

CONTENIDO

II.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE	II-3
1	PROYECCIONES SOCIOECONÓMICAS	II-4
1.1.	PROYECCIONES POBLACIONALES	II-4
1.1.1.	Distribución Geográfica	II-5
1.1.2.	Metodología de Distribución para Cartagena	II-5
1.2.	PROYECCIONES DE ESTUDIO	II-16
1.2.1.	Número de Estudiantes	II-16
1.2.2.	Puestos de Estudio	II-16
1.3.	PROYECCIONES DE TRABAJO	II-22
1.3.1.	Puestos de Trabajo	II-22
1.3.2.	Número de Trabajadores	II-29
2	DEMANDA FUTURA DE TRANSPORTE	II-30
2.1.	GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES	II-30
2.2.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	II-32
2.3.	DISTRIBUCIÓN MODAL	II-36
2.4.	MODELO DE ASIGNACIÓN	II-43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1. Localización de las Zonas de Crecimiento Población Cartagena 2011-2032	II-6
Figura II-2. Población Cartagena - 2012	II-8
Figura II-3. Población Cartagena - 2017	II-9
Figura II-4. Población Cartagena - 2022	II-10
Figura II-5. Población Cartagena - 2032	II-11
Figura II-6. Densidad Poblacional Cartagena - 2012	II-12
Figura II-7. Densidad Poblacional Cartagena - 2017	II-13
Figura II-8. Densidad Poblacional Cartagena - 2022	II-14
Figura II-9. Densidad Poblacional Cartagena - 2032	II-15
Figura II-10. Puestos de estudio Cartagena - 2012	II-18
Figura II-11. Puestos de Estudio Cartagena - 2017	II-19
Figura II-12. Puestos de Estudio Cartagena - 2022	II-20
Figura II-13. Puestos de Estudio Cartagena - 2032	II-21
Figura II-14. Localización de las zonas de crecimiento de los puestos de trabajo.	II-23
Figura II-15. Puestos de Trabajo Cartagena - 2012	II-25
Figura II-16. Puestos de Trabajo Cartagena - 2017	II-26
Figura II-17. Puestos de Trabajo Cartagena - 2022	II-27
Figura II-18. Puestos de Trabajo Cartagena - 2032	II-28
Figura II-19. Líneas de deseos de viaje	II-33
Figura II-20. Tasas de crecimiento	II-38
Figura II-21. Distribución modal por escenario	II-38
Figura II-22. Generación y Atracción de viajes por modo	II-40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1. Datos modelo de Generación y Atracción de viajes	II-30
Tabla II-2. Variables explicativas.....	II-31
Tabla II-3. Tasas de Generación y Atracción de Viajes	II-31
Tabla II-4. Resumen viajes diarios por modo y por escenario	II-37

II. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE

La demanda de transporte se deriva de la necesidad de las personas de participar en el desarrollo de actividades socioeconómicas. Para estimar la demanda de viajes futuros en la Ciudad de Cartagena se requiere proyectar el crecimiento y la distribución de las actividades que determinan la generación y atracción de viajes en cada una de las 214 zonas de transporte en las que fue dividida el área de estudio del Plan Maestro de Movilidad de Cartagena de Indias.

La definición de las zonas de transporte se realizó a partir de la distribución de barrios del distrito de Cartagena, segregados de acuerdo con la información de población del DANE.

Por lo tanto, a partir de la información de población actual y futura establecida por el DANE para la ciudad y sus corregimientos, que junto con el número de trabajadores, de estudiantes, de empleos y cupos de estudio en cada una de las zonas de estudio, información obtenida de la encuesta de hogares realizada, se estableció un escenario probable de crecimiento futuro que determina la magnitud y distribución de los viajes para el corto, mediano y largo plazo, referentes a los años 2017, 2022 y 2032, respectivamente.

En este capítulo se describe la metodología y los resultados para estimar los viajes futuros en la Ciudad de Cartagena y sus corregimientos. Se presenta la distribución y crecimiento de las variables explicativas de generación de viajes, tales como población, estudiantes y trabajadores y las variables explicativas de atracción de viajes, tales como el número de cupos de estudio y puestos de trabajo. Posteriormente, se presenta la metodología para la estimación de los viajes generados y atraídos por cada una de las zonas, la distribución espacial de los viajes, la distribución modal y el proceso de asignación.

1 PROYECCIONES SOCIOECONÓMICAS

Con el fin de prever los cambios en la movilidad es necesario analizar la distribución que podrá tomar la población en cuanto a localización de la vivienda y la posible ubicación de los puestos de trabajo y estudio en el Distrito de Cartagena.

Debido a la falta de estudios demográficos para la ciudad de Cartagena, los escenarios de crecimiento poblacional debieron construirse a partir de la visión para la ciudad expresada en el POT vigente, en el Plan de Desarrollo 2008 - 2011 y visiones tendenciales del área de estudio por parte de la consultoría, donde se analizó la dinámica actual de la ciudad y cómo prevé se comportará en los plazos del Plan Maestro de Movilidad.

El ejercicio definió el potencial de población de la ciudad tomando como base las áreas de desarrollo, como los planes parciales, los proyectos estratégicos de equipamientos e infraestructura y las tendencias de densificación de la ciudad, dando como resultado una distribución tendencial del crecimiento poblacional en todo el territorio que sirve como base para el planteamiento de un Plan Maestro de Movilidad, que es el objetivo de la consultoría.

En ese sentido es importante tener en consideración que este no es un estudio demográfico, de empleo ni de educación detallado, sino que llega hasta el nivel necesario para hacer una formulación adecuada de políticas, estrategias, programas y proyectos y/o acciones en materia de movilidad, donde en algunos casos se asumieron supuestos conservadores para garantizar que la oferta de transporte y movilidad no esté en el límite inferior para servir la demanda presente y futura en cada uno de los plazos proyectados.

1.1. PROYECCIONES POBLACIONALES

En el caso de Cartagena y sus corregimientos, la información de partida procede de los datos proyectados de población a 2011 de población por barrio y corregimientos elaborada por la Secretaria Distrital de Planeación (SDP). Adicionalmente se contó con las proyecciones de población totales para la ciudad de Cartagena y sus corregimientos del DANE para los años 2015 y 2020. Esta información no incluye previsiones de población con diferentes niveles de desagregación (Ejemplo: barrios o localidades).

Las proyecciones del crecimiento de la población para la ciudad de Cartagena están disponibles hasta el año 2020. Sin embargo, el Plan Maestro de Movilidad contempla un horizonte de veinte años (2012 al 2032), por lo cual ha sido necesario completar dichas proyecciones para el periodo 2020 al 2032.

De esta manera las previsiones del crecimiento de la población durante todo el periodo de estudio se podrían separar en dos grupos, según los datos disponibles.

- Periodo 2010-2011 (Proyecciones de Crecimiento DANE y SDP x Barrio).
- Periodo 2012-2032 (Proyecciones de Crecimiento de la presente Consultoría).

1.1.1. Distribución Geográfica

Mediante el análisis de las dinámicas de crecimiento urbano se proponen escenarios urbanísticos, que a su vez representan determinadas distribuciones de la población.

Para el análisis de la dinámica de crecimiento urbano de la ciudad se toma como punto de partida la situación actual de la ciudad para el año 2011 y la proyección de ciudad al 2032, teniendo en cuenta proyectos concretos como los Macroproyectos y Planes Parciales adoptados (El Triángulo Social) y algunos en proceso de formulación como por ejemplo los localizados en el costado oriental de la Ciénaga de la Virgen, al igual que proyectos de renovación urbana y la expectativa conocida de los proyectos inmobiliarios de gran escala localizados en la Zona Norte.

1.1.2. Metodología de Distribución para Cartagena

Para la distribución de la población se identificaron las posibles áreas de crecimiento en la ciudad determinadas por la dinámica de crecimiento urbano. Cabe anotar que en este proceso se tiene en cuenta exclusivamente la dinámica urbana del ámbito de estudio, sin considerar otros aspectos externos al comportamiento demográfico neto, como pueden ser los índices de mortalidad y natalidad, precios del suelo, los efectos del invierno o los efectos que la situación de orden público puedan implicar en el comportamiento de la población.

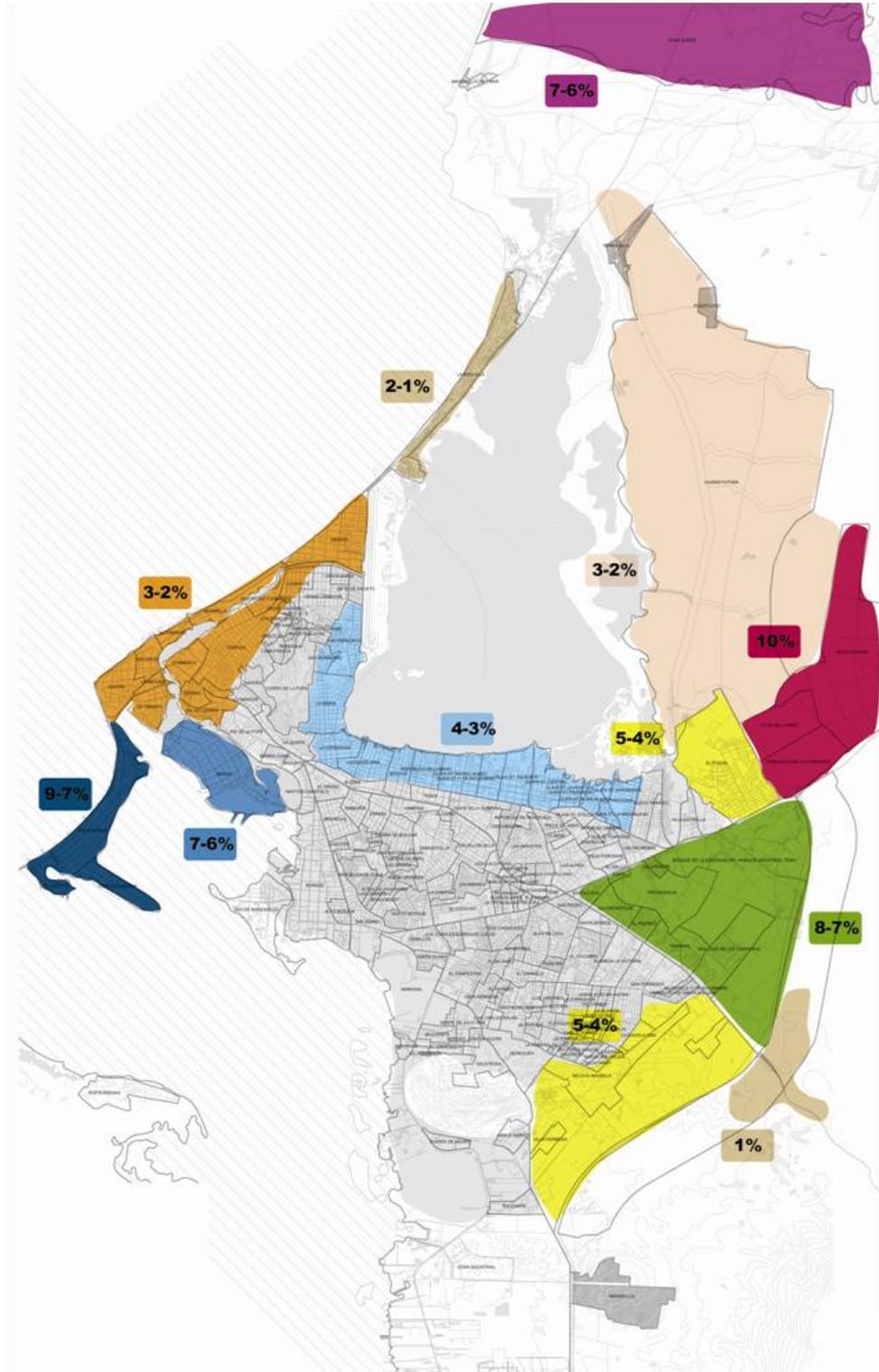
Para localizar estas áreas los pasos fueron:

- Identificación del área urbana consolidada actualmente.
- Determinar el área dispuesta para el desarrollo.
- Consideración e interpretación de los proyectos de desarrollo urbanos de renovación y los macroproyectos.

De acuerdo con la experiencia propia del consultor se plantea lo siguiente:

Las zonas que van a presentar para el año 2032 un crecimiento mayor al promedio de Cartagena, basado en las dinámicas urbanas actuales, capacidad de densificación y tendencia de la ciudad, son las zonas identificadas en la Figura II-1.. Los porcentajes aplicados varían de periodo a periodo.

Figura II-1. Localización de las Zonas de Crecimiento Población Cartagena 2011-2032



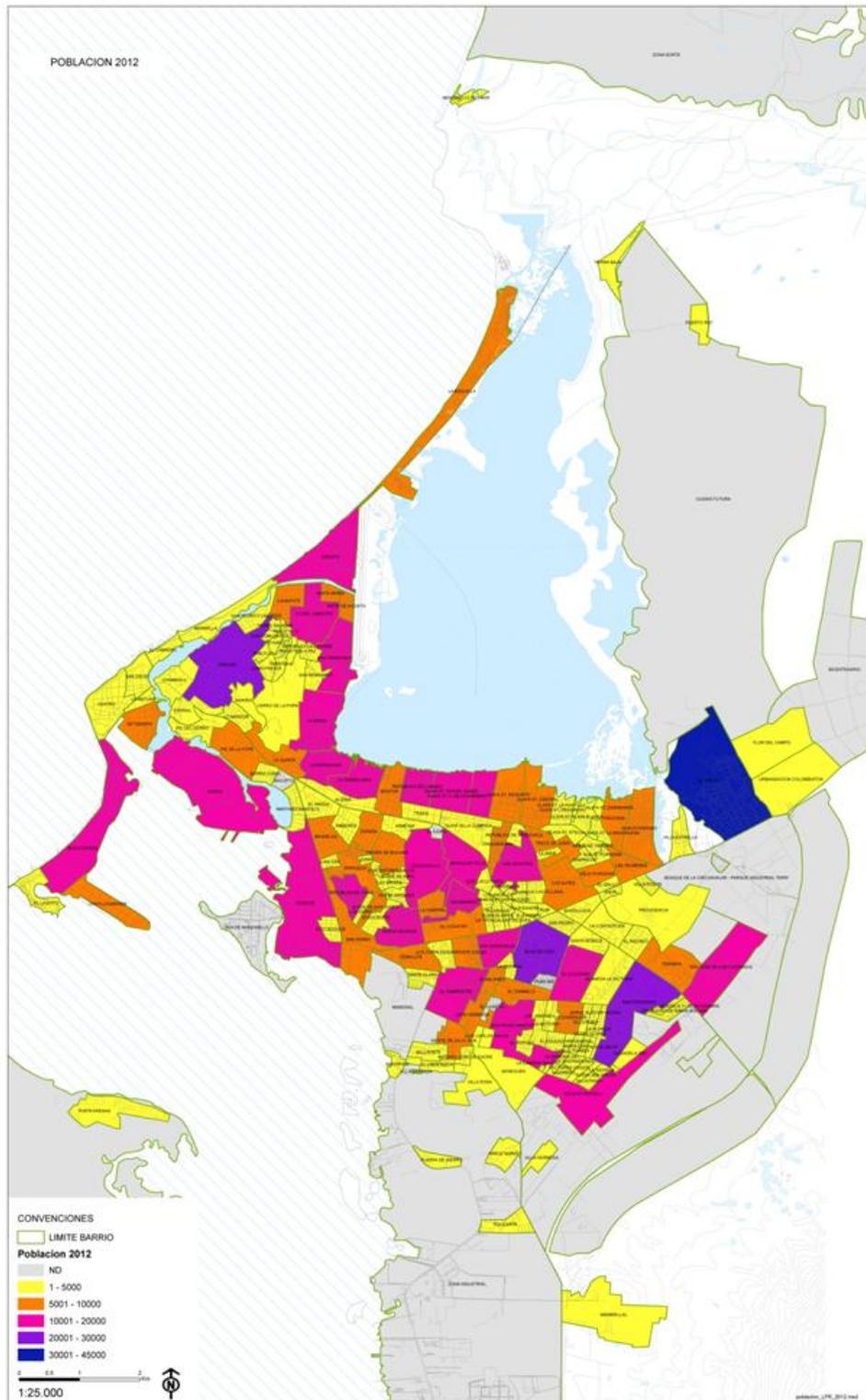
Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificadas estas zonas se distribuyó el total del crecimiento de población de 2011 a 2032 de la siguiente manera:

