líneas provocan que el transporte solo se utilice en momentos concretos del día, generando picos de actividad con alto volumen de pasajeros y dificultando el dimensionado de la misma.

c) Circulador de distrito: este corredor es de naturaleza localizada y generalmente funciona dentro de un centro de actividad o nodo, como un centro médico, un campus universitario, etc.

Para que el modelo TOD funcione, las líneas de transporte público deben de ser del tipo a, con una gran mezcla de usos del suelo y densidad de población en las áreas entorno a las estaciones que generen un sistema de transporte público eficaz y atractivo que tenga un uso constante a lo largo del día.

## APLICACIÓN DEL TOD, ESCALAS

A continuación, exploraremos en detalle algunos ejemplos de la aplicación del modelo TOD, con el fin de comprender su alcance y su relevancia en la actualidad. Primero, es importante señalar que los estudios sobre el TOD se pueden clasificar en dos grandes categorías. Por un lado, encontramos aquellos que, mediante un desarrollo TOD, buscan proyectar un nuevo crecimiento urbano. Por otro lado, existen estudios que emplean el TOD como herramienta de análisis y evaluación del contexto urbano existente, con el objetivo de identificar tanto las fortalezas como las debilidades en el sistema de transporte ya implementado. Este último enfoque es el estudiado y aplicado en este trabajo.

En cuanto a la escala de aplicación del TOD, el Centro para el Desarrollo Orientado al Tránsito (CTOD) y Reconnecting America (Zimbabwe & Anderson, 2011) resaltan que la planificación del TOD puede llevarse a cabo en tres diferentes escalas: la escala regional, la escala urbana y la escala local. En el caso de la escala local, se define un área alrededor de las estaciones de transporte público, la cual debe ser accesible a pie, generalmente en un tiempo de cinco a diez minutos. Esto equivale a una distancia de entre 400 y 600 metros, lo que asegura que la mayoría de los residentes puedan acceder cómodamente a las estaciones de transporte.

Aunque es posible estudiar cada una de estas tres escalas de manera independiente, para lograr un sistema TOD efectivo es fundamental analizar las tres de manera conjunta. Es importante comprender el rol de la estación dentro del vecindario y su integración con la comunidad local, pero también es esencial considerar cómo encaja este sistema en una escala mayor, a nivel regional. Por ello, se requiere un enfoque integral que abarque desde los aspectos más locales hasta los regionales para diseñar un sistema TOD realmente funcional.

Debido a la complejidad de abarcar las tres escalas en un solo estudio, la mayoría de los trabajos sobre TOD se centran en una de las tres escalas, y es posible agruparlos en función de la escala que analizan. A continuación, se clasifican algunos ejemplos de estudios de TOD<sup>4</sup>, ordenados en función de su escala de aplicación:

### **Escala Regional:**

- The Stedenbaan, Países Bajos.
- Sistema de Metro Regional de Nápoles y Campania, Italia.
- Planes Regionales de TOD en Perth, Australia.
- Evolución del TOD en Portland, Estados Unidos.

### **Escala Urbana:**

- TOD en Singapur.
- TOD en Tokio, Japón.

4. Clasificación elaborada a partir de los trabajos analizados en: Yamini Jain Singh, 2015. *Measuring Transit Oriented Development (TOD) at Regional and Local Scales - A Planning Support Tool*. University of Twente, p.12.

**Escala Local:**

- Subi Centro en Subiaco, Australia.
- Curitiba, Brasil: Sistema de Tránsito Rápido de Autobuses (BRT), conocido por sus altos niveles de servicio.
- Bogotá, Colombia: Planificación de un BRT exitoso, con lecciones tomadas del modelo de Curitiba.
- Desarrollo de Ferrocarril y Propiedad (R+P) en Hong Kong: El MTRC implementa un modelo de desarrollo ferroviario y propiedad para aprovechar el valor generado por el sistema de tránsito.

Estos ejemplos nos muestran cómo el TOD se aplica a diferentes niveles, desde la escala regional hasta la local, y nos enseñan cómo este modelo puede adaptarse a diversas situaciones y contextos urbanos.

**CUANTIFICAR EL TOD**

Los estudios relacionados con la implementación, análisis o creación de sistemas TOD buscan formas de cuantificar y medir su efectividad en diferentes áreas urbanas. Para lograrlo, se emplean diversos métodos, entre los cuales destacan los sistemas de puntuación, siendo el más conocido el Estándar TOD. Este sistema se enfoca en áreas ya existentes y, mediante la cuantificación de una serie de requisitos específicos, determina si cumple con los criterios para ser considerada como una zona TOD o no. El Estándar TOD se concentra principalmente en una escala local, lo que implica que el proceso de recopilación de información debe ser sumamente detallado y exhaustivo.

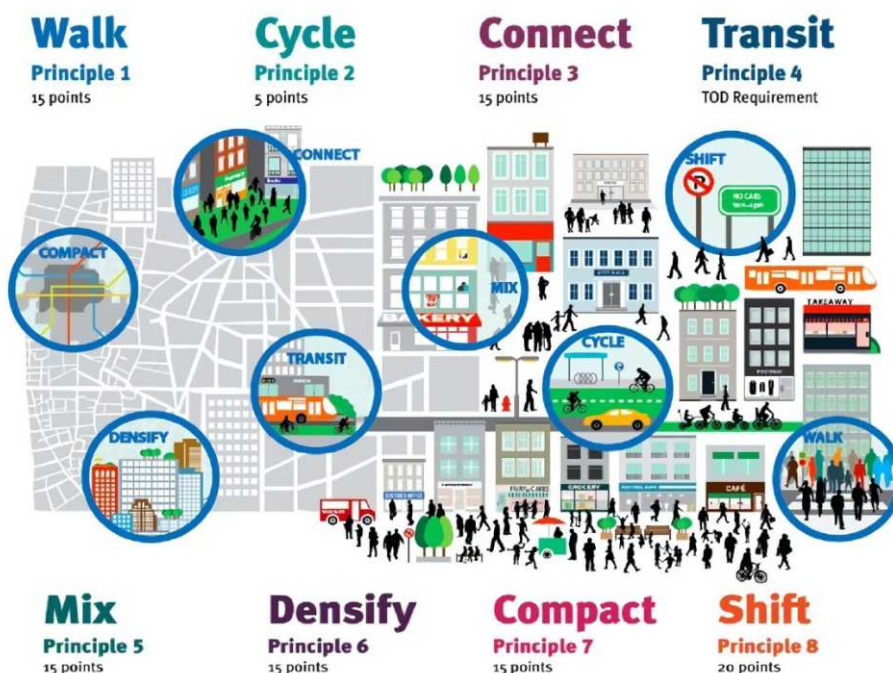


Fig.5 The Institute for Transportation and Development Policy. Los 8 principios de Estándar TOD

Otra de las principales formas de cuantificar, y analizar el TOD, es la aplicación de sistemas de análisis multicriterio. En este tipo de análisis se emplea el índice TOD, un concepto introducido por el académico Robert Cervero. El índice TOD es un valor numérico que representa el grado en el que un área ha implementado los principios fundamentales del modelo TOD. Para Cervero estos principios son los conocidos como las 5Ds:

**Densidad** (*Density*):

Este principio se refiere a la concentración de personas, viviendas, empleos y actividades en una zona específica. Una mayor densidad permite aprovechar de manera más eficiente el transporte público, reduce la dependencia del automóvil y facilita el acceso a los servicios, mejorando la conectividad urbana.

Carey Curtis (2009) defiende que para que un sistema de transporte público sea usado por los habitantes debe competir con el vehículo privado, en términos de tiempo en llegar al destino y en la capacidad del transporte. Para que esto funcione es necesario una densidad poblacional media-alta alrededor de las estaciones que fomente un tránsito atractivo, es decir, un servicio con una frecuencia alta, con horarios fijos, sin interrupciones y con información instantánea. La densidad en las áreas no solo propicia un tránsito atractivo, si no que demanda una mayor mezcla de usos y genera más actividad en ellas, lo que las hará más seguras.

**Diversidad** (*Diversity*):

Implica la mezcla de diferentes usos del suelo dentro de un mismo espacio, como residencias, oficinas, comercios, servicios y áreas recreativas. Esta diversidad fomenta viajes más cortos y facilita el acceso a una variedad de actividades sin la necesidad de utilizar vehículos privados.

**Diseño** (*Design*):

Este principio se centra en el diseño del entorno urbano, asegurando que sea atractivo, accesible y seguro tanto para peatones como para ciclistas. Elementos tales como aceras amplias, pasos de peatones seguros, vegetación y espacios públicos de calidad son fundamentales para fomentar la movilidad no motorizada y el uso del transporte público.

**Accesibilidad al destino** (*Destination Accessibility*):

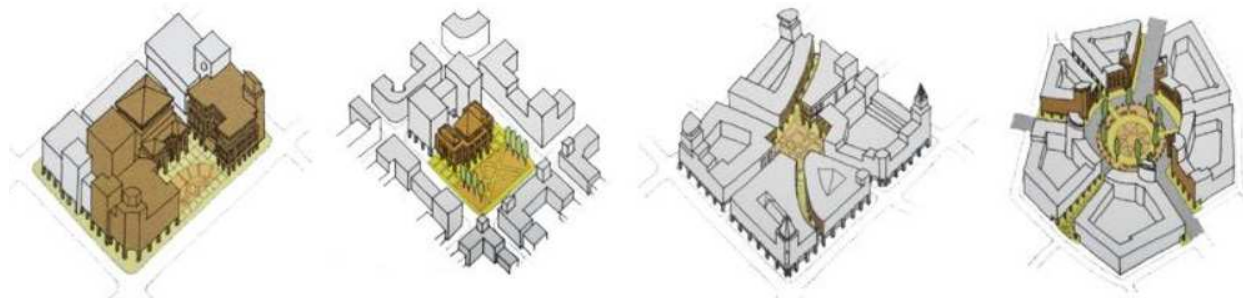
Mide la facilidad con la que los habitantes pueden acceder a destinos clave como empleos, escuelas, hospitales o centros comerciales desde su área de residencia. Cuanto más accesibles sean estos destinos, menor será la necesidad de realizar desplazamientos largos y, por ende, se reducirá el uso del automóvil.

**Distancia al transporte** (*Distance to Transit*):

Se refiere a la cercanía de las viviendas, oficinas y servicios a las estaciones o paradas de transporte público. Cuanto más corta sea esta distancia, ma-

yor será la probabilidad de que las personas utilicen el transporte público, mejorando la eficiencia del sistema de movilidad urbana.

Fig.6 The TOD Institute. Espacios públicos correctamente definidos.



Para calcular el Índice TOD cada estudio selecciona una serie de parámetros determinados. Los parámetros utilizados siempre responden a uno de los cinco principios TOD y varían según el objetivo del estudio, los métodos de análisis empleados y la escala del proyecto en cuestión.

		Adís Abeba, Etiopía	Arnhem Nimega, Países Bajos	Nueva York, EE. UU.	Singapur	Shanghái, China
	Diámetro área (m)	800	800	800	500	500
	Nº estaciones	22	21	472	23	347
<b>CRITERIO</b>	<b>Parámetros T.O.D.</b>					
<b>Densidad</b>	Densidad poblacional	●	●	●		●
	Densidad comercial	●				
	Densidad oficinas		●	●		●
<b>Diversidad</b>	Diversidad usos del suelo	●	●	●	●	●
	Tamaño bloques				●	
<b>Diseño</b>	Nº entradas y salidas en la estación			●		●
	Densidad intersecciones	●	●	●	●	●
	Longitud vías peatonales	●	●		●	●
	Áreas de captación peatonal con impedancia		●			
	Mezcla de usos del suelo	●	●	●	●	●
<b>Accesibilidad al destino</b>	Aparcamiento vehículos	●	●	●	●	
	Aparcamiento bicicletas	●	●	●		●
	Áreas verdes	●			●	
<b>Distancia al transporte</b>	Conexión con otros modos de transporte		●			
	Frecuencia de servicio		●			●
	Intercambio a diferentes rutas del mismo transporte		●			
	Acceso a oportunidades en una distancia caminable desde la estación de tren		●			

A continuación, se presenta una tabla que clasifica distintos parámetros empleados en varios estudios, agrupándolos según el principio al que corresponden.

Fig.7 Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en 5 estudios TOD.

---

Una vez que se han recopilado los datos de los diferentes estudios, se realiza un análisis multicriterio, usualmente utilizando sistemas de información geográfica (GIS, *Geographical Information System*), para obtener una clasificación de las áreas que mejor cumplen con estos principios.

Un aspecto importante que destacar es que la mayoría de los estudios realizados tienden a centrarse en áreas de ciudades que ya cuentan con un sistema de transporte público eficiente. En estos estudios, el objetivo es interpretar cómo podrían seguir creciendo las líneas de transporte público para mejorar aún más la conectividad urbana.

Este trabajo, sin embargo, se enfoca en la situación particular de Puerto Rico, un lugar donde, a diferencia de las ciudades estudiadas, no existe un sistema de transporte público ordenado ni eficiente. Actualmente, Puerto Rico tiene un sistema de transporte público prácticamente inexistente, con una única línea de tren que no cumple con sus objetivos iniciales y que no es ni eficiente ni rentable. La situación de Puerto Rico será analizada en detalle en el siguiente capítulo.



## **2. Contexto:**

La situación actual de Puerto Rico y San



## 2. Contexto: La situación actual de Puerto Rico y San Juan

En este apartado se presenta un análisis de la situación actual de Puerto Rico, acompañado de una breve introducción histórica que ayuda a contextualizar aspectos clave relevantes para este estudio. Además, se analiza el transporte público en la isla, centrándose en el tren urbano de San Juan, abordando su contexto urbano, social y económico.



Fig.1 Getty Images, 2024.  
*El Viejo San Juan.*

### INTRODUCCIÓN

Puerto Rico es una isla ubicada en el Mar Caribe, cuenta con una extensión territorial de 13.791 km<sup>2</sup> y está compuesta por 78 municipios (ver Fig.3), siendo San Juan, la capital, el más poblado. La isla mide de longitud, 178 kilómetros (111 millas) de este a oeste y de anchura, 65 kilómetros (40 millas) de norte a sur y se tarda aproximadamente en recorrerla de este a oeste 2.5-3 horas.

Según el Censo de 2022 de los Estados Unidos, la población total de la isla es de 3.272.382 personas, de las cuales 340.903 residen en San Juan, la capital.

Desde el 25 de julio de 1952, Puerto Rico es oficialmente un Estado Libre Asociado de los Estados Unidos de América, lo que lo convierte en un territorio no incorporado de este país. Anteriormente la isla estuvo bajo dominio español desde 1493 hasta 1898.



Fig.2 **MapaMundial.co**, 2014. *Situación geográfica de Puerto Rico.*



Fig.3 **Elaboración propia**, 2024. *Los municipios de Puerto Rico. Ver Anejo I.*

Durante el periodo colonial español, se desarrollaron los principales núcleos urbanos de la isla, como San Juan, Ponce y San Germán, que siguieron patrones de desarrollo típicos de las ciudades españolas. Estas áreas urbanas se organizaban en torno a plazas centrales, conocidas como Plazas de Armas, que eran el eje social y administrativo de las comunidades. Este lega-



Fig.4 **Detroit Publishing Company**, 1903. *Plaza de Armas de San Juan.*

do español dejó huella en la cultura de la isla, incluyendo su lengua, tradiciones y arquitectura.

A finales del periodo español, se desarrolló en Puerto Rico una red ferroviaria significativa, compuesta por un ferrocarril que prácticamente rodeaba toda la isla. Esta infraestructura fue diseñada tanto para el transporte de pasajeros como para el traslado de mercancías, con un enfoque especial en los productos derivados de la industria de la caña de azúcar. La inauguración de esta red se llevó a cabo en 1891.

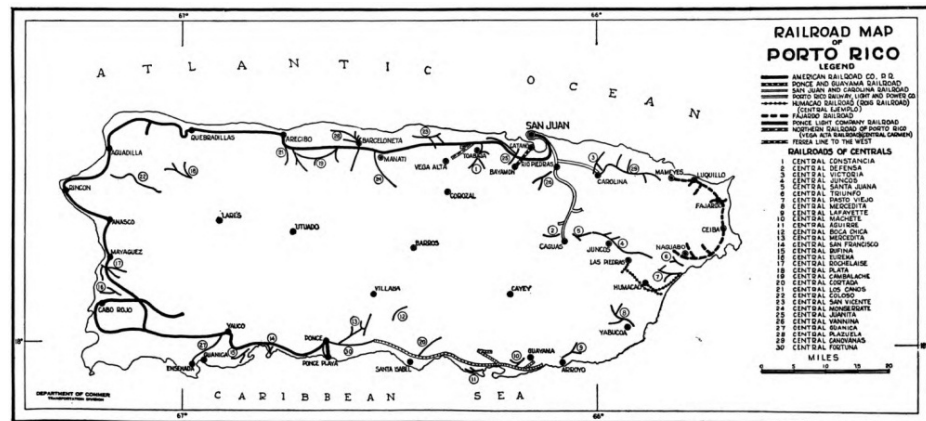


Fig.5 W. Rodney Long, 1925. Plano del ferrocarril de Puerto Rico.

Adicionalmente, en el área de San Juan, se construyó el primer ferrocarril urbano, inaugurado en 1880. Este recorría una distancia de 7 millas (11,26km) y, con el tiempo, sería conocido como el Tranvía de la Capital, desempeñando un papel clave en la conectividad y el desarrollo de la ciudad durante este periodo histórico.



Fig.6 Colección Ricardo Medina, 1910. Locomotora de la American Railroad Company of Porto Rico saliendo de Mayagüez.

1. **Urban sprawl:** fenómeno de propagación de la ciudad hacia la periferia, mediante barrios conformados en su mayoría por viviendas unifamiliares.

Tras la incorporación de Puerto Rico al territorio norteamericano parte de las ideas y modelos urbanos norteamericanos comenzaron a implementarse en la isla. Entre estos modelos destaca el *urban sprawl* (dispersión urbana), la preferencia por las viviendas unifamiliares y, como consecuencia di-

recta una creciente dependencia del automóvil. En este contexto, en 1941, el primer gobernador electo de Puerto Rico, Luis Muñoz Marín, inició la Operación Manos a la Obra, un ambicioso plan cuyo objetivo principal era la industrialización de la isla. Este proyecto marcó un cambio urbanístico trascendental en la historia contemporánea de Puerto Rico, influyendo profundamente en su crecimiento y estructura urbana.



Fig.7 National Geographic, 1962. Fotografía de la Operación Manos a la Obra

Un estudio<sup>2</sup> realizado por Juncos Gautier en 2001 recopiló datos clave sobre los efectos de la operación en la isla durante y después de su implementación, algunos de estos son:

- La huella del área urbanizada creció 14 veces, mientras que población sólo se multiplicó por 4 entre 1935 y 1990.
- La cantidad de vehículos se multiplicó por 80 durante el mismo periodo, pasando de un vehículo por cada 125 habitantes a uno por cada 1,5 habitantes aproximadamente.
- Los viajes en vehículos privados al trabajo aumentaron de un 28,1% a un 81,2% entre 1960 y 1990.
- Los viajes en transporte público al trabajo disminuyeron, pasando de un 42,6% en 1960 a solo un 11,6% en 1990.
- Los viajes peatonales al trabajo disminuyeron de 19,2% a 4,5% de 1960 a 1990.
- La proporción de unidades de vivienda ocupadas sin vehículo disponible disminuyó del 65,4% al 28,2% entre 1960 y 1990.
- La proporción de unidades con dos o más vehículos incrementó del 5,4% a 30,8% de 1960 a 1990.
- La red vial (carreteras) aumentó en un 3.400%, pasando de 200km en 1935 a 7.000km en 1990.

Como revelan los datos, estos cambios marcaron una transformación radical en la estructura de la isla, orientada hacia la expansión urbana descontro-

2. Juncos Gautier, M. (2001) *Recomendaciones para detener el desparrame urbano en el Área Metropolitana de San Juan. Centro de Estudios para el Desarrollo Sostenible. Universidad Metropolitana de Puerto Rico.*

lada, el aumento de la dependencia del automóvil y una disminución de la prioridad hacia los medios de transporte públicos y opciones sostenibles. El auge de los automóviles en Puerto Rico, combinado con los cambios significativos en las actividades económicas de la isla, marcó el inicio del declive del sistema ferroviario. La disminución en la importancia de la industria de la caña de azúcar redujo considerablemente el uso del sistema. Además, la incompatibilidad entre el ancho de vía estándar estadounidense (4 pies y 8,5 pulgadas) y el sistema de vía estrecha español (3 pies) empleado en Puerto Rico representó un desafío técnico y económico que dificultaba su modernización y mantenimiento.

Estos factores llevaron finalmente al desmantelamiento del ferrocarril en el año 1957. Estos cambios también afectaron al Tranvía de la Capital, el cual dejó de operar en el año 1946, incapaz de competir con la expansión de los automóviles como medio de transporte predominante.

Fig.8 El Mundo, 1946.  
Artículo sobre el último viaje  
del tranvía de San Juan.



## EL SISTEMA DE TRANSPORTE ACTUAL EN PUERTO RICO

En la actualidad, el automóvil es el medio de transporte predominante en Puerto Rico, siendo una parte integral de la vida cotidiana para la mayoría de los habitantes. Según datos del censo de 2014, la isla cuenta con un promedio de 635 automóviles por cada 1.000 habitantes, lo que posiciona a Puerto Rico como el quinto país del mundo con más vehículos per cápita, solo superado por Nueva Zelanda, Brunéi, Islandia y Mónaco, que encabeza la lista. Esta cifra refleja no solo una alta dependencia del automóvil, sino también un modelo de organización espacial y de transporte que moldea el estilo de vida de los puertorriqueños.

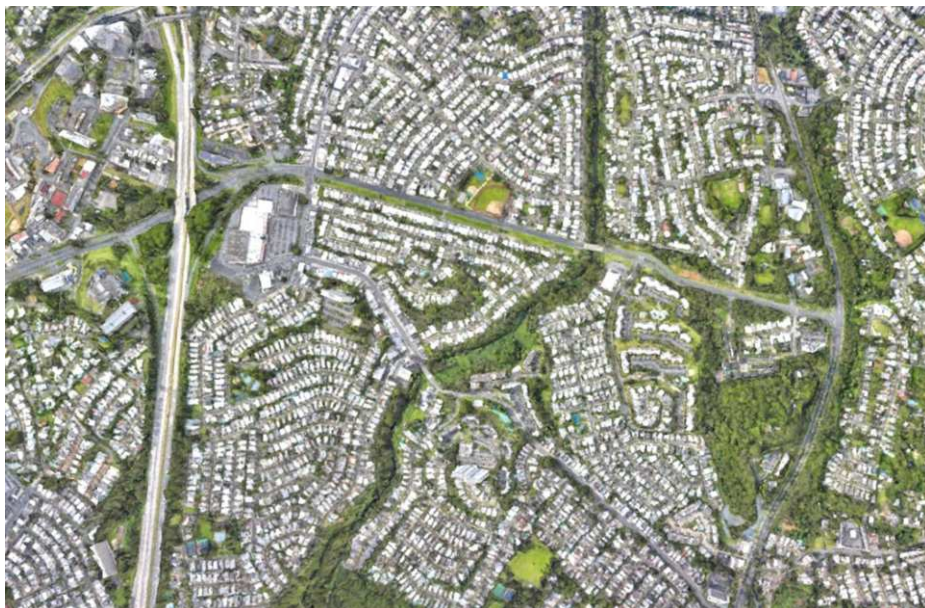


Fig.9 Google Maps, 2024.  
Dispersión urbana en San Juan

La cultura automovilística en Puerto Rico se manifiesta de múltiples formas: los frecuentes *taponés*<sup>3</sup> que paralizan el tránsito, las visitas a los *shoppings*<sup>4</sup>, las rutas de *chinchorro*<sup>5</sup> y el *janguero*<sup>6</sup> en los *Can-Am*<sup>7</sup>.



Fig.10 Puertoricogram, 2019.  
*Chinchorro en los kioskos de Luquillo*. Publicado en Instagram @puertoricogram.

Por otro lado, el transporte público en Puerto Rico mayoritariamente se encuentra en el área metropolitana de San Juan. Para desplazarse por la isla, contar con un automóvil es imprescindible, ya que los municipios están desconectados entre sí, y rutas importantes, como la conexión entre San Juan y Ponce, que alguna vez se facilitó gracias al ferrocarril, ya no son viables mediante transporte público.

En San Juan disponen de un sistema limitado de autobuses (en total 32 líneas en las que el tiempo medio de espera es de 38,13 minutos, habiendo una única línea donde la frecuencia es de 15 minutos) y una única línea de

3. **Tapón:** embotellamiento o congestión vehicular. Es un término coloquial muy utilizado para describir las largas filas de vehículos que se forman en las carreteras debido al tráfico denso.

4. **Shoppings:** anglicismo utilizado en Puerto Rico para referirse a centros comerciales

5. **Chinchorro:** es una tradición muy popular en Puerto Rico que consiste en recorrer diferentes *chinchorros*, que son pequeños bares o restaurantes locales, generalmente en zonas rurales o a las afueras de la ciudad.

6. **Janguero:** es un término coloquial derivado del inglés *hang out*, adaptado al español por los hablantes de Puerto Rico. Se refiere al acto de socializar de manera informal.

7. **Can-Am:** vehículos todoterreno recreativos, fabricados por la marca Can-Am.

Tren Urbano. En esta línea se enfoca el análisis del Tren Urbano de San Juan pues es donde se analizan los principios del TOD.

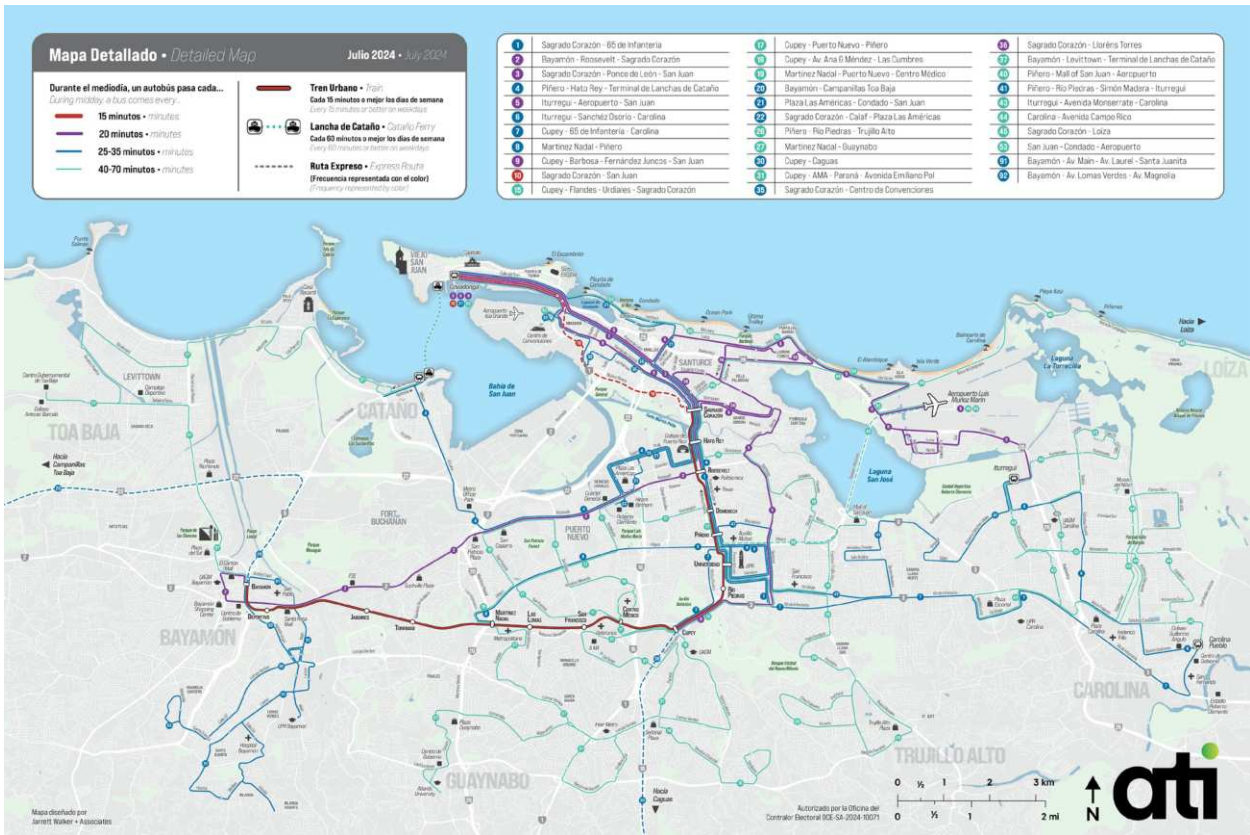


Fig.11 Autoridad de Transporte Integrado, 2024. Sistema de Transporte Público de San Juan.

### EL TREN URBANO

La construcción del Tren Urbano comenzó en el año 1996, y el sistema empezó a operar oficialmente el 17 de diciembre de 2004. Este proyecto surgió con la finalidad de ofrecer una alternativa al tráfico congestionado y mejorar la movilidad en la región metropolitana.



Fig.12 La Trinchera Obrera, 2011. Estación de Sagrado Corazón.

El coste total de la construcción del Tren Urbano fue de aproximadamente \$2.25 mil millones de dólares. La línea original tiene una extensión de 17.52 km (10.7 millas) y conecta los municipios de San Juan, Guaynabo y Bayamón. Desde un extremo a otro de la línea se tarda 30 minutos.

Aunque la idea inicial del proyecto prevista por el Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP) de Puerto Rico, contemplaba la expansión de la línea y la creación de dos rutas adicionales, estas ampliaciones fueron suspendidas debido a la baja rentabilidad de la línea ya construida y a la economía de Puerto Rico.

La localización y diseño preliminar de las estaciones lo realizó el estudio americano DHK Architects. Este estudio diseñó un plan maestro en el que se establecía la circulación en torno a las estaciones y la conexión con otros medios de transporte. El diseño final de las estaciones lo llevaron a cabo distintos estudios de arquitectura tanto locales como extranjeros.

Además, se desarrolló un programa para fomentar el uso de las bicicletas, conocido como el sistema Bici-Tren. Este programa permitía a los usuarios transportar sus bicicletas en el tren, pero requería una licencia especial y estaba limitado en cuanto a la cantidad de bicicletas permitidas. Sin embargo, a partir del año 2024, esta restricción es eliminada, permitiendo a los pasajeros transportar vehículos livianos sin restricciones, tanto en el tren como en los autobuses.

Fig.13 **Wikipedia**, 2016. *Mapa del Tren Urbano, incluyendo futuras ampliaciones previstas por el DTOP de Puerto Rico.*



La línea de Tren Urbano cuenta con un total de 16 estaciones. De estas, 12 se encuentran en el municipio de San Juan, 1 en Guaynabo y 3 en Bayamón. A lo largo de su recorrido, el recorrido del tren va variando su cota (Fig.14), la mayor parte de la línea se encuentra elevada (tramos en color rosa), pero también hay tramos a cota del suelo (tramos en color rojo) y otros soterrados (tramos en color granate). En este trabajo se numerarán las estaciones dando el primer lugar a la estación más cercana al viejo San Juan y continuando en el sentido de la línea. Las 16 estaciones son:

- Estación 1 – Sagrado Corazón
- Estación 2 – Hato Rey
- Estación 3 – Roosevelt
- Estación 4 – Domenech
- Estación 5 – Piñero
- Estación 6 – Universidad
- Estación 7 – Río Piedras
- Estación 8 – Cupey
- Estación 9 – Centro Médico
- Estación 10 – San Francisco
- Estación 11 – Las Lomas
- Estación 12 – Martínez Nadal
- Estación 13 – Torrimar
- Estación 14 – Jardines
- Estación 15 – Deportivo
- Estación 16 – Bayamón

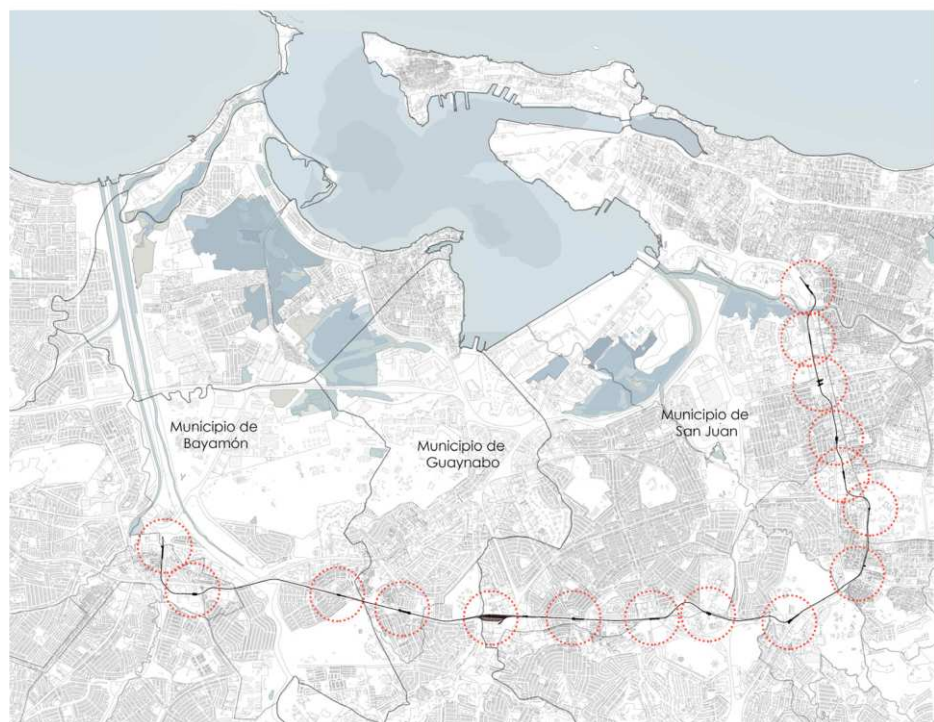
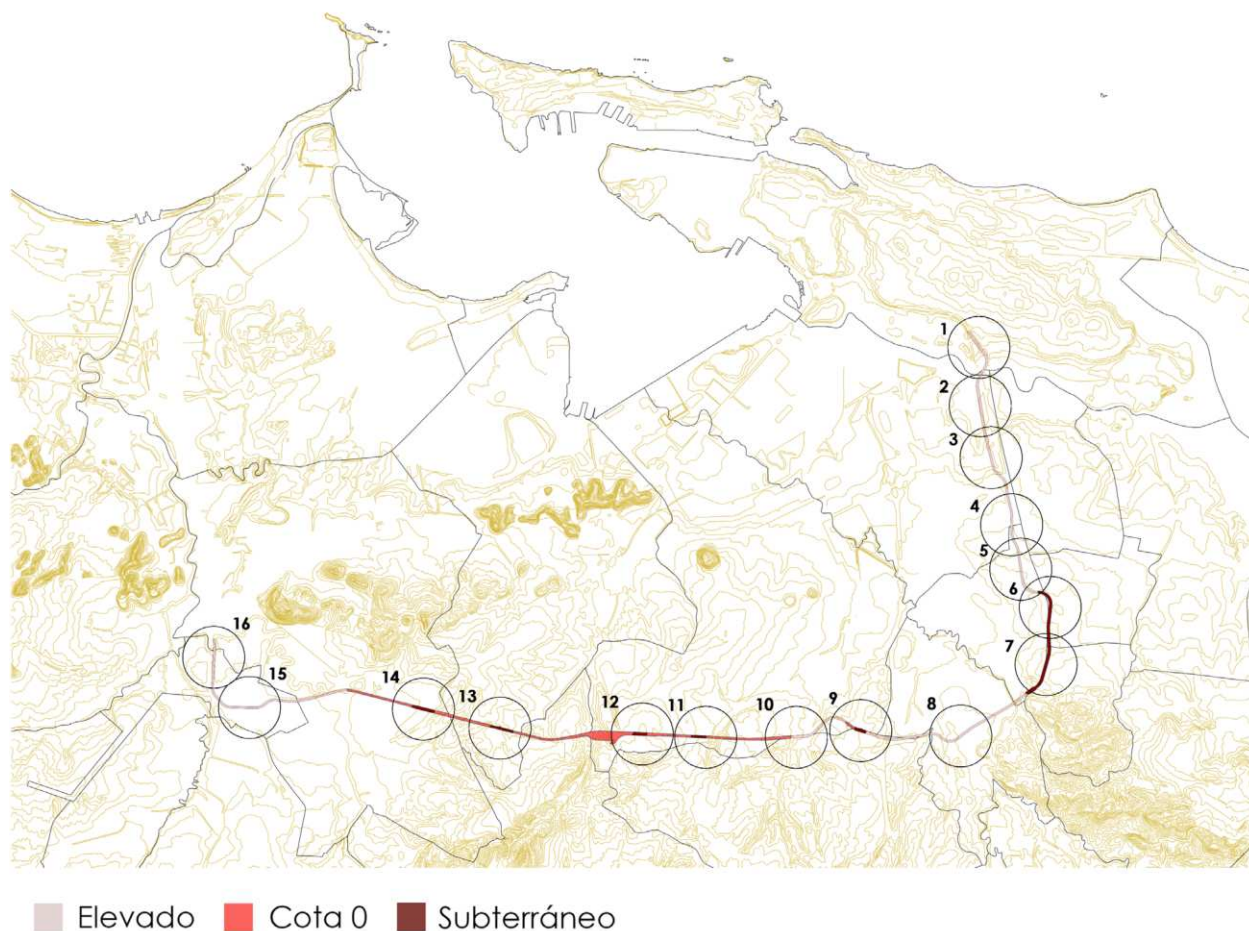


Fig.14 **Elaboración propia,** 2024. Plano de situación de la línea del tren urbano de San Juan. Ver Anejo I.



En cuanto a la flota, el Tren Urbano dispone de 74 vagones de acero inoxidable fabricados por la empresa Siemens. Sin embargo, de estos 74 vagones, solo 15 están actualmente en funcionamiento, mientras que los demás permanecen almacenados. Los trenes pueden alcanzar una velocidad máxima de 100 km/h, y su velocidad media, considerando las paradas, es de 33,2 km/h.

El servicio de Tren Urbano está disponible de lunes a viernes de 5:30 a 23:30, los sábados de 6:00 a 23:30, y los domingos y feriados de 6:00 a 22:00. Durante las horas pico entre semana, los trenes pasan cada 12 minutos, mientras que, durante el resto del día y los fines de semana, la frecuencia aumenta a 20-30 minutos, y los domingos y feriados llega a cada 30 minutos. A pesar de las grandes expectativas iniciales, cuando se planeó el sistema se estimaba que para el año 2010, el tren podría transportar a unos 110.000 pasajeros diarios, actualmente transporta aproximadamente a solo 6.000 personas al día. Además, el tren se encuentra trabajando tan solo a el 13,33 por ciento de su capacidad total.

Esta situación de transporte público provoca que solo el 2.7% de los puertorriqueños utilicen el transporte público para trasladarse al trabajo, a pesar de los altos costos asociados con el uso del automóvil privado, especialmente en un contexto donde el 45.4% de la población vive por debajo del

Fig.15 **Elaboración propia**, 2024. Topografía de San Juan en relación con la línea del tren urbano. Ver Anejo I.

umbral de pobreza. Esto revela no solo una falta de incentivos para el uso del transporte público, sino también una carencia de infraestructura adecuada y servicios más eficientes.

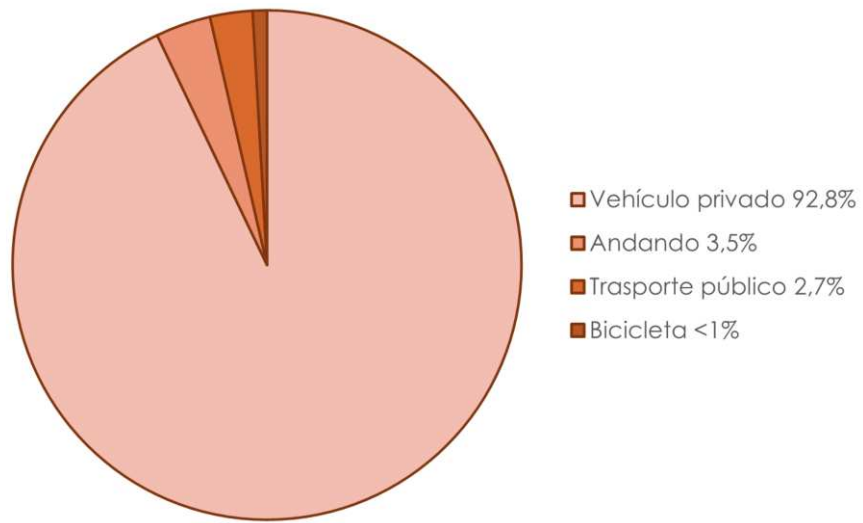


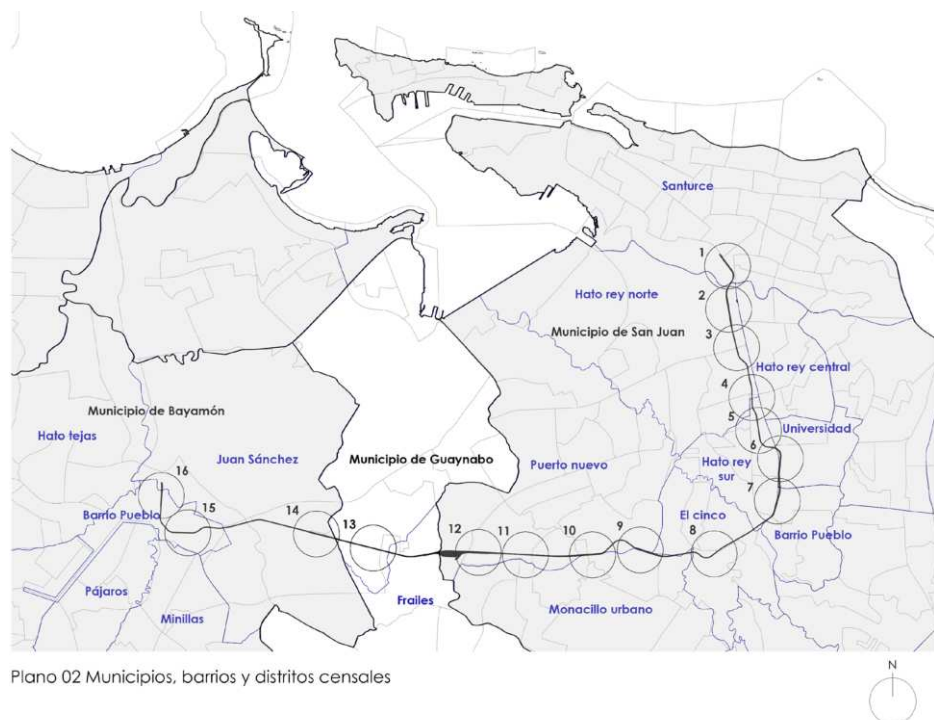
Fig.16 **Elaboración propia,** 2024. *El transporte al trabajo.* Gráfica elaborada a partir de datos obtenidos por la Universidad de Puerto Rico.

### ANÁLISIS ECONÓMICO, SOCIAL Y CULTURAL

En este apartado se analiza la situación actual, principalmente en el contexto más próximo a la línea de tren urbano.

Como se ha mencionado anteriormente, la línea del Tren Urbano recorre tres municipios principales: San Juan, Bayamón y Guaynabo. En el siguiente mapa (Fig.17) se presenta la disposición geográfica de la línea ferroviaria junto con las 16 estaciones que la componen, los barrios correspondientes a cada municipio por los que atraviesa, así como los distintos distritos cen-

Fig.17 **Elaboración propia,** 2024. *Municipios y barrios por los que discurre la línea.* Ver Anejo I.



sales en los que se subdividen. Debido a la escala del análisis centrada en el Tren Urbano, se profundiza en los datos de estos distritos censales, utilizando las estaciones como puntos de referencia para contextualizar el estudio.

En el Anexo I se encuentran los planos adjuntos a continuación para visualizar la información de los distritos censales. La información de estos se obtiene a partir del Censo de 2022.

El primer aspecto que se analiza es la relación de la línea con los lugares más frecuentados o de interés a escala metropolitana (ver Fig.18). Si bien el tren pasa por algunos puntos relevantes (Milla de Oro de San Juan (31), Universidad de Puerto Rico - Río Piedras (39)), la mayoría de los sitios de mayor interés ya sea turístico o cotidiano, están ubicados en la zona norte, fuera de su alcance directo. Además, el Tren Urbano no tiene conexión directa con el Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín, que se encuentra al este del mapa, seguido al puente Teodoro Moscoso (36).

Estas conexiones clave, como el aeropuerto u otras áreas estratégicas del norte, estaban contempladas en las expansiones previstas en el diseño original del sistema. Sin embargo, como ya se ha mencionado, dichas ampliaciones no pudieron realizarse debido a las limitaciones económicas y la baja rentabilidad del proyecto inicial. En la actualidad, el Viejo San Juan (2), un punto de alta actividad turística y cultural está conectado a la línea de tren a través de un servicio de autobuses (líneas 3,5,9, frecuencia 20 minutos) que llega a la estación Sagrado Corazón (estación 1). Del mismo modo, el aeropuerto tiene conexiones mediante autobuses (línea 40, frecuencia 40-70 minutos) que enlazan con las estaciones de Sagrado Corazón y Piñero.

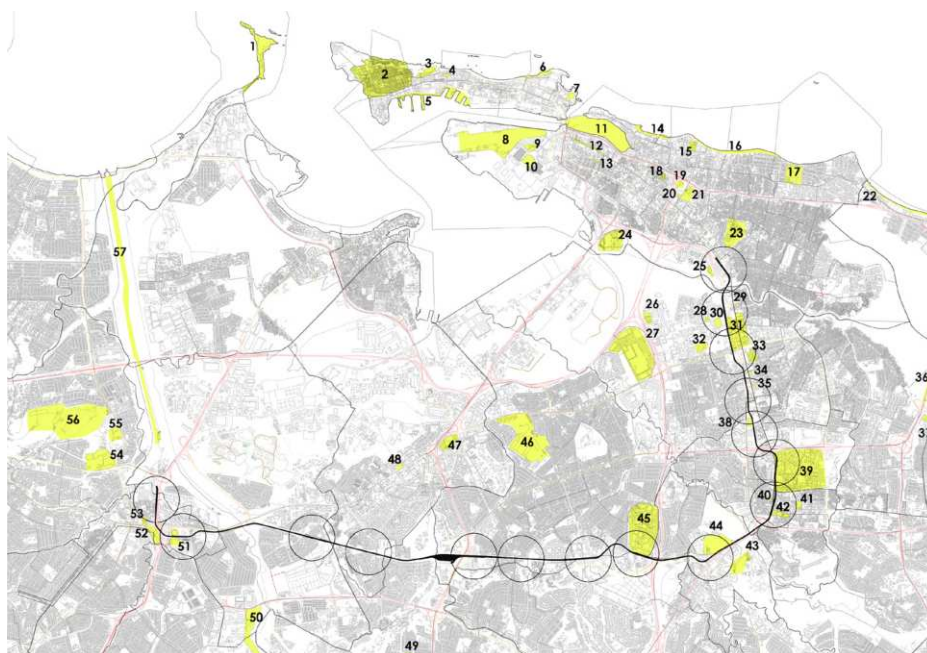


Fig.18 Elaboración propia, 2024. Puntos de interés en San Juan. Ver Anejo I.

Tanto en estos casos, como para la mayoría de los desplazamientos actuales, el tren no es suficiente por sí solo: los usuarios deben combinarlo con otros medios de transporte para llegar a su destino final. El hecho de que el tren y los autobuses pertenezcan a sistemas de transporte diferentes reduce significativamente la eficiencia del viaje. Los tiempos de traslado aumentan debido a la necesidad de cambiar de medio, y la experiencia en términos de comodidad y rapidez queda lejos de competir con el uso de vehículos privados.

A continuación, se analizan aspectos demográficos.

Como ya se ha mencionado, según el Censo de 2022 de los Estados Unidos, la población total de la isla es de 3.272.382 personas. En el mapa adjunto se identifican los municipios más poblados de la isla: San Juan lidera con 340.903 habitantes, seguido de Bayamón con 184.326 y Carolina con 154.126.

De los municipios que atraviesa el Tren Urbano, San Juan y Bayamón se encuentran entre los más poblados, mientras que Guaynabo, aunque menos denso, alberga una población considerable de 89.554 personas.

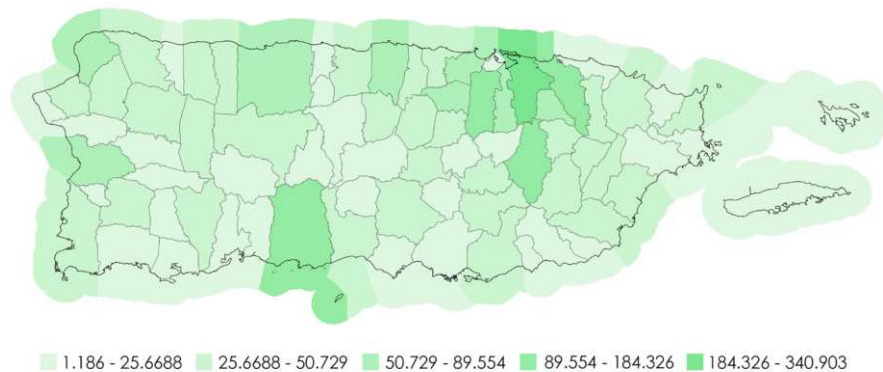


Fig.19 **Elaboración propia,** 2024. *Municipios y barrios por los que discurre la línea. Ver Anejo I.*

A escala de la línea del tren urbano, las estaciones que atraviesan distritos censales con mayor densidad poblacional son: la estación 14, que abarca una población de 5,250 habitantes; la estación 15, con 4,950 habitantes; y la estación 3, que incluye un total de 3,364 residentes en su distrito censal correspondiente.

La emigración es uno de los fenómenos demográficos más significativos que afectan a Puerto Rico. A lo largo de los años, diversos factores han impulsado este éxodo, incluyendo las recurrentes crisis económicas que han afectado a la isla, así como los desastres naturales asociados a su ubicación en el Caribe (los huracanes). Estos desafíos han llevado a muchos puertorriqueños a abandonar la isla en busca de mejores oportunidades y calidad de vida en otros lugares, principalmente en los Estados Unidos.

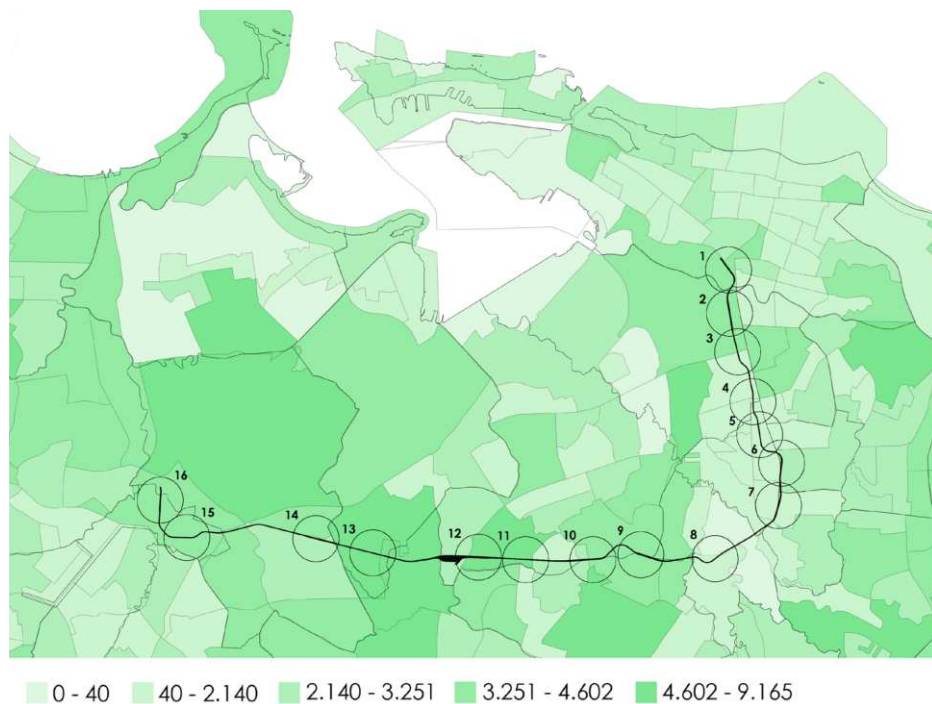


Fig.20 **Elaboración propia,** 2024. Total población por distrito censal. Ver Anejo I.

Actualmente, la población de origen puertorriqueño que reside fuera de la isla casi duplica a la población que permanece en Puerto Rico, evidenciando la magnitud del fenómeno migratorio y su impacto en la demografía y sociedad de la isla.

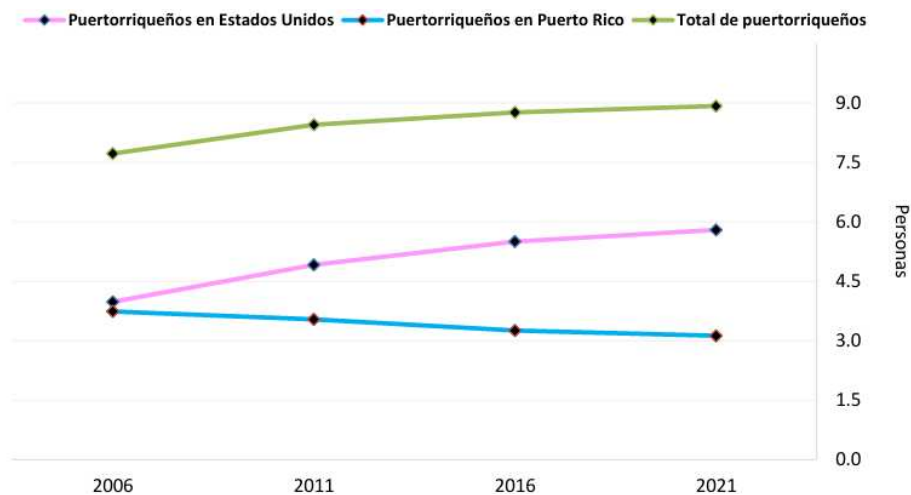


Fig.21 Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2022. Población total puertorriqueña en estados y en Puerto Rico.

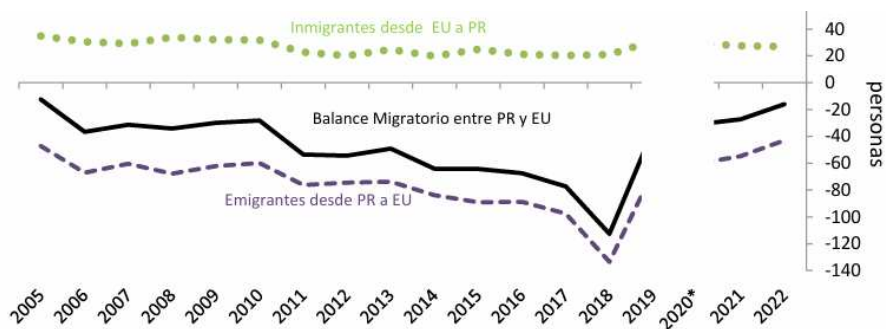


Fig.22 Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2022. Movimiento migratorio entre Puerto Rico (PR) y Estados Unidos (EU).

En los últimos años, desde el año 2018 cuando se produjo uno de los mayores picos de emigración en la isla debido al Huracán María, el número de personas que emigran de Puerto Rico va disminuyendo cada año. En el año 2023, 43.300 puertorriqueños emigraron y en el año 2024 la tasa de emigración es de 6,239 habitantes por cada 1000. Aunque estos estén disminuyendo la emigración es uno de los principales problemas en la isla y los datos siguen siendo muy elevados.

La edad media en Puerto Rico está estrechamente vinculada a las dinámicas migratorias que afectan la composición demográfica de la isla. Según los datos del censo de 2022, la edad media en Puerto Rico es de 43.7 años. Si se compara con los Estados Unidos, ocuparía la segunda posición en cuanto a edad media más elevada, solo superada por el Estado de Maine, que registra una edad media de 44.8 años. Esto refleja el envejecimiento de la población en la isla, acentuado por la emigración de las generaciones más jóvenes hacia otros territorios.

En el contexto de la línea del Tren Urbano, los datos demográficos muestran que las estaciones 4 y 5 presentan las edades medias más altas, con 55,8 años, seguidas por la estación 7, con una media de 54,3 años. Por el contrario, las estaciones 1, 6, 11, 12 y 14 concentran a una mayor proporción de población joven.

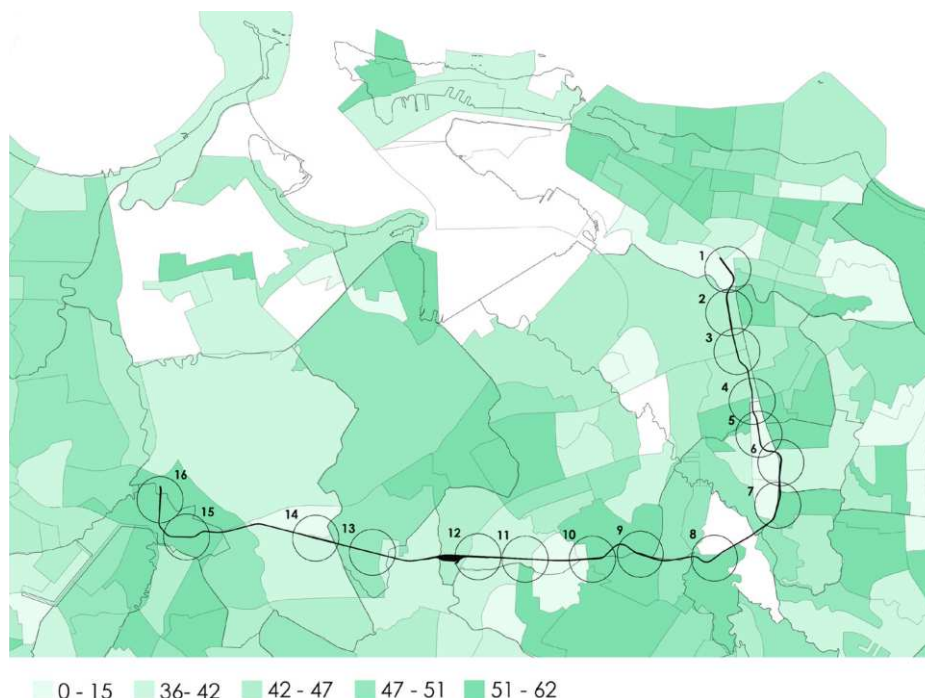


Fig.23 **Elaboración propia,** 2024. *Edad media por distrito censal. Ver Anejo I.*

Además, estas estaciones con edades medias más elevadas coinciden con aquellas que albergan un mayor porcentaje de población mayor de 65 años. Para este grupo de la población, el modelo urbano predominante en Puerto Rico, basado en viviendas unifamiliares y dependiente del automóvil, repre-

senta un desafío importante. A medida que las personas envejecen y pierden la capacidad de conducir, esta dependencia de los vehículos privados contribuye al aislamiento social y a una calidad de vida reducida.

