

CONTENIDO GENERAL DEL INFORME FINAL

CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO
CAPÍTULO 3	DIAGNÓSTICO DE LA MOVILIDAD URBANA
CAPÍTULO 4	PROSPECTIVA DE LA MOVILIDAD URBANA
CAPÍTULO 5	FORMULACIÓN DEL PIMUS Y SUS PROGRAMAS
CAPÍTULO 6	ANEXOS

CONTENIDO

6. ANEXOS	6-9
6.1 PROCESO DE ZONIFICACIÓN.....	6-9
6.1.1 <i>Criterios de zonificación.....</i>	6-11
6.1.2 <i>Zonificación propuesta.....</i>	6-12
6.1.3 <i>Zonificación obtenida.....</i>	6-18
6.1.4 <i>Datos Socioeconómicos actualizados para la zonificación PIMUS</i>	6-18
6.1.5 <i>Macrozonificación.....</i>	6-25
6.2 PROCESO DE MODELACIÓN	6-29
6.2.1 <i>Modelo integrado.....</i>	6-29
6.2.2 <i>Modelo de transporte.....</i>	6-32
6.2.3 <i>Modelo Urbano.....</i>	6-92
6.2.4 <i>Integración del modelo</i>	6-118
6.3 METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN SOCIO ECONÓMICAS.....	6-119
6.3.1 <i>Población ocupada</i>	6-119
6.3.2 <i>Proyección del PIB</i>	6-131
6.3.3 <i>Proyección de la población ocupada por actividad económica</i>	6-140
6.3.4 <i>Los ingresos de los hogares.....</i>	6-144
6.3.5 <i>Propiedad vehicular de los hogares.....</i>	6-154
6.3.6 <i>Matrícula por nivel de educación</i>	6-163
6.3.7 <i>Modelización de la matrícula por nivel de instrucción</i>	6-163
6.3.8 <i>Flujo gramas del proceso de proyección.....</i>	6-168
6.4 TABLAS DE ANALISIS DE MOVILIDAD EN PERIODO 6 AM A 8 AM.....	6-176
6.5 CARTERA DE PROYECTOS.....	6-178
6.6 PRONÓSTICO EMPLEO, HOGARES Y POBLACIÓN	6-179
6.7 PRONÓSTICO DE MATRICES DE VIAJE	6-183
6.8 RESULTADOS DE LOS PROYECTOS VIALES.....	6-195
6.9 RESULTADOS DEL SITP – DEMANDA POR RUTA.....	6-196
6.10 PERFIL DE RUTA.....	6-201
6.11 RUTAS DEL SIT	6-206

FIGURAS

Figura 6-1 Zonificación para el PIMUS AMP	6-16
Figura 6-2 Zonificación PIMUS AMP	6-17
Figura 6-3 Macrozonificación PIMUS AMP	6-26
Figura 6-4. Estructura del Modelo Integrado (MI)	6-30
Figura 6-5 Enfoque sistémico del sistema de transporte	6-31
Figura 6-6 Proceso de planeación analítica de la Movilidad	6-32
Figura 6-7 Síntesis de la Metodología Utilizada	6-34
Figura 6-8. Estructura del modelo de transporte	6-35
Figura 6-9 Procedimiento para determinar la oferta	6-37
Figura 6-10 Red vial y cartografía de una parte de la zona de estudio	6-38
Figura 6-11 Conectividad de la red vial	6-39
Figura 6-12 Red vial con flujo mixto y segregado	6-39
Figura 6-13 Sentidos de circulación	6-40
Figura 6-14 Giros permitidos y no permitidos	6-41
Figura 6-15 Red vial simplificada (modelación)	6-42
Figura 6-16 Clasificación vial	6-43
Figura 6-17 Atributos de la red vial	6-44
Figura 6-18 Rutas de transporte público	6-45
Figura 6-19 Atributos de la red de transporte público	6-46
Figura 6-20 Procedimiento para determinar la población	6-47
Figura 6-21 Procedimiento para determinar la creación de vectores de la matriz de viajes	6-48
Figura 6-22 Comportamiento de flujo de aforos vehiculares y de pasajeros	6-49
Figura 6-23 Metodología para la distribución de viajes	6-58
Figura 6-24. Comparación de viajes declarados con salidas del modelo	6-60
Figura 6-25 Comparación del viaje producción en generación con viaje producción en distribución	6-62
Figura 6-26 Comparación del viaje atracción en generación con viaje atracción en distribución	6-62
Figura 6-27 Ejemplo de tarjeta de elección presentado en los encuestados en la Tablet	6-64
Figura 6-28 Estructura del Modelo en CUBE	6-67
Figura 6-29 Definición de giros típicos en una intersección	6-70

Figura 6-30 Jerarquía de los atributos del modelo	6-73
Figura 6-31 Asignación de autos	6-74
Figura 6-32. Asignación transporte público	6-76
Figura 6-33 Metodología de calibración transporte privado.....	6-77
Figura 6-34 Velocidad función BPR	6-79
Figura 6-35 Velocidad función Cónica	6-79
Figura 6-36 Vehículos privados calibrados, periodo 6 am a 8 am	6-82
Figura 6-37 Tiempos observados vs. modelados, periodo 6 am a 8 am	6-83
Figura 6-38 Metodología de calibración transporte público	6-83
Figura 6-39 Volumen de pasajeros, calibración periodo 6 am a 8 am	6-85
Figura 6-40 Perfil del metro Línea 1 en el periodo de modelación – Sentido a Albrook.....	6-87
Figura 6-41 Perfil del metro Línea 1 en el periodo de modelación – Sentido a Los Andes .	6-87
Figura 6-42 Ajuste de flujo observado y modelado considerando las entradas al metro	6-88
Figura 6-43 Ajuste de flujo observado y modelado considerando las salidas al metro	6-88
Figura 6-44 Viajes transporte privado	6-90
Figura 6-45 Viajes transporte público.....	6-91
Figura 6-46. Total de agentes por tipo y por año.....	6-102
Figura 6-47. Representación gráfica de los grupos de zonas.....	6-117
Figura 6-48 Proyección de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá	6-120
Figura 6-49. Participación de la población femenina de 15 y más años de edad en la Población Económicamente Activa	6-123
Figura 6-50. Tendencia estimada de la participación de la mujer en la Población Económicamente Activa, Años 1992-2014.....	6-127
Figura 6-51. Proyección de la participación de la mujer en la Población Económicamente Activa, Años 1992-2050.....	6-128
Figura 6-52. Proyección de las tasas de actividad de la población de 15 y más años de edad en la Provincia de Panamá	6-129
Figura 6-53. Esquema teórico de la modelización de la economía y el empleo en condiciones de equilibrio general	6-132
Figura 6-54. Crecimiento anual de las exportaciones de bienes y servicios durante el periodo de la proyección (Precios constantes de 2007).....	6-136
Figura 6-55. Crecimiento anual de la inversión pública y privada durante el periodo de la proyección (Precios constantes de 2007)	6-137

Figura 6-56. Crecimiento del gasto público durante el periodo de la proyección (Precios constantes de 2007)	6-138
Figura 6-57. Crecimiento proyectado del PIB de la Provincia de Panamá.....	6-139
Figura 6-58. Crecimiento del PIB de la República de Panamá en los últimos periodos presidenciales.....	6-140
Figura 6-59. Proyección de la población de 15 y más años de edad en la Provincia de Panamá por condición de actividad económica	6-141
Figura 6-60. Proyección de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la provincia de Panamá	6-142
Figura 6-61. Participación de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la provincia de Panamá	6-143
Figura 6-62. Crecimiento de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la provincia de Panamá	6-144
Figura 6-63. Flujo del proceso de la proyección del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá.....	6-146
Figura 6-64. Proyección del número de hogares de la "Zona Metropolitana" de Panamá	6-149
Figura 6-65. Distribución relativa del ingreso de los hogares y la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de Panamá	6-151
Figura 6-66. Distribución acumulada del ingreso de los hogares y la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de Panamá	6-151
Figura 6-67. Relación entre la distribución del ingreso de la población ocupada y el ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de Panamá.....	6-152
Figura 6-68. Proyección del número de hogares de hogares en la "Zona metropolitana" de Panamá	6-153
Figura 6-69. Distribución del ingreso de los hogares en la Zona Metropolitana de Panamá, Año 2010	6-153
Figura 6-70. Distribución del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de Panamá durante 2010 y 2050	6-154
Figura 6-71. Flujo del proceso de la proyección de la propiedad vehicular de los hogares en la "Zona Metropolitana" de Panamá.....	6-155
Figura 6-72. Probabilidad de que un hogar posea al menos un vehículo	6-157
Figura 6-73. Probabilidad de la propiedad vehicular de los hogares	6-158
Figura 6-74. Proyección del número de vehículos, propiedad de los hogares, en "Zona Metropolitana de Panamá.....	6-161
Figura 6-75. Proyección del número de vehículos, propiedad de los hogares, en "Zona Metropolitana de Panamá.....	6-162
Figura 6-76. Flujo del proceso de proyección de la matrícula bruta en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá	6-163

Figura 6-77. Tasas brutas de matrícula en la "Zona metropolitana" de la ciudad de Panamá 6-164

Figura 6-78. Población en edad escolarizable en la provincia de Panamá..... 6-166

Figura 6-79. Proyección de la matrícula en la "Zona metropolitana" de Panamá 6-167

Figura 6-80. Tasas de crecimiento de la matrícula en la "Zona metropolitana" de Panamá ...6-167

TABLAS

Tabla 6-1 Modificación de zonas de análisis de transporte (ZAT)	6-14
Tabla 6-2 Población 2014, Zonas PIMUS	6-18
Tabla 6-3 Hogares 2014, Zonas PIMUS	6-20
Tabla 6-4 Empleo 2014, Zonas PIMUS.....	6-22
Tabla 6-5 Macrozonas PIMUS	6-25
Tabla 6-6 Equivalencia Macro zonas – zonas PIMUS.....	6-27
Tabla 6-7 Equivalencia macrozonas a corregimientos	6-28
Tabla 6-8 Relación de segmentos entre el modelo urbano y el modelo de transporte.....	6-31
Tabla 6-9 Modelo de oferta, longitud de vías	6-42
Tabla 6-10. Población en la Zona Metropolitana de Panamá	6-47
Tabla 6-11. Tamaño de Hogares	6-52
Tabla 6-12. Rangos de Ingreso.....	6-52
Tabla 6-13. Niveles de Análisis de Clasificación Múltiple para Tamaño Familiar 1	6-53
Tabla 6-14. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 1	6-54
Tabla 6-15. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 2	6-54
Tabla 6-16. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 3	6-55
Tabla 6-17 Tasas de producción de viajes resultantes periodo 6 am a 8 am	6-55
Tabla 6-18 Tasas de atracción de viajes resultantes periodo 6 am a 8 am	6-55
Tabla 6-19 Resumen de la metodología para la construcción de vectores.....	6-56
Tabla 6-20. Parámetros de la Función de Costos por motivo trabajo en el periodo 6 am a 8 am	6-60
Tabla 6-21. Parámetros para la función de costos para el periodo 6 am a 8 am	6-60
Tabla 6-22. Variables y niveles para el diseño del experimento	6-63
Tabla 6-23. Resultados de la estimación del modelo por motivo trabajo	6-66
Tabla 6-24. Resultados de la estimación del modelo por otros motivos	6-66
Tabla 6-25. Valores subjetivos del tiempo por segmento	6-67
Tabla 6-26. Modos definidos en el modelo.....	6-68
Tabla 6-27. Clasificación Funcional de la Red Vial de Transporte de Panamá.....	6-68
Tabla 6-28. Vehículos de transporte público, equivalencias	6-70
Tabla 6-29. Parámetros de las funciones volumen demora.....	6-72
Tabla 6-30. Funciones de transporte público utilizadas.....	6-72

Tabla 6-31. Tasas de ocupación vehicular.....	6-77
Tabla 6-32. Ascensos y descensos de pasajeros del metro línea 1 en el periodo de modelación	6-86
Tabla 6-33 Características de los agentes	6-98
Tabla 6-34 Características de las edificaciones	6-99
Tabla 6-35 Preferencias de consumo de inmuebles por cada agente.	6-99
Tabla 6-36 Total de agentes por tipo	6-101
Tabla 6-37 Coeficientes estimados para el modelo de localización residencial.....	6-103
Tabla 6-38 Coeficientes estimados para el modelo de localización no residencial.....	6-106
Tabla 6-39 Coeficientes estimados para el modelo de renta residencial.....	6-108
Tabla 6-40 Coeficientes estimados para el modelo de renta no residencial	6-110
Tabla 6-41 Coeficientes estimados para el modelo de oferta inmobiliaria residencial	6-113
Tabla 6-42 Coeficientes estimados para el modelo de oferta inmobiliaria no residencial .	6-114
Tabla 6-43 Coeficientes en límite superior e inferior por grupos de zonas	6-116
Tabla 6-44 Agrupaciones de zonas.....	6-117
Tabla 6-45 Participación de la Zona Metropolitana en la ocupación, Año 2010.....	6-130
Tabla 6-46 Participación de los hogares de la “Zona Metropolitana” y su distribución según rango de ingreso. Año 2010.....	6-148
Tabla 6-47 Distribución de los hogares y la población ocupada en la “Zona Metropolitana” según rango de ingreso. Año 2010.	6-150
Tabla 6-48 Probabilidad calculada (Pi) de la tenencia de propiedad vehicular de los hogares en la Provincia de Panamá	6-156
Tabla 6-49 Rango de ingresos de los hogares y probabilidad calculada de la posesión vehicular en la provincia de Panamá (datos para la estimación del modelo de regresión Logit)	6-159

6. ANEXOS

6.1 PROCESO DE ZONIFICACIÓN

El área de estudio contempla el Área Metropolitana de Panamá en toda su extensión, considerando la división por distritos, corregimientos y barrios definidos en la estructura catastral vigente.

En acuerdo con la contraparte técnica para la elaboración del estudio, también se decide incluir el área geográfica de los distritos de Capira y Chepo dentro de la provincia de Panamá para el análisis y evaluación de la movilidad. Dentro de la Provincia de Panamá se encuentra el área de estudio presentada en la Figura 6-1 , donde la conforman los distritos de Capira, La Chorrera, Arraiján, San Miguelito, Panamá y Chepo. El área de estudio comprende 5,303 Km² y una población al 2014 de 1,793,409 habitantes.

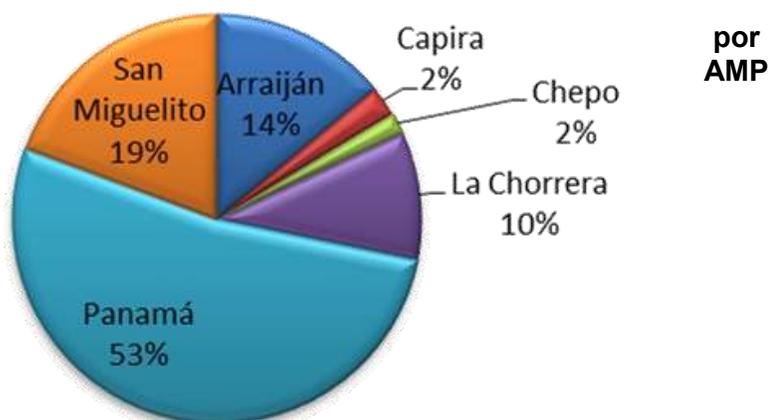
Actualmente la distribución poblacional por municipio del área de estudio se comporta, tal como se ilustra en la Figura 6-2, donde se evidencia que los distritos con mayor participación poblacional son Panamá, San Miguelito en el sector este del Canal de Panamá y los municipios de Arraiján y La Chorrera en el sector oeste.

Figura 6-1 Área de estudio



Fuente. Proceso de zonificación. Grupo consultor

Figura 6-2
Distribución
poblacional
distrito en el



Fuente. Grupo consultor con base en información de Censo de Panamá

6.1.1 Criterios de zonificación

Para el desarrollo del estudio del PIMUS se definieron criterios básicos de zonificación aplicables de manera general, y analizados de manera particular teniendo en cuenta las características de cada zona como son: datos socioeconómicos, usos del suelo, conectividad, accesibilidad, forma, tamaño, entre otras. El análisis parte de las zonas definidas en los estudio demanda para el sistema de transporte Metro.

Adicionalmente, los criterios fueron concertados con la supervisión del proyecto y su delimitación física fue aprobada. Los criterios básicos para la definición de la zonificación, fueron los siguientes:

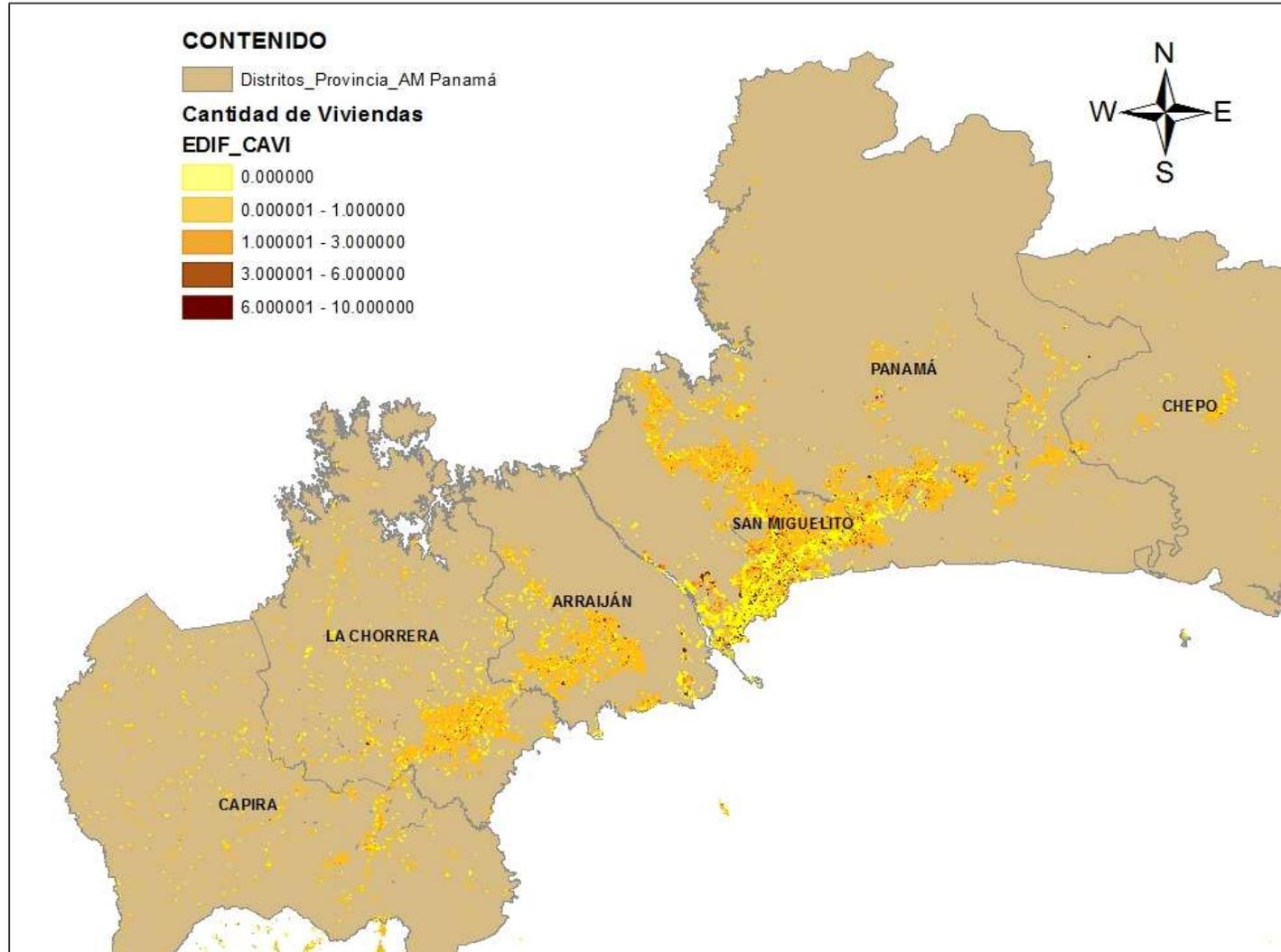
- Consistencia con sectores censales (barrios - centros poblados): adecuación de las zonas, teniendo como premisa la división a nivel de barrios.
- La accesibilidad y conectividad: se realizaron ajustes en cuanto a los límites o barreras naturales que imposibilitan la conectividad entre una zona y otra.
- Consistencia de uso del suelo: en la revisión realizada, se proponen ajustes a aquellas zonas que cuentan con desarrollos urbanísticos y usos del suelo que ameritan replantear el diseño de la zona.
- Tamaño de las zonas: se subdividieron las zonas con el fin de obtener un tamaño tal, que el supuesto de que todas las actividades se concentran en el centroide no produzcan un error significativo.
- Trazabilidad de la zonificación existente: se garantizó concordancia entre la zonificación existente y la zonificación propuesta.
- Consistencia con la malla vial principal: se garantizó que el criterio de subdivisión se diera a partir del trazado de la malla vial principal de la ciudad para efectos de optimizar la conectividad de ciertas zonas.

- g) En el sector Oeste del área de estudio se identificaron características de uso de suelo diferentes a las existentes del año 2010, en el cual se realizó la zonificación utilizada en el estudio de la primera línea del metro. Algunos sectores de relevancia en el crecimiento urbanístico del sector son:
- Sector de Arraiján (Zona 650). Inicio de proyectos de expansión urbana de aproximadamente 500 hectáreas por desarrollar.
 - Urbanización Aragón (Zona 650). Proyecto de gran magnitud de construcción de viviendas.
 - Proyecto Ciudad del Futuro (Zona 650). Sector de gran relevancia nivel residencial.
 - Proyecto Costa Verde (Zona 660). Se tiene contemplado la construcción de 1400 hectáreas aprox.
 - Altos del Campo (Zona 660). Sector de crecimiento residencial.
 - Amador – Causeway (Zona 510). Zona importante de turismo.
 - Howard-Servicios (Zona 610). Zona de Servicios y Zona Residencial.
- h) Para el desarrollo del estudio PIMUS, se incluyeron en las zonas de análisis los sectores de Chepo y Capira, ya que los mismos actualmente son centros poblacionales y económicos de carácter medio que generarán una concentración de actividad y población importante de la ciudad de Panamá.

6.1.2 Zonificación propuesta

A partir de la información suministrada por la Contraloría de Panamá, se identificaron zonas con presencia de edificaciones, la Figura 6-3 muestra la distribución de las viviendas en el AMP.

Figura 6-3 Convención de cantidad de viviendas



Fuente. Grupo consultor con base en información de Censo de Panamá

Las ZAT son Zonas de Análisis de Transporte definidas a partir de los archivos SIG de Contraloría y el “Estudio de demanda para la línea 1 del sistema de transporte masivo de la Ciudad de Panamá”, fueron concertados con la supervisión del proyecto y modificadas para el presente estudio. A continuación, se presenta la Tabla 6-1 que contiene las zonas que fueron definidas y su equivalencia con las zonificación de TRANUS:

Tabla 6-1 Modificación de zonas de análisis de transporte (ZAT)

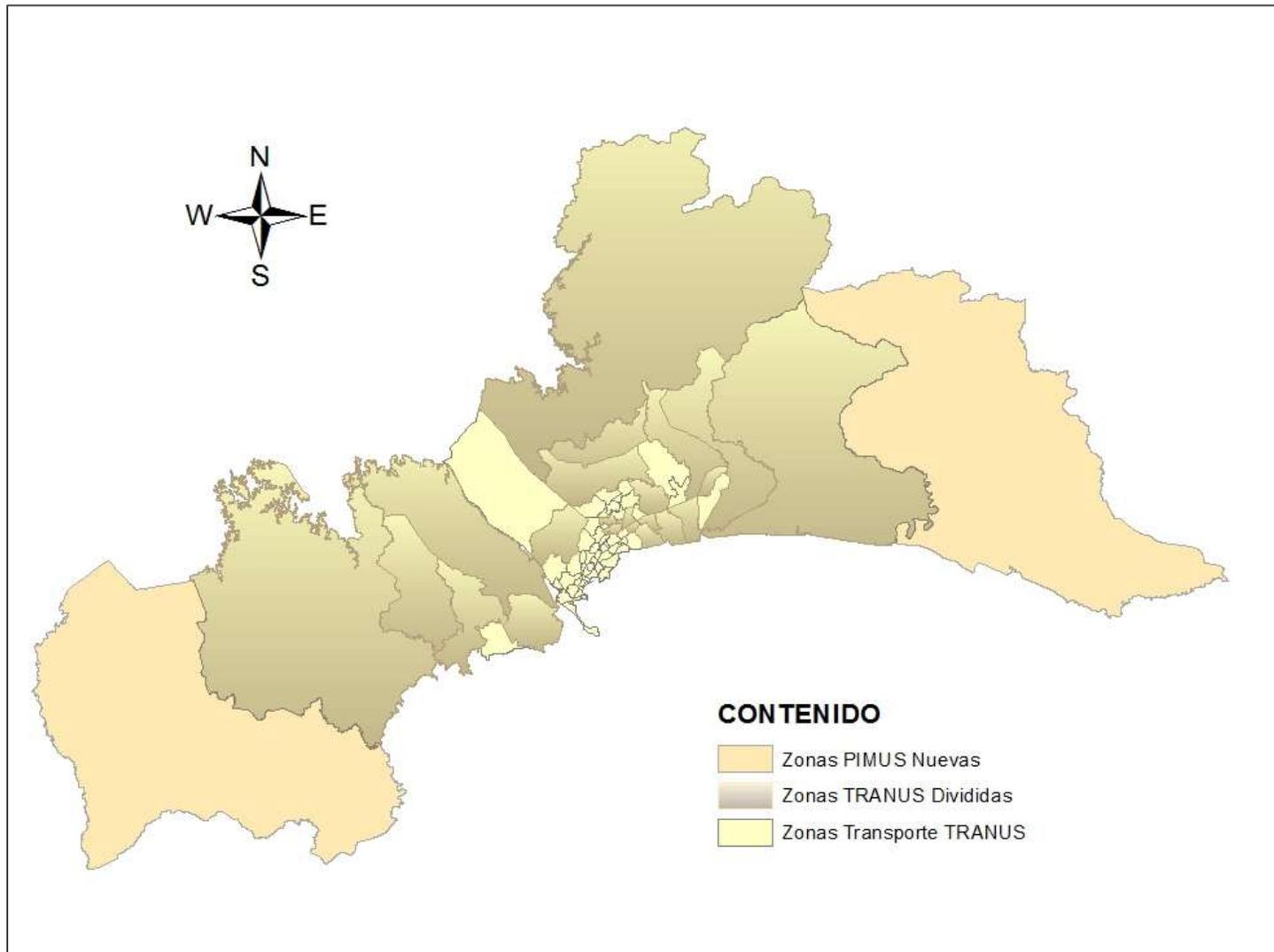
ZONA_PIMUS	ZONA_TRANUS	NOMB_TRANUS	ZONA_PIMUS	ZONA_TRANUS	NOMB_TRANUS
10	10	San Felipe	430	430	Alcalde Díaz
20	20	El Chorrillo	431	430	Alcalde Díaz
30	30	Santa Ana	432	430	Alcalde Díaz
40	40	Calidonia Sur1	680	431	Alcalde Díaz 1
41	41	Calidonia Sur2	681	431	Alcalde Díaz 1
50	50	Calidonia Norte 1	682	431	Alcalde Díaz 1
51	51	Calidonia Norte 2	683	431	Alcalde Díaz 1
60	60	Curundú	684	431	Alcalde Díaz 1
70	70	La Cresta	685	431	Alcalde Díaz 1
71	70	La Cresta	710	432	Chilibre
80	80	Urraca- C Alegre	711	432	Chilibre
90	90	Obarrio	440	440	Pque Metropolit.
100	100	El Cangrejo	441	440	Pque Metropolit.
110	110	Punta Pacífica	442	440	Pque Metropolit.
120	120	San Francisco	443	440	Pque Metropolit.
130	130	El Golf	450	450	Corozal
140	140	El Carmen	460	460	Curundú Bajos
150	150	Vista Hermosa	470	470	Albrook
160	160	Viejo Veranillo	471	470	Albrook
161	160	Viejo Veranillo	480	480	Altos de Diablo
170	170	La Locería	490	490	Ancón
180	180	Los Ángeles	500	500	Balboa
181	180	Los Ángeles	510	510	Amador
190	190	El Dorado	520	520	San Miguelito
191	190	El Dorado	521	520	San Miguelito
192	190	El Dorado	522	520	San Miguelito
200	200	Bethania	523	520	San Miguelito
210	210	Linda Vista	530	530	La Pulida
220	220	Pueblo Nuevo	540	540	Pan de Azúcar
230	230	La Sabana	541	541	Condado del Rey
240	240	Parque Lefevre	542	541	Condado del Rey
250	250	Panamá Viejo	553	550	Los Andes 2
260	260	Progreso	551	551	Tinajitas
270	270	La Rosita	552	552	Samaria
280	280	Villa Elena	560	560	El Crisol
290	290	Monte Carlo	570	570	Valle de Urraca
300	300	Villa Lorena	580	580	Cerro Viento
301	300	Villa Lorena	581	580	Cerro Viento
310	310	Chanis	582	580	Cerro Viento
312	310	Chanis	590	590	Santa Librada
320	320	Santa Clara	591	591	Cerro Batea
321	320	Santa Clara	550	600	Sonsonate
322	320	Santa Clara	600	600	Sonsonate
302	330	Llano Bonito	610	610	Howard
330	330	Llano Bonito	611	610	Howard
331	330	Llano Bonito	620	620	Cocolí