1. El número final de población que crece es la diferencia de incremento de la población que el DANE proyecta entre los años 2011, 2015 y 2020. El número que difiere entre año y año se asigna entre los barrios y corregimientos de la ciudad, tanto en las áreas urbanas como rurales a partir de la actual distribución. Esto aplica a los barrios existentes y zonas nuevas a desarrollar.
2. Con respecto a la población de los corregimientos en el área rural, la diferencia en las proyecciones entre los años 2011, 2015 y 2020 se dividió equitativamente entre los corregimientos dependiendo del porcentaje de participación del corregimiento en la población actual rural a 2011, proporcionadas por la SDP y el DANE.
3. En cuanto a la población urbana, la diferencia en las proyecciones entre los años 2011, 2015 y 2020 se dividió en un 60% y en un 40%.
4. Los barrios que conforman el 40% crecen equitativamente dependiendo del porcentaje de participación en la población actual urbana a 2011, proporcionadas por la SDP y el DANE.
5. Los barrios que conforman el 60% restante crecen en diferentes porcentajes establecidos por el consultor, de acuerdo a la dinámica urbana de la ciudad. Al final se asigna ese 60% de la diferencia de población entre los años 2011, 2015 y 2020 de acuerdo a esos porcentajes.
6. Para el periodo 2020 a 2032, donde no se contaba con las proyecciones de crecimiento de la población total del DANE, se utilizó una línea de tendencia a partir de la información disponible en las fichas del DANE 2011 a 2020. Una vez se estableció la diferencia entre la población del 2020 y 2032 se procedió a asignarla utilizando la metodología descrita anteriormente.

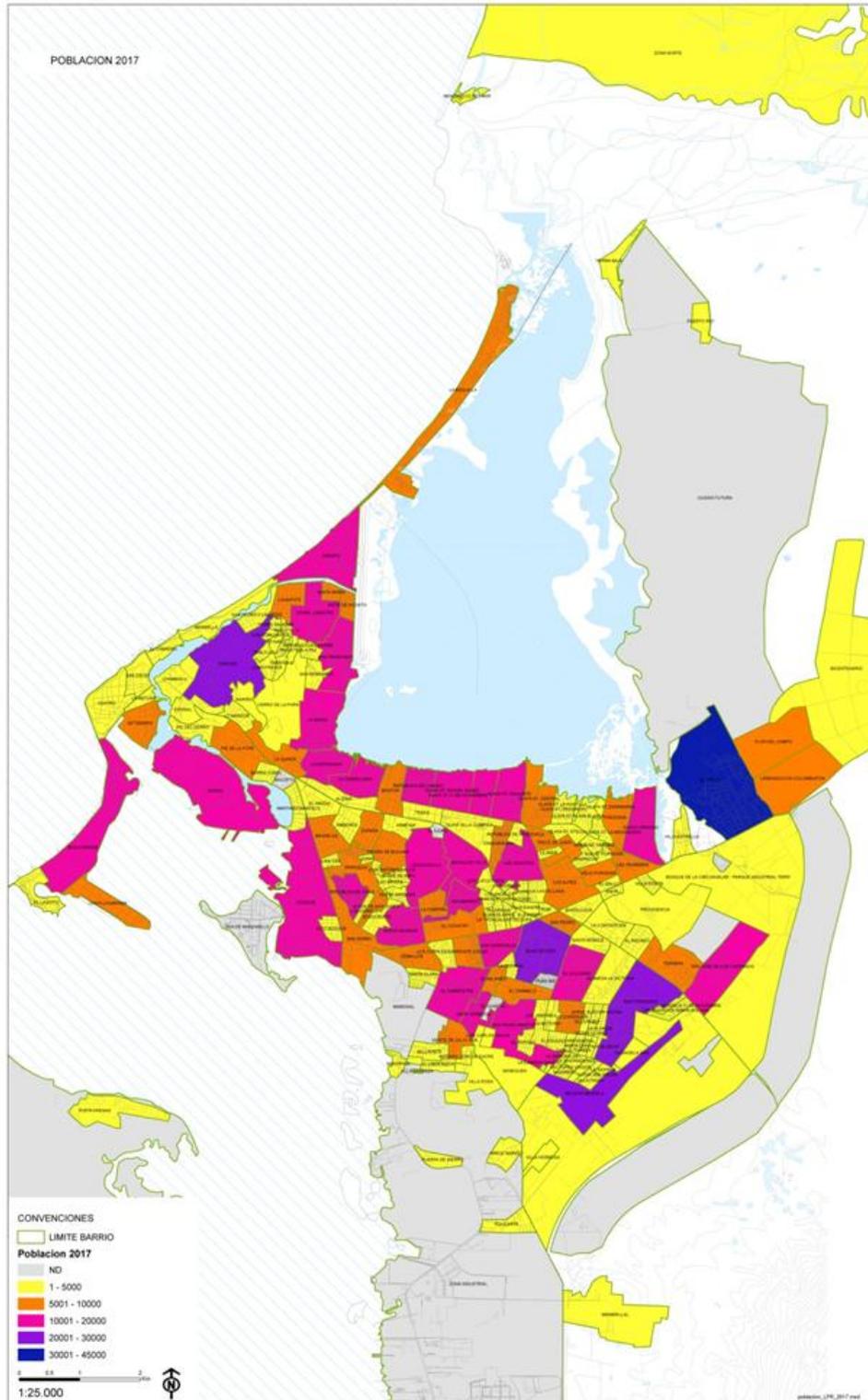
La totalidad de los mapas que representan los escenarios crecimiento de la población y densidades futuras se muestran a continuación.

Figura II-2. Población Cartagena - 2012



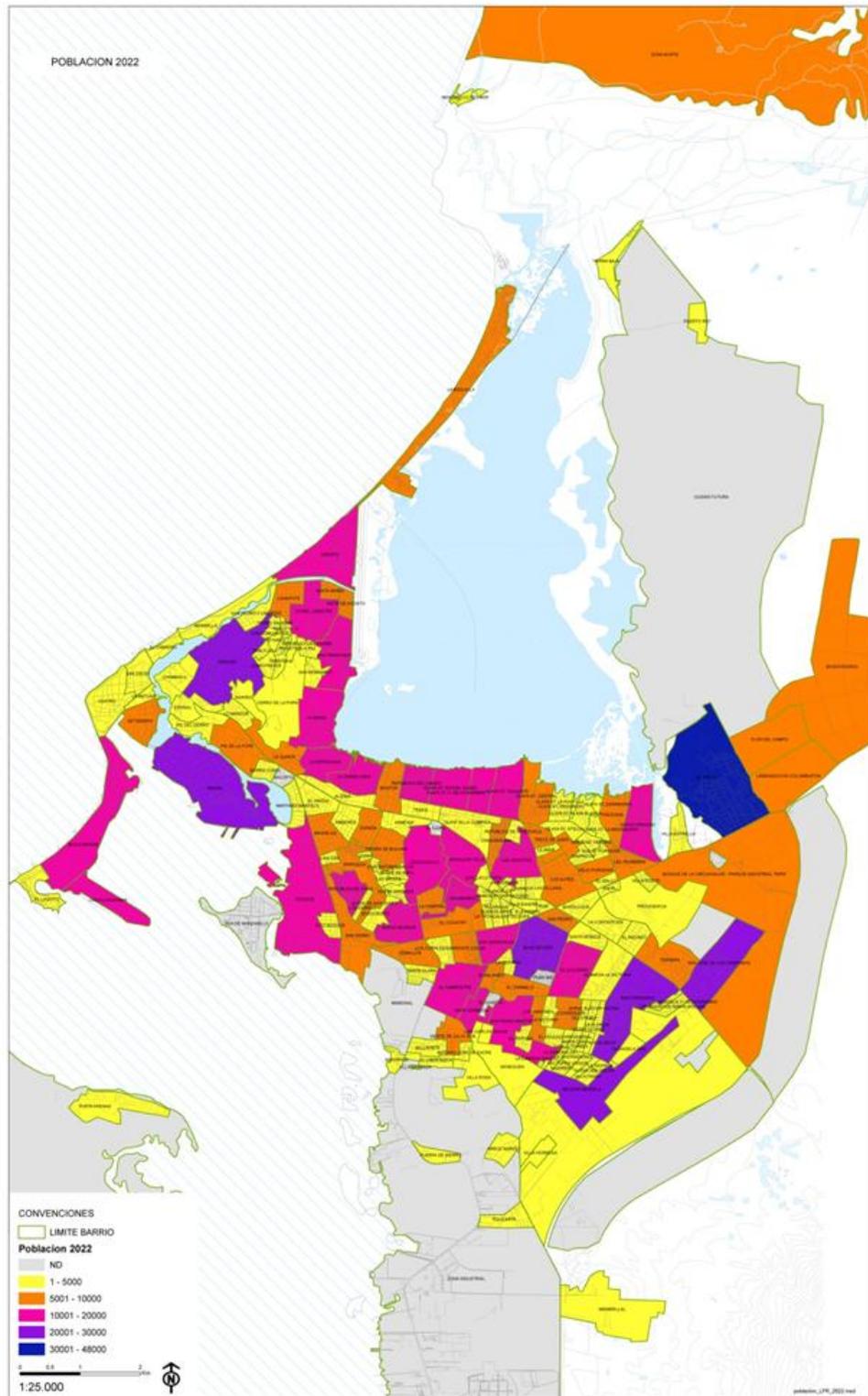
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-3. Población Cartagena - 2017



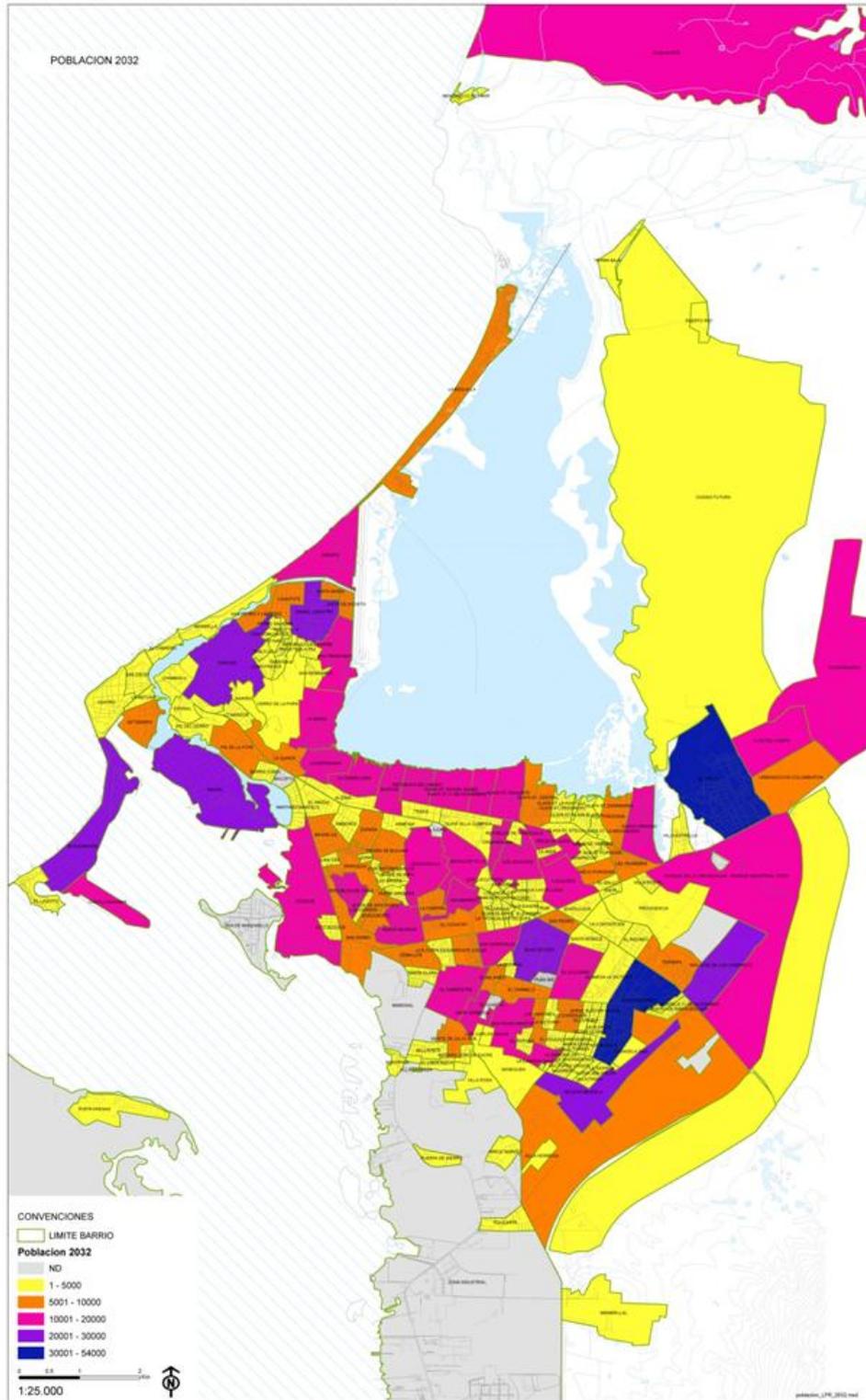
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-4. Población Cartagena - 2022