Esta es una de las razones por las que la implementación de un sistema de transporte público eficiente es una necesidad en la isla. La carencia de este tipo de servicios no solo afecta a la población actual, sino que se convertirá en un problema cada vez más grave para todos los puertorriqueños a medida que envejecen y enfrentan las limitaciones del modelo de movilidad existente.

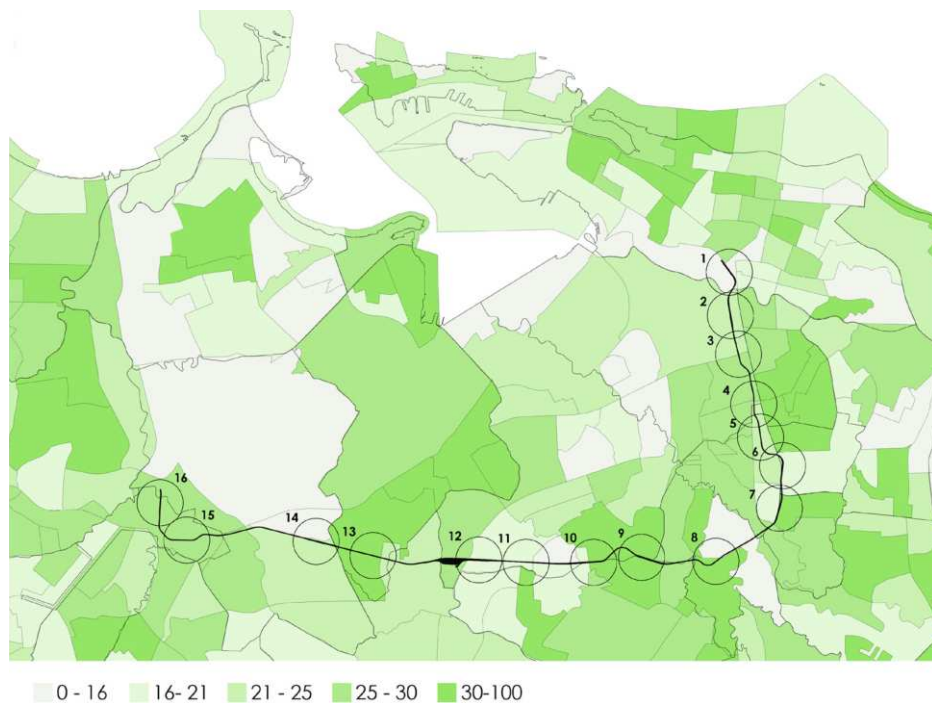
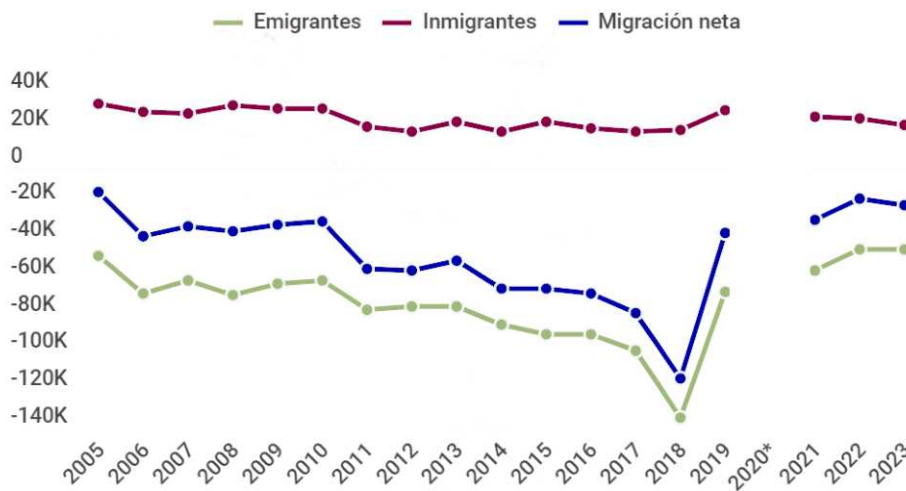


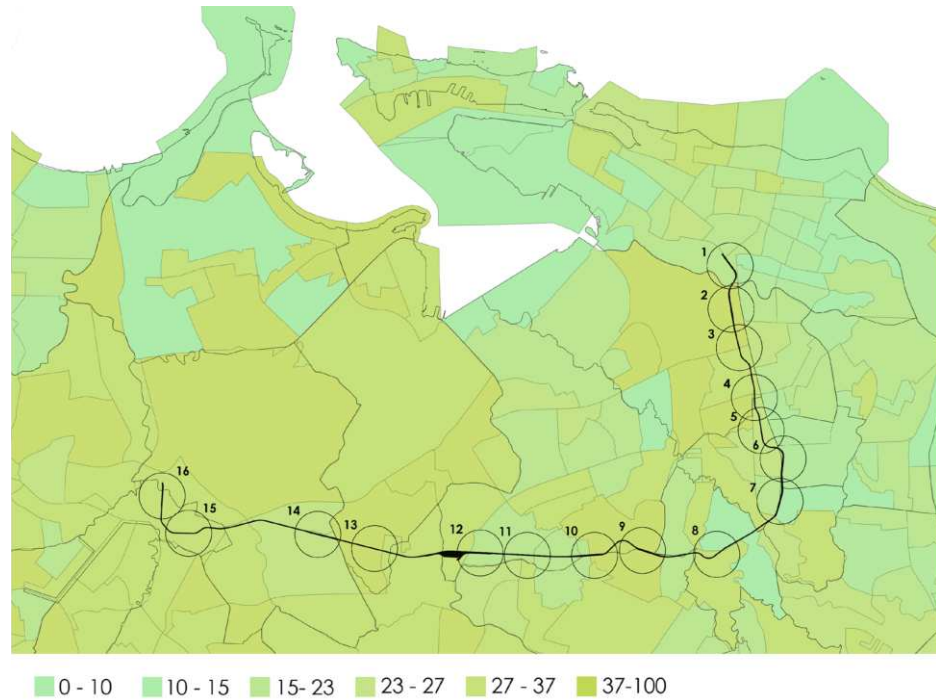
Fig.24 Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población de 65 o mayor, por distrito censal. Ver Anejo I.

Puerto Rico también recibe inmigración, en 2023, llegaron a la isla 23,588 personas. Mayoritariamente la inmigración proviene de su isla vecina, República Dominicana.



\*Estimados del año 2020 no disponibles.

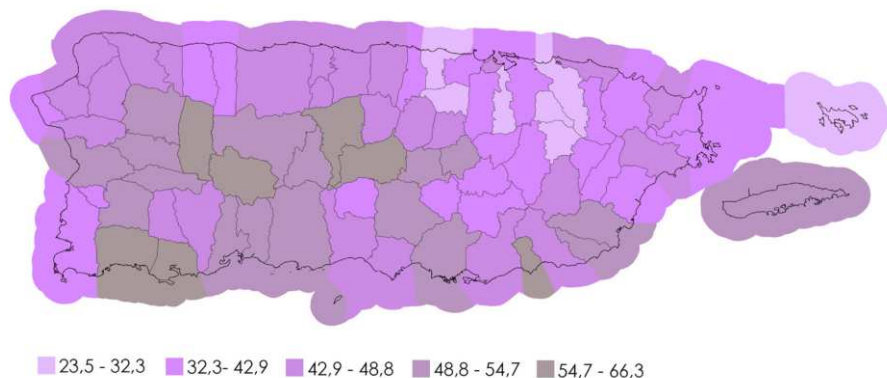
Fig.25 Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2023. Migración neta en Puerto Rico.



**Fig.26 Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población extranjera, por distrito censal. Ver Anejo I.**

A continuación, se realiza un análisis de los aspectos económicos de Puerto Rico. El porcentaje de la población de la isla cuyos ingresos se encuentran por debajo del umbral de la pobreza es de 42,2%, una cifra alta, especialmente si se compara con los Estados de Estados Unidos. Puerto Rico presenta el porcentaje más elevado, seguido por los estados de Mississippi y Louisiana, con un 19,2% y un 18,7%, respectivamente. Estos datos evidencian la gran disparidad económica que existe entre Puerto Rico y el resto de los Estados Unidos.

En cuanto a los municipios de la isla, Guaynabo tiene el porcentaje más bajo de pobreza, con un 25,1%, mientras que Guánica destaca por tener el porcentaje más alto, alcanzando una cifra de 66,3%. Entre los municipios por los que pasa el tren urbano, Guaynabo, como se menciona anteriormente, tiene el porcentaje más bajo, mientras que Bayamón presenta un 34,8% y San Juan un 39,5%.



**Fig.27 Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población empobrecida, por municipio. Ver Anejo I.**

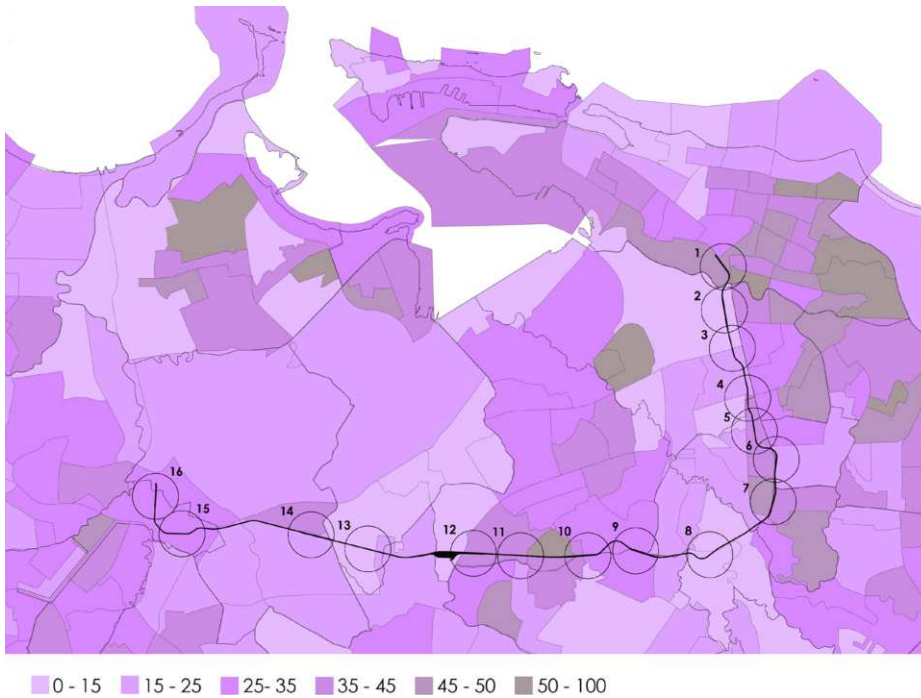


Fig.28 Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población empobrecida, por distrito censal. Ver Anejo I.

Dentro del contexto de la línea del tren, las estaciones que presentan mayores niveles de pobreza son la estación 1, la estación 7 y la estación 11. En la estación 1 encontramos barrios con un índice de pobreza de 76,2%, en la estación 7 hay zonas con un 69,7% y en la estación 11, un barrio muestra la alta cifra de 90,2%.

Generalmente, una mayor pobreza está asociada con un aumento en la inseguridad en una determinada área. En el plano que se presenta a continuación, recuperado de la página web del departamento de Policía de Puerto Rico, se puede observar que las zonas con mayores índices de pobreza son también aquellas que presentan un mayor número de delitos registrados. Las estaciones con mayor criminalidad son, la estación 1, la 7 y la 16, mientras que la estación 11 en comparación con las estaciones cercanas muestra también un número elevado de delitos.

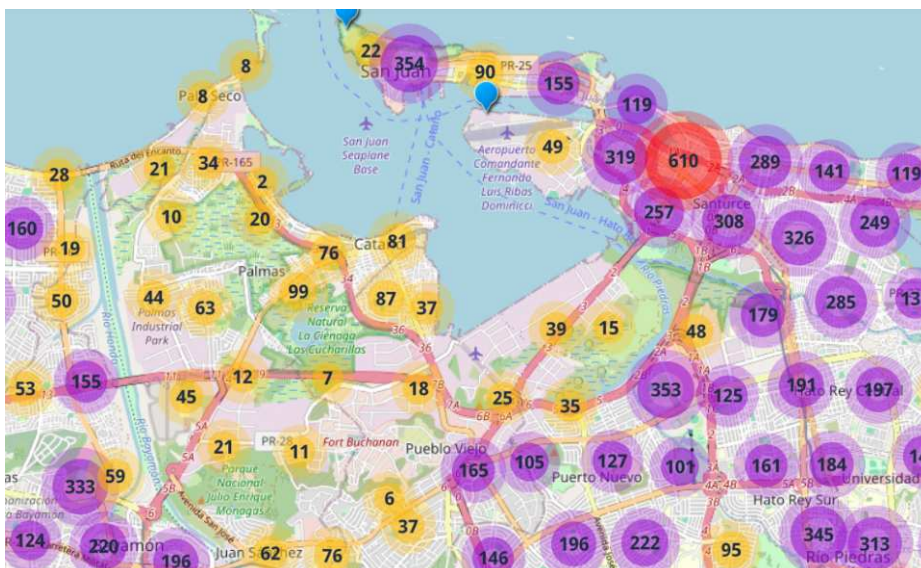
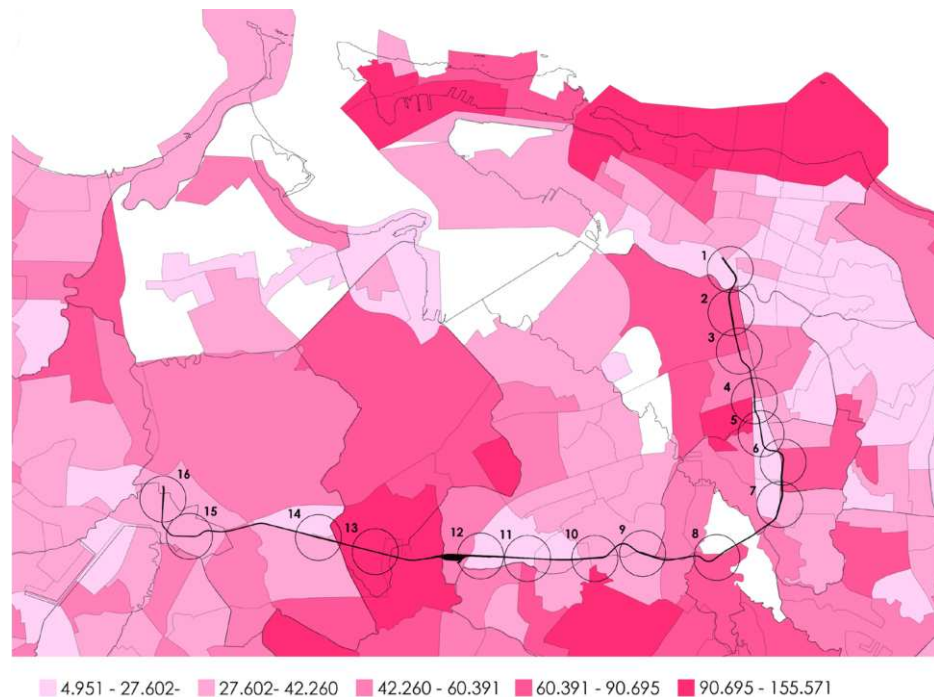


Fig.29 Policía de Puerto Rico, 2024. Incidencia criminal en San Juan.

Por otro lado, también se pretende identificar las zonas con una mejor situación económica en San Juan. Para ello se realiza un análisis de los ingresos medios por distritos censales. Según el mapa (ver Fig.30), la zona norte de la isla, que incluye áreas como el Viejo San Juan, Condado e Isla Verde, es la que presenta los mayores ingresos por persona. Esta área también coincide con las regiones más turísticas del área metropolitana, donde se encuentran la mayoría de los hoteles que alojan a los visitantes que llegan a la isla. La mayor cifra de ingresos medios anuales se registra en Condado, con un promedio de 154.667 dólares al año.

En el contexto de la línea del tren urbano, la estación 13 se encuentra rodeada por el área con los mayores ingresos medios anuales, con una cifra de 102.333 dólares por año. Por contra, la primera estación es la que, en sus alrededores, presenta los menores ingresos, con áreas que reciben un promedio de 23.202 dólares anuales.



Se aprende que existe una relación directa entre los bajos ingresos anuales y el porcentaje de personas que no disponen de coche en cada distrito censal. El valor más alto, 56,2%, se encuentra en el área de análisis de la undécima estación.

También relacionado con los ingresos y el transporte, se analizan: el empleo, el tiempo de llegada al trabajo y los medios de transporte utilizados para llegar al mismo. Por ejemplo, el porcentaje de población total en edad de trabajar en la isla es de 44,9% lo que equivale aproximadamente a 1.469.300 habitantes, de las 3.272.382 personas registradas en el censo de 2022. Sin embargo, el porcentaje de personas con empleo es de 38,8% lo que corresponde a aproximadamente 1.269.684 individuos. Esto deja un 6,1% de per-

sonas en edad de trabajar sin empleo, lo que se traduce en aproximadamente 199.616 habitantes que se encuentran en situación de desempleo.

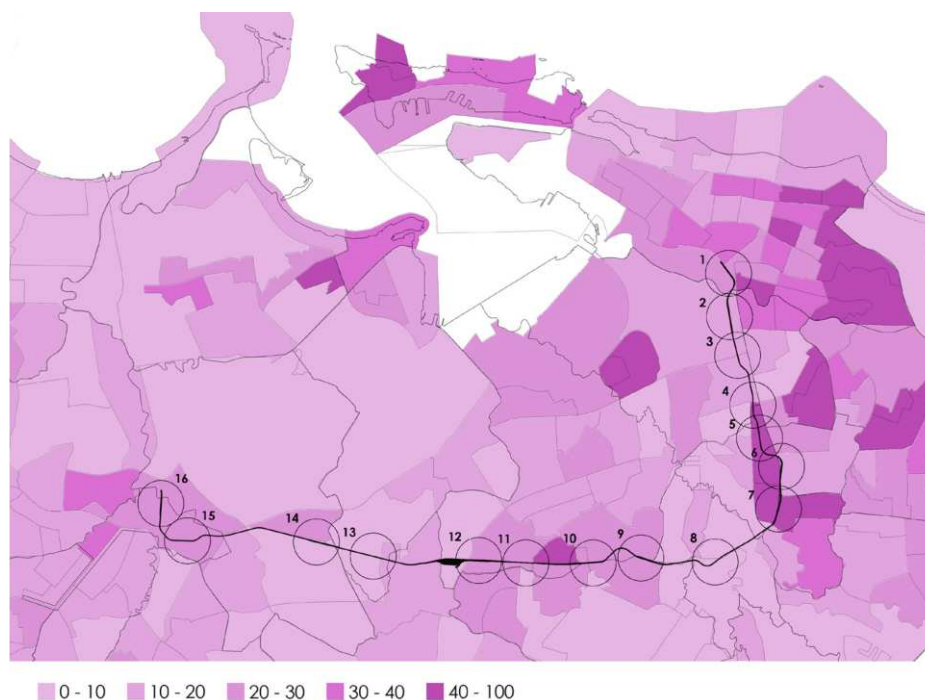


Fig.31 **Elaboración propia, 2024.** Porcentaje de personas que no disponen de vehículo privado, por distrito censal. Ver Anejo I.

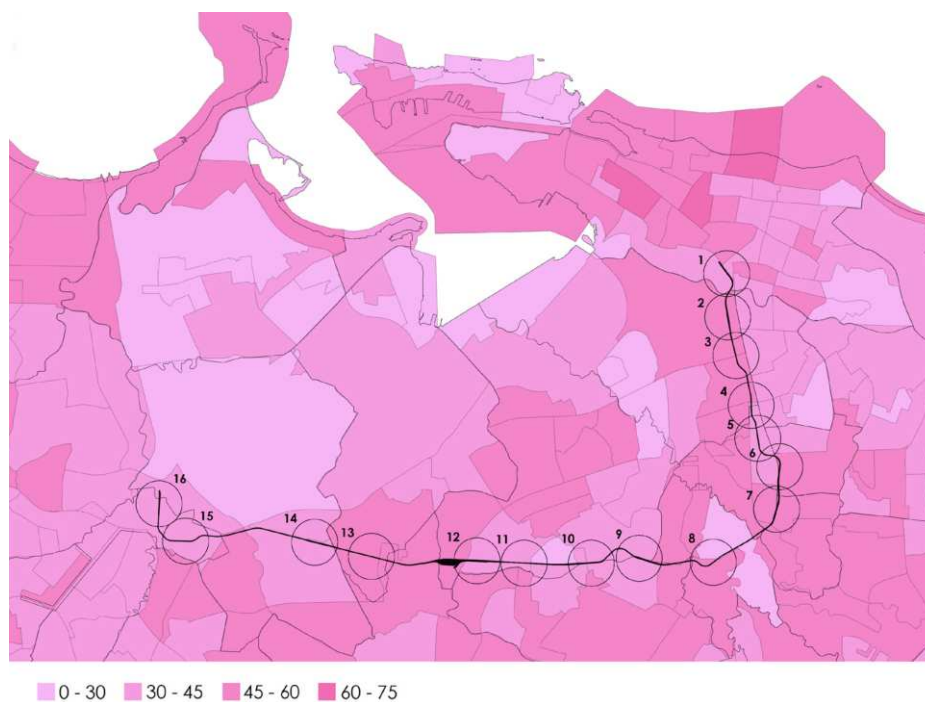
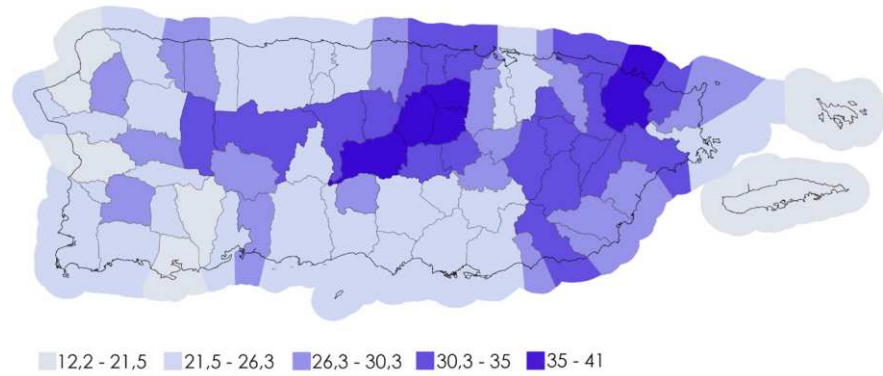


Fig.32 **Elaboración propia, 2024.** Porcentaje de población en situación de desempleo, por distrito censal. Ver Anejo I.

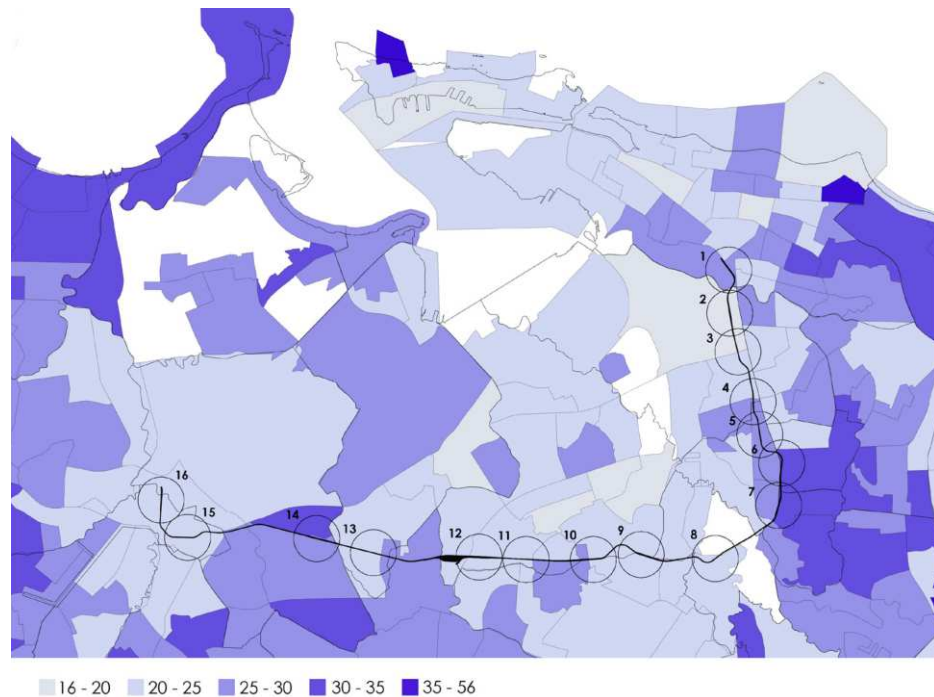
En cuanto al tiempo que las personas emplean en llegar a sus trabajos, la media general en la isla es de 28,6 minutos. Este tiempo varía dependiendo del municipio en el que reside cada persona. Los municipios que se encuentran alrededor de la zona metropolitana son aquellos donde se observan los mayores tiempos de desplazamiento, siendo Orocovis, según el mapa, el municipio con el tiempo de llegada más largo, con un promedio de 41 minutos.

Fig.33 **Elaboración propia, 2024.** Tiempo medio en desplazarse al trabajo, por municipio, expresado en minutos. Ver Anejo I.



En lo que respecta a las zonas servidas por la línea del tren urbano, destaca el área alrededor de la estación 7, en Río Piedras, que tiene un tiempo promedio de 32,7 minutos para llegar al lugar de trabajo.

Fig.34 **Elaboración propia, 2024.** Tiempo medio en desplazarse al trabajo, por distrito censal, expresado en minutos. Ver Anejo I.



A escala de Puerto Rico, ya se han mencionado los datos de los distintos medios de transporte usados para llegar al trabajo (ver Fig.16).

A escala de la línea de tren, observamos los siguientes cuatro planos. (ver Figs. 35, 36, 37 y 38). En ellos se puede observar que la estación 9 y 10 son las que tienen un mayor porcentaje de personas que van al trabajo en vehículo privado no compartido. Por contra, las estaciones 16, 15 y 14 presentan el mayor porcentaje de personas que acuden en vehículo privado compartido. a estación 7 es en la que mayor porcentaje de personas van en transporte público y la estación 6 la que mayor porcentaje de personas que caminan al trabajo.

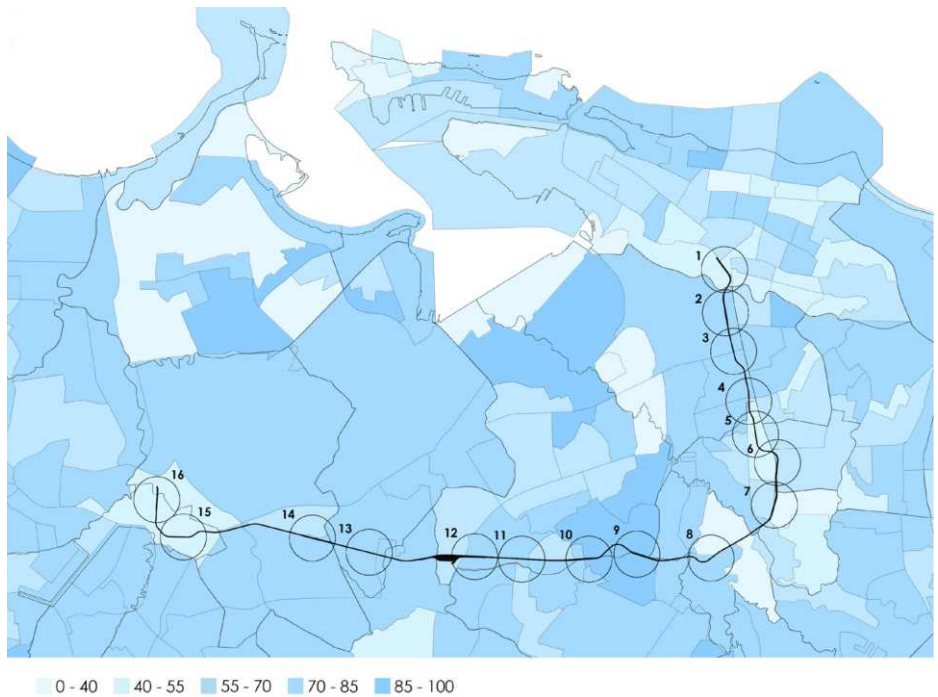


Fig.35 **Elaboración propia,** 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en vehículo privado no compartido, por distrito censal. Ver Anejo I.

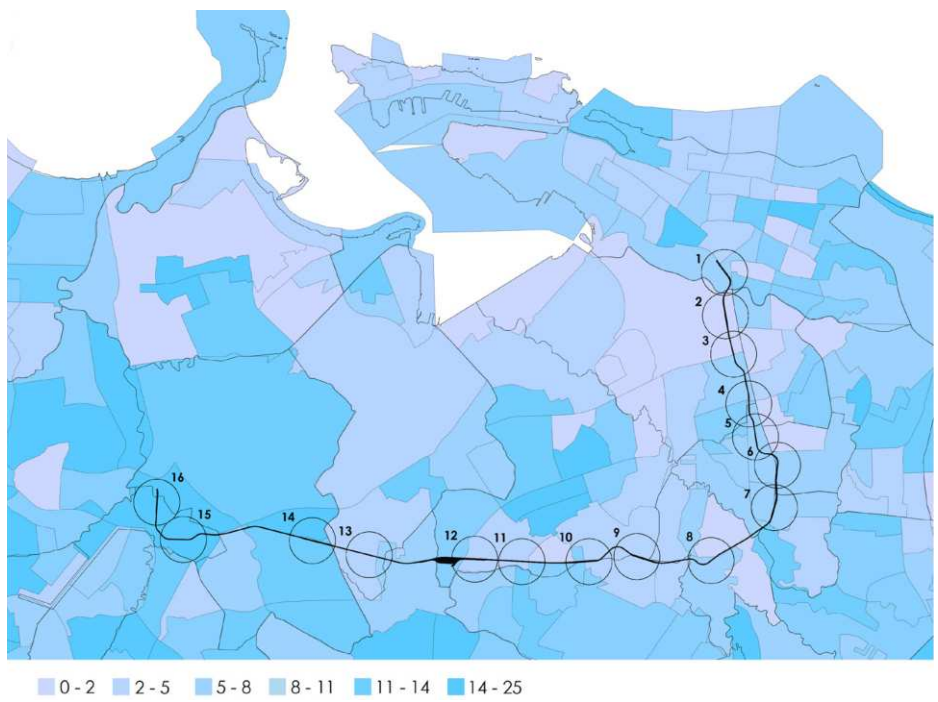


Fig.36 **Elaboración propia,** 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en vehículo privado compartido, por distrito censal. Ver Anejo I.

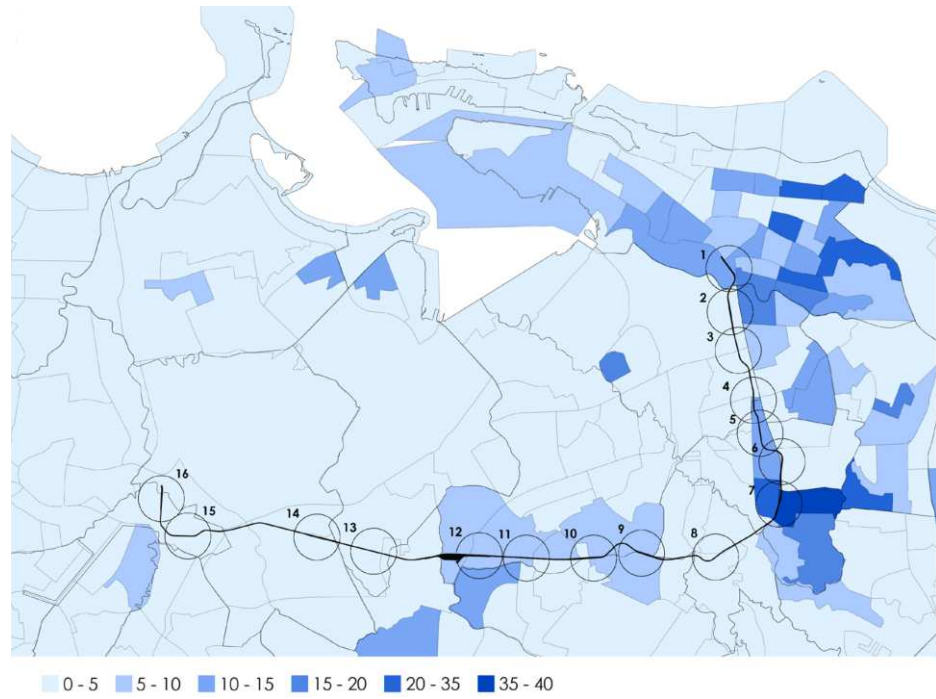


Fig.37 **Elaboración propia, 2024.** Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en transporte público, por distrito censal. Ver Anejo I.

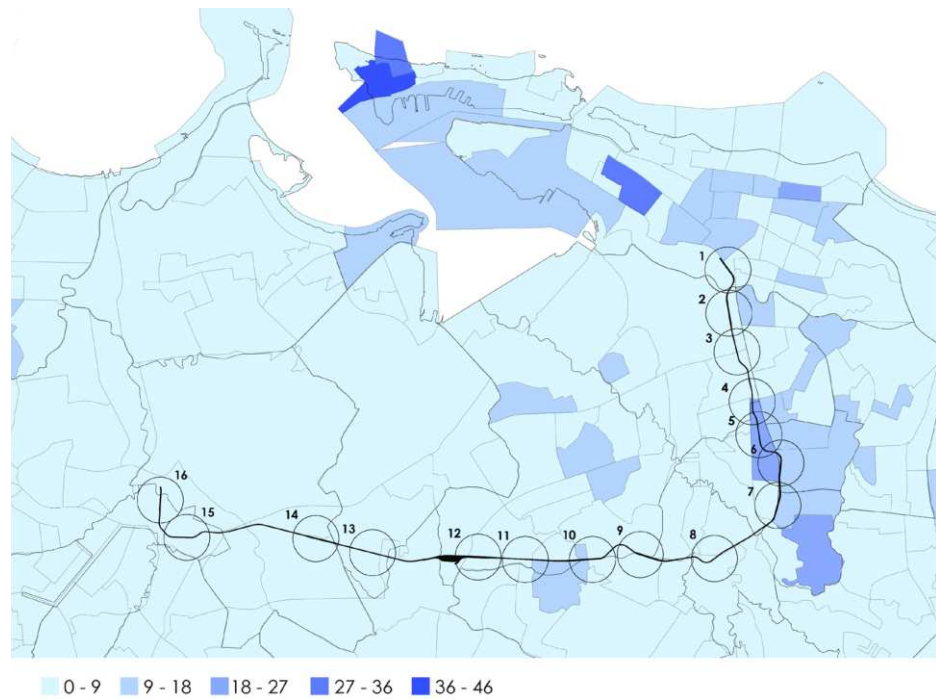


Fig.38 **Elaboración propia, 2024.** Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo andando, por distrito censal. Ver Anejo I.

Adicionalmente, para recalcar la dependencia y la orientación del diseño urbano hacia el automóvil, se comparan en el siguiente plano las superficies de suelo destinado a zonas verdes y las destinadas al aparcamiento.

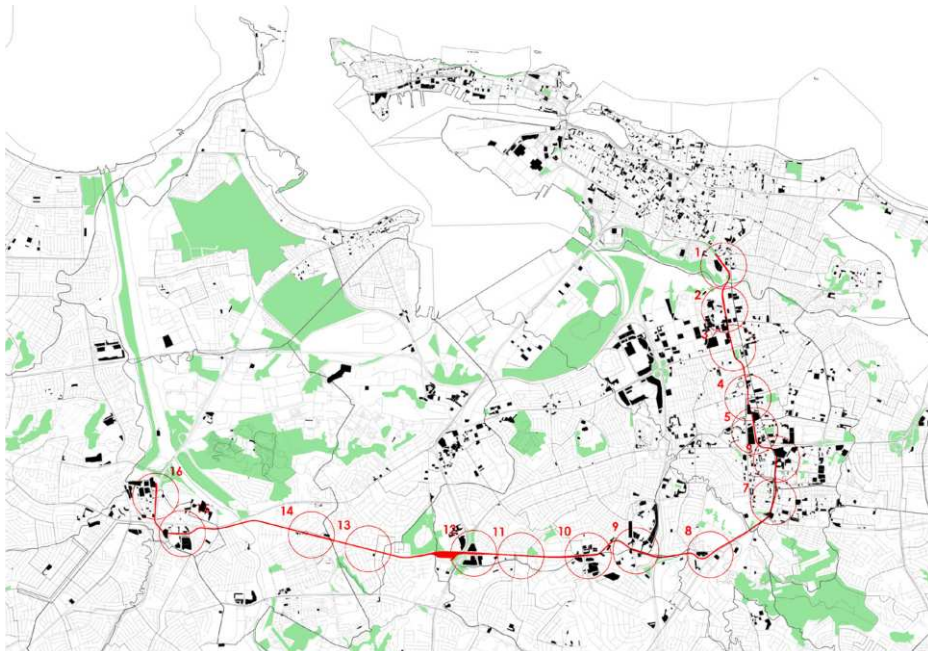


Fig.39 **Elaboración propia,** 2024. Plano de zonas verdes y aparcamientos de San Juan. Ver Anejo I.

Se han analizado también datos específicos relacionados con las viviendas. En el mapa que se presenta a continuación, se puede observar el número total de unidades habitacionales en las diferentes áreas. Las zonas cercanas a las estaciones 12 y 11 de la línea del tren urbano son las que presentan el mayor número de viviendas, con un total de 2.684 unidades registradas.

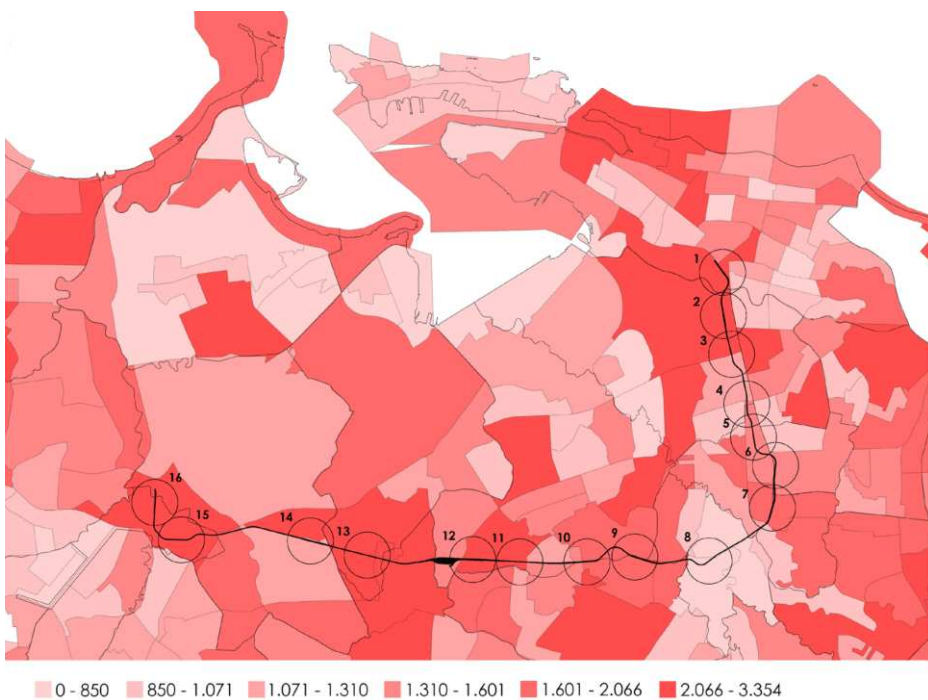


Fig.40 **Elaboración propia,** 2024. Número total de viviendas, por distrito censal. Ver Anejo I.

Además, se ha evaluado el porcentaje de viviendas deshabitadas en estas áreas. En el análisis se destaca que la estación 7 es la que presenta el valor más alto de viviendas vacías en toda la línea del tren, con un sorprendente 52,9%. Esto significa que más de la mitad de las viviendas en esta zona específica están desocupadas.

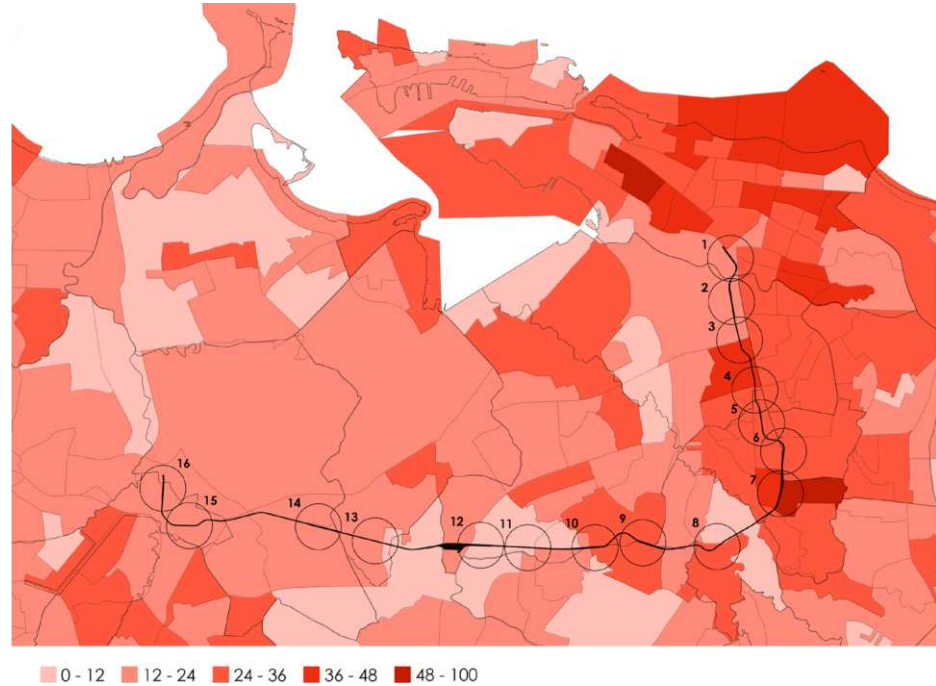


Fig.41 **Elaboración propia, 2024.** Porcentaje de viviendas sin habitar, por distrito censal. Ver Anejo I.

En cuanto al valor de las viviendas (ver Fig.42), los datos muestran que las propiedades más costosas se concentran en la zona norte, específicamente en áreas como el Viejo San Juan, Condado e Isla Verde, así como en el municipio de Guaynabo. En estas áreas, donde también se encuentra la estación 13 del tren urbano, los valores medios de las viviendas oscilan entre los 500.000 y los 875.000 dólares. En la zona de Guaynabo, asociada a la estación 13, el valor medio de las viviendas se encuentra en torno a los 460.000 dólares.

Por último, se ha analizado la ubicación de los caseríos o viviendas públicas en relación con la línea del tren urbano (ver Fig.43). Los caseríos, que son comunidades de viviendas subvencionadas por el gobierno, desempeñan un papel importante en la estructura social y económica de la isla. Estas viviendas suelen estar destinadas a personas y familias de bajos ingresos, y su distribución geográfica está diseñada para facilitar el acceso a servicios básicos, transporte y oportunidades laborales. Observamos que entre las estaciones 10 y 11 se encuentra ubicado un caserío, lo cual explica los elevados índices de pobreza registrados en esa área. Del mismo modo, se identifica otro caserío entre las estaciones 15 y 16.

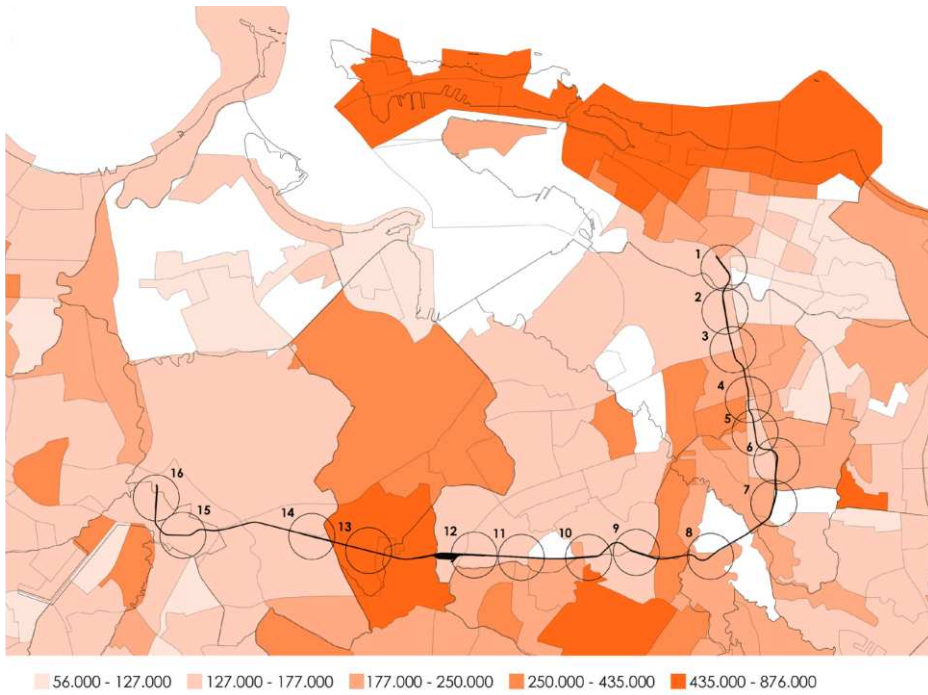


Fig.42 **Elaboración propia,** 2024. Valor medio de las viviendas en dólares, por distrito censal. Ver Anejo I.



Fig.43 **Elaboración propia,** 2024. Ubicación de los caseríos de San Juan. Ver Anejo I.

### **3. Metodología:**



### 3.1 Análisis general

A continuación, se detalla la metodología empleada en el trabajo para calcular el índice TOD de cada una de las estaciones analizadas, así como su clasificación en función de los resultados obtenidos.

#### ¿CÓMO MEDIR EL ÍNDICE TOD? SELECCIÓN Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS

Como se explica en el marco teórico, el índice TOD es un valor numérico que representa el grado en que un área implementa los principios fundamentales del modelo TOD. Los 5 principios básicos del modelo TOD, definidos por Cervero y conocidos como las “5Ds” son: Densidad, Diversidad, Diseño, accesibilidad al Destino y Distancia al transporte.<sup>1</sup>

1. Para más detalle ver capítulo 1, Marco Teórico.

Fig.1 Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en 5 estudios TOD y los seleccionados para el análisis en Puerto Rico.

Para analizar estos principios y obtener el índice TOD se miden distintos parámetros. Los cuales varían en función de la escala y objetivo de cada trabajo. En la siguiente tabla se incluyen los parámetros usados en cinco trabajos referencia. Estos se asignan al principio TOD al que hacen referencia. Además, se incluyen en la tabla los parámetros que se seleccionan para el caso de estudio: el Tren Urbano de San Juan de Puerto Rico.

		Adís Abeba, Etiopía	Arnhem Nimega, Países Bajos	Nueva York, EE. UU.	Singapur	Shanghái, China	San Juan, Puerto Rico
	Diámetro área (m)	800	800	800	500	500	800
	Nº estaciones	22	21	472	23	347	16
CRITERIO	Parámetros T.O.D.						
Densidad	Densidad poblacional	●	●	●		●	●
	Densidad comercial	●					
	Densidad oficinas		●	●		●	
Diversidad	Diversidad usos del suelo	●	●	●	●	●	●
	Tamaño bloques				●		
	Nº entradas y salidas en la estación			●		●	
Diseño	Densidad intersecciones	●	●	●	●	●	●
	Longitud vías peatonales	●	●		●	●	
	Áreas de captación peatonal con impedancia		●				
	Mezcla de usos del suelo	●	●	●	●	●	●
Accesibilidad al destino	Aparcamiento vehículos	●	●	●	●		
	Aparcamiento bicicletas	●	●	●		●	
	Áreas verdes	●			●		
Distancia al transporte	Conexión con otros modos de transporte		●				●
	Frecuencia de servicio		●			●	
	Intercambio a diferentes rutas del mismo transporte		●				
	Acceso a oportunidades en una distancia caminable desde la estación de tren		●				

Se han seleccionado cinco parámetros, cada uno correspondiente a uno de los cinco principios del modelo TOD. Estos parámetros se escogen considerando los objetivos específicos de este estudio, la frecuencia con que aparecen en trabajos similares analizados, el alcance de este trabajo y la disponibilidad de los datos necesarios.

A continuación, se presentan en una tabla los parámetros seleccionados, el principio TOD al que hacen referencia y las fuentes de información de las que se obtienen los datos necesarios para su medición.

<b>Criterio</b>	<b>Parámetros T.O.D.</b>	<b>Fuentes de obtención</b>
Densidad	Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	Censo U.S.A. 2020
Diversidad	Diversidad usos del suelo	Google Maps
Diseño	Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	Google Maps
Accesibilidad al destino	Mezcla de usos del suelo	Google Maps
Distancia al transporte	Conexión con otros modos de transporte	Autoridad de Transporte Integrado de P.R.

## OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS

Para el cálculo de los parámetros se define un círculo de influencia alrededor de cada estación de 800m de diámetro, distancia transitable a pie en 15 minutos y similar a la considerada en otros estudios TOD (ver Fig.1). Dentro de esta área de influencia, se miden en planta cada uno de los usos considerados para el cálculo de los parámetros. Con esta información se elaboran: un plano general que incluye los usos en las 16 estaciones y una tabla de superficies, organizadas por usos y estación.

A continuación, se desarrolla la obtención de cada parámetro.

### **Parámetro 1: Densidad poblacional**

Se calcula dividiendo el número de habitantes del área entre la superficie de esta.

Sus unidades son habitantes/Km<sup>2</sup>

### **Parámetro 2: Diversidad de usos del suelo**

La diversidad de uso del suelo evalúa el grado de diversidad espacial examinando la distribución de diferentes tipos de uso del suelo dentro del área a analizar. Se emplea un método entrópico<sup>2</sup> para calcular la diversidad de usos del suelo. Como se muestra en la fórmula, cuanto mayor sea el resultado (más cercano a 1) mayor será la diversidad de estos usos.

*Fig.2 Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en este trabajo y las fuentes de las que se obtiene los datos.*

<sup>2</sup> **Método entrópico** : procedimiento para calcular de forma objetiva el peso de cada uno de los criterios.

Como se muestra en la fórmula, cuanto mayor sea el resultado (más cercano a 1) mayor será la diversidad de estos usos.

$$LU_d(i) = \frac{-\sum_i Q_{lu_i} \times \ln(Q_{lu_i})}{\ln(n)}$$

Donde:

$$Q_{lu_i} = \frac{S_{lu_i}}{S_i}$$

$LU_d(i)$  = Diversidad usos del suelo del análisis i

$Q_{lu_i}$  = Participación de un uso específico del suelo dentro del área de análisis i

$S_{lu_i}$  = Área de un uso específico del suelo dentro del análisis

$S_i$  = Área total del análisis

### Parámetro 3: Densidad de intersecciones

Este parámetro mide la cantidad de intersecciones por kilómetro cuadrado. Una mayor densidad de intersecciones facilita y fomenta el desplazamiento a pie, proporcionando más opciones para acortar las rutas y una mayor seguridad frente al tráfico rodado.

### Parámetro 4: Mezcla de usos del suelo

El propósito de este parámetro es evaluar la adecuación del área para facilitar la movilidad a pie y en bicicleta. A diferencia del indicador de diversidad de uso del suelo, este se enfoca específicamente en la combinación entre el uso residencial y otros tipos de uso del suelo. Una integración equilibrada de usos residenciales con otros, permite que una mayor cantidad de viajes puedan realizarse caminando o en bicicleta.

Para medir esta mezcla de usos, se emplea la siguiente fórmula desarrollada por Zhang y Guindon.<sup>3</sup>

$$MI_{(i)} = \frac{\sum_{ni} S_c}{\sum_{ni} (S_c + S_r)} \forall i \text{ a}$$

Donde:

$MI(i)$  = Mezcla usos del suelo del análisis i

$S_c$  = Superficies de usos que no sean residencial

$S_r$  = Superficie de uso residencial

Los resultados de este indicador varían entre 0 y 1, donde un valor de 1 indica la ausencia de uso residencial, mientras que un valor de 0,5 representa la condición óptima: una mezcla equilibrada entre usos residenciales y otros tipos de uso del suelo.

3. Fórmulas obtenidas de: Anwar, A.; Leng, H.; Ashraf, H.; Haider, A. *Measuring the Transit Oriented Development (TOD) Levels of Pakistani Megacities for TOD*, 2024

### Parámetro 5: Conexión con otros modos de transporte

Este parámetro analiza el número de modos de transporte público disponibles en el área.

Un sistema de transporte público de alta calidad ofrece acceso a una amplia variedad de destinos y facilita la interconexión entre diferentes modalidades de transporte.

Para calcular los parámetros que requieren el uso de fórmulas se emplea una plantilla de elaboración propia en el programa Excel.

ESTACIÓN 1		
Usos	%	$Q_{lu} * \ln(Q_{lu})$
residencial	10,68	-0,239
comercial	3,86	-0,126
oficinas	1,12	-0,050
equipamientos	2,36	-0,088
zonas verdes	17,23	-0,303
parking	7,72	-0,198
resto	57	-0,320
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,6804</b>	
<b>U N R</b>	32,28	
<b>UR</b>	10,68	
<b>Mi</b>	<b>0,7515</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>3.167,6030</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. ln.</b>	<b>61,6670</b>	31
<b>Con. T.</b>	<b>6</b>	Líneas: 3,9,10,35,36,45

Fig.3 Elaboración propia, 2024. Ejemplo cálculo parámetros Estación 1.

### OBTENCIÓN DE LOS ÍNDICES TOD, CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES Y SELECCIÓN DE LOS CASOS CON MEJOR PUNTUACIÓN

Tras obtener el valor de los cinco parámetros, se recopilan los datos en una tabla que incluye a todas las estaciones. cada una de las estaciones. Además, se elaboran cinco planos que complementan el análisis, donde se utiliza un código de colores para visualizar de manera comparativa los resultados obtenidos por cada estación en los distintos parámetros.

Una vez obtenidos los resultados de cada parámetro para las 16 estaciones, se procede a calcular el índice TOD para cada una. Este índice es un valor numérico que oscila entre 0 y 1, donde un valor de 1 indica un mayor índice TOD y, por ende, una mejor implementación de los principios del modelo TOD en el área analizada.

El cálculo del índice TOD se realiza mediante la media aritmética de los valores estandarizados de los parámetros evaluados para cada estación. En este estudio se ha considerado que los cinco principios del modelo TOD tienen la misma importancia. Por ello, como hay un parámetro asignado a cada principio, todos los parámetros tienen el mismo peso en el cálculo del promedio.

Para estandarizar los valores de los parámetros a una escala de 0 a 1, se aplican diferentes métodos dependiendo de cada parámetro:

#### **Estandarización del parámetro 1: Densidad poblacional.**

- Se identifica el valor mínimo y máximo entre las densidades poblacionales obtenidas.
- Al valor mínimo se le asigna el valor 0, a el máximo 1, y los demás valores se interpolan proporcionalmente dentro de este rango.

#### **Estandarización del parámetro 2: Diversidad de usos del suelo.**

- Los valores de este parámetro ya están disponibles en una escala estandarizada de 0 a 1, por lo que no se requiere ajuste adicional.

#### **Estandarización del parámetro 3: Densidad de intersecciones.**

- Se identifica el valor mínimo y máximo entre las densidades de intersecciones.
- El mínimo se ajusta a 0, el máximo a 1, y los demás valores se interpolan proporcionalmente dentro del rango.

#### **Estandarización del parámetro 4: Mezcla de usos del suelo.**

- Este parámetro tiene valores originales entre 0 y 1, pero el óptimo es 0,5.
- Se reasignan los valores de forma que 0,5 corresponda a 1 (óptimo), mientras que los valores más alejados de 0,5 (tanto hacia 0 como hacia 1) se ajustan para acercarse a 0. Para ello en cada valor se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Valor estandarizado} = 1 - 2 \times |\text{Valor sin estandarizar} - 0,5|$$

#### **Estandarización del parámetro 5: Conexión con otros modos de transporte.**

- Se identifica el valor mínimo y máximo entre las conexiones de cada área con otros modos de transporte.
- El mínimo se ajusta a 0, el máximo a 1, y los demás valores se interpolan proporcionalmente dentro del rango.

Para llevar a cabo estas estandarizaciones de forma sistemática, se utiliza una plantilla en el programa Excel de elaboración propia.

Una vez que se han estandarizado todos los parámetros de cada estación, se calcula la media aritmética de estos valores para obtener el índice TOD de cada estación. Se elabora también un diagrama radial para cada estación, que muestra el resultado estandarizado obtenido en cada parámetro.

Con los índices TOD calculados, las estaciones se ordenan según su puntuación, lo que permite identificar las estaciones con mayor implementación de principios TOD. Se elabora un plano para representar de manera espacial los resultados.