ZONA_PIMUS	ZONA_TRANUS	NOMB_TRANUS	ZONA_PIMUS	ZONA_TRANUS	NOMB_TRANUS
332	340	Juan Díaz	621	620	Cocolí
340	340	Juan Díaz	630	630	Arraiján
341	340	Juan Díaz	631	630	Arraiján
342	340	Juan Díaz	632	630	Arraiján
343	340	Juan Díaz	633	630	Arraiján
350	350	Pedregal	634	630	Arraiján
351	351	Pedregal Rural	635	630	Arraiján
360	360	Concepción	636	630	Arraiján
361	360	Concepción	637	630	Arraiján
362	360	Concepción	638	630	Arraiján
363	360	Concepción	640	640	Veracruz
364	360	Concepción	650	650	Vista Alegre
365	360	Concepción	651	650	Vista Alegre
366	360	Concepción	652	650	Vista Alegre
370	370	Tocumen Sur	653	650	Vista Alegre
380	380	Tocumen Norte	654	650	Vista Alegre
381	380	Tocumen Norte	655	650	Vista Alegre
382	380	Tocumen Norte	656	650	Vista Alegre
383	380	Tocumen Norte	657	650	Vista Alegre
384	380	Tocumen Norte	660	660	Chorrera
390	390	Las Mañanitas	661	660	Chorrera
391	390	Las Mañanitas	662	660	Chorrera
392	390	Las Mañanitas	663	660	Chorrera
400	400	24 de diciembre	664	660	Chorrera
401	400	24 de diciembre	665	660	Chorrera
402	400	24 de diciembre	666	660	Chorrera
403	400	24 de diciembre	667	660	Chorrera
404	400	24 de diciembre	668	660	Chorrera
405	400	24 de diciembre	669	660	Chorrera
406	400	24 de diciembre	670	660	Chorrera
410	410	Pacora	671	660	Chorrera
411	410	Pacora	672	660	Chorrera
412	410	Pacora	690	-	-
420	420	Pque Soberanía	700	-	-

Fuente. Grupo consultor, 2014

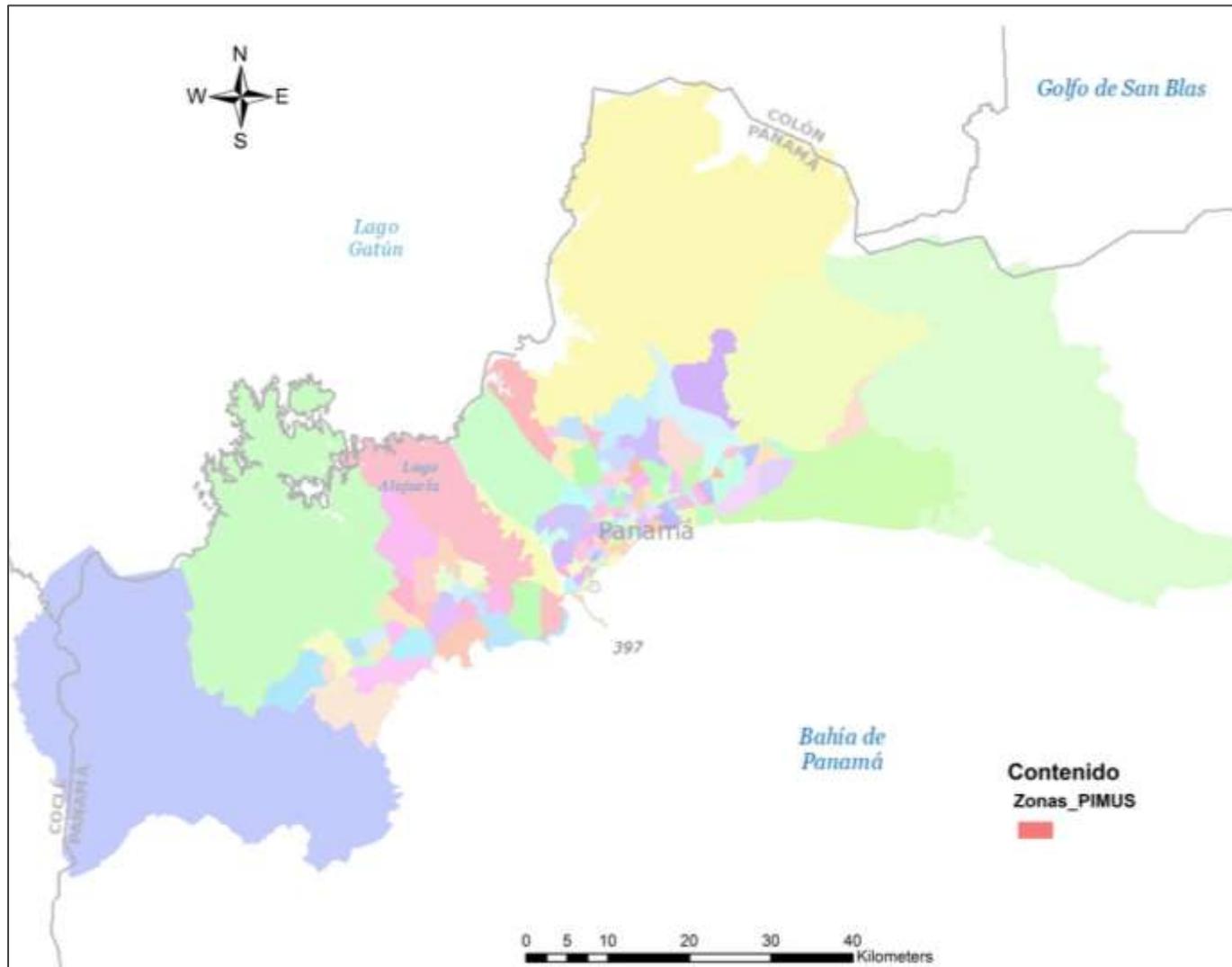
Se adicionaron las zonas 690 este y 700 oeste que corresponden a los sectores de Chepo y Capira, respectivamente. La siguiente imagen muestra la zonificación que fue objeto de ajuste para la definición de la zonificación:

Figura 6-1 Zonificación para el PIMUS AMP



Fuente. Proceso de zonificación Grupo consultor 2015

Figura 6-2 Zonificación PIMUS AMP



Fuente. Proceso de zonificación grupo consultor 2015

6.1.3 Zonificación obtenida

Del ejercicio realizado se obtuvo un total de 160 zonas que permite un mejor análisis en relación de crecimiento urbanístico, datos socioeconómicos y asignación de los viajes resultantes de los procesos de modelación de la demanda.

Para la zonificación definida, fue necesario la revalidación y reubicación de las zonas empleadas en el estudio de la primera línea y segunda línea del Metro. Sin embargo, de forma general en la mayoría de los casos, se presenta la división de una zona previa en varias zonas nuevas, teniéndose en cuenta un importante aspecto urbanístico el cual toma en cuenta los proyectos de construcción vertical que actualmente se están desarrollando y los que se desarrollarán en un corto plazo.

6.1.4 Datos Socioeconómicos actualizados para la zonificación PIMUS

POBLACIÓN: Con la información de población obtenida en Contraloría del 2010 (http://www.contraloria.gob.pa/inec/Redatam/index_censospma.htm), se realizó una distribución de la misma a nivel de barrio y de lugares poblados que se encontraban dentro de las zonas PIMUS y su actualización al 2014, tal y como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6-2 Población 2014, Zonas PIMUS

ID	ZONA_PIMUS	POBLACIÓN 2010	POBLACIÓN 2014	ID	ZONA_PIMUS	POBLACIÓN 2010	POBLACIÓN 2014
1	10	2,902	2,653	81	430	6,097	6,407
2	20	17,922	18,468	82	431	14,886	15,648
3	30	17,168	17,234	83	432	20,179	21,212
4	40	592	600	84	440	3,840	4,198
5	41	7,897	8,008	85	441	25	27
6	50	2,924	2,965	86	442	2,451	2,679
7	51	4,617	4,681	87	443	0	0
8	60	12,511	12,548	88	450	3,542	3,872
9	70	985	1,018	89	460	618	676
10	71	676	699	90	470	341	373
11	80	7,851	8,115	91	471	0	0
12	90	5,374	5,554	92	480	866	947
13	100	8,202	8,479	93	490	852	932
14	110	16,002	16,679	94	500	1,772	1,937
15	120	17,834	18,590	95	510	92	100
16	130	9,607	10,012	96	520	16,127	16,684
17	140	3,623	3,744	97	521	250	253
18	150	4,016	4,150	98	522	7,865	7,972
19	160	2,719	2,727	99	523	8,200	8,309
20	161	936	938	100	530	17,262	18,325
21	170	8,235	8,501	101	540	30,569	31,616
22	180	3,065	3,164	102	541	15,140	15,995
23	181	329	339	103	542	1,870	1,895
24	190	15,126	15,633	104	550	1,552	1,608
25	191	0	0	105	551	25,553	26,194
26	192	0	0	106	552	23,149	23,732
27	200	8,077	8,338	107	553	7,370	7,643
28	210	9,560	9,868	108	560	14,395	15,271
29	220	5,253	5,428	109	570	33,791	35,246

ID	ZONA_PIMUS	POBLACIÓN 2010	POBLACIÓN 2014
30	230	5,078	5,249
31	240	9,744	10,005
32	250	11,432	11,737
33	260	4,297	4,440
34	270	14,648	14,870
35	280	7,552	7,667
36	290	3,821	3,923
37	300	3,133	3,181
38	301	2,148	2,247
39	302	923	963
40	310	10,104	10,371
41	312	152	156
42	320	5,820	6,050
43	321	7,448	7,788
44	322	14	14
45	330	10,144	10,606
46	331	2,875	3,002
47	332	0	0
48	340	367	382
49	341	0	0
50	342	10,457	10,936
51	343	6,816	7,122
52	350	32,295	33,604
53	351	18,710	19,471
54	360	0	0
55	361	8,350	8,730
56	362	2,298	2,404
57	363	15,457	16,170
58	364	11,980	12,533
59	365	16,578	17,342
60	366	5	5
61	370	5	5
62	380	13,133	13,845
63	381	13,543	14,277
64	382	4,429	4,669
65	383	7,532	7,940
66	384	3,695	3,895
67	390	1,117	1,172
68	391	38,460	40,440
69	392	4,423	4,650
70	400	0	0
71	401	2,573	2,703
72	402	11,808	12,415
73	403	22,477	23,634
74	404	22,088	23,249
75	405	16,673	17,579
76	406	14,976	15,745
77	410	11,276	11,974
78	411	23,415	24,857
79	412	16,321	17,334
80	420	1,290	1,410

ID	ZONA_PIMUS	POBLACIÓN 2010	POBLACIÓN 2014
110	580	17,398	18,630
111	581	20,431	21,929
112	582	8,215	8,819
113	590	41,990	43,549
114	591	29,837	30,934
115	600	175	180
116	610	780	839
117	611	38	41
118	620	45	47
119	621	0	0
120	630	573	601
121	631	21,433	22,532
122	632	12,758	13,414
123	633	12,241	12,873
124	634	5,934	6,278
125	635	2,741	2,900
126	636	5,859	6,155
127	637	30,829	32,629
128	638	445	467
129	640	17,279	18,602
130	650	6,010	6,343
131	651	4,290	4,678
132	652	19,638	21,442
133	653	15,079	16,906
134	654	8,730	9,175
135	655	4,196	4,579
136	656	41,430	46,746
137	657	9,263	10,115
138	660	1,269	1,340
139	661	602	678
140	662	17,560	18,530
141	663	16,333	18,404
142	664	13,119	13,633
143	665	12,918	13,809
144	666	25,961	28,028
145	667	16,615	17,574
146	668	14,091	14,874
147	669	15,810	16,429
148	670	8,445	9,038
149	671	7,269	7,750
150	672	9,197	9,821
151	680	30	31
152	681	5,038	5,291
153	682	50,620	53,215
154	683	13,636	12,018
155	684	10,694	9,431
156	685	8,288	7,308
157	690	38,146	39,843
158	700	26,828	28,622
159	710	20,872	22,321
160	711	32,806	35,106

Fuente. Grupo consultor con base en información del Censo de Panamá, 2014

HOGARES: Con la Información de hogares obtenida en Contraloría del 2010 (http://www.contraloria.gob.pa/inec/Redatam/index_censospma.htm), se realizó una distribución de la misma a nivel de barrio y de lugares poblados que se encontraban dentro de las zonas PIMUS y se actualizó al 2014, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6-3 Hogares 2014, Zonas PIMUS

ID	ZONA_PIMUS	HOGARES 2010	HOGARES 2014	ID	ZONA_PIMUS	HOGARES 2010	HOGARES 2014
1	10	1,060	979	81	430	1,671	1,771
2	20	6,170	6,442	82	431	4,065	4,315
3	30	5,989	6,074	83	432	5,479	5,814
4	40	226	232	84	440	799	878
5	41	2,965	3,043	85	441	7	7
6	50	1,119	1,148	86	442	743	819
7	51	1,791	1,838	87	443	0	0
8	60	3,844	3,895	88	450	1,030	1,135
9	70	384	401	89	460	174	192
10	71	264	275	90	470	102	112
11	80	2,977	3,105	91	471	0	0
12	90	1,995	2,081	92	480	283	312
13	100	3,172	3,309	93	490	268	296
14	110	4,949	5,222	94	500	551	607
15	120	6,357	6,707	95	510	35	39
16	130	3,603	3,801	96	520	4,828	5,070
17	140	1,315	1,372	97	521	94	97
18	150	1,414	1,482	98	522	2,278	2,347
19	160	797	808	99	523	2,320	2,390
20	161	286	290	100	530	4,872	5,235
21	170	2,710	2,836	101	540	8,640	9,063
22	180	1,058	1,107	102	541	4,497	4,814
23	181	118	123	103	542	531	547
24	190	4,802	5,028	104	550	432	453
25	191	0	0	105	551	6,711	6,952
26	192	0	0	106	552	6,418	6,649
27	200	2,832	2,963	107	553	2,073	2,174
28	210	3,347	3,502	108	560	4,060	4,363
29	220	1,888	1,979	109	570	8,371	8,819
30	230	1,776	1,862	110	580	4,961	5,364
31	240	3,621	3,766	111	581	5,839	6,322
32	250	3,474	3,613	112	582	2,384	2,581
33	260	1,509	1,581	113	590	11,276	11,819
34	270	5,104	5,251	114	591	7,590	7,946
35	280	2,461	2,532	115	600	41	43
36	290	1,400	1,456	116	610	227	245
37	300	1,054	1,084	117	611	12	12
38	301	657	697	118	620	21	22
39	302	317	336	119	621	0	0
40	310	3,041	3,162	120	630	148	157
41	312	51	53	121	631	5,604	5,947
42	320	1,498	1,577	122	632	3,572	3,791
43	321	2,461	2,609	123	633	3,478	3,691
44	322	8	8	124	634	1,651	1,756
45	330	2,919	3,095	125	635	740	785

ID	ZONA_PIMUS	HOGARES 2010	HOGARES 2014
46	331	871	923
47	332	0	0
48	340	102	108
49	341	0	0
50	342	3,089	3,275
51	343	1,936	2,052
52	350	9,276	9,781
53	351	5,111	5,389
54	360	0	0
55	361	2,342	2,483
56	362	671	711
57	363	4,343	4,604
58	364	3,356	3,558
59	365	4,653	4,933
60	366	3	3
61	370	1	1
62	380	3,949	4,199
63	381	3,745	3,981
64	382	1,247	1,326
65	383	2,198	2,337
66	384	1,028	1,093
67	390	274	289
68	391	10,148	10,772
69	392	1,198	1,271
70	400	0	0
71	401	674	713
72	402	3,182	3,377
73	403	6,023	6,392
74	404	6,448	6,847
75	405	4,381	4,657
76	406	3,868	4,105
77	410	3,258	3,471
78	411	6,494	6,919
79	412	4,521	4,824
80	420	384	423

ID	ZONA_PIMUS	HOGARES 2010	HOGARES 2014
126	636	1,562	1,656
127	637	7,707	8,198
128	638	117	123
129	640	4,138	4,464
130	650	1,660	1,764
131	651	1,219	1,339
132	652	5,468	6,030
133	653	4,206	4,744
134	654	2,417	2,564
135	655	1,169	1,289
136	656	10,827	12,282
137	657	2,439	2,689
138	660	355	378
139	661	207	236
140	662	5,111	5,445
141	663	4,601	5,238
142	664	3,660	3,833
143	665	3,639	3,921
144	666	7,382	8,024
145	667	4,643	4,928
146	668	4,142	4,413
147	669	4,493	4,706
148	670	2,336	2,521
149	671	2,069	2,226
150	672	2,703	2,907
151	680	8	8
152	681	1,414	1,501
153	682	13,439	14,263
154	683	3,731	3,325
155	684	2,828	2,518
156	685	2,221	1,979
157	690	9,794	10,263
158	700	7,532	8,085
159	710	5,810	6,270
160	711	9,072	9,831

Fuente. Grupo consultor con base en información del Censo de Panamá, 2014

EMPLEO: Con la información del directorio de empresas y locales 2006 y 2010 del INEC Panamá, se realizó una distribución de la misma a nivel de corregimiento y barrio que se encontraban dentro de las zonas PIMUS tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver detalle en el documento Metodología de actualización de base de datos –Variables socioeconómicas¹).

¹ La nota sobre la actualización se puede consultar en la siguiente dirección
<http://owncloud.calymayor.com.mx/owncloud/index.php/apps/files?dir=/Shared/Pimus%20Panama/D%20Entregables/A%20Informe/Entregable%204%20-%20Diagn%C3%B3stico-Prospectiva-SIG/PROCESO/PARTE%20-INFORME%20DE%20DIAGN%C3%93STICO%20SOBRE%20MOVILIDAD%20URBANA/VERSION%202/CAP%204-TRANSPORTE%20P%C3%9ABLICO>

Tabla 6-4 Empleo 2014, Zonas PIMUS

ZONA_PIMUS	EMPLEO COMERCIO Y SERVICIOS	EMPLEO INDUSTRIA	EMPLEO EDUCACIÓN	EMPLEO SERVICIOS PÚBLICOS
10	1,249	147	76	1
20	530	104	38	123
30	0	0	0	0
40	2,495	0	73	0
41	1,687	1,150	192	63
50	13,181	822	346	650
51	7,215	283	1,002	27
60	2,712	709	1	26
70	568	507	8	0
71	85	0	1,017	0
80	31,791	766	157	599
90	23,348	6,324	95	378
100	14,827	3,687	321	1,865
110	20,481	4,562	1,126	0
120	8,478	1,157	166	0
130	2,415	5,718	300	1,575
140	3,427	1,328	76	0
150	4,275	1,714	49	391
160	254	0	1	0
161	2,720	2,001	5	0
170	7,775	285	1,554	20
180	4,885	2,080	78	0
181	11,362	5,223	0	87
190	12,391	392	896	57
191	0	0	195	0
192	0	0	0	0
200	3,901	312	728	160
210	4,058	2,716	582	649
220	3,106	5,579	21	73
230	380	1,355	262	0
240	8,249	1,143	157	276
250	1,969	1,622	98	0
260	884	115	150	0
270	11,197	4,068	35	240
280	4,708	543	8	0
290	8,870	1,560	375	9
300	2,121	912	2	29
301	1,283	40	2	0
302	6,101	356	1	46
310	4,399	0	61	727
312	8,009	270	5	738
320	5,399	22	310	280
321	1,223	1,761	39	17
322	102	0	0	0
330	1,048	809	25	686
331	2,100	757	30	59
332	5,286	798	0	0
340	73	122	0	0
341	589	654	0	0
342	760	797	32	204
343	1,685	899	138	1
350	2,112	1,275	166	427

ZONA_PIMUS	EMPLEO COMERCIO Y SERVICIOS	EMPLEO INDUSTRIA	EMPLEO EDUCACIÓN	EMPLEO SERVICIOS PÚBLICOS
351	339	101	53	89
360	97	299	55	0
361	771	110	75	0
362	2,389	28	9	0
363	378	5	28	0
364	488	0	62	31
365	282	0	24	6
366	0	0	0	0
370	181	0	56	8,839
380	1,553	68	57	55
381	952	41	29	56
382	785	205	47	0
383	1,000	33	15	0
384	0	0	2	0
390	35	1	0	6
391	3,130	621	128	6,656
392	2,282	610	17	26
400	0	0	0	0
401	65	0	0	21
402	525	123	57	194
403	52	0	11	122
404	976	24	66	25
405	190	43	25	72
406	196	16	29	62
410	171	106	28	486
411	457	82	35	553
412	68	8	19	926
420	164	0	125	2,081
430	98	19	2	0
431	229	247	28	125
432	458	488	43	13
440	38	17	29	21
441	0	174	0	0
442	3,980	149	161	24
443	0	0	0	0
450	297	35	763	7,156
460	149	0	207	0
470	15,238	524	0	5,004
471	1,389	0	299	13,903
480	719	2,254	0	780
490	76	0	446	19
500	1,685	825	356	2,797
510	4,460	1,379	1	118
520	317	297	51	78
521	1,613	442	0	9
522	645	6	5	105
523	391	360	24	0
530	1,077	192	85	81
540	1,316	77	91	9
541	2,740	13	793	5,585
542	45	0	4	19
550	2,395	0	3	0
551	966	598	18	10

ZONA_PIMUS	EMPLEO COMERCIO Y SERVICIOS	EMPLEO INDUSTRIA	EMPLEO EDUCACIÓN	EMPLEO SERVICIOS PÚBLICOS
552	194	60	20	9
553	1,635	0	41	132
560	1,535	0	31	24
570	424	22	33	25
580	1,218	445	660	68
581	1,315	265	110	26
582	195	0	154	19
590	1,259	3,176	98	113
591	539	4	90	41
600	0	0	0	0
610	0	0	25	0
611	0	78	31	0
620	365	6	0	24
621	0	0	0	0
630	0	0	6	0
631	712	3	82	7
632	204	79	48	19
633	658	47	26	36
634	107	8	17	60
635	5	0	2	12
636	28	0	22	0
637	206	17	33	39
638	478	1,336	2	0
640	2,512	841	26	69
650	166	2	0	716
651	11	73	55	25
652	561	50	28	2
653	1,283	35	196	65
654	104	0	61	0
655	143	0	39	0
656	403	140	227	147
657	46	13	7	55
660	376	140	3	0
661	0	0	0	0
662	1,479	453	360	1,113
663	0	0	0	0
664	1,095	124	64	4
665	244	81	1	1
666	715	57	26	345
667	1,143	44	0	396
668	1,764	428	77	280
669	1,518	176	130	62
670	195	84	0	8
671	347	42	1	15
672	381	297	1	18
680	0	0	0	0
681	840	297	25	4
682	286	2	170	37
683	628	459	64	68
684	57	0	53	273
685	35	13	9	17
690	989	972	23	245
700	896	1,032	8	494

ZONA_PIMUS	EMPLEO COMERCIO Y SERVICIOS	EMPLEO INDUSTRIA	EMPLEO EDUCACIÓN	EMPLEO SERVICIOS PÚBLICOS
710	450	318	8	10
711	1,563	142	12	2,395

Fuente. Grupo consultor con base en información del Censo de Panamá, 2014

6.1.5 Macrozonificación

Con el fin de realizar análisis de forma macro (a una escala mayor que la de zonificación PIMUS), se realizó la agrupación de las zonificación PIMUS con características homogéneas, de tal forma que se lograra obtener una caracterización mas general de la zona en estudio sin perder la representación de cada sector. Dicho trabajo fue realizado de manera conjunta con los expertos locales y con el cliente, con el objetivo de poder obtener la mejor integración y caracterización de la zonificación PIMUS.