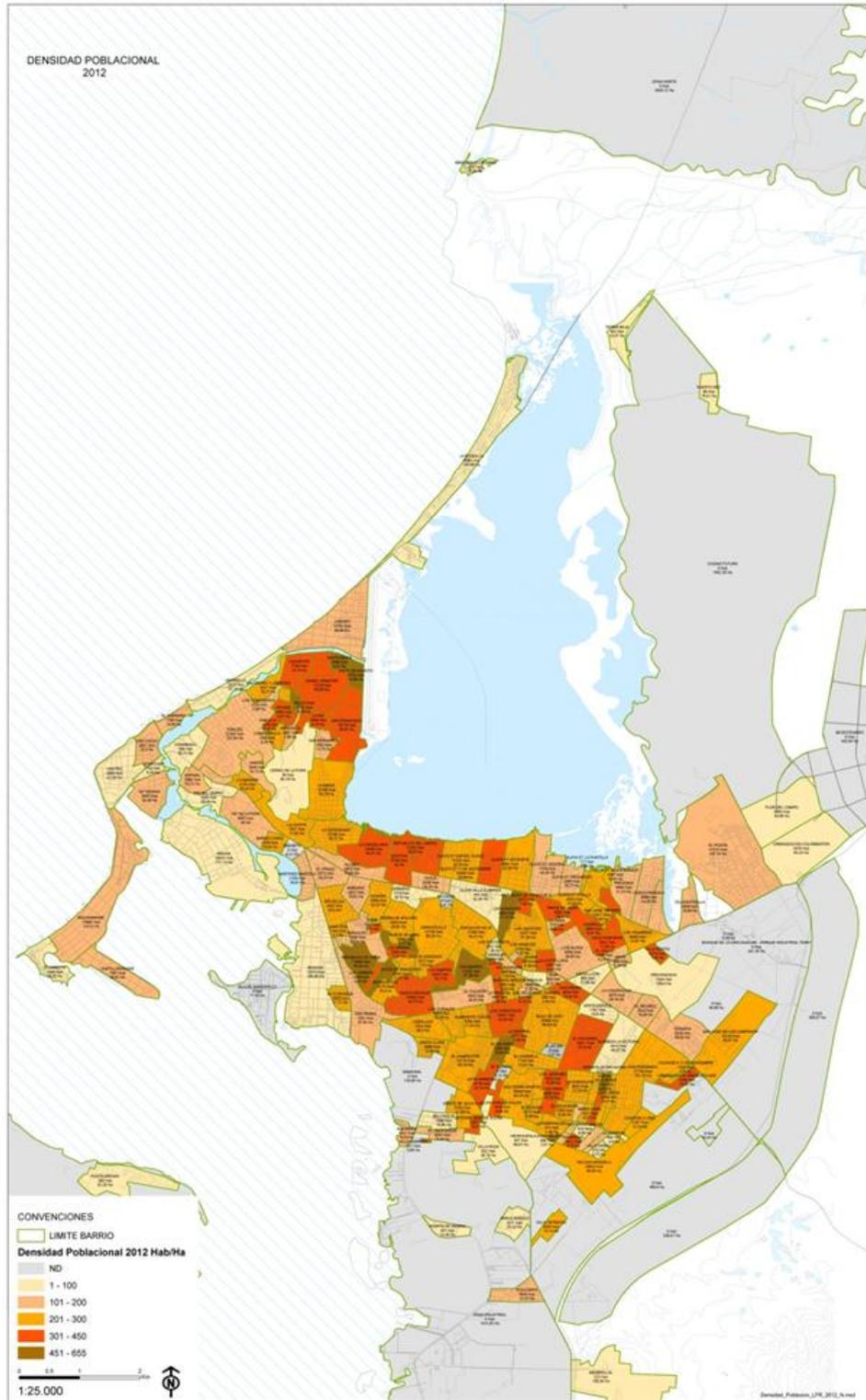
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-5. Población Cartagena - 2032



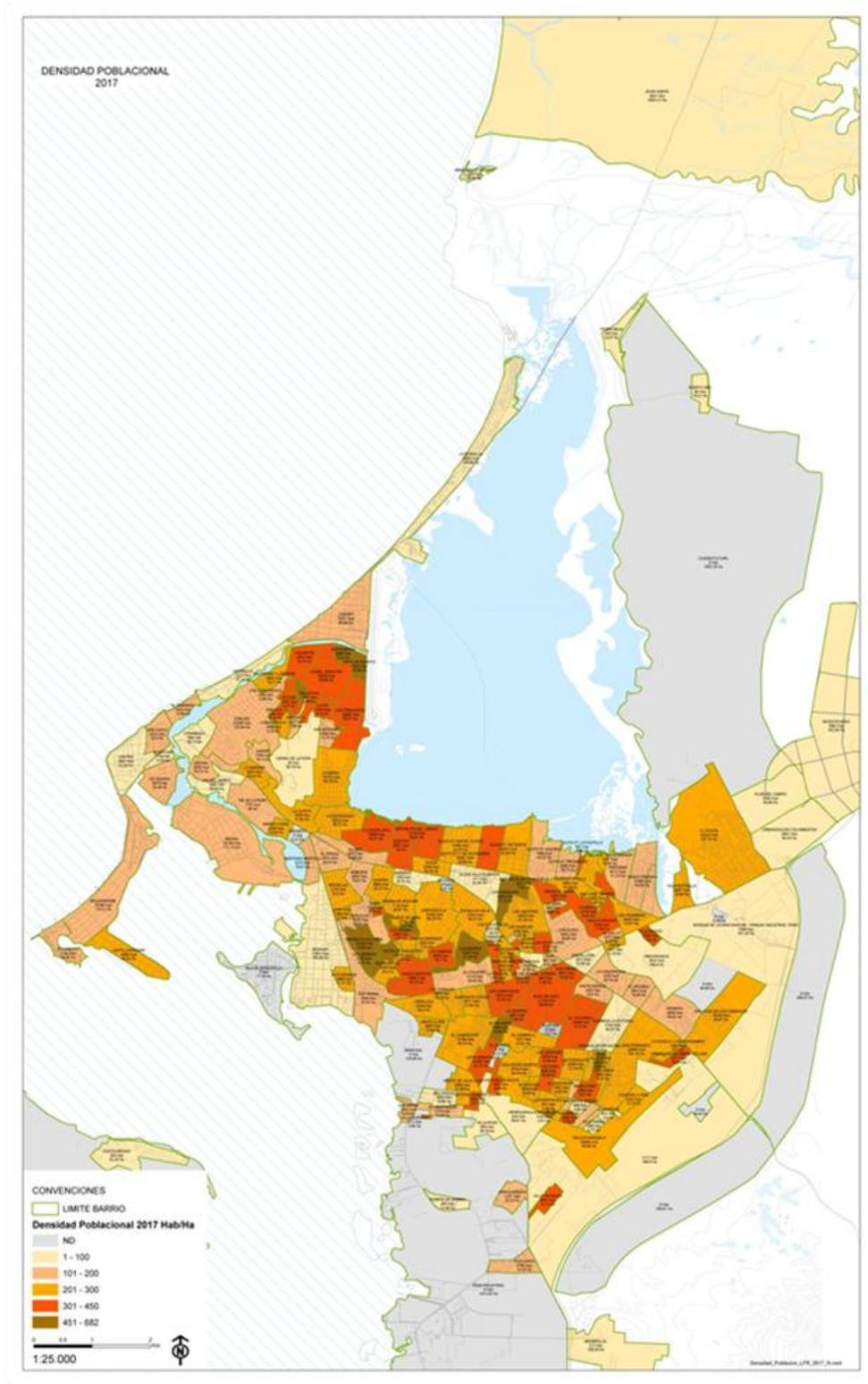
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-6. Densidad Poblacional Cartagena - 2012



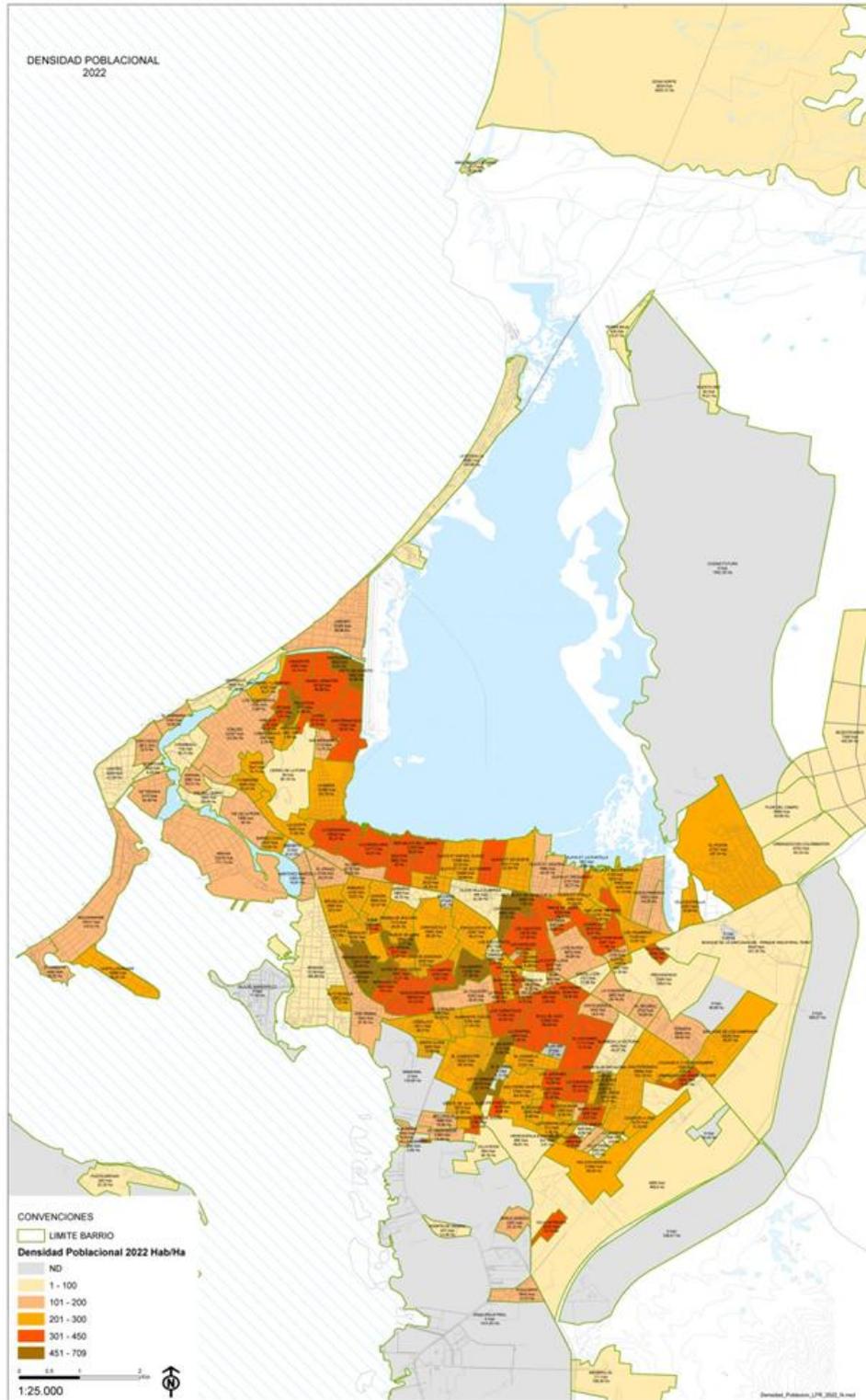
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-7. Densidad Poblacional Cartagena - 2017



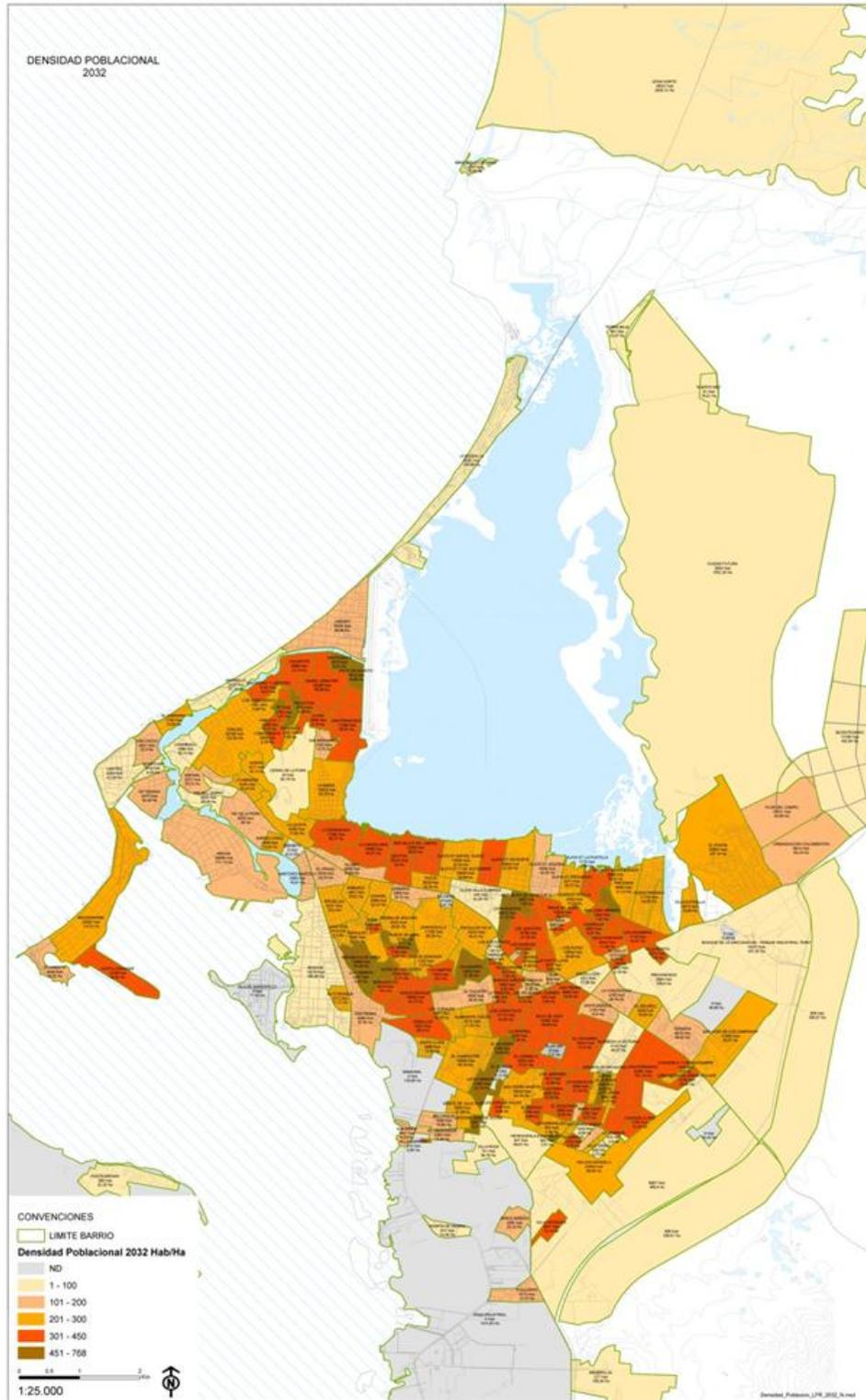
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-8. Densidad Poblacional Cartagena - 2022



Fuente: Elaboración Propia

Figura II-9. Densidad Poblacional Cartagena - 2032



Fuente: Elaboración Propia

1.2. PROYECCIONES DE ESTUDIO

Las proyecciones de estudio se refieren al número de estudiantes que se originan en cada una de las zonas de estudio y los puestos de estudio o sitios de destino de estos estudiantes; por lo que la premisa para estas proyecciones es que el número total de estudiantes del distrito de Cartagena debe corresponder con el total de puestos de estudio para cada uno de los años de proyección.

Para la distribución de estudio (número de estudiantes y puestos de estudio) en las zonas definidas del modelo de transporte, se parte de la información recolectada en campo por esta Consultoría y se considera que dicha distribución se mantendrá para los años de proyección.