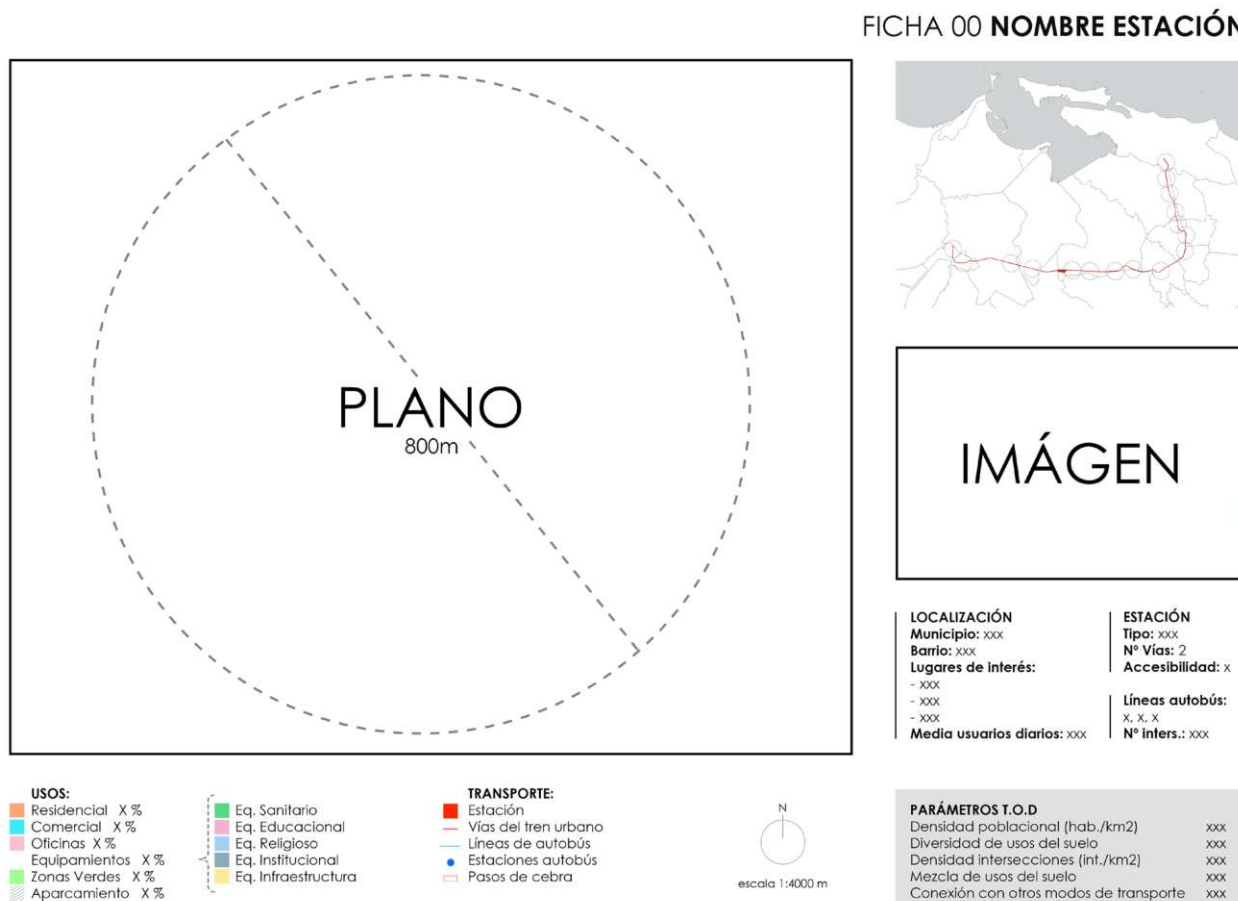
A partir de esta clasificación, se seleccionan las tres estaciones con los índices TOD más altos para llevar a cabo un análisis más detallado, el cual se desarrolla en el apartado 4.2.

### FICHAS COMPARATIVAS

Se elaboran un total de 16 fichas, una para cada estación, con el objetivo de recoger información relevante y facilitar la comparación entre ellas. En cada ficha se incluyen datos específicos de cada estación, los valores obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados y un plano del área de análisis en torno a la estación, un diámetro de 800 metros. En este plano se representan los usos de suelo, las intersecciones y las paradas de autobuses públicos presentes en dicha zona.

Se adjunta a continuación un modelo de ficha en blanco, donde se detalla la información que se añade y su colocación.

Fig.4 Elaboración propia, 2024. Modelo ficha



## 3.2 Análisis pormenorizado:

El objetivo principal del análisis pormenorizado es establecer una relación entre el análisis de contexto (incluyendo aspectos demográficos, económicos y sociales) y el análisis basado en los principios del modelo TOD. Además, se analiza de forma detallada otros aspectos específicos que complementan esta evaluación integral. De este modo, se busca generar un análisis que sirva como base para la toma de decisiones o la implementación de soluciones en el futuro.

Esta relación y análisis se llevan a cabo mediante la aplicación de la herramienta de análisis DAFO, la cual permite identificar y estructurar los factores clave que influyen en el desarrollo y potencial de cada estación.

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una herramienta estratégica utilizada para evaluar la situación de un proyecto. Su propósito principal es identificar y clasificar los factores internos y externos que influyen positiva o negativamente en lo que se busca analizar.

Este tipo de análisis se presenta comúnmente en forma de una tabla dividida en cuatro cuadrantes, donde se organizan los elementos en función de si son factores internos o externos y si tienen un impacto favorable o desfavorable. Los factores internos incluyen las Fortalezas y Debilidades, que representan las características propias del objeto de estudio. Por otro lado, los factores externos comprenden las Oportunidades y Amenazas, los cuales son elementos del entorno que pueden influir positiva o negativamente.

	Positivos	Negativos
Internos	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Externos	OPORTUNIDADES	AMENAZAS

Fig.1 Elaboración propia,  
2024. Modelo tabla DAFO

En la Figura 1 vemos el modelo de la tabla DAFO y a continuación, se detalla que información del análisis del trabajo corresponde a cada cuadrante.

**Fortalezas:** se incluyen resultados positivos obtenidos a través del análisis TOD + otras características positivas que son intrínsecas y propias del área de análisis.

**Debilidades:** se incluyen resultados negativos obtenidos a través del análisis TOD + otras características negativas que son intrínsecas y propias del área de análisis.

**Oportunidades:** se incluyen resultados positivos obtenidos a través del análisis del contexto de la línea + otras características positivas del entorno

**Amenazas:** se incluyen resultados negativos obtenidos a través del análisis del contexto de la línea + otras características negativas del entorno

Además, las tres áreas seleccionadas se representan en un formato tridimensional, lo que permite visualizar y comprender de manera más precisa la estructura espacial de cada zona. Este enfoque facilita la identificación de características clave de manera visual. Por ejemplo, si las áreas están mayoritariamente compuestas por viviendas unifamiliares o existen edificios de mayor altura. En estos mapas, además de la disposición espacial, se incorpora información adicional a lo ya incluido en el análisis TOD. Los crímenes registrados durante el año 2024, representados en rojo. Los puntos de luz, es decir, las farolas, marcadas con rectángulos amarillos, para evaluar el nivel de iluminación en cada área e indagar en su posible relación con la seguridad. También se marcan los árboles mediante triángulos verdes.

Dado el alcance del trabajo, este análisis detallado se realiza exclusivamente en las tres estaciones con los índices TOD más altos de la línea. Estas estaciones representan aquellas con el mayor potencial para implementar los principios del modelo TOD.

## **4. Aplicación del TOD:**



## 4.1 Análisis general

### OBTENCIÓN DE DATOS Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS

En este primer apartado del capítulo, se recopila la información necesaria para calcular cada uno de los cinco parámetros en las 16 estaciones estudiadas y se detallan los procedimientos y resultados.

#### Parámetro 1: Densidad poblacional

La densidad poblacional se determina dividiendo la población de la zona de análisis entre su superficie.

Los datos de población: se obtienen del censo de USA 2022.

Superficie de la zona de análisis: se calcula utilizando la fórmula del área de un círculo, siendo el diámetro determinado de 800m. Esto resulta en un área de 502654,83 m<sup>2</sup>, equivalente a 0,5027 km<sup>2</sup>.

Sus unidades son habitantes/km<sup>2</sup>

#### Parámetro 2: Diversidad de usos del suelo

Se calcula con la fórmula:

$$LU_d(i) = \frac{-\sum_i Q_{lu_i} \times \ln(Q_{lu_i})}{\ln(n)}$$

Donde:

$$Q_{lu_i} = \frac{S_{lu_i}}{S_i}$$

LU<sub>d</sub>(i) = Diversidad usos del suelo del análisis i

Q<sub>lu<sub>i</sub></sub> = Participación de un uso específico del suelo dentro del área de análisis i

S<sub>lu<sub>i</sub></sub> = Área de un uso específico del suelo dentro del análisis

S<sub>i</sub> = Área total del análisis

Dado que en Puerto Rico no existe una base de datos detallada en GIS con esta información y que el plano de la Junta de Calificación no ofrece el nivel de detalle suficiente, las superficies de los distintos usos del suelo se obtuvieron mediante Google Maps. Para ello, se creó un archivo en el programa Rhinoceros<sup>1</sup> que incorpora todos los usos y se calculó sus respectivas superficies.

1. **Rhinoceros:** software de diseño asistido por ordenador (CAD)

Los usos del suelo se han clasificado en: residencial, comercial, oficinas, total equipamientos (compuesto por equipamiento educacional, equipamiento institucional, equipamiento infraestructura, equipamiento religioso y equipamiento sanitario), zonas verdes y aparcamiento.

A continuación, se presentan las superficies correspondientes a los diferentes usos del suelo obtenidas para cada estación, junto con el porcentaje que representan respecto al área total de análisis de cada estación.

Fig.1 Elaboración propia, 2024. Tabla de superficies, usos del suelo en las 16 estaciones.

ESTACIONES	Residencial	Comercial	Oficinas	Eq. Educacional	Eq. institucional
	<b>1. Sagrado Corazón</b>	53.671,401 10,678	19.393,966 3,858	5.625,049 1,119	1.934,461 0,385
<b>2. Hato Rey</b>	36.385,507 7,239	29.716,989 5,912	26.226,100 5,218	6.797,067 1,352	21.925,646 4,362
<b>3. Roosevelt</b>	30.030,560 5,974	33.468,139 6,658	41.109,448 8,178	12.240,203 2,435	0,000 0,000
<b>4. Domenech</b>	82.646,794 16,442	54.331,779 10,809	12.603,061 2,507	3.856,352 0,767	14.390,581 2,863
<b>5. Piñero</b>	40.787,715 8,114	26.310,290 5,234	4.359,287 0,867	1.575,492 0,313	22.371,568 4,451
<b>6. Universidad</b>	31.437,115 6,254	9.062,603 1,803	1.106,808 0,220	48.643,425 9,677	0,000 0,000
<b>7. Río Piedras</b>	107.480,451 21,383	45.426,253 9,037	2.339,598 0,465	23.068,638 4,589	5.840,720 1,162
<b>8. Cupey</b>	17.328,094 3,447	44.086,295 8,771	0,000 0,000	11.823,934 2,352	49.001,091 9,748
<b>9. Centro Médico</b>	15.397,648 3,063	2.115,130 0,421	2.730,283 0,543	0,000 0,000	19.060,744 3,792
<b>10. San Francisco</b>	32.681,162 6,502	25.107,518 4,995	2.193,322 0,436	1.089,011 0,217	24.985,729 4,971
<b>11. Las Lomas</b>	120.038,578 23,881	10.380,421 2,065	3.458,600 0,688	8.341,098 1,659	0,000 0,000
<b>12. Martínez Nadal</b>	52.567,261 10,458	15.232,240 3,030	3.700,729 0,736	0,000 0,000	7.056,451 1,404
<b>13. Torrimar</b>	138.051,648 27,465	6.144,128 1,222	838,742 0,167	3.391,283 0,675	616,211 0,123
<b>14. Jardines</b>	105.776,739 21,044	7.556,107 1,503	557,368 0,111	3.382,531 0,673	0,000 0,000
<b>15. Deportivo</b>	48.485,236 9,646	54.914,256 10,925	3.909,231 0,778	269,078 0,054	21.146,363 4,207
<b>16. Bayamón</b>	55.269,254 10,995	36.961,124 7,353	5.058,264 1,006	2.886,317 0,574	3.564,172 0,709

La obtención de las superficies de cada uso del suelo ha sido la tarea más laboriosa de este estudio. Este proceso es necesario para calcular tanto el parámetro 2, diversidad de usos del suelo, como el parámetro 4, mezcla de usos del suelo.

**USOS DEL SUELO**

Eq. Infraestructura	Eq. religioso	Eq. sanitario	Total equipamientos	Zonas verdes	Aparcamiento	
2.803,125	793,649	292,606	11.841,898	86.613,238	38.797,628	m2
0,558	0,158	0,058	2,356	17,231	7,719	%
0,000	2.073,001	0,000	30.795,714	33.001,112	107.174,711	m2
0,000	0,412	0,000	6,127	6,565	21,322	%
0,000	8.568,142	3.672,061	24.480,406	58.045,535	96.290,942	m2
0,000	1,705	0,731	4,870	11,548	19,156	%
1.294,098	1.629,822	4.561,053	25.731,906	26.327,550	72.903,047	m2
0,257	0,324	0,907	5,119	5,238	14,504	%
0,000	1.113,121	16.111,964	41.172,146	32.925,234	113.980,971	m2
0,000	0,221	3,205	8,191	6,550	22,676	%
0,000	2.691,676	13.955,553	65.290,653	74.861,170	110.647,085	m2
0,000	0,535	2,776	12,989	14,893	22,013	%
0,000	2.238,633	2.769,358	33.917,350	42.366,901	63.335,711	m2
0,000	0,445	0,551	6,748	8,429	12,600	%
0,000	370,733	0,000	61.195,757	162.619,359	28.283,818	m2
0,000	0,074	0,000	12,175	32,352	5,627	%
0,000	0,000	75.363,490	94.424,233	46.336,420	68.019,961	m2
0,000	0,000	14,993	18,785	9,218	13,532	%
10.125,014	0,000	47.960,622	84.160,376	37.793,251	78.915,093	m2
2,014	0,000	9,541	16,743	7,519	15,700	%
0,000	4.536,893	4.781,952	17.659,943	48.702,277	7.558,500	m2
0,000	0,903	0,951	3,513	9,689	1,504	%
0,000	1.220,376	10.195,759	18.472,586	147.600,952	74.009,610	m2
0,000	0,243	2,028	3,675	29,364	14,724	%
0,000	707,699	533,191	5.248,384	89.000,902	1.408,429	m2
0,000	0,141	0,106	1,044	17,706	0,280	%
0,000	2.133,866	533,366	6.049,763	128.811,798	10.054,823	m2
0,000	0,425	0,106	1,204	25,626	2,000	%
0,000	11.788,061	17.296,288	50.499,789	67.465,311	61.684,322	m2
0,000	2,345	3,441	10,047	13,422	12,272	%
0,000	2.321,338	3.466,677	12.238,503	72.609,611	98.266,635	m2
0,000	0,462	0,690	2,435	14,445	19,550	%

Adicionalmente, se incluye un plano general que muestra los usos en las áreas de influencia de todas las estaciones.

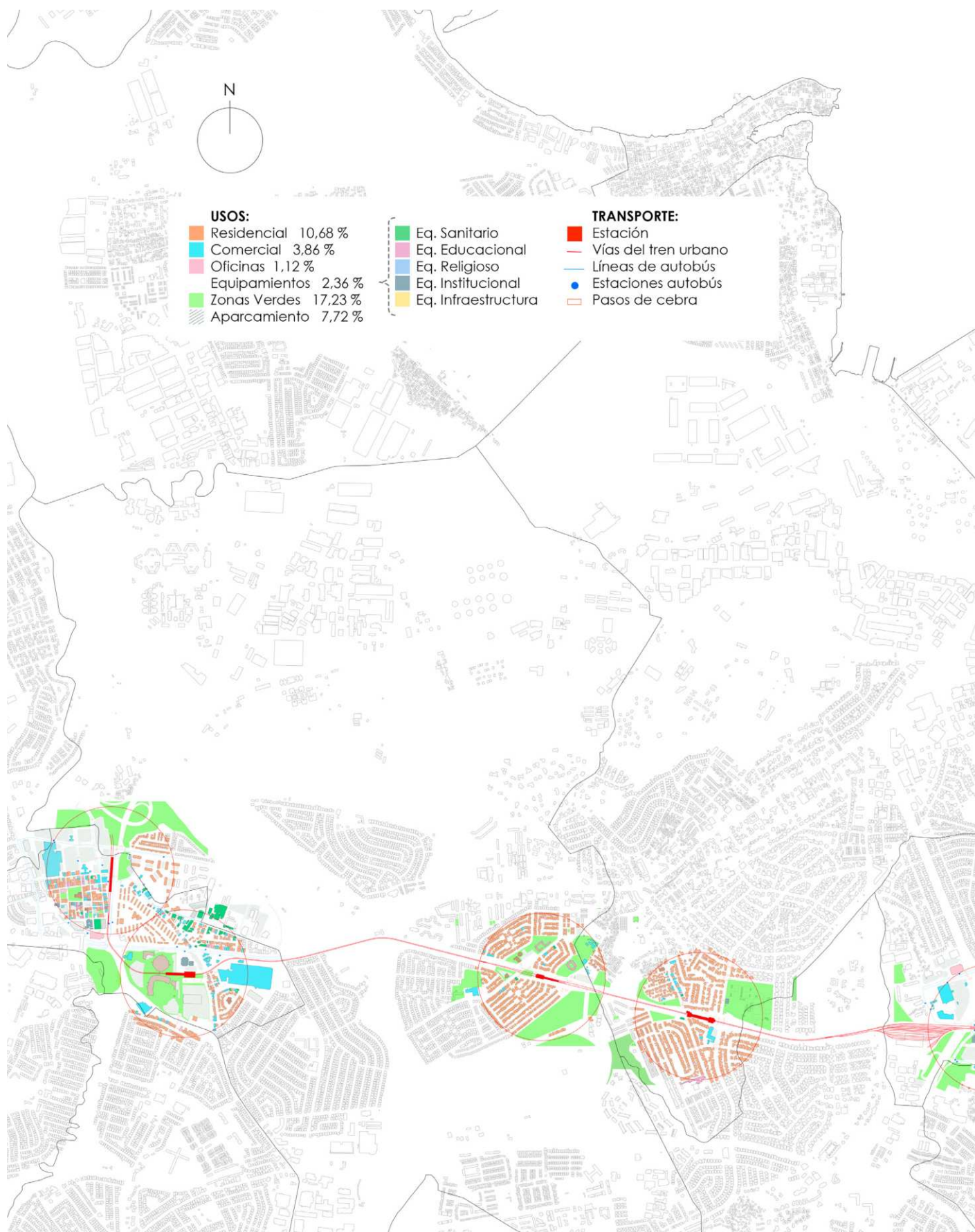
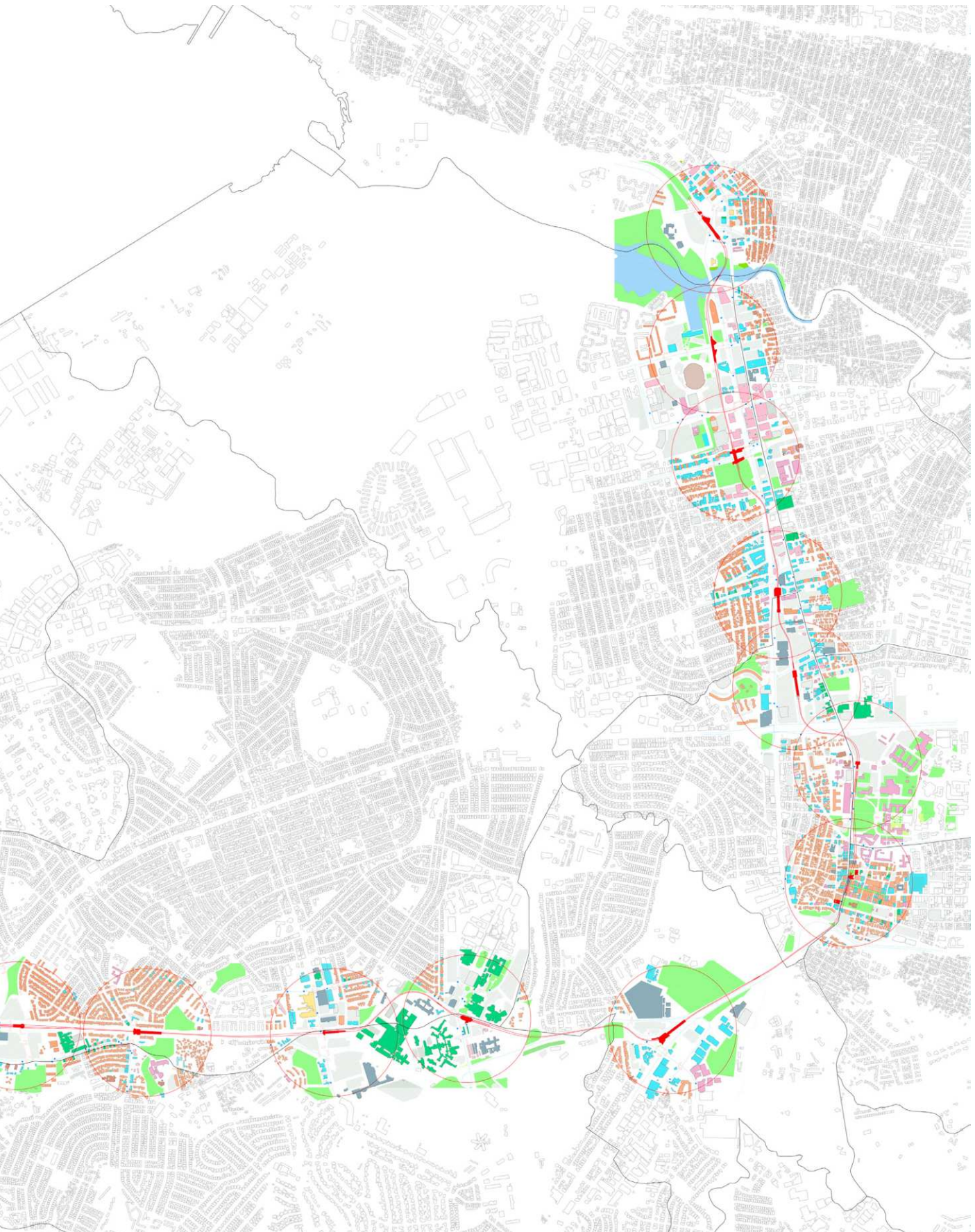


Fig.2 Elaboración propia,  
2024. Plano general usos  
del suelo. Ver Anejo I.



### Parámetro 3: Densidad de intersecciones

La densidad de intersecciones se calcula dividiendo el número de intersecciones dentro de la zona de análisis entre el área total de dicha zona.

Para obtener el número de intersecciones en las zonas de análisis se ha utilizado Google Maps.

La superficie de la zona de análisis como se describe en el parámetro 1, es de 502654,83m<sup>2</sup> que equivale a 0,5027 km<sup>2</sup>.

### Parámetro 4: Mezcla de usos del suelo

Se calcula con la formula:

$$MI_{(i)} = \frac{\sum_{ni} S_c}{\sum_{ni} (S_c + S_r)} \forall i a$$

Donde:

MI(i) = Mezcla usos del suelo del análisis i

S<sub>c</sub> = Superficies de usos que no sean residencial

S<sub>r</sub> = Superficie de uso residencial

Se han utilizado las superficies previamente definidas en el parámetro 2. (Ver Fig.1). Para calcular la superficies de uso no residencial se suman las superficies de usos comercial, oficinas, equipamientos, zonas verdes y aparcamiento.

### Parámetro 5: Conexión con otros modos de transporte

Este parámetro evalúa el número de posibles conexiones con otros modos de transporte público disponibles en el área de análisis. La información se obtuvo de la página web de la Autoridad de Transporte Integrado de Puerto Rico.

A continuación, se muestra para cada estación una tabla con la información recopilada y los 5 parámetros obtenidos.

## ESTACIÓN 1

Usos	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	10,68	-0,239
comercial	3,86	-0,126
oficinas	1,12	-0,050
equipamientos	2,36	-0,088
zonas verdes	17,23	-0,303
parking	7,72	-0,198
resto	57	-0,320
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,6804</b>	
<b>U N R</b>	32,28	
<b>UR</b>	10,68	
<b>Mi</b>	<b>0,7515</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>3.167,6030</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>61,6670</b>	31
<b>Con. T.</b>	<b>6</b>	Líneas: 3,9,10,35,36,45

## ESTACIÓN 2

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	7,24	-0,190
comercial	5,91	-0,167
oficinas	5,22	-0,154
dotacional	6,13	-0,171
espacio público	6,57	-0,179
parking	21,32	-0,330
resto	48	-0,353
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,7935</b>	
<b>U N R</b>	45,14	
<b>UR</b>	7,24	
<b>Mi</b>	<b>0,8618</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>1.828,9943</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>55,6992</b>	28
<b>Con. T.</b>	<b>6</b>	Líneas: 1,4,15,21,22

## ESTACIÓN 3

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	5,97	-0,168
comercial	6,66	-0,180
oficinas	8,18	-0,205
dotacional	4,87	-0,147
espacio público	11,55	-0,249
parking	19,16	-0,317
resto	44	-0,362
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,8368</b>	
<b>U N R</b>	50,41	
<b>UR</b>	5,97	
<b>Mi</b>	<b>0,8940</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>2.287,5653</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>45,7529</b>	23
<b>Con. T.</b>	<b>3</b>	Líneas: 1,2,4

## ESTACIÓN 4

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	16,44	-0,297
comercial	10,81	-0,240
oficinas	2,51	-0,092
dotacional	5,12	-0,152
espacio público	5,24	-0,154
parking	14,50	-0,280
resto	45	-0,359
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,8094</b>	
<b>U N R</b>	38,18	
<b>UR</b>	16,44	
<b>Mi</b>	<b>0,6990</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>3.261,6570</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>39,7852</b>	20
<b>Con. T.</b>	<b>3</b>	Líneas: 1,4,17

## ESTACIÓN 5

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	8,11	-0,204
comercial	5,23	-0,154
oficinas	0,87	-0,041
dotacional	8,19	-0,205
espacio público	6,55	-0,179
parking	22,68	-0,336
resto	48	-0,351
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,7558</b>	
<b>U N R</b>	43,52	
<b>UR</b>	8,11	
<b>Mi</b>	<b>0,8428</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>2.174,4380</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>29,8389</b>	15
<b>Con. T.</b>	<b>4</b>	Líneas: 1,4,17,41

## ESTACIÓN 6

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	6,25	-0,173
comercial	1,80	-0,072
oficinas	0,22	-0,013
dotacional	12,99	-0,265
espacio público	14,89	-0,284
parking	22,01	-0,333
resto	42	-0,365
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,7738</b>	
<b>U N R</b>	51,92	
<b>UR</b>	6,25	
<b>Mi</b>	<b>0,8925</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>2.092,2750</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>41,7744</b>	21
<b>Con. T.</b>	<b>6</b>	Líneas: 1,4,7,8,26,41

ESTACIÓN 7		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	21,38	-0,330
comercial	9,04	-0,217
oficinas	0,47	-0,025
dotacional	6,75	-0,182
espacio público	8,43	-0,208
parking	12,60	-0,261
resto	41	-0,365
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,8164</b>	
<b>UNR</b>	37,28	
<b>UR</b>	21,38	
<b>Mi</b>	<b>0,6355</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>3.743,2800</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>186,9903</b>	94
<b>Con. T.</b>	<b>2</b>	Líneas: 1,7

ESTACIÓN 8		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	3,45	-0,116
comercial	8,77	-0,213
oficinas	0,00	0,000
dotacional	12,17	-0,256
espacio público	32,35	-0,365
parking	5,63	-0,162
resto	38	-0,368
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,7609</b>	
<b>UNR</b>	58,92	
<b>UR</b>	3,45	
<b>Mi</b>	<b>0,9447</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>385,3664</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>25,8604</b>	13
<b>Con. T.</b>	<b>6</b>	Líneas: 7,9,15,17,18,31

ESTACIÓN 9		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	3,06	-0,107
comercial	0,42	-0,023
oficinas	0,54	0,000
dotacional	18,79	-0,314
espacio público	9,22	-0,220
parking	13,53	-0,271
resto	54	-0,331
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,6503</b>	
<b>UNR</b>	42,50	
<b>UR</b>	3,06	
<b>Mi</b>	<b>0,9328</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>633,1525</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>21,8818</b>	11
<b>Con. T.</b>	<b>2</b>	Líneas: 17,19

ESTACIÓN 10		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	6,50	-0,178
comercial	4,99	-0,150
oficinas	0,44	0,000
dotacional	16,74	-0,299
espacio público	7,52	-0,195
parking	15,70	-0,291
resto	48	-0,352
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,7523</b>	
<b>UNR</b>	45,39	
<b>UR</b>	6,50	
<b>Mi</b>	<b>0,8747</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>949,7280</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>47,7422</b>	24
<b>Con. T.</b>	<b>2</b>	Líneas: 17,31

ESTACIÓN 11		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	23,88	-0,342
comercial	2,07	-0,080
oficinas	0,69	0,000
dotacional	3,51	-0,118
espacio público	9,69	-0,226
parking	1,50	-0,063
resto	59	-0,313
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,5868</b>	
<b>UNR</b>	17,46	
<b>UR</b>	23,88	
<b>Mi</b>	<b>0,4223</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>4.860,3426</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>67,6348</b>	34
<b>Con. T.</b>	<b>1</b>	Línea: 27

ESTACIÓN 12		
USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	10,46	-0,236
comercial	3,03	-0,106
oficinas	0,74	0,000
dotacional	3,68	-0,121
espacio público	29,36	-0,360
parking	14,72	-0,282
resto	38	-0,368
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUD</b>	<b>0,7570</b>	
<b>UNR</b>	51,53	
<b>UR</b>	10,46	
<b>Mi</b>	<b>0,8313</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>1.620,1140</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>89,5166</b>	45
<b>Con. T.</b>	<b>3</b>	Líneas: 8,19,27

## ESTACIÓN 13

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	27,46	-0,355
comercial	1,22	-0,054
oficinas	0,17	0,000
dotacional	1,04	-0,048
espacio público	17,71	-0,307
parking	0,28	-0,016
resto	52	-0,340
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,5751</b>	
<b>U N R</b>	20,42	
<b>UR</b>	27,46	
<b>Mi</b>	<b>0,4264</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>2.602,8500</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>45,7529</b>	23
<b>Con. T.</b>	<b>0</b>	

## ESTACIÓN 14

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	21,04	-0,328
comercial	1,50	-0,063
oficinas	0,11	0,000
dotacional	1,20	-0,053
espacio público	25,63	-0,349
parking	2,00	-0,078
resto	49	-0,351
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,6282</b>	
<b>U N R</b>	30,44	
<b>UR</b>	21,04	
<b>Mi</b>	<b>0,5913</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>1.735,2364</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>23,8711</b>	12
<b>Con. T.</b>	<b>0</b>	

## ESTACIÓN 15

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	9,65	-0,226
comercial	10,92	-0,242
oficinas	0,78	0,000
dotacional	10,05	-0,231
espacio público	13,42	-0,270
parking	12,27	-0,257
resto	43	-0,363
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,8163</b>	6741,40
<b>U N R</b>	47,44	0,3861
<b>UR</b>	9,65	2602,85454
<b>Mi</b>	<b>0,8310</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>1.038,7800</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>23,8711</b>	12
<b>Con. T.</b>	<b>1</b>	Línea: 2

## ESTACIÓN 16

USOS	%	Qlu*ln(Qlu)
residencial	11,00	-0,243
comercial	7,35	-0,192
oficinas	1,01	0,000
dotacional	2,43	-0,090
espacio público	14,45	-0,279
parking	19,55	-0,319
resto	44	-0,361
<b>Nº USOS</b>	7	
<b>LUd</b>	<b>0,7629</b>	
<b>U N R</b>	44,79	
<b>UR</b>	11,00	
<b>Mi</b>	<b>0,8029</b>	
<b>Dens. P.</b>	<b>2.077,5700</b>	Nº intersecciones
<b>Dens. In.</b>	<b>61,6670</b>	31
<b>Con. T.</b>	<b>5</b>	Líneas: 2,20,37,91,92

## OBTENCIÓN DE LOS ÍNDICES TOD, CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES Y SELECCIÓN DE LOS CASOS CON MEJOR PUNTAJACIÓN

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para las 16 estaciones analizadas, correspondientes a cada uno de los cinco parámetros.

Fig.4 Elaboración propia, 2024. Parámetros de las 16 estaciones, sin estandarizar.

	1 Dens. P.	2 Lud	3 Dens. In.	4 Mi	6 Con. T.
1. Sagrado Corazón	3.167,6030	0,6804	61,6670	0,7515	6,0000
2.Hato Rey	1.828,9943	0,7935	55,6992	0,8618	6,0000
3.Roosevelt	2.287,5653	0,8368	45,7529	0,8940	3,0000
4.Domenech	3.261,6570	0,8094	39,7852	0,6990	3,0000
5.Piñero	2.174,4380	0,7558	29,8389	0,8428	4,0000
6.Universidad	2.092,2750	0,7738	41,7744	0,8925	6,0000
7.Río Piedras	3.743,2800	0,8164	186,9903	0,6355	2,0000
8.Cupey	385,3664	0,7609	25,8604	0,9447	6,0000
9.Centro Médico	633,1525	0,6503	21,8818	0,9328	2,0000
10.San Francisco	949,7280	0,7523	47,7422	0,8747	2,0000
11. Las Lomas	4.860,3426	0,5868	67,6348	0,4223	1,0000
12.Martínez Nadal	1.620,1140	0,6503	89,5166	0,8313	3,0000
13.Torrimar	2.602,8500	0,5751	45,7529	0,4264	0,0000
14.Jardines	1.735,2364	0,6282	23,8711	0,5913	0,0000
15.Deportivo	1.038,7800	0,8163	23,8711	0,8310	1,0000
16.Bayamón	2.077,5700	0,7629	61,6670	0,8029	5,0000

Además, se han elaborado planos específicos para cada parámetro, los cuales reflejan visualmente la información recopilada y permiten una comparación clara entre los mismos.

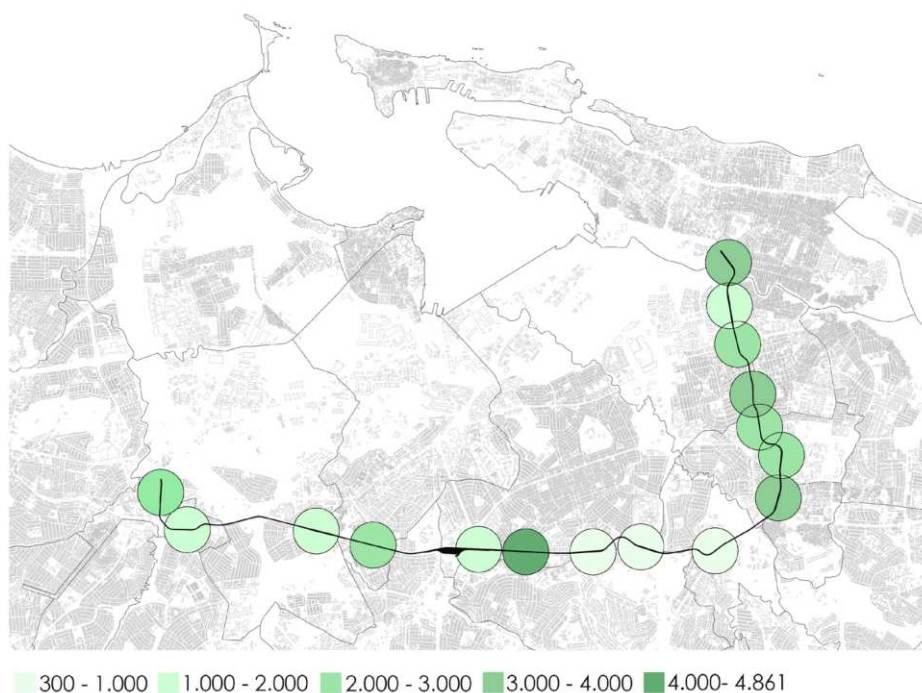


Fig.5 Elaboración propia, 2024. Parámetro 1, densidad poblacional. Unidades: habitantes/km<sup>2</sup>.

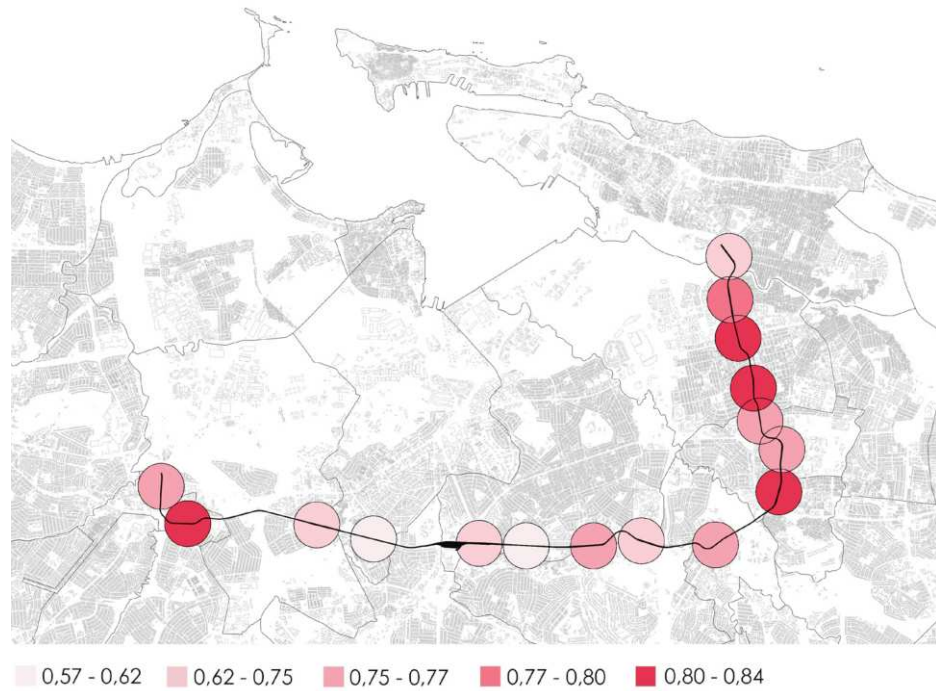


Fig.6 Elaboración propia, 2024. Parámetro 2, diversidad de usos del suelo.

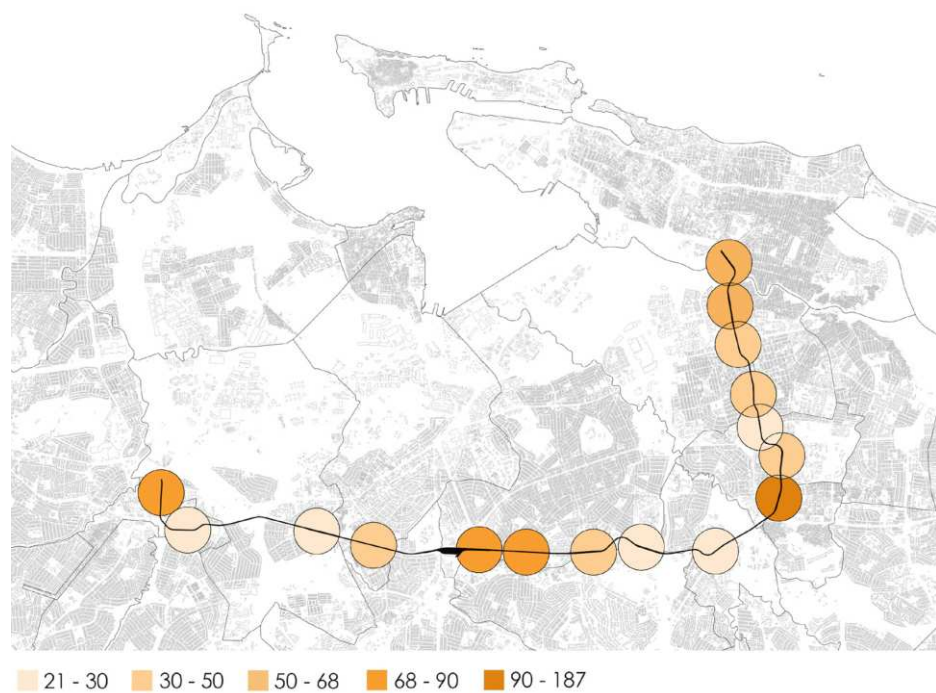


Fig.7 Elaboración propia, 2024. Parámetro 3, densidad de intersecciones. Unidades: intersecciones/km<sup>2</sup>.

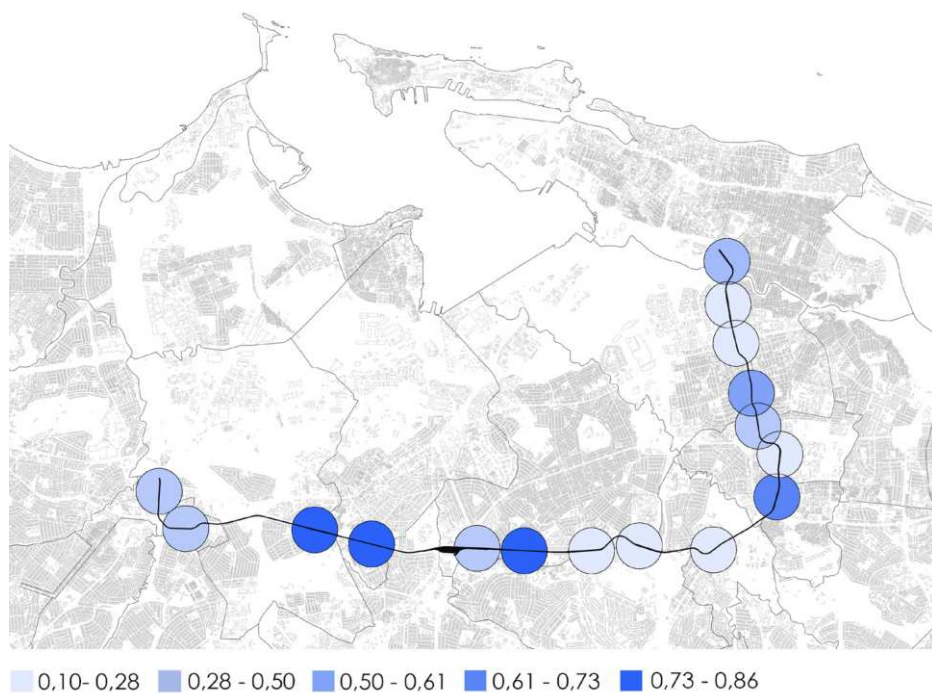


Fig.8 Elaboración propia, 2024. Parámetro 4, mezcla de usos del suelo. Este parámetro se representa estandarizado para facilitar su comprensión.



Fig.9 Elaboración propia, 2024. Parámetro 5, conexión con otros modos de transporte. Unidades: nº de conexiones.

Para obtener el índice TOD se estandarizan los resultados, la estandarización de cada parámetro se explica en el capítulo de metodología.

Una vez están estandarizados, se calcula el índice TOD de cada estación, lo que permite clasificarlas.

	1 Dens. P.	2 Lud	3 Dens. In.	4 Mi	6 Con. T.	TOD
1. Sagrado Corazón	0,6217	0,6804	0,2410	0,4971	1,0000	0,60803467
2.Hato Rey	0,3226	0,7935	0,2048	0,2764	1,0000	0,51945783
3.Roosevelt	0,4251	0,8368	0,1446	0,2119	0,5000	0,4236819
4.Domenech	0,6427	0,8094	0,1084	0,6021	0,5000	0,5325207
5.Piñero	0,3998	0,7558	0,0482	0,3143	0,6667	0,43694735
6.Universidad	0,3814	0,7738	0,1205	0,2150	1,0000	0,49814386
7.Río Piedras	0,7504	0,8164	1,0000	0,7290	0,3333	0,72582631
8.Cupey	0,0000	0,7609	0,0241	0,1105	1,0000	0,37911512
9.Centro Médico	0,0554	0,6503	0,0000	0,1345	0,3333	0,23468773
10.San Francisco	0,1261	0,7523	0,1566	0,2506	0,3333	0,32378793
11. Las Lomas	1,0000	0,5868	0,2771	0,8447	0,1667	0,57505615
12.Martínez Nadal	0,2759	0,6503	0,4096	0,3374	0,5000	0,43465038
13.Torrimar	0,4955	0,5751	0,1446	0,8529	0,0000	0,41361123
14.Jardines	0,3016	0,6282	0,0120	0,8174	0,0000	0,35185659
15.Deportivo	0,1460	0,8163	0,0120	0,3379	0,1667	0,29578367
16.Bayamón	0,3781	0,7629	0,2410	0,3942	0,8333	0,52191252

Fig.10 **Elaboración propia,** 2024. *Parámetros de las 16 estaciones, estandarizados e índice TOD.*

Estación	TOD
7.Río Piedras	0,7258
1. Sagrado Corazón	0,6080
11. Las Lomas	0,5751
4.Domenech	0,5325
16.Bayamón	0,5219
2.Hato Rey	0,5195
6.Universidad	0,4981
5.Piñero	0,4369
12.Martínez Nadal	0,4347
3.Roosevelt	0,4237
13.Torrimar	0,4136
8.Cupey	0,3791
14.Jardines	0,3519
10.San Francisco	0,3238
15.Deportivo	0,2958
9.Centro Médico	0,2347

Fig.11 **Elaboración propia,** 2024. *Clasificación de las estaciones según su índice TOD.*

La clasificación se representa en el siguiente plano:



Fig.12 Elaboración propia, 2024. Plano general de la línea, índice TOD.

Además, se elabora también un diagrama radial para cada estación, que muestra el resultado estandarizado obtenido en cada parámetro.

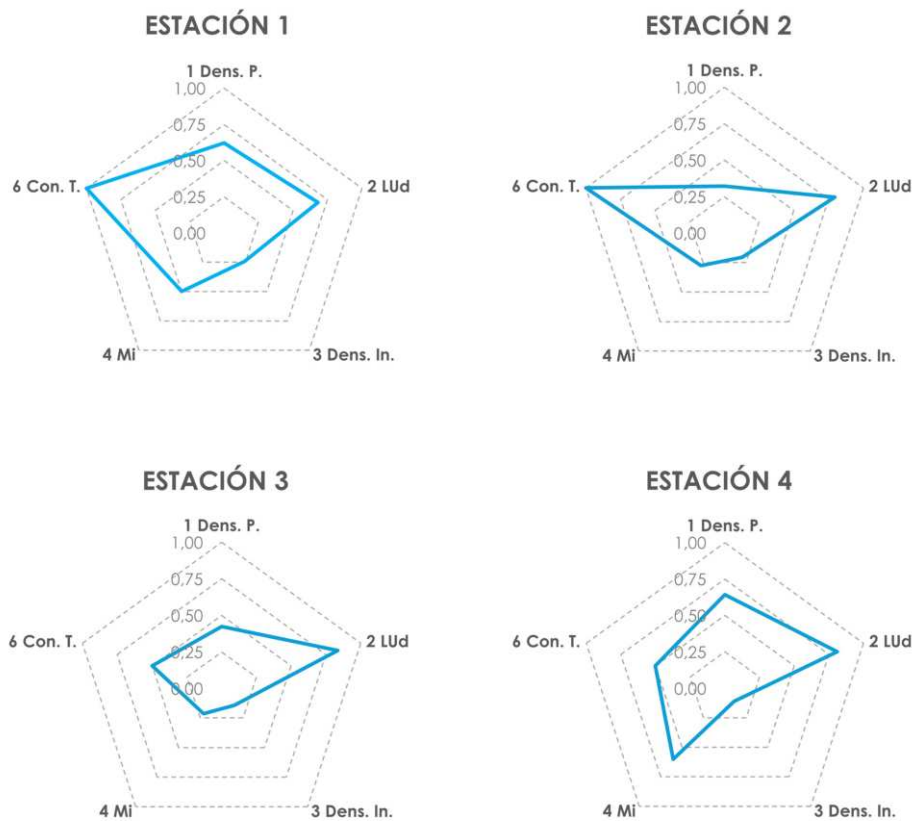
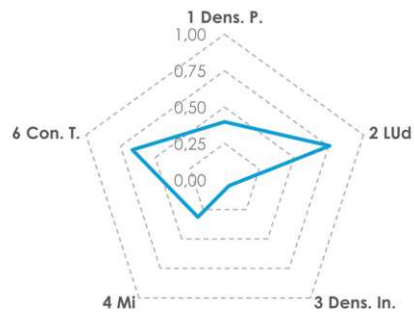
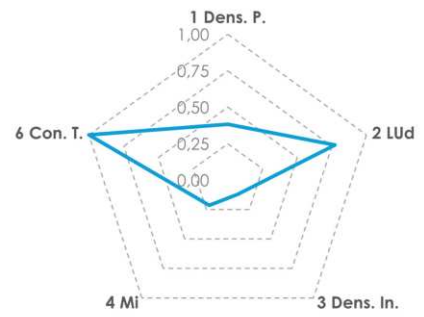


Fig.13 Elaboración propia, 2024. Diagramas radiales de los 5 parámetros estandarizados para cada estación.

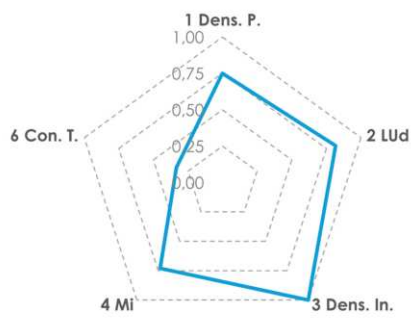
**ESTACIÓN 5**



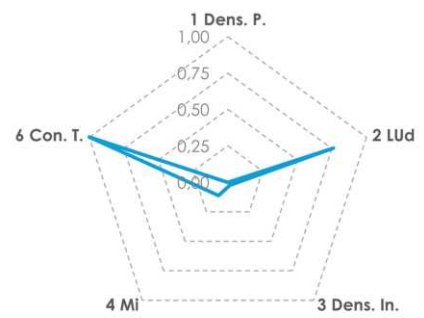
**ESTACIÓN 6**



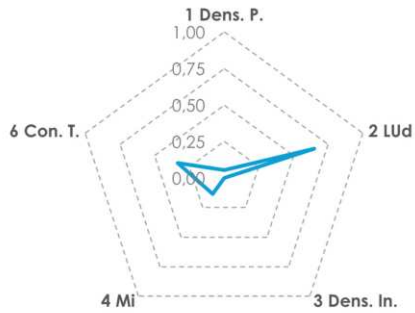
**ESTACIÓN 7**



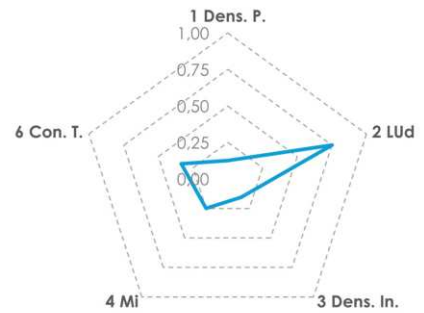
**ESTACIÓN 8**



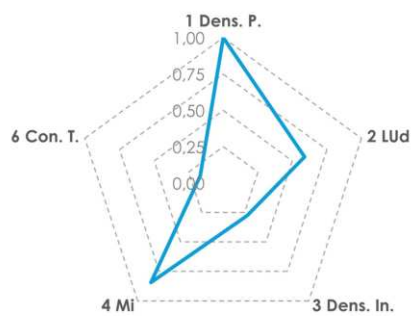
**ESTACIÓN 9**



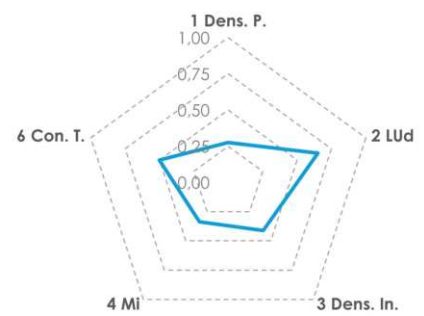
**ESTACIÓN 10**

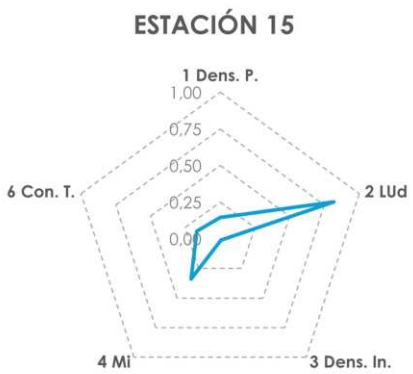
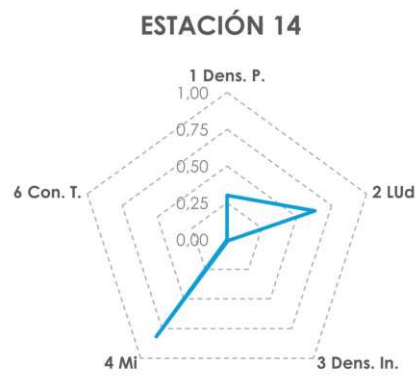
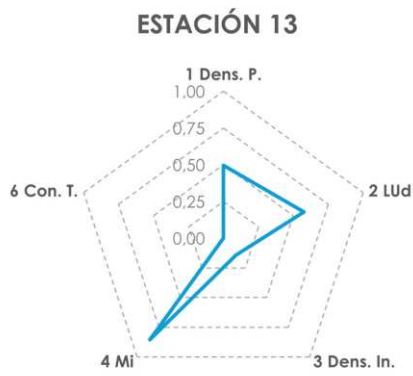


**ESTACIÓN 11**



**ESTACIÓN 12**



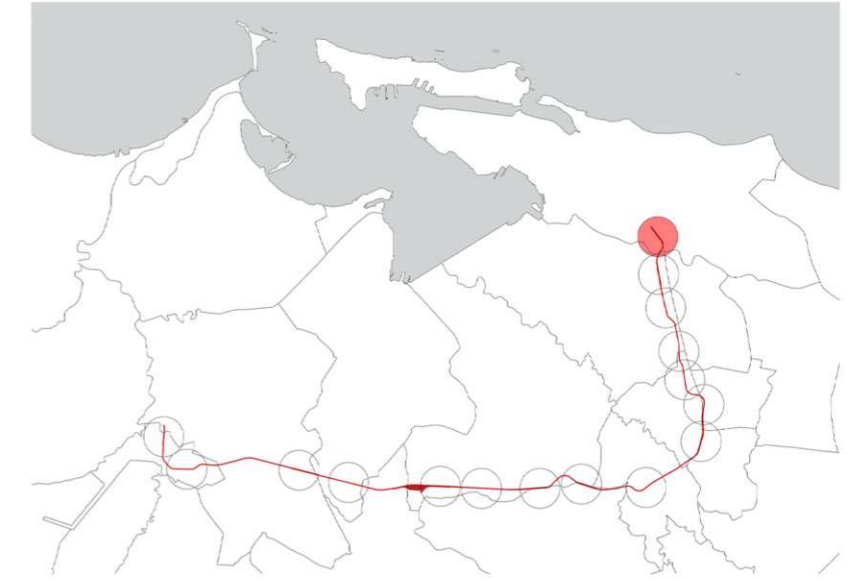


Las tres estaciones con mayor índice TOD se estudiarán en profundidad el siguiente apartado de análisis pormenorizado.

### FICHAS COMPARATIVAS

Se recopila a continuación, la ficha de cada una de las estaciones.