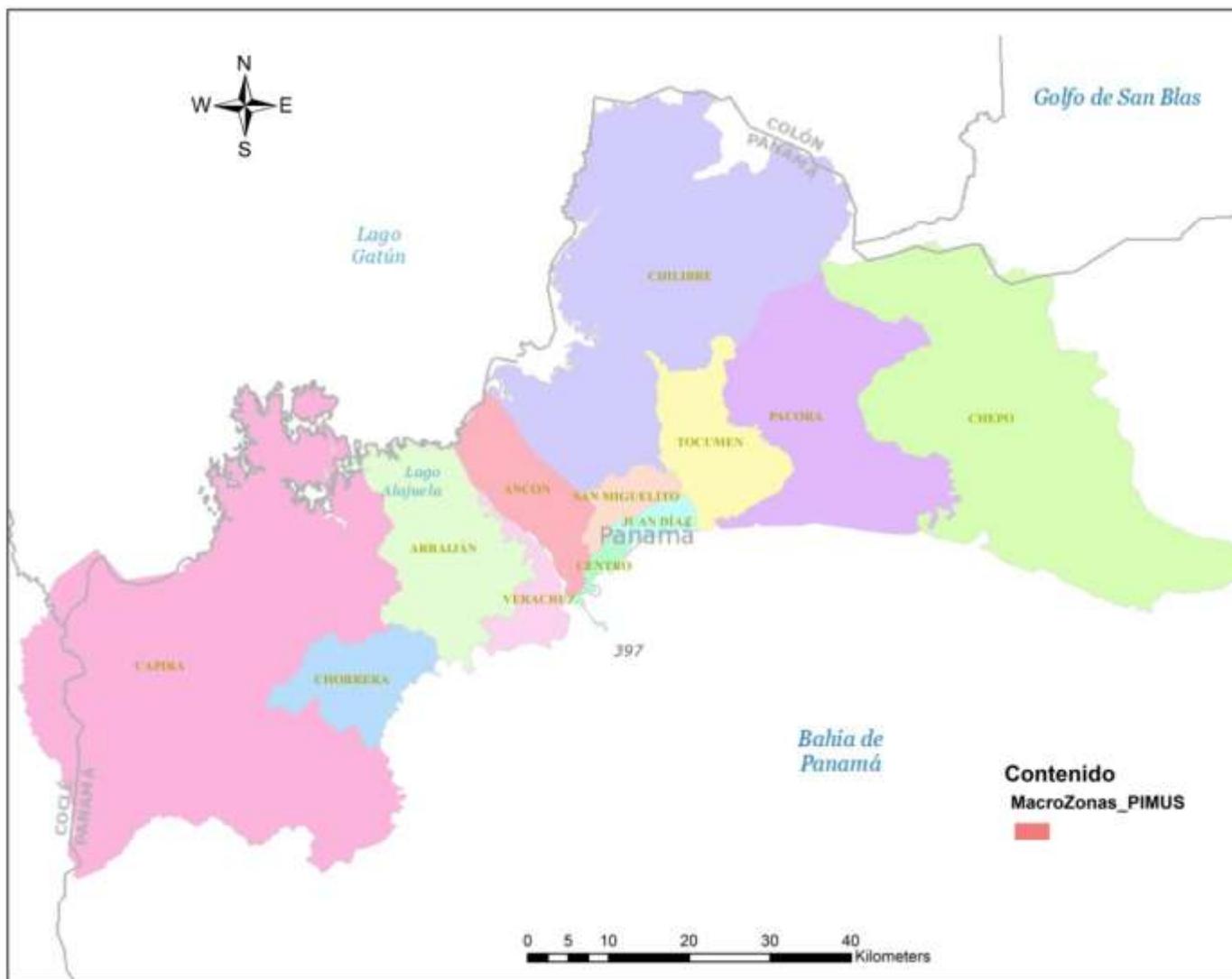
Se definieron en total 12 macro zonas que son las mostradas en la Tabla 6-5. En la Figura 6-3 se muestra la macrozonificación obtenida de los trabajos realizados por el equipo consultor y el cliente.

Tabla 6-5 Macrozonas PIMUS

Macro Zona	Nombre Macro Zona
1	CHEPO
2	CHILIBRE
3	TOCUMEN
4	ANCON
5	CENTRO
6	SAN MIGUELITO
7	JUAN DIAZ
8	VERACRUZ
9	ARRAIJÁN
10	CAPIRA
11	CHORRERA
12	PACORA

Fuente. Grupo consultor. 2014

Figura 6-3 Macrozonificación PIMUS AMP



Fuente. Grupo consultor, 2014

De igual forma en la Tabla 6-6 se muestra las equivalencias de las zonas PIMUS con la Microzonificación.

Tabla 6-6 Equivalencia Macro zonas – zonas PIMUS

Zona	Macro_Zona	Zona	Macro_Zona	Zona	Macro_Zona	Zona	Macro_Zona
10	5	312	7	430	2	631	9
20	5	320	7	431	2	632	9
30	5	321	7	432	2	633	9
40	5	322	7	440	4	634	9
41	5	330	7	441	4	635	9
50	5	331	7	442	4	636	9
51	5	332	7	443	4	637	9
60	5	340	7	450	4	638	9
70	5	341	7	460	4	640	8
71	5	342	7	470	4	650	9
80	5	343	7	471	4	651	9
90	5	350	3	480	4	652	9
100	5	351	3	490	4	653	9
110	5	360	3	500	4	654	9
120	5	361	7	510	5	655	9
130	5	362	3	520	6	656	9
140	5	363	3	521	6	657	9
150	5	364	3	522	7	660	11
160	5	365	3	523	6	661	11
161	5	366	3	530	6	662	11
170	6	370	3	540	6	663	11
180	6	380	3	541	6	664	11
181	6	381	3	542	6	665	11
190	6	382	3	550	6	666	11
191	6	383	3	551	6	667	10
192	6	384	3	552	6	668	11
200	6	390	3	553	6	669	11
210	6	391	3	560	6	670	11
220	7	392	3	570	6	671	11
230	5	400	3	580	6	672	11
240	7	401	3	581	6	680	2
250	7	402	3	582	6	681	2
260	7	403	3	590	6	682	2
270	7	404	3	591	6	683	2
280	7	405	3	600	6	684	2
290	7	406	3	610	8	685	2
300	7	410	13	611	8	690	10
301	7	411	13	620	8	700	1
302	7	412	13	621	9	710	2
310	7	420	4	630	9	711	2

Fuente. Grupo consultor, 2014

Asimismo, se presenta en la tabla la equivalencia entre las macro zonas y los corregimientos del AMP.

Tabla 6-7 Equivalencia macrozonas a corregimientos

Nombre Macrozona	Corregimiento
Capira	AMADOR
	AROSEMENA
	CAIMITO
	CAMPANA
	CAPIRA (CABECERA)
	CERMEDO
	CIRI DE LOS SOTOS
	CIRI GRANDE
	EL ARADO
	EL CACAO
	HERRERA
	HURTADO
	ITURRALDE
	LA REPRESA
	LA TRINIDAD
	LAS OLLAS ARRIBA
	LIDICE
	LOS DIAZ
	MENDOZA
	OBALDIA
SANTA RITA	
SANTA ROSA	
VILLA CARMEN	
VILLA ROSARIO	
La Chorrera	BARRIO BALBOA

Nombre Macrozona	Corregimiento
	BARRIO COLON
	EL COCO
	FEULLIET
	GUADALUPE
	PLAYA LEONA
	PUERTO CAIMITO
Arraiján	ARRAIJAN CABECERA
	BURUNGA
	CERRO SILVESTRE
	JUAN DEMOSTENES AROSEMENA
	NUEVO EMPERADOR
	SANTA CLARA
	VISTA ALEGRE
Veracruz	VERACRUZ
Ancón	ANCON
	CURUNDU
Centro	BELLA VISTA
	BETANIA
	CALIDONIA
	EL CHORRILLO
	PARQUE LEFEVRE
	PUEBLO NUEVO
	RIO ABAJO
	SAN FELIPE
	SAN FRANCISCO

Nombre Macrozona	Corregimiento
	SANTA ANA
San Miguelito	AMELIA DENIS DE ICAZA
	ARNULFO ARIAS
	BELISARIO FRIAS
	BELISARIO PORRAS
	JOSE DOMINGO ESPINAR
	MATEO ITURRALDE
	OMAR TORRIJOS
	RUFINA ALFARO
VICTORIANO LORENZO	
Chilibre	ALCALDE DIAZ
	CHILIBRE
	ERNESTO CÉRDOBA CAMPOS
	LAS CUMBRES
Juan Diaz	JUAN DIAZ
Tocumen	LAS MAÑANITAS
	PEDREGAL
	TOCUMEN
Pacora	24 DE DICIEMBRE
	PACORA
	SAN MARTIN
Chepo	CHEPO
	LAS MARGARITAS
	SANTA CRUZ DE CHININA

6.2 PROCESO DE MODELACIÓN

Para el análisis de los proyectos que conforman el programa de conformación del sistema integrado de transporte público y el programa de inversión en infraestructura para la movilidad urbana se hace uso como herramienta de modelación de un modelo integrado (MI) de transporte (MT) y uso del suelo urbano (MU). El montaje de este modelo se realizó sobre la plataforma de modelación CUBE.

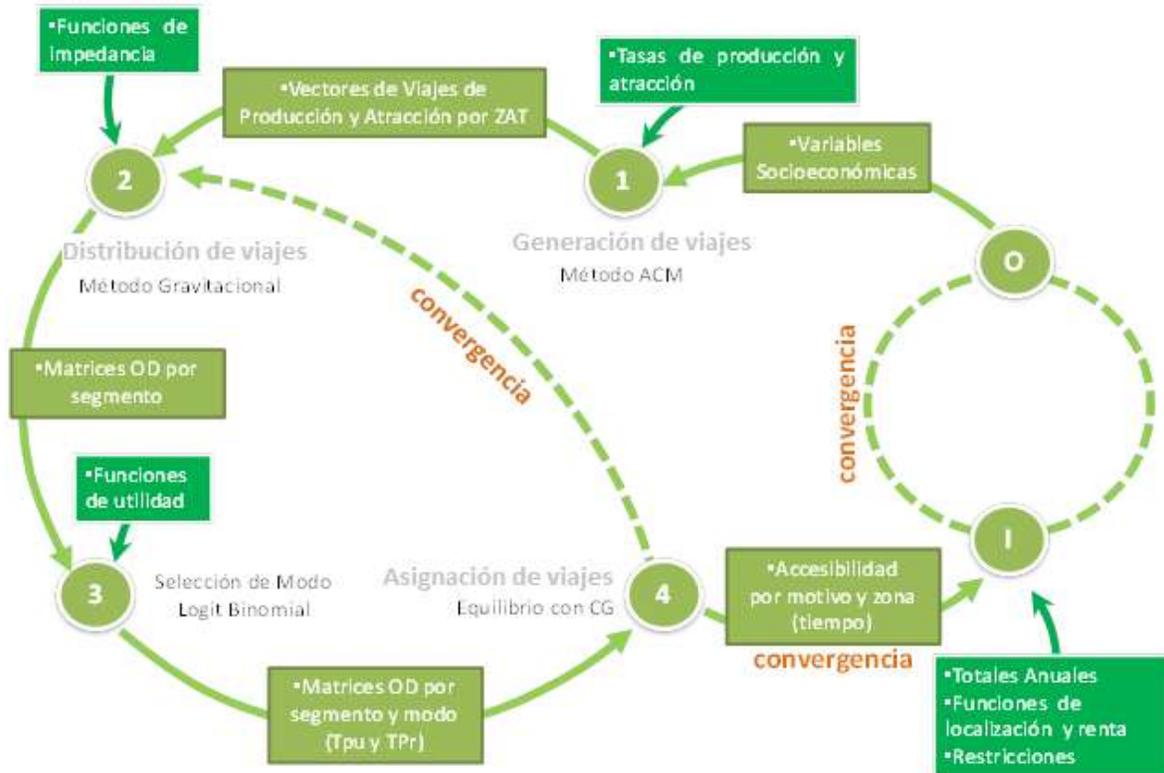
El proceso de modelación permitió estimar los patrones de movilidad urbana del AMP bajo distintas hipótesis de inversión en transporte, al igual que se obtiene la proyección de la magnitud y la localización futura de la población y empleo.

6.2.1 Modelo integrado

Este modelo integrado se constituye sobre el estado del arte en herramientas para la planeación: por una parte un Modelo de Transporte (MT) de última generación que permite la simulación de escenarios tan complejos como la integración tarifaria o cargos por congestión, y por otra un Modelo Urbano (MU) de amplio reconocimiento y aceptación, el cual considera la naturaleza de los mercados inmobiliarios y preferencias de consumos de hogares y agentes no residenciales.

En el MI, los modelos de transporte y urbano se suministran información entre sí en ciclos de retroalimentación, de forma tal que el MT suministra la información de accesibilidad - definida como tiempo de acceso a actividades tales como puestos de trabajo, escuelas, centros de consumo, entre otros- al MU, y este la interpreta dentro de un modelo de costos de producción de inmuebles, así como un modelo de localización de agentes (hogares y empresas), para simular su localización dentro del AMP, proceso al final del cual el MU proporciona nuevos datos al MT, que calcula las nuevas condiciones de accesibilidad considerando los cambios en la distribución de los agentes en el AMP.

Figura 6-4. Estructura del Modelo Integrado (MI)

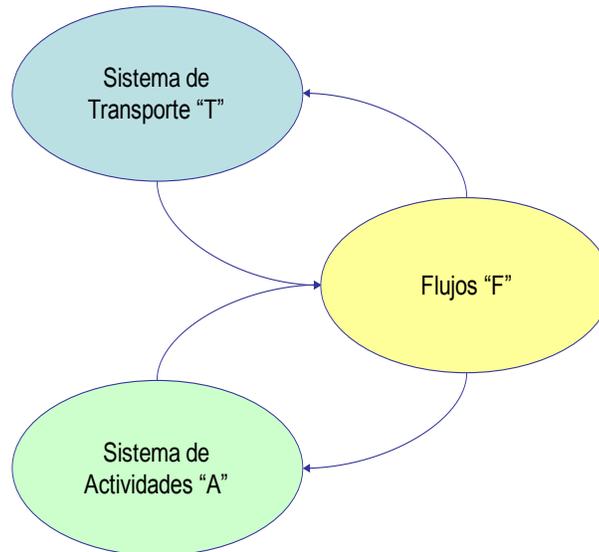


Fuente. Grupo consultor, 2015

Un primer acercamiento a la metodología pasa por un breve repaso a la visión sistémica del transporte y la relación con el proceso de cuatro etapas para los alcances generales del proyecto. Esta visión sistémica sintetiza el proceso en el cual la interacción de la población, según su localización (vivienda) y sus actividades (comercio, servicio, educación, industria, etc.) con el sistema de transporte (oferta de infraestructura y servicios para la movilidad operando bajo ciertas reglas) producen los flujos o volúmenes de tránsito (pasajeros o carga) y asimismo, estos flujos inciden en los subsistemas que les dan origen convirtiéndose en un proceso cíclico

Este proceso se entiende mejor si se visualiza el clásico modelo de ciudades de baja densidad y usos de suelo desagregados que hace que los usuarios demanden grandes autopistas e infraestructura de transporte que una vez construidas impulsan los nuevos desarrollos y así sucesivamente convirtiéndose en ciudades con altas densidades y grandes sistemas de transporte colectivo.

Figura 6-5 Enfoque sistémico del sistema de transporte



Fuente. Manheim, Marvin L., "Fundamentals of Transportation system analysis" –Volume 1: Basic concepts. (Cambridge, Massachusetts, E.U.A. The MIT Press, 1979, p. 13

6.2.1.1 Aspectos comunes al Modelo de Transporte y al Modelo Urbano

Para permitir la consolidación de los modelos urbanos, estos mantienen una equivalencia en los elementos que permiten su interfaz. La comunicación entre los dos modelos se establece por medio de dos archivos:

- Desde el MU hacia el MT se han estandarizado los hogares en nueve categorías como los agentes generadores de viaje, empleo con una categoría única y plazas de educación igualmente con una categoría única.
- Desde el MT hacia el MU se ha definido una medida única de accesibilidad en dos categorías

6.2.1.2 Segmentos de demanda

Otro elemento común de transición entre el modelo de transporte y el modelo urbano son las variables socioeconómicas que genera el modelo urbano que permiten estimar los viajes por segmento de demanda en el modelo de transporte.

Los segmentos de demanda corresponden a la agrupación de un conjunto de viajes con características homogéneas y su interacción se esquematiza en la siguiente tabla.

Tabla 6-8 Relación de segmentos entre el modelo urbano y el modelo de transporte

MODELO URBANO		MODELO DE TRANSPORTE
ID	CATEGORÍA(*)	SEGMENTO
H1	Hogares ingreso bajo tamaño familiar 1	Motivo Trabajo BHI Motivo Estudio BHI
H2	Hogares ingreso medio tamaño familiar 1	Otros Motivos BHI

MODELO URBANO		MODELO DE TRANSPORTE
ID	CATEGORÍA(*)	SEGMENTO
H3	Hogares ingreso alto tamaño familiar 1	Todos los Motivos BHR y No Basado en el Hogar NBH
H4	Hogares ingreso bajo tamaño familiar 2	
H5	Hogares ingreso medio tamaño familiar 2	
H6	Hogares ingreso alto tamaño familiar 2	
H7	Hogares ingreso bajo tamaño familiar 3	
H8	Hogares ingreso medio tamaño familiar 3	
H9	Hogares ingreso alto tamaño familiar 3	
Empleo	Plazas de Empleo	
Estudio	Plazas de Estudio	

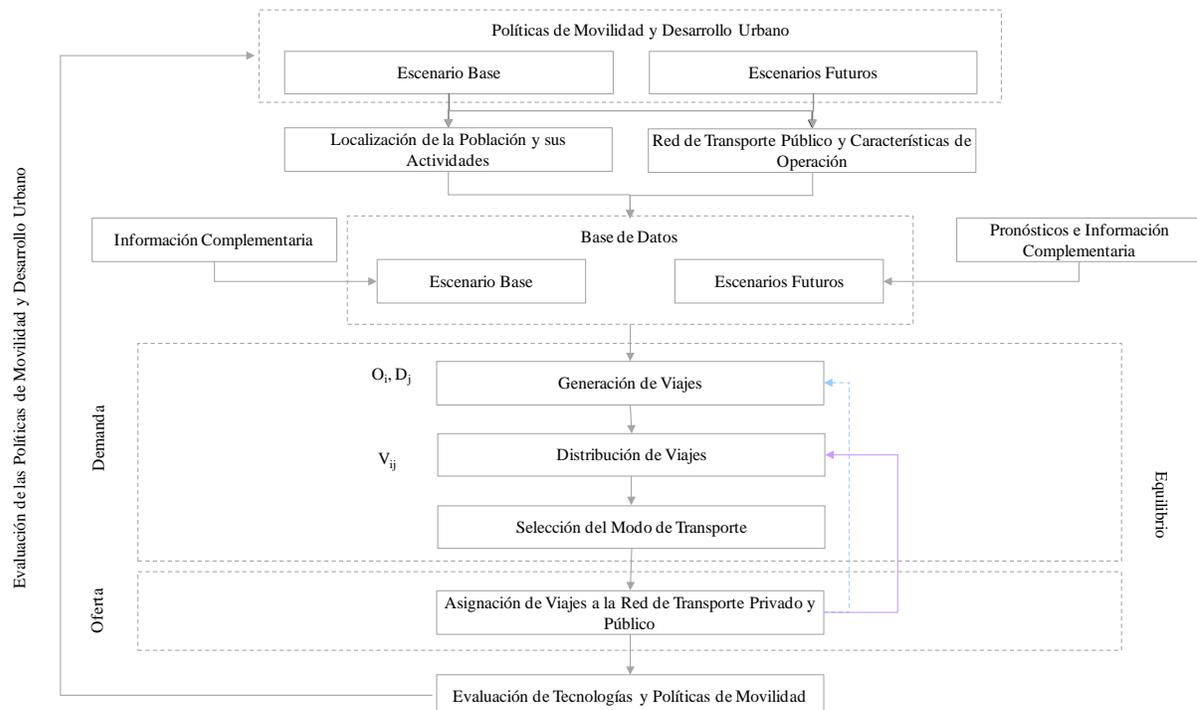
(*) La descripción del ingreso y tamaño familiar se encuentra más adelante.

Fuente. Grupo consultor, 2015

6.2.2 Modelo de transporte

El modelo de cuatro pasos aplicado en los procesos de planeación de sistemas de movilidad se compone de los modelos de generación, distribución, selección modal y asignación de viajes lo cual se esquematiza en la Figura 6-6.

Figura 6-6 Proceso de planeación analítica de la Movilidad



Fuente. Grupo consultor, 2015

Desde el punto de vista metodológico, en cada uno de los escenarios y horizontes de tiempo que se determinan se siguen los pasos indicados, particularmente los cuatro pasos marcados al final del diagrama de flujo. El proceso de construcción del modelo para la situación actual termina cuando los flujos en las redes del modelo reproducen de forma aproximada los registrados en la realidad, solo entonces se puede pasar a trabajar los escenarios futuros.

6.2.2.1 Metodología

La construcción de modelos de transporte para la situación actual son particularmente exigentes, no solo por la complejidad y diversidad de variables² que se involucran en los procesos, sino también por la calidad en los resultados que debe generar el modelo para los escenarios futuros. La Figura 6-7 ilustra el proceso seguido para construir el modelo de transporte urbano del Área Metropolitana de Panamá. En la figura, se destacan tres grandes bloques de actividades agrupadas por razones técnicas y funcionales las cuales están organizadas de acuerdo con las diversas tareas que se deben realizar a lo largo del estudio de movilidad. Estas actividades son las siguientes:

- a) Recolección de información primaria y secundaria,
- b) Construcción, calibración y validación de modelos, y
- c) Resultados

En el primer bloque hay dos tipos de recolección de información, la primaria y la secundaria. Estos dos tipos de información están diferenciados por el origen de los datos. El primer tipo corresponde a trabajos realizados en campo y/o procesos relacionados con esta actividad, mientras que el segundo consiste en la recolección de bases de datos o información con origen en terceros. A continuación se presenta una descripción de cada una de las actividades.

a. Recolección de información primaria y secundaria

Para efectos del presente estudio de movilidad se consideró la recolección de dos tipos de información: Información primaria e información secundaria. El tipo de información primaria incluye una serie de estudios de campo entre los que se encuentra ocupación visual, frecuencia de paso, verificación de itinerarios y otros.

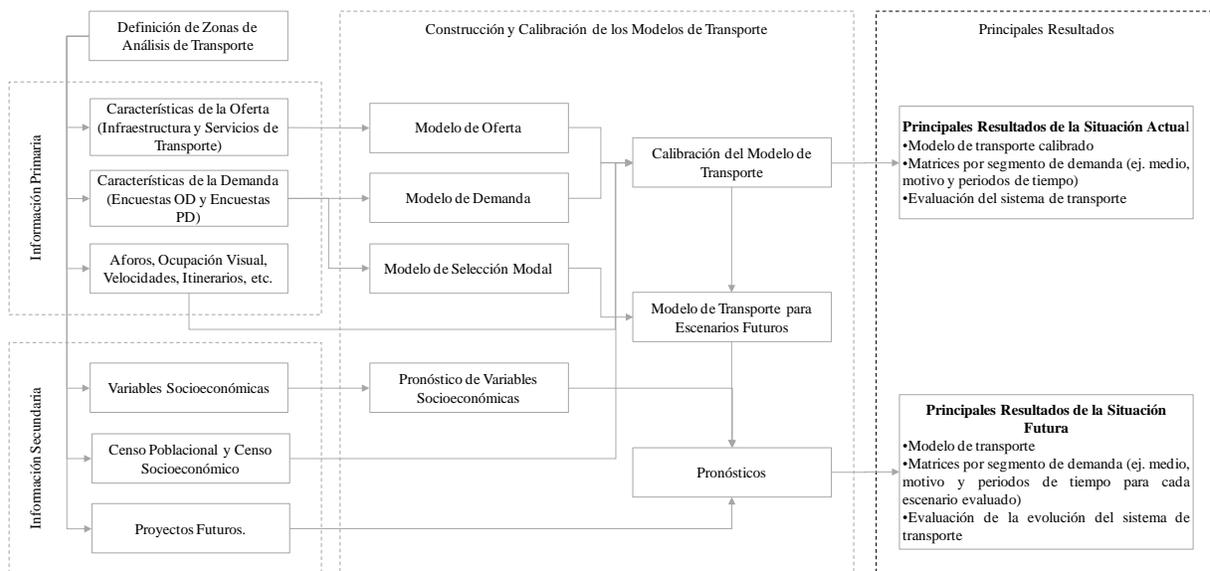
En el tipo de información secundaria destaca la información del Censo Poblacional (2010) y el Censo Económico elaborado por el INEC, así como también información relacionada con variables socioeconómicas como bases de datos de la ciudad con información relacionada a población, tamaño de los hogares, inferencias respecto a los ingresos familiares, etc. Esta información se combina con datos de las encuestas para estimar, entre otras cosas, tasas de generación y posteriormente matrices de viajes.

Una vez recopilada esta información, se realiza el procesamiento y análisis de la información para generar los insumos que permitirán construir los modelos de oferta y demanda así como el modelo de transporte. Para construir los diferentes modelos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

² Incluso la baja precisión de los datos de algunas de estas variables por falta de series históricas de referencia

- a) Zonificación: desarrollada con base a las características socio-demográficas y usos de suelo homogéneos en el Área Metropolitana de Panamá.
- b) Características de la oferta: se centró en la recolección de información relacionada con las características de la red vial (número de carriles, velocidades, giros prohibidos, semáforos, etc.) y los servicios de transporte (rutas, itinerarios, frecuencias, tipos de autobús, etc.) y tiene como objetivo el construir un modelo sobre el cual pueda interactuar la demanda de viajes con la oferta vial y de transporte.
- c) Características de la demanda: entendida como la construcción de matrices básicas (o semilla) a partir de encuestas origen – destino en hogares, encuestas origen – destino de interceptación y encuestas de preferencia declarada.

Figura 6-7 Síntesis de la Metodología Utilizada



Fuente. Grupo consultor, 2015

b. Construcción, calibración y validación de modelos

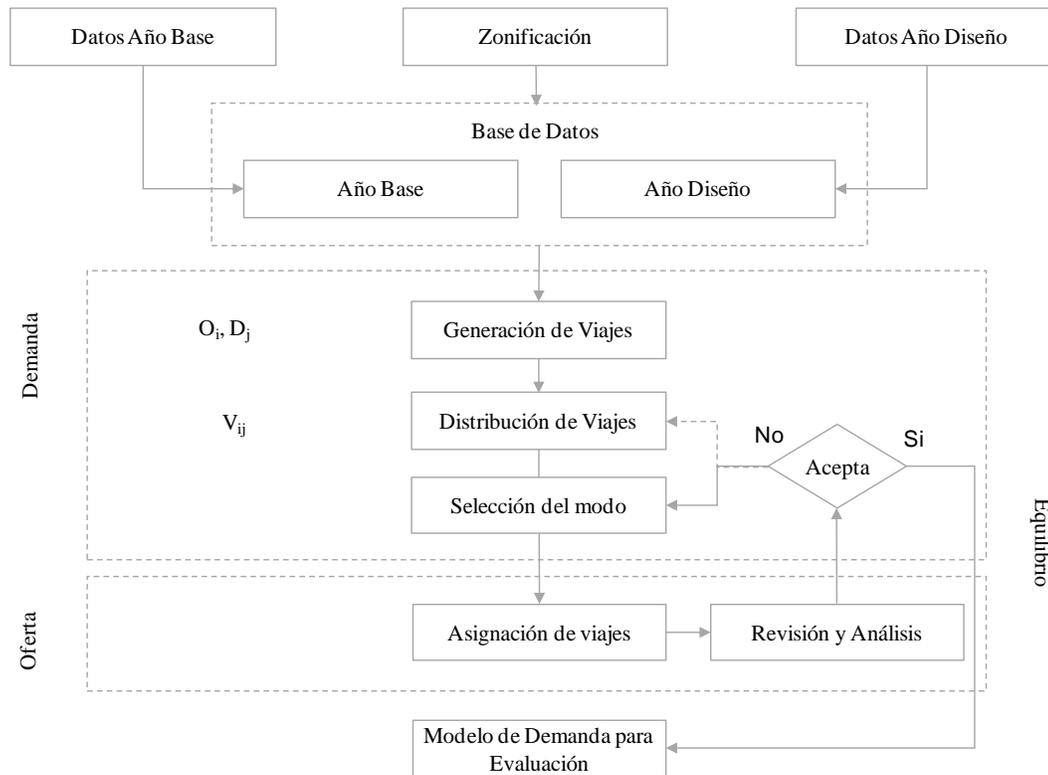
En este grupo de tareas se identifican dos subgrupos, uno orientado a la construcción del modelo de la situación actual y otro modelo orientado a la situación futura, aunque ambos se entrelazan e interactúan entre sí, conviene aquí separarlos para diferenciar su naturaleza y propósito.