A continuación se describe la metodología seguida para la proyección de los orígenes (número de estudiantes) que es la base para la proyección de los destinos (puestos de estudio):

1.2.1. Número de Estudiantes

Los estudiantes corresponden a una porción de la población total de Cartagena, por lo que para su proyección partirá del resultado de la proyección de la población, descrita anteriormente. Lo anterior supone un crecimiento del número de estudiantes proporcional al de la población total.

De la información recolectada en campo por esta Consultoría, se encontró que Cartagena cuenta con 277.250 estudiantes para principios del 2011; por tanto, considerando la población total de Cartagena del 2010, según datos DANE (944.250 habitantes), se obtiene que el 29,35% de la población de Cartagena es estudiante.

Esta proporción se aplica para la población proyectada de la ciudad y así obtenemos el número de estudiantes para cada año hasta el 2032.

Una vez identificado el total de estudiantes, éstos se distribuyen en cada una de las zonas según la misma distribución de la población para cada uno de los años. Lo anterior ya incluye aquellas áreas dispuestas para el desarrollo según la dinámica de crecimiento urbano descrita para la proyección de la población.

1.2.2. Puestos de Estudio

La proyección de los puestos de estudio parte del total de número de estudiantes para cada año; debido a que, como se mencionó anteriormente, el número total de puestos de estudio debe corresponder con el total de estudiantes, aunque su distribución en las zonas del Distrito es diferente.

Por lo anterior, para la proyección de los puestos de estudio se distribuye el número total de estudiantes de cada año, con la misma distribución que existe hoy en la ciudad de los

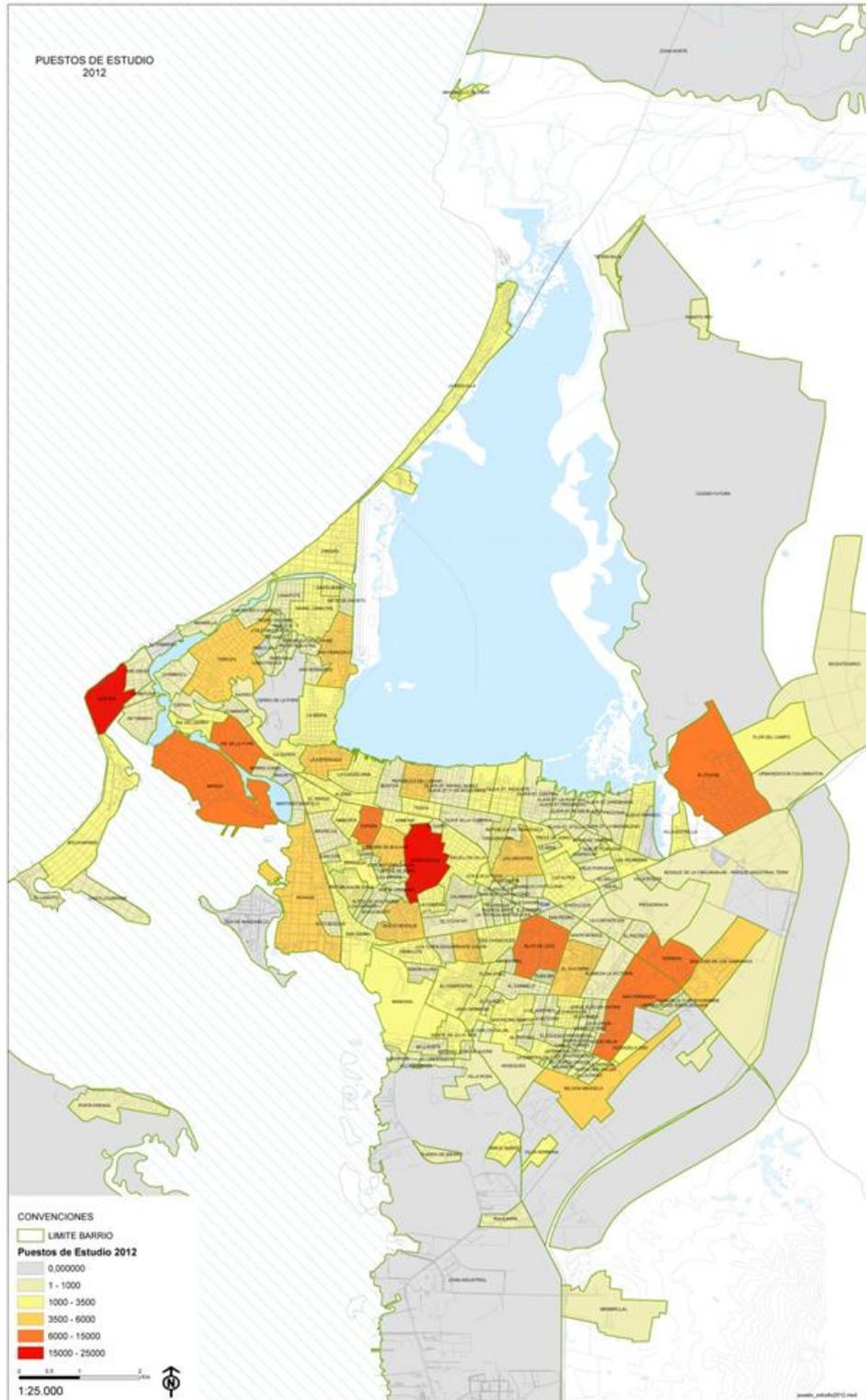
puestos de estudio; distribución obtenida de la información recolectada en campo por la consultoría.

El anterior resultado es ajustado al incluir las nuevas zonas de desarrollo de la ciudad¹ correspondientes a la zona norte y comuna 15 en el 2017 y ciudad futura, variante Mamonal-Gambote Norte y variante Mamonal Gambote Sur en el 2032. Por criterio de la consultoría se les asignó un porcentaje para la distribución de los puestos de estudio a estas nuevas zonas, según el porcentaje de las zonas con características similares y luego se ajustaron proporcionalmente todos los porcentajes para coincidir con el 100%.

A continuación se presentan el resultado de las proyecciones de los puestos de estudio para los escenarios del 2012, 2017, 2022 y 2032:

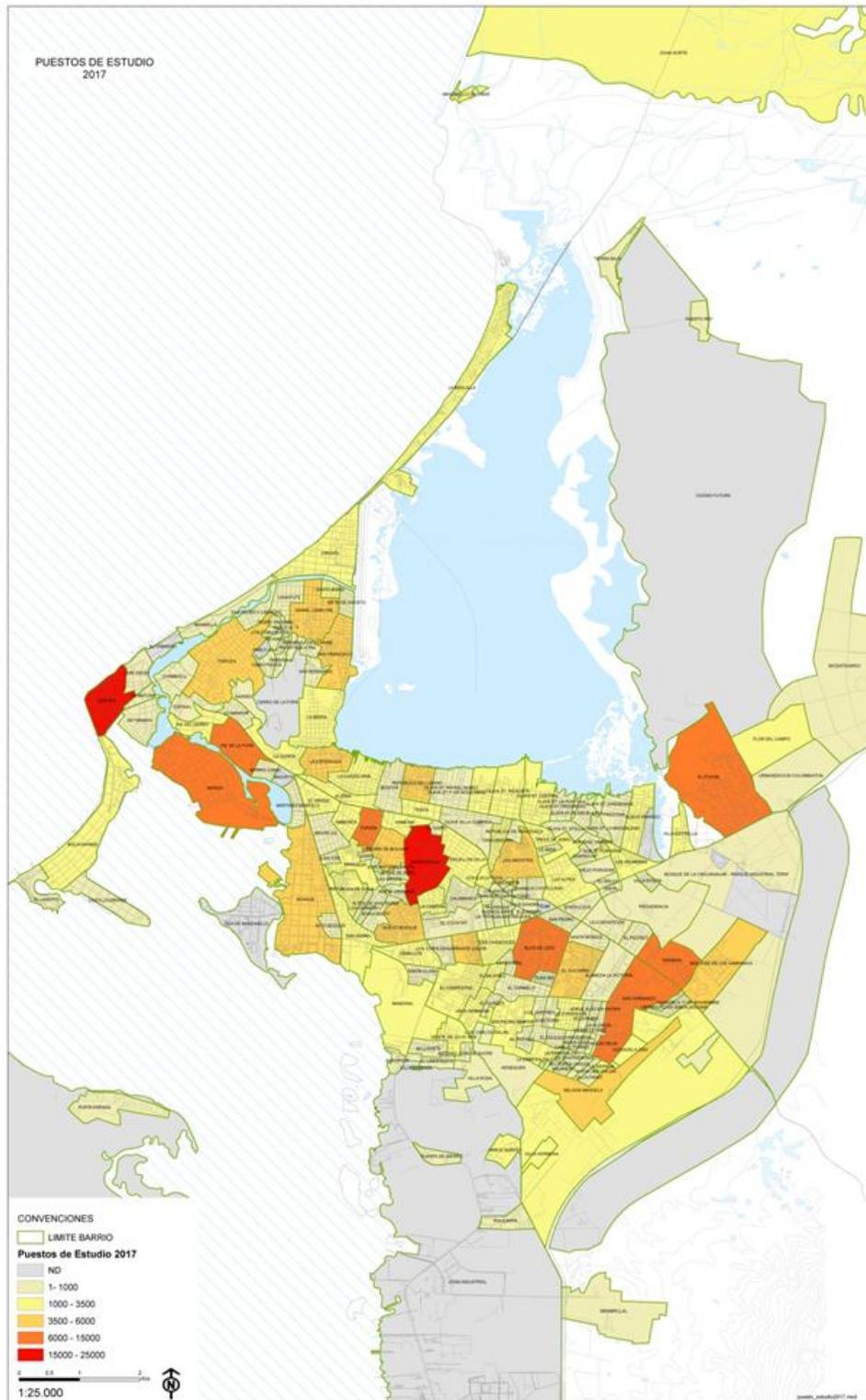
¹ Las nuevas zonas de desarrollo se definieron mediante el análisis de la dinámica de crecimiento urbano de la ciudad, teniendo en cuenta proyectos concretos, según lo definido en la proyección de la población.

Figura II-10. Puestos de estudio Cartagena - 2012



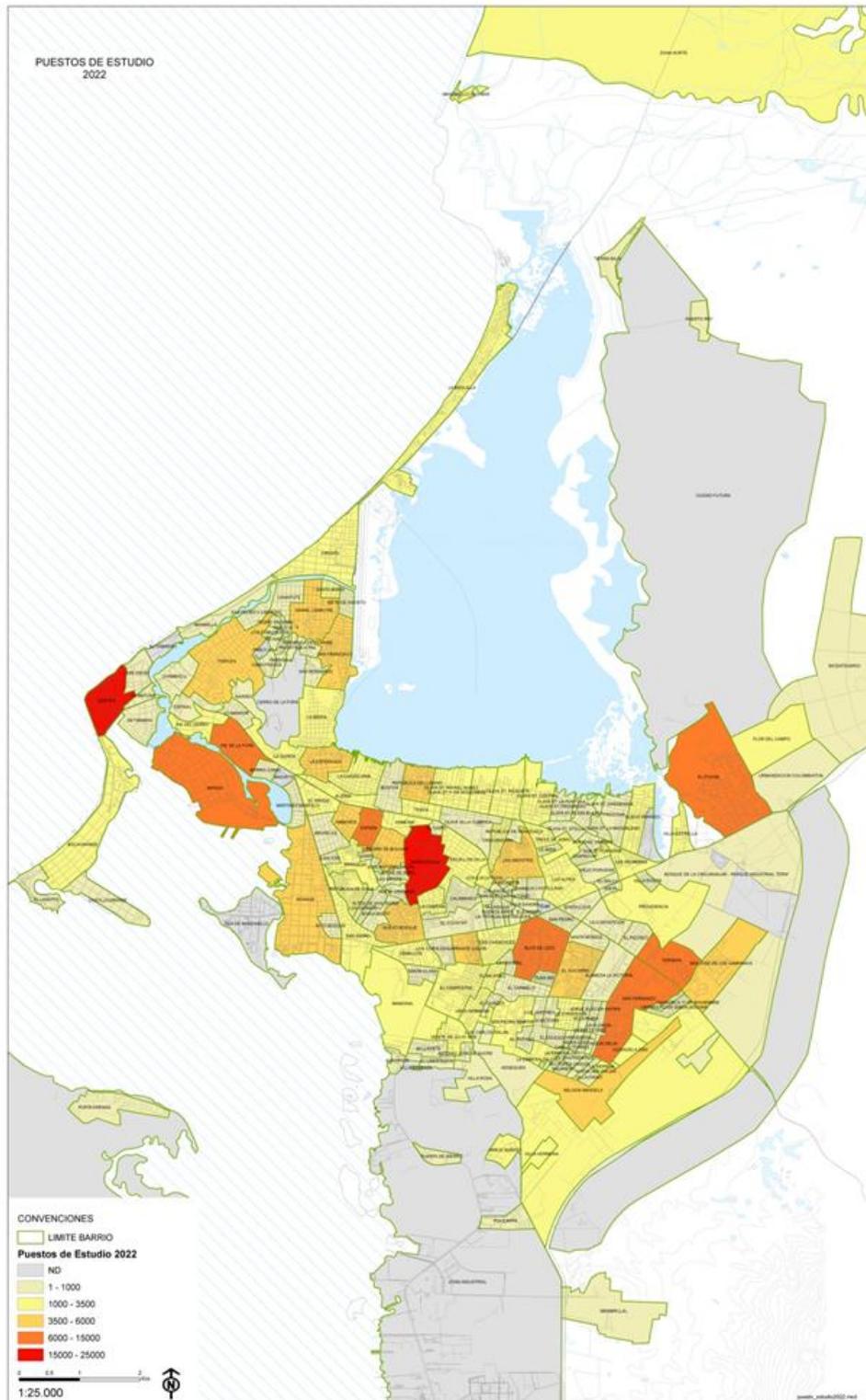
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-11. Puestos de Estudio Cartagena - 2017