# FICHA 01 SAGRADO CORAZÓN



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Santurce  
**Lugares de interés:**  
 - YMCA San Juan  
**Media usuarios diarios:** 1041

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:**  
 3, 9, 10, 35, 36, 45  
**Nº inters.:** 31

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	3167,60
Diversidad de usos del suelo	0,6804
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	61,67
Mezcla de usos del suelo	0,75
Conexión con otros modos de transporte	6

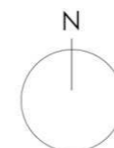
## USOS:

Residencial	10,68 %
Comercial	3,86 %
Oficinas	1,12 %
Equipamientos	2,36 %
Zonas Verdes	17,23 %
Aparcamiento	7,72 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

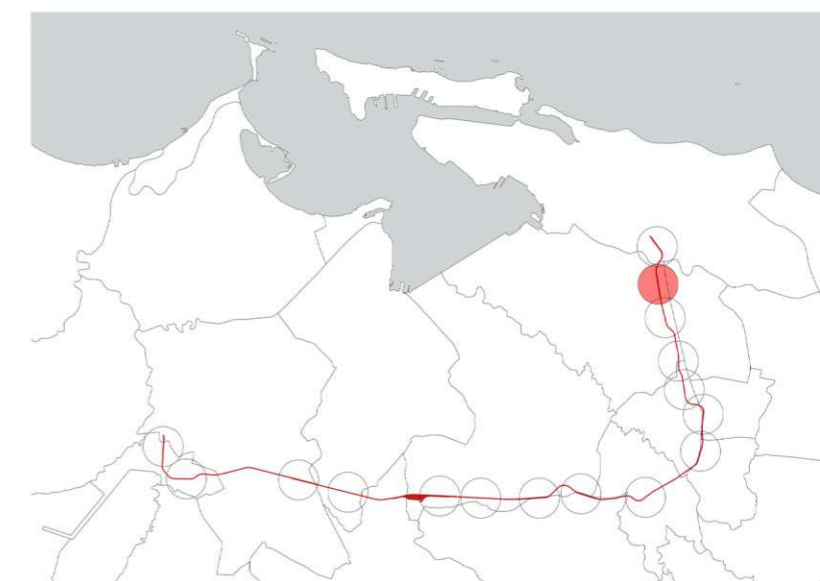
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 02 HATO REY



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Hato Rey Norte  
**Lugares de interés:**  
 - CEE de Puerto Rico  
 - Instituto de Banca y Comercio  
 - Coliseo de Puerto Rico  
 - Milla de Oro de San Juan  
**Media usuarios diarios:** 304

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**  
 1, 4, 15, 21, 22  
**Nº inters.:** 28

## PARÁMETROS T.O.D

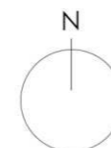
Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	1828,99
Diversidad de usos del suelo	0,7935
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	55,70
Mezcla de usos del suelo	0,86
Conexión con otros modos de transporte	6

## USOS:

Residencial 7,24 %	Eq. Sanitario
Comercial 5,91 %	Eq. Educativo
Oficinas 5,22 %	Eq. Religioso
Equipamientos 6,13 %	Eq. Institucional
Zonas Verdes 6,57 %	Eq. Infraestructura
Aparcamiento 21,32 %	

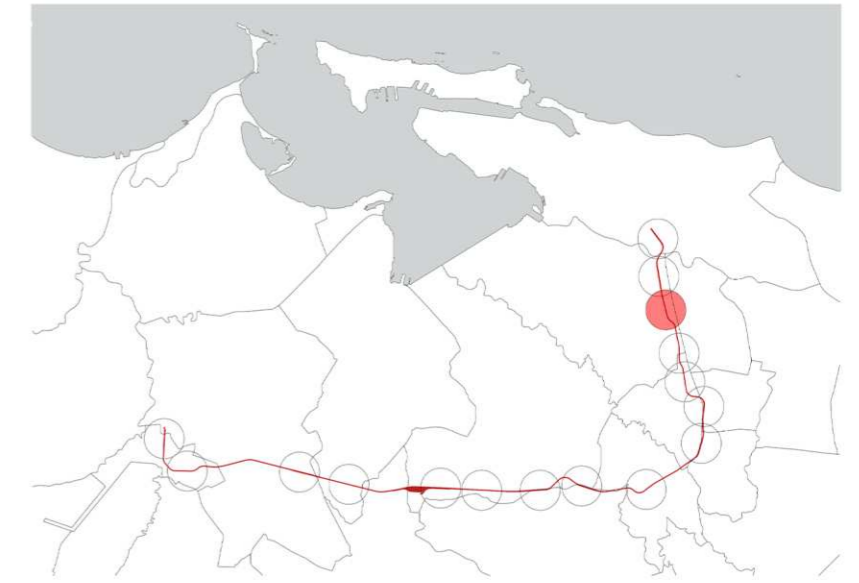
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 03 ROOSEVELT



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Hato Rey Norte  
**Lugares de interés:**  
 - Milla de Oro de San Juan  
 - Universidad Politécnica de Puerto Rico  
**Media usuarios diarios:** 419

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:**  
 1, 2, 4  
**Nº inters.:** 23

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	2287,57
Diversidad de usos del suelo	0,8368
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	45,75
Mezcla de usos del suelo	0,89
Conexión con otros modos de transporte	3

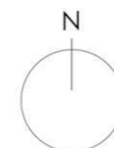
## USOS:

Residencial	5,97 %
Comercial	6,66 %
Oficinas	8,18 %
Equipamientos	4,87 %
Zonas Verdes	11,55 %
Aparcamiento	19,16 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

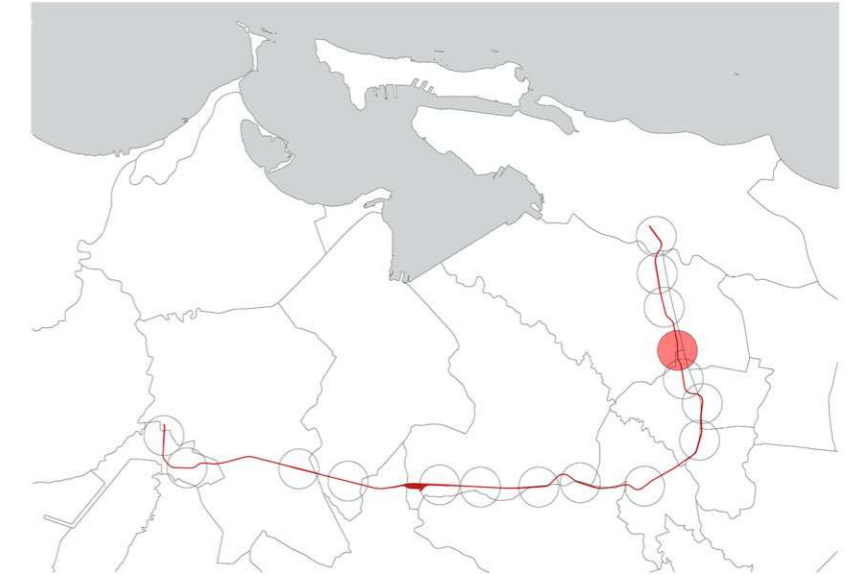
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 04 DOMENECH



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan

**Barrio:** Hato Rey Sur

**Lugares de interés:**

- Asociación de Empleados del Estado Libre Asociado de Puerto Rico

- Centro Judicial de San Juan

**Media usuarios diarios:** 308

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada

**N° Vías:** 2

**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**

1, 4, 17

**N° inters.:** 20

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km<sup>2</sup>) 3261,66

Diversidad de usos del suelo 0,8094

Densidad intersecciones (int./km<sup>2</sup>) 39,79

Mezcla de usos del suelo 0,70

Conexión con otros modos de transporte 3

## USOS:

Residencial 16,44 %

Comercial 10,81 %

Oficinas 2,51 %

Equipamientos 5,12 %

Zonas Verdes 5,24 %

Aparcamiento 14,50 %

Eq. Sanitario

Eq. Educacional

Eq. Religioso

Eq. Institucional

Eq. Infraestructura

## TRANSPORTE:

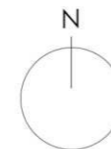
Estación

Vías del tren urbano

Líneas de autobús

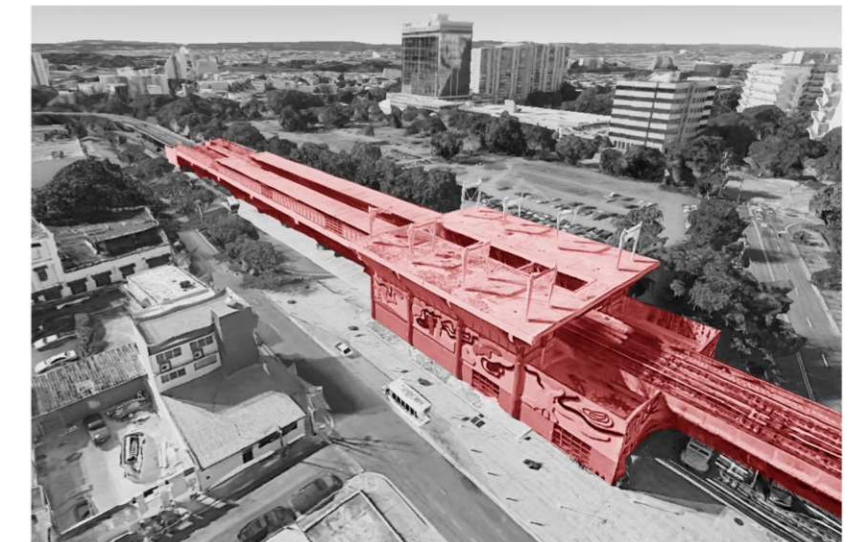
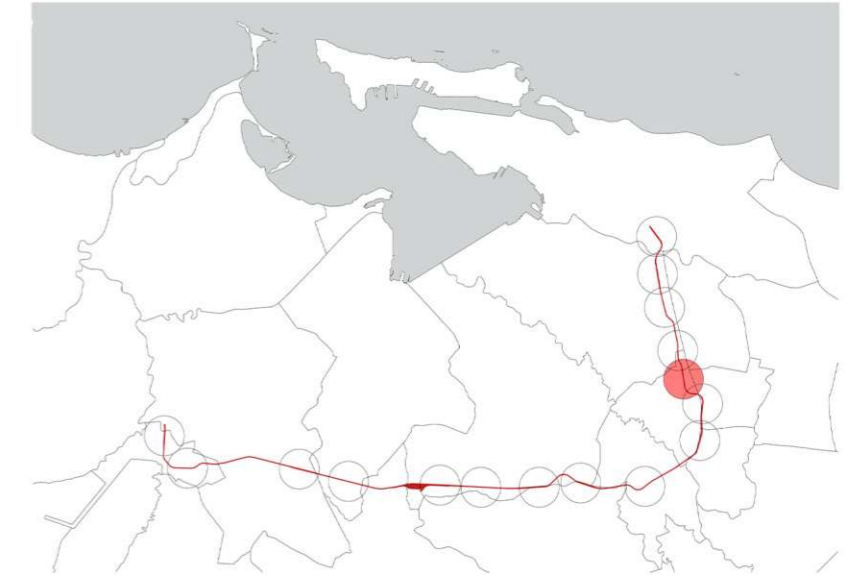
Estaciones autobús

Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 05 PIÑERO



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Hato Rey Sur  
**Lugares de interés:**  
 - Centro Judicial de San Juan  
**Media usuarios diarios:** 365

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**N° Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:**  
 1, 4, 17, 41  
**N° inters.:** 15

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	2174,44
Diversidad de usos del suelo	0,7558
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	29,84
Mezcla de usos del suelo	0,84
Conexión con otros modos de transporte	4

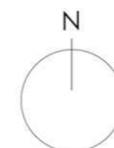
## USOS:

Residencial	8,11 %
Comercial	5,23 %
Oficinas	0,87 %
Equipamientos	8,19 %
Zonas Verdes	6,55 %
Aparcamiento	22,68 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

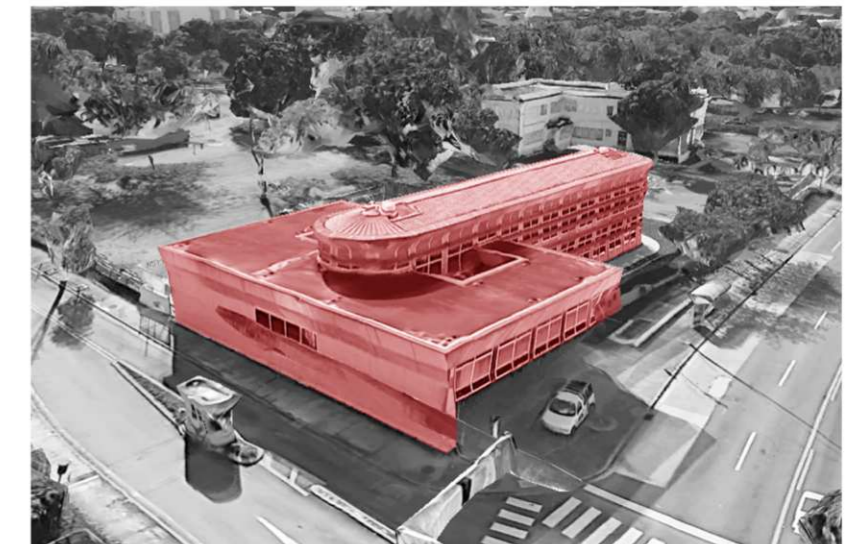
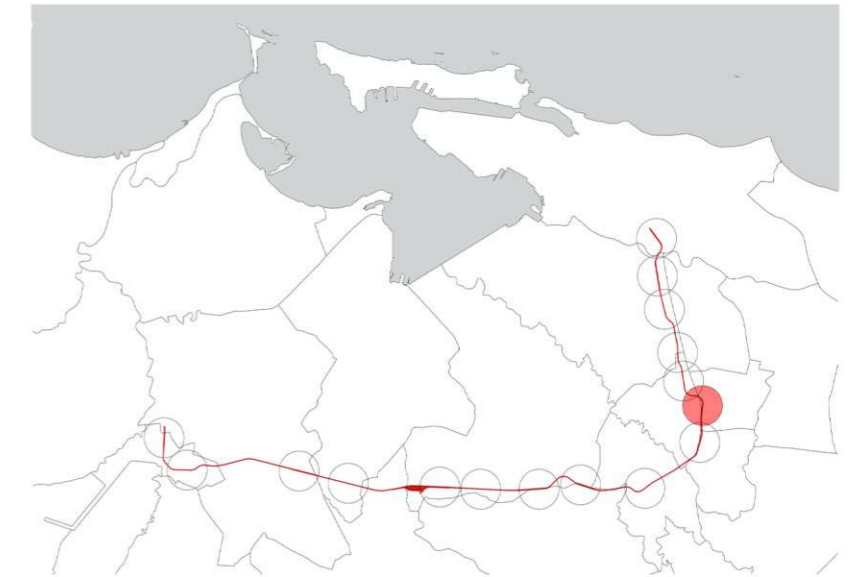
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 06 UNIVERSIDAD



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Universidad  
**Lugares de interés:**  
 - Universidad de Puerto Rico (Río Piedras)  
**Media usuarios diarios:** 821

## ESTACIÓN

**Tipo:** Subterránea  
**N° Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**  
 1, 4, 7, 8, 26, 41  
**N° inters.:** 21

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	2092,28
Diversidad de usos del suelo	0,7738
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	41,77
Mezcla de usos del suelo	0,89
Conexión con otros modos de transporte	6

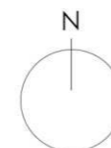
## USOS:

Residencial	6,25 %
Comercial	1,80 %
Oficinas	0,22 %
Equipamientos	12,99 %
Zonas Verdes	14,89 %
Aparcamiento	22,01 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 07 RÍO PIEDRAS

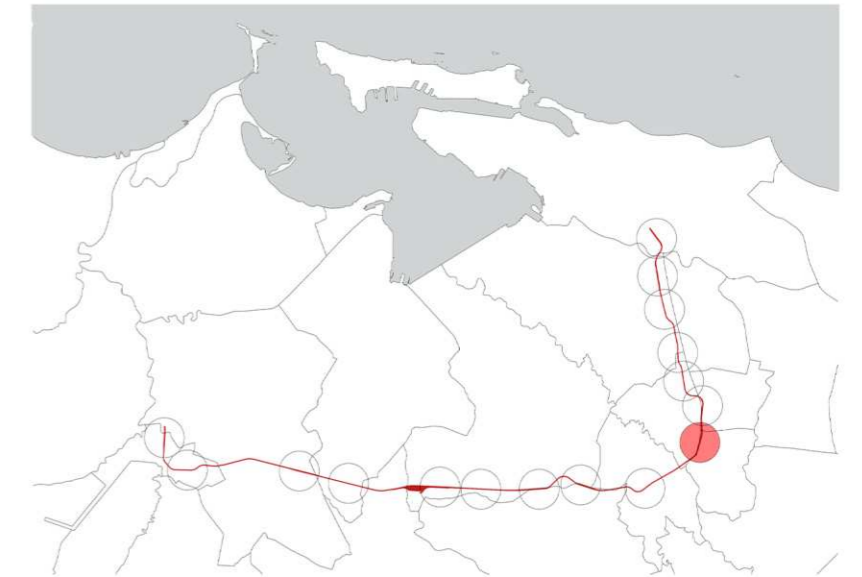
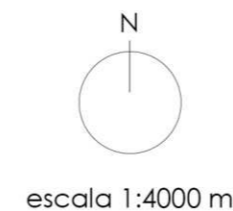


**USOS:**

Residencial 21,38 %	Eq. Sanitario
Comercial 9,04 %	Eq. Educacional
Oficinas 0,47 %	Eq. Religioso
Equipamientos 6,75 %	Eq. Institucional
Zonas Verdes 8,43 %	Eq. Infraestructura
Aparcamiento 12,60 %	

**TRANSPORTE:**

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan

**Barrio:** Barrio Pueblo

**Lugares de interés:**

- Universidad de Puerto Rico
- Cine-Teatro Paradise
- Plaza del mercado
- Plaza de la Convalecencia de Río Piedras

**Media usuarios diarios:** 674

## ESTACIÓN

**Tipo:** Subterránea

**Nº Vías:** 2

**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**

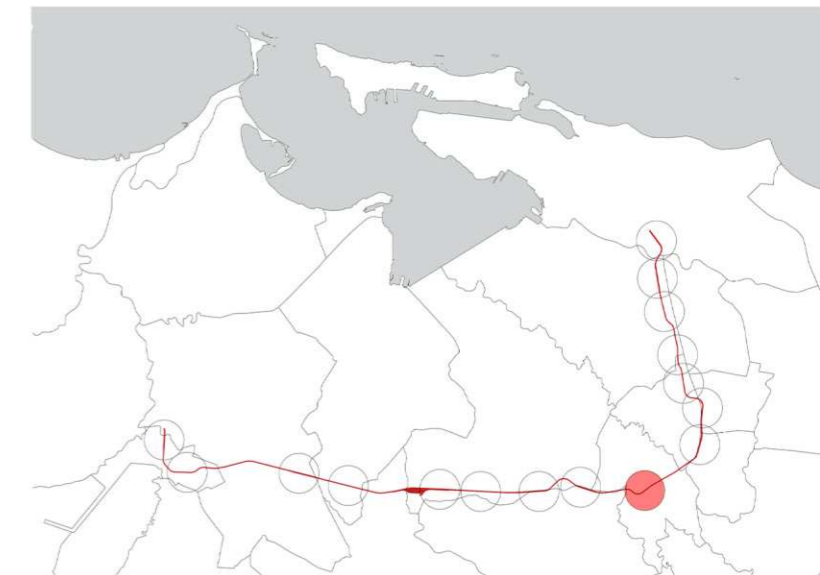
1, 7

**Nº inters.:** 94

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	3743,28
Diversidad de usos del suelo	0,8164
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	186,99
Mezcla de usos del suelo	0,64
Conexión con otros modos de transporte	2

# FICHA 08 CUPEY



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** El Cinco  
**Lugares de interés:**  
 - Antiguo Acueducto Río Piedras  
 - Jardín Botánico de la Universidad de Puerto Rico  
 - Cementerio Villa Nevárez  
**Media usuarios diarios:** 458

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**  
 7, 9, 15, 17, 18, 31  
**Nº inters.:** 13

## PARÁMETROS T.O.D

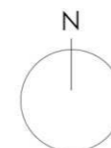
Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	385,37
Diversidad de usos del suelo	0,7609
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	25,86
Mezcla de usos del suelo	0,94
Conexión con otros modos de transporte	2

## USOS:

Residencial 3,45 %	Eq. Sanitario
Comercial 8,77 %	Eq. Educativo
Oficinas 0,00 %	Eq. Religioso
Equipamientos 12,17 %	Eq. Institucional
Zonas Verdes 32,35 %	Eq. Infraestructura
Aparcamiento 5,63 %	

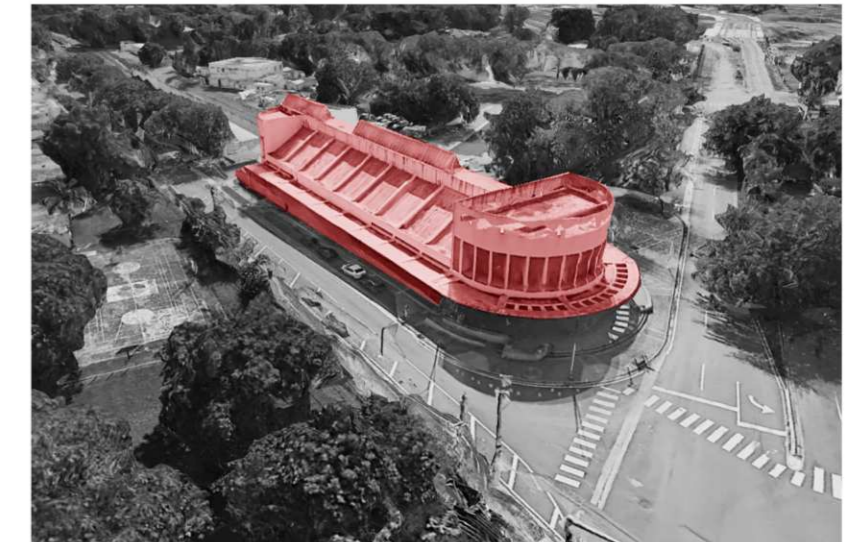
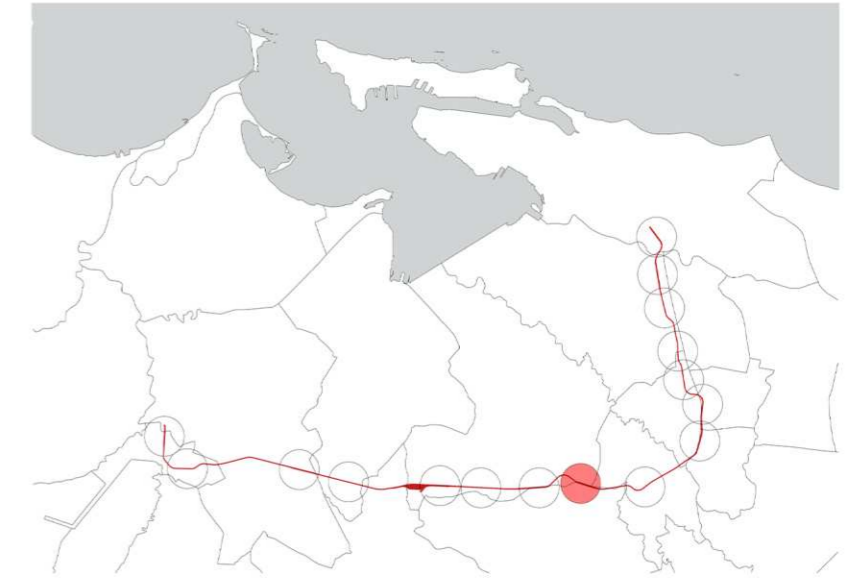
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 09 CENTRO MÉDICO



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Puerto Nuevo  
**Lugares de interés:**  
 - Centro Médico de Puerto Rico  
**Media usuarios diarios:** 536

## ESTACIÓN

**Tipo:** Subterránea  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:** 17, 19  
**Nº inters.:** 11

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	633,15
Diversidad de usos del suelo	0,6503
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	21,88
Mezcla de usos del suelo	0,93
Conexión con otros modos de transporte	2

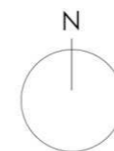
## USOS:

Residencial	3,06 %
Comercial	0,42 %
Oficinas	0,54 %
Equipamientos	18,79 %
Zonas Verdes	9,22 %
Aparcamiento	13,53 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

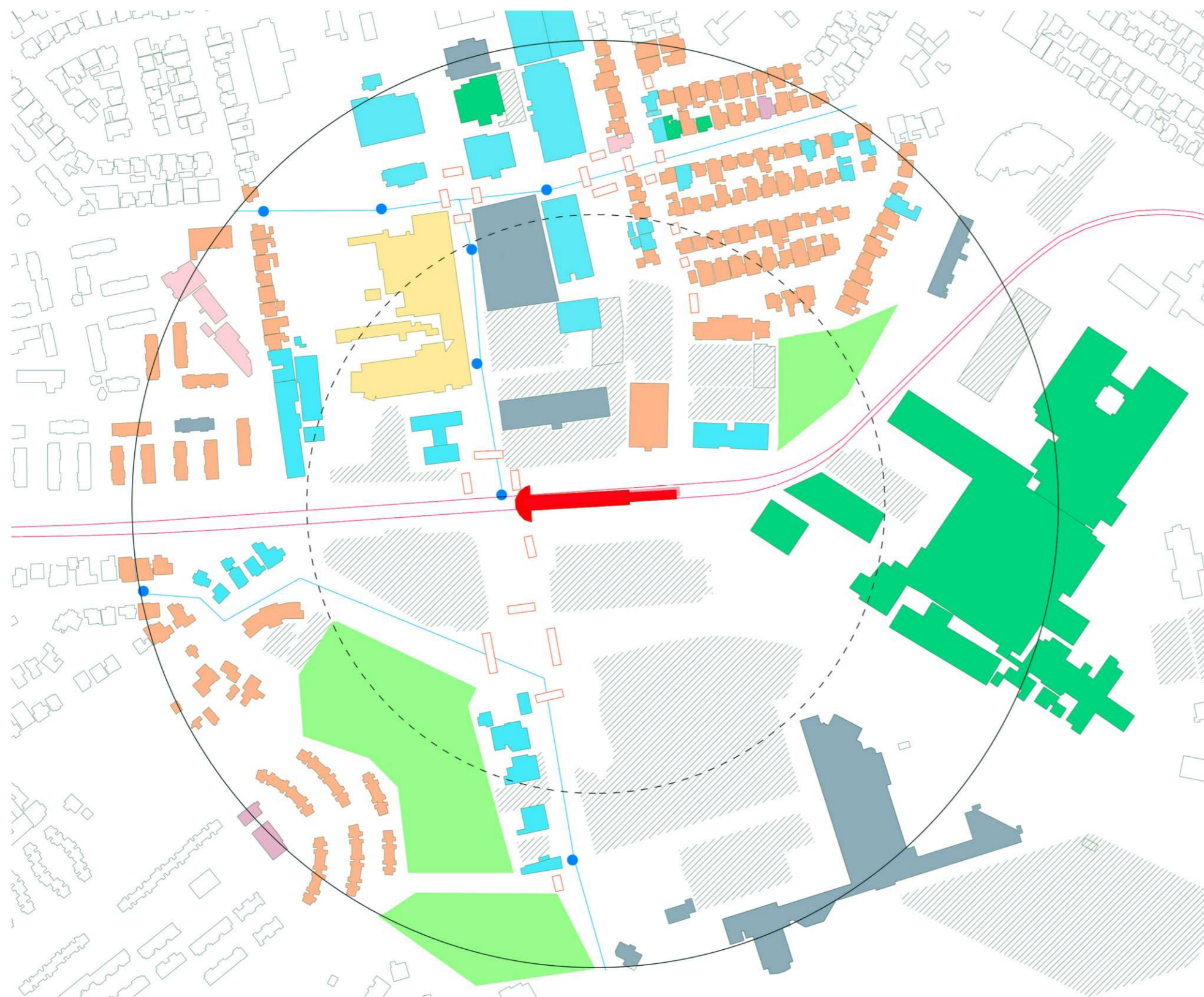
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 10 SAN FRANCISCO

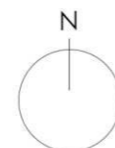


**USOS:**

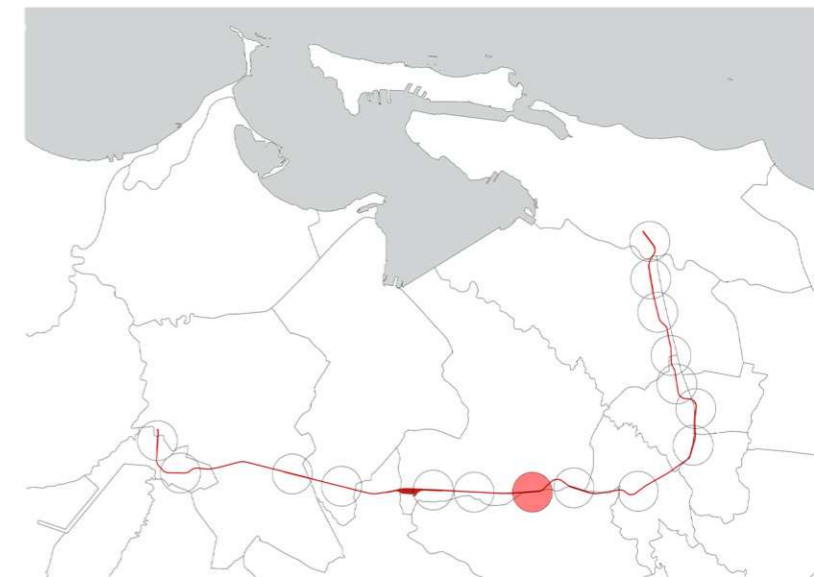
Residencial	6,50 %	Eq. Sanitario
Comercial	4,99 %	Eq. Educativo
Oficinas	0,44 %	Eq. Religioso
Equipamientos	16,74 %	Eq. Institucional
Zonas Verdes	7,52 %	Eq. Infraestructura
Aparcamiento	15,70 %	

**TRANSPORTE:**

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m



**LOCALIZACIÓN**  
**Municipio:** San Juan  
**Barrio:** Puerto Nuevo  
**Lugares de interés:** N/A  
**Media usuarios diarios:** 385

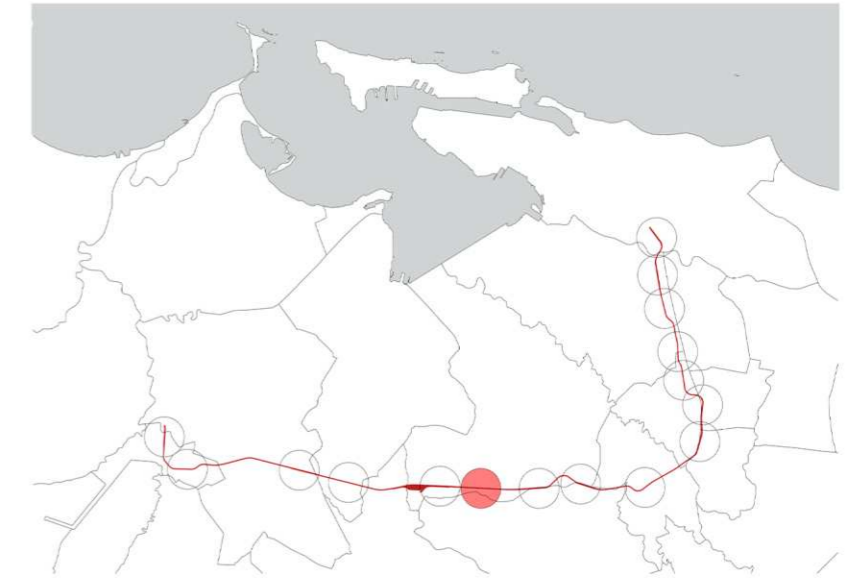
**ESTACIÓN**  
**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

**Líneas autobús:**  
 17, 31  
**Nº inters.:** 24

**PARÁMETROS T.O.D**

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	949,73
Diversidad de usos del suelo	0,7523
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	47,74
Mezcla de usos del suelo	0,87
Conexión con otros modos de transporte	2

# FICHA 11 LAS LOMAS



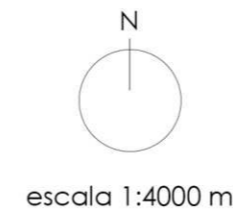
**USOS:**

<span style="color: orange;">■</span> Residencial	23,88 %
<span style="color: cyan;">■</span> Comercial	2,07 %
<span style="color: pink;">■</span> Oficinas	0,69 %
<span style="color: grey;">■</span> Equipamientos	3,51 %
<span style="color: green;">■</span> Zonas Verdes	9,69 %
<span style="color: grey;">▨</span> Aparcamiento	1,50 %

<span style="color: green;">■</span> Eq. Sanitario
<span style="color: pink;">■</span> Eq. Educacional
<span style="color: blue;">■</span> Eq. Religioso
<span style="color: grey;">■</span> Eq. Institucional
<span style="color: yellow;">■</span> Eq. Infraestructura

**TRANSPORTE:**

<span style="color: red;">■</span> Estación
<span style="color: red;">—</span> Vías del tren urbano
<span style="color: blue;">—</span> Líneas de autobús
<span style="color: blue;">●</span> Estaciones autobús
<span style="color: orange;">□</span> Pasos de cebra



**LOCALIZACIÓN**

Municipio: San Juan  
 Barrio: Universidad  
 Lugares de interés: N/A  
 Media usuarios diarios: 232

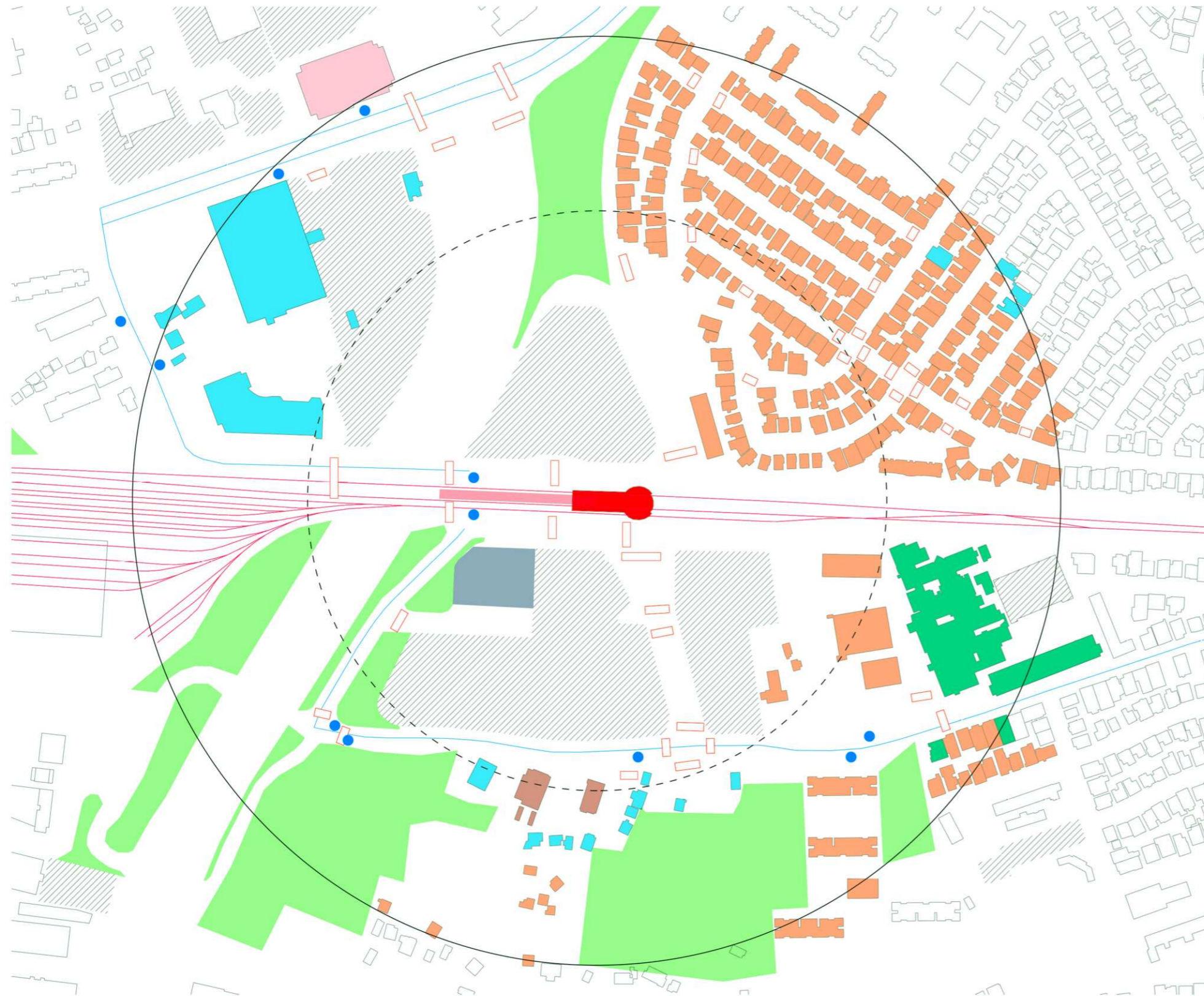
**ESTACIÓN**

Tipo: Elevada  
 N° Vías: 2  
 Accesibilidad: Sí  
 Líneas autobús:  
 27  
 N° inters.: 34

**PARÁMETROS T.O.D**

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	4860,34
Diversidad de usos del suelo	0,5868
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	67,63
Mezcla de usos del suelo	0,42
Conexión con otros modos de transporte	1

# FICHA 12 MARTÍNEZ NADAL



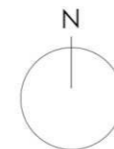
**USOS:**

Residencial	10,46 %
Comercial	3,03 %
Oficinas	0,74 %
Equipamientos	3,68 %
Zonas Verdes	29,36 %
Aparcamiento	14,72 %

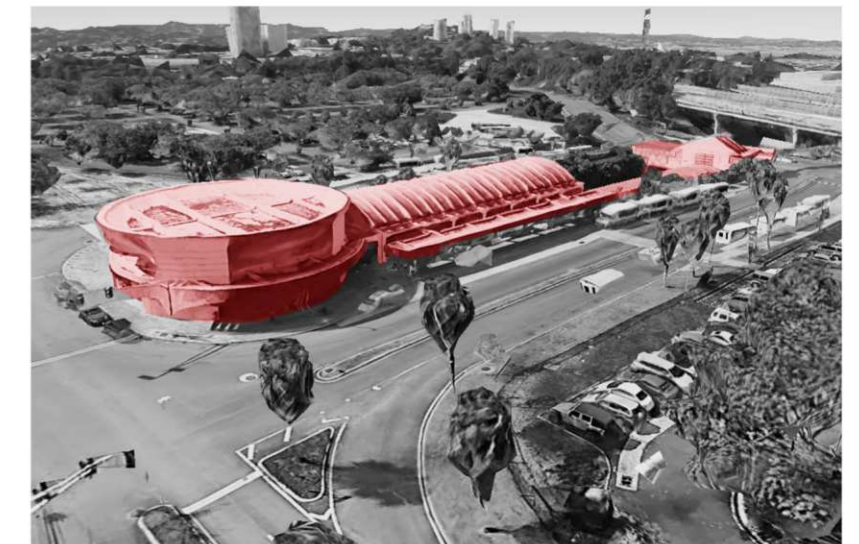
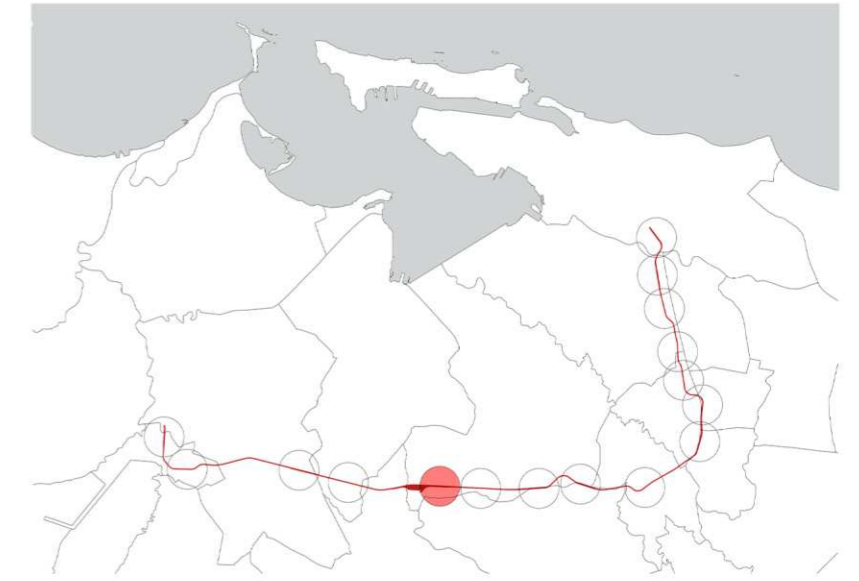
Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

**TRANSPORTE:**

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m



**LOCALIZACIÓN**

Municipio: San Juan  
 Barrio: Puerto Nuevo  
 Lugares de interés: N/A  
 Media usuarios diarios: 418

**ESTACIÓN**

Superficie:  
 Tipo: Subterránea  
 Nº Vías: 2  
 Accesibilidad: Sí

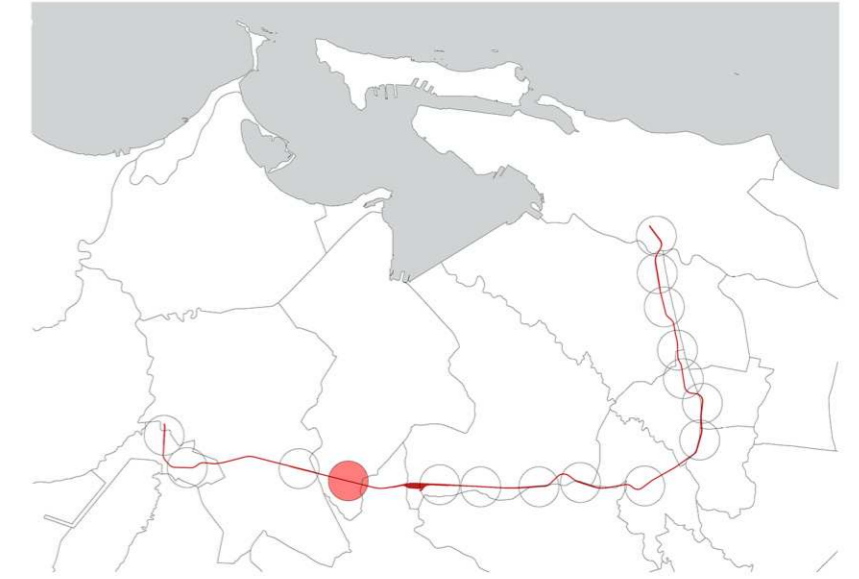
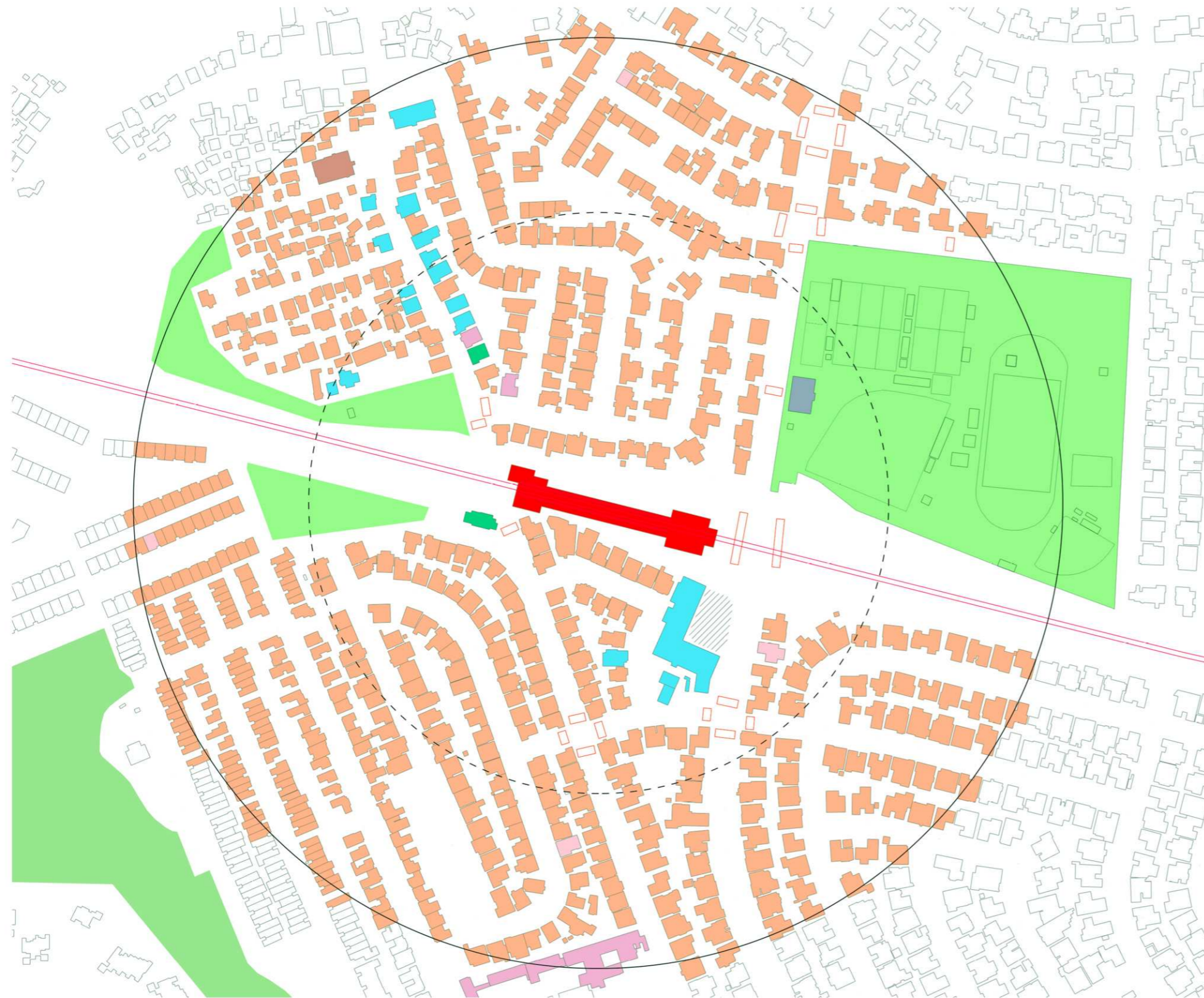
**Líneas autobús:**

8, 19, 27  
 Nº inters.: 45

**PARÁMETROS T.O.D**

Densidad poblacional (hab./km2)	1620,11
Diversidad de usos del suelo	0,6503
Densidad intersecciones (int./km2)	89,52
Mezcla de usos del suelo	0,83
Conexión con otros modos de transporte	3

# FICHA 13 TORRIMAR



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** Guaynabo  
**Barrio:** Pueblo Viejo  
**Lugares de interés:** N/A  
**Media usuarios diarios:** 208

## ESTACIÓN

**Tipo:** Mixta  
**N° Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

## Líneas autobús:

N/A  
**N° inters.:** 23

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	2602,85
Diversidad de usos del suelo	0,5751
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	45,75
Mezcla de usos del suelo	0,43
Conexión con otros modos de transporte	0

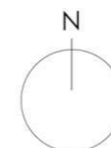
## USOS:

Residencial	27,46 %
Comercial	1,22 %
Oficinas	0,17 %
Equipamientos	1,04 %
Zonas Verdes	17,71 %
Aparcamiento	0,28 %

Eq. Sanitario
Eq. Educacional
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

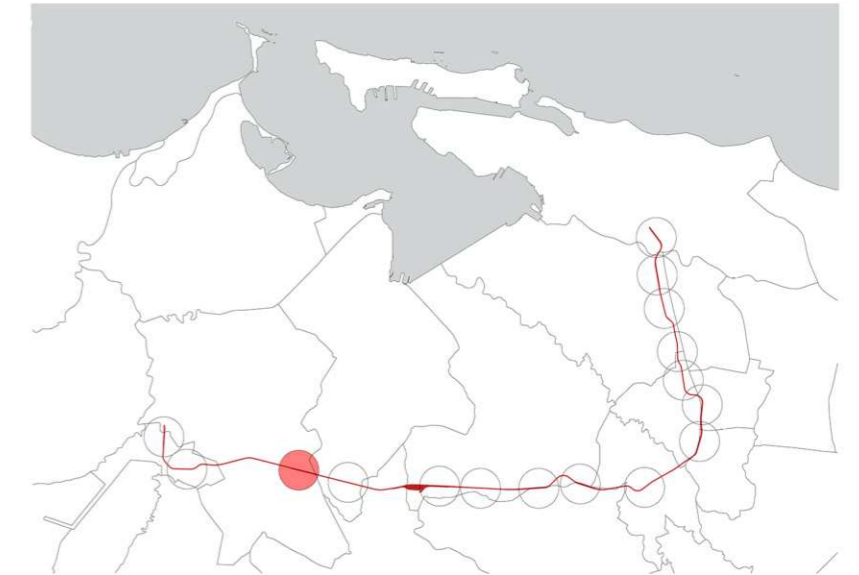
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 14 JARDINES



### LOCALIZACIÓN

**Municipio:** Bayamón  
**Barrio:** Juan Sánchez  
**Lugares de interés:** N/A  
**Media usuarios diarios:** 179

### ESTACIÓN

**Tipo:** Mixta  
**N° Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí

### Líneas autobús:

N/A  
**N° inters.:** 12

### PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	1735,24
Diversidad de usos del suelo	0,6282
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	23,87
Mezcla de usos del suelo	0,59
Conexión con otros modos de transporte	0

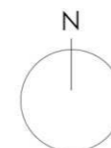
### USOS:

- Residencial 21,04 %
- Comercial 1,50 %
- Oficinas 0,11 %
- Equipamientos 1,20 %
- Zonas Verdes 25,63 %
- ▨ Aparcamiento 2,00 %

- Eq. Sanitario
- Eq. Educativo
- Eq. Religioso
- Eq. Institucional
- Eq. Infraestructura

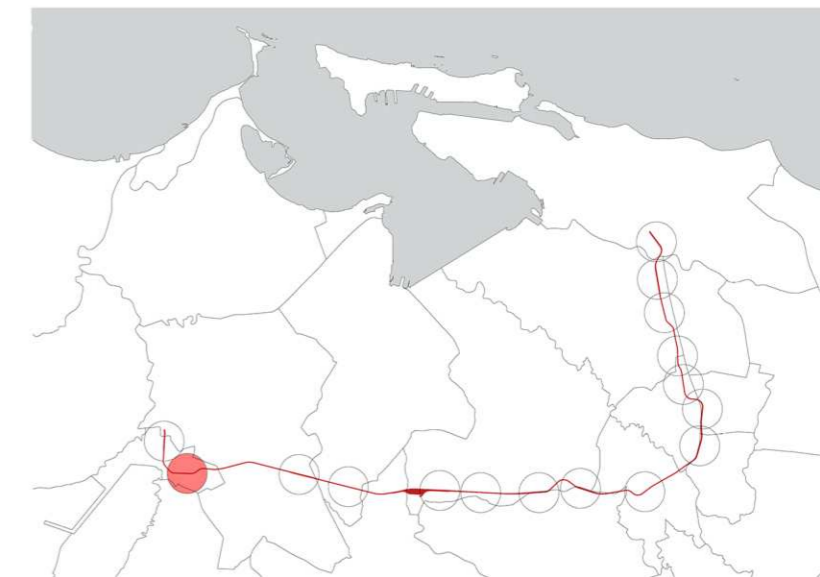
### TRANSPORTE:

- Estación
- Vías del tren urbano
- Líneas de autobús
- Estaciones autobús
- Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 15 DEPORTIVO



## LOCALIZACIÓN

**Municipio:** Bayamón  
**Barrio:** Barrio Pueblo  
**Lugares de interés:**  
 - Coliseo Rubén Rodríguez  
 - Estadio Juan Ramón Loubriel  
 - Parque Central Bayamón  
**Media usuarios diarios:** 866

## ESTACIÓN

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:** 2  
**Nº inters.:** 12

## PARÁMETROS T.O.D

Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	1038,78
Diversidad de usos del suelo	0,8163
Densidad intersecciones (int./km <sup>2</sup> )	23,87
Mezcla de usos del suelo	0,83
Conexión con otros modos de transporte	1

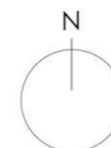
## USOS:

Residencial	9,65 %
Comercial	10,92 %
Oficinas	0,78 %
Equipamientos	10,05 %
Zonas Verdes	13,42 %
Aparcamiento	12,27 %

Eq. Sanitario
Eq. Educativo
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

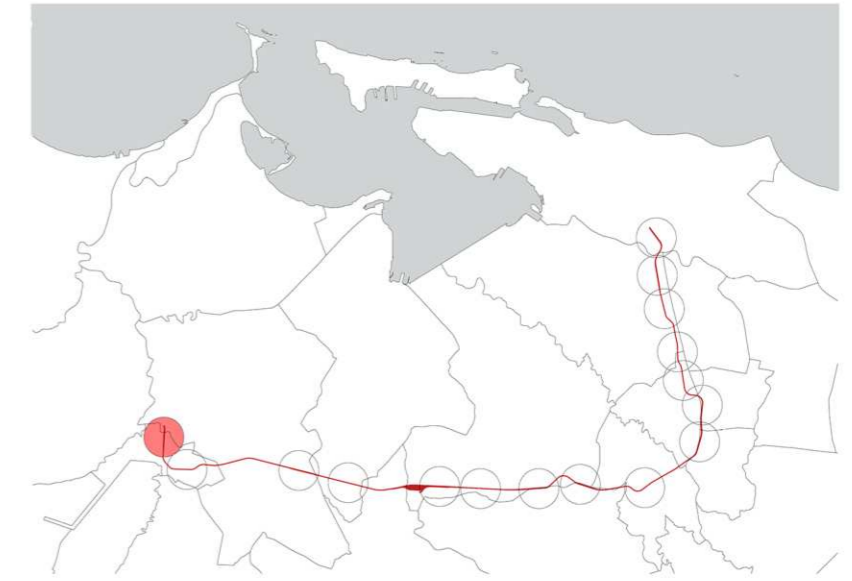
## TRANSPORTE:

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



escala 1:4000 m

# FICHA 16 BAYAMÓN



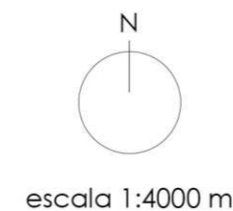
**USOS:**

Residencial	11,00 %
Comercial	7,35 %
Oficinas	1,00 %
Equipamientos	2,43 %
Zonas Verdes	14,45 %
Aparcamiento	19,55 %

Eq. Sanitario
Eq. Educacional
Eq. Religioso
Eq. Institucional
Eq. Infraestructura

**TRANSPORTE:**

Estación
Vías del tren urbano
Líneas de autobús
Estaciones autobús
Pasos de cebra



**LOCALIZACIÓN**

**Municipio:** Bayamón  
**Barrio:** Barrio Pueblo  
**Lugares de interés:**  
 - Casa Alcaldía de Bayamón  
 - Teatro Braulio Castillo  
**Media usuarios diarios:** 1054

**ESTACIÓN**

**Tipo:** Elevada  
**Nº Vías:** 2  
**Accesibilidad:** Sí  
**Líneas autobús:** 2, 20, 37, 91, 92  
**Nº inters.:** 31

**PARÁMETROS T.O.D**

Densidad poblacional (hab./km2)	2077,57
Diversidad de usos del suelo	0,7629
Densidad intersecciones (int./km2)	61,67
Mezcla de usos del suelo	0,80
Conexión con otros modos de transporte	5

## DISCUSIÓN

Es muy importante recalcar que este índice TOD es un valor comparativo entre las estaciones de la línea, no se trata de un sistema global. Tanto los índices TOD que se obtienen en este trabajo como en los demás trabajos analizados, sirven solo en el contexto de su línea. Se trata de una medida comparativa que nos permite analizar las distintas áreas de cada estación. Las áreas alrededor de las estaciones de tren en San Juan están lejos de funcionar como áreas TOD. Sin embargo, este análisis pretende ayudar a identificar las principales debilidades de las estaciones y determinar cuáles tienen mayor potencial de mejora en el futuro. En esencia, es una revisión detallada del estado actual.

Tras el análisis, se concluye que las estaciones con mejor desempeño en términos de TOD son:

1. **Estación 7 - Río Piedras** (Índice TOD: 0,7258)
2. **Estación 1 - Sagrado Corazón** (Índice TOD: 0,6080)
3. **Estación 11 - Las Lomas** (Índice TOD: 0,5751)

A grandes rasgos, se observa que la primera parte de la línea (de la Estación 1 a la 7) obtiene mejores resultados que la segunda parte (de la Estación 8 a la 16).

## ANÁLISIS POR PARÁMETROS

En cuanto a los resultados obtenidos en cada parámetro destacan los siguientes datos:

### 1. Densidad Poblacional:

- Mejor resultado: Estación 11 - Las Lomas (4,860,34 hab./km<sup>2</sup>)
- Peor resultado: Estación 8 - Cupey (385,37 hab./km<sup>2</sup>)

### 2. Diversidad de Usos del Suelo:

- Mejor resultado: Estación 3 - Roosevelt (0,8368)
- Peor resultado: Estación 13 - Torrimar (0,5751)

### 3. Densidad de Intersecciones:

- Mejor resultado: Estación 7 - Río Piedras (186,9903 intersecciones/km<sup>2</sup>), significativamente superior al resto.
- Segundo mejor: Estación 12 - Martínez Nadal (89,5166 intersecciones/km<sup>2</sup>)
- Peor resultado: Estación 9 - Centro Médico (21,8818 intersecciones/km<sup>2</sup>)

### 4. Mezcla de Usos del Suelo:

- Mejor resultado: Estación 13 - Torrimar (0,8529)
- Peor resultado: Estación 8 - Cupey (0,1105)

**5. Conexión con Otros Transportes:**

- Puntuación máxima: Estaciones 1 (Sagrado Corazón), 2, 6 y 8 (Cupey) con un valor de 1.
- Puntuación mínima: Estaciones 13 (Torrimar) y 14 (Jardines) con un valor de cero.

**DISTRIBUCIÓN DE USOS DEL SUELO**

Se destacan las estaciones que presentan un uso predominante único:

Equipamiento sanitario:

- Estación 7: Centro Médico (14,99% sanitario).

Residencial:

- Estación 11: Las Lomas (23,88% residencial)
- Estación 13: Torrimar (27,46% residencial)
- Estación 14: Jardines (21,04% residencial)

Estacionamiento:

El uso de aparcamiento es de los predominantes en varias de las estaciones, lo que evidencia un diseño urbano orientado al uso del automóvil y una dependencia de este. Las siguientes estaciones tienen como uso predominante el aparcamiento:

- Estación 2: Hato Rey (21,32% aparcamiento)
- Estación 3: Roosevelt (19,16% aparcamiento)
- Estación 6: Universidad (22,01% aparcamiento)
- Estación 12: Martínez Nadal (14,72% aparcamiento)
- Estación 16: Bayamón (19,55% aparcamiento)

Zonas verdes:

En cuanto al uso de zonas verdes destacan:

- Mayor porcentaje: Estación 8: Cupey (32,35%).
- Menor porcentaje: Estación 4: Domenech (5,24%).

**LIMITACIONES DEL TRANSPORTE PÚBLICO**

En algunas estaciones, como la 13 (Torrimar) y la 14 (Jardines), el Tren Urbano es la única opción de transporte público disponible, lo que limita significativamente la conectividad.

**COMPARATIVA CON OTROS ESTUDIOS**

El índice TOD utilizado en este análisis es específico para el Tren Urbano de San Juan y no puede compararse directamente con resultados de otras investigaciones. Sin embargo, algunos parámetros permiten establecer comparaciones:

- Densidad de Intersecciones:

- Resultado más alto en San Juan: 187 intersecciones/km<sup>2</sup> (Río Piedras).
- Promedio en la línea: 54,3 intersecciones/km<sup>2</sup>.

En el estudio *Measuring the Transit Oriented Development (TOD) Levels of Pakistani Megacities for TOD<sup>2</sup>*: Máximo de 1.900 intersecciones/km<sup>2</sup> y promedio de 1.100 intersecciones/km<sup>2</sup>.

- Densidad Poblacional:

Resultado más alto en San Juan: 4.860,34 hab./km<sup>2</sup> (Las Lomas).

Promedio en la línea: 2.153,68 hab./km<sup>2</sup>.