En el primer grupo se distinguen dos tipos de modelo: de oferta y de demanda. En los modelos de oferta se tiene la red vial y de transporte público, la capacidad de las vías y de los servicios de transporte, las funciones de velocidad y las de impedancia (o resistencia a los viajes); en los de demanda se localizan las tasas de producción de viajes, los vectores de atracción y producción y la fusión de matrices por origen y motivo. A la interacción (o corrida de estos modelos) se denomina modelo de transporte.

En el segundo grupo se encuentra el modelo de elección de modo que se origina a partir de las encuestas de preferencia declarada, la proyección de las variables básicas (población, población estudiantil por nivel, propiedad de autos, tamaños de grupo familiar, etc.) y la construcción de los mismos modelos del grupo anterior pero a los horizontes de tiempo

preestablecidos. En este caso las tareas más importantes son: la proyección de las variables socioeconómicas, la aplicación del modelo de elección de medios (para estimar la manera en que las personas eligen el medio en que viajarán) y los proyectos de vialidad o transporte previstos en cada escenario. El uso de estos modelos da como resultado la demanda futura y su distribución en la ciudad.

Figura 6-8. Estructura del modelo de transporte



Fuente. Grupo consultor, 2015

c. Resultados típicos

Los resultados de la aplicación de los modelos son del mismo tipo para la situación actual y los escenarios futuros, la diferencia tiene que ver con el momento de aplicación de la oferta de infraestructura vial y de servicios de transporte incluidos en cada caso. Los resultados que se obtienen son:

- b) Para la infraestructura: número de vehículos que utiliza cada segmento de red, velocidad, relación volumen/capacidad (v/c) y niveles de servicio.
- c) Para los servicios de transporte público: demanda del periodo modelado. A partir de estos resultados, se pueden calcular algunos indicadores básicos de importancia para medir eficiencia y avance de gestión en materia de movilidad y más específicamente en transporte público.
- d) También, se obtienen los modelos de oferta y demanda útiles para evaluar diversos proyectos de transporte, o políticas alternativas de movilidad, como resultado de los procesos.

6.2.2.2 *Modelo de oferta*

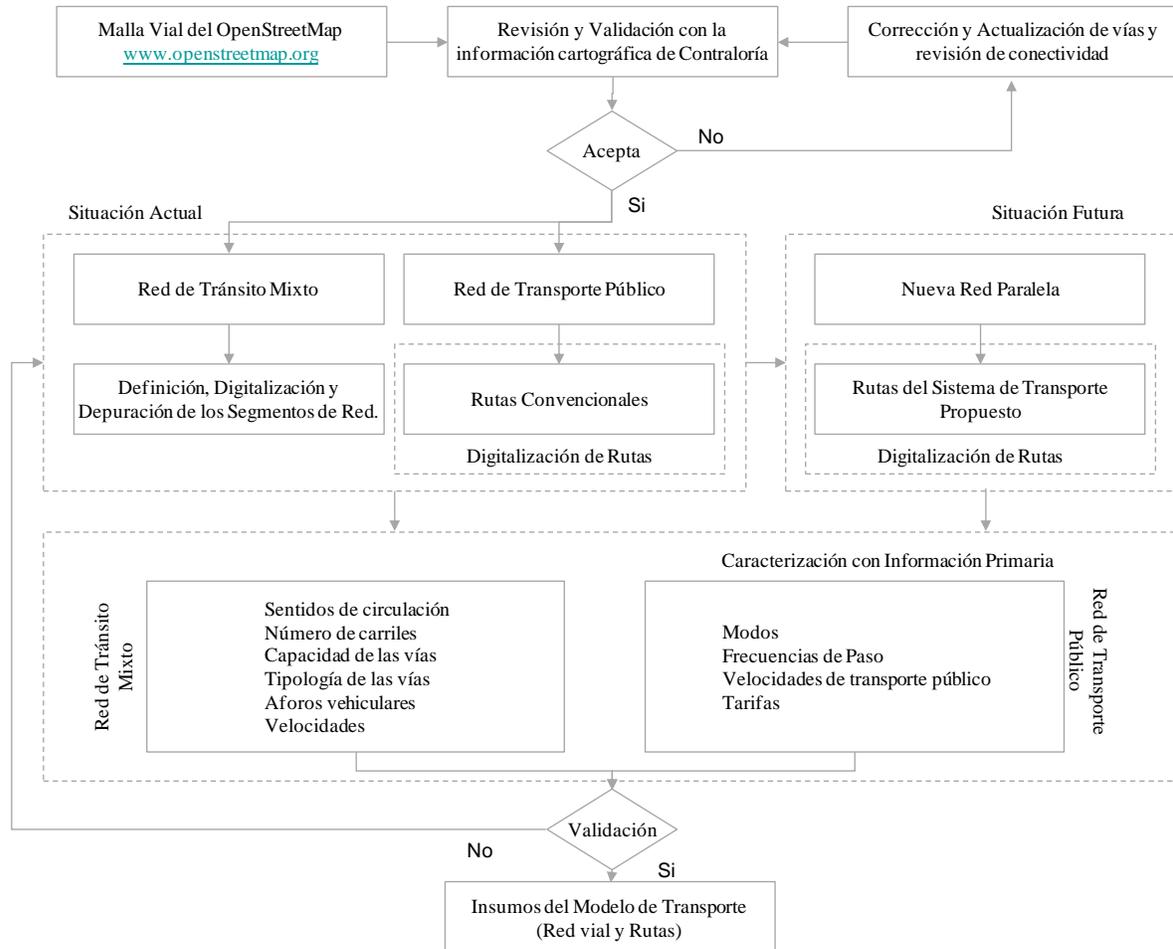
Como se explicó en el apartado metodológico, se entiende por oferta al conjunto de infraestructura, servicios, equipamientos y normas que al interactuar entre ellos dan como resultado las vías y servicios que el usuario dispone para atender sus necesidades de desplazamiento.

En la práctica se pueden distinguir dos tipos de oferta: la estática y la dinámica. La oferta estática está constituida por los elementos físicos en donde se alojan o se prestan servicios de movilidad, por ejemplo una calle de dos carriles; la oferta dinámica resulta de como se gestiona u opera el servicio de transporte para la movilización de la demanda en una determinada infraestructura vial, así por ejemplo, una calle de 2 carriles por sentido puede llevar más vehículos, en el mismo espacio, si opera a 60 km/h en lugar de 40 km/h; del mismo modo, un autobús puede llevar más pasajeros si pasa 5 veces por hora ante una situación en que el mismo autobús pasa 1 vez por hora.

Este capítulo presenta los métodos, procedimientos y resultados obtenidos de los modelos de oferta, uno para la red vial y otro para el sistema de rutas. Se define red vial al conjunto de elementos del modelo (nodos, segmentos de red y sus bases de datos asociadas) que representan las condiciones de red vial actual (número de carriles, capacidad en vehículos hora, velocidades); y sistema de rutas al conjunto de elementos y datos que representan el itinerario de las rutas y sus principales características de operación (frecuencia de paso, velocidad, etc.).

La construcción de estos modelos parte de la información recopilada en gabinete así como la información recopilada en los trabajos de campo ejecutados como parte del presente trabajo. Una vez obtenida esta información se sigue el proceso esquematizado en la Figura 6-9, que concluye con datos gráficos y alfa-numéricos que integran los modelos ya citados.

Figura 6-9 Procedimiento para determinar la oferta

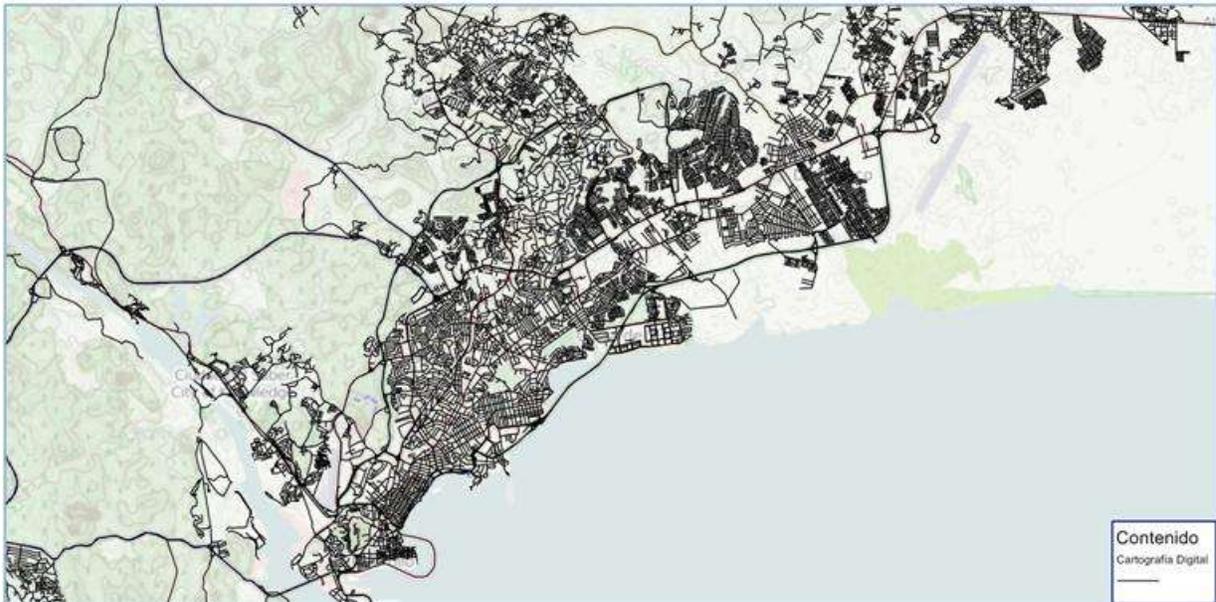


Fuente. Grupo consultor, 2015

a. Red vial

La mayor parte de los componentes de la oferta tienen que ver directa o indirectamente con las características físicas de la red vial, y además, se cuentan con otros componentes como las reglas y/o modos en las que se opera. La información que se presenta a continuación se relaciona con la red vial y sus características como resultado de la construcción del modelo de oferta

Figura 6-10 Red vial y cartografía de una parte de la zona de estudio



Fuente. Grupo consultor, 2015

Tomando como base esta información se inició un proceso de construcción y digitalización de la red vial en donde se incluye la síntesis, depuración y precisión de sus componentes:

- a) El proceso de síntesis radica en la simplificación de la red con el fin de hacerla funcional en el ámbito de la modelación de transporte.
- b) El proceso de depuración consiste en la reducción de elementos del modelo (nodos y segmentos) a los mínimos necesarios con los atributos correctos.
- c) La precisión en la red consiste en la identificación e incorporación de giros prohibidos y la revisión de sentidos de circulación.
- d) Los complementos y componentes de la red vial se relacionan con el artificio técnico para disponer de una red paralela de transporte público para el caso de infraestructura exclusiva.

Construcción de la red vial - Conectividad de las vialidades

Se revisó y ajustó la conectividad de las diversas vías existentes en la ciudad para representarlas en la red vial del modelo de transporte urbano.

Figura 6-11 Conectividad de la red vial

Cinta costera (antes)



Cinta costera (después)



Fuente. Grupo consultor, 2015

Vialidad de flujo mixto y flujo segregado

Se realizó una revisión de las vialidades considerando aquellas por donde existen flujos de tránsito mixto y flujos de tránsito segregado para rutas de transporte público. Estas consideraciones se incluyeron a la red vial del modelo de acuerdo a las condiciones actuales de las vías en la Ciudad. Cabe mencionar que el sistema de metro se incluyó a la red considerándose como una vialidad segregada y con las respectivas conexiones al resto del modelo de oferta.

Figura 6-12 Red vial con flujo mixto y segregado

Vía de flujo mixto



Vía de flujo segregado (metro)



Fuente. Grupo consultor, 2015

Sentido de circulación

Los sentidos de circulación fueron caracterizados en la red vial y corresponden a los existentes en el primer semestre de 2014. En la figura se identifican vías con diferentes sentidos de circulación de tránsito.

Figura 6-13 Sentidos de circulación



Fuente. Grupo consultor, 2015

Validación de conectividad

El proceso de depuración y validación de conectividad consiste en verificar nodo a nodo la continuidad funcional de la red, es decir, que al momento de la asignación un tramo pueda heredar los flujos de los tramos precedentes y que estos puedan ser aportados a los subsiguientes.

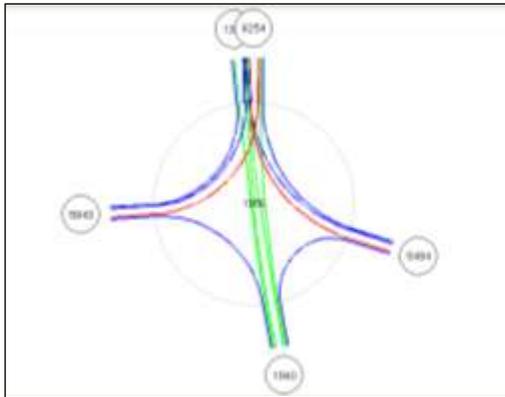
Capacidad vial

Se calcularon las capacidades de las vías teniendo en cuenta un conjunto de consideraciones tales como: vehículos estacionados, composición del tráfico, giros, pendiente, localización, población, paradas de transporte público, sincronización de semáforos y efecto de ciclo del semáforo.

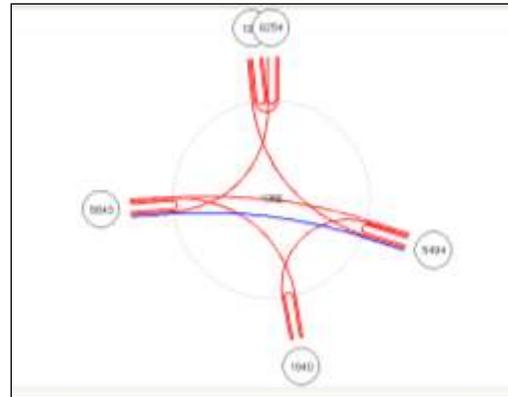
Las penalidades de giro se incorporan directamente al banco de datos del modelo desarrollado en CUBE. La siguiente figura ilustra un ejemplo de penalización de giros.

Figura 6-14 Giros permitidos y no permitidos

Giros Permitidos



Giros No Permitidos



Fuente. Grupo consultor, 2015

Se identificaron centroides, nodos ficticios que permiten “concentrar” los viajes de cada zona de tránsito y donde se “alojan” o “residen” los atributos socioeconómicos de la población de cada zona. Estos elementos sirven de insumo a los modelos de generación de viajes.

Se cargó la red con las velocidades observadas en campo y las estimadas técnicamente para el resto de la red considerando tipo de vía y zona de la ciudad. Para los conectores se estimó una velocidad estándar de 35km/h para autos y para transporte público de 4 km/h para el modo peatonal de acceso a paradero.

Para representar la red vial del Área Metropolitana de Panamá, se caracterizó la red, como se explicó anteriormente, con las propiedades reales de operación de dichas vías, tales como: tipo de vía, sentido de circulación, número de carriles, capacidad vial, y velocidades de operación en transporte público; para ello, y con base en los estudios de campo, se cargó la información al Sistema de Información Geográfica (SIG) debidamente georreferenciada al sistema de coordenadas³ de trabajo, apoyados con visitas a campo, revisión con especialistas locales, mapas de la ciudad y fotografías aéreas así como imágenes digitales⁴ del área urbana.

³ Universal Transverse Mercator (UTM), zona 17N: Longitudes 84W a 78W, elipsoide WGS 1984

⁴ Información obtenida de Google Earth.

Figura 6-15 Red vial simplificada (modelación)


Fuente. Grupo consultor, 2015

La red vial del modelo de transporte urbano está compuesta por 2,590 nodos y 5,564 enlaces que no representan la totalidad de vialidades de la ciudad sino una simplificación de la red vial completa del AMP para efectos de modelación⁵. Dentro de los nodos, se incluyen nodos que cumplen la función de centroides de las zonas de tránsito. Además, esta red contiene una longitud total de 2,272 km. de vialidades que se extienden a lo largo de toda el área de estudio.

Fuente. Respecto a la caracterización vial, se definieron 15 tipos de vías, que considera un nivel de categorización adicional tomando en cuenta el número de carriles por sentido de circulación. En la Tabla 6-9 se observa esta clasificación, así como también, la longitud total en km-vía de cada una de ellas (cabe anotar que estas longitudes corresponden a la red simplificada de modelación). Así mismo, se puede detallar gráficamente esta clasificación en la Grupo consultor, 2015

Figura 6-16.

Tabla 6-9 Modelo de oferta, longitud de vías

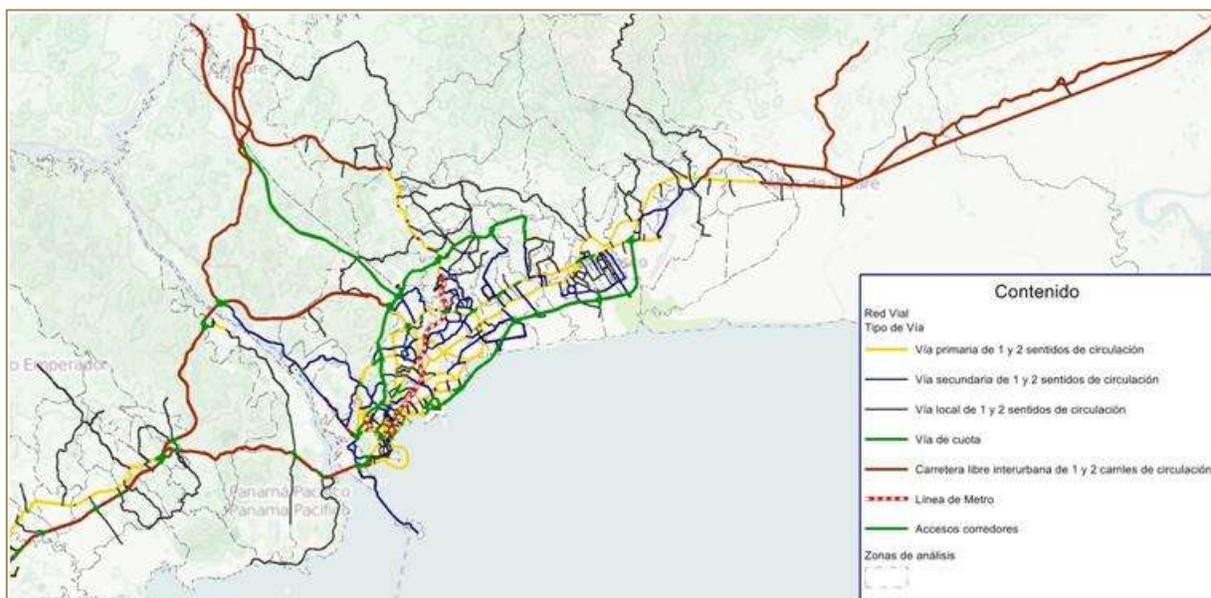
TIPO VIA	CLASE	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m/vía)
1	Primaria	Vía primaria de 1 sentido de circulación (sc)	194,667
2	Primaria	Vía primaria de 2 sentidos de circulación	95,725
3	Secundaria	Vía secundaria de 1 sentido de circulación (sc)	48,385
4	Secundaria	Vía secundaria de 2 sentidos de circulación	208,053
5	Local	Vía local de 1 sentido de circulación (sc)	30,104
6	Local	Vía local de 2 sentidos de circulación	710,617
7	Cuota	Vía de cuota de 1 o 2 sentidos de circulación	102,517
8	Interurbana	Carretera libre interurbana 2 sentidos de circulación	217,992
9	Interurbana	Carretera libre interurbana 1 sentido de circulación	165,283

⁵ Abstracción técnica indispensable con perspectiva de modelación

TIPO VIA	CLASE	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m/vía)
10	Conector	Conector de centroide	297,252
11	Conector Metro	Conector Metro	21,454
12	Peatonal	Peatonal	23,019
13	Metro	Vía metro	26,048
14	Peatonal	Conector de centroide solo peatonal	66
15	Especiales	Acceso y salidas de intersecciones	26,048

Fuente. Grupo consultor, 2015

Figura 6-16 Clasificación vial



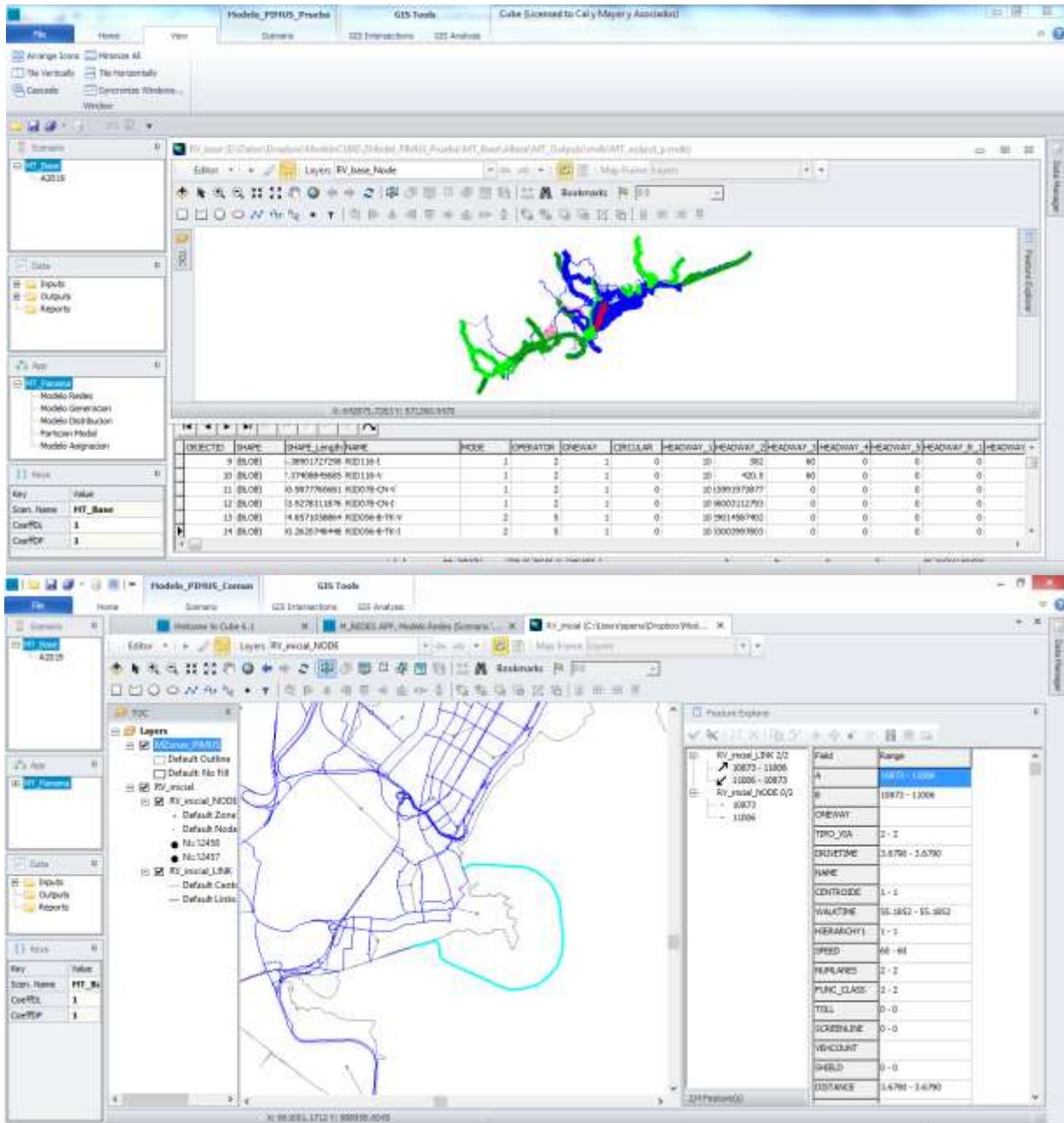
Fuente. Grupo consultor, 2015

Atributos físicos y de operación de la red vial

La red vial cuenta con una base de datos con los atributos de diferentes enlaces del modelo de oferta. En esta base se tiene, para cada enlace, las siguientes variables: longitud, nombre de vía, tipo de vía, número de carriles, capacidad, sentido de circulación, velocidades observadas, velocidades estimadas, tiempos de viajes observados y estimados, aforos vehiculares, aforos de pasajeros.

Las siguientes figuras muestran los campos de la base de datos de la red vial.

Figura 6-17 Atributos de la red vial



Fuente. Grupo consultor, 2015

b. Red de transporte público

Como insumo del proceso de modelación, también se incluye a las rutas de transporte público que circulan con itinerarios fijos a lo largo de una red vial de transporte llamada red de transporte público. Esta red se clasifica en dos tipos, en la primera se considera un

tránsito mixto (autos y transporte público convencional) y en la segunda un tránsito peatonal y la red de tránsito segregado, la cual sirve generalmente para los subsistemas de transporte masivo (como por ejemplo el metro). Esta segunda categoría exige definir en el sistema una red paralela (manteniendo la unicidad del modelo) a la red base, para representar la operación segregada de estos subsistemas (ascenso y descenso de pasajeros a vehículos, estaciones de transferencia y acceso al sistema). Las características de esta red son consistentes, obviamente, con las características de la red base.

El diseño de dicha red paralela sigue el patrón de identificación de enlaces y conectores de la red base asignando a los elementos un código acorde con el sentido de circulación y subsistema que soporta.

En el caso particular del presente estudio, la red vial definida para la situación actual de calibración no contempla vías de tránsito segregado dentro del área de estudio por lo que la red vial del modelo en toda su extensión es de tránsito mixto. En el caso de la simulación con metro, este medio de transporte se representa como un arco exclusivo para que solo transite el metro dentro de la red. El tipo de vía considerado se describe en Tabla 6-9

Rutas de transporte público

Con base en el levantamiento de rutas y frecuencia de paso, se representó geográficamente cada ruta en el SIG, obteniéndose un total de 266 rutas de transporte público, de las cuales si se consideran ida y vuelta se obtienen más de 400 trayectos. Del total de rutas, 143 pertenecen al sistema MetroBus y 123 rutas al sistema Tradicional, así mismo las rutas del modelo se encuentran distribuidas en 78 rutas internas, 28 interurbana, 17 metropolitanas, y 143 urbanas. A continuación se visualizan los derroteros de todas las rutas de transporte público de forma gráfica.