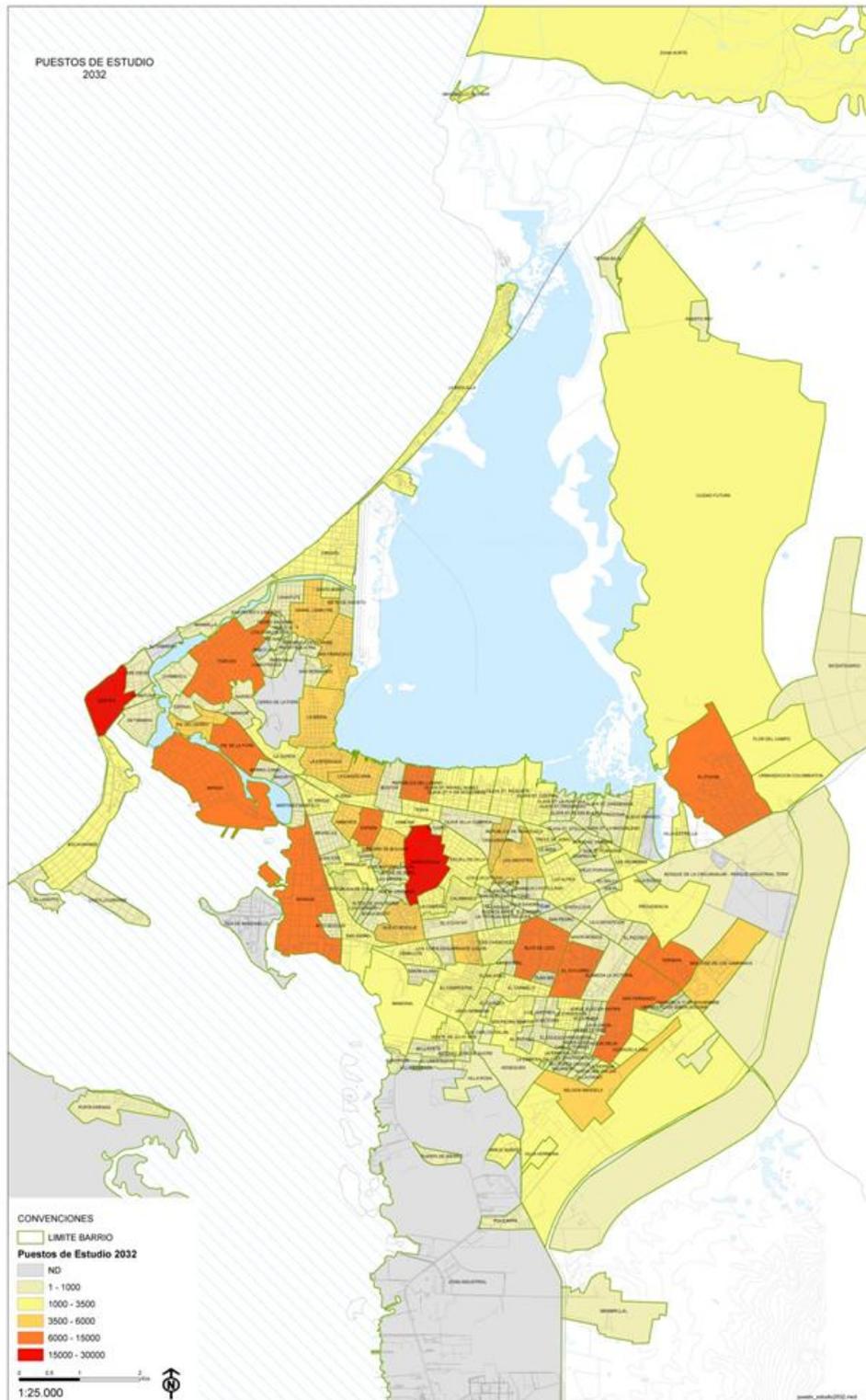
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-12. Puestos de Estudio Cartagena - 2022



Fuente: Elaboración Propia

Figura II-13. Puestos de Estudio Cartagena - 2032



Fuente: Elaboración Propia

1.3. PROYECCIONES DE TRABAJO

Al igual que las proyecciones de estudio, las de trabajo parten de la premisa de que el número total de trabajadores del distrito de Cartagena debe corresponder con el total de puestos de trabajo para cada uno de los años de proyección.

Sin embargo, en este caso partimos de la proyección de puestos de trabajo (destinos) para proyectar las de trabajadores (orígenes). Lo anterior se debe a que la proyección de los puestos de trabajo no la podemos referir a la población de la zona donde trabaja o donde viven (como hacemos de algún modo con los estudiantes), pues el empleo no tiene relación directa con el crecimiento demográfico de la zona. Por ejemplo, en Mamonal casi no vive gente, pero trabajan muchos. Y en una zona residencial, una decisión urbana puede hacer que de un momento a otro se convierta en una zona de mucho empleo.

Entonces, la metodología de proyección de los puestos de trabajo y número de trabajadores es la siguiente:

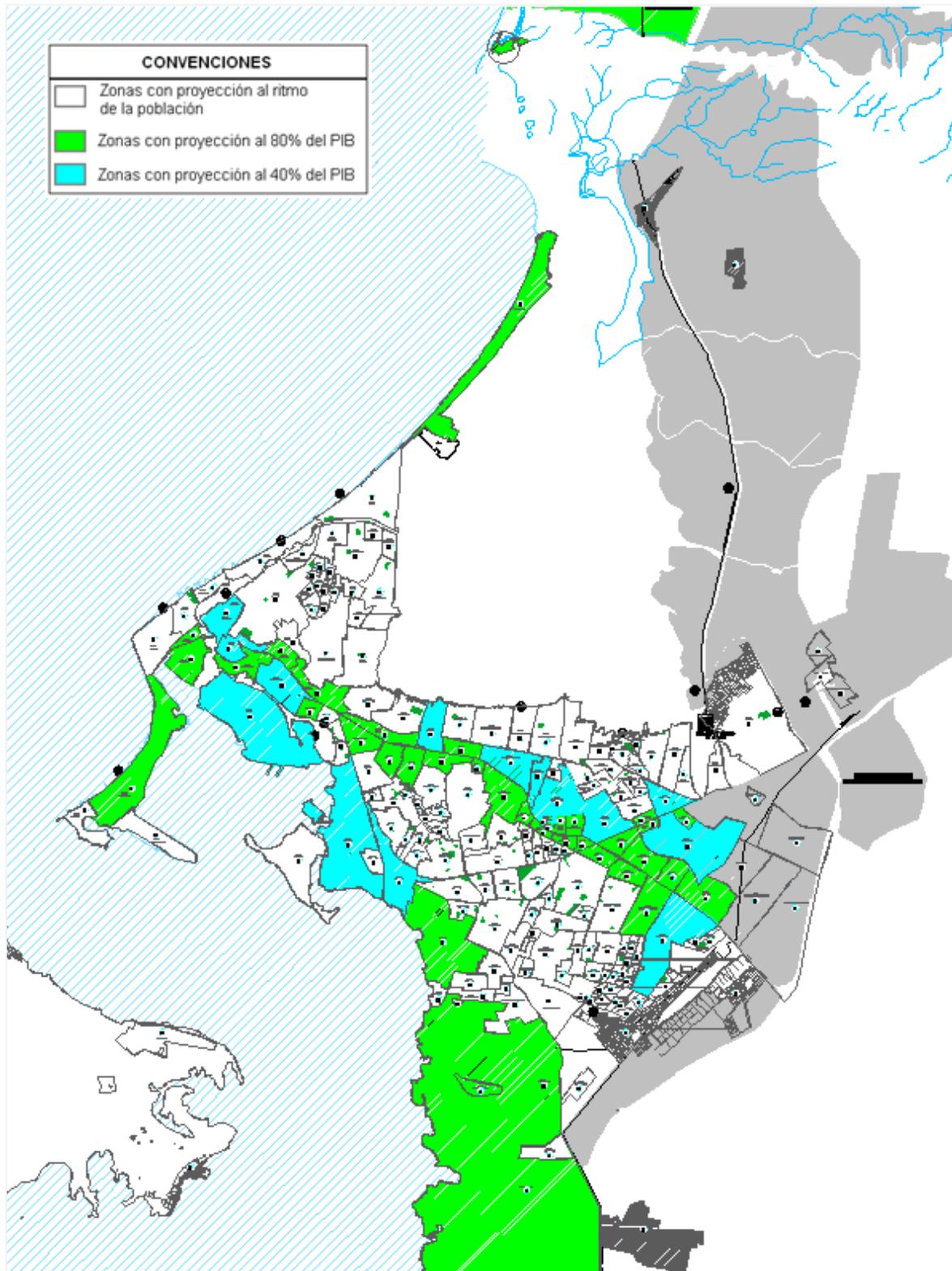
1.3.1. Puestos de Trabajo

Para las proyecciones de los puestos de trabajo se identifican en la ciudad dos tipos de áreas determinadas por la dinámica de desarrollo de la ciudad:

- **Área 1** – corresponde a aquellas zonas que no presentarán ningún cambio significativo en su desarrollo, por lo que no serán generadores de nuevos puestos de trabajo. Lo anterior implica que en estas zonas se mantendrá la tasa de desempleo actual, por lo que su proyección será proporcional al crecimiento de la población (1,13% anual, según promedio de proyecciones de población DANE 2005-2020).
- **Área 2** – corresponde a aquellas zonas que serán generadores de nuevos puestos de trabajo, que según la dinámica de desarrollo de la ciudad, se considera serán las de Mamonal, zona norte, industrial y aquellas por las que pasa el Eje troncal de Transcaribe (unos 300 metros a cada lado). Lo anterior, significa que estas zonas son las que generarán el crecimiento del PIB de Cartagena, por lo que su proyección se realizará con un porcentaje de ésta tasa, el cual se supone será de la siguiente manera, la cual se convierte en conservadora a efectos de proyectar oferta de transporte: 4% hasta el 2015 y 3% hasta el 2020, 4% hasta el 2025, 3% hasta el 2030 y 4% hasta el 2032. De esta manera, se proyectaron con el 80% del PIB las zonas que estaban completamente dentro del área definida y con el 40% del PIB aquellas zonas que ya eran demasiado grandes y se salían de ésta área.

En la figura a continuación se localizan las áreas definidas anteriormente:

Figura II-14. Localización de las zonas de crecimiento de los puestos de trabajo.

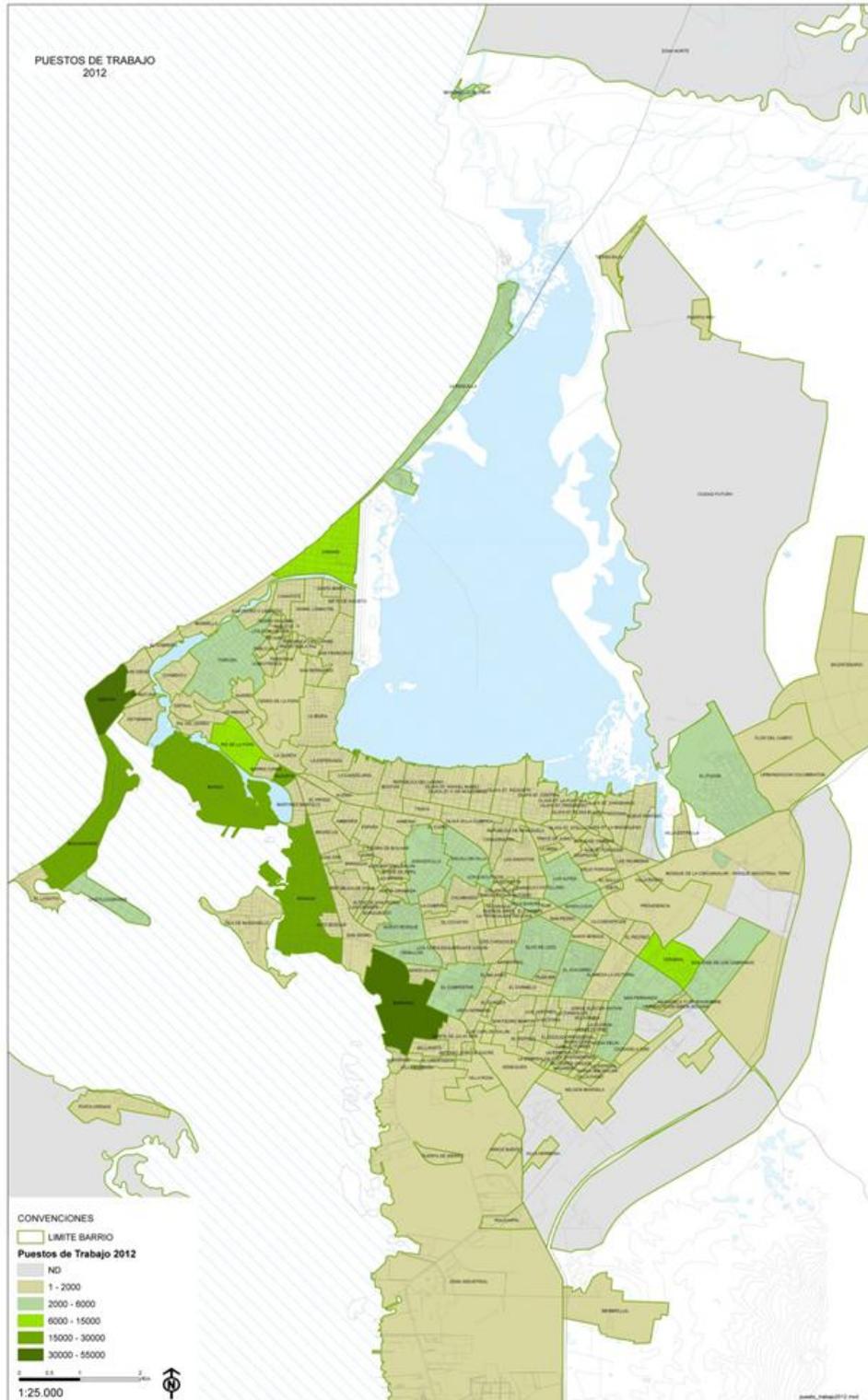


Fuente: Elaboración Propia.

Una vez identificadas estas zonas se proyectan los puestos de trabajo de la toma de información en campo, con las tasas definidas para cada área, incluyendo las nuevas zonas de desarrollo de la ciudad definidas por la dinámica de crecimiento urbano de la ciudad (zona norte y comuna 15 en el 2017 y ciudad futura, variante Mamonal Gambote norte y variante Mamonal Gambote sur en el 2032).