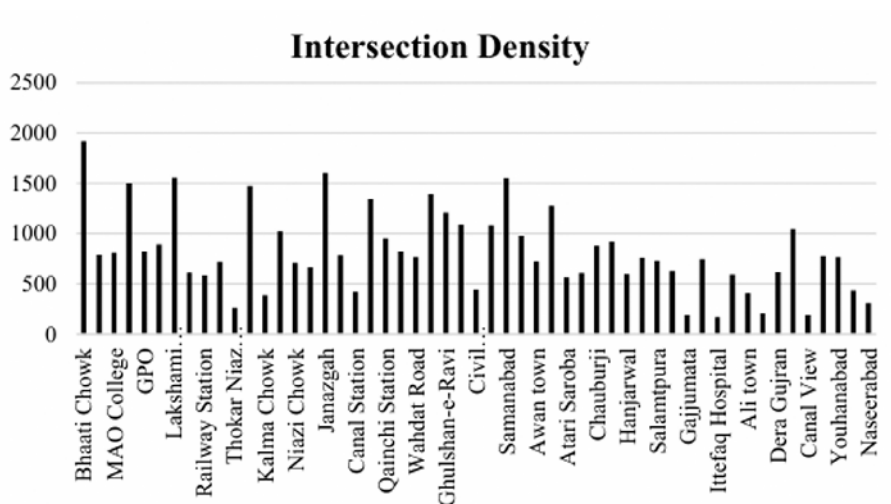
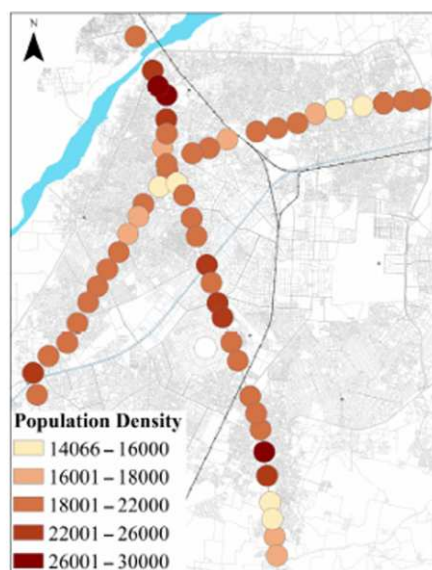


Fig.14 Ayesha Anwar et al., 2024. Densidad de intersecciones en las líneas verde y naranja en Lahore, Pakistán.

En el estudio *Measuring the Transit Oriented Development (TOD) Levels of Pakistani Megacities for TOD*: Máximo de 30.000 hab./km<sup>2</sup> y promedio de 22.033 hab./km<sup>2</sup>.

Las densidades de San Juan son considerablemente más bajas, debido a la estructura urbana dispersa (urban sprawl) predominante.

Fig.15 Ayesha Anwar et al., 2024. Plano de la densidad de población media en Lahore, Pakistán.



2. Ayesha Anwar et al., 2024. Measuring the Transit Oriented Development (TOD) Levels of Pakistani Megacities for TOD

### USO DIARIO DE LAS ESTACIONES

La estación más utilizada diariamente por los usuarios es la Estación 16, Sagrado Corazón, que recibe aproximadamente 1.041 usuarios al día. Por otro lado, la estación menos utilizada es la Estación 14, Jardines, con tan solo 179 usuarios diarios<sup>3</sup>. Para contextualizar estos datos, en un día, la estación de Plaza de Castilla en Madrid recibe de media 47.247 usuarios<sup>4</sup>.

3. Estadísticas Puerto Rico, 2023. Datos calculados en el mes de marzo de 2023.

4. Metro de Madrid, 2024.

## 4.2 Análisis pormenorizado

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la parte de análisis pormenorizado, el cual se explica en el capítulo de metodología. Este apartado busca ser un ejemplo de cómo habría que continuar este trabajo y la base de información que se consigue al juntar los dos análisis realizados en el mismo.

Se han estudiado las tres estaciones con mayor potencial dentro de la línea y el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) nos sirve para entender la estación en un contexto más amplio.



- estación
- árbol
- punto de luz
- delito cometido durante el año 2024
- parada de autobús
- calle peatonal
- áreas con uso exclusivo residencial
- aparcamiento bicicletas

## ANÁLISIS DAFO ESTACIÓN RÍO PIEDRAS

### FORTALEZAS

- buena densidad poblacional 3743,2800, la segunda mejor de las estaciones
- segunda mejor estación con diversidad de usos, 0,8164
- área con mayor número de intersecciones 94 intersecciones
- buena mezcla de usos del suelo, 0,635
- edificos con varias alturas que fomentan usos comerciales en planta baja
- 2 calles paseables en el área
- manzanas pequeñas
- iniciativas de activación en el barrio

### DEBILIDADES

- solo tiene conexión con dos opciones de transporte público, las líneas 1 y 7
- el área no dispone de parking para bicicletas
- el área no cuenta con carril exclusivo para biciletas
- elevadísimo número de viviendas vacías

### OPORTUNIDADES

- barrio con interés histórico y antigüedad
- el área incluye La Universidad de Puerto Rico
- alto número de la población que ya usa el transporte público en comparación con el área de San Juan
- alto número de personas que caminan en comparación con el área de San Juan
- área con ocio nocturno
- temperatura exterior nocturna buena

### AMENAZAS

- edad media elevada, área con gran población de más de 65 años
- ingresos medios bajos
- gran número de personas que no poseen un coche
- zona con una gran cantidad de delitos
- falta de mantenimiento
- excesivo calor diurno



La estación de Río Piedras destaca por tener una de las estructuras urbanas más compactas dentro de la línea. Esto se debe a su origen como un antiguo pueblo colonial, integrado posteriormente a la zona céntrica. La densidad de su tejido urbano fomenta una mayor mezcla de usos del suelo en el área, lo que refuerza su carácter dinámico y su potencial como núcleo urbano.

**Fortalezas:**

La zona cuenta con una buena densidad poblacional (0,73 ya estandarizado), la segunda más alta entre las estaciones analizadas. Además, la diversidad de usos del suelo y la mezcla de edificaciones con varias alturas fomentan actividades comerciales en las plantas bajas, generando un entorno activo. Las manzanas pequeñas y las calles paseables contribuyen a la caminabilidad del área, también presenta el mayor número de intersecciones en la línea, lo que mejora la conectividad y la seguridad del peatón frente al automóvil. Las iniciativas de activación en el barrio refuerzan su tejido social.

**Debilidades:**

A pesar de estas fortalezas, la estación enfrenta serios desafíos, como la limitada conexión con otras opciones de transporte público, que restringe la accesibilidad del área. Además, la falta de estacionamientos y carriles exclusivos para bicicletas reduce su funcionalidad como nodo de movilidad. También se suma un elevado número de viviendas vacías, que impactan negativamente la percepción de seguridad y el atractivo del barrio.

**Oportunidades:**

El área presenta un gran potencial debido a su interés histórico y su carácter patrimonial. La inclusión de la Universidad de Puerto Rico dentro del ámbito refuerza su relevancia educativa y cultural. Además, el alto número de personas que utilizan el transporte público y que caminan en comparación con otras áreas de San Juan señala un comportamiento urbano sostenible. Las actividades nocturnas y las condiciones favorables de temperatura nocturna también son factores que pueden aprovecharse para activar la zona durante diferentes horas del día

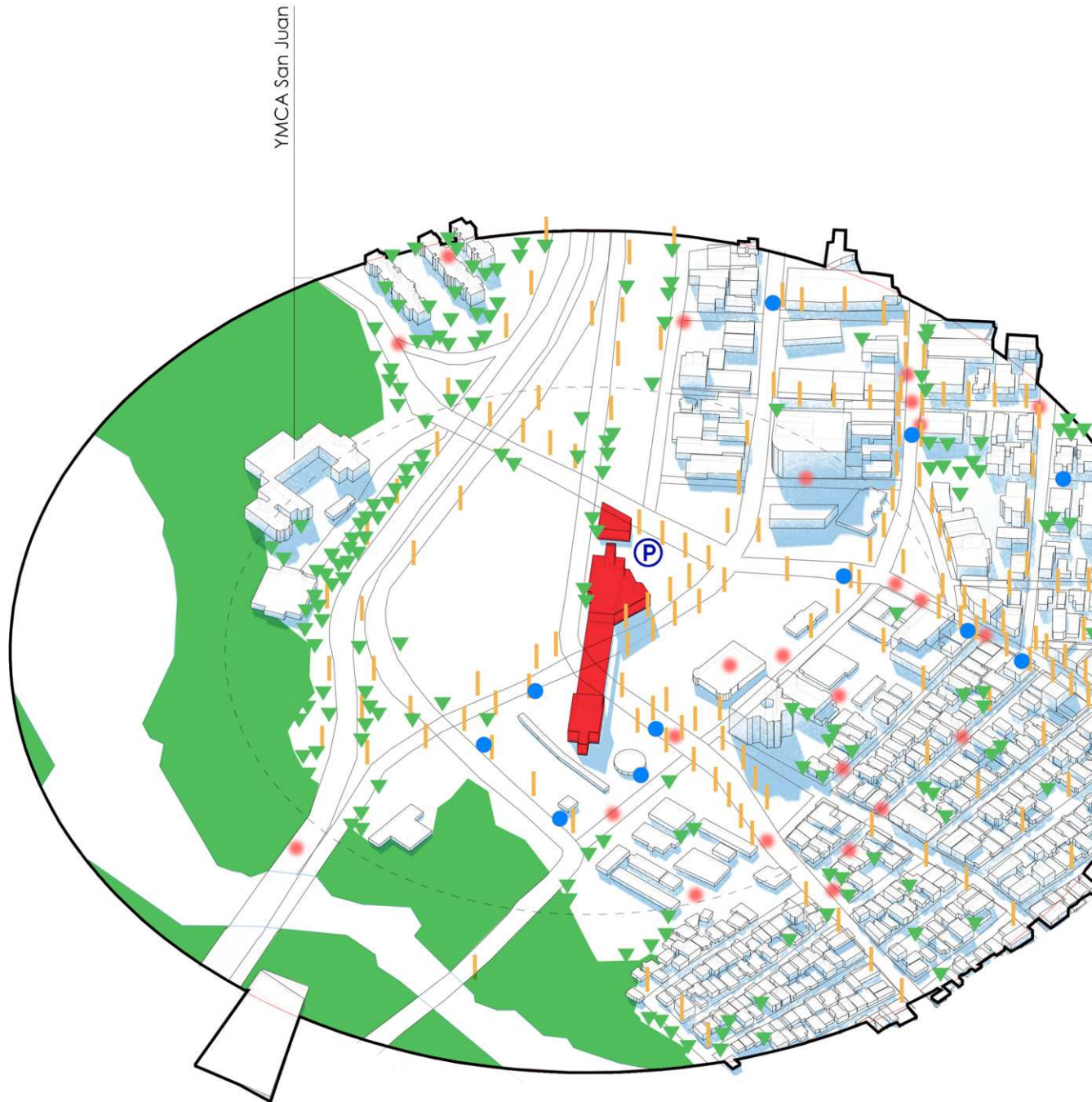
**Amenazas:**

Sin embargo, la estación enfrenta importantes riesgos, como la alta proporción de adultos mayores (más de 65 años) y los ingresos medios bajos, que limitan el poder adquisitivo local. La falta de mantenimiento urbano y la percepción de inseguridad, reforzada por la cantidad de delitos registrados (puntos rojos), agravan esta situación. Además, el excesivo calor diurno puede ser una barrera para la movilidad peatonal y la actividad al aire libre durante ciertas horas.

Los elementos del plano urbano también refuerzan estas conclusiones. Los numerosos puntos rojos muestran la cantidad de crímenes registrados en el último año, indicando áreas de riesgo que requieren intervención. Los triángulos verdes (árboles) representan un recurso que debe preservarse y

---

expandirse para contrarrestar los efectos del calor y mejorar la calidad ambiental. Los rectángulos amarillos (puntos de luz) muestran buena iluminación en el área, sin embargo, podría necesitar fortalecimiento en zonas específicas para mejorar la seguridad nocturna.



- estación
- árbol
- punto de luz
- delito cometido durante el año 2024
- parada de autobús
- calle peatonal
- áreas con uso exclusivo residencial
- aparcamiento bicicletas

## ANÁLISIS DAFO ESTACIÓN SAGRADO CORAZÓN

### FORTALEZAS

- buen balance de áreas residenciales con otros usos
- máximo número de conexión con otras líneas de transporte, 6
- gran porcentaje de áreas verdes, 17,23%
- número de intersecciones normales en contexto con las demás áreas de análisis
- densidad de población elevada
- el área cuenta con parking para bicicletas cercano a la estación

### DEBILIDADES

- poca diversidad de usos del suelo, gran presencia del uso residencial
- alto porcentaje de suelo destinado a parking, 7,72%
- el área no cuenta con carril exclusivo para bicicletas
- el uso residencial esta compuesto en su mayoría por viviendas unifamiliares
- aceras que no cuentan con elementos desombra
- la estación queda rodeada por carreteras, no queda integrada con los demás usos
- calles con poca iluminación

### OPORTUNIDADES

- se trata del área de análisis más próximo a la zona histórica y turística del Viejo San Juan
- el área incluye el YMCA
- se encuentra cerca de la Universidad de Sagrado
- población joven en el área

### AMENAZAS

- elevado índice de pobreza
- zona con criminalidad
- cercanía a la autovía
- excesivo calor diurno



La estación de Sagrado Corazón se caracteriza por una estructura urbana con un buen balance entre áreas residenciales y otros usos, lo que refuerza su potencial para generar actividades mixtas y una interacción dinámica entre sus habitantes. Su cercanía al Viejo San Juan y la inclusión de instituciones como la Universidad de Sagrado y el YMCA hacen de esta estación un punto clave dentro del sistema urbano.

**Fortalezas:**

La estación de Sagrado destaca por su buena densidad poblacional y el máximo número de conexiones con otras líneas de transporte (6), lo que la convierte en un nodo clave dentro de la red. Además, el área cuenta con un alto porcentaje de áreas verdes (17.23 %), lo que mejora significativamente la calidad ambiental y el confort urbano. La zona incluye un aparcamiento para bicicletas cercano a la estación, lo que favorece el transporte sostenible.

**Debilidades:**

El área enfrenta desafíos importantes, como una baja diversidad de usos del suelo, con una gran predominancia de viviendas unifamiliares. La falta de carriles exclusivos para bicicletas y aceras que no cuentan con elementos de sombra dificultan la movilidad no motorizada y reducen el atractivo del espacio público. Además, la estación está rodeada por carreteras, lo que la aísla del resto del tejido urbano, y las calles que no son las principales presentan poca iluminación, lo que incrementa la percepción de inseguridad.

**Oportunidades:**

La inclusión del YMCA y la cercanía a la Universidad del Sagrado son elementos positivos que promueven actividades culturales. En el plano, se observa que las zonas verdes rodean la estación, lo que representa una oportunidad para la creación de parques urbanos o proyectos ecológicos. Además, la población joven en el área ofrece oportunidades para dinamizar la vida urbana.

**Amenazas:**

El área enfrenta un índice de pobreza elevado y problemas de criminalidad, como se aprecia en los puntos rojos del plano. La cercanía a la autovía representa un peligro para la conectividad peatonal y un obstáculo para la integración del área con su entorno. Asimismo, el excesivo calor diurno es un factor climático que limita las actividades al aire libre y el uso de espacios públicos durante el día.





- estación
- árbol
- punto de luz
- delito cometido durante el año 2024
- parada de autobús
- calle peatonal
- áreas con uso exclusivo residencial
- aparcamiento bicicletas

## ANÁLISIS DAFO ESTACIÓN LAS LOMAS

### FORTALEZAS

- área con mayor densidad de población dentro de las áreas de análisis
- densidad de intersecciones buena en comparación con las demás áreas
- área con mejor mezcla de usos, 0,4223
- poco porcentaje de viviendas vacías
- buen porcentaje de zonas verdes 9,69%

### DEBILIDADES

- poca diversidad de usos del suelo, gran presencia del uso residencial
- pobreza elevada
- no tiene conexión con otras líneas de transporte público
- el uso residencial esta compuesto en su totalidad por viviendas unifamiliares a excepción de un edificio de varias alturas
- el área no cuenta con carril exclusivo para bicicletas
- no hay estacionamiento de bicicletas en el área

### OPORTUNIDADES

- población joven
- gran número de personas en edad de trabajar con necesidad de transportarse al trabajo

### AMENAZAS

- existe un caserío (urbanización viviendas públicas) en el área
- excesivo calor diurno



La estación de Las Lomas destaca como el área con la mayor densidad poblacional dentro de las estaciones analizadas, lo que la convierte en una zona clave para el transporte público y el desarrollo urbano.

**Fortalezas:**

La estación cuenta con una alta densidad de intersecciones en comparación con las demás áreas de análisis, lo que facilita la conectividad y movilidad dentro de la zona. Su buena mezcla de usos del suelo (0.84 ya estandarizado) y el bajo porcentaje de viviendas vacías destacan como elementos positivos en el entorno urbano. Además, el área tiene un buen porcentaje de zonas verdes (9.69 %), que mejoran el entorno ambiental y la calidad de vida. La presencia de aceras también contribuye a la movilidad peatonal.

**Debilidades:**

La zona presenta poca diversidad de usos del suelo, con una predominancia del uso residencial, lo que limita el desarrollo económico y social del área. La pobreza elevada es un problema significativo en el entorno de la estación, especialmente en la zona derecha del área, donde encontramos un caserío (urbanización de viviendas públicas). La falta de conexión con otras líneas de transporte público es un inconveniente importante, ya que reduce las opciones de movilidad para los residentes. Además, el área no cuenta con carriles exclusivos para bicicletas ni estacionamiento para bicicletas, lo que limita el fomento de transporte sostenible.

**Oportunidades:**

La estación Lomas tiene una población joven que puede activar el entorno urbano. Asimismo, existe un gran número de personas en edad de trabajar, lo que presenta una oportunidad para mejorar las conexiones de transporte y facilitar su acceso al trabajo, potenciando el desarrollo económico local.

**Amenazas:**

Una de las principales amenazas es la presencia del caserío, lo que puede estar vinculado a problemas de seguridad y estigmatización social en la zona. Además, el excesivo calor diurno limita las actividades al aire libre y el uso de espacios públicos durante el día, afectando la habitabilidad del área.

# Aportaciones

El problema del transporte en Puerto Rico es complejo y está condicionado por una infinidad de variables. En este trabajo se descompone el problema, facilitando el análisis. Además, a partir de información recuperada de Google Maps y páginas *web* gubernamentales, se elabora una nueva base de datos que incluye: los usos del suelo, ubicación de mobiliario urbano, vegetación en los alrededores de la línea, delitos cometidos, conexión con otros modos de transporte, pasos de cebra, etc. Esta información local de la línea se analiza por separado, pero también en conjunto con su contexto histórico y actual, tanto en el área metropolitana de San Juan como en Puerto Rico: densidad poblacional, puntos de interés, índices de pobreza, uso del transporte público y privado, información sobre vivienda, etc. Finalmente, para aunar la información recopilada y como primer paso de un posible proyecto de mejora del sistema, se elabora un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) en las tres estaciones de la línea con mayor potencial de mejora. Se establece así una nueva metodología basada en la combinación del enfoque TOD (*Transport Oriented Development*) con otros datos socioculturales y económicos indispensables para el buen funcionamiento del transporte público. Además, este trabajo es de los primeros que aplican el enfoque TOD a un sistema ineficiente y poco desarrollado.



# Conclusiones

El sistema de transporte público en San Juan y en particular el tren urbano, se enfrentan a un contexto urbano y sociocultural hostil, que condiciona su funcionamiento y su atractivo como sustitutivo del transporte privado. Además, una estructura urbana dispersa, como la que predomina en Puerto Rico, complica la implantación de un sistema de transporte público, debido a la falta de centros neurálgicos densos, con variedad de usos. Sin embargo, el modelo TOD (*Transport Oriented Development*) es el idóneo para analizar este caso, debido a la proximidad entre un centro urbano denso y un área dispersa al que sirve la línea.

Tras un detallado análisis de la situación urbana, sociocultural y económica actual de San Juan y de Puerto Rico, se detectan los siguientes problemas a destacar:

- **Dependencia del automóvil.** El vehículo privado se ha convertido en parte intrínseca de la cultura puertorriqueña, convirtiendo a Puerto Rico en el quinto país con más coches per cápita del mundo, con un promedio de 635 automóviles por cada 1.000 habitantes. El abuso del vehículo privado tiene un reflejo notable en el espacio urbano, los aparcamientos en altura (*multitipisos*) o en superficie invaden la ciudad, siendo el uso predominante en cinco de las dieciséis estaciones: 2, 3, 6, 12 y 16. Esta preferencia por el vehículo privado también se refleja en la manera de ir al trabajo, siendo el coche la forma más habitual con un 92,8%. Además, gran parte de estos desplazamientos se realizan individualmente, fomentando la formación de atascos (*taponos*) en las horas punta. Las estaciones 9 y 10 de la línea del tren urbano son las que presentan un mayor porcentaje de personas que van solas en coche al trabajo (85-100%).
- **Estructura urbana dispersa.** Puerto Rico se caracteriza por su urbanismo en extensión y de baja densidad, con una notable preferencia por las viviendas unifamiliares. La estación 11, Las Lomas, cuenta con la densidad poblacional más alta de toda la línea: 4.860 habitantes/km<sup>2</sup>. Además, las Lomas, junto a las estaciones 12, 13 y 14, destaca por ser de uso casi exclusivamente residencial.
- **Ciudad hostil para el peatón y el ciclista.** Los peatones y ciclistas son olvidados en gran parte del urbanismo puertorriqueño. El modelo de ciudad dispersa, orientado hacia el automóvil, provoca que las aceras estén descuidadas y las intersecciones, o pasos de cebra, sean prácticamente inexis-

tentes. Aunque la estación de la línea con más pasos de cebra, Río Piedras, cuenta con 94, hay varias estaciones con menos de 15, en un total 0,50 km<sup>2</sup> de análisis. Así, en todo Puerto Rico tan sólo el 3,5% de la población va andando al trabajo. Encontrándose el máximo porcentaje de la línea en la estación Universidad, aproximadamente un 20%. Además, Puerto Rico presenta un elevado número de delitos cometidos por año, la mayoría de estos en las zonas más pobres, lo que favorece aún más el uso del vehículo privado. En cuanto al ciclismo, es un aspecto que no aparece considerado en ninguna estación, salvo por un aparcamiento de bicicletas en Sagrado Corazón. En ningún área de las estudiadas hay carriles exclusivos para bicicletas.

- **Diseño de la línea.** La línea de tren, aunque atraviesa los municipios de San Juan, Guaynabo y Bayamón, se queda descolgada al adentrarse en San Juan, no llega a conectar con la zona centro y el resto del norte de la Isla. A efectos del TOD, las áreas dispersas se quedan sin comunicación con la ciudad compacta, donde se encuentran el Aeropuerto Internacional y el centro histórico: el Viejo San Juan.

El limitado recorrido de la línea junto con la falta de conexión con otros medios de transporte provoca que para la mayoría de las conexiones se requiera de un transporte secundario. Para que la línea funcione es necesario mejorar su conexión con la zona norte, incrementar el número de autobuses y aumentar la frecuencia de estos. Actualmente desde la estación más cercana a San Juan, Sagrado Corazón, salen 6 líneas de autobús hacia la zona norte, con un tiempo mínimo de espera de 20 minutos. Así, la combinación de tren con autobús no compite ni en tiempo ni comodidad con el vehículo privado.

Además, las estaciones no se integran en su área residencial. Como se define en el marco teórico, se trata de una línea TAD (*Transport Adjacent Development*), donde la estación queda aislada de su entorno, sin una relación funcional ni una integración efectiva con el área circundante.

- **Contexto económico y sociocultural.** En Puerto Rico el porcentaje de población cuyos ingresos se encuentran por debajo del umbral de pobreza es del 42,2%, el “estado” más pobre de Estados Unidos. En San Juan este porcentaje es del 39,5 % y dentro de la línea de tren las tres estaciones con mayor índice de pobreza son la 1, la 7 y la 11. Sorprendentemente, también son las estaciones con menor uso del vehículo privado y mejor índice TOD. Debido a la fuerte emigración de jóvenes en busca de mejores oportunidades en Estados Unidos continental, la edad media de la Isla es muy elevada. Es la segunda más alta de entre los estados: 43,7 años. En la línea, las estaciones 4 y 5 tienen la edad más alta: 55,8 años. Esta población envejecida se queda aislada en cuanto deja de poder conducir.

---

Se aprende que, en Puerto Rico, la imagen idealizada de la vivienda unifamiliar como símbolo de riqueza ha desalojado paulatinamente los centros históricos de las ciudades, potenciado el abuso del vehículo privado y fomentado el crecimiento urbano disperso. Así, las larguísimas calles que sirven a pocos vecinos han sido olvidadas por los peatones, convirtiéndolas en lugares mal iluminados y hostiles para estos. Además, la escasez de núcleos densos de actividad ha dificultado enormemente los esfuerzos de implementación de un sistema de transporte público eficiente, lo cual tiene repercusiones evidentes en la sociedad puertorriqueña. Se ha establecido un círculo vicioso donde lo público se ha abandonado, convirtiéndolo en pobre, poco deseable y mal visto.



# Anejo I Planos

## PLANOS DE ELABORACIÓN PROPIA

### Organización del territorio:

Plano 01. Municipios Puerto Rico

Plano 02. Municipios, barrios y distritos censales

### Puerto Rico:

Plano 03. Total de población

Plano 04. Pobreza

Plano 05. Tiempo medio en llegar al trabajo

### San Juan:

Plano 06. Situación línea Tren Urbano

Plano 07. Topografía y cambios de cota línea

Plano 08. Lugares de interés

Plano 09. Comparación aparcamiento y zonas verdes

Plano 10. Situación *caseríos* (urbanizaciones de viviendas públicas)

Plano 11. Total de población

Plano 12. Edad media

Plano 13. Población con 65 o más años de edad

Plano 14. Población extranjera

Plano 15. Pobreza

Plano 16. Ingresos medios

Plano 17. Personas que no disponen de un vehículo privado

Plano 18. Personas que están desempleadas

Plano 19. Tiempo medio en llegar al trabajo

Plano 20. Personas que van al trabajo en vehículo privado no compartido

Plano 21. Personas que van al trabajo en vehículo privado compartido

Plano 22. Personas que van al trabajo en transporte público

Plano 23. Personas que van al trabajo andando

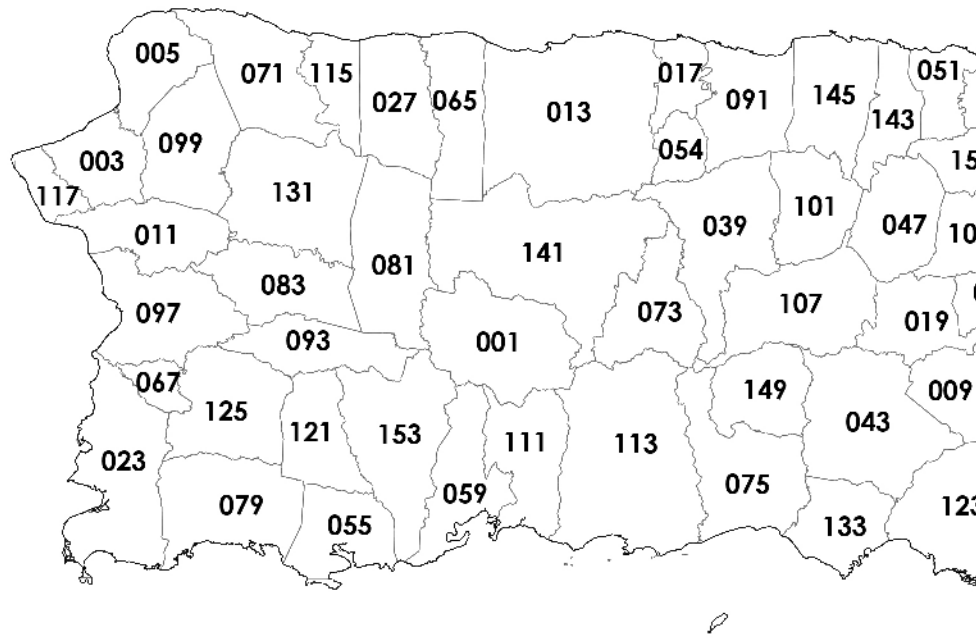
Plano 24. Número total de viviendas

Plano 25. Viviendas vacías

Plano 26. Valor medio de las viviendas

Plano 27. Valor medio del alquiler de las viviendas

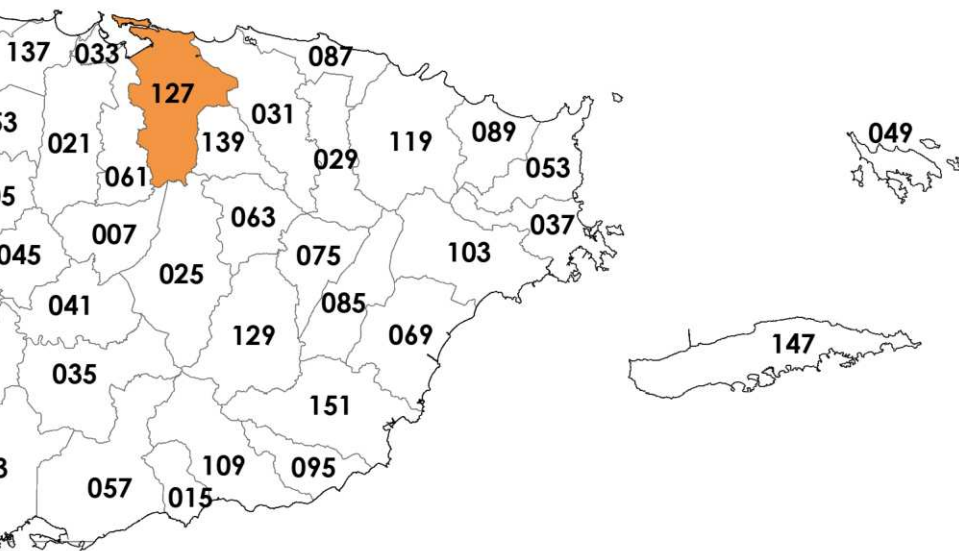
Plano 28. Plano global de usos



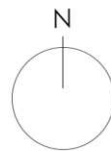
## Plano 01 Municipios Puerto Rico

*78 municipios designado por su código FIPS*

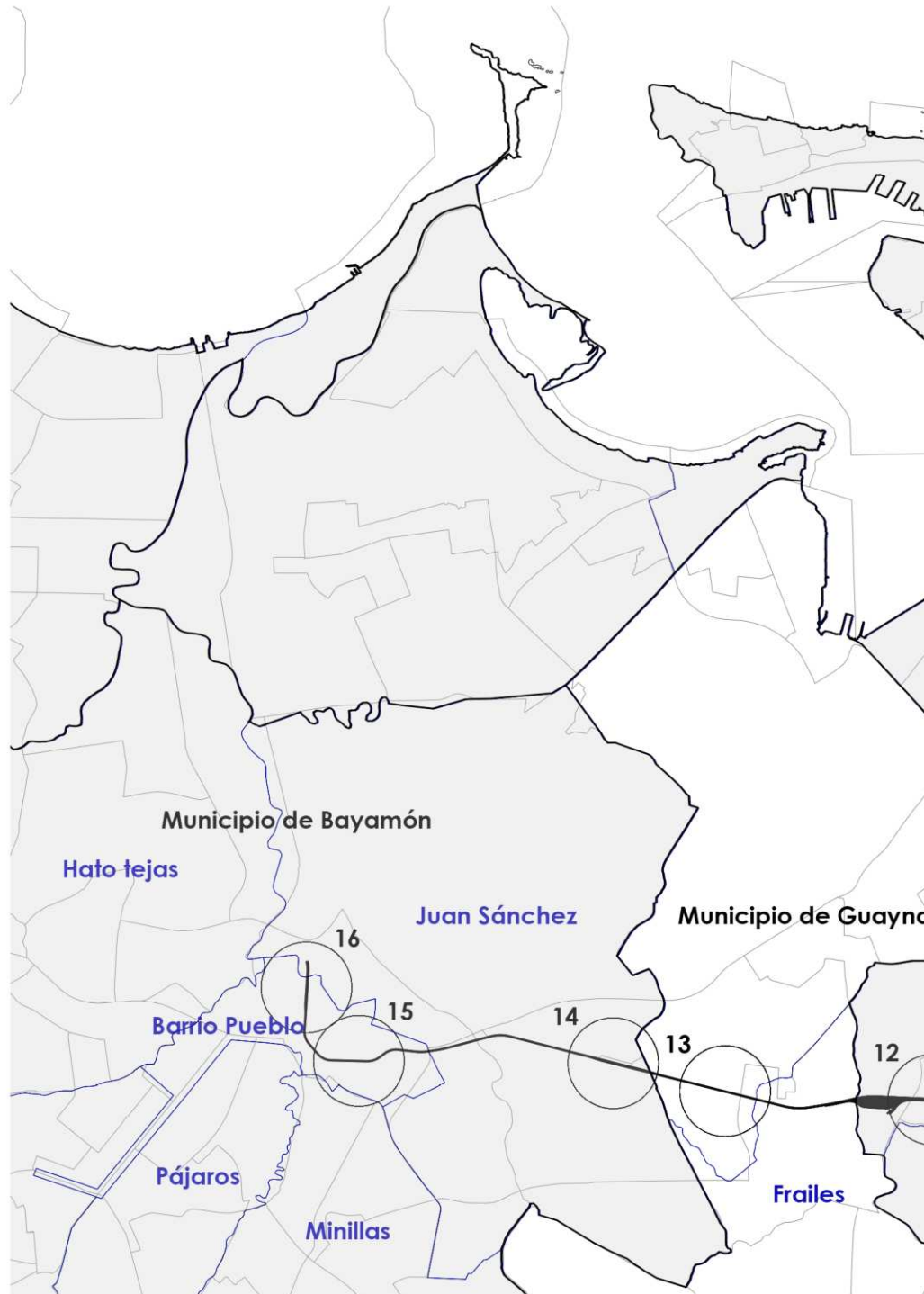
**001**Adjuntas **003** Aguada **005** Aguadilla **007** Aguas Buenas **009** Aibonito **011**Añapa  
**021**Bayamón **023** Cabo Rojo **025** Caguas **027** Camuy **029** Canóvanas **031**Caroli  
**043** Coamo **045** Comerío **047** Corozal **049** Culebra **051** Dorado **053** Fajardo **054**  
**061** Guaynabo **063** Gurabo **065** Hatillo **067** Hormigueros **069** Humacao **071** Isab  
**083** Las Marías **085** Las Piedras **087** Loíza **089** Luquillo **091**Manatí **093** Maricao **095**  
**105** Naranjito **107** Orocovis **109** Patillas **111** Peñuelas **113** Ponce **115** Quebradilla  
**125** San Germán **127** San Juan **129** San Lorenzo **131** San Sebastián **133** Santa Isa  
**143** Vega Alta **145** Vega Baja **147** Vieques **149** Villalba **151** Yabucoa **153** Yauco



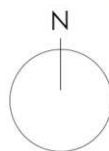
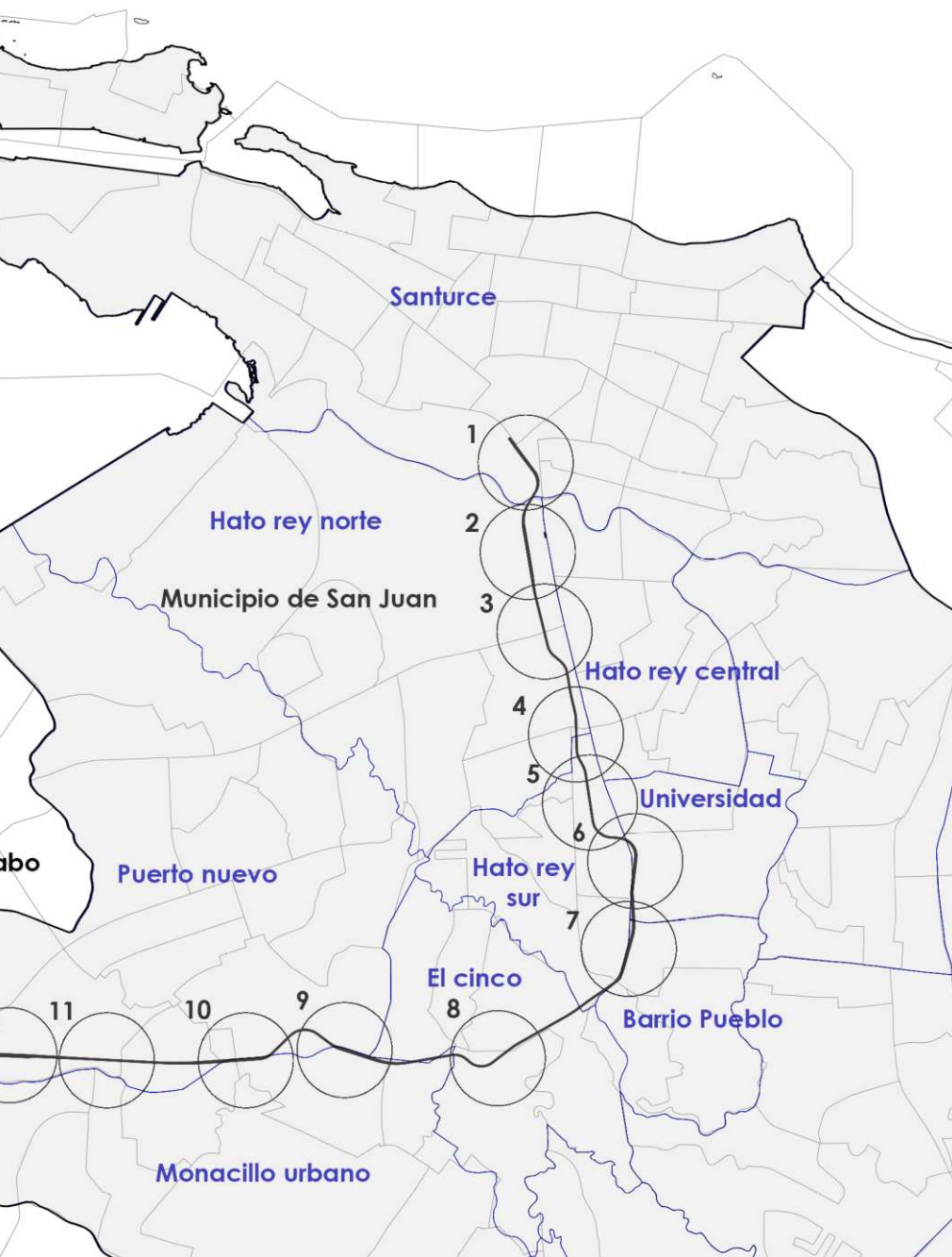
asco **013** Arecibo **015** Arroyo **017** Barceloneta **019** Barranquitas  
 ina **033** Cataño **035** Cayey **037** Ceiba **039** Ciales **041** Cidra  
 Florida **055** Guánica **057** Guayama **059** Guayanilla  
 ela **073** Jayuya **075** Juana Díaz **077** Juncos **079** Lajas **081** Lares  
**095** Maunabo **097** Mayagüez **099** Moca **101** Morovis **103** Naguabo  
 s **117** Rincón **119** Río Grande **121** Sabana Grande **123** Salinas  
 bel **135** Toa Alta **137** Toa Baja **139** Trujillo Alto **141** Utuado



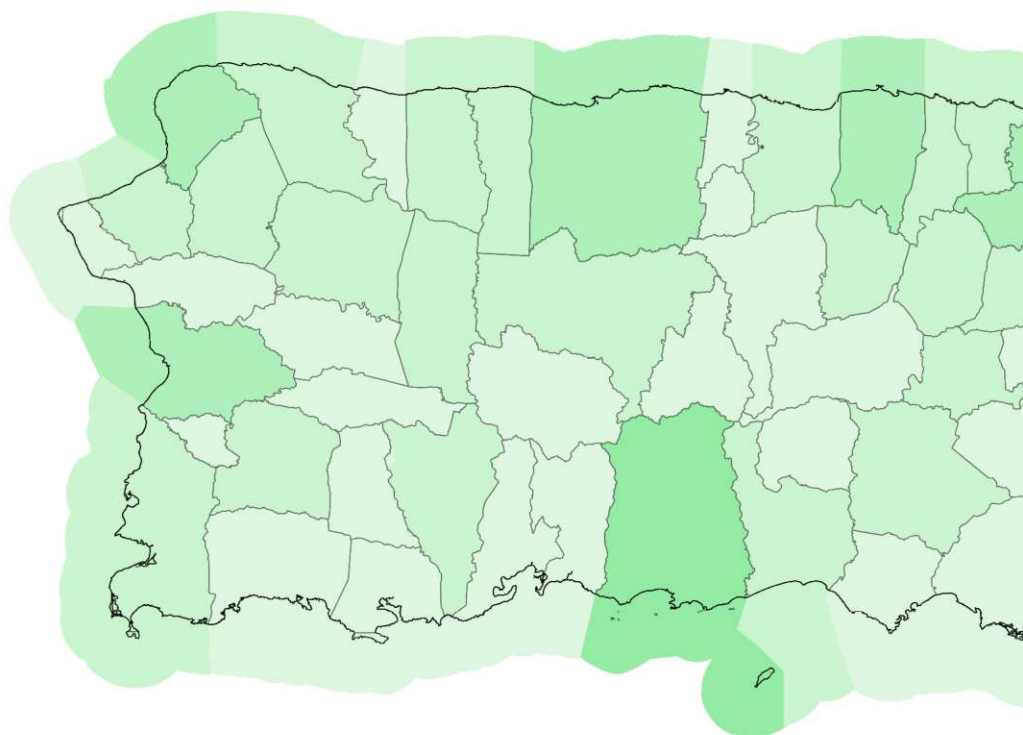
Escala: 1/8500 m



Plano 02 Municipios, barrios y distritos censales



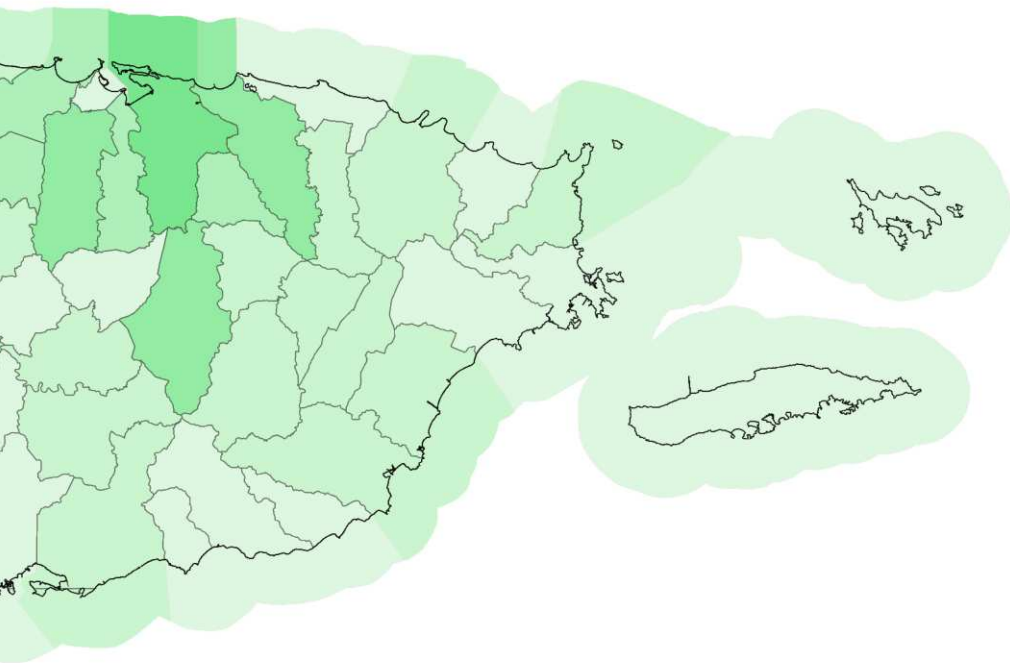
Escala: 1/600 m



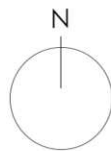
### Plano 03 Total de población

*Estimación de las personas que habitualmente residen en el área*

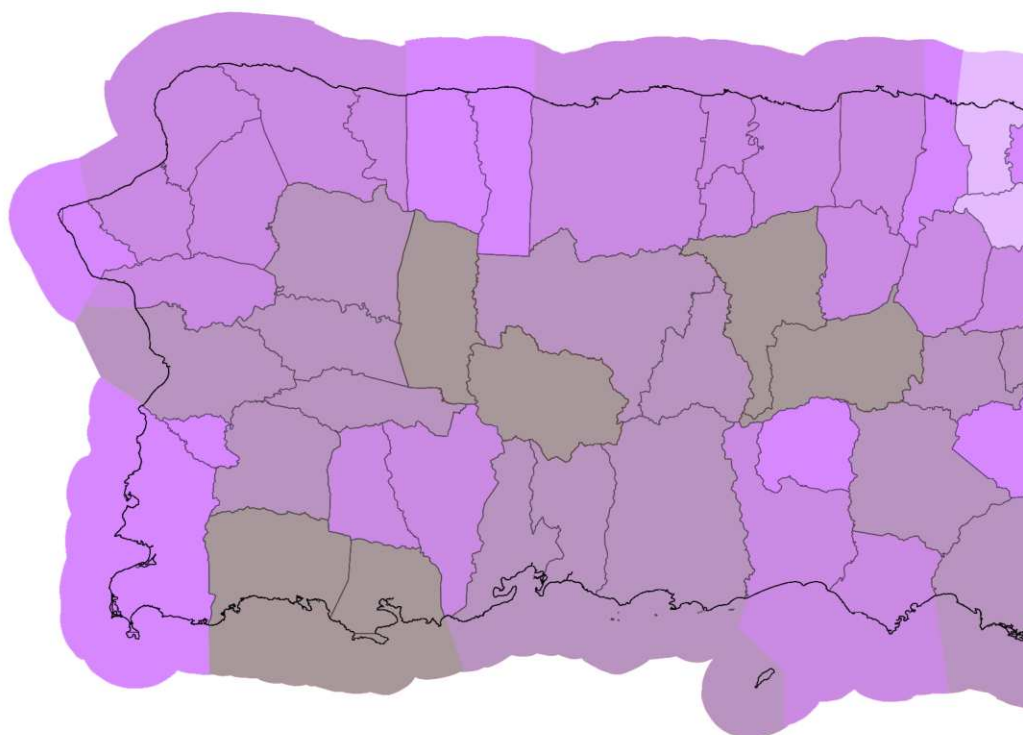




4 - 184.326 ■ 184.326 - 340.903



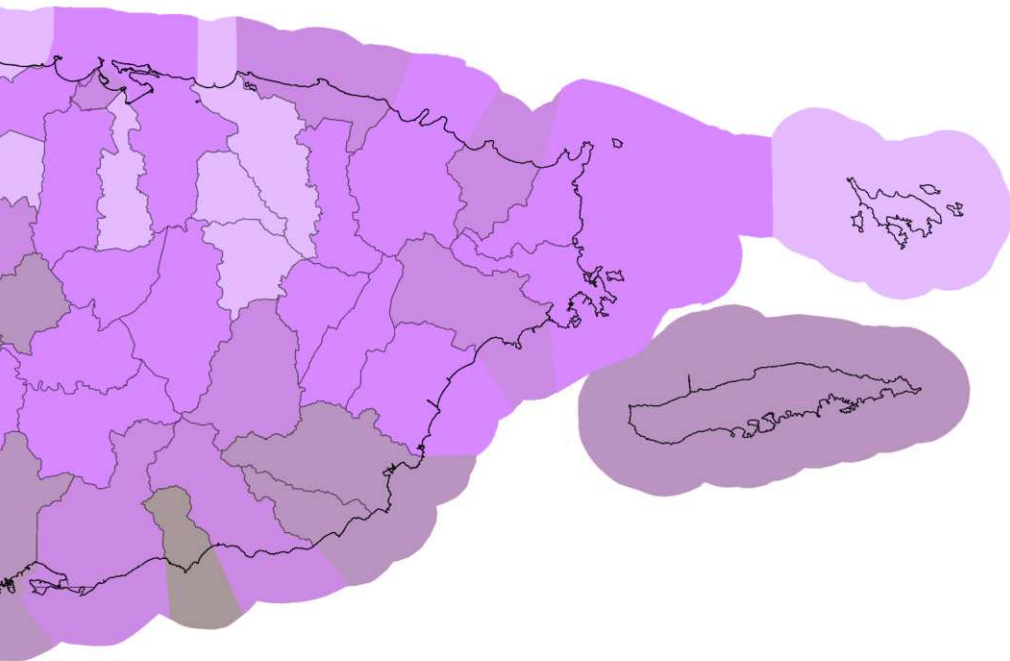
Escala: 1/8500 m



## Plano 04 Pobreza

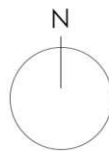
Porcentaje de familias o personas individuales cuyos ingresos están por debajo del nivel de pobreza según el tamaño y la composición de la familia



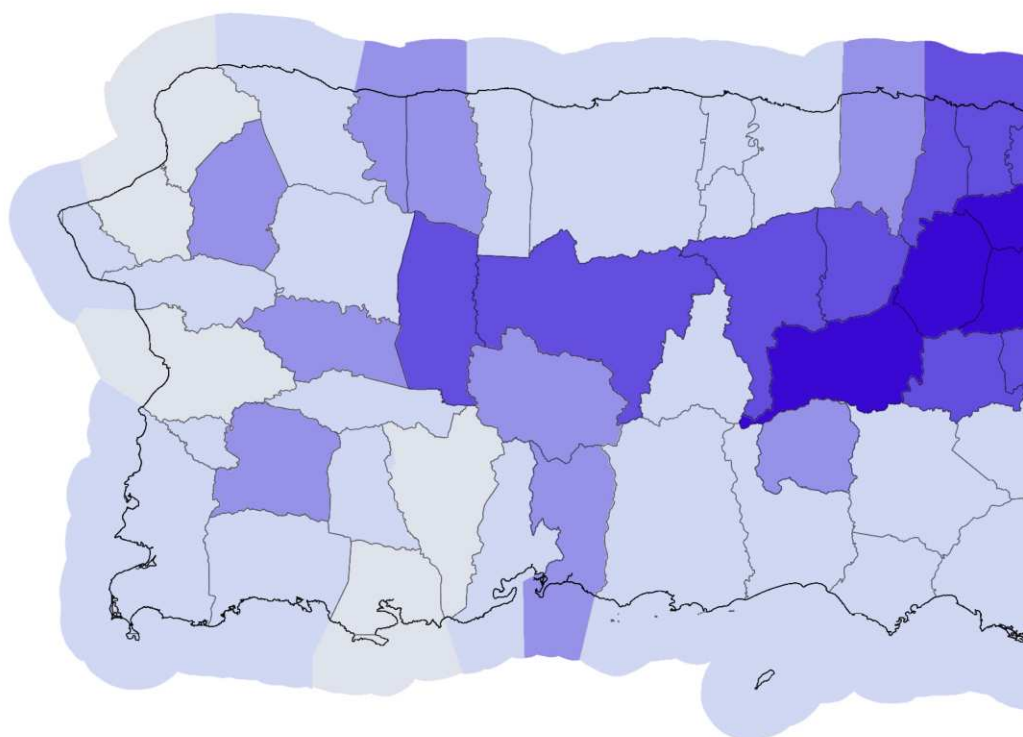


án por debajo del umbral de pobreza que varía

66,3



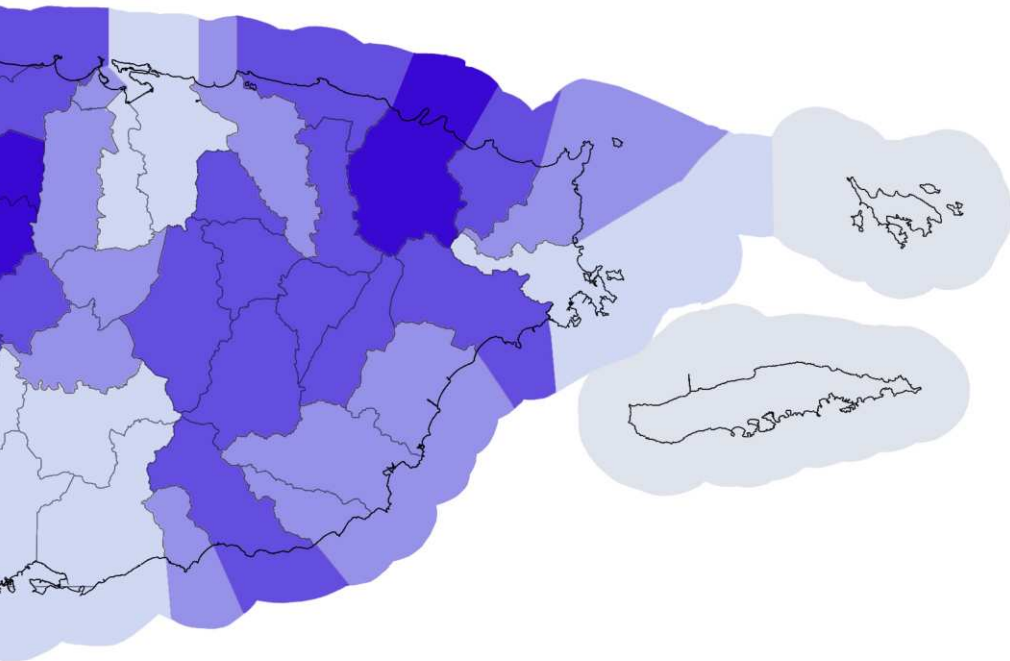
Escala: 1/8500 m



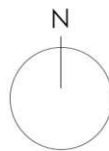
### Plano 05 Tiempo medio en llegar al trabajo

*Media de tiempo que tardan los habitantes del área en llegar al*

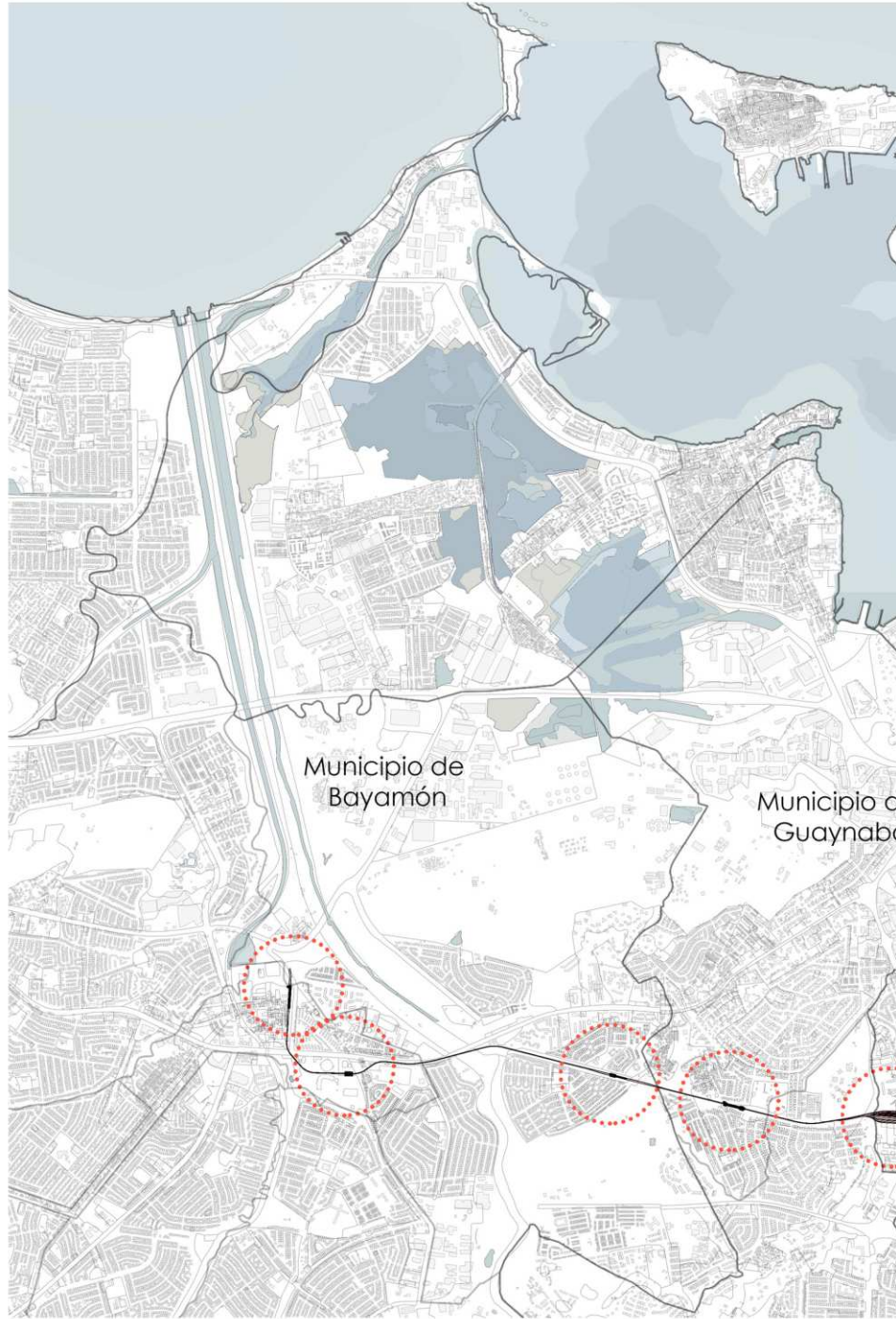




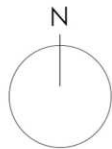
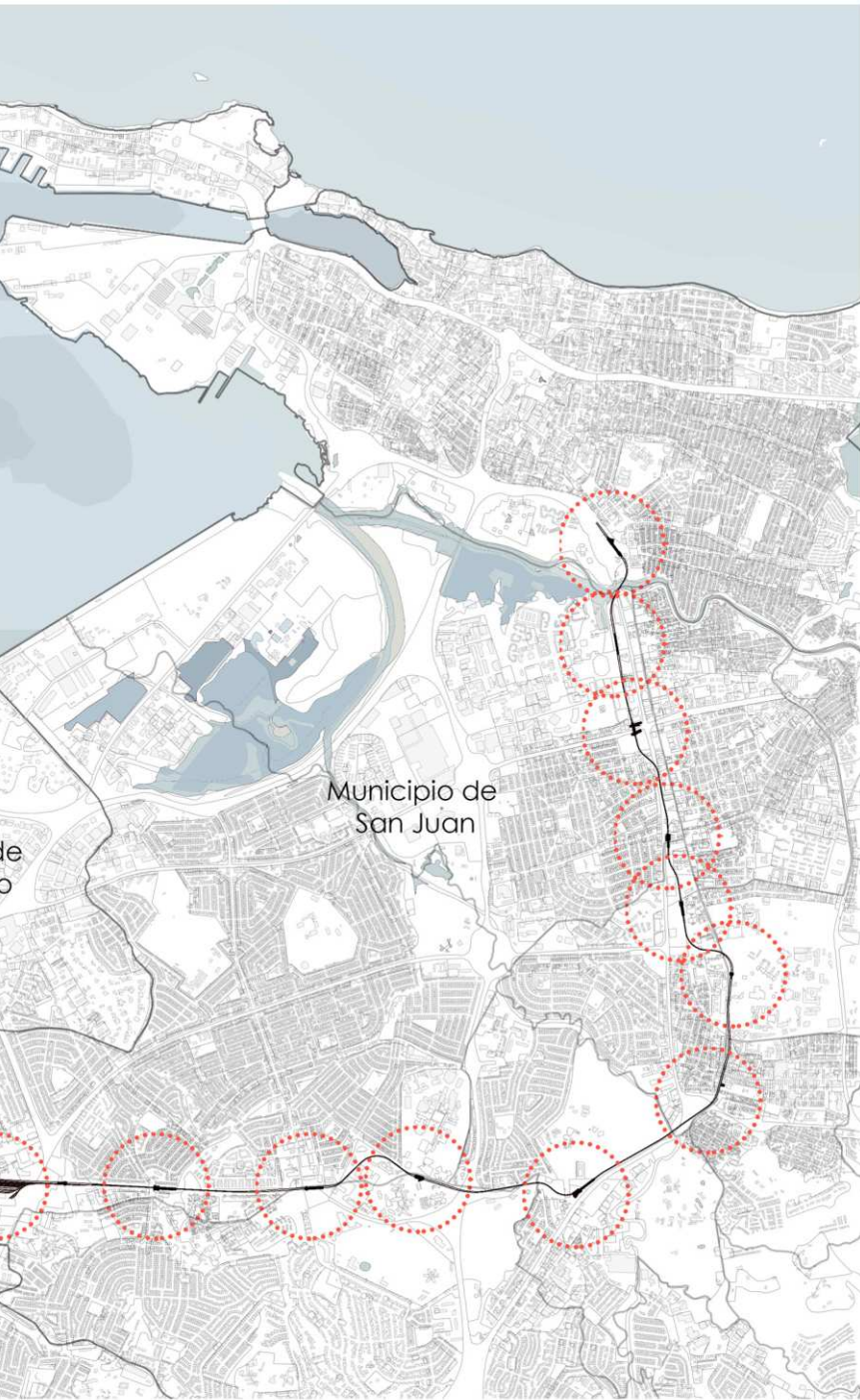
trabajo, expresado en minutos