Figura 6-18 Rutas de transporte público



Fuente. Grupo consultor, 2015

Rutas sintéticas

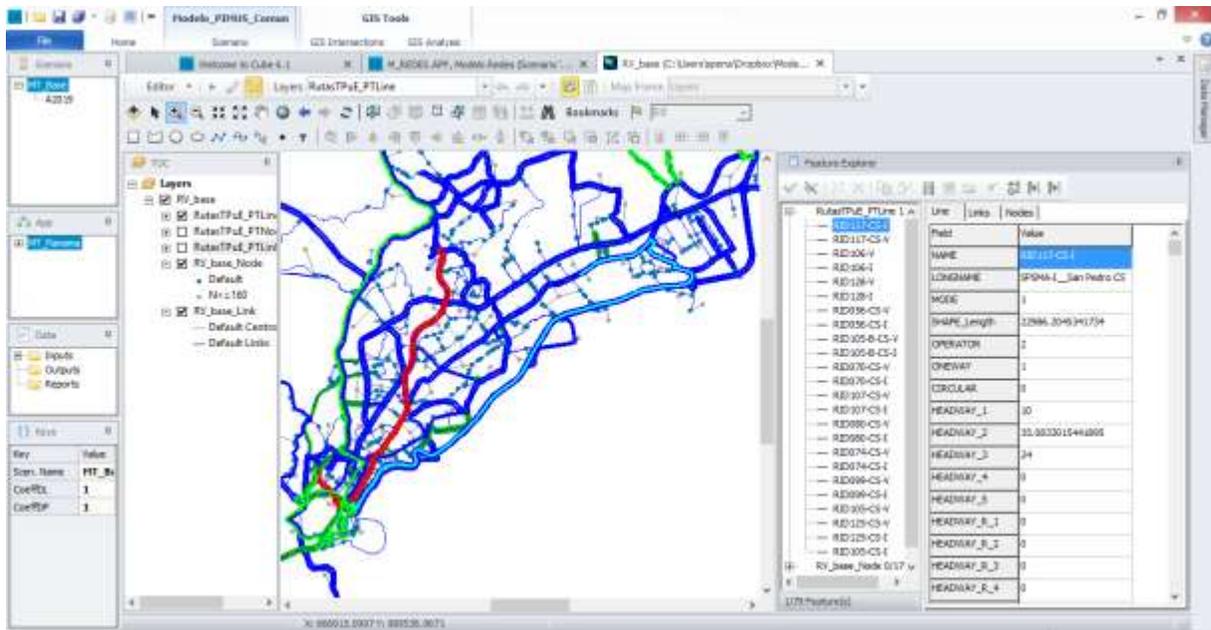
La dificultad de disponer de datos de los servicios suburbanos se resolvió creando un pequeño grupo de rutas “sintéticas” que suplieran a las reales y que sirvieran para conducir a los usuarios hasta la red de transporte público (rutas convencionales) evitando que, en el modelo, los peatones hicieran caminatas poco probable (del orden de 10 km.). A estas rutas se les asignaron variables de operación de rutas similares a aquellas obtenidas en los estudios de frecuencia de paso.

Las rutas “virtuales”, se encuentran en el archivo de sistema de rutas con códigos que inician con “FANT”.

Atributos del sistema de rutas

La red de transporte público está asociada con una base de datos que contiene los atributos de las rutas. Entre las variables incluidas se consideran: nombre de ruta, operador, frecuencia y una descripción (ida o vuelta), entre otros. Se puede observar esta representación en el modelo en la Figura 6-19.

Figura 6-19 Atributos de la red de transporte público



Fuente. Grupo consultor, 2015

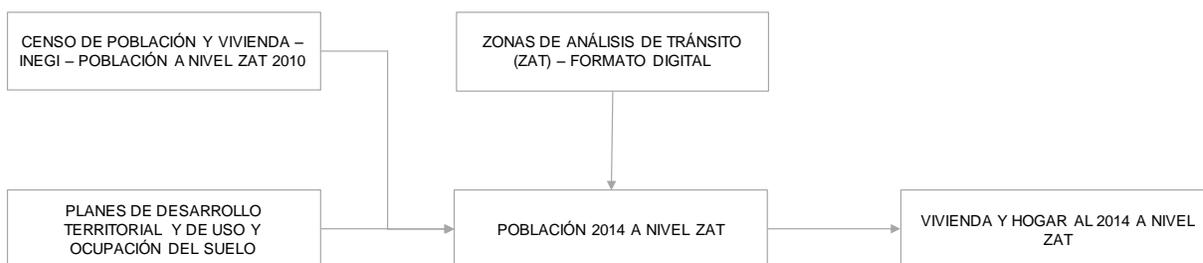
6.2.2.3 Modelo de demanda

El modelo de demanda consiste en la representación de los usuarios que hacen uso de la red vial (modelo de oferta), siendo ambos insumos parte del modelo de transporte. En éste sentido estos usuarios tienen características de tipo socioeconómicas, necesidades de viaje e intereses de desplazamiento específicos.

Población

En este apartado se presenta una síntesis de como se obtuvo la población del 2014 para cada zona de análisis de tránsito (ZAT) a partir de la información del censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá (INEC) de los años 2010. La población y vivienda es un insumo importante para la generación de los vectores de viajes por zonas de tránsito. En la figura se muestra el procedimiento empleado para estimar la población.

Figura 6-20 Procedimiento para determinar la población



Fuente. Grupo consultor, 2015

Las proyecciones de población y vivienda del 2014 son agrupadas por Zonas de Análisis de Tránsito (ZAT). Las ZAT son áreas formadas a partir de agrupaciones de zonas censales y se convierten en la unidad de análisis de la movilidad en la Ciudad de Panamá.

Tabla 6-10. Población en la Zona Metropolitana de Panamá

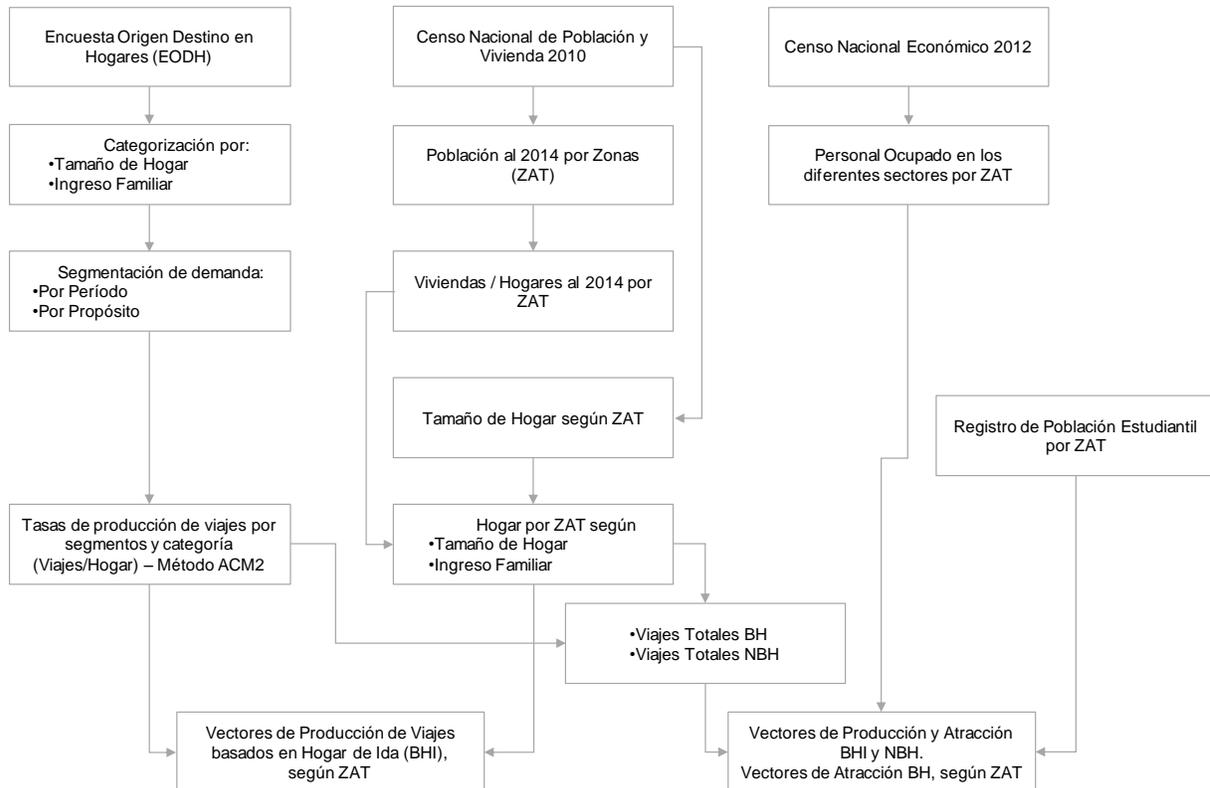
Macro-zona	2014	
	Población	Hogar
CHEPO	28,185	7,913
CHILIBRE	202,966	55,108
TOCUMEN	310,956	85,847
ANCON	18,350	5,109
CENTRO	160,971	56,703
SAN MIGUELITO	375,594	105,852
JUAN DÍAZ	138,941	43,849
VERACRUZ	19,571	4,746
ARRAJÁN	236,647	63,402
CAPIRA	57,505	15,164
CHORRERA	152,591	43,552
PACORA	69,106	19,340
TOTAL	1,771,384	506,585

Fuente. Grupo consultor, 2015

Construcción de vectores de viajes (generación de viajes)

El proceso de construcción de vectores de producción y atracción de viajes se describe a continuación. El proceso para la generación de viajes toma en cuenta el método de análisis de categorías múltiples, la cual se describe más adelante.

Figura 6-21 Procedimiento para determinar la creación de vectores de la matriz de viajes



Fuente. Grupo consultor, 2015

Definiciones para el modelo de demanda

Para la mejor comprensión de este componente es importante definir conceptos para su posterior desarrollo, los cuales se describen a continuación.

Período de modelación

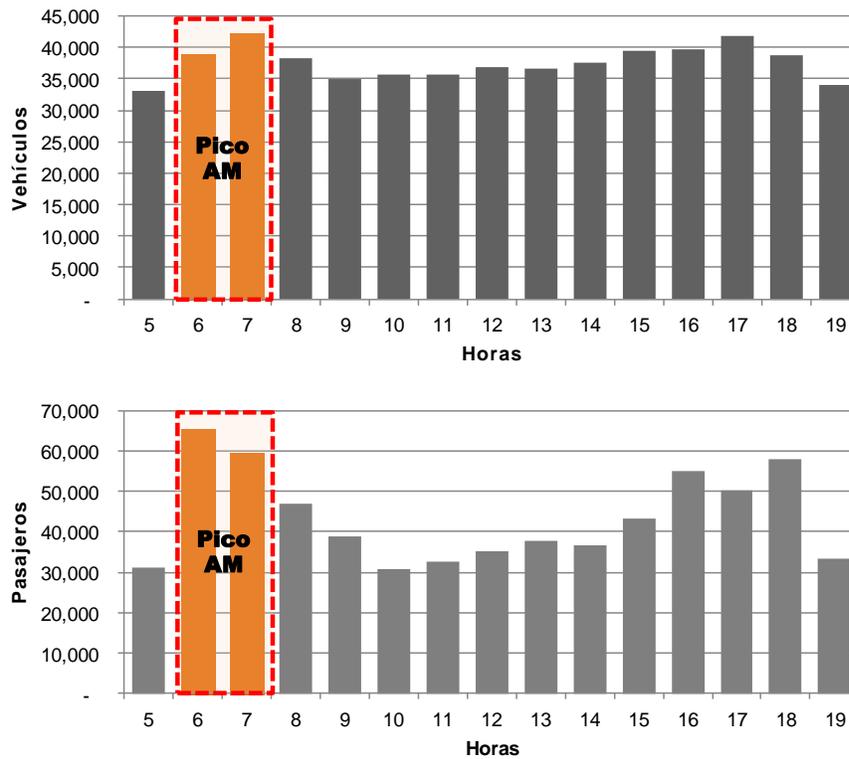
La definición del período de modelación se determina como consecuencia del comportamiento horario de la demanda sobre la red vial de influencia. Para determinar los períodos, estos deben cumplir dos importantes objetivos.

- Representar adecuadamente la congestión de la red.

- Estimar la demanda total del día.

Para tal efecto se observa el comportamiento de las estaciones maestras por donde pasa una significativa proporción de viajes. Para determinar el período se parte del flujo vehicular y de pasajeros en transporte público. En la Figura 6-22, se muestra el diagrama de flujos horarios entre las 04:00 y las 20:00 horas, correspondiendo a volúmenes de vehículos y de pasajeros respectivamente.

Figura 6-22 Comportamiento de flujo de aforos vehiculares y de pasajeros



Fuente. Grupo consultor, 2015

En consecuencia, el periodo de modelación definido para el presente estudio es de 06:00 AM a 08:00 AM que representa el periodo pico o punta AM.

Para el caso de los aforos vehiculares se ocuparon estaciones consideradas como aforos maestros por tener un periodo de información muy completo y sin interrupciones en el conteo, éstas fueron la: AFd2, AFd10, AFd13, AFd14, AFd16, AFd20, AFd3, AFd4, AFd6, AFd7, AFd8 y AFd9. Mientras que para el caso del volumen observado de pasajeros, se estimó mediante el estudio de frecuencia y ocupación visual (FOV) en cuyo caso se ocupó información correspondiente del FOV3, FOV4, FOV6, FOV10, FOV11, FOV12, FOV13, FOV14, FOV15, FOV16, FOV18, FOV19, FOV20, FOV21, FOV23 y FOV24.

Un viaje

El concepto de viaje adoptado en este estudio se refiere al desplazamiento físico de una persona de un lugar a otro en donde se realizará alguna actividad. Las paradas intermedias o trasbordos forman parte del mismo viaje.

Se entiende por actividad trabajar, estudiar, comprar, atender la salud, retornar al hogar, visitar a alguien, etcétera.

Modos de transporte

Para mayor facilidad del proceso de modelación y asignación de viajes, se agregan modos de transporte de la siguiente forma:

- Transporte privado. Incluyen viajes como conductor de auto, como acompañante
- Transporte público. Incluyen los viajes realizados en los sistemas convencionales y en el sistema MetroBus.
- Transporte público. Incluyen viajes realizados en taxi que en el proceso de asignación se asignación como transporte privado.

Propósitos de viaje

Los propósitos de viajes definidos en el presente estudio son:

a) Por origen/destino de viaje respecto al hogar:

- i) Basados en el hogar de Ida (BHI). Se refiere a los viajes cuyo origen o inicio de viaje es el hogar.
- ii) Basados en el hogar de Retorno (BHR). se refiere a los viajes cuyo destino es el hogar.
- iii) Viajes no basados en el hogar (NBH). Son los viajes que no tienen al hogar ni como origen ni como destino.

b) Por motivo o propósito de viaje:

- iv) Motivo trabajo basado en el hogar de ida: Se refiere a todos los viajes que salen del hogar (hogar de ida) y tienen como destino el lugar donde trabajan.
- v) Motivo estudio basado en el hogar de ida: Son los viajes que salen del hogar (hogar de ida) y tienen como destino el lugar donde estudian.
- vi) Otros motivos basados en el hogar de ida: Se refieren a todos los viajes que salen del hogar (hogar de ida) y tienen como destino cualquier lugar que no sea el trabajo ni alguna institución educativa.

- vii) Todos los motivos basados en el hogar de retorno: Son los viajes que tienen como origen a lugares diferentes a la residencia y que retornan a su hogar.
- viii) No basados en el hogar: Son todos los viajes que no salen ni terminan en el hogar.

Hora de viaje a partir de la encuesta de hogares

En las encuestas de hogares se tienen las horas de inicio y llegada de los viajes realizados por las personas; esto permite identificar esos viajes en un momento del tiempo dentro de la red vial. Las horas de salida o llegada de los viajes en la encuesta son diferentes a aquellas que son registradas en el momento en que se realizan los viajes capturados en los aforos. Por esta razón, se necesita unificar espacialmente la información, por lo que para aproximar los viajes identificados en las encuestas de hogares y ubicarlos espacialmente dentro del flujo en la red se adopta el siguiente criterio.

Hora de viaje en red = [(hora de llegada a destino) – (hora de salida de origen)]/2

Encuesta Origen Destino en Hogares 2014 (EODH).

La Encuesta Origen Destino en Hogares (EODH) considerada para la realización de los vectores de viajes en la fase de Generación fue realizada en el año 2014. Los datos obtenidos en la encuesta representan un total de 12,685 viajes declarados considerando una población alojada en 3,320 hogares.

El concepto de viaje aquí considerado está asociado con los declarados por las personas encuestadas (viajes del día anterior a la encuesta) y está caracterizado por hora de inicio, lugar de origen, motivo, lugar de destino, modo utilizado además de las características personales y de hogar del viajero.

La unidad de análisis de la información es el hogar, debido a que el comportamiento de viajes de los integrantes de un hogar depende del tamaño del hogar, ingreso familiar y otras categorías adicionales.

Censo Económico 2012 (INEC)

Adicionalmente, se recopiló información del Censo Económico del año 2012 en cuanto al Personal Ocupado en establecimientos del sector manufacturas, comercio y servicios dentro del Área Metropolitana de Panamá. Esta información es importante para determinar la cantidad de viajes de los vectores de producción y atracción.

Registro de población estudiantil

Para generar los vectores de viajes por motivo estudio, se consideró la población estudiantil tomando en cuenta las matrículas de las diversas instituciones educativas. La información fue considerada a lo largo del Área Metropolitana de Panamá.

Método ACM para la Construcción de Vectores de Viajes

Con la información explicada anteriormente, se procede a la construcción de los vectores de viajes utilizando el método de análisis de categorías múltiples (ACM). Este método se basa en determinar la respuesta (producciones de viajes) como función de las características del hogar. Este método requiere una gran cantidad de datos obtenidos de una buena EOD. Su suposición clave es que las tasas de generación son relativamente constantes en el tiempo para determinadas categorías de hogares. El método estima estas tasas de forma empírica,

por lo que la información crítica pasa a ser el número de hogares en cada grupo. El método fue diseñado en Inglaterra con el propósito de que estos números se pudieran obtener de datos censales.

Categorización de la encuesta por características del hogar

Para la aplicación del método es necesario categorizar toda la encuesta de acuerdo con los siguientes atributos del hogar.

Tamaño Familiar: Según personas que la componen en los municipios de la Zona Metropolitana de Panamá. En la tabla más abajo se presentan los tamaños de hogares empleados en la categorización.

Tabla 6-11. Tamaño de Hogares

Tamaño Familiar	Personas por hogar	Cantidad de hogares	%
TF1	1 a 2 personas	956	28.8%
TF2	3 a 4 personas	1,838	55.4%
TF3	5 a + personas	526	15.8%
Total		3,320	100.0%

Fuente. Grupo consultor, 2015

Estas proporciones mostradas se consideran adecuadas y son adoptadas para la categorización.

Ingreso familiar. El ingreso familiar fue clasificado en bajo, medio y alto de acuerdo a un análisis del nivel de ingreso familiar obtenido de la encuesta origen destino en hogares.

Tabla 6-12. Rangos de Ingreso

Ingreso familiar	Descripción	Cantidad de hogares	%
1	Bajo (hasta USD 1,000)	573	17.3%
2	Medio (USD 1,000 - USD 2,000)	1,555	46.8%
3	Alto (más de USD 2,000)	1,192	35.9%
Total		3,320	100.0%

Fuente. Grupo consultor, 2015

Categorización de la encuesta por características de viaje

En el caso de la categorización considerando las características del viaje, la encuesta se clasifica de la siguiente forma:

Modos: automóvil particular, transporte público tradicional (diablos rojos), MetroBus, metro.

Propósito: Viajes basados en el hogar de ida (motivo de trabajo, estudio y otros motivos), viajes basados en el hogar de retorno y los viajes no basados en el hogar.

Tasas de producción de viajes por categoría

La estimación de las tasas de producción de viajes se determinó con el método de Análisis de Categorías Múltiples (ACM⁶), que consiste en determinar la tasa de una categoría específica⁷ independientemente del número de observaciones que disponga esa categoría. El método toma una tasa media global para todas las categorías y las tasas medias de cada nivel en que se segregan las distintas variables de categorización. En este caso esos niveles se obtienen segregados por nivel de ingreso (bajo, medio y alto), y tamaño familiar (1, 2, 3). La siguiente tabla esquematiza el ejercicio para un tamaño de familia 1.

Tabla 6-13. Niveles de Análisis de Clasificación Múltiple para Tamaño Familiar 1

Tamaño Familiar	Ingresos			Tasas j
	Bajo	Medio	Alto	
TF1				
TF2		Xij		Xj
TF3				
Tasas i		Xi		<X>

Fuente. Grupo consultor, 2015

Donde:

<X> : Promedio global o gran media de las observaciones.

Xi : Promedio de la variable dependiente respecto al i-ésimo nivel de la primera variable explicativa

Xj : Promedio de la variable dependiente respecto al j-ésimo nivel de la segunda variable explicativa.

Xij : Valor predicho mediante el método de ACM, para cada variable explicativa.

La aplicación práctica del método de ACM consta de tres pasos:

- Estimar primero una media general <X> para el valor de la variable dependiente (en este caso, tasa generación de viajes) usando la muestra de hogares.
- Estimar una media de grupo para cada nivel de estratificación de cada variable independiente (Ingresos y tamaño familiar) sin considerar las divisiones según niveles de las otras variables independientes, es decir los Xi, Xj.
- Finalmente, calcular la tasa de generación de cada categoría cruzada (cruce de niveles de las variables independientes) corrigiendo el valor de la media global según las

⁶Modelling Transport Third Edition (2001) by Juan de Dios Ortuzar and Luis G. Willumsen, Multiple Classification Analysis (MCA) page 146-148

⁷ Stopher P.R. y McDonald K.G. (1983) Trip Generation by Cross-Classification: An Alternative Methodology. Transport Research Record 944, 84-91

desviaciones que presenten las medias de grupo de los niveles de cada variable que definen la categoría. Es decir: $X^{*ij} = \langle X \rangle + (X_i - \langle X \rangle) + (X_j - \langle X \rangle)$.

A continuación se muestra un caso práctico como ilustración:

De acuerdo con la categoría específica se divide la cantidad de viajes por categoría (período, basados o no en el hogar, modo, propósito) entre la cantidad de hogares de esa misma categoría, y se tiene el resultado de viajes/hogar en periodo pico AM, motivo trabajo y basado en el hogar de ida y categoría de tamaño familiar 1.

Tabla 6-14. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 1⁸

Tamaño Familiar	Ingresos			Total
	Bajo	Medio	Alto	
TF1				0.1585
TF2				0.1473
TF3				0.0610
Total	0.1719	0.1179	0.0520	0.1449

Fuente. Grupo consultor, 2015

Con las tasas de fila y columna, se diferencia cada resultado respecto a la media. La tasa media de este grupo es de 0.1449 viajes/hogar. Por ejemplo, para el caso de tamaño familiar bajo, la diferencia es $(0.1585 - 0.1449) = 0.0135$, para el caso de nivel de ingreso bajo se tiene $(0.1719 - 0.1449) = -0.0270$, así sucesivamente, obteniéndose lo siguiente.

Tabla 6-15. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 2

Tamaño Familiar	Ingresos			Total
	Bajo	Medio	Alto	
TF1				0.0135
TF2				0.0024
TF3				-0.0839
Total	0.0270	-0.0270	-0.0929	0.0000

Fuente. Grupo consultor, 2015

Finalmente, para estimar las tasas en cada celda (cada categoría cruzada), se procede de la siguiente manera: para el caso de tamaño familiar 1 y nivel de ingresos bajo, se tiene: $0.1449 + 0.0135 + 0.0270 = 0.1855$ viajes/hogar, para el caso de tamaño familiar 2 y nivel de ingreso medio: $0.1449 + 0.0024 - 0.0270 = 0.1203$ viajes/hogar, así sucesivamente. Entonces, el resultado es:

⁸ Viajes/hogar en transporte público del periodo pico AM, motivo trabajo y basado en el hogar de ida.

Tabla 6-16. Ejemplo de tasas de producción de viajes – Paso 3

Tamaño Familiar	Ingresos			Total
	Bajo	Medio	Alto	
TF1	0.1855	0.1315	0.0655	0.1585
TF2	0.1743	0.1203	0.0544	0.1473
TF3	0.0880	0.0340	-0.0319	0.0610
Total	0.1719	0.1179	0.0520	0.1449

Fuente. Grupo consultor, 2015

Si, aplicando este método se encuentran tasas negativas, entonces para aquellas tasas se asume el valor de cero. Las tasas resultantes del proceso, se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 6-17 Tasas de producción de viajes resultantes periodo 6 am a 8 am

Ingreso	Alto			Medio			Bajo		
	TF1	TF2	TF3	TF1	TF2	TF3	TF1	TF2	TF3
BHI-Trabajo	0.74	0.74	0.74	0.63	0.63	0.63	0.37	0.37	0.37
BHI-Estudio	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.08	0.08	0.08
BHI-Otros	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
NBH-RH	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03

Fuente. Procesamiento a partir de encuesta domiciliaria PIMUS. Grupo consultor, 2015

Tabla 6-18 Tasas de atracción de viajes resultantes periodo 6 am a 8 am

Var. Atracción	Empleo	Estudio
BHI-Trabajo	0.33	-
BHI-Estudio	-	0.10
BHI-Otros	0.02	-
NBH-RH	0.03	-

Fuente. Procesamiento a partir de encuesta domiciliaria PIMUS. Grupo consultor, 2015

Resumen de construcción de vectores

A continuación se resume la metodología para la construcción de vectores de producción y atracción de viajes.

Tabla 6-19 Resumen de la metodología para la construcción de vectores

Motivos de Viaje	Métodos de Estimación de los Vectores		
	Producción de Viajes	de	Atracción de
Motivo Trabajo BHI	ACM		Número de Empleos
Motivo Estudio BHI	ACM		Número de Estudiantes
Otros Motivos BHI	ACM		Número de Empleos
Todos los Motivos BHR y No Basado en el Hogar NBH	ACM		Empleos

Fuente. Procesamiento a partir de encuesta domiciliaria PIMUS. Grupo consultor, 2015

Donde:

ACM: Análisis de Clasificación Múltiple para las tasas de producción de viajes.

Población Ocupada: Población ocupada en los sectores manufactura, comercio, servicios.

Población Estudiantil: Población estudiantil en los Centros Educativos a diferentes niveles.

Como se presenta en este capítulo, las tasas de generación de viajes calculadas son aplicadas a cada zona de tránsito, de acuerdo con las siguientes fuentes de información.

- Hogares por ZAT. Cifras obtenidas a partir de la proyección al 2014 del censo del INEC 2010.
- Ingreso familiar por ZAT. Datos obtenidos a partir del análisis combinado de variables obtenidas de la encuesta origen destino de hogares.
- Tamaño familiar por ZAT. Datos obtenidos a partir del análisis combinado de variables obtenidas de la encuesta origen destino de hogares.

Con estas 2 variables y sus 3 niveles de variación en cada caso, se obtienen 9 diferentes categorías como máximo. Sin embargo, en algunos períodos o motivos, se agrupan las categorías por falta de información confiable.

Vectores de viajes

El proceso de construcción de vectores de viajes se resume de la siguiente forma

Vectores de producción basados en el hogar de ida, basado en el hogar de retorno y no basados en el hogar

Para los viajes que inician en el hogar, y viajes no basados en el hogar, la metodología utilizada fue la de tasas de generación de viajes obtenidas por el método ACM por hogar y categoría. Conocido el número de hogares en cada zona se puede obtener la cantidad de viajes por cada ZAT, así:

$$O_{i(bhi)}^{pn} = H_i^n \cdot t^{pn}$$

Donde:

$O_i^{pn}(bhi)$ = Número total de viajes basados en el hogar de ida, con propósito p, producidos por los usuarios de categoría n, en la zona i.

H_i^n = Número de hogares de la categoría n en la zona i.

t_i^n = Tasa de generación de viajes obtenida por el método ACM con propósito p de los hogares de la categoría n.