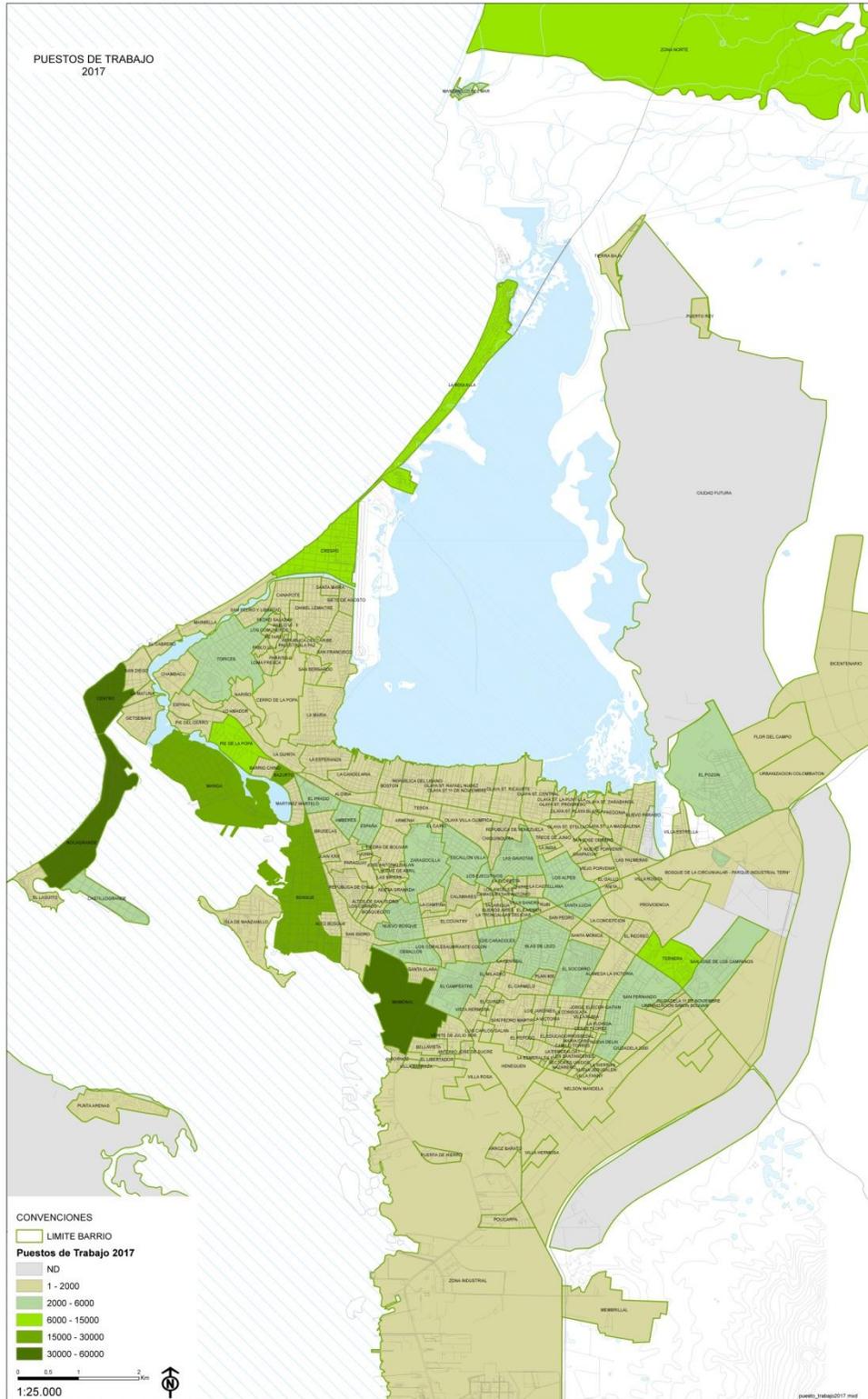
A continuación se presentan el resultado de las proyecciones de los puestos de trabajo para los escenarios del 2012, 2017, 2022 y 2032:

Figura II-15. Puestos de Trabajo Cartagena - 2012



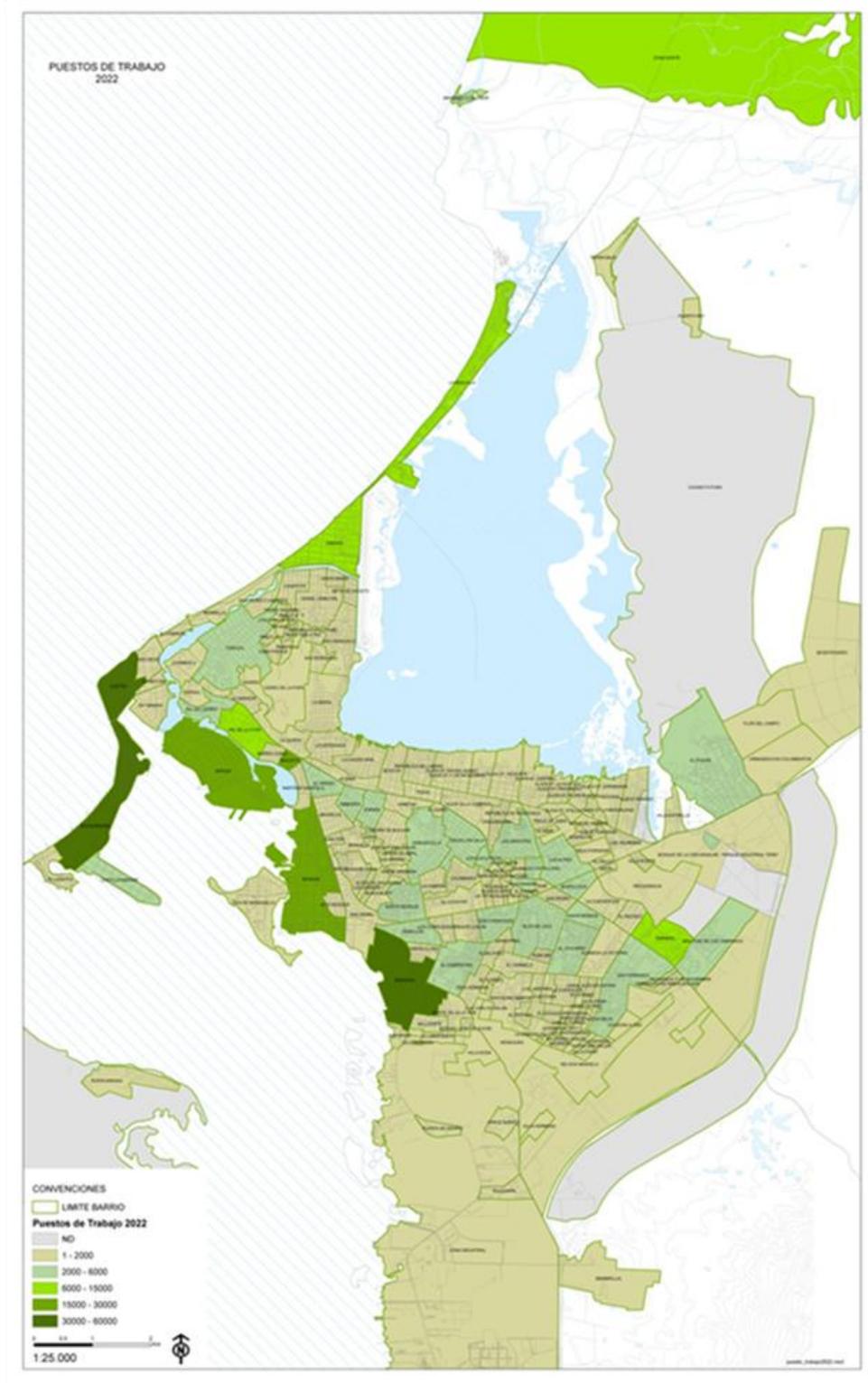
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-16. Puestos de Trabajo Cartagena - 2017



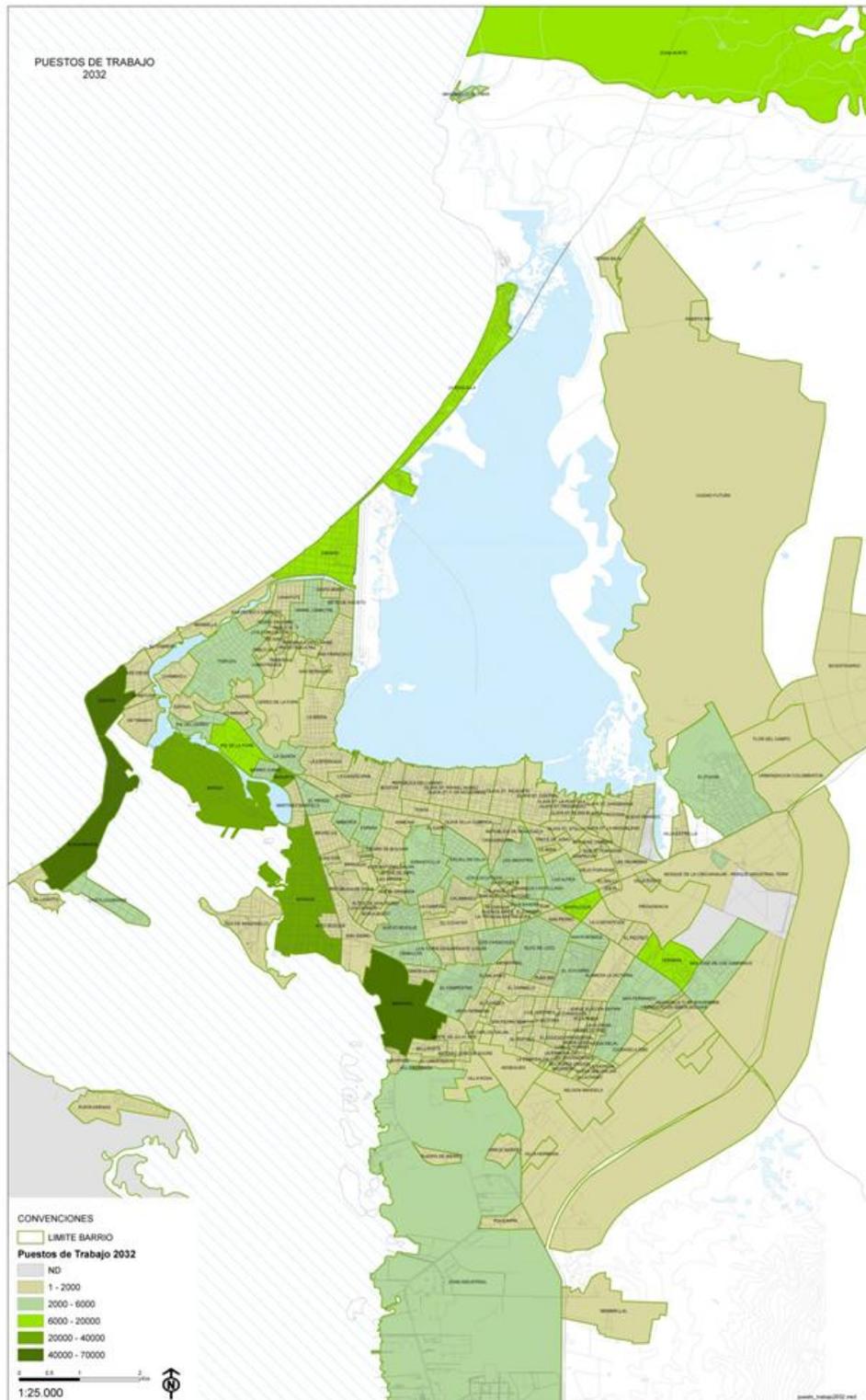
Fuente: Elaboración Propia

Figura II-17. Puestos de Trabajo Cartagena - 2022



Fuente: Elaboración Propia

Figura II-18. Puestos de Trabajo Cartagena - 2032



Fuente: Elaboración Propia

1.3.2. Número de Trabajadores

La proyección del número de trabajadores parte del total de puestos de trabajo que se obtiene de la proyección definida en el numeral anterior. Lo anterior, debido a que el número total de trabajadores debe corresponder con el total de puestos de trabajo, aunque su distribución en las zonas de la ciudad es diferente.

Por tanto, este número total de trabajadores se distribuye en cada una de las zonas según la distribución que tiene la población en cada uno de los años de proyección.

En el **Anexo 1** se presentan las tablas con el resultado de las proyecciones socioeconómicas descritas anteriormente.

2 DEMANDA FUTURA DE TRANSPORTE

El proceso de estimación de los viajes futuros asignados a la red de transporte en la zona de estudio sigue el tradicional método de planeación de transporte de los cuatro pasos los cuales son: (i) generación y atracción, (ii) distribución espacial, (iii) distribución modal y (iv) asignación. A continuación se describe el proceso de cada uno de éstos pasos:

2.1. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES

Los modelos de generación y atracción de viajes se realizan con el objeto de estimar la magnitud de los viajes producidos y atraídos en los escenarios futuros para cada una de las zonas de transporte en las que fue dividida el área de estudio. Cada una de las zonas tiene y tendrá unas características propias en cuanto a número de habitantes, estrato socio-económico, localización de actividades, nivel de motorización, nivel de estudios de sus pobladores, tipo de actividades que caracteriza la zona, entre otras, que determinan el nivel de generación y atracción de viajes.

Para la aplicación de un modelo de generación y atracción de viajes en la Ciudad de Cartagena se utilizó información descrita de la tabla siguiente para cada una de las zonas de transporte en las que fue dividida la zona de estudio.

Tabla II-1. Datos modelo de Generación y Atracción de viajes

PARÁMETRO	FUENTE
Población mayor de 5 años 2010	DANE
Estimación Población mayor de 5 años 2012, 2017, 2022 y 2032.	DANE
Número de estudiantes 2010	Encuesta de Hogares
Número de estudiantes futuros 2012, 2017, 2022 y 2032.	Estimación propia a partir POT
Número de trabajadores 2010	Encuesta de Hogares
Número de trabajadores futuros 2012, 2017, 2022 y 2032.	Estimación propia a partir POT
Número de cupos de estudio 2010	Encuesta de Hogares
Número de cupos de estudio futuros 2012, 2017, 2022 y 2032.	Estimación propia a partir POT
Número de puestos de trabajo 2010	Encuesta de Hogares
Número de puestos de trabajo futuros 2012, 2017, 2022 y 2032.	Estimación propia a partir POT
Número de viajes por propósito y por modo 2010	Encuesta de Hogares

Fuente: Elaboración Propia

Los modelos de generación y atracción correlacionan los viajes por hogar con las variables explicativas. Para la construcción del modelo de Cartagena, se agrupó los viajes por propósito trabajo, estudio, hogar y otros, adoptándose las relaciones con las variables explicativas mostradas en la tabla siguiente.

Tabla II-2. Variables explicativas

MODELO	PROPÓSITO	VARIABLE EXPLICATIVA
Modelo de Generación	Trabajo	No. Trabajadores
	Estudio	No. Estudiantes
	Regreso al Hogar	No. Puestos de Trabajo
	Otros	No. Habitantes mayor de 5 años
Modelo de Atracción	Trabajo	No. Puestos de Trabajo
	Estudio	No. de Puestos de Estudio
	Regreso al Hogar	No. Habitantes mayor de 5 años
	Otros	No. Puestos de Trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Existen varios métodos para estimar los viajes atraídos y generados. Uno de ellos es la regresión lineal la cual consiste en realizar una correlación lineal entre las variables explicativas y la cantidad de viajes por propósito. Estas correlaciones utilizan la información actual sin embargo se asume una relación lineal entre las variables explicativas y la generación / atracción de viajes, que en algunas oportunidades no son ciertas y se ven reflejados en el nivel de correlación, que al ser aplicado para escenarios próximos genera una distorsión en los viajes estimados.

Otro método es el denominado Clasificación Cruzada. Este método agrupa a los usuarios por categoría y se calculan las tasas de viaje para cada uno de ellos. Este fue el método seleccionado dado que se cuenta con un volumen importante de información recopilada para cada zona del área de Estudio. Se calcularon para cada una de las zonas de transporte las tasas de viaje de generación y atracción para cuatro propósitos: trabajo, estudio, regreso al hogar y otros.

Tabla II-3. Tasas de Generación y Atracción de Viajes

MODELO	PROPÓSITO	TASA
Modelo de Generación	Trabajo	No. Viajes generados por Trabajo / No. Trabajadores
	Estudio	No. Viajes generados por Estudio / No. Estudiantes
	Regreso al Hogar	No. Viajes generados Regreso al Hogar / No. Puestos de Trabajo
	Otros	No. Viajes generados por propósito otro / No. Habitantes mayor de 5 años

MODELO	PROPÓSITO	TASA
Modelo de Atracción	Trabajo	No. Viajes atraídos por Trabajo / No. Puestos de Trabajo
	Estudio	No. Viajes atraídos por Estudio / No. de Puestos de Estudio
	Regreso al Hogar	No. Viajes atraídos por propósito regreso al Hogar / No. Habitantes mayor de 5 años
	Otros	No. Viajes atraídos por propósito otros / No. Puestos de Trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando el modelo se obtienen las tasas de generación y tracción de viajes. En el archivo GEN-ATRA.xls del **Anexo 2** se encuentran las tasas de generación y atracción de viajes calculadas para cada una de las zonas de transporte del Estudio.