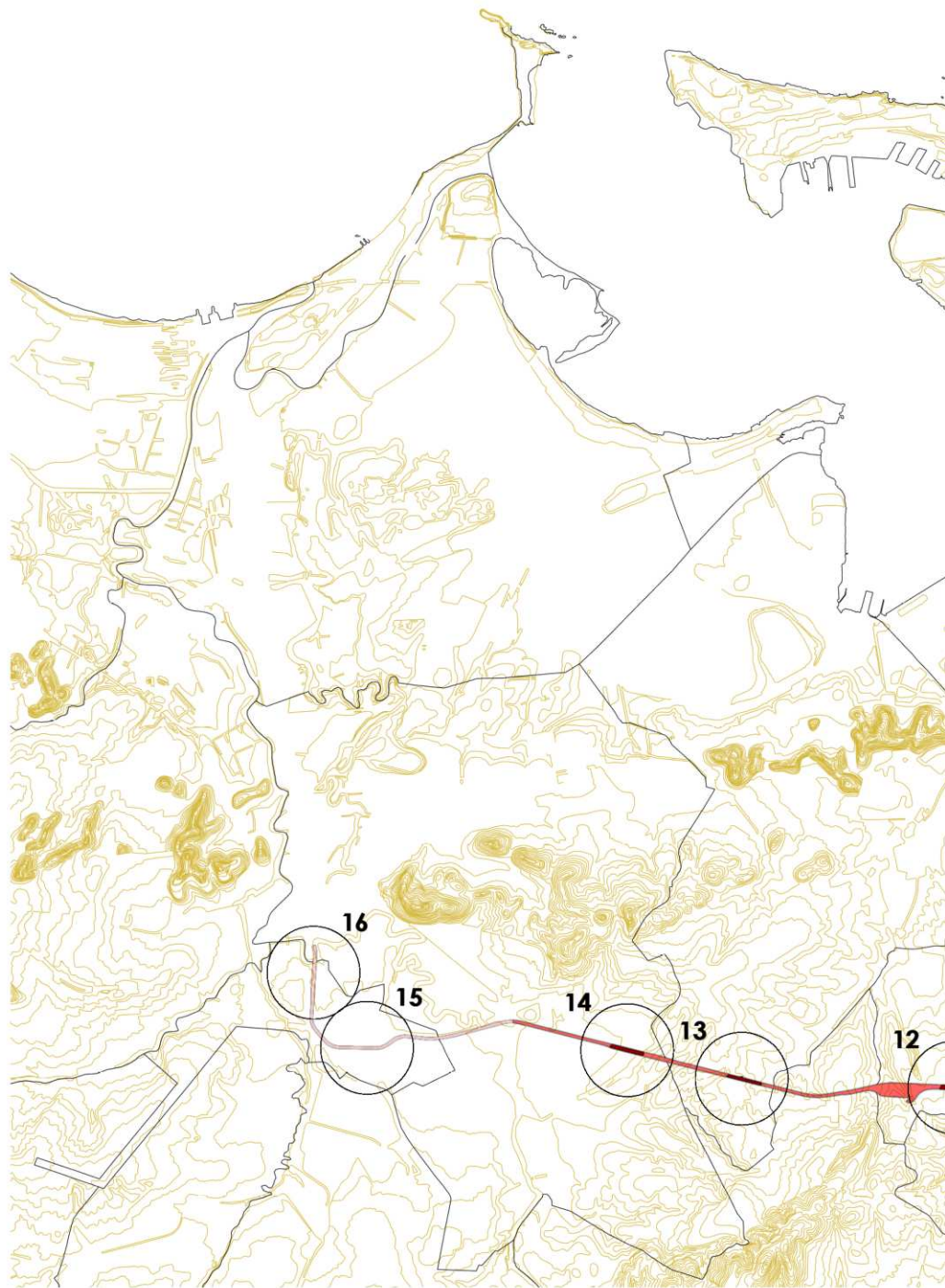
Escala: 1/8500 m



Plano 06 Situación línea Tren Urbano

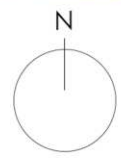
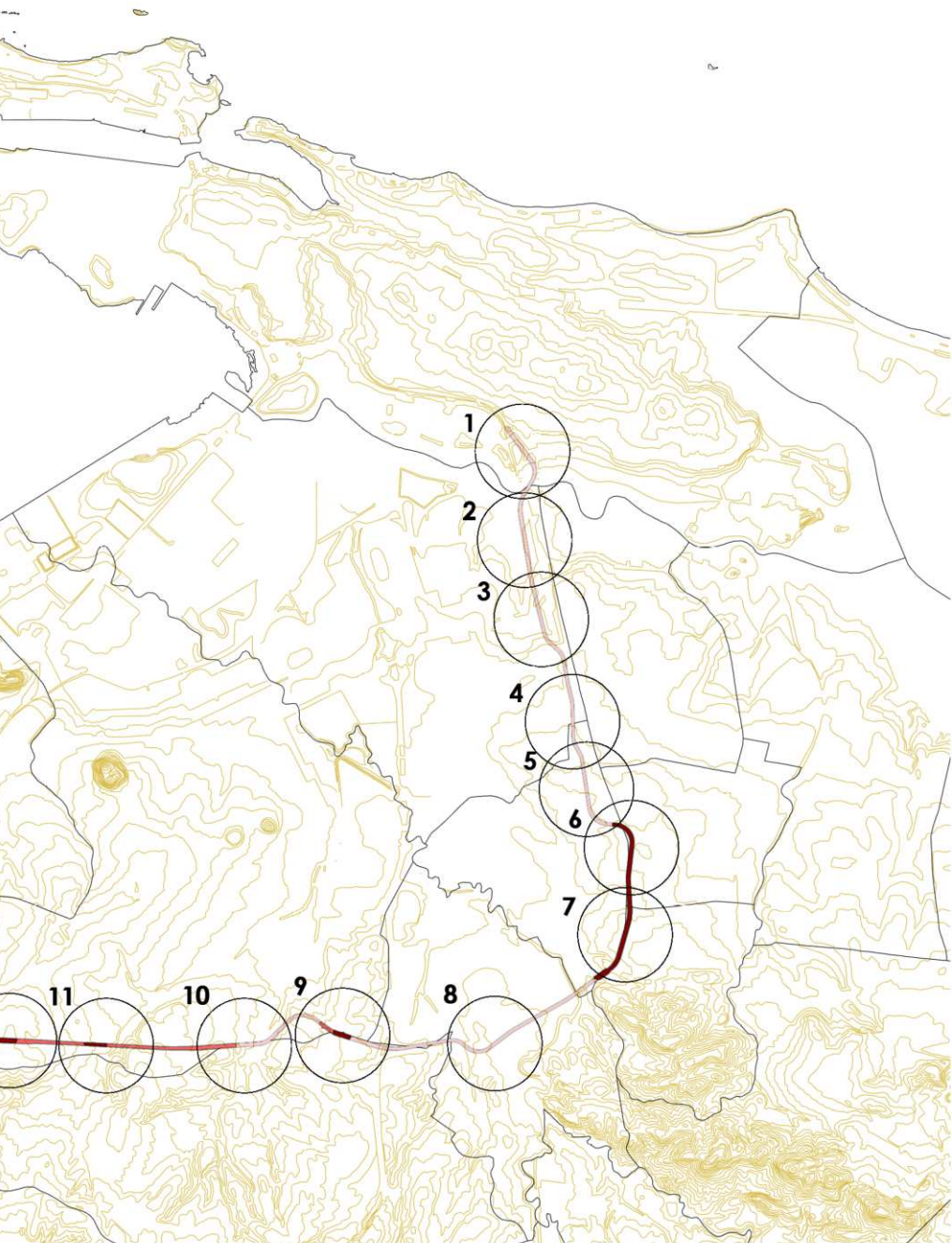


Escala: 1/600 m

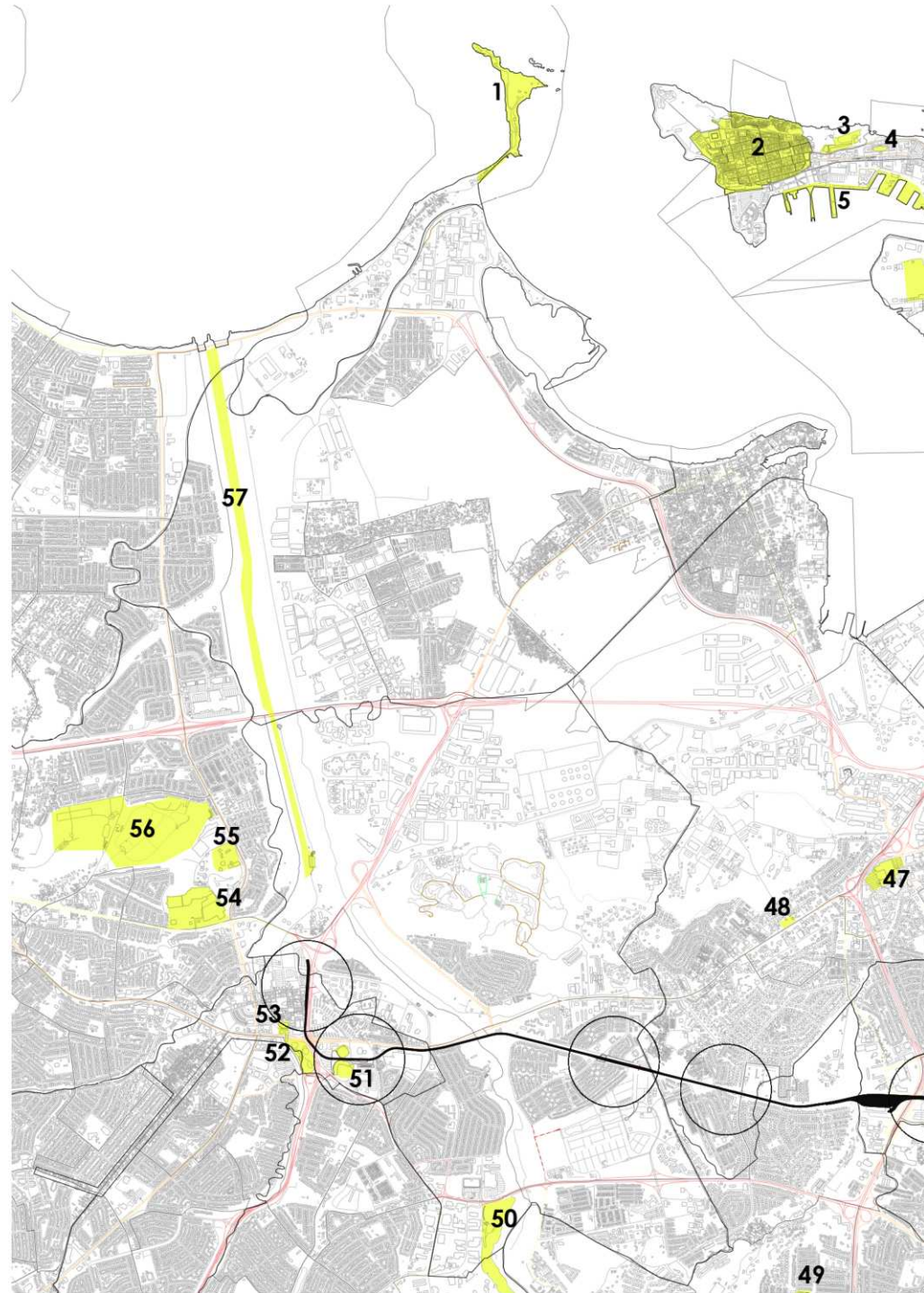


Plano 07 Topografía y cambios cota línea

■ Elevado ■ Cota 0 ■ Subterráneo

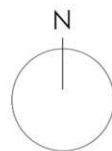
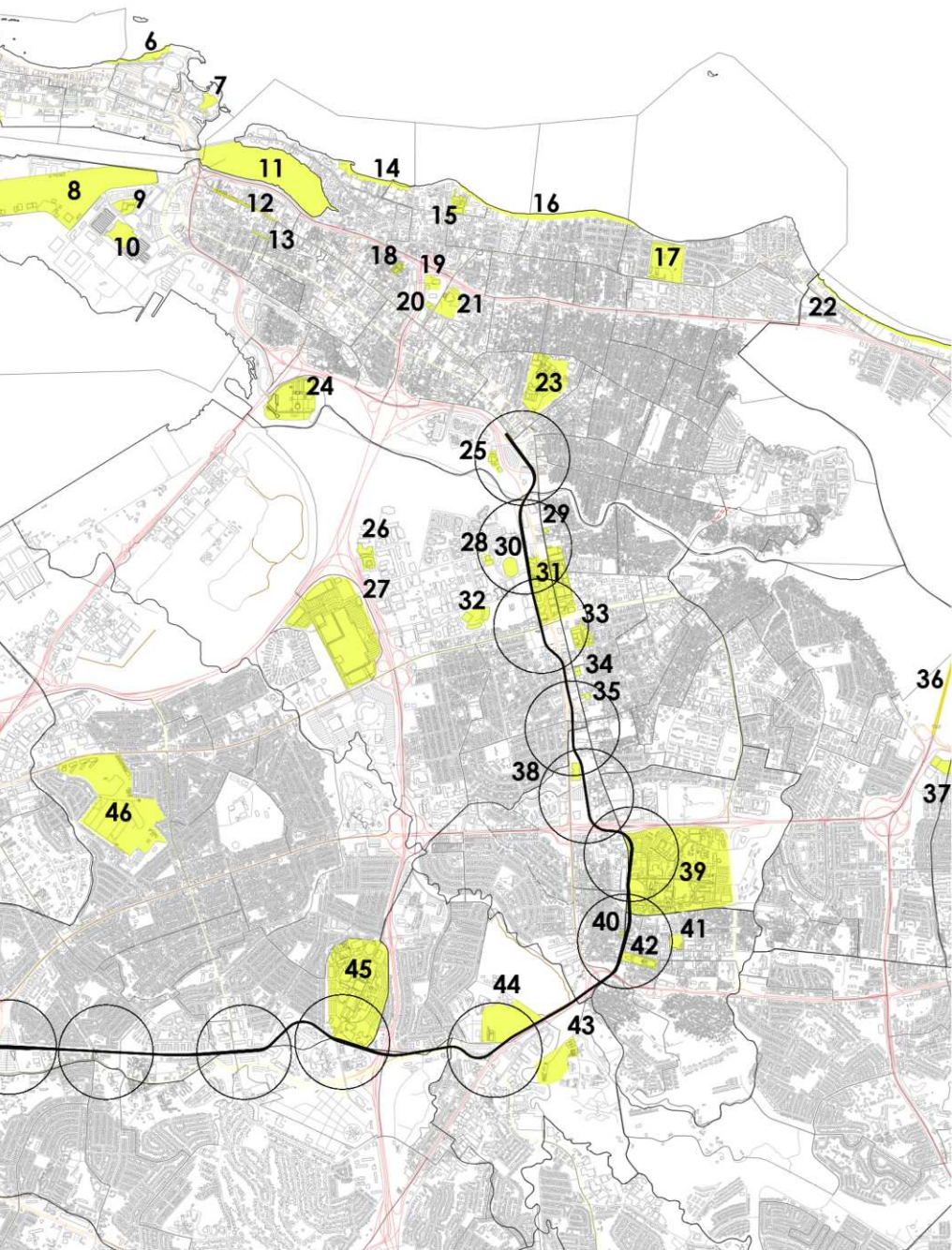


Escala: 1/600 m



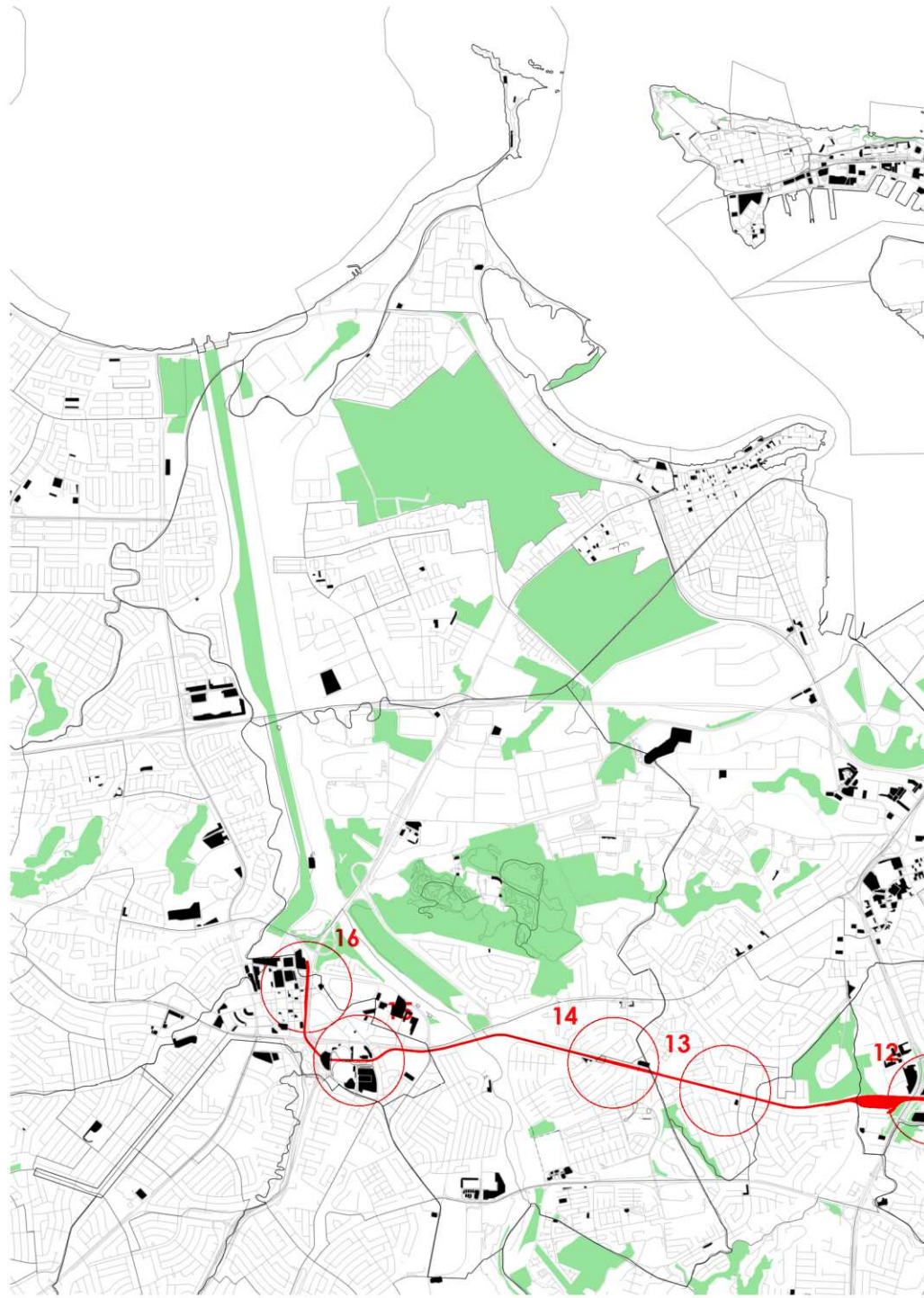
## Plano 08 Lugares de interés

**1.**Palo Seco **2.**Viejo San Juan y La Perla **3.**Castillo de San Cristóbal **4.**El capitolio  
**7.**Hotel Caribe Hilton **8.**Aeropuerto Regional Comandante Fernando Luis Ribas  
 Rosselló González **11.**Laguna del Condado **12.**Calle Miramar **13.**Santurce Art W  
 Ocean Park **17.**Hospital Ashford **18.**La placita de Santurce **19.**Centro Gubernar  
 Transportación y Obras Públicas de Puerto Rico **21.**Jardín Botánico y Museo de  
**24.**Parque Central de San Juan **25.**YMCA San Juan **26.**División Legal del Depar  
 Estatal de Elecciones de Puerto Rico **29.**Instituto de Banca y Comercio **30.**Colis  
 Libre de Música Ernesto Ramos Antonini **33.**Universidad Politécnica de Puerto R  
 Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín) **37.**The Mall of San Juan **38.**Centro  
 Paradise **41.**Plaza del mercado de Río Piedras **42.**Plaza de la Convalecencia de F  
 de Puerto Rico **44.**Cementerio Villa Nevárez **45.**Centro Médico de Puerto Rico  
 gico de Caparra **49.**Centro comercial: Plaza Guaynabo **50.**Río Bayamón Golf  
 Central de Bayamón **53.**Casa Alcaldía de Bayamón y Teatro Braulio Castillo**54.**  
 Porta Coeli **57.**Parque Lineal Río Bayamón



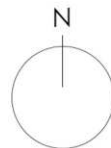
**5.**Zona portuaria y terminal de cruceros **6.** Balneario del Escambrón  
**7.** Centro comercial: Plaza del Sol **8.** Bosque San Patricio **9.** Distrito T-Mobile **10.** Centro de Convenciones Pedro  
 Vial **11.** Playa de Condado **12.** Parque La ventana al mar **13.** Playa  
 mental Roberto Sánchez Vilella (Minillas) **14.** Playa  
 de Condado **15.** Parque La ventana al mar **16.** Playa  
 mental Roberto Sánchez Vilella (Minillas) **17.** Playa  
 de Condado **18.** Parque La ventana al mar **19.** Playa  
 mental Roberto Sánchez Vilella (Minillas) **20.** Departamento de  
 Arte de Puerto Rico **21.** Playa de Isla Verde **22.** Playa de Isla Verde **23.** Universidad del Sagrado Corazón  
 Departamento de Educación **24.** Centro comercial: Plaza Las Américas **25.** Comisión  
 de Puerto Rico José Miguel Agrelot **26.** Milla de Oro de San Juan **27.** Centro comercial: Plaza Las Américas **28.** Comisión  
 de Puerto Rico José Miguel Agrelot **29.** Milla de Oro de San Juan **30.** Escuela  
 Pío **31.** Milla de Oro de San Juan **32.** Escuela  
 Pío **33.** Hospital Pavía Hato Rey **34.** Hospital Pavía Hato Rey **35.** AEELA **36.** Puente Teodoro Moscoso (Conexión  
 Judicial de San Juan **37.** Universidad de Puerto Rico - Río Piedras **38.** Cine-Teatro  
 Río Piedras **39.** Universidad de Puerto Rico - Río Piedras **40.** Cine-Teatro  
 Río Piedras **41.** Antiguu Acueducto Río Piedras y Jardín Botánico de la Universidad  
**42.** Antiguu Acueducto Río Piedras y Jardín Botánico de la Universidad  
**43.** Antiguu Acueducto Río Piedras y Jardín Botánico de la Universidad  
**44.** Bosque San Patricio **45.** Bosque San Patricio **46.** Bosque San Patricio **47.** Centro comercial: San Patricio Plaza **48.** Sitio Arqueoló-  
 gico **49.** Coliseo Rubén Rodríguez y Estadio Juan Ramón Loubriel **50.** Parque  
 Centro comercial: Plaza del Sol **51.** Coliseo Rubén Rodríguez y Estadio Juan Ramón Loubriel **52.** Parque  
 Centro comercial: Plaza del Sol **53.** Museo de Arte de Bayamón **54.** Cementerio  
**55.** Museo de Arte de Bayamón **56.** Cementerio

Escala: 1/600 m



Plano 09 Comparación aparcamiento y zonas verdes

■ Aparcamiento ■ Zonas verdes



Escala: 1/600 m

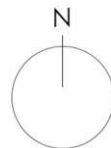


Plano 10 Situación caseríos (urbanizaciones de viviendas)

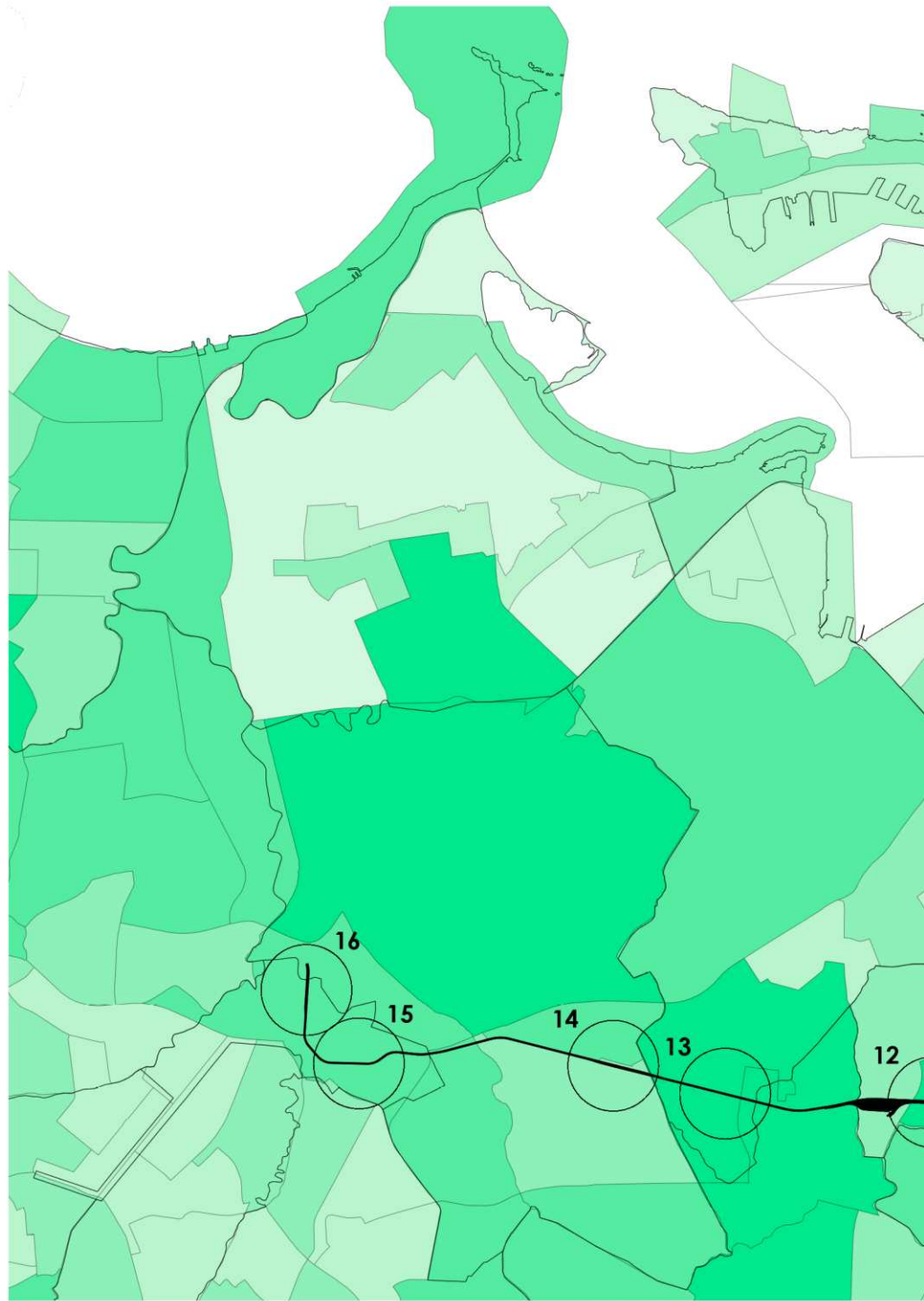
■ Caserios



s públicas)



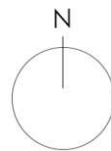
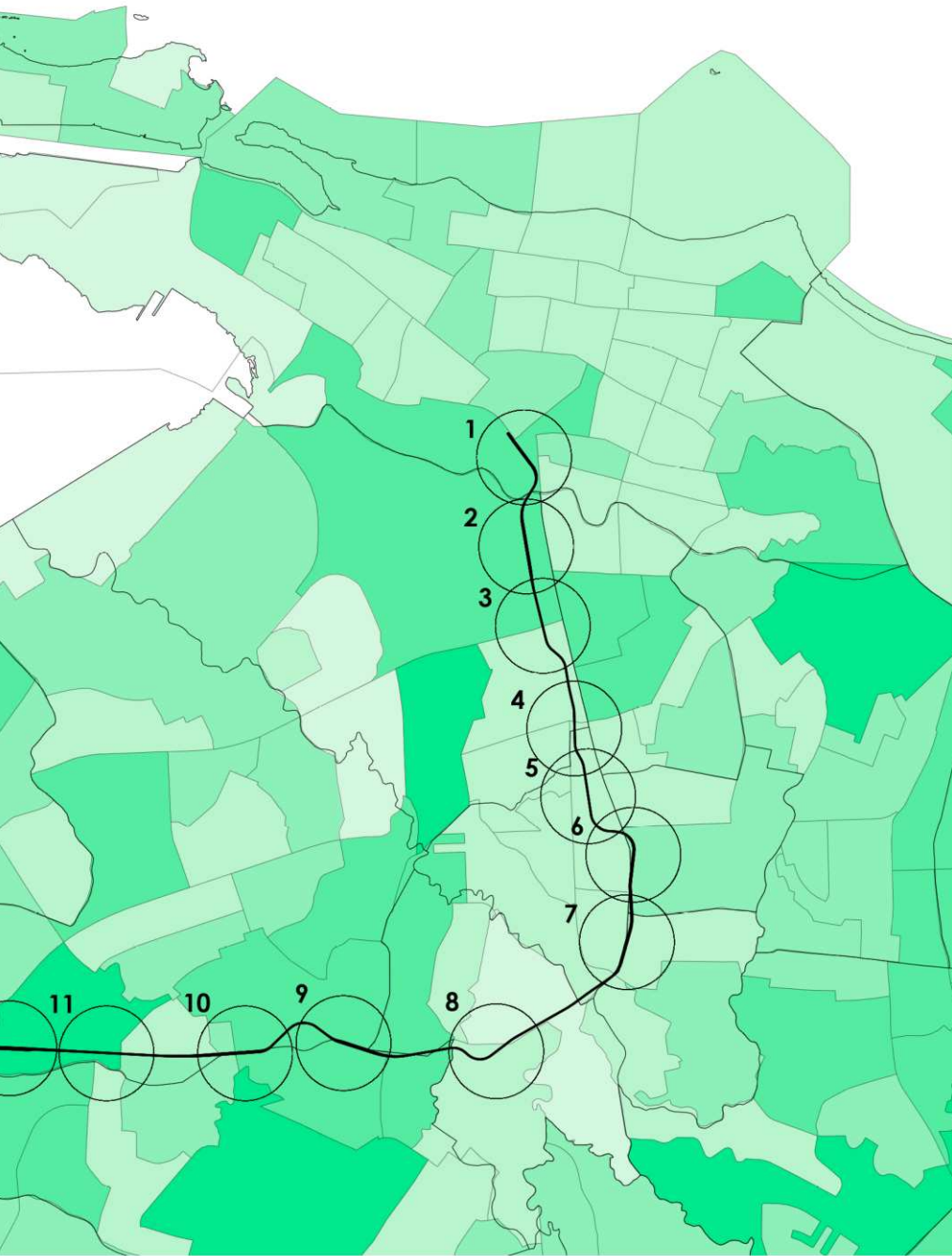
Escala: 1/600 m



### Plano 11 Total de población

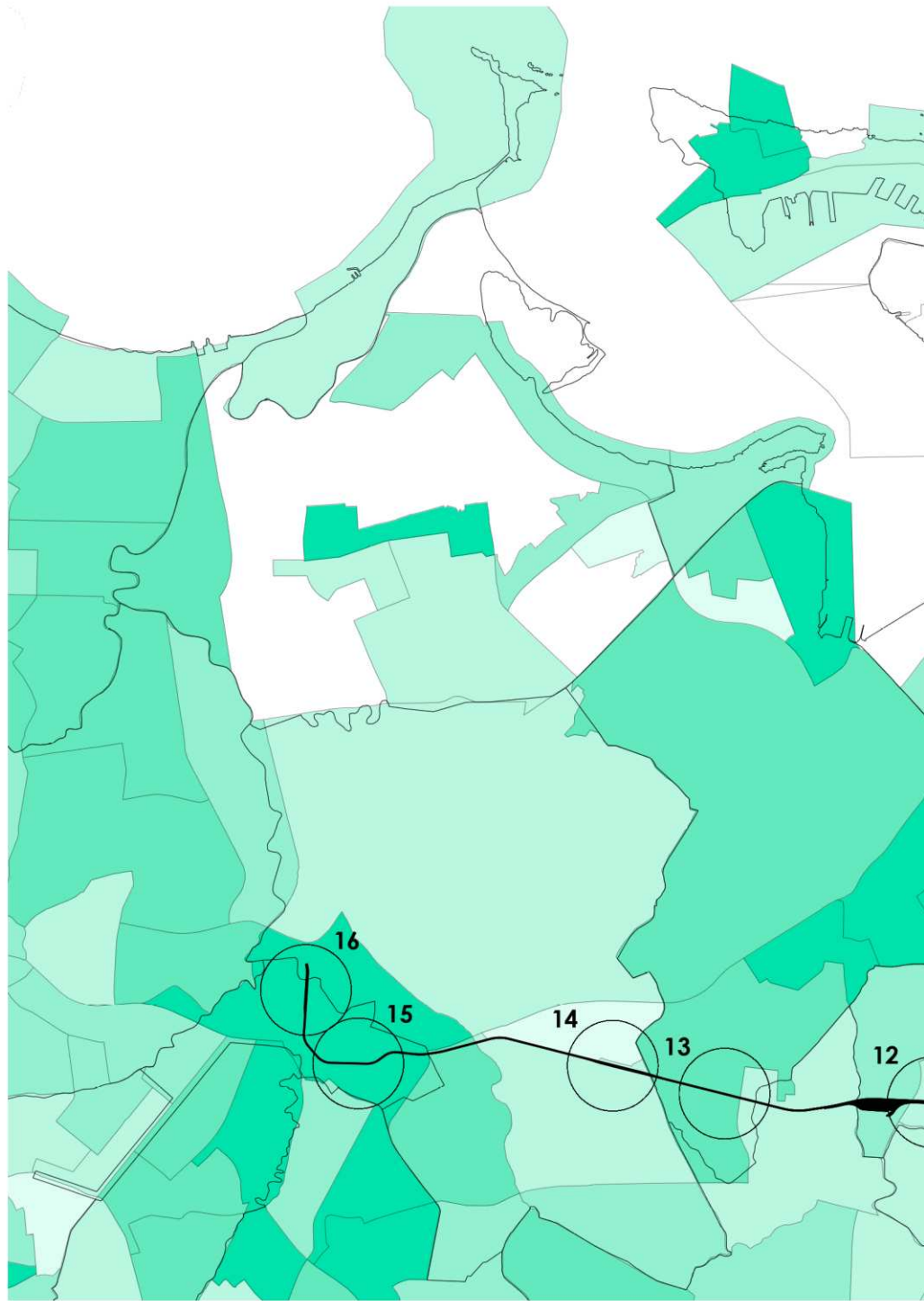
*Estimación de las personas que habitualmente residen en el área*





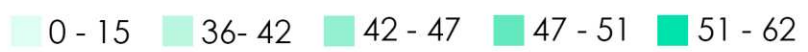
9.165

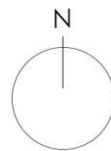
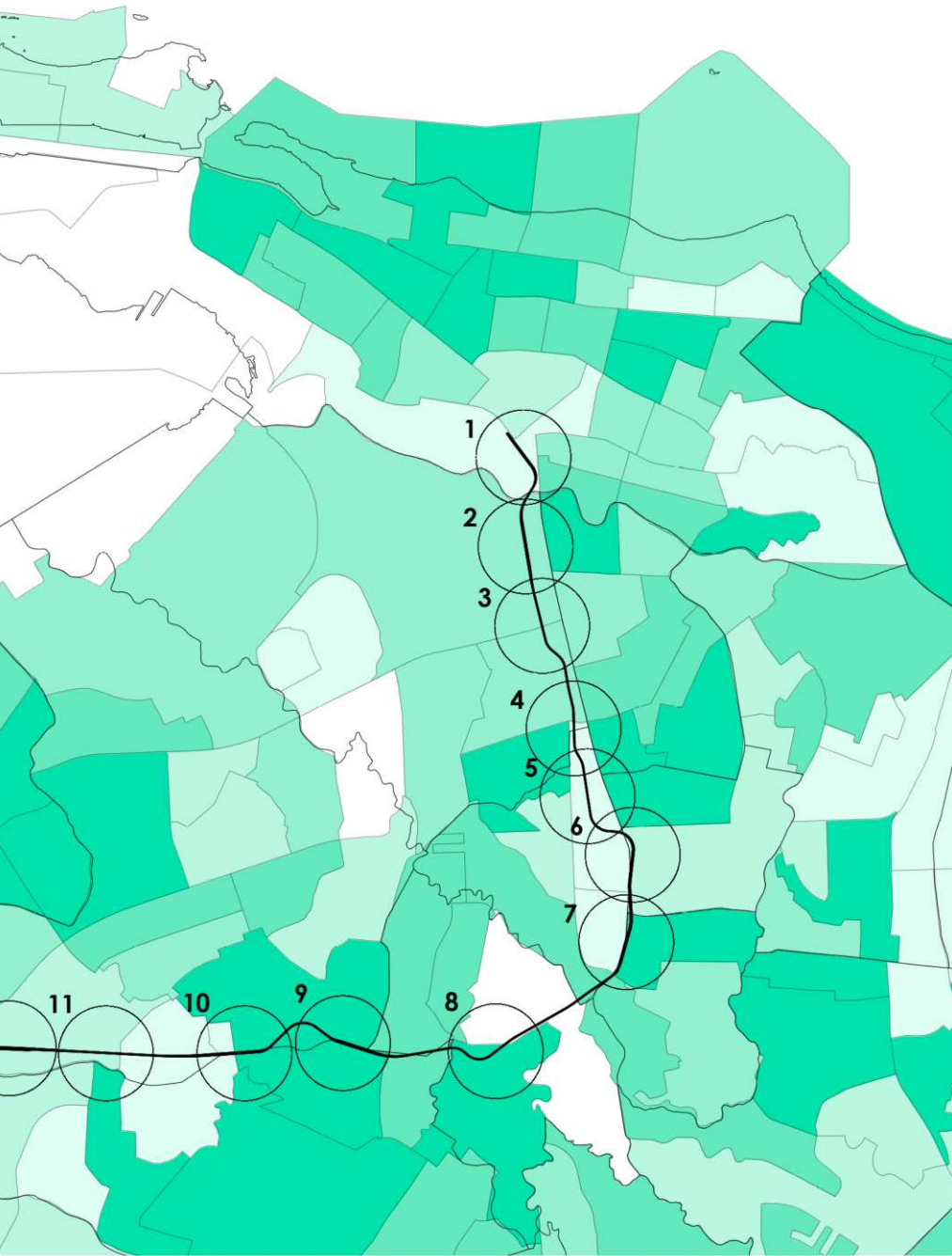
Escala: 1/600 m



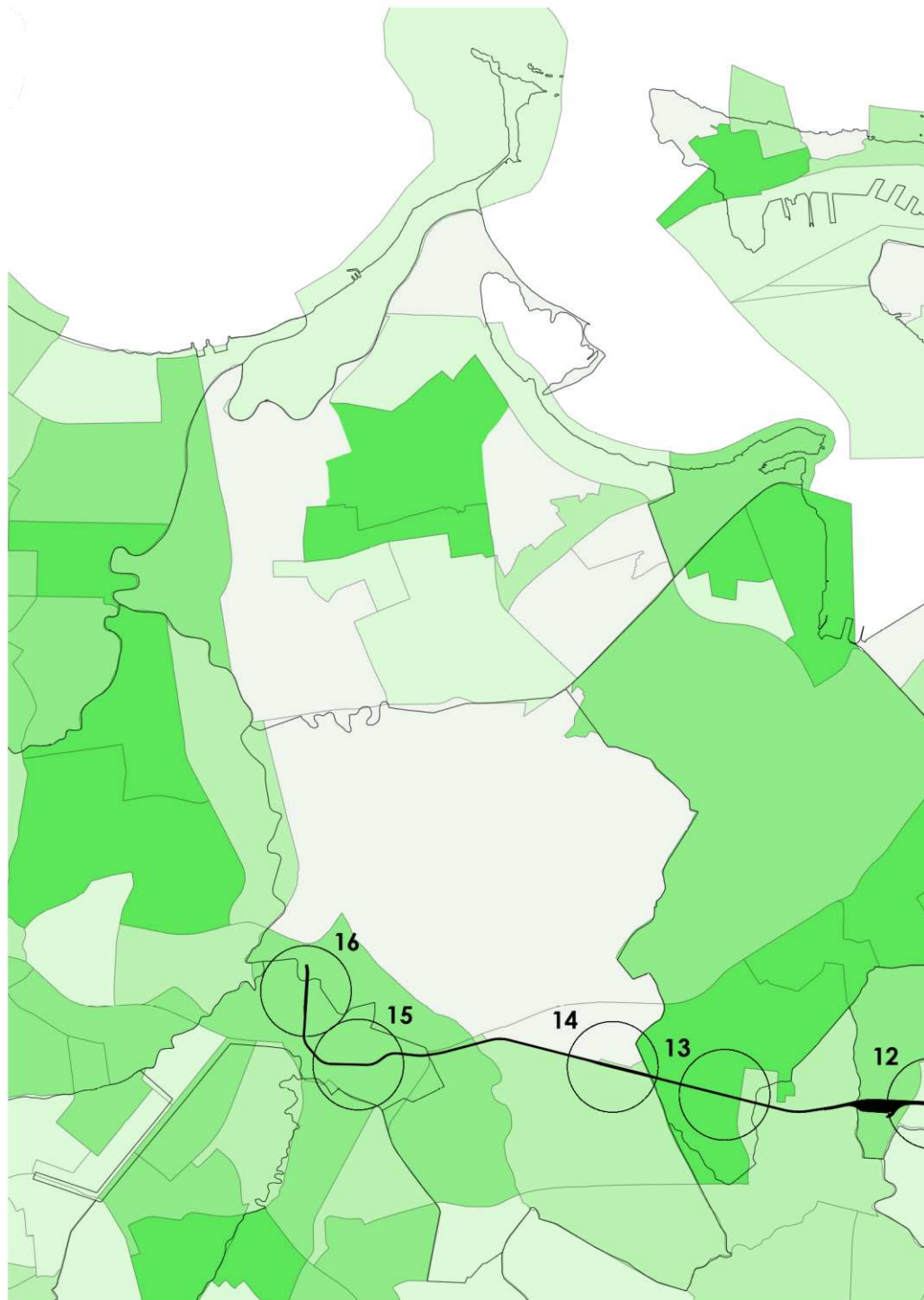
Plano 12 Edad media

*Edad media de las personas que habitualmente residen en el área*



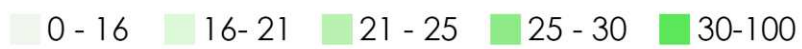


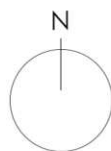
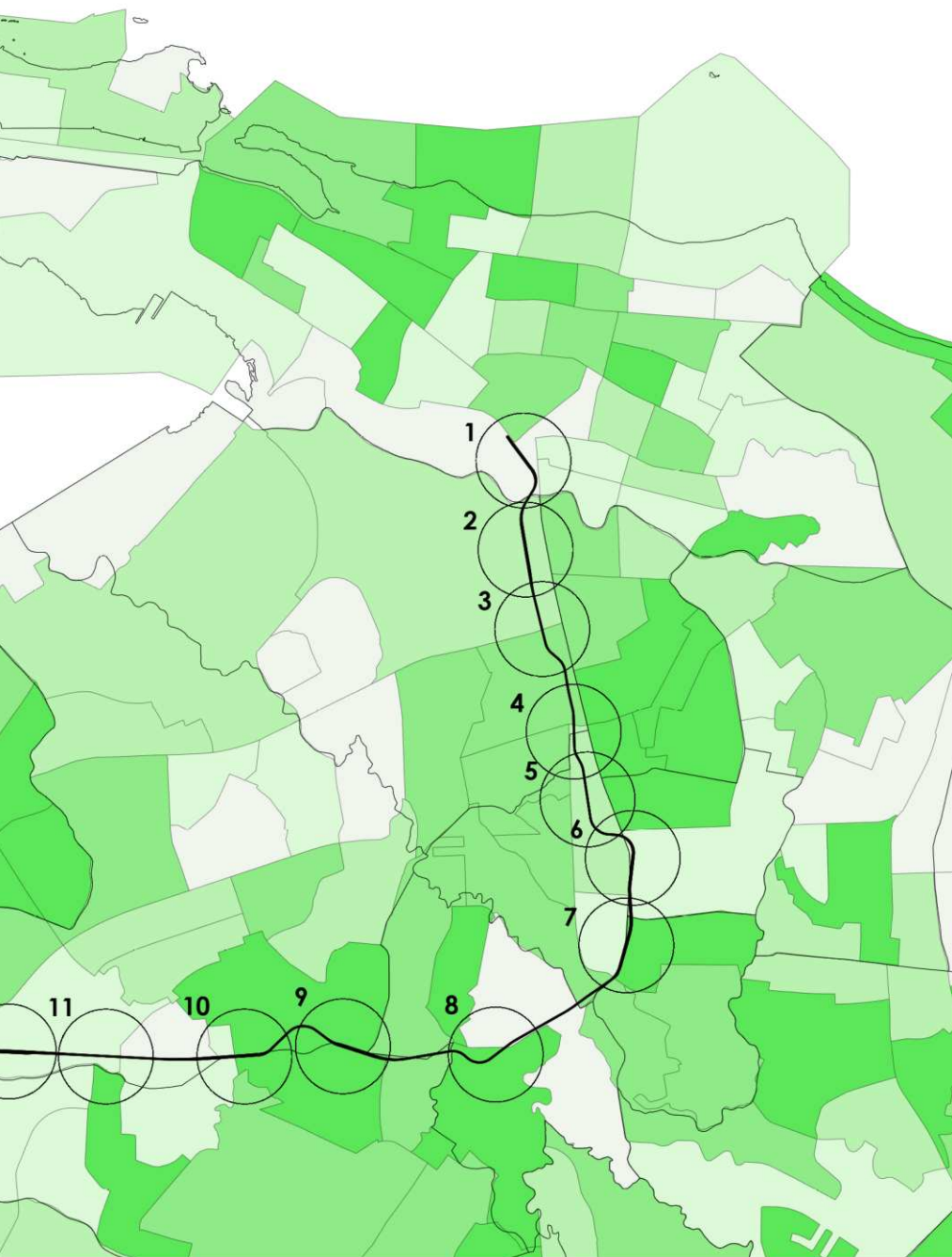
Escala: 1/600 m



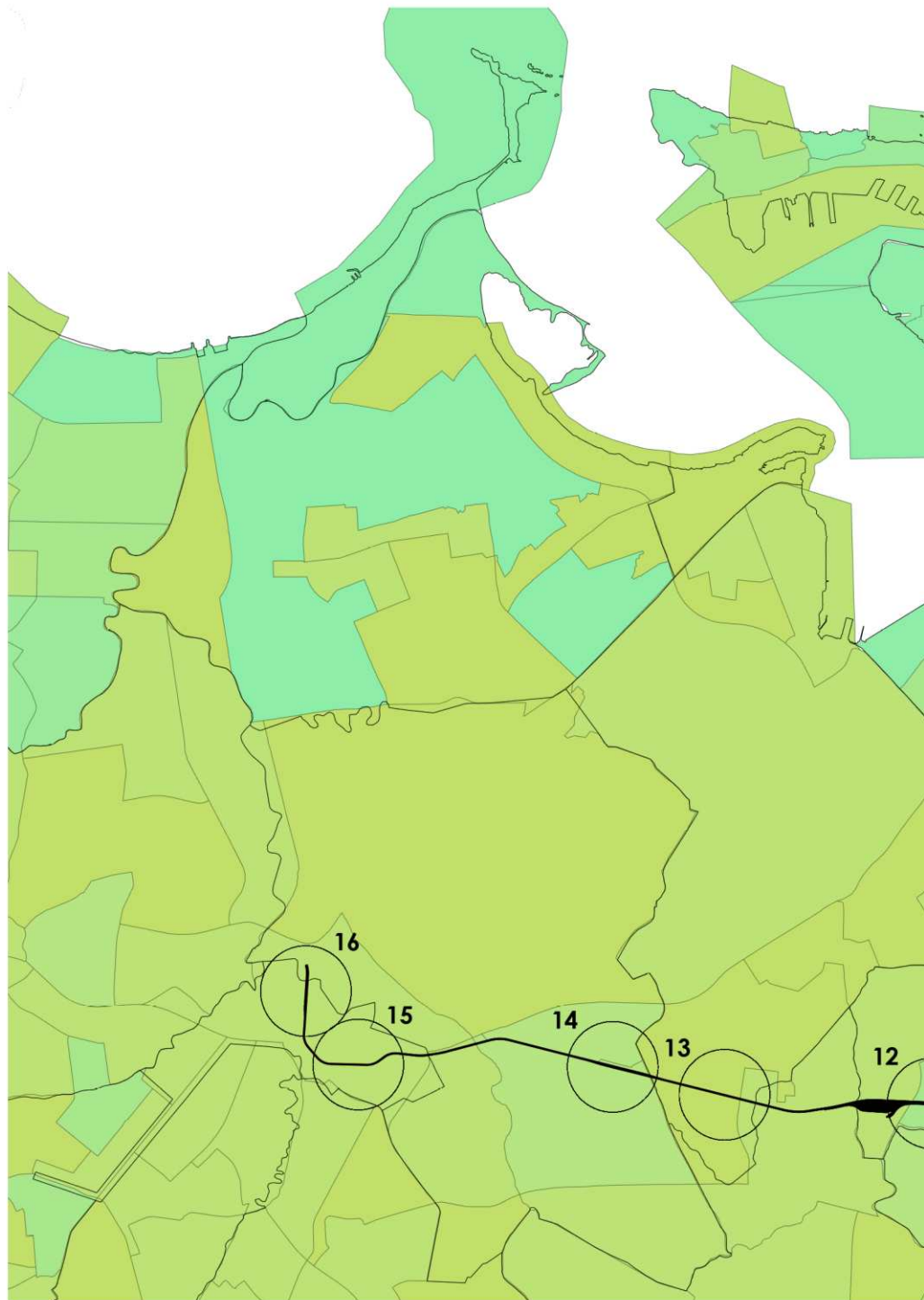
Plano 13 Población con 65 o más años de edad

*Porcentaje de personas con 65 o más años de edad en el área*





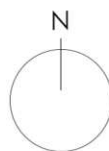
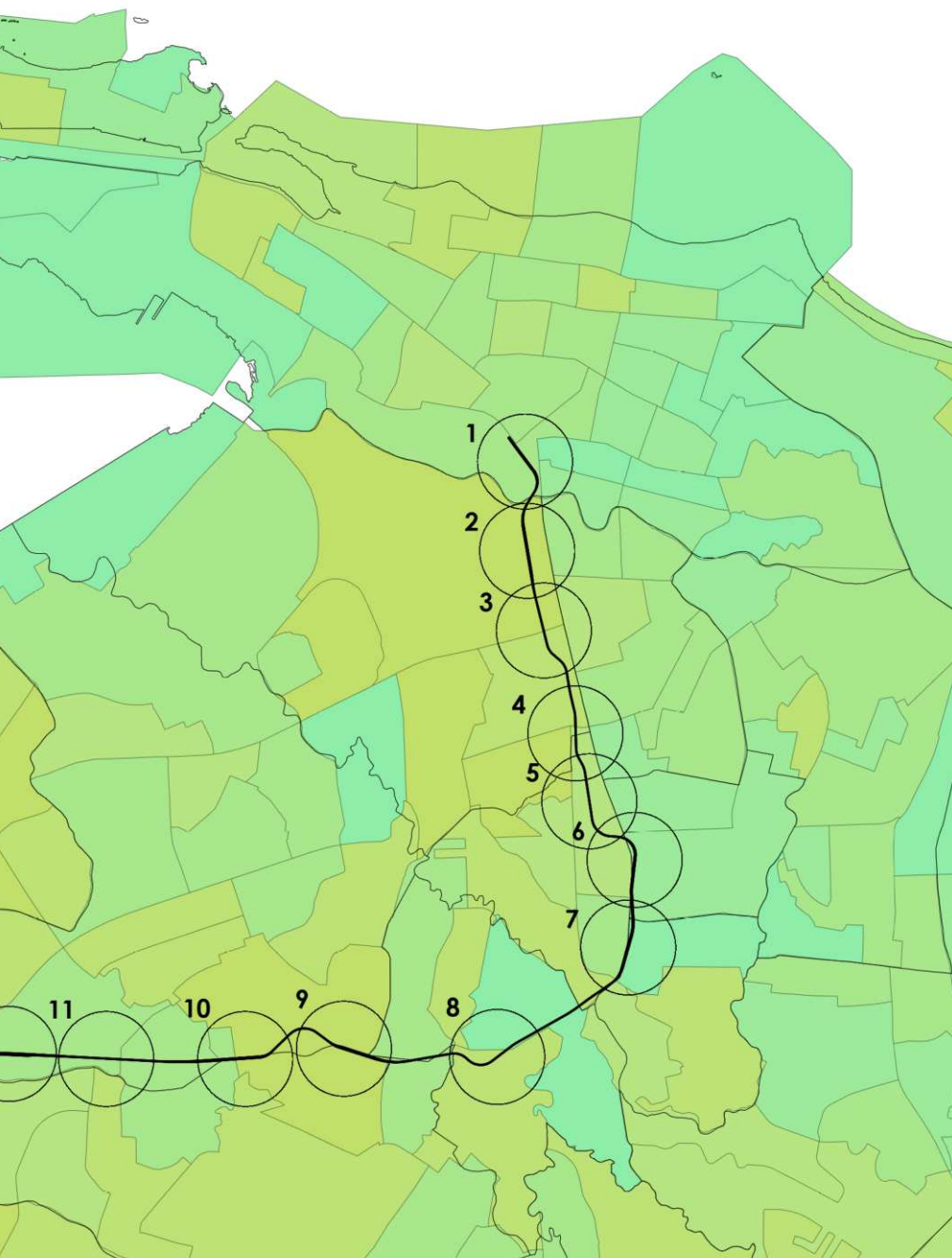
Escala: 1/600 m