La metodología también es aplicable para determinar la producción de viajes para todos los motivos basados en el hogar de retorno y viajes no basados en el hogar.

Vectores de atracción de viajes basados en el hogar de ida (BHI), basado en el hogar de retorno (BHR) y no basados en el hogar

Para construir estos vectores, se consideró el Personal Ocupado en establecimientos del sector manufacturas, comercio y servicios o también llamado Empleo. Con esta información se puede localizar la cantidad de personal ocupado en diferentes sectores económicos por cada zona de tránsito dentro del área metropolitana de Panamá.

Entonces, para estos viajes se utiliza una proporción del empleo. Por tanto, el total de viajes generados en el paso anterior se distribuye por zona, de acuerdo con:

$$A_{i(empleo)} = k \cdot O_{empleo_i}$$

Donde:

$A_{i(empleo)}$ = Viajes por motivo empleo a la zona i.

k = Proporción o tasa de viaje por empleo.

N = Número de zonas en el área de estudio.

$O_{(empleo_i)}$ = empleos en la zona i.

Vectores de atracción de viajes basado en el hogar de ida por motivo estudio

Para estimar los vectores de atracción por motivo estudio, se consideró la cantidad de estudiantes por zona de estudio y se estimó una proporción o tasa de viajes de estudiantes, de acuerdo con la siguiente formulación.

$$A_{i(estudio)} = k \cdot O_{estudio_i}$$

Donde:

$A_{i(estudio)}$ = Viajes atraídos por motivo estudio a la zona i.

k = Proporción o tasa de viajes de estudiantes.

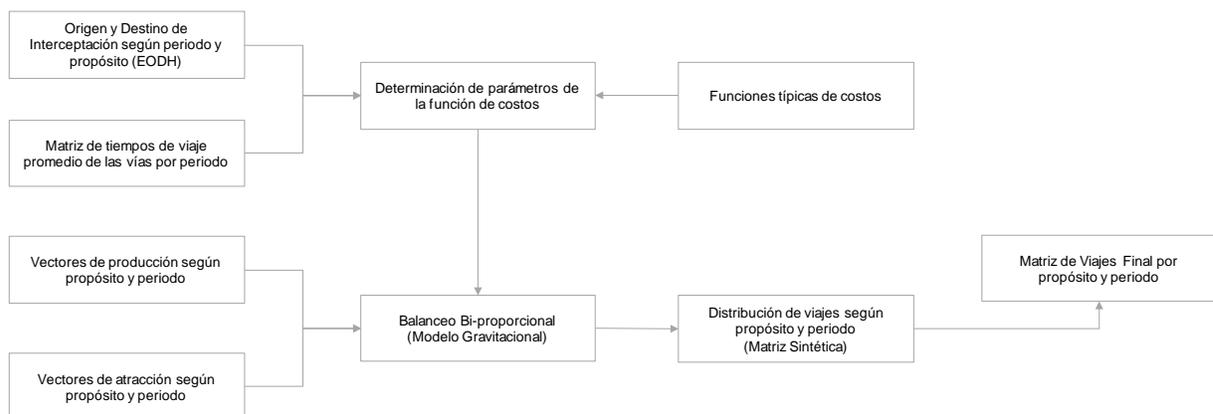
N = Número de zonas en el área de estudio.

$O_{(estudio_i)}$ = estudios en la zona i.

Distribución de viajes

Para las matrices de distribución se adoptó la metodología mostrada a continuación:

Figura 6-23 Metodología para la distribución de viajes



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Encuesta Origen Destino de Hogares (EODH)

Para obtener la distribución de los viajes se utilizó la encuesta origen destino de hogares elaborado para el presente estudio. Esta encuesta tiene información muy valiosa que permitió generar un modelo de distribución de viajes con los tiempos y viajes que allí se presentan.

A partir de la EODH, se caracterizan los viajes por propósito y se genera una distribución basado en los tiempos de viaje declarados por las personas. Esta información es posteriormente calibrada para encontrar una función que permita explicar el comportamiento.

Tiempos de viaje

De la encuesta origen destino, se obtuvieron los tiempos de viaje promedio que se realizan en los diferentes modos existentes en la ciudad. Una vez obtenida esta información y mediante asignaciones en el modelo, se estima una matriz de tiempos de viaje de la ciudad, adoptándose pesos estándar para tiempo de espera, caminata y transbordo.

Vectores de producción y atracción

Se requieren los vectores de producción de viajes para el sistema de transporte, explicado en el capítulo anterior según período y motivo de viaje, así como los vectores de atracción de viajes según período.

Funciones típica de costo

Para construir la función de costo, se estimaron los parámetros de las siguientes formas funcionales:

Modelo 1

Modelo 2

Modelo 3

$$f(C_{ij}) = K \cdot e^{\alpha t_{ij}} \quad f(C_{ij}) = K t_{ij}^{\beta} \quad f(C_{ij}) = K t_{ij}^{\beta} \cdot e^{\alpha t_{ij}}$$

Donde:

K = Constante

t_{ij} = Tiempo de viaje entre zona i y zona j, obtenido de la red del modelo.

e. = Base de logaritmo neperiano

α, β = Parámetros a calibrar.

Como ejemplo se tiene el resultado para los viajes en el pico de la mañana y motivo trabajo basados en el hogar de ida.

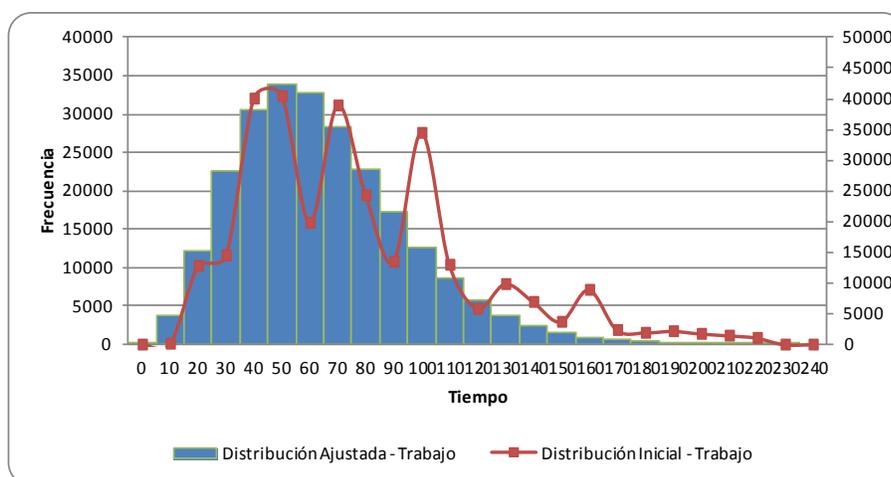
En los gráficos y tablas siguientes, se muestran los resultados de los diferentes tipos de modelo, resultando el que mejor ajusta el modelo 1 (en este caso), luego se muestra la réplica de la frecuencia de viajes y se observa la distribución de frecuencia de los tiempos de viaje.

Tabla 6-20. Parámetros de la Función de Costos por motivo trabajo en el periodo 6 am a 8 am

Estrato	Pico AM_BHI_motivo trabajo			
	Estimate	Std. Error	t	Sig
Estimación 1	Viajes=k*exp(time*alfa)			
R2	0.857			
K	-4.558	5.079	-0.897	.381
alfa	-0.080	.016	-5.121	.000
beta	4.926	1.482	3.324	.004

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Figura 6-24. Comparación de viajes declarados con salidas del modelo



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Los parámetros de las funciones obtenidas son:

Tabla 6-21. Parámetros para la función de costos para el periodo 6 am a 8 am

Periodo	Motivo	Propósito	k	α	β	R2	Función
Pico AM	Basado en el Hogar Ida (BHI)	Trabajo	-4.558	-0.080	4.926	0.857	Viajes = k * exp (time * alfa)
		Estudio	-2.586	-0.074	3.899	0.921	
		Otros Motivos	-0.212	-0.058	2.863	0.920	
	No Basado en el Hogar (NBH) y Basado en el Hogar Retorno (BHR)	Todos	-2.842	-0.065	3.756	0.982	
	Taxi	Todos	-7.993	-0.238	7.187	0.974	

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Balanceo Bi dimensional - modelo gravitacional

Este proceso, incorporado en los módulos de CUBE, consiste en el balanceo de matrices en dos dimensiones, considera la matriz inicial c_{pq} , una matriz de origen O_p (la producción de viajes) y una matriz destino D_q (la atracción), para calcular la matriz origen destino g_{pq} (la matriz balanceada), consiste en encontrar coeficientes de balanceo por origen α_p y coeficientes de balanceo por destino β_q , tal que satisfice.

$$g_{pq} = \alpha_p \cdot \beta_q \cdot c_{pq} \quad \text{por par O-D (p, q)}$$

$$\sum_q g_{pq} = O_p \quad \text{por origen p.}$$

$$\sum_p g_{pq} = D_q \quad \text{por destino q.}$$

$$g_{pq} \geq 0 \quad \text{por par OD (p,q).}$$

Se asume que:

$$\sum_p O_p = \sum_q D_q$$

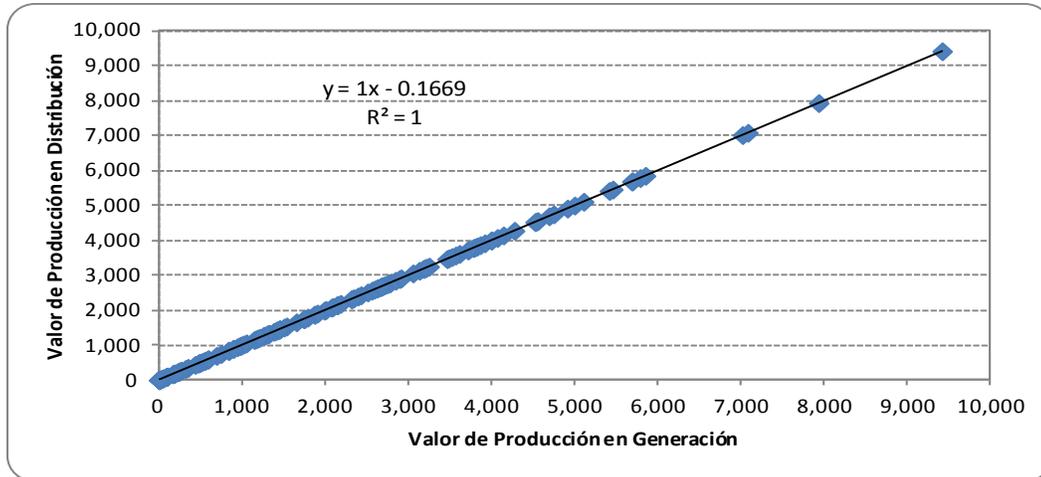
Estos modelos de distribución son llamados “Multiplicativos”, desde que g_{pq} es el producto de α_p , β_q y c_{pq} . El algoritmo de solución es usualmente llamado “método de balanceo” que determina α_p , β_q y c_{pq} ”

La matriz inicial es $c_{pq} = Ke^{\alpha U_{pq}} \cdot U_{pq}^\beta$, donde U = tiempo de viaje o impedancia.

Matriz de distribución

La distribución de viajes se obtiene como resultado de la aplicación del modelo gravitacional por período y propósito. Para validar los viajes de las matrices obtenidas de la distribución de viajes, se realizó una comparación de los resultados de los viajes obtenidos de los vectores de producción y atracción en la fase de generación de viajes con los resultados obtenidos de las matrices de viajes en la fase de distribución convertidos en vectores. Para realizar la comprobación de estos resultados se generan modelos de regresión. En la siguiente figura se muestra un gráfico con la regresión para el periodo pico AM, vector de producción de viajes totales.

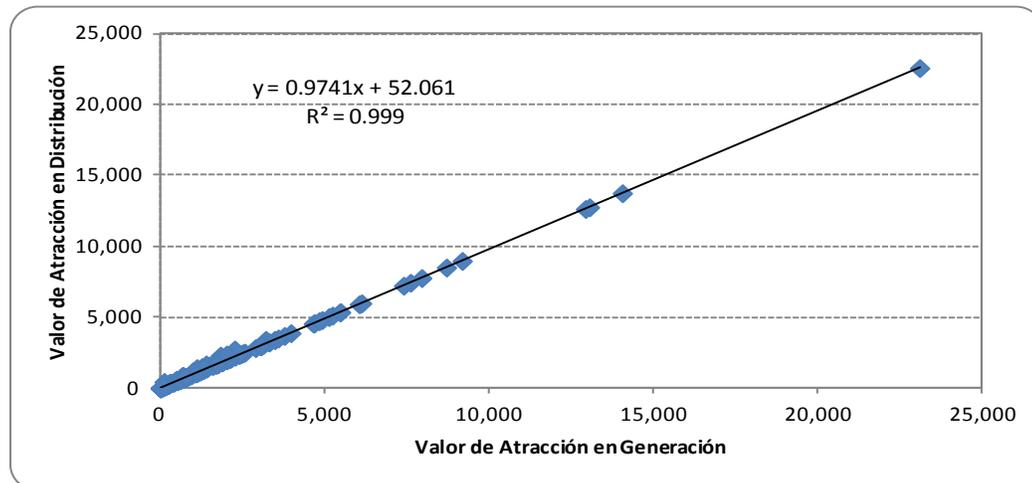
Figura 6-25 Comparación del viaje producción en generación con viaje producción en distribución



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

comprobación de estos resultados se generan modelos de regresión. En la siguiente figura se muestra un gráfico con la regresión para el periodo pico AM, vector de producción de viajes totales.

Figura 6-26 Comparación del viaje atracción en generación con viaje atracción en distribución



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

En los resultados de la validación del periodo por propósito, el coeficiente de determinación (R²) se acerca a 1.00 en todos los casos. Los resultados de esta validación son estadísticamente aceptables.

6.2.2.4 *Modelo de selección modal*

Entre los principios económicos que forman el marco teórico del modelo, esta la elección racional del consumidor, quien buscará maximizar su bienestar. El consumidor en la elección entre dos bienes y/o servicios, elegirá aquel que maximicen su utilidad o minimice su des-utilidad, es decir el consumidor (usuario del servicio de transporte público o automóvil en este caso) elegirá el modo de transporte que le proporcione un mayor bienestar.

Para ello se empleó como instrumento de medición, las encuestas de Preferencias Declaradas (PD), elaboradas con base en diferencias presentadas en valores absolutos, aplicados al tiempo y costo de viaje actual del encuestado. Este tipo de encuesta tiene la ventaja de facilitar la obtención de información de la probabilidad de elección en situaciones inexistentes.

La encuesta de preferencias declaradas fue realizada para analizar las variables que explican el comportamiento de viajes ante el uso de cierto medio de transporte en la Ciudad de Panamá. En la calibración del modelo, se identifican las variables que explican la decisión de utilizar cierto medio de transporte. El análisis se limitó a los siguientes modos: transporte público (excluyendo taxis) y transporte privado (autos).

El modelo de selección modal ha sido aplicado para estimar la probabilidad de que exista un cambio modal. Es decir, el modelo tendrá la posibilidad de evaluar la distribución modal actual y futura entre el transporte público y privado si se ingresan los valores de las variables explicativas actuales y si se ingresan los valores del sistema futuro.

Encuesta

Los experimentos de preferencias declaradas radican en aplicar experimentos con diseños factoriales, los cuales consisten en seleccionar escenarios de un universo de elecciones posibles.

Para el diseño del experimento de preferencias declaradas se definieron cuatro variables que explican el comportamiento de viajes en cuando a la preferencia modal. Estas variables, en la situación futura propuesta, presentan diferentes niveles de valores para la elección. Una de estas variables tiene 3 niveles y las otras tres variables presentan 2 niveles de variación. En la tabla siguiente se muestran las variables y niveles utilizados.

Tabla 6-22. Variables y niveles para el diseño del experimento

Variable	Niveles
Tiempo de caminata	2
Tiempo de viaje	2
Tarifa	3
Costo de estacionamiento	2

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Dados las variables y niveles con los que se diseña la encuesta de preferencia declarada, se pueden evaluar con el encuestado las diversas combinaciones que se generen. Debido a que la cantidad de combinaciones que se pueden generar de las variables y niveles presentados es demasiado para un solo encuestado, se suele simplificar el número de combinaciones y agruparlos para dar al encuestado un menor número de combinaciones para así obtener su preferencia sobre un medio de transporte. En este caso las combinaciones presentadas se agruparon en 2 grupos de 6 combinaciones cada una, en las cuales se presentan dos alternativas de elección en donde pueden elegir diversos modos de transporte.

- Alternativa 1: Situación actual que contiene las consideraciones actuales aproximadas de los viajes de los usuarios en las rutas de transporte público y en automóvil.
- Alternativa 2: Situación hipotética que contiene el escenario del proyecto, elaborado con base en las condiciones operativas de los nuevos sistema de transporte propuesto.

Figura 6-27 Ejemplo de tarjeta de elección presentado en los encuestados en la Tablet

Variable	Alternativas de Viaje			
	Metro Bus (Modo Actual)	Auto	Metro	BRT (Bus en Carril Exclusivo)
				
	B	C	A	D
Tiempo de Viaje (Min)	20	10	12	17
Tiempo de Caminata (Min)	5	0	6	5
Tarifa/Peaje (USD)	0.75	2	1.25	1.00
Costo de Estacionam. (USD)	0	14	0	0

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

En el desarrollo de la encuesta, se efectuó un total de 170 encuestas piloto. Esta encuesta permitió la mejora del cuestionario, en aspectos de semántica y valores de las variables presentadas en la encuesta definitiva.

En la aplicación de la encuesta definitiva, se recopiló un total de 818 encuestas. La encuesta incluye varios escenarios hipotéticos donde se varían los costos (tarifas) y tiempos de viaje del usuario (en minutos), de cada alternativa contemplada. Asimismo, esta fue efectuada en sitios generadores y atractores de viajes, ubicados estratégicamente en la ciudad.

Asimismo, debido a la complejidad de la encuesta, cada encuestador utilizó una Table-PC, la cual contiene un software especialmente diseñado para la aplicación de este tipo de encuestas, permitiendo contar con mejor calidad de datos, menor tiempo en la captura de la misma y facilitar la toma de información de campo.

Estimación del modelo de selección modal

La estimación del modelo de selección modal partió de la base de datos de preferencia declarada. La metodología utilizada consta de los siguientes pasos:

- Análisis exploratorio de la base de datos
- Desarrollo de un modelo inicial
- Evaluación del modelo inicial y propuesta de modelos adicionales
- Definición del modelo más apropiado
- Desarrollar inferencias acerca del modelo

El modelo de elección modal utilizado fue el logit multinomial, que es el modelo de elección discreta más utilizado. Dichos modelos intentan explicar el comportamiento de los individuos al tomar una decisión entre un número finito de alternativas. En el presente caso son alternativas de transporte. El objetivo del modelo logit es estimar la probabilidad de escoger una alternativa específica y su fórmula es la siguiente:

$$P(i) = \frac{e^{U_i}}{\sum_j e^{U_j}}$$

Donde:

$P(i)$ es la probabilidad de escoger la alternativa i

U_i es la utilidad de la alternativa i

La función de utilidad U_i representa el valor subjetivo de cada alternativa en comparación con las demás opciones y es expresada normalmente por una función lineal de la siguiente forma:

$$U_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \dots + \beta_n \cdot X_n$$

Donde X_i son las variables que representan los atributos de cada alternativa y β representan los coeficientes del efecto de cada variable en la utilidad. Los coeficientes de la función de utilidad son estimados utilizando métodos de máxima verosimilitud que son implementados en software diversos tal como Biogeme⁹; el cual fue utilizado en este estudio.

⁹ Rosso.epfl.ch/biogeme, autor Michel Bierlaire

Durante el desarrollo del primer modelo, se incluyen la mayor cantidad de variables existentes en la base de datos para así poder determinar qué variables son significativas estadísticamente y por lo tanto explicar la variación de la decisión de los encuestados sobre alternativas de transporte. Se decidió asumir que una variable es significativa cuando el nivel de confianza es igual o mayor al 90%.

Las variables que fueron evaluadas en los modelos debido a que explican la variación en las preferencias de los usuarios del sistema de transporte en Panamá fueron las siguientes:

- Ingreso
- Motivo de viaje
- Frecuencia del viaje
- Tiempo total de viaje
- Tiempo de caminata, tiempo de espera y tiempo en el vehículo
- Costo total del viaje (Tarifa del transporte)

Las tablas siguientes presentan la estimación de los coeficientes para los modelos obtenidos.

Tabla 6-23. Resultados de la estimación del modelo por motivo trabajo

Name	Descripción	Value	Std err	t-test
ASC_Pr	Constante	0	fixed	
ASC_Pu	Constante	0.762	0.173	4.4
B_COST	Costo	-0.153	0.0165	-9.26
B_MOD	Modo	0.0165	0.00207	7.99
B_TIME	Tiempo	-0.00666	0.000673	-9.9

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Tabla 6-24. Resultados de la estimación del modelo por otros motivos

Name	Descripción	Value	Std err	t-test
ASC_Pr	Constante	0	fixed	
ASC_Pu	Constante	0.717	0.0822	8.72
B_COST	Costo	-0.281	0.016	-17.56
B_MOD	Modo	0.0296	0.00179	16.54
B_TIME	Tiempo	-0.00813	0.000401	-20.25

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Los valores de tiempo obtenidos de la calibración de las funciones de utilidad se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6-25. Valores subjetivos del tiempo por segmento

Modo	Segmento	Cte.	C. Tmpo.	C. Costo	VOT (\$/min)	VOT (\$/hr)
TPR	Trabajo	0.00000	-0.00666	-0.13650	0.04879	2.92747
TPU	Trabajo	0.76200	-0.00666	-0.15300	0.04353	2.61176
TPR	Otros	0.00000	-0.00813	-0.25140	0.03234	1.94033
TPU	Otros	0.71700	-0.00813	-0.28100	0.02893	1.73594

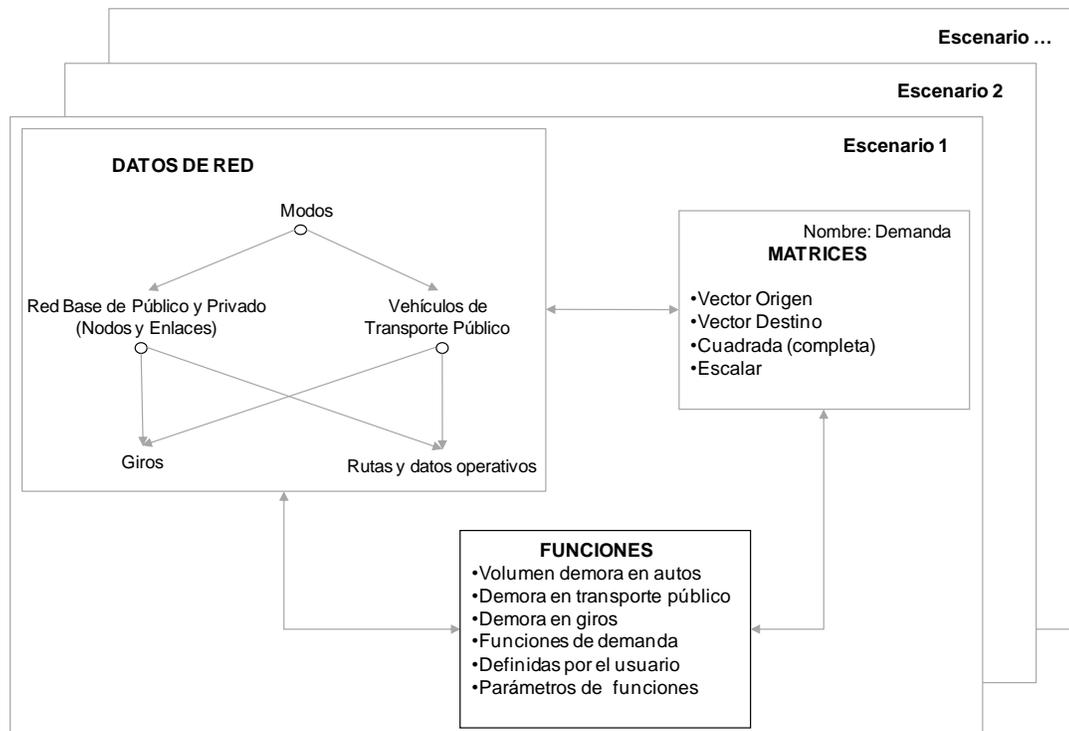
Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

6.2.2.5 Modelo de asignación

Estructura general del modelo de simulación

Este apartado ilustra la conformación del modelo aplicado para simular el sistema de transporte público y privado. En particular el comportamiento de la interacción entre la oferta y demanda de transporte. La Figura 2-27 muestra la forma de esta estructura.

Figura 6-28 Estructura del Modelo en CUBE



• Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

• Modos

Los modos se representan en la red a través de definiciones de enlaces, ofreciendo una manera privilegiada de cumplir selecciones modales exógenas. Específicamente, un modo es una manera particular de transportarse que tiene sus propias características: tipo de

vehículo, capacidad, costo, funciones de demora, etc. En el CUBE, se pueden considerar modos, en general, para vehículo privado (autos y taxis), modos para vehículos de transporte público y modos que se asocian a la caminata (ej. caminata de acceso a la red vial para transporte público, caminata de transferencia, etc.). De estas opciones, se utilizaron los modos relacionados al transporte público.

Tabla 6-26. Modos definidos en el modelo

Código	Modo	Tipo de vehículo
1	Metro bus	Bus
2	Sistema tradicional	Bus
3	Metro	Metro
100	Caminata	Peatón
200	Transferencia	Peatón

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Es importante reiterar que la definición de modos de transporte parte de las necesidades de simulación y, en muchos casos, se requiere de la generación de enlaces virtuales como artificios inherentes a los procesos modelación. Un ejemplo de estos enlaces virtuales es cuando se requiere representar con mayor precisión la integración tarifaria existente o los accesos a un sistema de transporte masivo.

- Red vial (nodos y enlaces)

Con este componente se caracteriza apropiadamente la red vial de la ciudad. Los nodos son de dos grupos, centroides y convencionales. Los centroides, están asociados con las zonas en estudio y es el sitio virtual donde se inician y se terminan lo viajes; los nodos convencionales representan intersecciones viales, estaciones, instalaciones de transferencia, etc.; los enlaces representan conexiones físicas (vías urbanas, segmentos de carretera, senderos peatonales, etc.) o conceptuales entre nodos (conectores de centroide). Un nodo se identifica con un código de nodo, a quien le corresponden coordenadas x-y que definen su ubicación espacial.

Los enlaces están limitados por un nodo inicial y uno final, los cuales definen su longitud. Adicionalmente, cada enlace permite un conjunto de modos, un identificador para el tipo de enlace (ver Tabla 2-20), número de carriles, índice de la función volumen demora que describe la congestión en el enlace. La cantidad de nodos y enlaces necesarios para caracterizar la red de Panamá son aproximadamente 2,590 y 5,564 respectivamente.