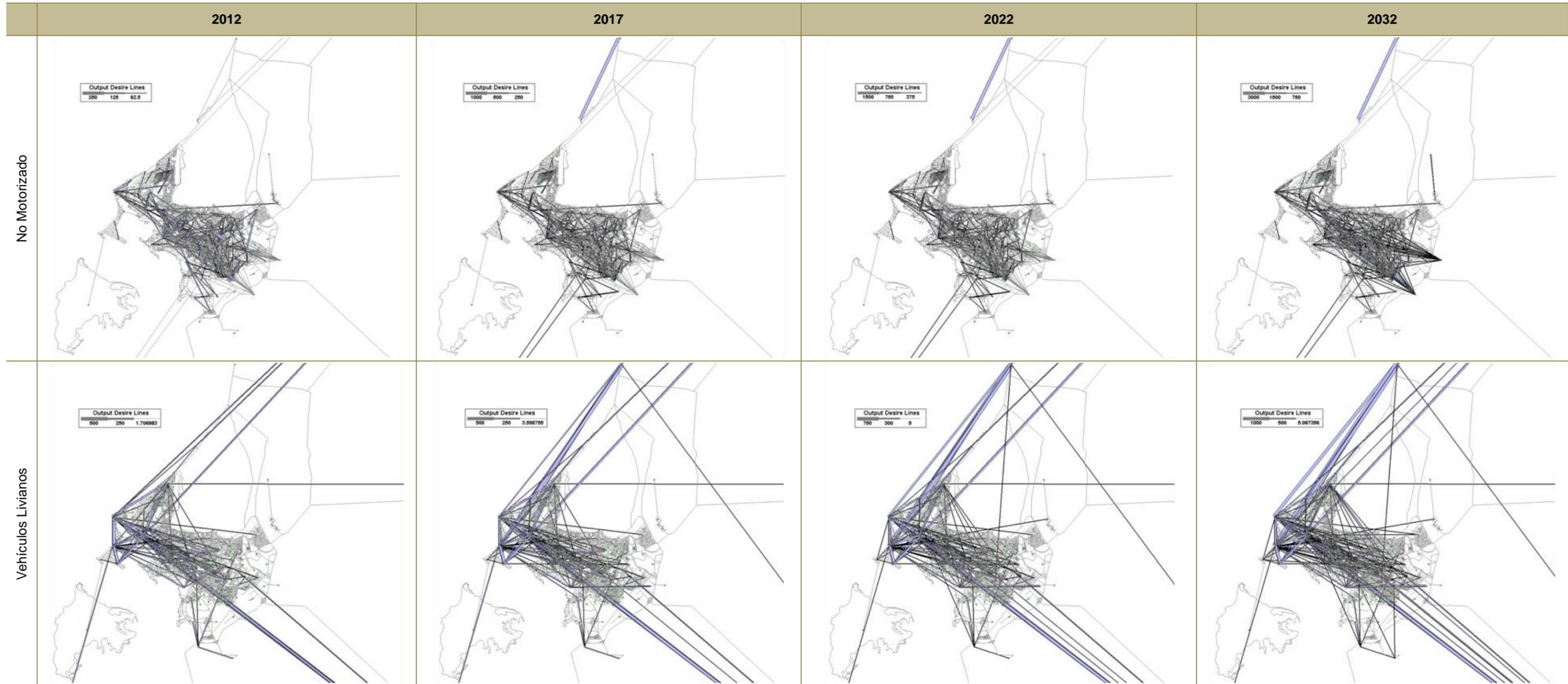
2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

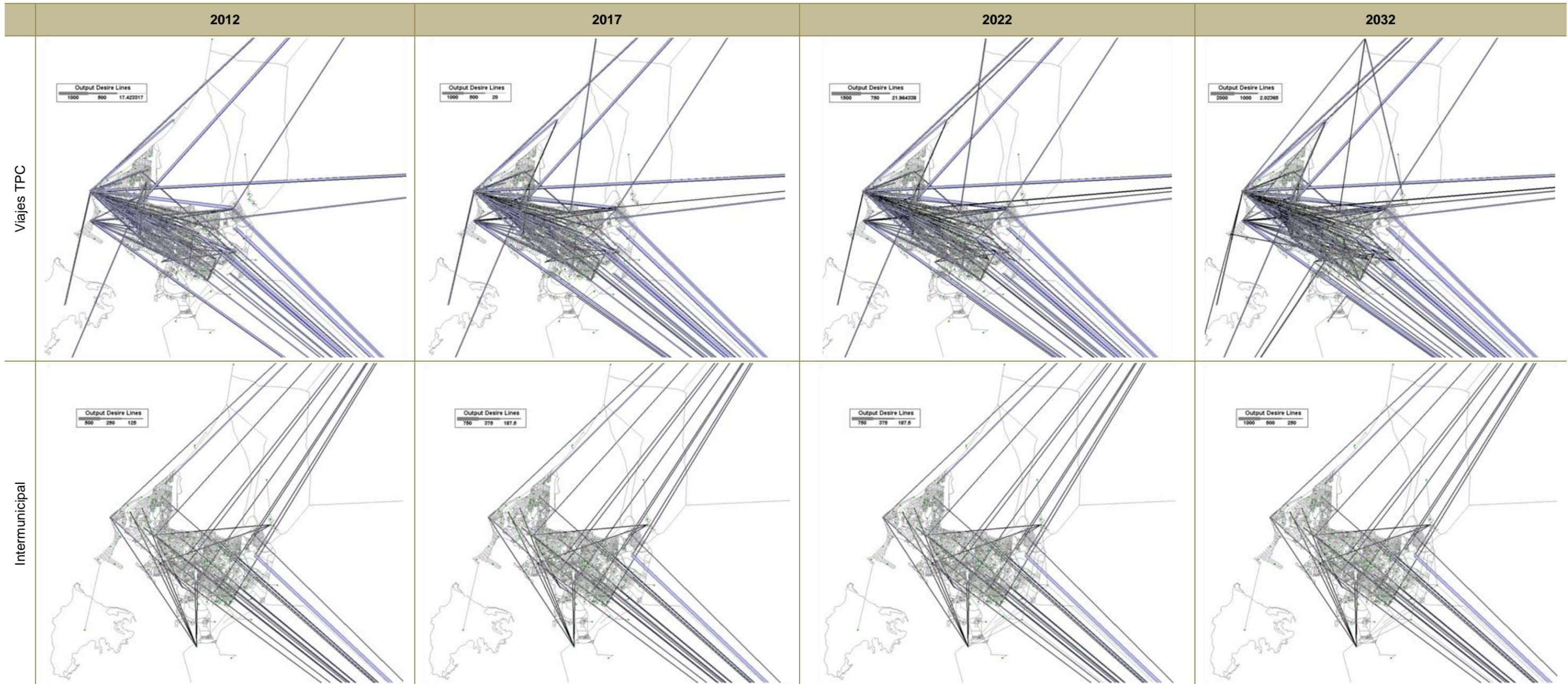
Una vez estimados los viajes generados y atraídos se procede a estimar la distribución espacial entre las distintas zonas de transporte. La distribución espacial se realiza con el objeto de estimar los destinos de los viajes, para lo cual se parte de la distribución actual medida. Existen dos métodos comúnmente utilizados: (i) el factor constante y (ii) el método gravitacional. El primer método se aplica cuando el lapso de tiempo a estimar es corto ó no se prevé un gran cambio en las transformaciones de uso del suelo que determinan la estructura de la Ciudad.

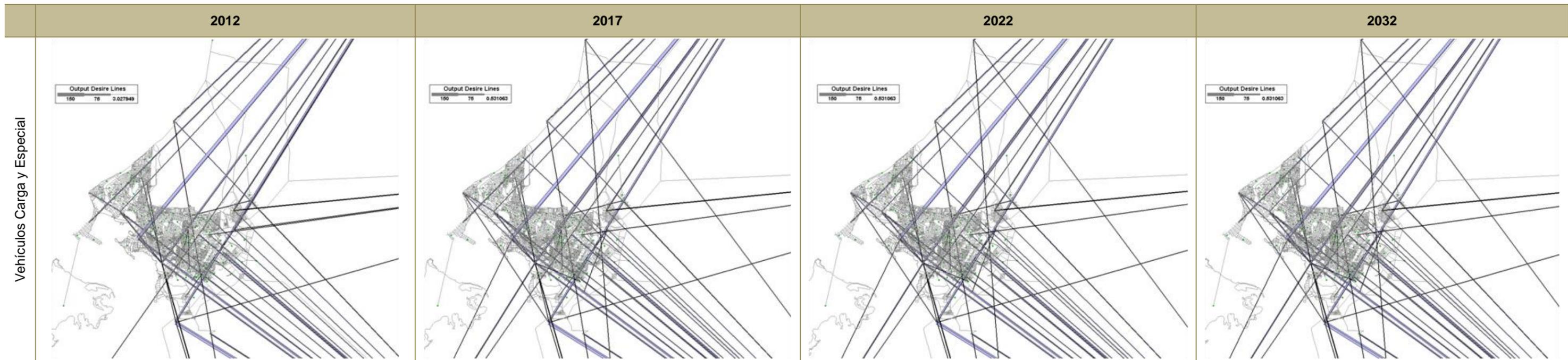
Para el caso de la ciudad de Cartagena de Indias se utilizó el método de factor constante doblemente restringido por atracciones y generaciones utilizando los datos originales para los escenarios 2012, año base, 2017 y 2022, mientras que para el año 2032 se utilizó el método gravitacional en donde la distribución de viajes entre las zonas es proporcional a la cantidad de viajes generados en la zona origen y atraídos en la zona destino afectados por la impedancia de tiempo de viaje.

Las siguientes figuras muestran la distribución de viajes para los modos livianos, transporte público, transporte no motorizado, transporte intermunicipal de larga distancia, carga y especial.

Figura II-19. Líneas de deseos de viaje







Fuente: Elaboración Propia

2.3. DISTRIBUCIÓN MODAL

Los modelos de distribución modal se realizan para estimar la distribución de los viajes entre los distintos modos disponibles. La selección del modo a utilizar depende no solo de las características del modo de transporte, sino además de las características de los usuarios. Los modelos más utilizados son lo de tipo Logit los cuales combinan componentes determinísticos, que dependen de aspectos medibles de los usuarios y los modos disponibles, y un componente aleatorio, que incorpora el gusto de los usuarios.

Para la aplicación de un modelo tipo Logit, se requiere una descripción matemática del costo generalizado de viaje para cada modo, obtenida de una encuesta de preferencia establecida, aspecto fuera del alcance de este estudio. Sin embargo, la selección de un modo específico está altamente determinada por la disponibilidad de determinado tipo de vehículo en los hogares, llámese carro o moto, o la posibilidad de tomar el transporte público o transporte informal o ir a pie, aspectos que están determinados por la capacidad económica de cada tipo de usuario.

Por lo anterior se realizó una segregación de la población que viaja en grupos de usuarios por propósito de viaje (trabajo, estudio, regreso al hogar y otros) en los cuales se observó las características particulares de su elección modal actual, acorde con el ingreso y la tenencia de vehículo. A partir de encontrar la relación entre el ingreso promedio por hogar y las tasas de generación de viajes por tipo de vehículo para cada tipo de usuario, se puede observar el efecto que tiene un crecimiento del ingreso con relación a la posibilidad usar determinado modo de transporte.

Para estimar el modelo de distribución modal, se tomaron las tasas de viajes de generación calculadas por propósito de viaje y por modo de transporte, ajustándose a través de factores que tienen en cuenta el efecto del crecimiento del ingreso real de los hogares con la magnitud de los viajes por modo, de acuerdo con lo encontrado en la situación actual.

Es así que en términos generales se observó de los datos actuales, que para ingresos bajos las personas realizan más viajes a pie que en transporte público, pero en la medida que se mejora el ingreso tienden a tomar más transporte público hasta un punto en el cual se puede comprar motocicleta y optan por usarla. En la medida que el ingreso se vuelve más alto, la opción es el vehículo privado, por lo tanto se aumentan las tasas en este tipo de vehículo.

En la carpeta magnética MODAL del **Anexo 2** se encuentra los archivos para cada escenario con las ecuaciones de ajuste para cada tasa de viajes debido al incremento del ingreso de la población por cada propósito de viajes y por cada modo disponible. El incremento del ingreso real de los hogares se tomó como una fracción del crecimiento del PIB. De acuerdo con el

documento “150 años de salarios reales de Colombia” realizado por Miguel Urrutia² en el cual se concluye que el incremento real de los salarios en Colombia siempre ha sido inferior del crecimiento del PIB, encontrándose entre un 20 y un 30% del PIB.

Con base en lo anterior, se presenta el resumen de viajes para un día típico hábil para los escenarios 2012, 2017, 2022 y 2032, así como la relación de crecimiento entre el año 2010 y 2032.

Tabla II-4. Resumen viajes diarios por modo y por escenario

MODO	AÑO					2032/2010
	2,010	2,012	2,017	2,022	2,032	
A PIE	401,934	414,849	421,583	437,201	472,470	1.18
ACUATICO	9,017	9,320	9,523	9,676	10,879	1.21
BICI TAXI	6,386	6,559	7,379	8,575	10,934	1.71
BICICLETA	9,800	10,281	14,582	16,126	19,432	1.98
BUS, BUSETA, COLECTIVO	415,766	431,822	466,574	497,928	564,482	1.36
ESPECIAL	85,527	88,783	102,893	113,760	135,743	1.59
INTERMUNICIPAL	154,403	155,020	196,235	232,132	310,246	2.01
MOTO PROPIA	71,241	72,980	90,515	106,781	146,167	2.05
MOTO TAXI	118,010	122,892	136,239	145,857	167,231	1.42
PARTICULAR	88,745	92,199	111,876	136,724	198,444	2.24
PARTICULAR COLECTIVO	13,796	14,251	15,997	16,585	17,944	1.30
TAXI COLECTIVO	32,922	34,136	34,555	35,898	38,803	1.18
TAXI INDIVIDUAL	39,323	40,782	42,602	46,865	55,519	1.41
OTRO	1,328	1,373	1,503	1,609	1,861	1.40
CARGA	14,819	16,029	19,471	22,982	32,337	2.18
TOTAL	1,463,016	1,512,278	1,678,739	1,841,702	2,209,960	1.51

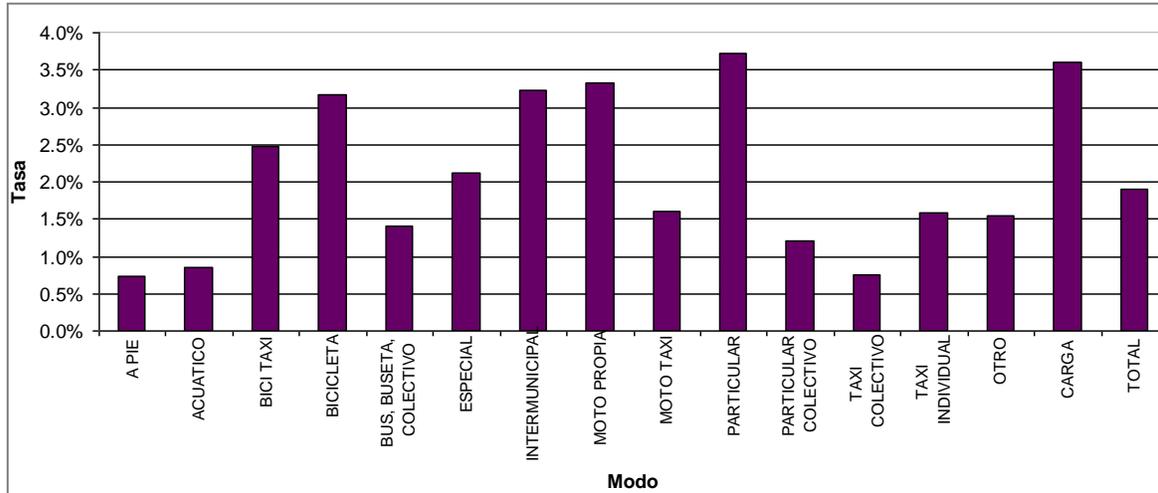
Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se observa que en el caso en el que las proyecciones socioeconómicas evolucionen de acuerdo con lo estimado, así como el crecimiento del PIB sea positivo en los próximos 20 años, el número total de viajes crecerá en el año 2032 1.51 veces respecto al total de viajes del año 2010, lo que representa una tasa de crecimiento de viajes del 1.9 %, siendo el modo de mayor crecimiento el vehículo particular, seguido por los vehículos de carga, la moto propia y el transporte intermunicipal. Se espera que el transporte público crezca un 36 % en el año 2032 y modo a pie un 18%.