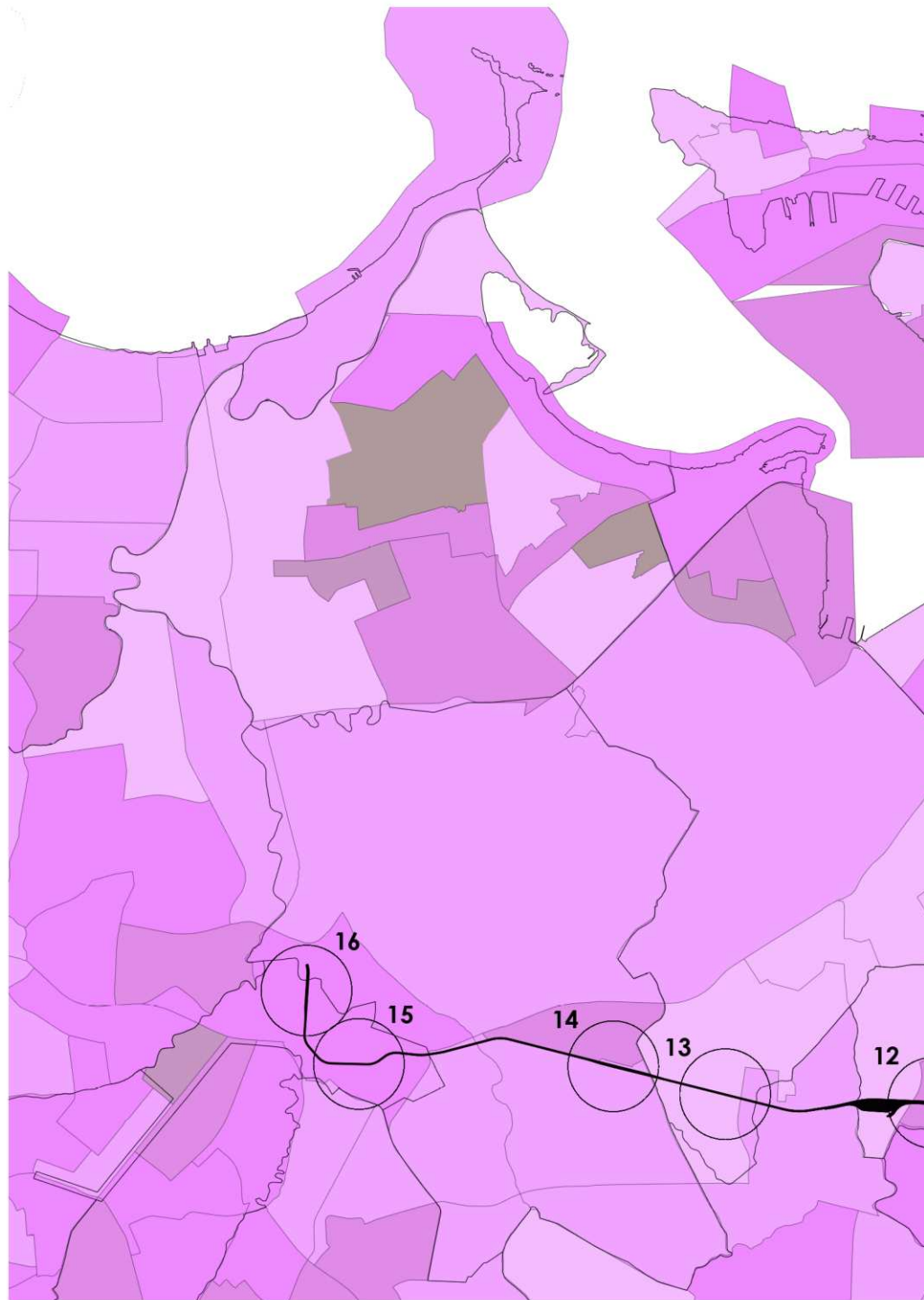
### Plano 14 Población extranjera

*Porcentaje de población extranjera en el área*





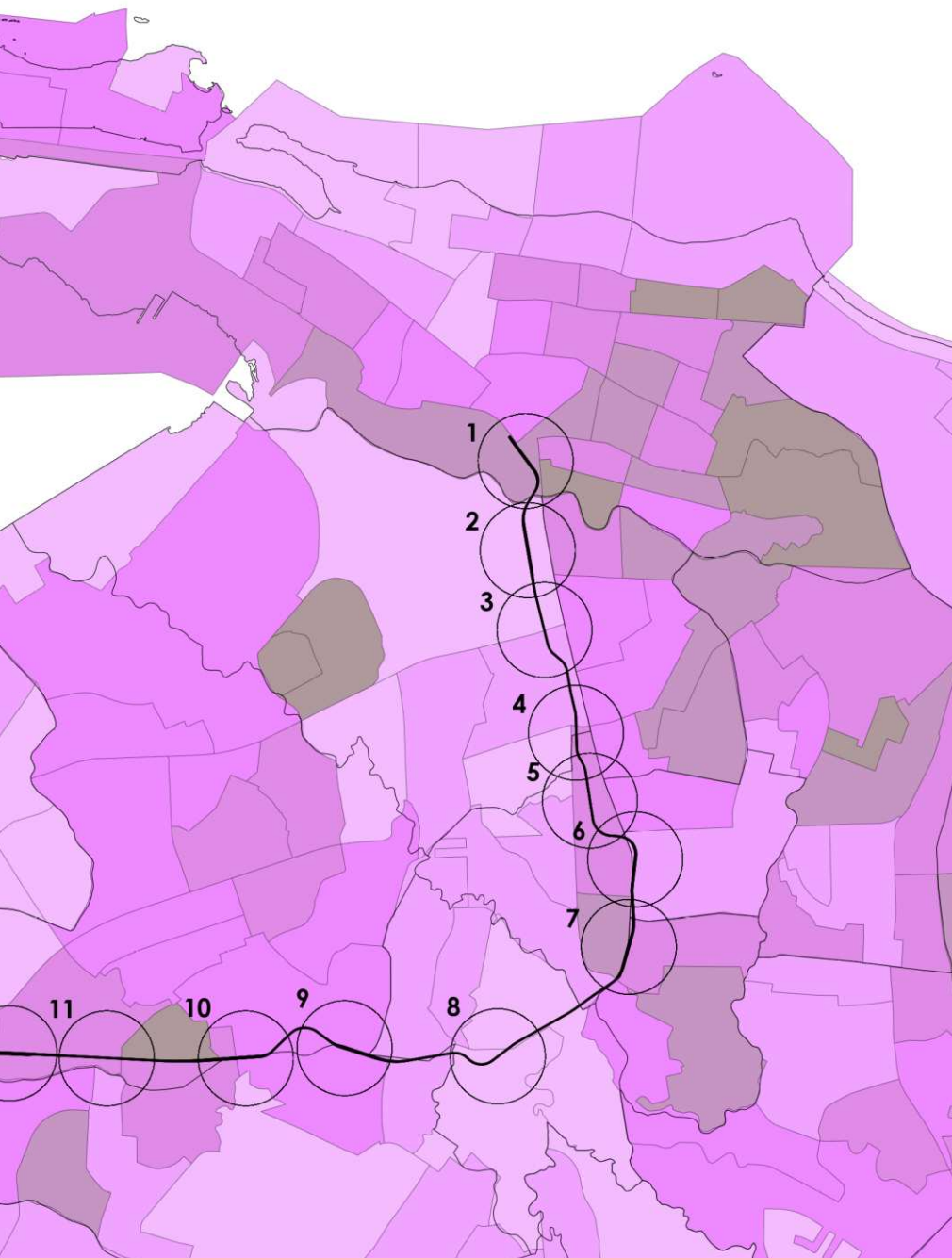
Escala: 1/600 m



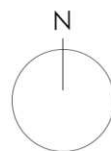
### Plano 15 Pobreza

Porcentaje de familias o personas individuales cuyos ingresos están en riesgo de pobreza según el tamaño y la composición de la familia

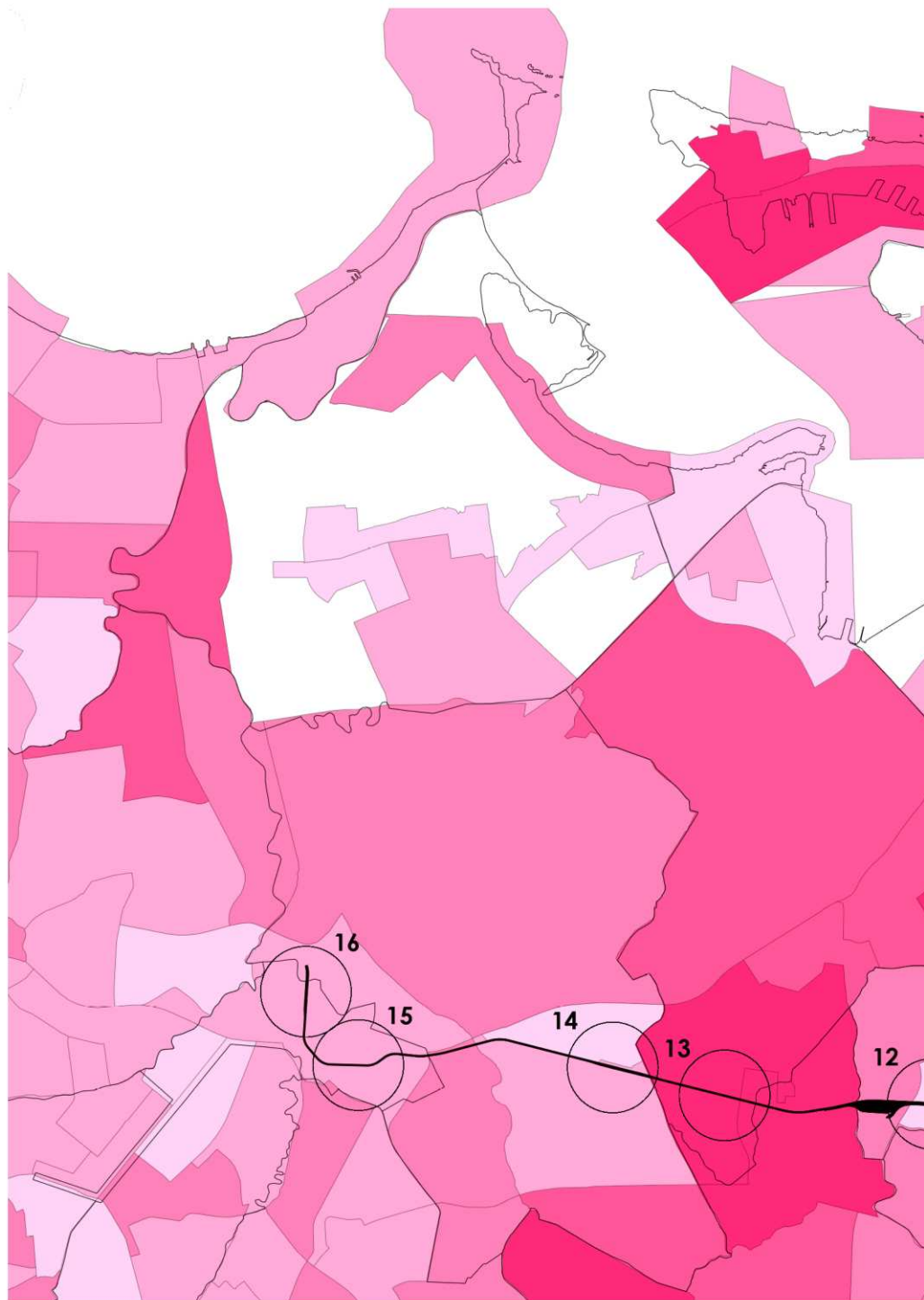




án por debajo del umbral de pobreza que varía



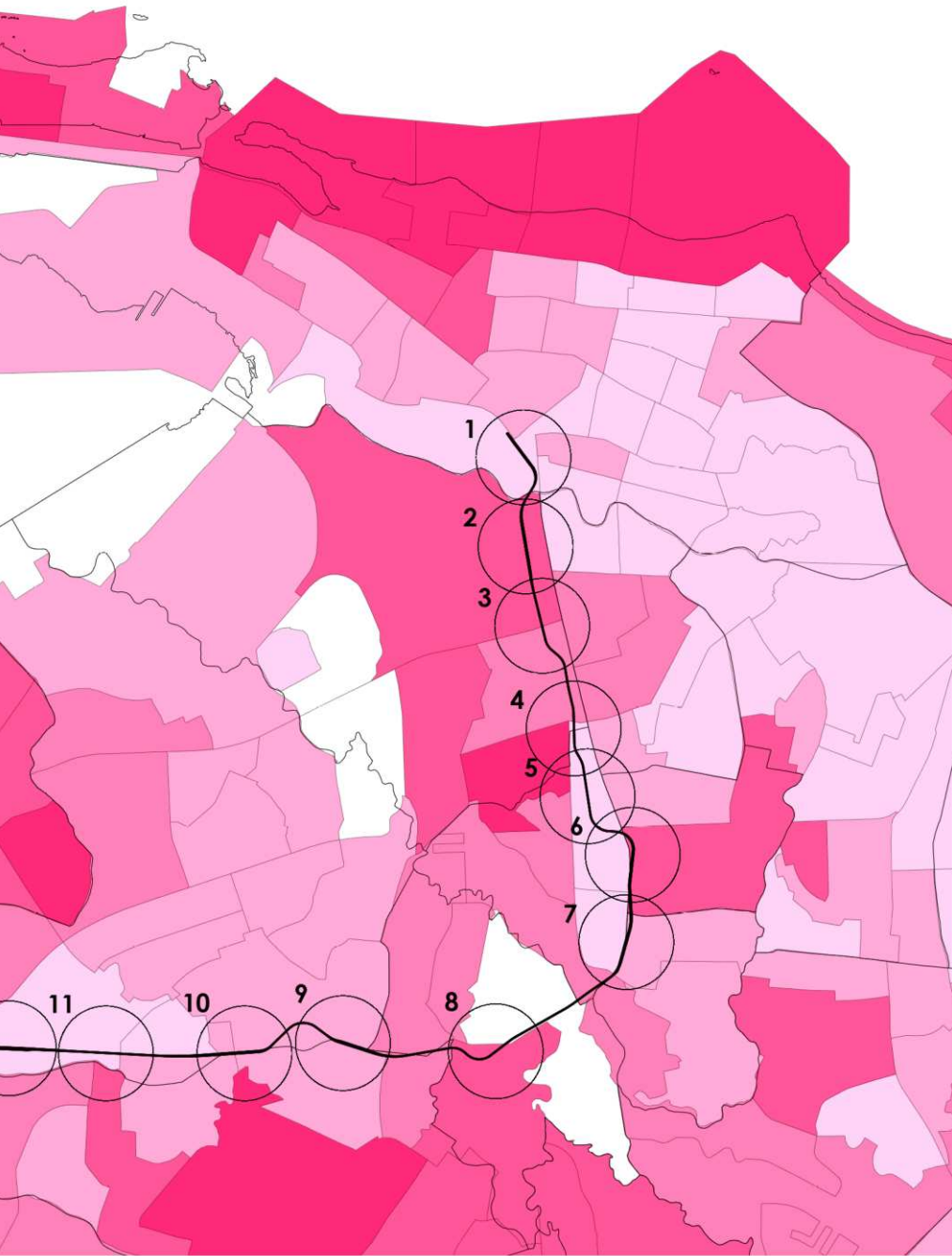
Escala: 1/600 m



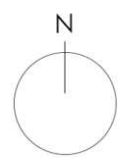
### Plano 16 Ingresos medios

*Ingresos en dólares por hogar en los últimos 12 meses*

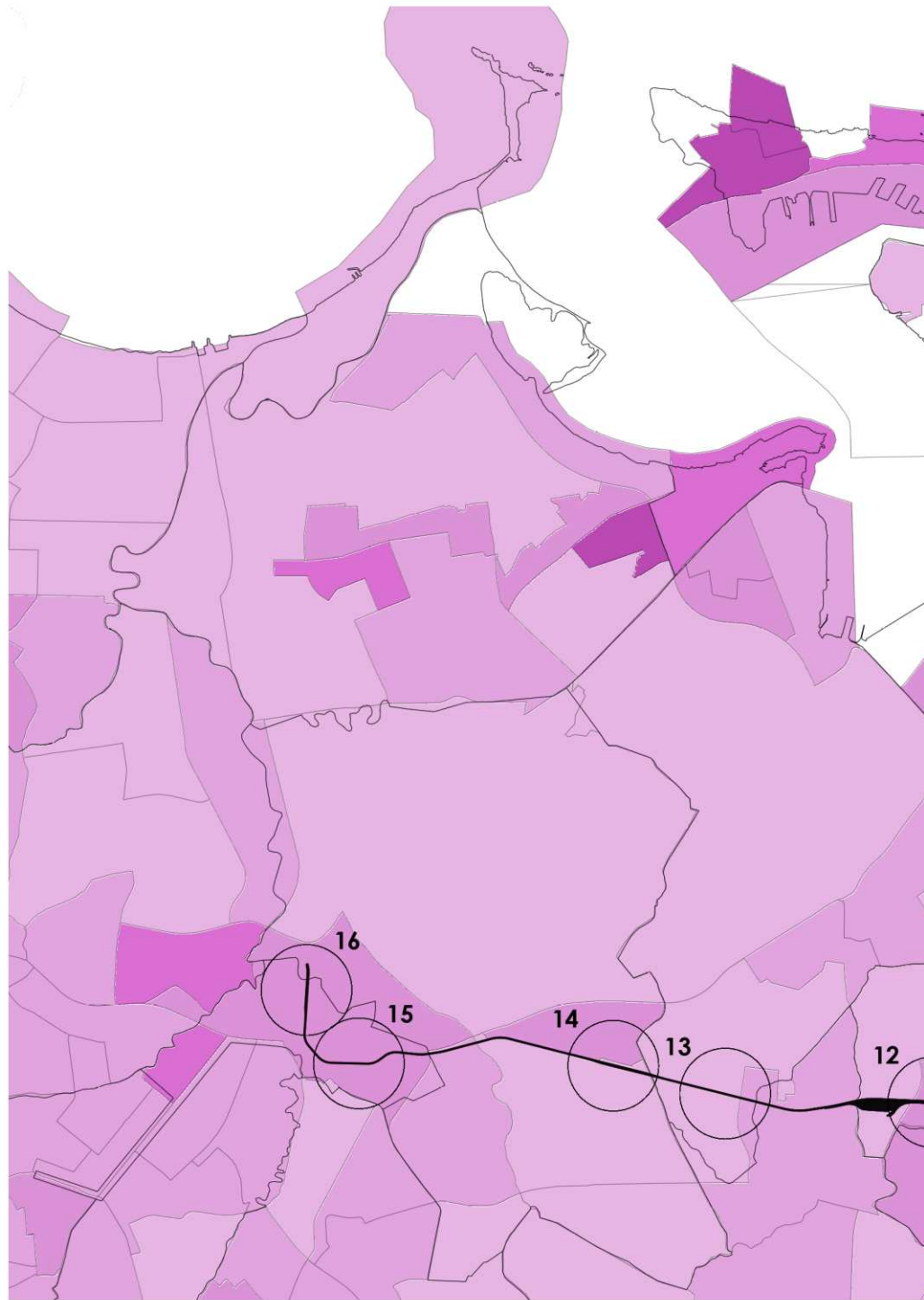




90.695  90.695 - 155.571

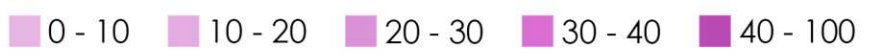


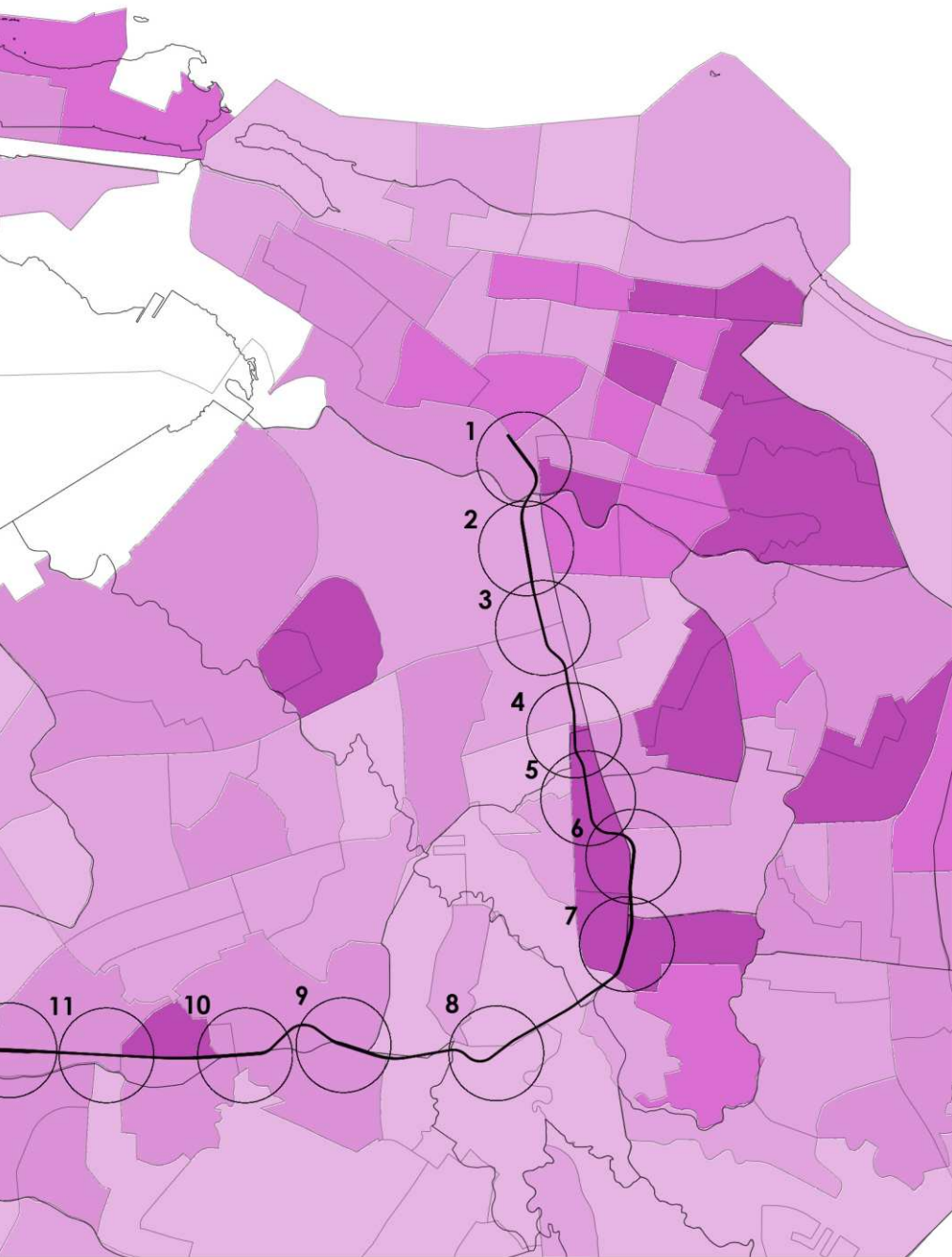
Escala: 1/600 m



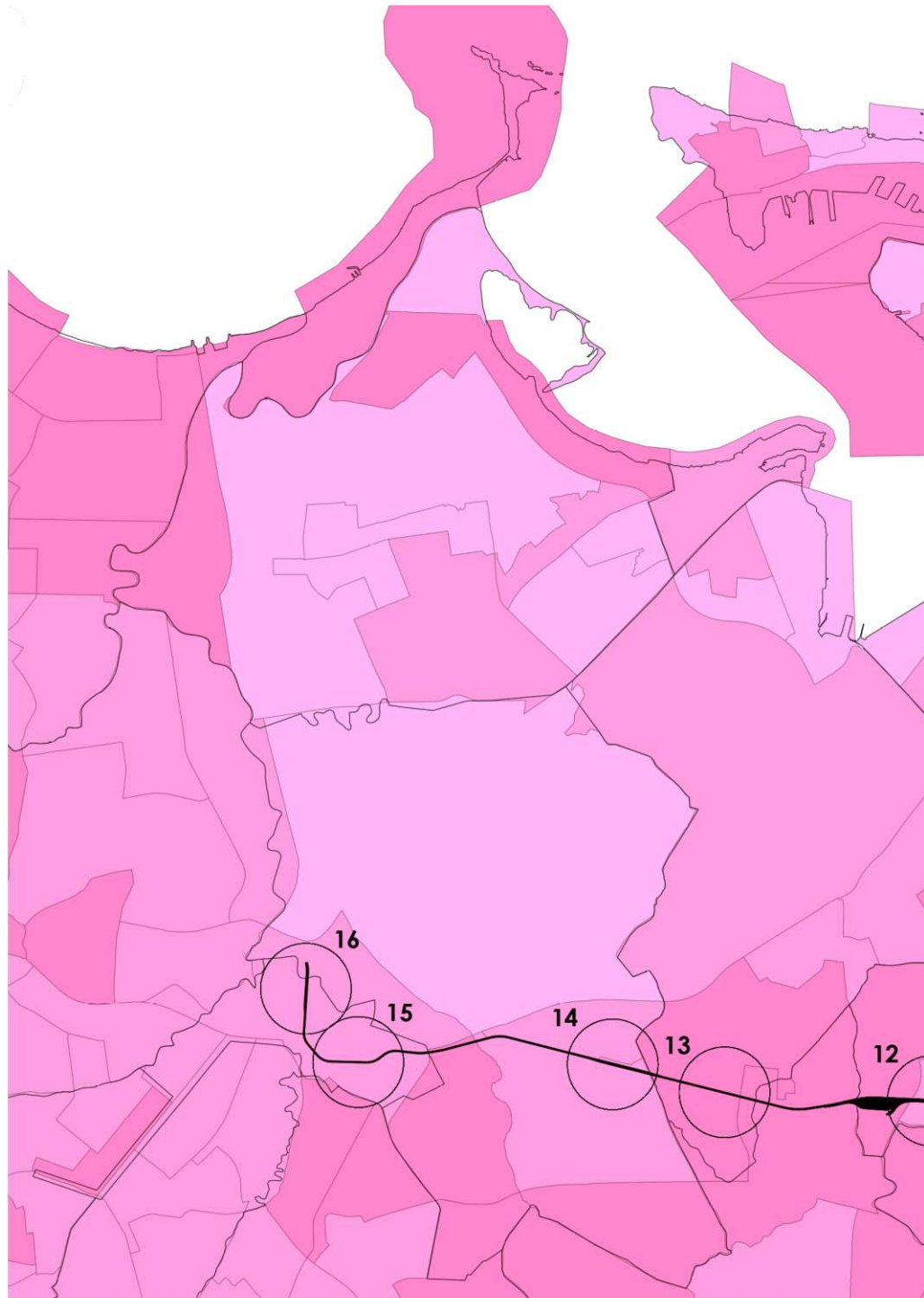
Plano 17 Personas que no disponen de un vehículo privado

Porcentaje de personas en el área que no disponen de un vehículo





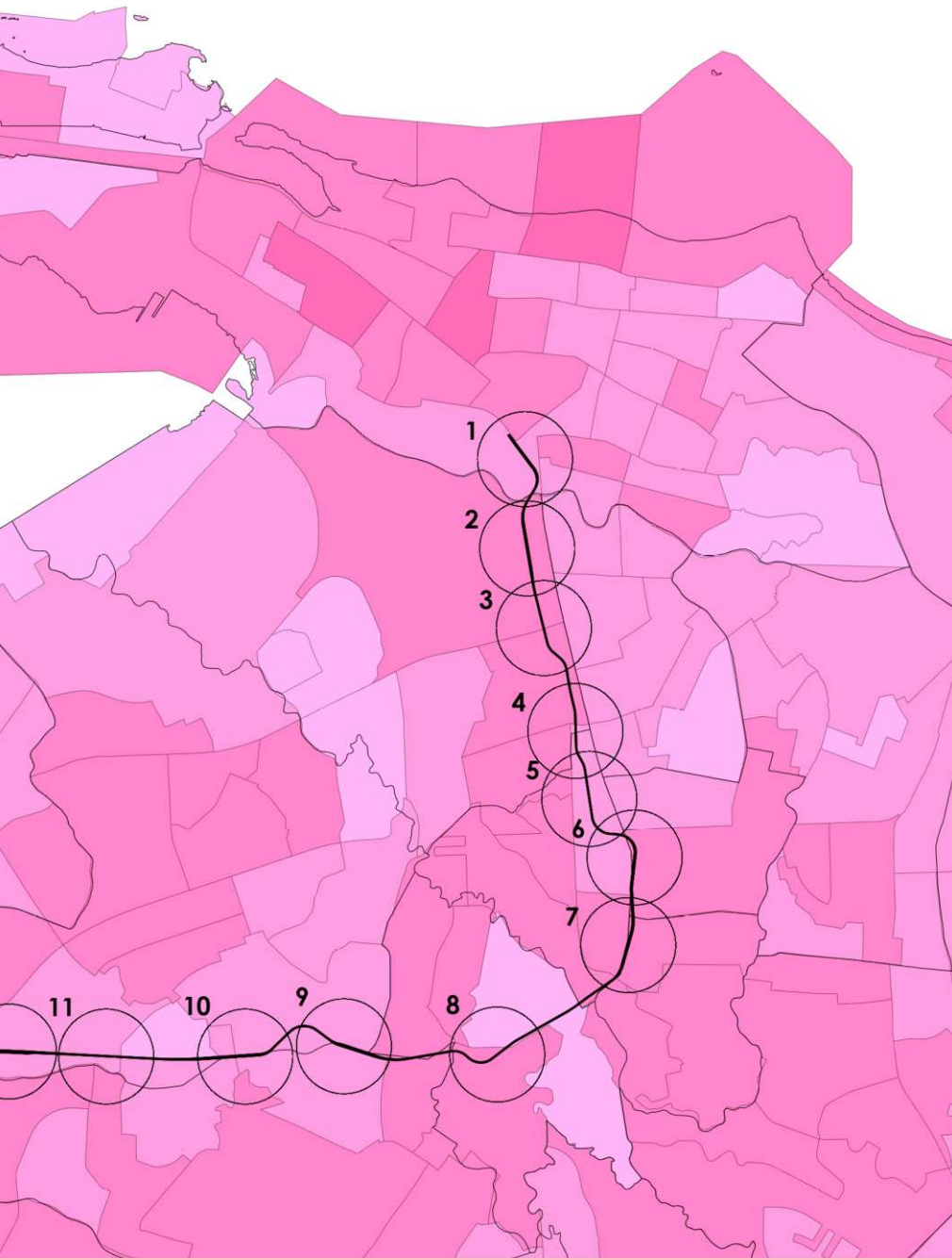
ado  
ulo privado



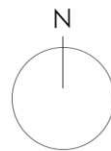
### Plano 18 Personas que estan desempleadas

*Porcentaje de personas en el área que estan en situación de des*

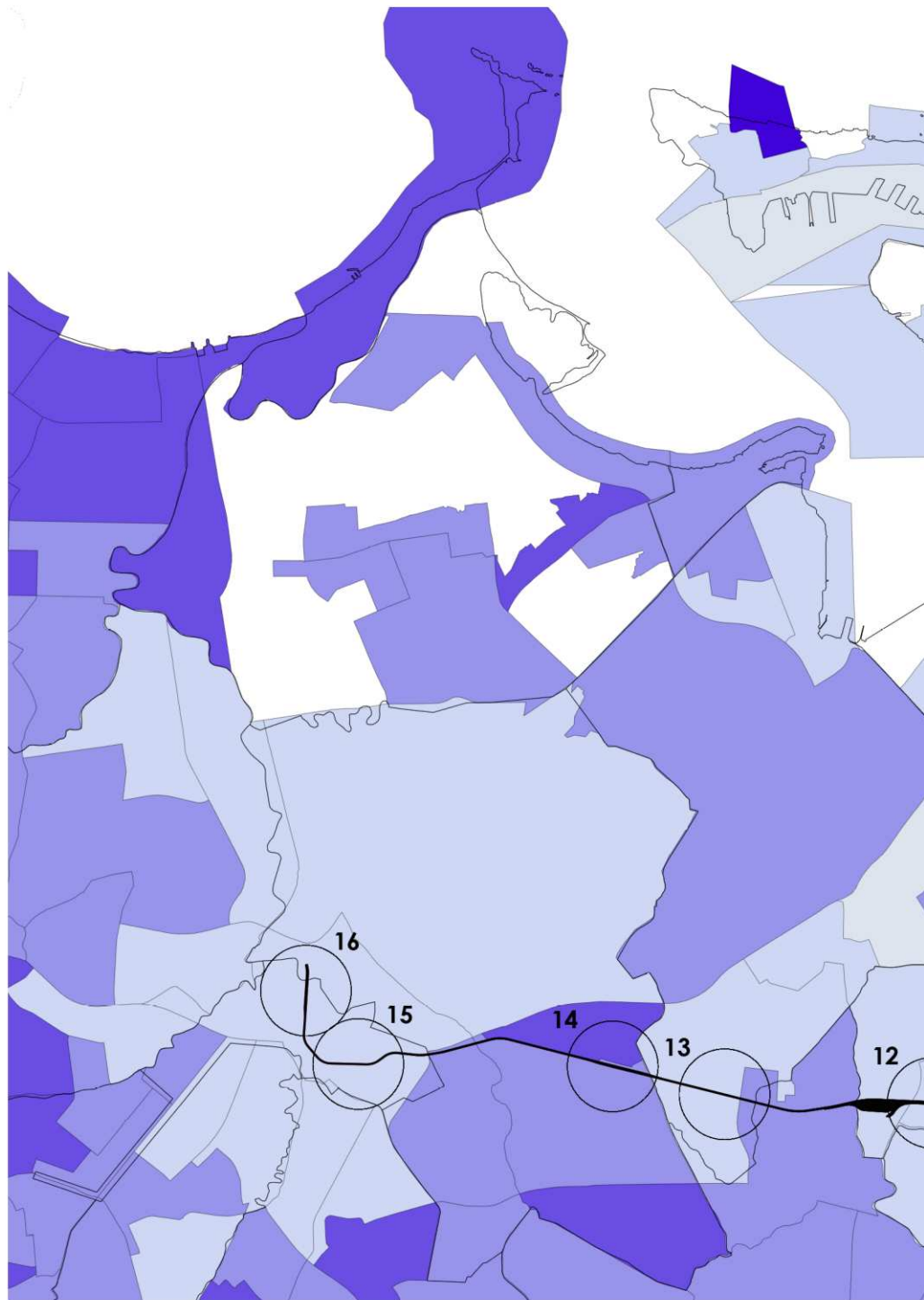




empleo

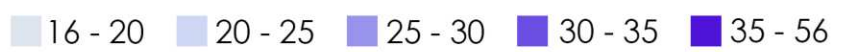


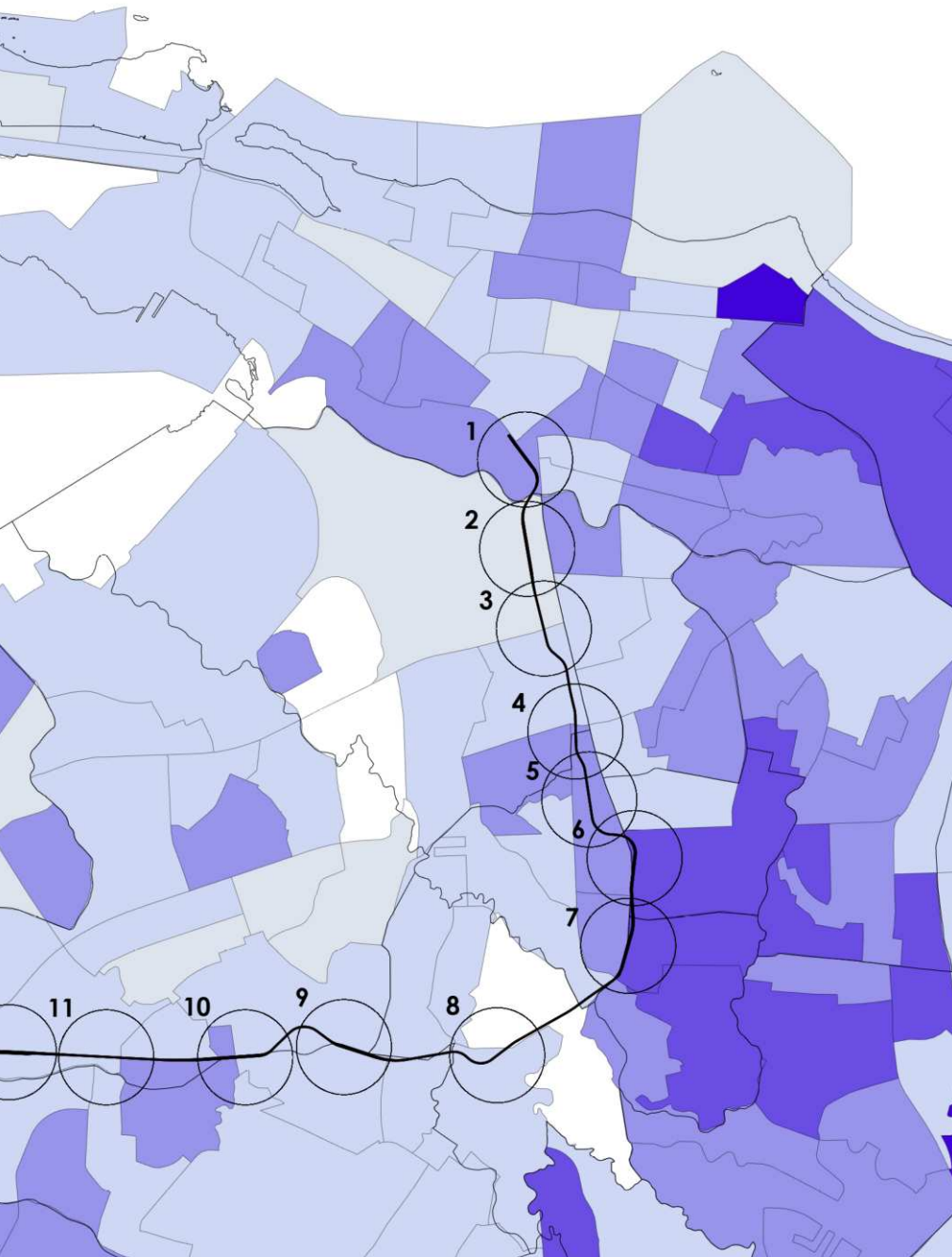
Escala: 1/600 m



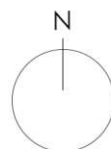
Plano 19 Tiempo medio en llegar al trabajo

*Media de tiempo que tardan los habitantes del área en llegar al*

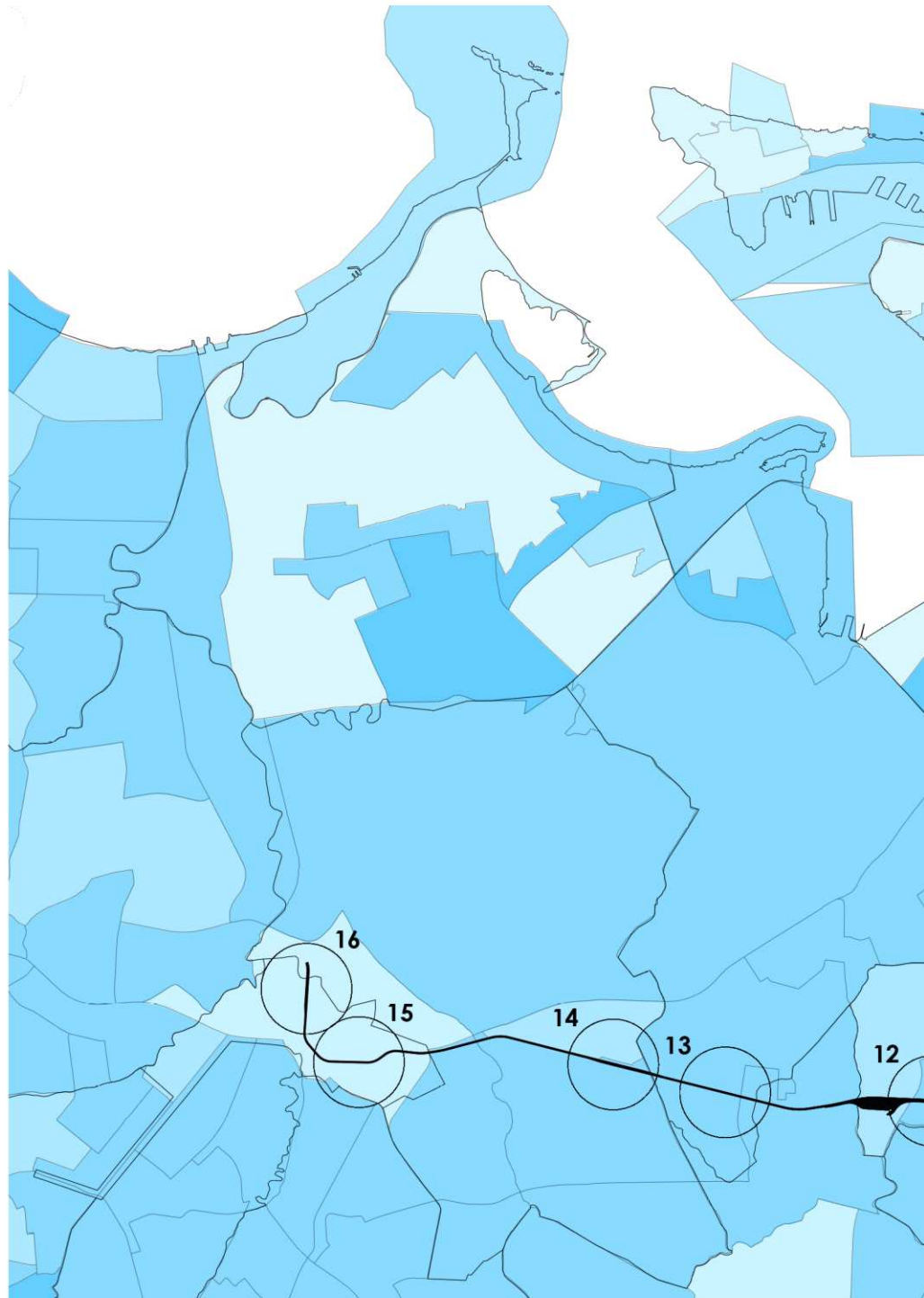




trabajo, expresado en minutos



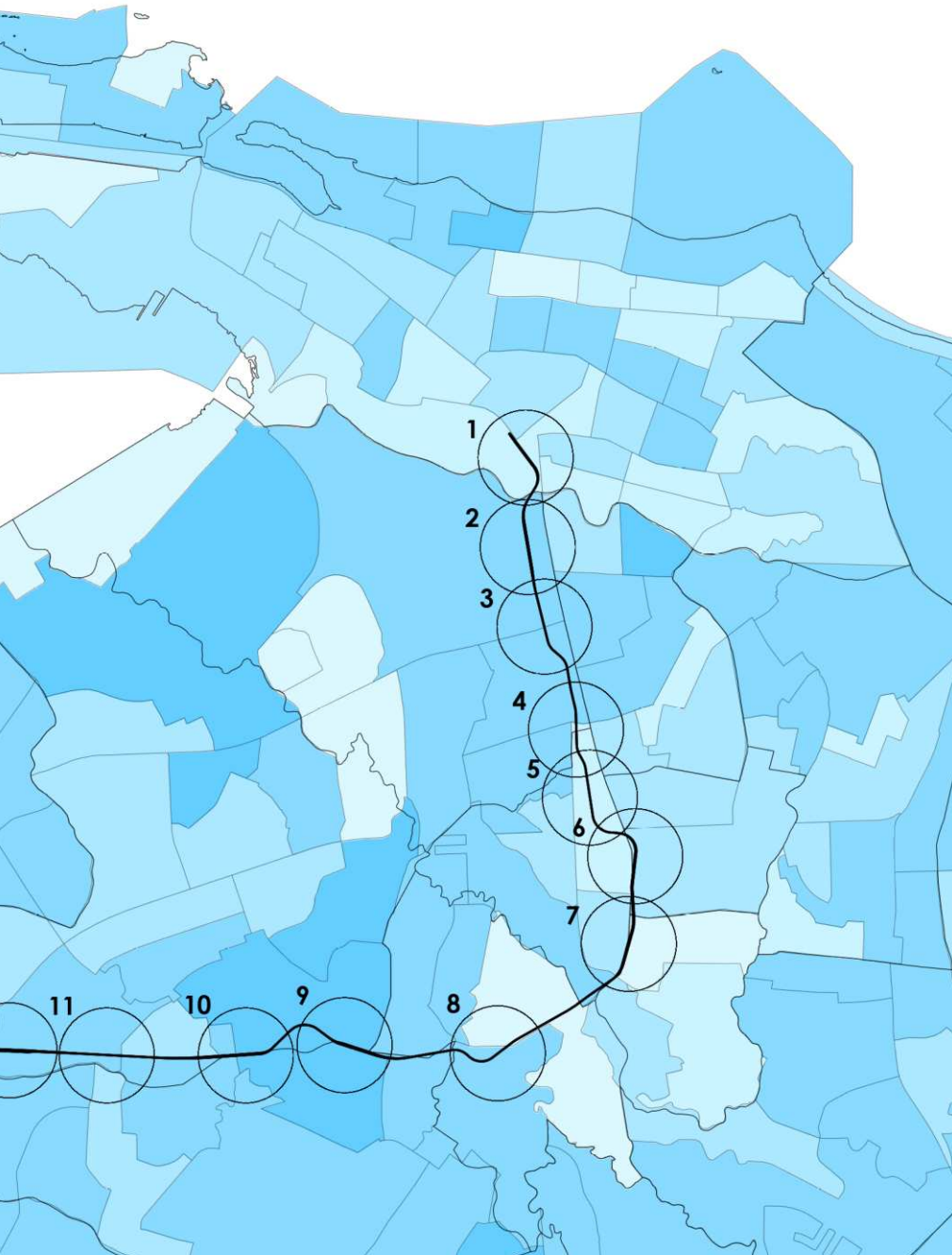
Escala: 1/600 m



## Plano 20 Personas que van al trabajo en vehículo privado

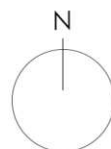
Porcentaje de la población en situación de empleo que acude a



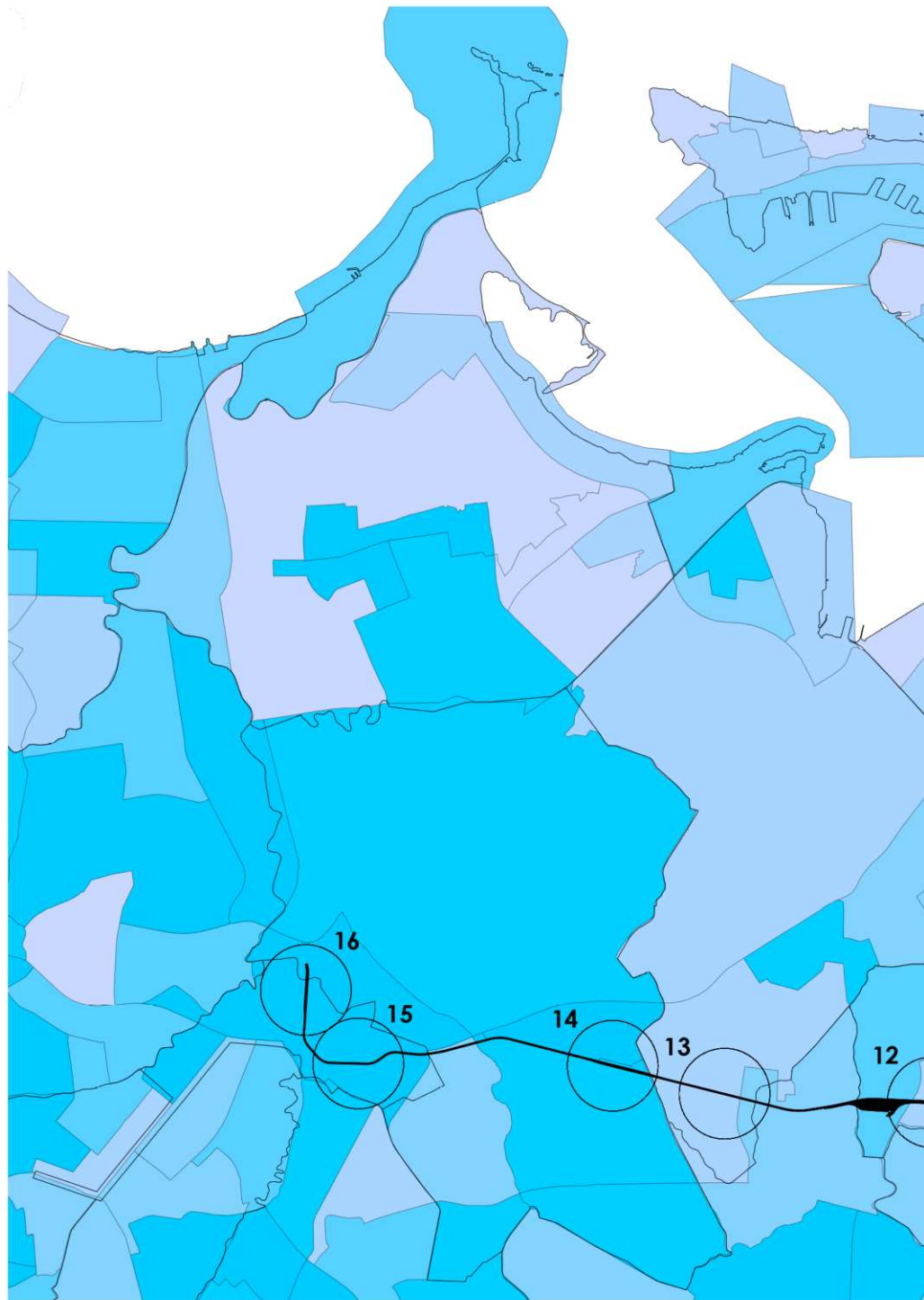


o NO compartido

l trabajo en vehículo privado no compartido

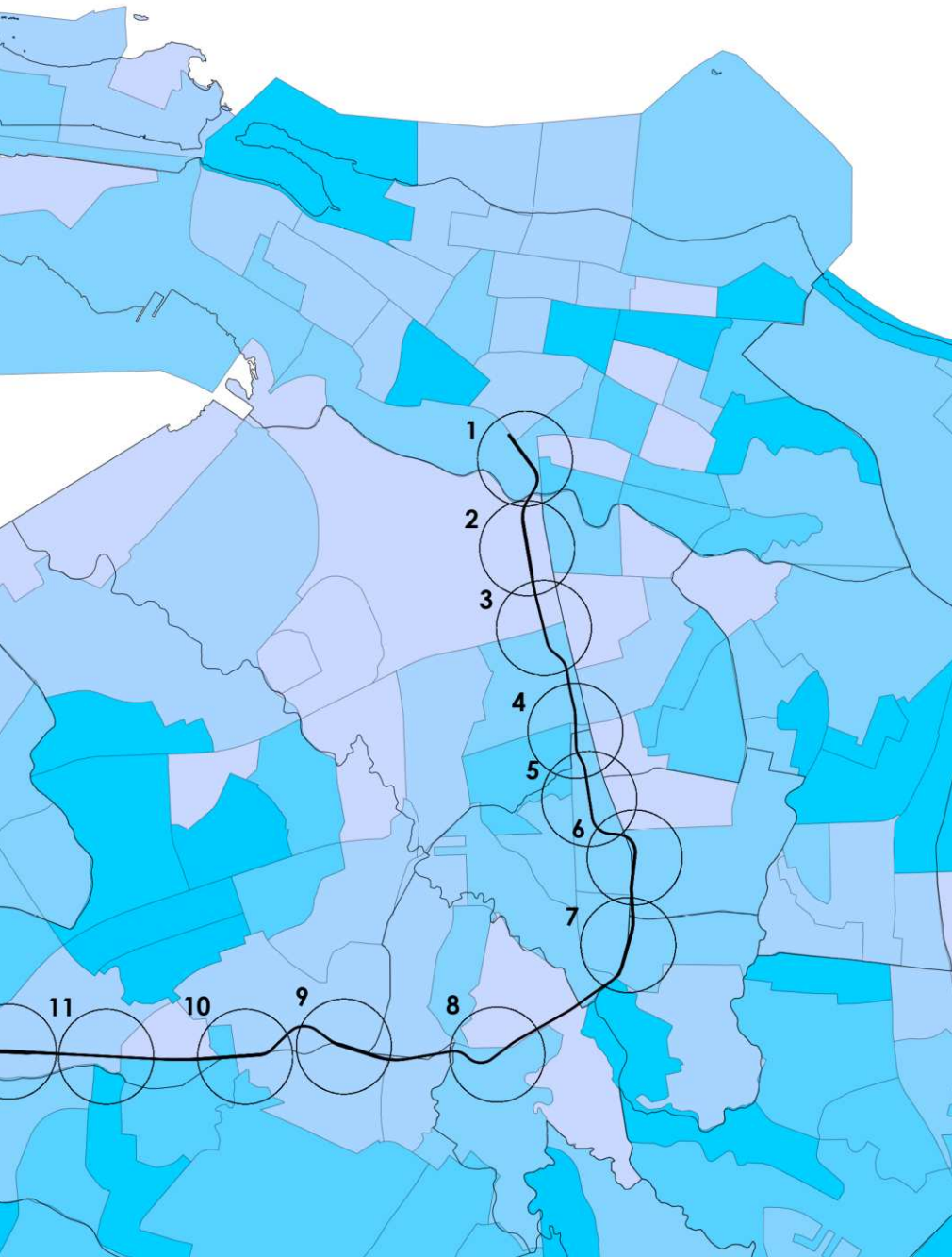


Escala: 1/600 m



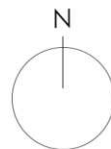
Plano 21 Personas que van al trabajo en vehículo privado  
 Porcentaje de la población en situación de empleo que acude a



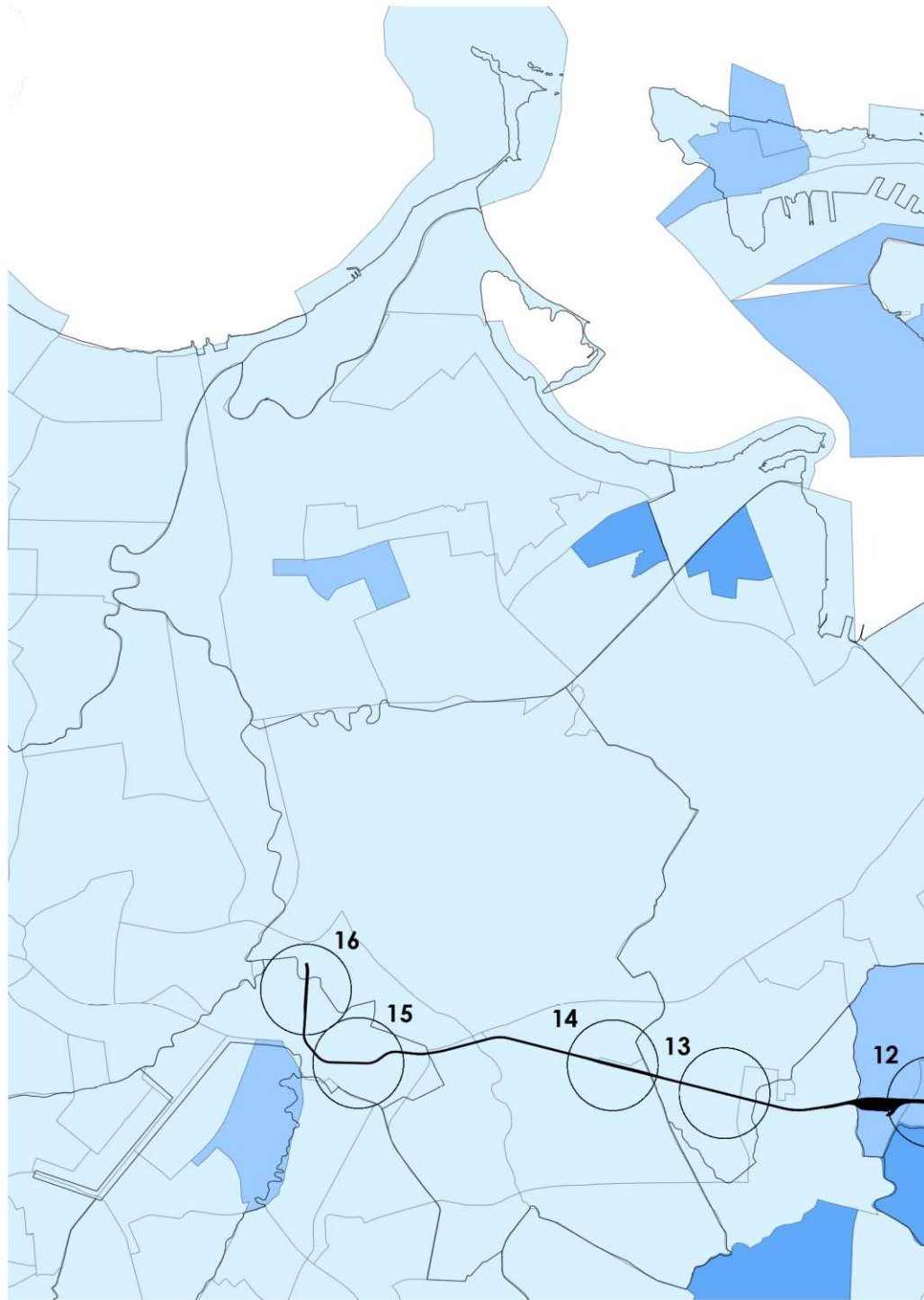


lo compartido

El trabajo en vehículo privado compartido

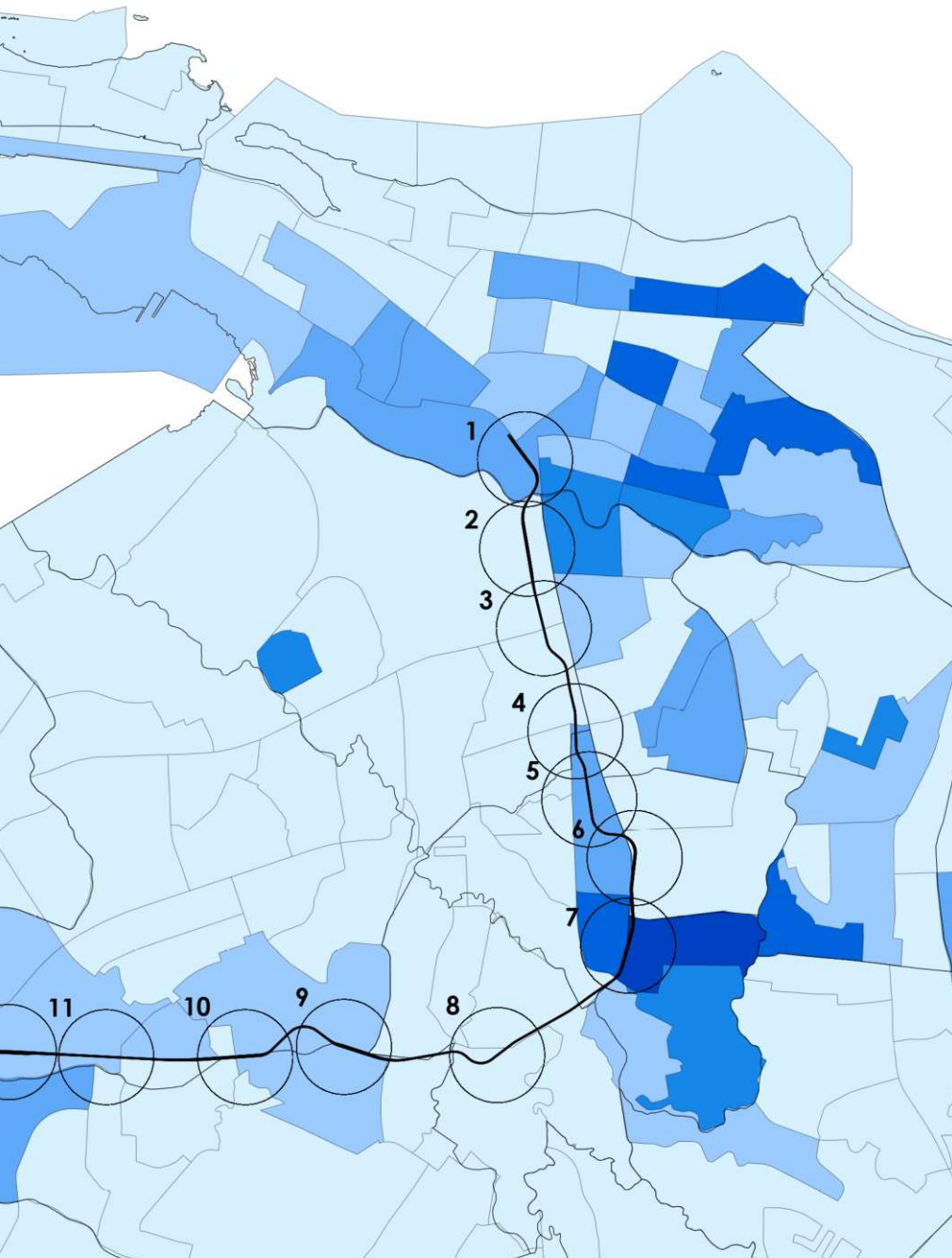


Escala: 1/600 m

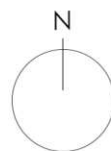


Plano 22 Personas que van al trabajo en transporte público  
 Porcentaje de la población en situación de empleo que acude a