Tabla 6-27. Clasificación Funcional de la Red Vial de Transporte de Panamá

TIPO VIA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Primaria	Vía primaria de 1 sentido de circulación (sc)
2	Primaria	Vía primaria de 2 sentidos de circulación
3	Secundaria	Vía secundaria de 1 sentido de circulación (sc)
4	Secundaria	Vía secundaria de 2 sentidos de circulación
5	Local	Vía local de 1 sentido de circulación (sc)

TIPO VIA	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
6	Local	Vía local de 2 sentidos de circulación
7	Cuota	Vía de cuota de 1 o 2 sentidos de circulación
8	Interurbana	Carretera libre interurbana 2 sentidos de circulación
9	Interurbana	Carretera libre interurbana 1 sentido de circulación
10	Conector	Conector de centroide
11	Conector Metro	Conector Metro
12	Peatonal	Vía Peatonal
13	Metro	Vía Metro
14	Peatonal	Conector de centroide solo peatonal
15	Especiales	Acceso y salidas de intersecciones

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Para representar apropiadamente las diferentes etapas de la movilidad de los usuarios del sistema de transporte público, los enlaces tienen las siguientes características:

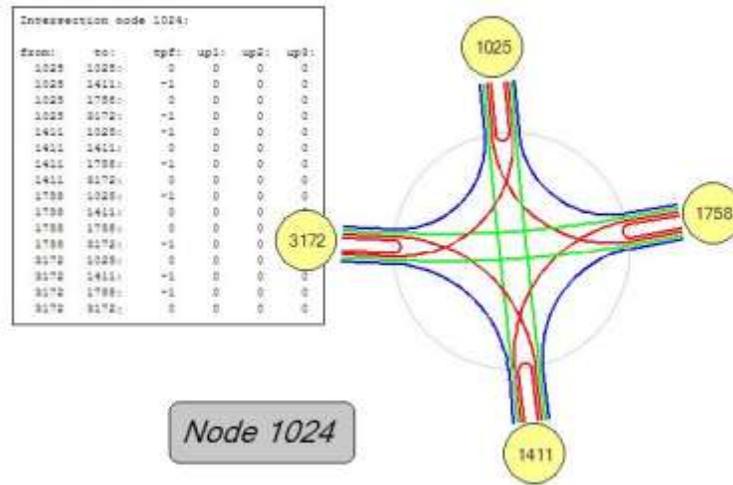
- Enlaces con modo peatonal: estos enlaces pertenecen a los peatones y se movilizan a una velocidad constante de 4 km/hr.
- Enlaces con modo de acceso a estaciones de metro: la velocidad de salida y entrada desde/hacia las estaciones o paraderos se encuentra almacenado en un atributo de arco.

Para los enlaces, nodos y rutas de transporte se definieron atributos adicionales exclusivamente para el desarrollo del modelo, tal como velocidades observadas de transporte público, sitios de aforos, entre otros.

- Giros

Los giros representan los movimientos en las intersecciones. Los giros pueden estar prohibidos o penalizados. Los atributos de este elemento son los nodos que intervienen en el giro, índice de la función de penalización o prohibición según sea el caso. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una intersección:

Figura 6-29 Definición de giros típicos en una intersección



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

En este caso, los giros no permitidos tienen valores de -1 y los penalizados, tienen valores mayores de 0 o en todo caso están sujetos a funciones (ej. FUNC1).

- Tipos de vehículos para transporte público

Son los vehículos usados por las líneas de transporte. Se definieron 8 tipos de vehículos en la ciudad. Los atributos de esta categoría son: capacidad de usuarios sentados y totales del vehículo, operador de transporte al que pertenece, cantidad de vehículos disponibles, coeficientes de costos y energía y equivalencia en autos privados. La tabla a continuación muestra los tipos de vehículos definidos para el modelo.

Las características de los vehículos tipo de cada modo de transporte público se definen por el vehículo moda¹⁰ observado en campo. Se estimó la capacidad de pasajeros totales y sentados de los vehículos de transporte público, así como los factores de equivalencia vehicular. En la Tabla 2-21, se presentan las características de los vehículos de transporte público para los modos en los cuales es relevante.

Tabla 6-28. Vehículos de transporte público, equivalencias

Tipo	Transporte	Modo	Nro. De Asientos	Capacidad Total
1	MetroBus	Transporte público (1)	35	85
2	Microbús	Transporte público (2)	27	35
3	Bus Diablo Rojo	Transporte público (2)	66	85
4	Nevera	Transporte público (2)	52	52
5	Microbús – Diablo Rojo	Transporte público (2)	46	60
6	Microbús – Nevera	Transporte público (2)	39	43

¹⁰ Más frecuente

Tipo	Transporte	Modo	Nro. De Asientos	Capacidad Total
7	Sistema Tradicional	Transporte público (2)	48	57
8	Metro	Transporte público (3)	250	750

- Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

- **Rutas de transporte público**

La caracterización de las rutas de transporte público de pasajeros incluye: itinerario (secuencia de nodos de la red), intervalo, tipo de vehículo de la ruta, tiempo o velocidad, demora, modo, entre los más importantes.

Las rutas de transporte público se caracterizan a partir de la información recopilada en campo. Es importante destacar que las rutas se establecen discriminando los sentidos de ida y regreso.

- **Matrices de demanda**

La demanda está representada por matrices de transporte público y por la segmentación definida para la asignación de viajes y en el modelo de cuatro etapas:

- Viajes basados en el hogar de ida con motivo trabajo.
- Viajes basados en el hogar de ida con motivo estudio.
- Viajes basados en el hogar de ida con otros motivos.
- Viajes basados en el hogar de retorno y Viajes no basados en el hogar.
- Viajes en taxi

En la asignación de viajes estas matrices fueron agrupadas para asignarse considerando:

- Viajes basados en el hogar de ida con motivo trabajo.
- Viajes basados en el hogar de ida con otros motivos.
- Viajes en taxi

- **Funciones**

Las funciones que se incorporan al modelo de transporte pueden ser para transporte privado, transporte público y penalización de giros. Estas funciones volumen demora son definidas para la red vial. Las funciones volumen demora toman los parámetros mostrados en la Tabla 2-22, mientras que las funciones de transporte público toman la forma que se presenta en la Tabla 2-23.

Tabla 6-29. Parámetros de las funciones volumen demora

TIPO VIA	CLASE	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (vehículos/hora/carril)	VELOCIDAD FLUJO LIBRE(km/h)	FUNCIONES		
					BPR A	B	CONICA A
1	Primaria	Vía primaria de 1 sentido de circulación (sc)	900	55			2.50
2	Primaria	Vía primaria de 2 sentidos de circulación	800	50			2.50
3	Secundaria	Vía secundaria de 1 sentido de circulación (sc)	850	45			2.50
4	Secundaria	Vía secundaria de 2 sentidos de circulación	700	40			2.50
5	Local	Vía local de 1 sentido de circulación (sc)	650	35			1.50
6	Local	Vía local de 2 sentidos de circulación	600	30			1.50
7	Cuota	Vía de cuota de 1 o 2 sentidos de circulación	1800	90	1.60	3.00	
8	Interurbana	Carretera libre interurbana 2 sentidos de circulación	1400	80	1.60	3.00	
9	Interurbana	Carretera libre interurbana 1 sentido de circulación	1500	90	1.60	3.00	
10	Conector	Conector de centroide	Infinita	40	-	-	-
11	Conector Metro	Conector Metro	Infinita	5	-	-	-
12	Peatonal	Vía Peatonal	Infinita	4	-	-	-
13	Metro	Vía Metro	Indiferente	34	-	-	-
14	Conector	Conector solo peatón	Infinita	4	-	-	-
15	Especiales	Accesos, Salidas, Rampas	700	35			1.50

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Se emplean dos tipos de funciones para los segmentos de transporte público. En un primer caso están en función del tiempo que el transporte privado emplea en cada segmento de arco para el caso de flujo mixto (auto y transporte público) y en el caso de un flujo que no dependa del transporte privado, se emplea una función que proviene de la longitud y la velocidad de recorrido en el segmento de ruta. En la tabla más abajo se enlistan las funciones de transporte público usadas.

Tabla 6-30. Funciones de transporte público utilizadas¹¹

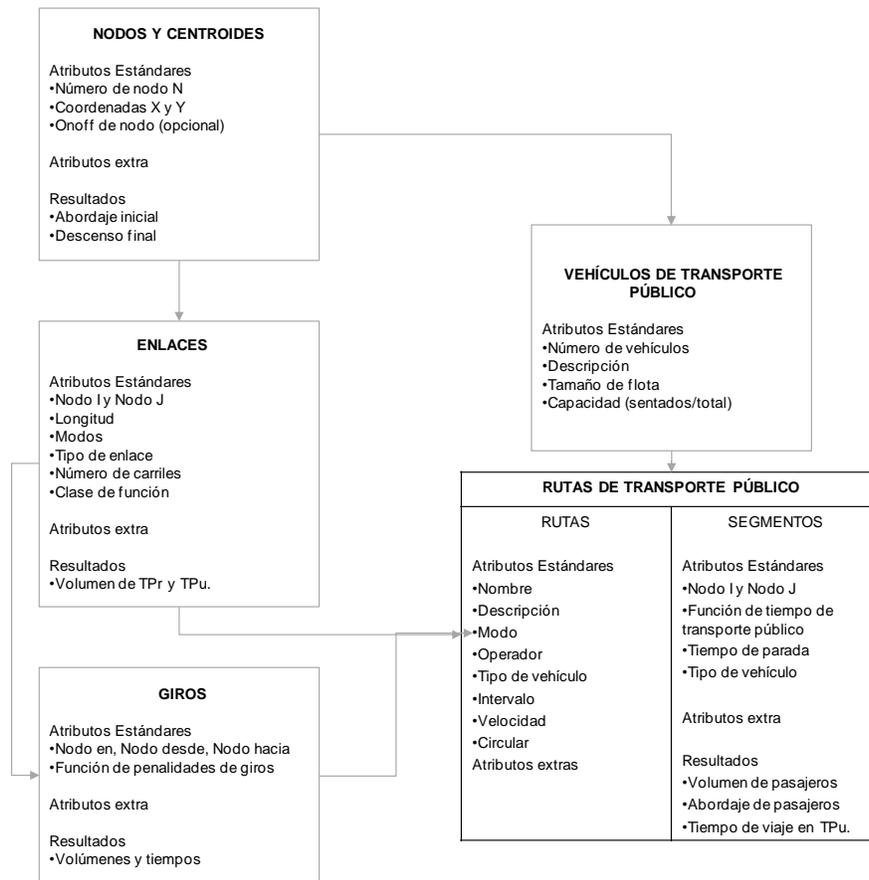
TIPO	FUNCIONES
1	$Time_TPu = 1.48 (Length / Speed * 60)$
2	$Time_TPu = 1.00 (Length / SpeedTPu * 60)$

Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Los elementos descritos anteriormente se integran jerárquicamente como muestra la siguiente figura.

¹¹ Us1 = tiempo en segmentos; ft = función de transporte público; length = longitud

Figura 6-30 Jerarquía de los atributos del modelo



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Procedimiento de asignación

- Transporte privado

Este proceso de asignación consiste en asociar la oferta y la demanda, mediante un proceso iterativo hasta alcanzar el principio de equilibrio. El equilibrio se obtiene cuando el costo generalizado (es igual, para todos los caminos alternativos sobre la red de cada par de origen-destino).

Los supuestos para el comportamiento de los usuarios son los siguientes:

- Los usuarios son individuos racionales ya que intentan maximizar su utilidad personal (o minimizar sus costos)
- Tienen conocimiento de las condiciones de operación de la red en cualquier momento.

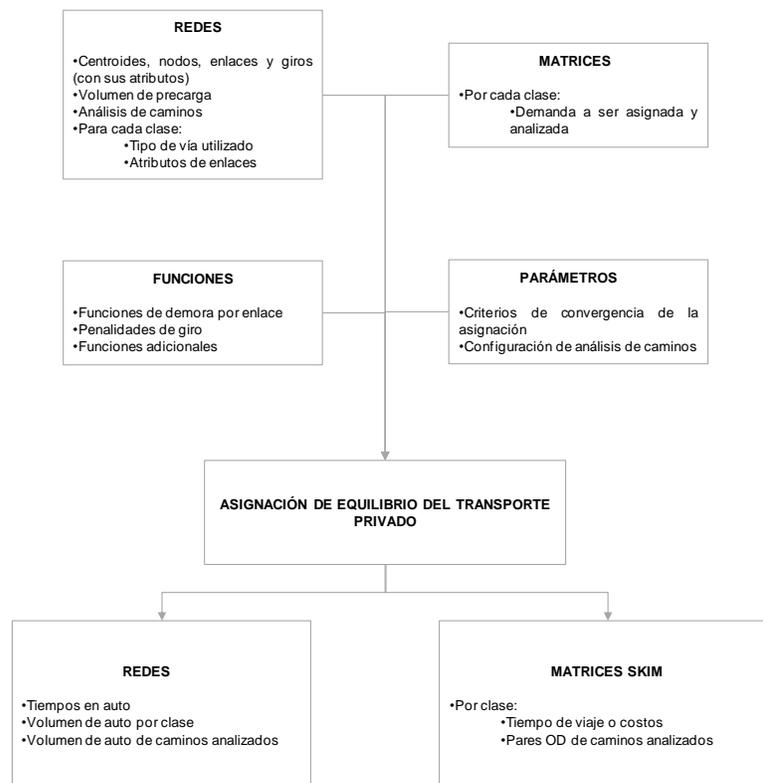
En una asignación por equilibrio, el tiempo de viajes se calcula como la suma del tiempo del auto sobre los enlaces y los tiempos en los giros. Los tiempos en los enlaces se obtienen de valorar las funciones de volumen demora y la penalización en los giros. Estas funciones se basan a su vez de los volúmenes de auto de cada clase (segmento de demanda) y en otras características de los enlaces y giros (como la capacidad, longitud, etc.).

El costo generalizado se modifica cuando en un enlace el usuario tiene un costo adicional, por ejemplo una caseta de peaje. Entonces se puede expresar como tiempo+peaje*peso, donde el peso puede ser un parámetro de calibración.

Al momento de iniciar el proceso de asignación se precarga con los volúmenes de transporte público, estos volúmenes se asignan de forma previa a los enlaces mixtos (aquellos que comparten el transporte público y el privado) en autos equivalentes, con la finalidad de considerar la congestión que aporta el transporte público.

La Figura siguiente muestra la relación de los elementos de oferta con los de demanda y los resultados que se obtienen de la asignación:

Figura 6-31 Asignación de autos



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

- Transporte Público

La asignación de transporte público en el modelo de transporte es del tipo multiruta sustentada en el cálculo de estrategia óptima. El concepto de estrategia es una

generalización del concepto de ruta. El tipo de estrategia del modelo considera lo siguiente: Debido al tiempo de espera involucrado en este sistema de transporte, el usuario puede escoger un conjunto de rutas factibles para llegar a su destino y aborda el vehículo que llegue primero y desciende en una parada o estación predeterminada, basado en el tiempo esperado de viaje de la parada hacia su destino.

Este proceso se repite hasta que el usuario llegue a su destino final. Dado que la red de transporte público tiene varios modos de transporte, durante la espera en la parada puede escoger otro conjunto de líneas factibles de otros modos distintos para llegar a su destino. La estrategia óptima es aquella que minimiza el tiempo total de viaje. Los tiempos considerados incluyen el de espera, en el vehículo y el de caminata.

El tiempo de espera depende de la frecuencia combinada de las rutas factibles en una parada determinada. Por ejemplo, para calcular el tiempo de espera en una parada donde hay un par de rutas factibles A y B y cada una de ellas tiene un intervalo de paso, se toma en cuenta la siguiente formulación:

$$\frac{\text{Factor tiempo de espera}}{1/\text{intervalo de paso A} + 1/\text{intervalo de paso B}}$$

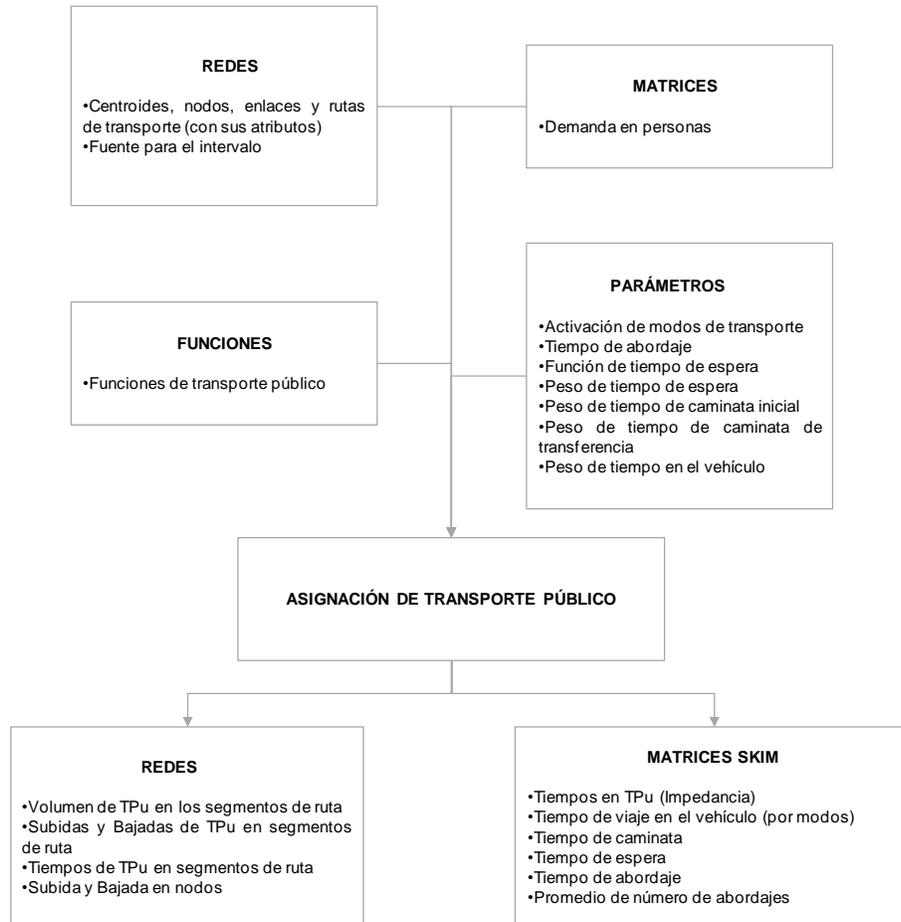
Donde el factor de tiempo de espera es un parámetro para modelar diferentes percepciones del tiempo de espera o diferentes distribuciones de tiempos de paso de los vehículos.

La probabilidad de abandonar una parada, está dada también por el intervalo combinado de las rutas factibles en determinada parada. La probabilidad de usar la ruta A se puede expresar como:

$$\frac{1/\text{intervalo de paso A}}{1/\text{intervalo de paso A} + 1/\text{intervalo de paso B}}$$

La Figura 2-31 muestra la relación de los elementos de oferta y demanda en transporte público.

Figura 6-32. Asignación transporte público



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

6.2.2.6 Calibración del modelo de transporte

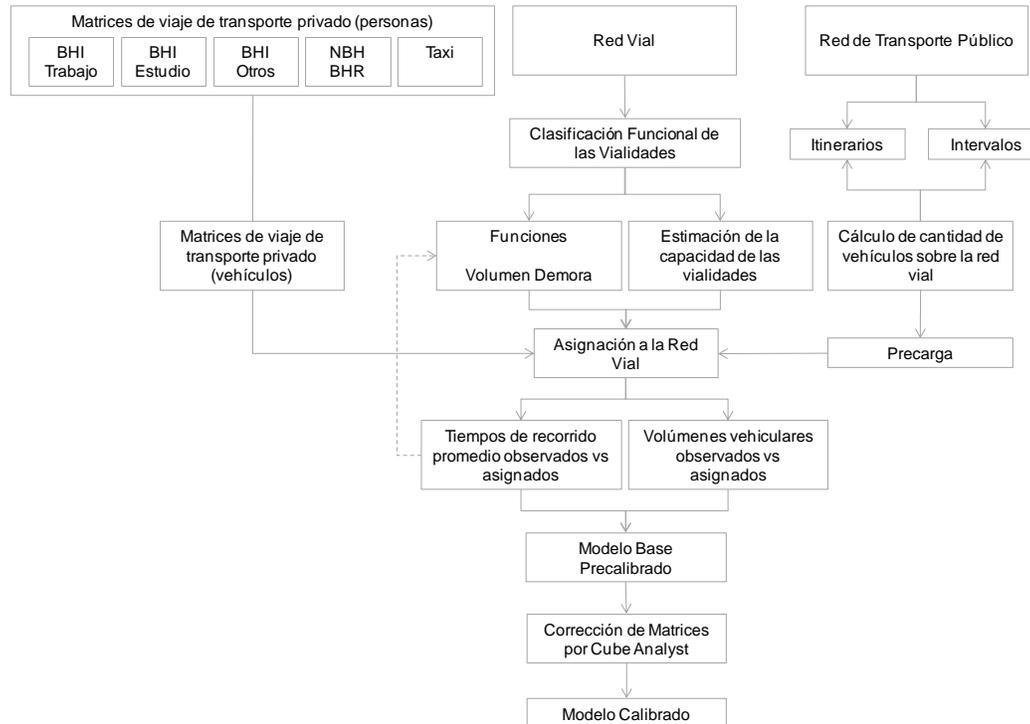
La interacción de actividades en el espacio da lugar a la demanda por transporte. El modelo de transporte, por su parte, refleja el equilibrio de la demanda con la oferta. El resultado de este proceso produce indicadores de accesibilidad entre zonas, denominados des-utilidades de transporte, los cuales a su vez afectan la interacción entre actividades. Se trata de un proceso que se resuelve de manera iterativa.

El proceso de calibración se realiza en dos momentos secuenciales. Primero el transporte privado, luego el transporte público. Con el transporte particular se definen los niveles de congestión que condicionan la operación del transporte público.

Modelo de calibración transporte privado

Este proceso se describe de la siguiente manera:

Figura 6-33 Metodología de calibración transporte privado



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

- a) Se obtienen las matrices de viajes por cada segmento, como se explica en el capítulo de demanda.
- b) Para asignar a la red vial se convierte la matriz de viajes individuales a matrices de viajes en vehículos, pues estos son los que realmente ocupan infraestructura vial. Por tanto, con base en la muestra de EODH, se estima la tasa de ocupación vehicular por cada zona de origen. Entonces,

$$Matriz(Autos) = \frac{Matriz(Viajes Personas)}{Vector_Origen(Viajes Personas / Auto)}$$

Tabla 6-31. Tasas de ocupación vehicular¹²

SEGMENTO	TASA DE OCUPACIÓN
Trabajo	1.11
Estudio	1.15
Otros	1.61

¹² Us1 = tiempo en segmentos; ft = función de transporte público; length = longitud

SEGMENTO	TASA DE OCUPACIÓN
NBH	1.28
Taxi	1.50

Fuente. Encuesta domiciliaria PIMUS. Grupo consultor, 2015

c) Las funciones volumen demora permiten simular la congestión en una vialidad ante la presencia de los vehículos y con el límite de la capacidad de la vía. En el presente estudio, se utilizaron dos tipos de funciones con los siguientes resultados:

- Función tipo BPR (Bureau of Public Roads), que tiene la siguiente forma funcional:

$$t = t_0 \cdot \left[1 + \alpha \left(\frac{V}{C} \right)^\beta \right]^{13}$$

- Función cónica con la siguiente forma.

$$t = t_0 * \left(2 + \sqrt{\alpha^2 (1-x)^2 + \beta^2} - \alpha(1-x) - \beta \right)^{14}$$

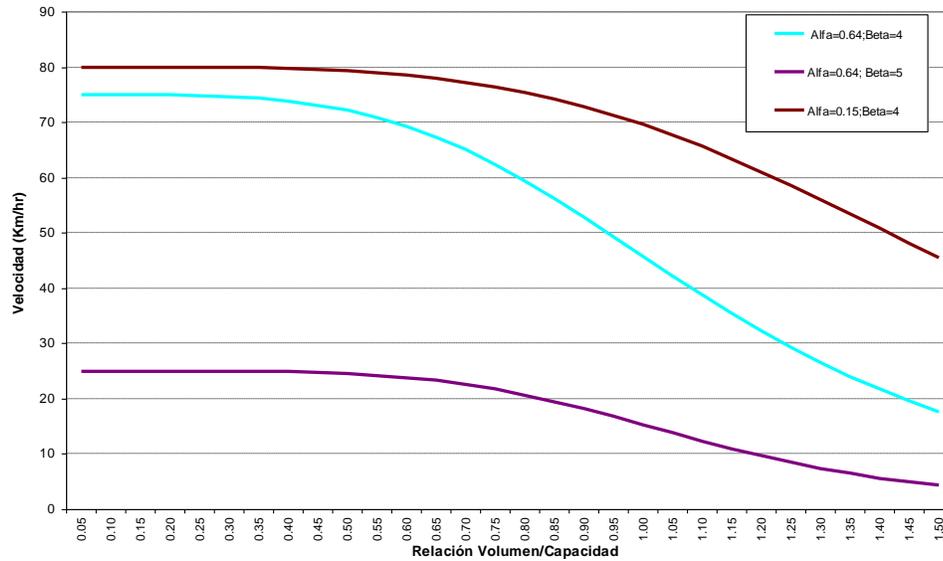
¹³ Donde:

t : tiempo en el tramo de vía.
 t_0 : Tiempo en flujo libre (minutos).
 V : Volumen total en el tramo de vía.
 C : Capacidad total de la vía.
 α, β : Parámetros a calibrar

¹⁴ Donde:

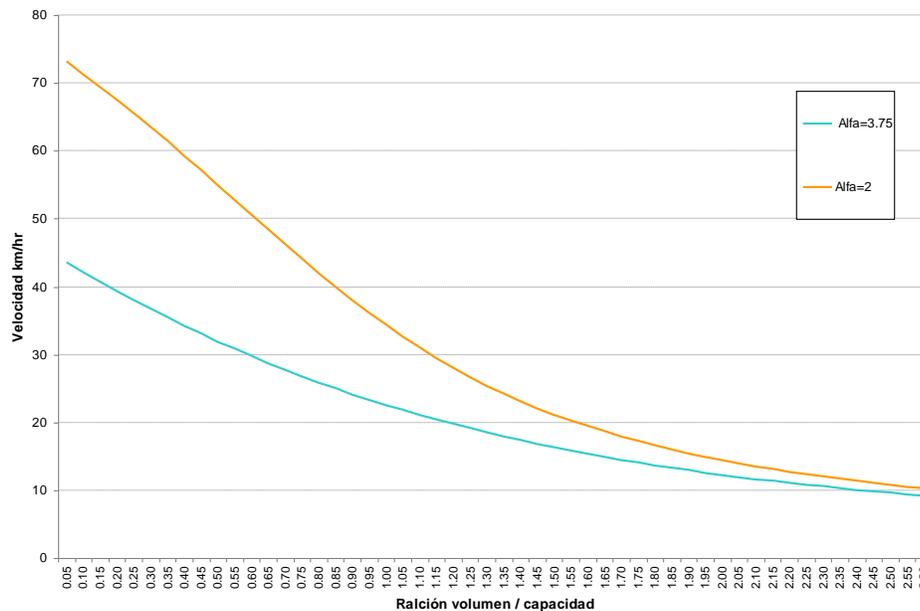
$x = \frac{V}{C}$ y $\beta = \frac{2\alpha - 1}{2\alpha - 2}$
 t_0 : Tiempo de viaje a flujo libre.
 α : Parámetro a calibrar (>1).
 V : Volumen total en el tramo de vía.
 C : Capacidad total de la vía.