² Trabajo presentado a la conferencia UCLA-CIDE: Conference on Latin American Economies: History and Globalization.

Las siguientes figuras muestran la tasa de crecimiento anual por modo y la distribución modal para cada uno de los escenarios evaluados.

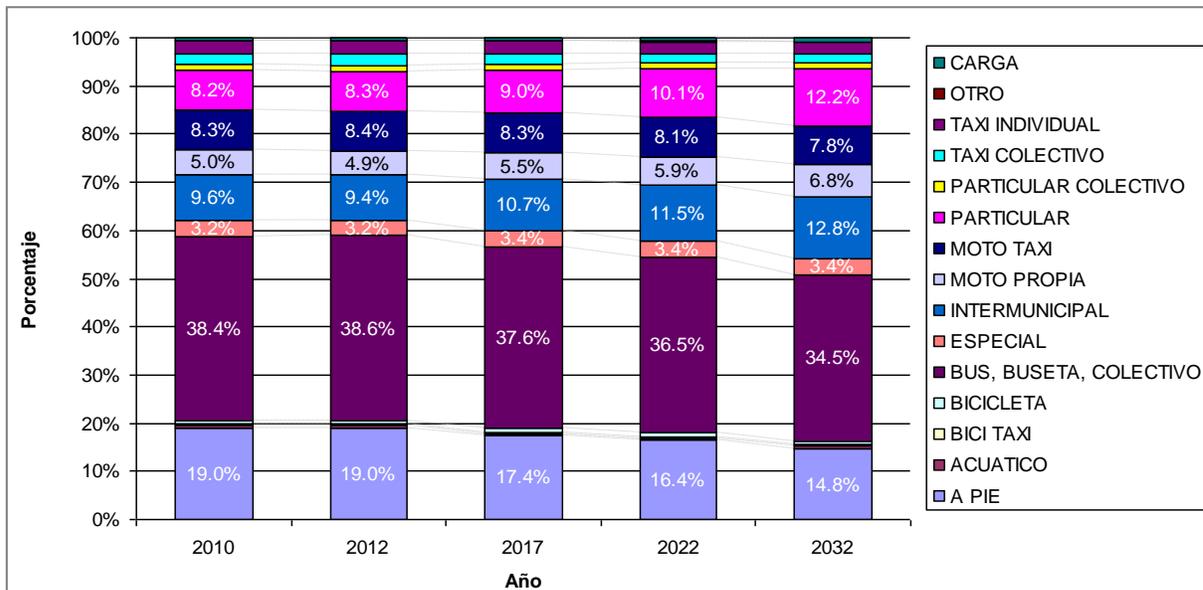
Figura II-20. Tasas de crecimiento



Fuente: Elaboración Propia

Los viajes en vehículo privado crecerán a una tasa del 3.6%, similar al registrado para los vehículos de carga. El transporte público crecerá a una tasa cercana al 1.5 %, mientras el mototaxismo, en caso de no hacer nada para combatirlo, crecerá a una tasa de 1.6%, más alta que el transporte público. El crecimiento total de viajes tendrá una tasa superior a la tasa de crecimiento poblacional esperada.

Figura II-21. Distribución modal por escenario



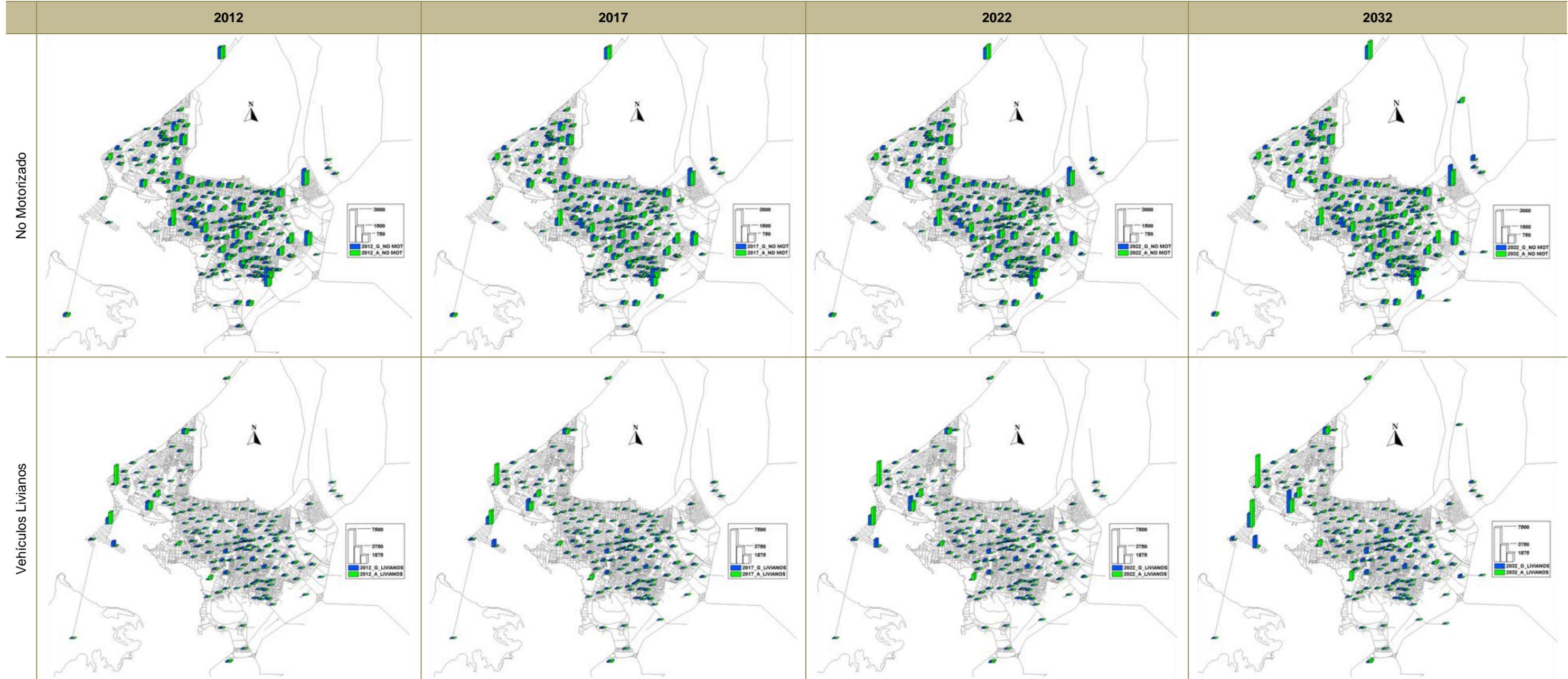
Fuente: Elaboración Propia

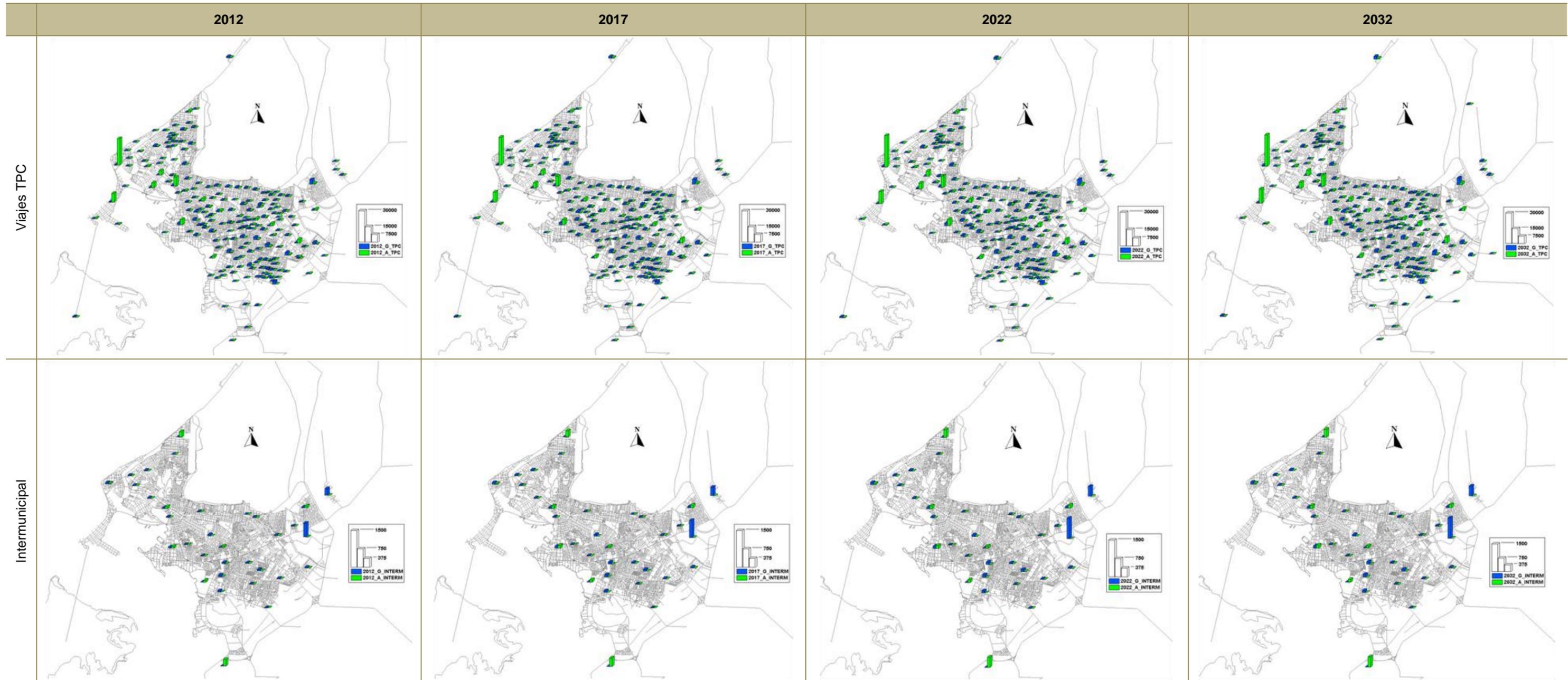
La participación modal futura se modifica levemente respecto a la situación actual. El modo transporte público pierde participación, así como el modo a pie, mientras que el modo de vehículo privado, moto propia y transporte intermunicipal ganaran participación.

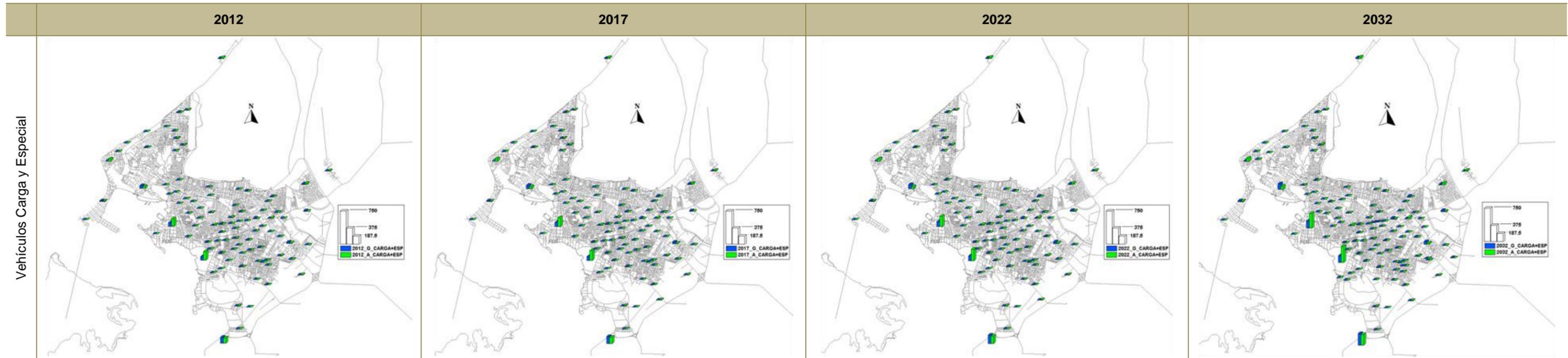
En el **Anexo 2** se presentan las matrices para los escenarios base, corto, mediano y largo plazo, agrupadas en:

- Matriz Privados: Expresada en vehículos equivalentes y agrupa a los vehículos livianos, motos y taxis.
- Matriz Transporte público: Expresada en viajes y agrupa al transporte público, modo acuático, moto taxi, modo taxi-colectivo, modo particular colectivo y el transporte intermunicipal de corta distancia.
- Matriz Intermunicipal: Expresada en viajes y agrupa a los viajes realizados en vehículos intermunicipales de larga distancia.
- Matriz Carga y especial: Expresada en vehículos de carga y especiales.

Figura II-22. Generación y Atracción de viajes por modo







Fuente: Elaboración Propia

2.4. MODELO DE ASIGNACIÓN

El objetivo del modelo de asignación es determinar que ruta seleccionan cada uno de los viajes que componen la matriz. Para el caso del Plan Maestro de Movilidad de Cartagena se ha definido el siguiente proceso de asignación:

1. Se realiza una asignación “todo o nada” de los camiones y se toma como una precarga.
2. Se realiza una asignación del transporte público y se establece el número de vehículos sobre la red, los cuales se toman como una segunda precarga.
3. Por el método de “equilibrio del usuario” se realiza la asignación de los vehículos livianos a la red.

El proceso es iterativo, es decir, se va asignando y analizando los puntos críticos para luego modificar la red y volver a asignar hasta que se presenten condiciones aceptables.

Para el proceso de asignación se han definido los siguientes escenarios:

- Escenario base: Incluye la red actual, con Transcaribe en operación, el túnel de Crespo, la Transversal de Barú y la Ruta 90 que conecta la Cordialidad con la Ruta 90A, proyectos actualmente en construcción. Este escenario se modela en operación en el año 2012.
- Escenario Corto Plazo. Corresponde a la demanda del año 2017 y los proyectos se establecen conforme esta demanda.
- Escenario Mediano Plazo. Corresponde a la demanda del año 2022 y los proyectos se establecen conforme esta demanda.
- Escenario Largo Plazo. Corresponde a la demanda del año 2032 y los proyectos se establecen conforme esta demanda.