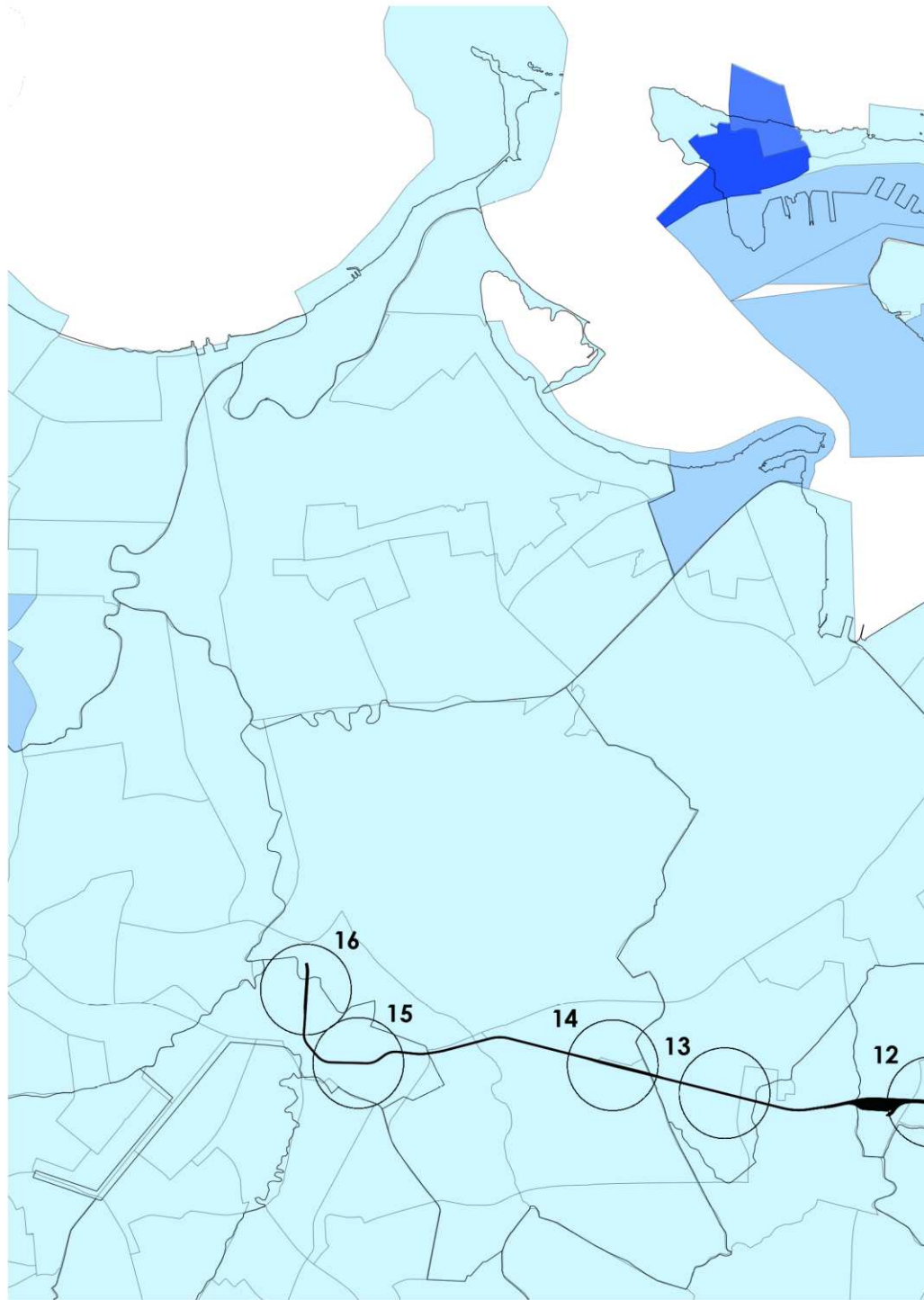




ico  
El trabajo en transporte público



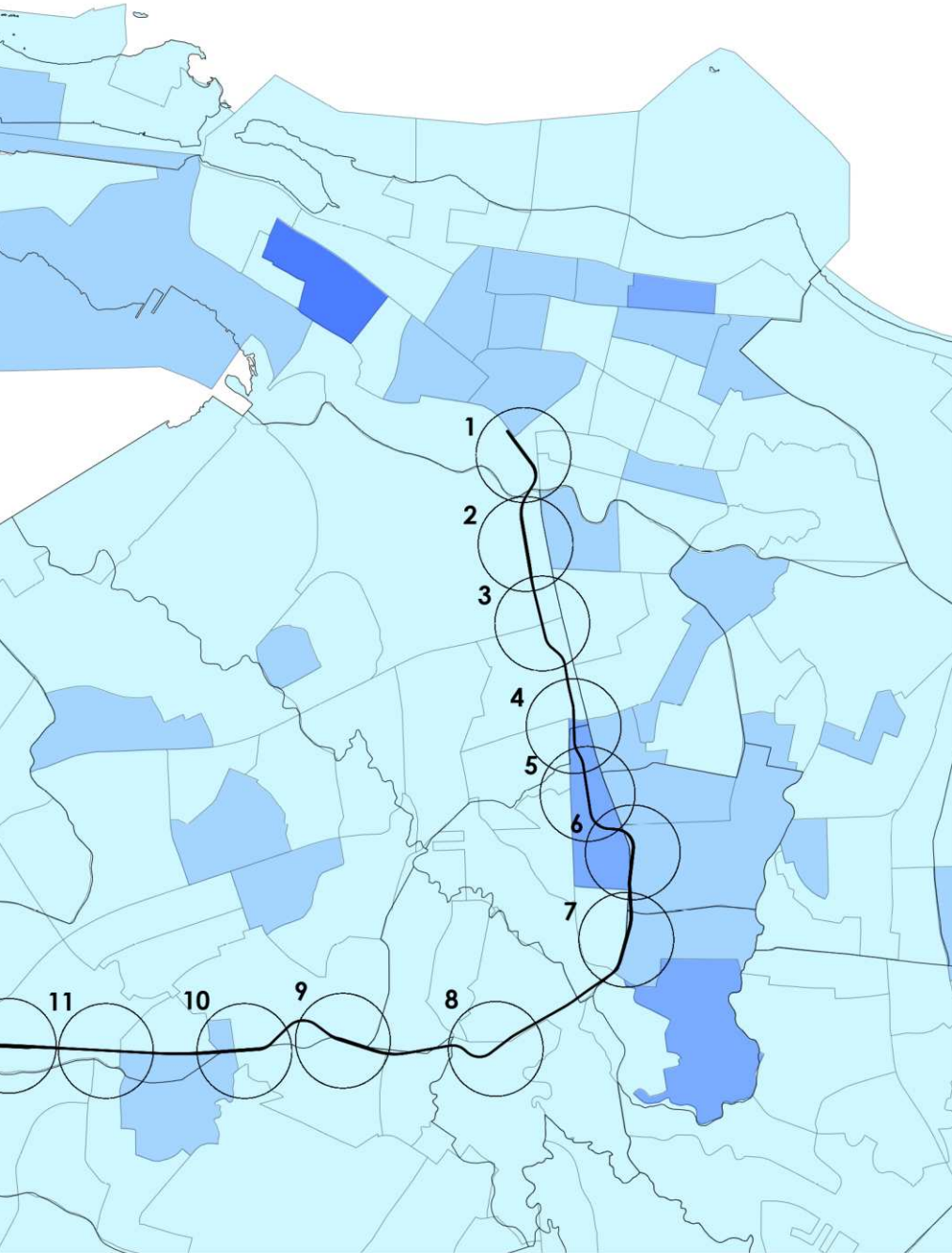
Escala: 1/600 m



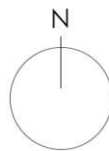
### Plano 23 Personas que van al trabajo andando

Porcentaje de la población en situación de empleo que acude a

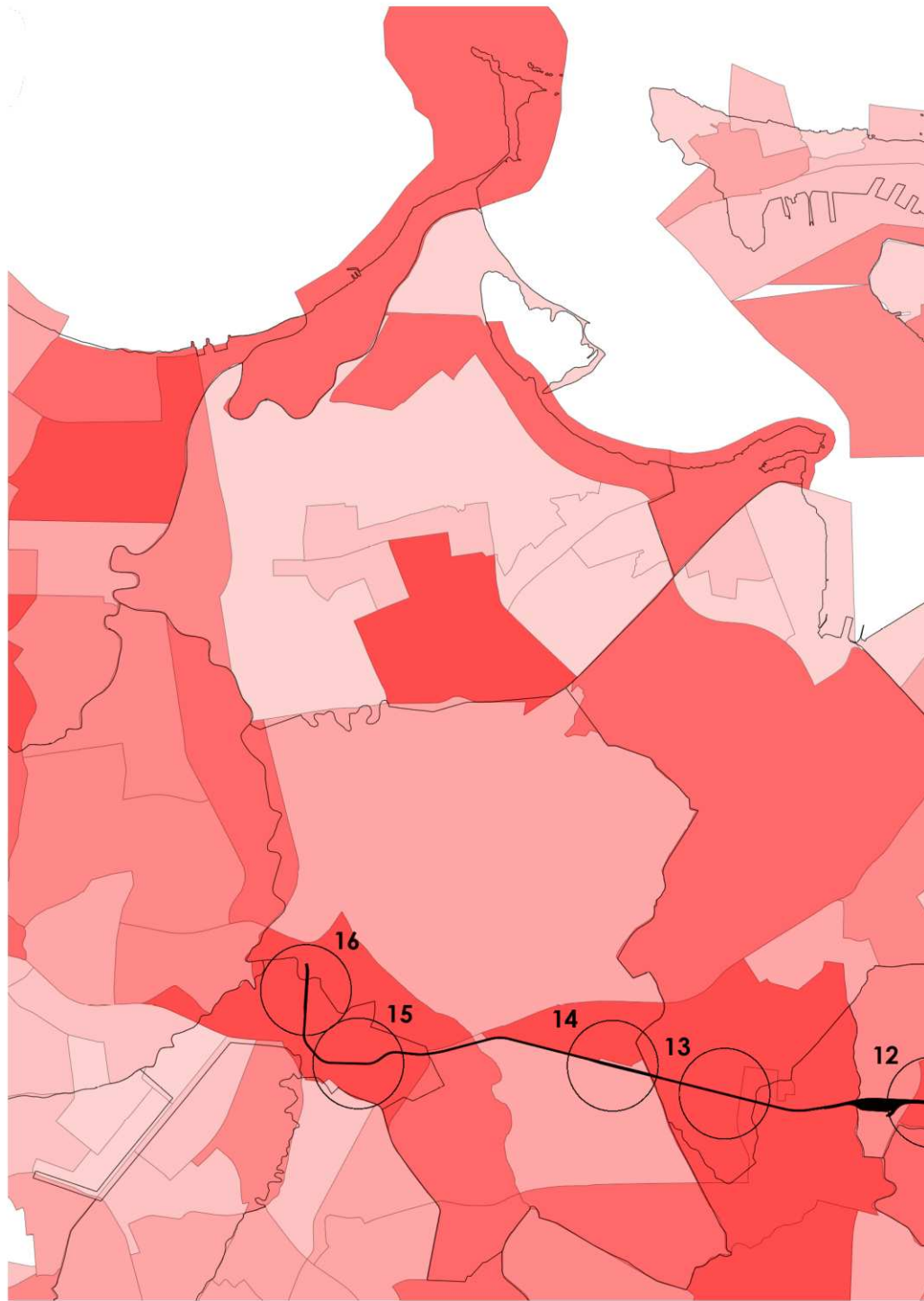
0 - 9   9 - 18   18 - 27   27 - 36   36 - 46



El trabajo andando

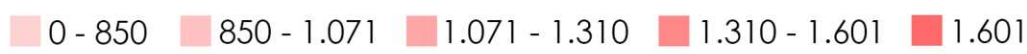


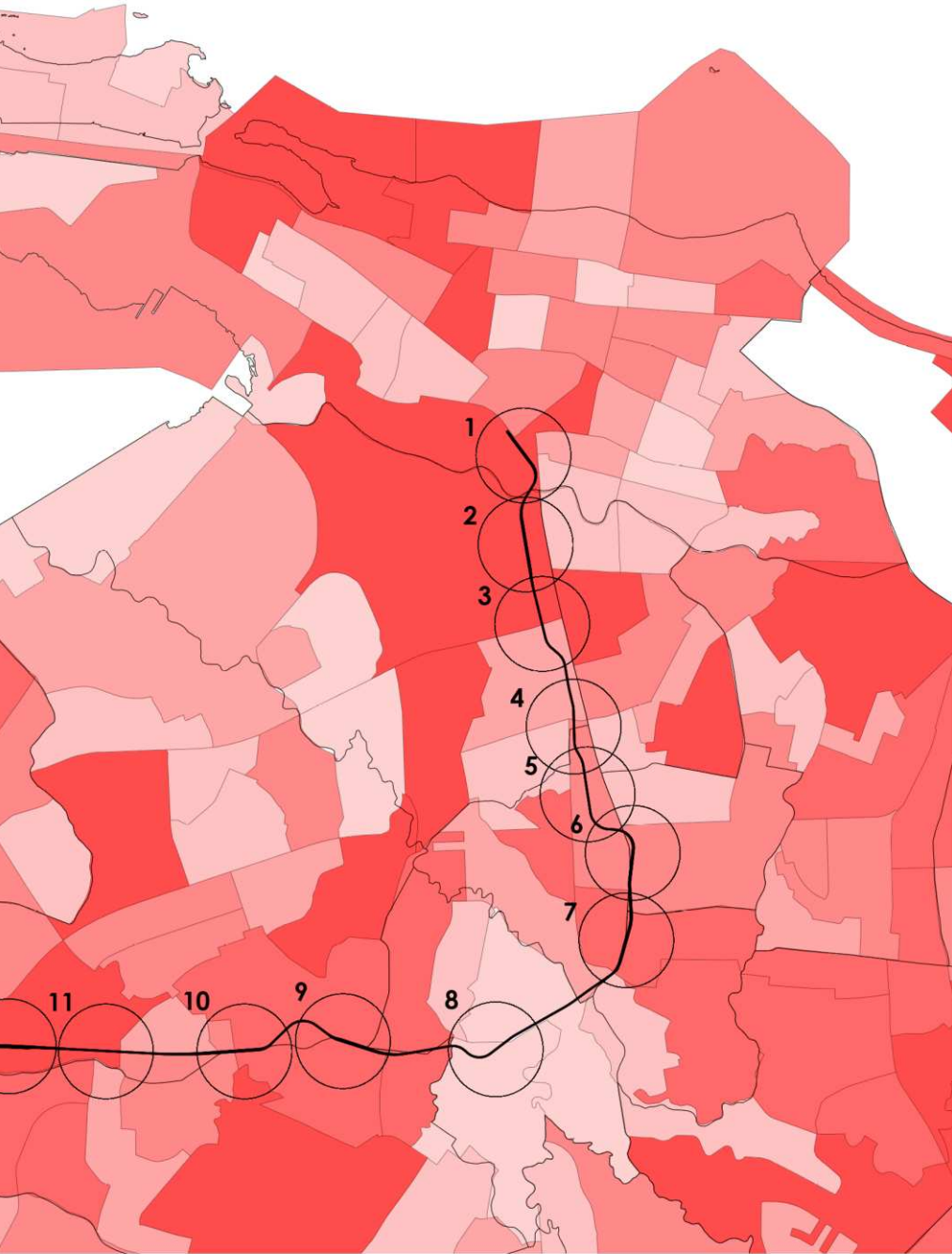
Escala: 1/600 m



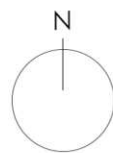
Plano 24 Número total de viviendas

*Numero de viviendas en el área*

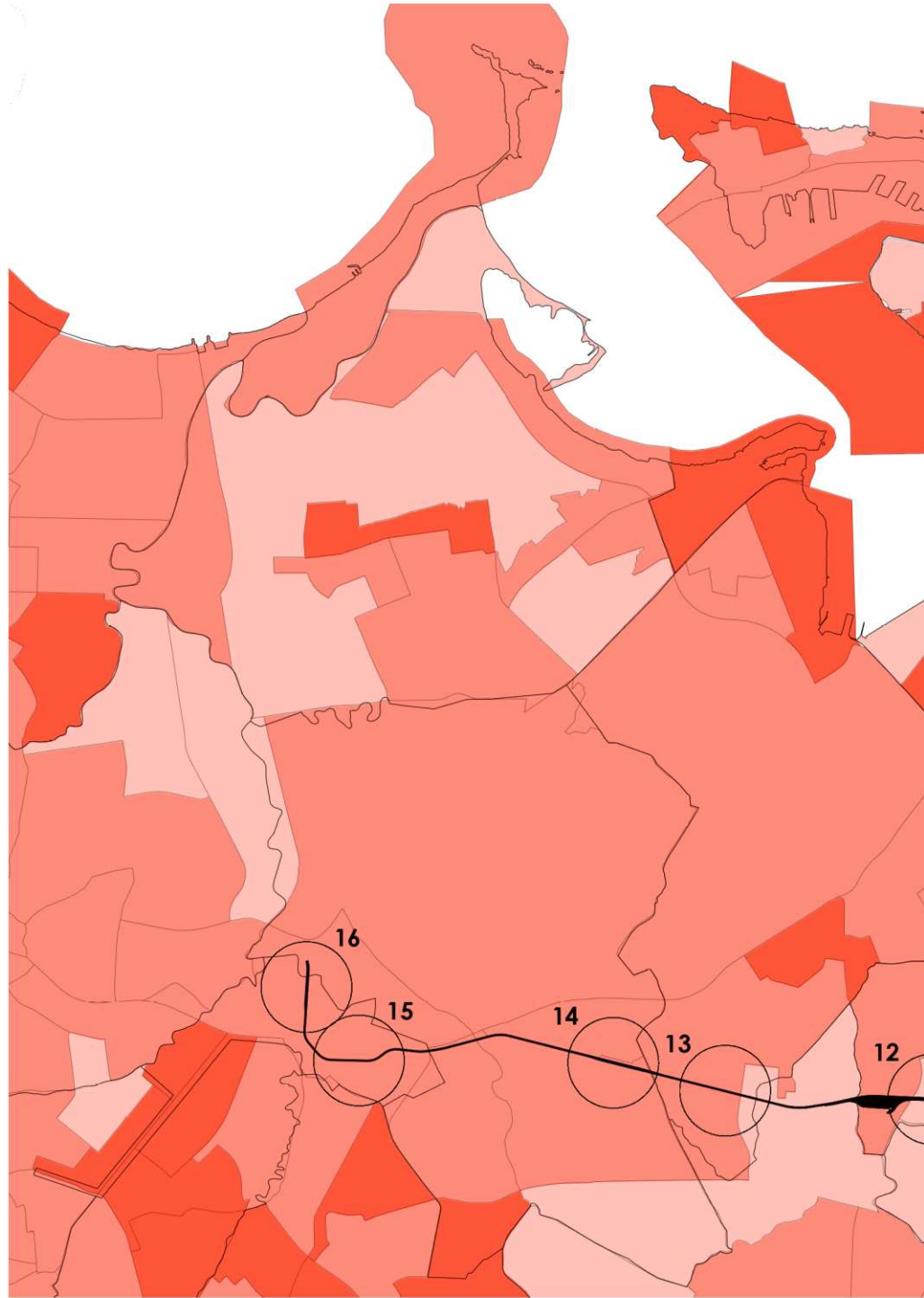




- 2.066 ■ 2.066 - 3.354



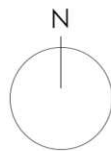
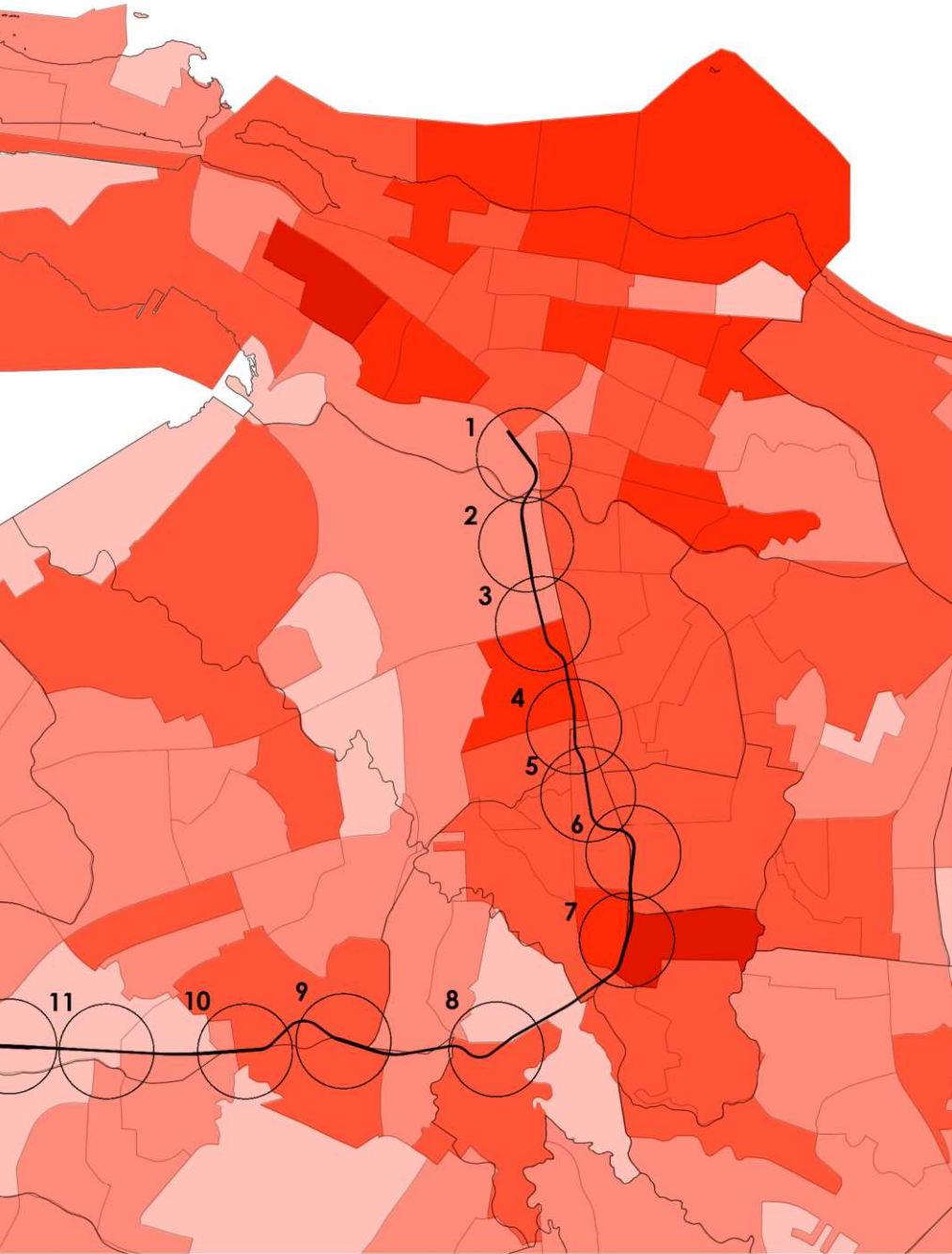
Escala: 1/600 m



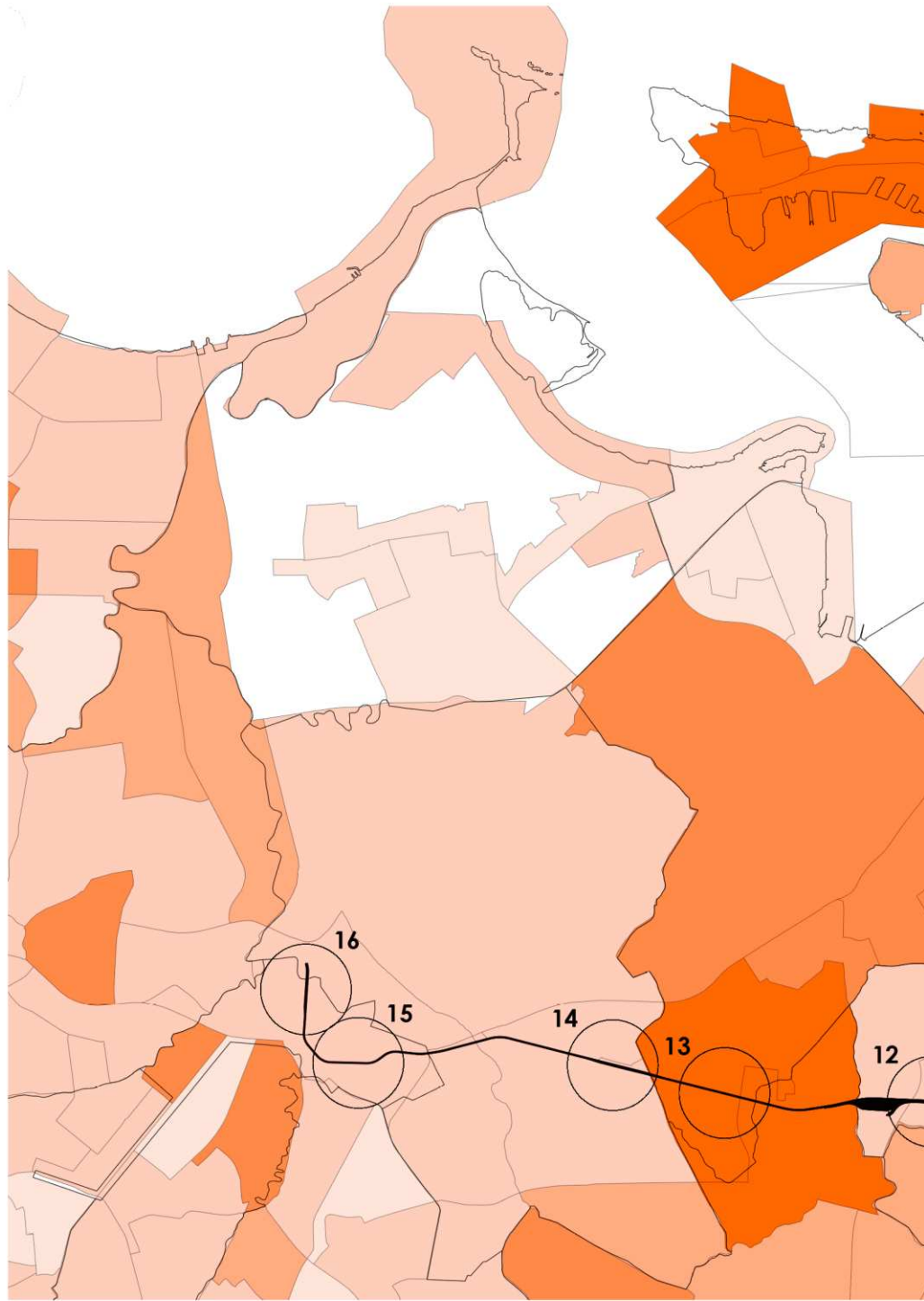
## Plano 25 Viviendas vacías

*Porcentaje de viviendas sin habitar en el área*





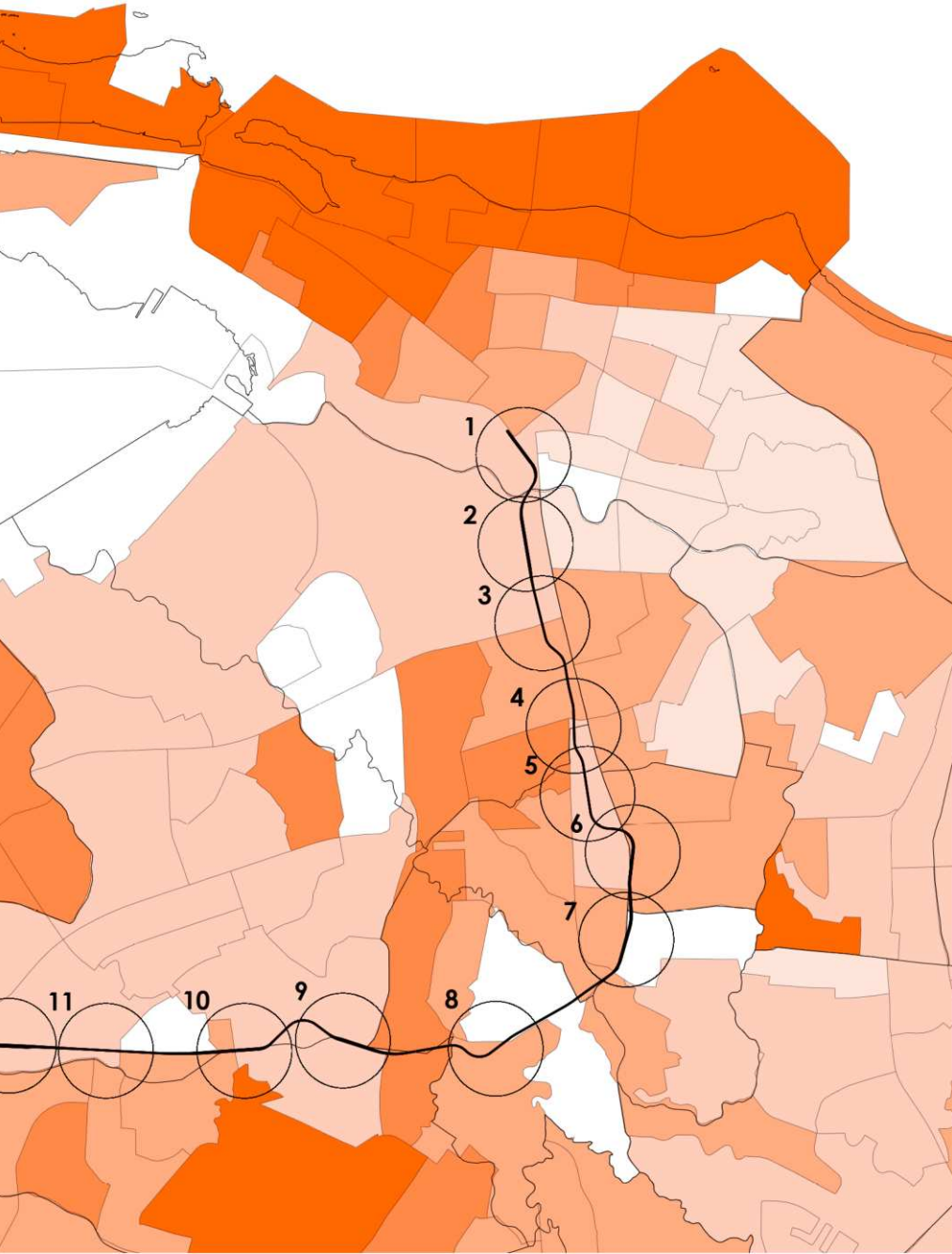
Escala: 1/600 m



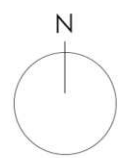
Plano 26 Valor medio de las viviendas

Valor medio en dólares de las viviendas del área

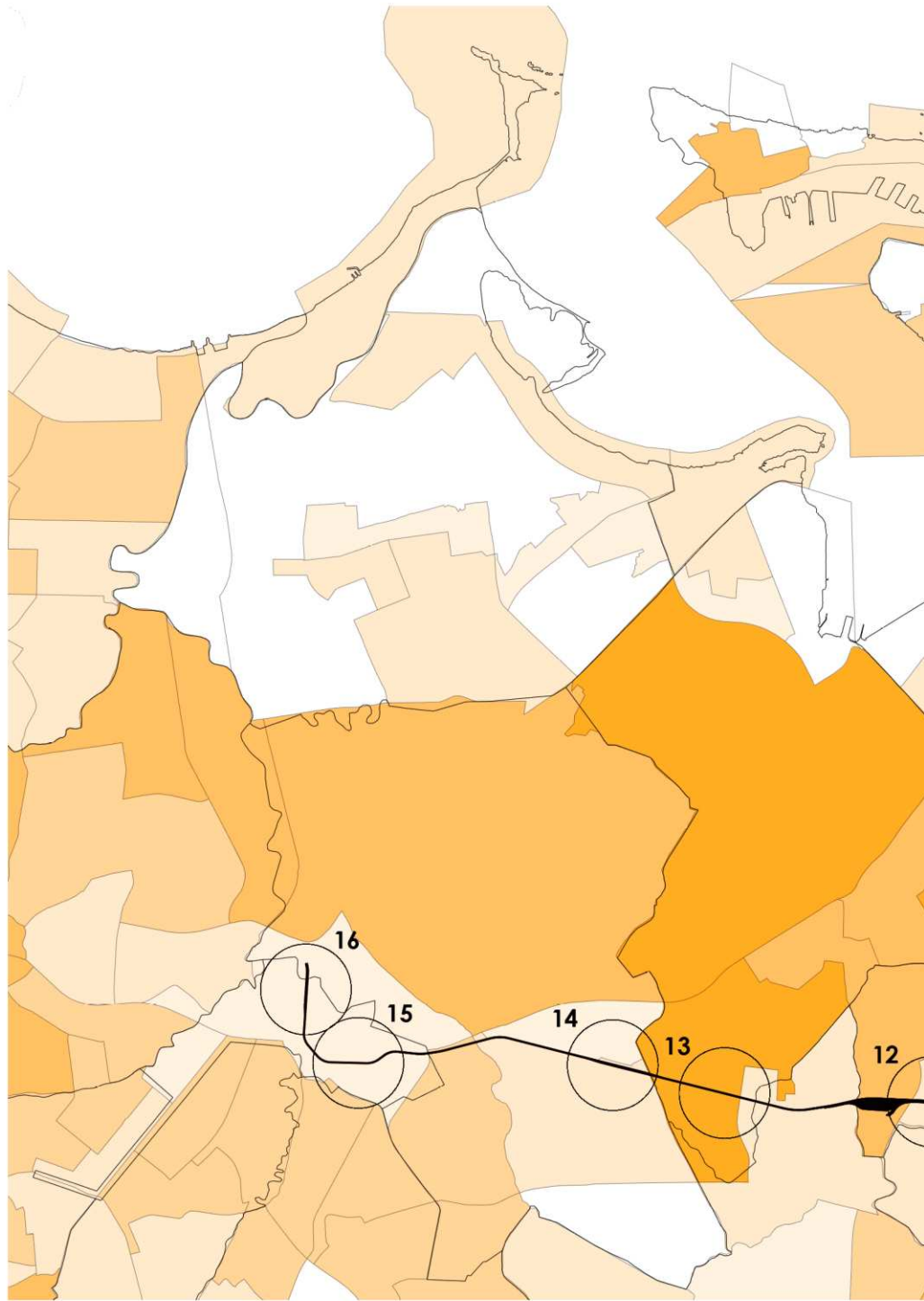




50.000 - 435.000    ■ 435.000 - 876.000



Escala: 1/600 m



Plano 27 Valor medio del alquiler de las viviendas

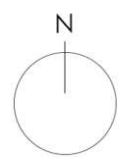
Valor medio en dólares del alquiler mensual de las viviendas del ó





Área

803



Escala: 1/600 m



N  
escala 1:20000 m

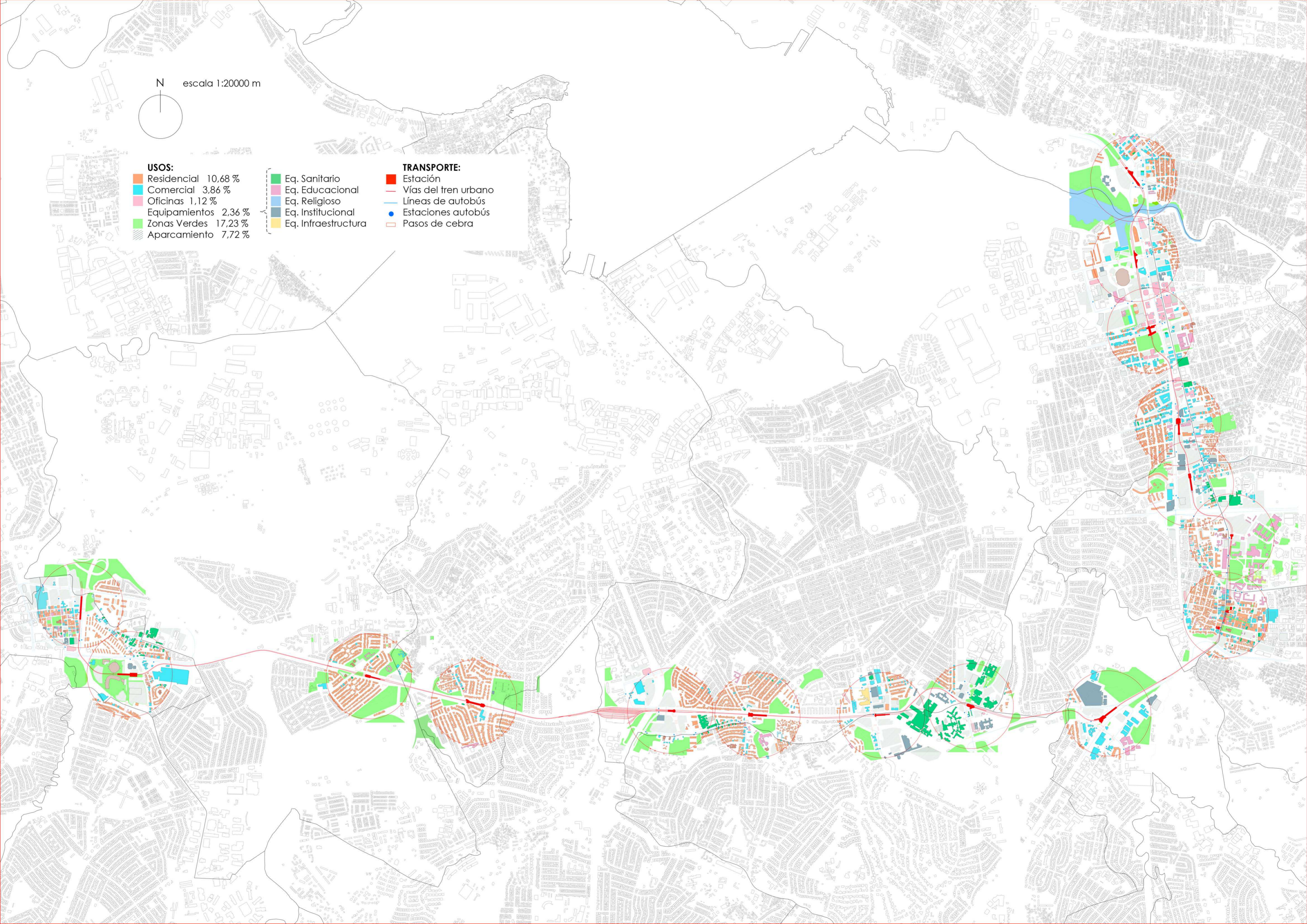
**USOS:**

- Residencial 10,68 %
- Comercial 3,86 %
- Oficinas 1,12 %
- Equipamientos 2,36 %
- Zonas Verdes 17,23 %
- Aparcamiento 7,72 %

- Eq. Sanitario
- Eq. Educativo
- Eq. Religioso
- Eq. Institucional
- Eq. Infraestructura

**TRANSPORTE:**

- Estación
- Vías del tren urbano
- Líneas de autobús
- Estaciones autobús
- Pasos de cebra





# Bibliografía

## Libros y artículos:

- ARRINGTON, G. B., 2009. Portland s TOD Evolution: From Planning to Lifestyle.
- ATKINSON-PALOMBOA, C. et al. Kubyb, Michael J., 2007. The geography of advance transit-oriented development in metropolitan Phoenix, Arizona.
- ATSBEHA, E y Shen, Z, 2020. Determining transit nodes for potential transit-oriented development: Along the LRT corridor in Addis Ababa, Ethiopia.
- AYESHA, A. et al. Hong, L. Humayun, A. Alina H., 2024. Measuring the Transit-Oriented Development (TOD) Levels of Pakistani Megacities for TOD Application: A Case Study of Lahore.
- BOARNET, M. y Crane, R., 1997. L.A. story - A Reality Check for Transit Based Housing. *Journal of the American Planning Association*.
- Carpio, J., et al. Benito, M., Lamiquiz Daudén, F. J., 2021. Beyond land use mix, walkable trips. An approach based on parcel-level land use data and network analysis.
- CALTHORPE, Peter, 1993. *The New American Metropolis*.
- CASCETTA, E. y Pagliara, F., 2008. Integrated railways-based policies: The Regional Metro System (RMS) project of Naples and Campania.
- CERVERO, Robert, 2004. Transit-oriented development in the United States: experiences, challenges, and prospects: Transportation Research Board of the National Academies.
- CERVERO, R., & Kockelman, K., 1997. Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity and Design.
- CHORUS, P., 2009. Transit Oriented Development in Tokyo: The Public Sector Shapes Favourable Conditions, the Private Sector Makes it Happen.
- CURTIS, C., 2009. Implementing Transit Oriented Development through Regional Plans: A Case Study of Western Australia.
- Curtis, C. et al. Renne, J. L., & Bertolini, L., 2009. *Transit oriented development: making it happen*: Ashgate.
- DITTMAR, H. y Poticha, S., 2004. Defining Transit-Oriented development: The New Reginal Building Block. In H. Dittmar & G. Ohland (Eds.), *The New Transit Town - Best Practices in Transit Oriented Development*.
- HALE, C. y Charles, P., 2006. *Making the Most of Transit Oriented Development Opportunities*.
- HAMED Abdi, Mohammad, 2021. *Towards Transit-Oriented Development in Iran*.
- JAIN SINGH, Yamini, 2015. *Measuring Transit Oriented Development at regional and local scales – a planning support tool*.

- JUNCOS-GAUTIER, M. et al. Rivera, J., Pomales, R., Lara, J., Navarro, C., Cox, A., Navarro, E., Cruz, R. Catalá, F., 2001. Recomendaciones para detener el desparrame urbano en el Área Metropolitana de San Juan. Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable. Universidad Metropolitana de Puerto Rico.
- LECAROS SOTOMAYOR, Benjamín J., 2022. Tren como motor de desarrollo urbano Potencial desde el modelo nodo-lugar y la planificación territorial El caso de los trenes de cercanías de Santiago. TESIS
- LINDAU, L. A. et al Hidalgo, D., Facchini, D., 2010. Bus Rapid Transit in Curitiba, Brazil: A Look at the Outcome After 35 Years of Bus Oriented Development.
- LIU, Y. et al. Singleton, A. Arribas-Bel, D., 2020. Considering Context and Dynamics: A Classification of Transit-Orientated Development for New York City.
- MONCLUS, J. y Díez, C., 2018. Ciudad y formas urbanas. Volumen 5. Formas urbanas, planeamiento, ptoyecto urbano.
- NIU, S. et al. Hu, A., Shen, Z., Huang, Y., 2021. Measuring the built environment of green transit-oriented development: A factor cluster analysis of rail station areas in Singapore.
- PARKER, T. et al. McKeever, M., Arrington, G., Smith-Heimer, J., 2002. Statewide Transit-Oriented Development Study: Factors for Success in California.
- PÉREZ LÓPEZ, Jonuel, 2019. San Juan, Puerto Rico: Desde el desparrame urbano hacia la ciudad compacta. Propuesta para dirigir a la ciudad capital hacia el crecimiento inteligente. TFM
- POZUETA ECHAVARRI, J. et al. Lamiquiz Daudén, F. J., Porto Schettino, M., 2013. La ciudad paseable. CEDEX. ISBN: 9788477905097
- QIANG, D. et al. Zhang, L., Huang, X., 2022. Quantitative Evaluation of TOD Performance Based on Multi-Source Data: A Case Study of Shanghai.
- SCHLOSSBERG, M., y Brown, N., 2004. Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(1887).
- SINGH, Y.J., Lukman, A., Flacke, J., Zuidgeest, M., Van Maarseveen, M.F.A.M., 2017. Measuring TOD around Transit Nodes—Towards TODPolicy.
- YANG, P. P., & Lew, S. H., 2009. An Asian Model of TOD: The Planning Integration in Singapore.
- ZEKUN, L. et al. Zixuan, H., Jing, X., Xin, L., Shiliang, S., Min, W., 2019. Transit oriented development among metro station areas in Shanghai, China: Variations, typology, optimization and implications for land use planning.
- ZIMBABWE, S., y Anderson, A., 2011. TOD 204 Planning for TOD at Regional Scale: The Big Picture (pp. 1-28): The Center for Transit-Oriented Development.

**Páginas Web:**

- ARQUITECTURA CRÍTICA. <https://www.arquitecturacritica.com.ar/2014/11/que-es-una-ciudad-dot-y-su-desarrollo.html>
- Autoridad del Transporte Integrado de P.R.. <https://www.ati.pr.gov/transportacion-urbana#tren-urbano>
- CENTRO DE ACCIÓN URBANA DE RÍO PIEDRAS. <https://cauce.uprrp.edu/mapas-y-planos-2/>
- CENTRO ESTADÍSTICAS P.R.. <https://censo.estadisticas.pr/node/532>
- DEPARTAMENTO DE LA VIVIENDA. <https://www.avp.pr.gov/residenciales-directorio.aspx?region=All>
- DEPARTAMENTO DE TRANSPORTACIÓN Y OBRAS PÚBLICAS DE P.R.. <https://www.dtop.pr.gov/>
- DHK ARCHITECTS. <https://www.dhkinc.com/project/tren-urbano/>
- EL PERIÓDICO ADOQUÍN. <https://eladoquintimes.com/2018/07/10/rio-piedras-antes-despues-y-ahora/>
- GEODATOS. <https://gis.pr.gov/descargaGeodatos/Pages/default.aspx>
- GEO-REF.NET. <https://www.geo-ref.net/sp/pri.htm>
- GOOGLE EARTH. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- GOOGLE MAPS. <https://www.google.es/maps>
- IDB IMPACT. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/transformando-ciudades-desarrollo-orientado-al-transporte/>
- INGENIOS REVISTA DE INVESTIGACIÓN Y LABOR CREATIVA. <https://www.ingeniosupr.com/vol-12/2015/1/27/viaje-por-el-metro-la-nave-urbana>
- INSTITUTE FOR TRANSPORTATION & DEVELOPMENT POLICY. <https://tod.itdp.org/tod-standard.html>
- JUNTA DE PLANIFICACIÓN DE PUERTO RICO. <https://jp.pr.gov/>
- LA LÍNEA SAN JUAN. <https://sanjuan.pr/lineas-mapa/?linea=1>
- MACROTRENDS. <https://www.macrotrends.net/global-metrics/countries/pri/puerto-rico/population-growth-rate>
- METRO DE MADRID. <https://www.metromadrid.es/es>
- METRO PUERTO RICO. <https://www.metro.pr/noticias/2023/10/16/proponen-expandir-carriles-exclusivos-para-ciclistas-en-san-juan/>
- OPEN STREET MAP. <https://www.openstreetmap.org/#map=16/18.42089/-66.05171>
- PERKINS AND WILL RESEARCH. <https://research.perkinswill.com/projects/tod-impact-calculator/>
- POLICÍA GOBIERNO DE PUERTO RICO. <https://incidenciacriminal.policia.pr.gov/publica/>
- PUERTA DE TIERRA-SAN JUAN. <https://www.puertadetierra.info/sitios/tranvia/tranvia.htm#:~:text=El%20primer%20ferrocarril%20en%20el%20%C3%A1rea%20de%20San,M%C3%A1s%20tarde%20fue%20llamado%20Tranv%C3%ADa%20de%20la%20Capital.>
- RECINTO DE RÍO PIEDRAS- UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. <https://www.uprrp.edu/2016/11/expertos-analizan-el-transporte-publico-y-colectivo-en-puerto-rico/>

RECONNECTING AMÉRICA. <http://reconnectingamerica.org/inventory/index.php>

TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT INSTITUTE. <http://www.tod.org/events/webinarseries.html>

UNITED STATES CENSUS BUREAU. <https://maps.geo.census.gov/ddmv/map.html>

WIKIPEDIA. [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios\\_de\\_Puerto\\_Rico](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios_de_Puerto_Rico)

# Procedencia de las ilustraciones

## 1. Marco teórico: El enfoque TOD

- Fig.1. Peter Calthorpe, 1993. Portada de The Next American Metropolis. Recuperado de: <https://books.rakuten.co.jp/rb/4613447/>
- Fig.2. Peter Calthorpe, 1993. Urban Form Diagram. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/111/11176243005/html/>
- Fig.3. Environmental Action Newsletter, 1973. The Empty Promise of Freedom. Recuperado de: [https://michiganintheworld.history.lsa.umich.edu/environmentalism/exhibits/show/main\\_exhibit/item/456](https://michiganintheworld.history.lsa.umich.edu/environmentalism/exhibits/show/main_exhibit/item/456)
- Fig.4. Peter Calthorpe, 1993. Diagrama estructura urbana. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/111/11176243005/html/>
- Fig.5. The Institute for Transportation and Development Policy. Los 8 principios de Estándar TOD. Recuperado de: <https://todresources.org/resources/the-tod-standard/>
- Fig.6. The TOD Institute. Espacios públicos correctamente definidos. Recuperado de: <http://tod.org/placemaking.html>
- Fig.7. Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en 5 estudios TOD.

## 2. Contexto: La situación actual de Puerto Rico y San Juan

- Fig.1. Getty Images, 2024. El Viejo San Juan. Recuperado de: <https://www.vogue.com/article/an-insiders-guide-to-san-juan-puerto-rico>
- Fig.2. MapaMundial.co, 2014. Situación geográfica de Puerto Rico. Recuperado de: <https://mapamundial.co/m/mapadePuerto-Rico>
- Fig.3. Elaboración propia, 2024. Los municipios de Puerto Rico.
- Fig.4. Detroit Publishing Company, 1903. Plaza de Armas de San Juan. Recuperado de: <https://www.geoisla.com/2019/12/plaza-de-armas-c-1903/#>
- Fig.5. W. Rodney Long, 1925. Plano del ferrocarril de Puerto Rico. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puerto\\_Rico\\_rail\\_map\\_1925.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puerto_Rico_rail_map_1925.jpg)
- Fig.6. Colección Ricardo Medina, 1910. Locomotora de la American Railroad Company of Porto Rico saliendo de Mayagüez. Recuperado de: <http://ferrocarrilespr.rogerseducationalpage.com/?p=5036>
- Fig.7. National Geographic, 1962. Fotografía de la Operación Manos a la Obra. Recuperado de: <https://www.noticel.com/economia/top-stories/memoria-viva/vida/20200127/memoria-viva-la-promesa-vac%EF%BF%BDa-de-operaci%EF%BF%BDn-manos-a-la-obra/>

- Fig.8. El Mundo, 1946. Artículo sobre el último viaje del tranvía de San Juan. Recuperado de: <https://redescubriendopuertorico.blogspot.com/2024/02/ultimo-viaje-tranvia-san-juan.html>
- Fig.9. Google Maps, 2024. Dispersión urbana en San Juan.
- Fig.10. Puertoricogram, 2019. Chinchorro en los kioscos de Luquillo. Recuperado de Instagram @puertoricogram.
- Fig.11. Autoridad de Transporte Integrado, 2024. Sistema de Transporte Público de San Juan. Recuperado de: <https://www.ati.pr.gov/transportacion-urbana#tren-urbano>
- Fig.12. La Trinchera Obrera, 2011. Estación de Sagrado Corazón. Recuperado de: [https://latrincheraobrero.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/10/urbe\\_pr\\_tren\\_u.jpg](https://latrincheraobrero.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/10/urbe_pr_tren_u.jpg)
- Fig.13. Wikipedia, 2016. Mapa del Tren Urbano, incluyendo futuras ampliaciones previstas por el DTOP de Puerto Rico. Recuperado de: [https://ca.m.wikipedia.org/wiki/Fitxer:San\\_Juan\\_Tren\\_Urbano\\_extensions\\_%2801%29.png](https://ca.m.wikipedia.org/wiki/Fitxer:San_Juan_Tren_Urbano_extensions_%2801%29.png)
- Fig.14. Elaboración propia, 2024. Plano de situación de la línea del tren urbano de San Juan.
- Fig.15. Elaboración propia, 2024. Topografía de San Juan en relación con la línea del tren urbano.
- Fig.16. Elaboración propia, 2024. El transporte al trabajo. Gráfica elaborada a partir de datos obtenidos por la Universidad de Puerto Rico.
- Fig.17. Elaboración propia, 2024. Municipios y barrios por los que discurre la línea.
- Fig.18. Elaboración propia, 2024. Puntos de interés en San Juan.
- Fig.19. Elaboración propia, 2024. Municipios y barrios por los que discurre la línea.
- Fig.20. Elaboración propia, 2024. Total población por distrito censal.
- Fig.21. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2022. Población total puertorriqueña en estados y en Puerto Rico.
- Fig.22. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2022. Movimiento migratorio entre Puerto Rico (PR) y Estados Unidos (EU)
- Fig.23. Elaboración propia, 2024. Edad media por distrito censal.
- Fig.24. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población de 65 o mayor, por distrito censal.
- Fig.25. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, 2023. Migración neta en Puerto Rico.
- Fig.26. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población extranjera, por distrito censal.
- Fig.27. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población empobrecida, por municipio.
- Fig.28. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población empobrecida, por distrito censal.
- Fig.29. Policía de Puerto Rico, 2024. Incidencia criminal en San Juan. Recuperado de: <https://incidenciacriminal.policia.pr.gov/publica/>
- Fig.30. Elaboración propia, 2024. Ingresos medios anuales, por distrito censal.

- Fig.31. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de personas que no disponen de vehículo privado, por distrito censal.
- Fig.32. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de población en situación de desempleo, por distrito censal.
- Fig.33. Elaboración propia, 2024. Tiempo medio en desplazarse al trabajo, por municipio, expresado en minutos.
- Fig.34. Elaboración propia, 2024. Tiempo medio en desplazarse al trabajo, por distrito censal, expresado en minutos.
- Fig.35. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en vehículo privado no compartido, por distrito censal.
- Fig.36. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en vehículo privado compartido, por distrito censal.
- Fig.37. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo en transporte público, por distrito censal.
- Fig.38. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de la población que se desplazan al trabajo andando, por distrito censal.
- Fig.39. Elaboración propia, 2024. Plano de zonas verdes y aparcamientos de San Juan.
- Fig.40. Elaboración propia, 2024. Número total de viviendas, por distrito censal.
- Fig.41. Elaboración propia, 2024. Porcentaje de viviendas sin habitar, por distrito censal.
- Fig.42. Elaboración propia, 2024. Valor medio de las viviendas en dólares, por distrito censal.
- Fig.43. Elaboración propia, 2024. Ubicación de los caseríos de San Juan.

### **3. Metodología**

#### 3.1 Análisis general

- Fig.1. Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en 5 estudios TOD y los seleccionados para el análisis en Puerto Rico.
- Fig.2. Elaboración propia, 2024. Tabla de parámetros utilizados en este trabajo y las fuentes de las que se obtiene los datos.
- Fig.3. Elaboración propia, 2024. Ejemplo cálculo parámetros Estación 1.
- Fig.4. Elaboración propia, 2024. Modelo ficha.

#### 3.2 Análisis pormenorizado

- Fig.1. Elaboración propia, 2024. Modelo tabla DAFO.

## **4. Análisis**

### 4.1 Análisis general

Fig.1. Elaboración propia, 2024. Tabla de superficies, usos del suelo en las 16 estaciones.

Fig.2. Elaboración propia, 2024. Plano general usos del suelo.

Fig.3. Elaboración propia, 2024. Tablas para el cálculo de los parámetros de las 16 estaciones.

Fig.4. Elaboración propia, 2024. Parámetros de las 16 estaciones, sin estandarizar.

Fig.5. Elaboración propia, 2024. Parámetro 1, densidad poblacional.

Fig.6. Elaboración propia, 2024. Parámetro 2, diversidad de usos del suelo.

Fig.7. Elaboración propia, 2024. Parámetro 3, densidad de intersecciones.

Fig.8. Elaboración propia, 2024. Parámetro 4, mezcla de usos del suelo.

Fig.9. Elaboración propia, 2024. Parámetro 5, conexión con otros modos de transporte.

Fig.10. Elaboración propia, 2024. Parámetros de las 16 estaciones, estandarizados e índice TOD.

Fig.11. Elaboración propia, 2024. Clasificación de las estaciones según su índice TOD.

Fig.12. Elaboración propia, 2024. Plano general de la línea, índice TOD.

Fig.13. Elaboración propia, 2024. Diagramas radiales de los 5 parámetros estandarizados para cada estación.

Fichas estaciones: Elaboración propia, 2024.

Fig.14. Ayesha Anwar et al., 2024. Densidad de intersecciones en las líneas verde y naranja en Lahore, Pakistán.

Fig.15. Ayesha Anwar et al., 2024. Plano de la densidad de población media en Lahore, Pakistán.

Fig.16. Elaboración propia, 2024. Parámetro 4, mezcla de usos del suelo.

### 4.2 Análisis pormenorizado

Análisis DAFO: Elaboración propia, 2024.