Figura 6-34 Velocidad función BPR



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Figura 6-35 Velocidad función Cónica



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

- d) En este proceso se incluye un componente de transporte público como limitación de capacidad de la infraestructura vial. Se parte del trazado de rutas fijas dentro de un período de análisis. Entonces, siempre operan por las mismas vialidades, para

estimar la cantidad de vehículos que ocupan una determinada vía se hace el siguiente cálculo:

$$V(\text{Veh_TP}) = \sum_{R,i} \left[\frac{120}{\text{Intervalo}_{R,i}} \right]_{15}$$

- e) El transporte de carga no se considera en el presente estudio como precarga. Sin embargo, en la siguiente fase se evaluará su utilización mediante la realización de aforos y encuestas.
- f) El transporte especial institucional y escolar se caracteriza por ser servicios casi puerta a puerta y están asociados a la variación de la demanda, por lo que el trazado de rutas cambia regularmente. La operación de estas rutas se concentra en los horarios de entrada y salida de las instituciones o centros educativos. Ante la dificultad de identificar el itinerario, porque su servicio especial está restringido únicamente a los usuarios y con tan sólo el aforo no permite medir el impacto total de estos servicios, no se consideró el efecto de estos servicios en la red.
- g) Precarga es el proceso en el cual se considera que las vialidades presentan una reducción de capacidad por la presencia constante de algunas categorías vehiculares, independientemente de su nivel de congestión. La precarga se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Veh_precarga} = (\text{Veh_TP}) * 2.5 \text{ }^{16}$$

- h) La asignación de matrices a la red tiene el propósito de conocer los caminos de los usuarios, considerando el costo generalizado del viaje que incluye el valor de la cuota, el tiempo de viaje y la congestión de la vía. En el año base, se simula el comportamiento del sistema de transporte o llamado el proceso de calibración.

Calibración modelo de transporte privado

La calibración del modelo consiste en reproducir los volúmenes vehiculares observados en campo y los tiempos de recorrido recabados para los principales corredores.

Durante el proceso de calibración se definieron como controles los puntos en los cuales se recopilaron datos de aforo, con el fin de garantizar la reproducción, por parte del modelo, de los volúmenes observados en el periodo de simulación.

Como se mencionó, la calibración es un proceso iterativo sobre el principio de ensayo-error, comparando las cifras arrojadas por el modelo con las obtenidas en los puntos de referencia con información primaria. De la misma manera, se efectuó el proceso de representación de los tiempos de recorrido observados sobre los principales corredores de la red vial.

¹⁵ Donde: R son las rutas en la vialidad i

¹⁶ Donde:

Veh_TP : Vehículos de transporte público

2.5 : Factores de conversión de vehículos a autos equivalentes.

Para el transporte privado se realizó una asignación multi-clase en el periodo de modelación. Los viajes en vehículo se estimaron mediante la aplicación de la tasa promedio de ocupación vehicular de las encuestas de hogares.

Es importante aclarar que el proceso de calibración mencionado se siguió hasta lograr el máximo nivel de representación de los volúmenes observados mediante el análisis de estrategias de caminos de viaje lógicos para los diferentes pares origen-destino (OD).

En los puntos de la red con déficit o superávit de viajes respecto a los aforos observados por fuera de la banda de tolerancia de la dispersión, se aplicó como acción final del proceso, la corrección de la matriz por medio de la técnica de ajustes por conteos que se describe más adelante.

Luego del proceso de calibración y logrado el máximo nivel de representación de los parámetros de control, normalmente, se encuentran inconsistencias respecto a los flujos vehiculares observados en los principales centros atractores y generadores de viajes.

Para resolver esto fue necesario aplicar una metodología numérica que permite una última corrección utilizando información adicional de conteos.

La metodología adoptada para obtener las matrices de demanda que se ajusten a las mediciones tomadas en campo, se basó en el uso de modelos de transporte y el método de ajuste de matrices a los aforos por la aplicación de CUBE llamada "Analyst"¹⁷ que es un modelo bastante difundido y que ha sido aplicado en redes de gran tamaño. Matemáticamente el modelo está formulado como un problema convexo de niveles de confianza y minimización donde, siguiendo la dirección descendiente, se asegura que la matriz OD original no cambie más de lo necesario.

Está formulado como un problema de optimización, pero el objetivo de la función a minimizar es la medida entre la distancia observada y la asignada a los volúmenes. La función más simple de este tipo, es la suma al cuadrado de las diferencias, la cual lleva al problema convexo de minimización:

$$\min Z(g) = \frac{1}{2} \sum_{a \in \hat{A}} (v_a - \hat{v}_a)^2$$

Dado,

Asignación (g)

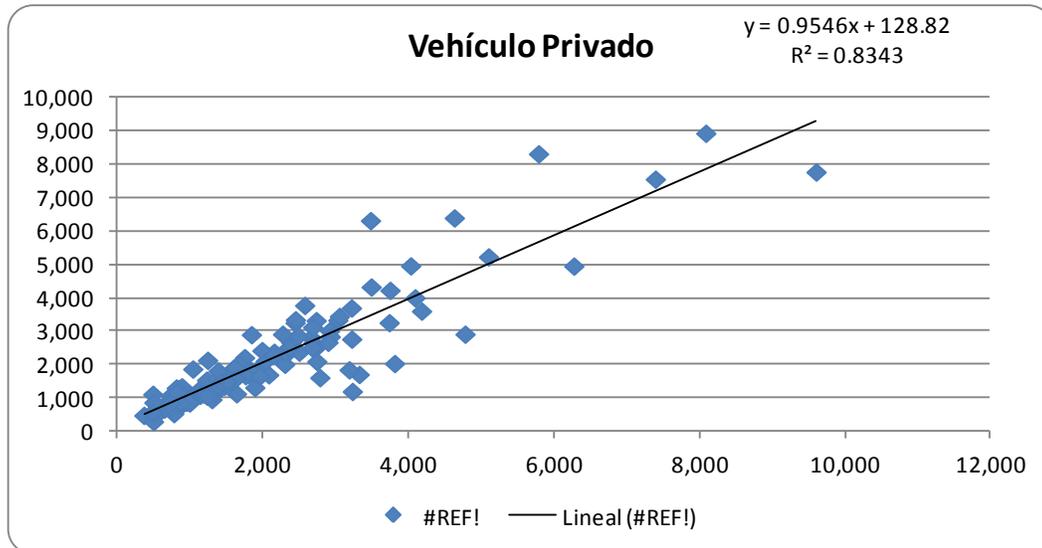
Donde la pseudo-función de asignación (g) es usada para indicar los volúmenes resultantes de la asignación de la matriz de demanda g¹⁸.

Este procedimiento se llevó a cabo utilizando la información de conteos de tráfico del año 2014, recogidos, depurados y analizados, específicamente para éste Estudio.

¹⁷ Cube Analyst, Citilabs (<http://www.citilabs.com>).

¹⁸ Mayores detalles sobre el proceso pueden ser consultados en el sitio web de citilabs (<http://www.citilabs.com>).

Figura 6-36 Vehículos privados calibrados, periodo 6 am a 8 am



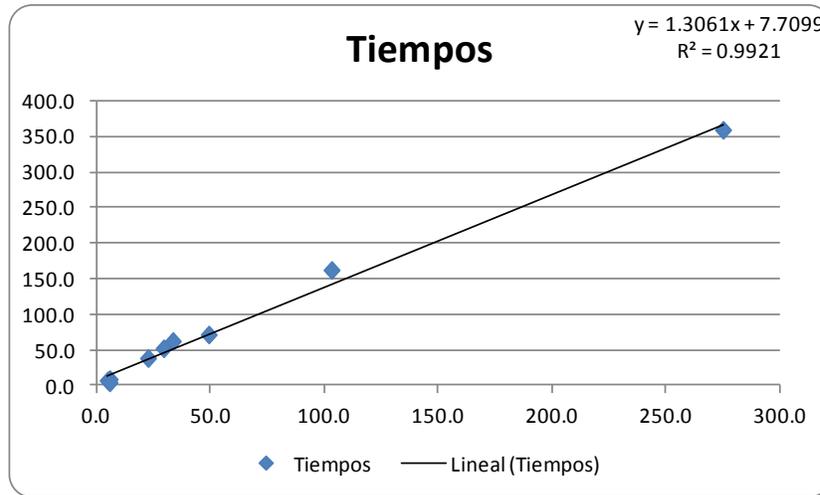
Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Como se muestra en la Figura anterior, para la recta que representa la trayectoria de las dispersiones de puntos del volumen de vehículos privados asignados comparados con los observados, se obtuvieron coeficientes de determinación de 0.834 para la situación final de la calibración del modelo del periodo pico. En el eje vertical se localizaron los volúmenes vehiculares asignados por el modelo y en el eje horizontal los volúmenes vehiculares aforados en campo.

Respecto al indicador GEH (Geoff Havers of the Great London Council), en la práctica se acostumbra que valores entre 0 y 5 indican un buen ajuste; entre 5 y 10 son aceptables; y mayores o iguales a 10 requieren mayor ajuste. En este modelo en particular, para el 77% de los puntos se obtienen valores del indicador menores a 10 lo que garantiza una buena representatividad del modelo de acuerdo a los datos de calibración utilizados. Los puntos en los cuales el indicador es mayor de 10, serían susceptibles de mejorar, sin embargo, en estos modelos de planeación estratégica, con los resultados obtenidos se garantiza la disponibilidad de una buena herramienta para la toma de decisiones.

Asociado con lo anterior se trabajan las velocidades simuladas sobre la red para transporte privado, para lo cual se realizó un análisis de contraste entre los tiempos medidos en diferentes corredores viales de la ciudad y los tiempos obtenidos con el modelo, observándose que existen buenos indicadores de ajuste, tal como se muestra a continuación.

Figura 6-37 Tiempos observados vs. modelados, periodo 6 am a 8 am

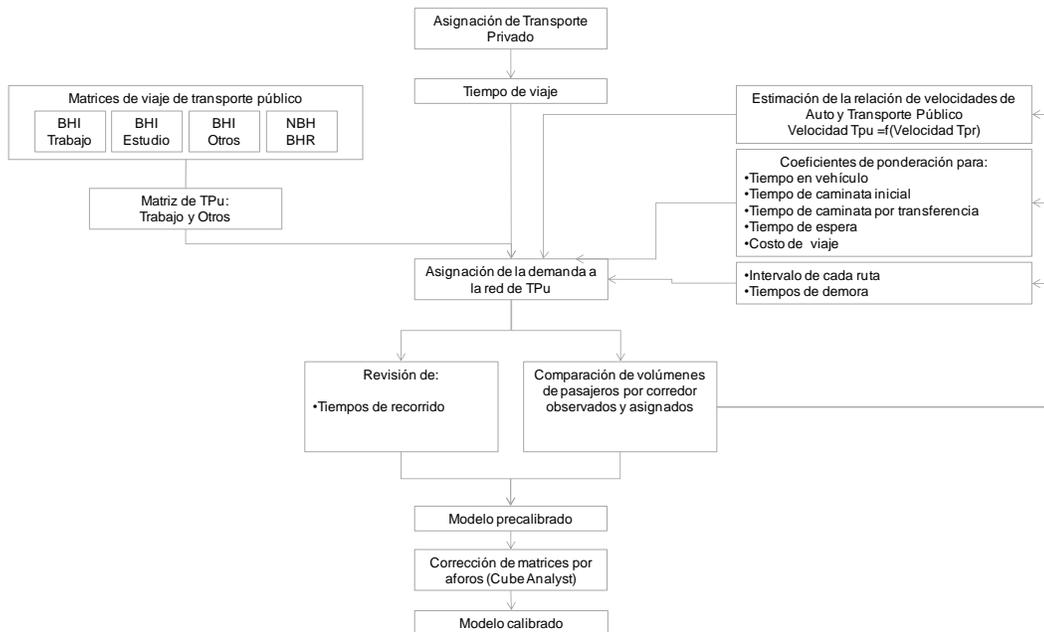


Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Calibración modelo de transporte público

Luego de calibrar el transporte privado, se continúa con el transporte público cuyo proceso se explica en la siguiente figura.

Figura 6-38 Metodología de calibración transporte público



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

El proceso se resume de la siguiente forma:

1. Matrices de viajes de transporte público provenientes de la EODH-2014 y el proceso de modelación.
2. Se obtienen las matrices de transporte público en sus diferentes segmentos y para cada periodo de simulación.
3. En el método de asignación de “estrategias óptimas” en rutas de transporte público se considera el concepto de costo generalizado de viaje, que es igual a:

$$CGtp = Tarifa/VOT + TIV + f_1.TC + f_2.TE + f_3.TT \text{ }^{19}$$

4. Para trabajar el intervalo efectivo en cada ruta se definen dos conceptos: a) Intervalo.- Separación de paso por un paradero, entre dos vehículos consecutivos, este parámetro permite dimensionar la flota operativa de una ruta; b) Intervalo efectivo. Está asociado al tiempo de espera en paradero, en un contexto de alta disponibilidad de las rutas es supuesto que ese tiempo es 0.5 veces el intervalo. Sin embargo, si las rutas tienen baja frecuencia o grandes intervalos de paso, este concepto no es válido, pues, por ejemplo, si una ruta pasa cada 30 minutos, las personas no esperan 15 minutos ($0.5 \cdot 30\text{min}$), lo más probable es que el usuario conozca este intervalo de paso y arribe al paradero cerca del tiempo estimado para el paso de la ruta.
5. De acuerdo con el método de asignación, explicado en la sección de asignación, se asignan las matrices de transporte público a la red, en este caso se asignan viajes, personas, a la red de rutas.

De manera similar al transporte privado, la calibración consistió en ajustar mediante ensayos de prueba y error los coeficientes de peso relativo de los componentes de la función de costo generalizado, los valores del tiempo de cada segmento de demanda y, desde luego, las funciones de tránsito de las rutas de transporte que permitieron reproducir los valores observados en campo. Durante el proceso, igualmente se cotejan diversos parámetros de verificación como: volúmenes de pasajeros, velocidad de recorrido, tiempo medio de viaje por segmento de demanda, entre otros.

Los coeficientes del modelo representan el grado de importancia relativa entre las variables de decisión de los usuarios, por lo que son frecuentemente conocidos como los “pesos de la

¹⁹ Donde:

- Tarifa : El costo monetario del pasaje.
- VOT : Valor subjetivo del tiempo
- TIV : Tiempo de viaje dentro del vehículo.
- TC : Tiempo de caminata.
- TE : Tiempo de espera al vehículo en paradero.
- TT : Tiempo de transferencia o tiempo de abordaje.

f_1, f_2, f_3 : Parámetros de ajuste, respecto al TIV.

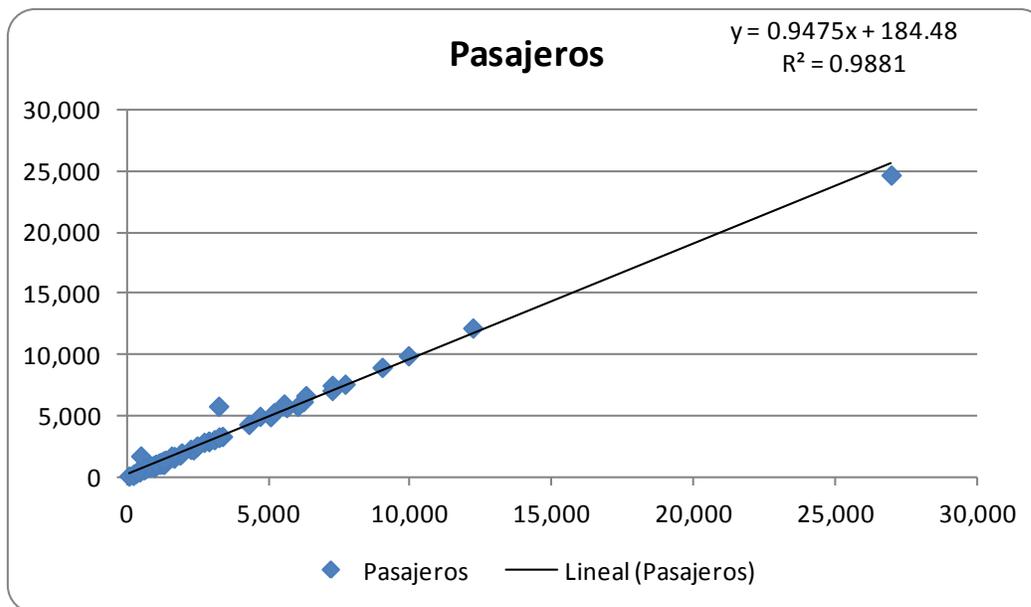
preferencia". La importancia relativa es cuantificada con respecto al tiempo de viaje dentro del vehículo, el cual toma por omisión el valor de 1.0.

En los puntos de control de pasajeros definidos sobre la red de transporte público en los que se tuvo déficit o superávit de viajes respecto a los aforos definidos, se aplicó un proceso final de corrección de demanda por medio de la técnica de conteos.

Al final de la aplicación del proceso de corrección sobre la demanda de viajes en transporte público, se obtuvieron asignaciones satisfactorias de pasajeros en los puntos con información de usuarios observados en las secciones de vía.

La ecuación del gráfico de dispersión comparativa para los volúmenes de pasajeros de transporte público en la totalidad de los puntos de control definidos en la red, contiene un coeficiente de determinación de 0.9881 para el periodo de modelación tal como se observa en la siguiente Figura.

Figura 6-39 Volumen de pasajeros, calibración periodo 6 am a 8 am



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Verificación y corrección de la demanda actual

Luego de ejecutar el proceso de calibración hasta lograr el máximo nivel de representación de los parámetros de control en el marco de estrategias de caminos de viaje lógicos, normalmente se encuentran inconsistencias respecto a los flujos vehiculares y de pasajeros que se han observado en pantallas de ingreso y salida de los principales centros atractores y generadores de viajes, durante el periodo de simulación.

Para atender lo anterior fue necesario aplicar una metodología numérica que permita una última corrección utilizando información adicional de conteos.

Metodología para última corrección

Antes de describir la técnica de corrección empleada para las matrices, conviene hacer de manera general la explicación básica de la metodología. Los volúmenes (vehiculares o de pasajeros) pueden ser interpretados como la combinación de dos elementos; una matriz de OD y un patrón de selección de rutas por los viajeros en la red vial. Estos dos elementos pueden estar linealmente relacionados con los volúmenes de tráfico, pero bajo circunstancias normales; nunca habrá suficientes conteos para identificar una sola matriz como la única fuente de los flujos observados. Los conteos por sí solos no son suficientes para estimar una matriz O-D; es necesario algo más.

La metodología adoptada para obtener las matrices de demanda que se ajusten a las mediciones tomadas en campo, se basó en el uso de modelos de transporte y el método de ajuste de matrices a los aforo.

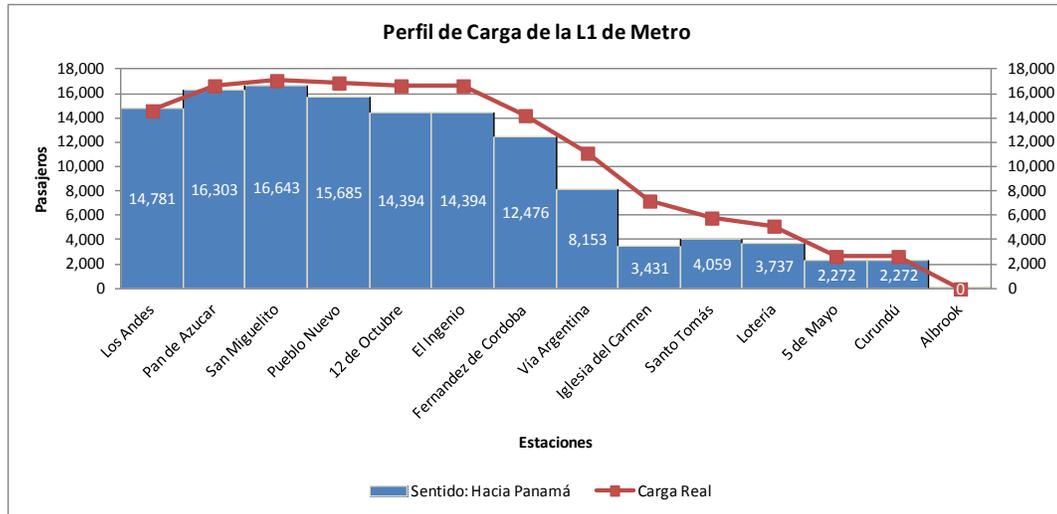
Con la información de datos observados de la Línea 1 del metro a febrero del año 2015, se realizó una asignación para validar la demanda asignada en el modelo y compararla con el sistema a dicha fecha.

Tabla 6-32. Ascensos y descensos de pasajeros del metro línea 1 en el periodo de modelación

Estaciones	Real		Modelo	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Los Andes	14,624	1,379	14,781	1,854
Pan de Azúcar	2,054	236	1,631	234
San Miguelito	3,647	3,791	3,459	3,515
Pueblo Nuevo	229	614	164	1,398
12 de Octubre	1,278	2,371	1,047	2,886
El Ingenio	0	0	0	0
Fernández de Córdoba	1,074	4,601	752	4,465
Vía Argentina	675	5,928	709	6,177
Iglesia del Carmen	709	5,990	708	6,154
Santo Tomás	719	2,272	1,474	1,695
Lotería	390	942	354	574
5 de Mayo	5,572	2,815	6,008	2,772
Curundú	0	0	0	0
Albrook	2,631	2,661	2,908	2,272
Total	33,602	33,602	33,996	33,996

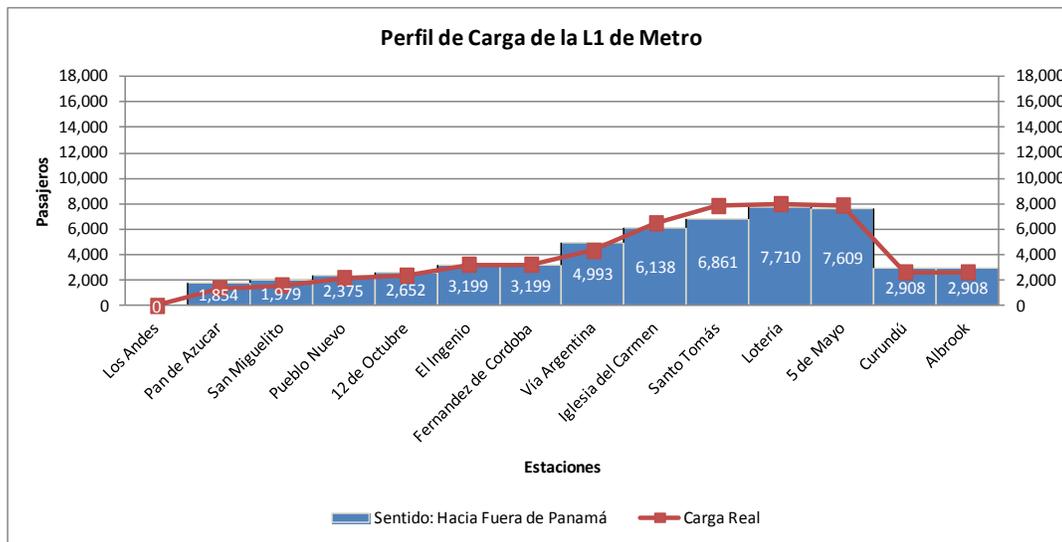
Fuente. Datos de Metro de Panamá S.A y reportes del modelo de transporte PIMUS

Figura 6-40 Perfil del metro Línea 1 en el periodo de modelación – Sentido a Albrook



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

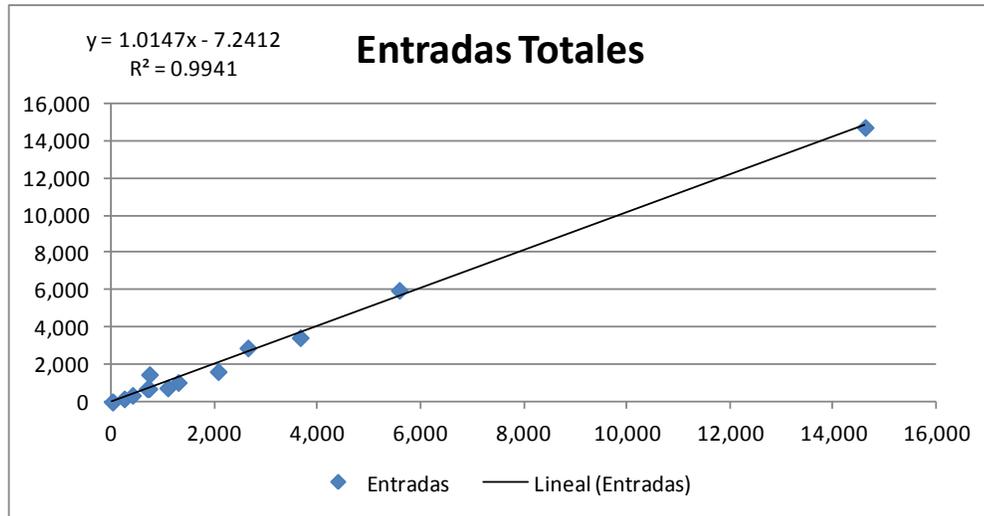
Figura 6-41 Perfil del metro Línea 1 en el periodo de modelación – Sentido a Los Andes



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

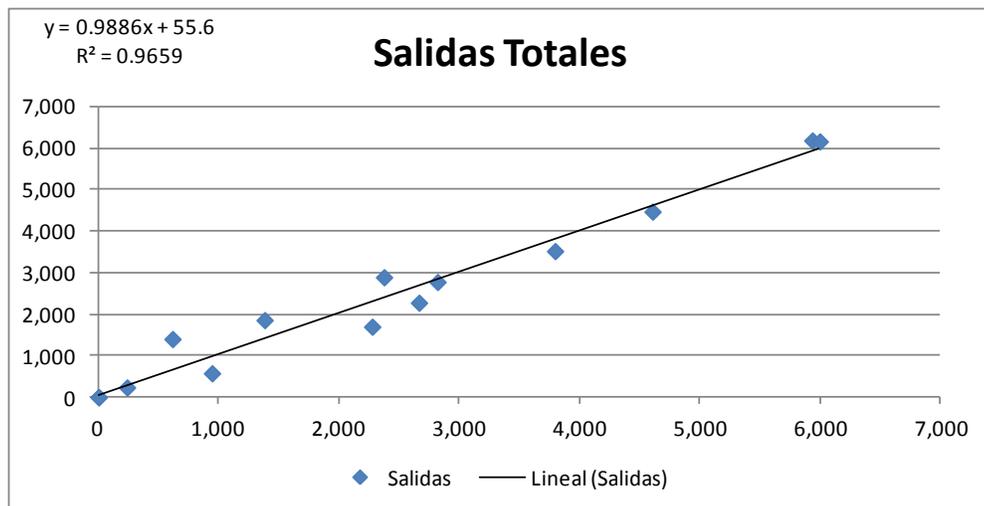
El coeficiente de determinación para la comparación entre los pasajeros observados y los del modelo, se presentan en las siguientes imágenes

Figura 6-42 Ajuste de flujo observado y modelado considerando las entradas al metro



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Figura 6-43 Ajuste de flujo observado y modelado considerando las salidas al metro



Fuente. Elaboración propia. Grupo consultor, 2015

Resultados

Explicada la metodología para la corrección de matrices de transporte privado y público, en el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en cada caso.

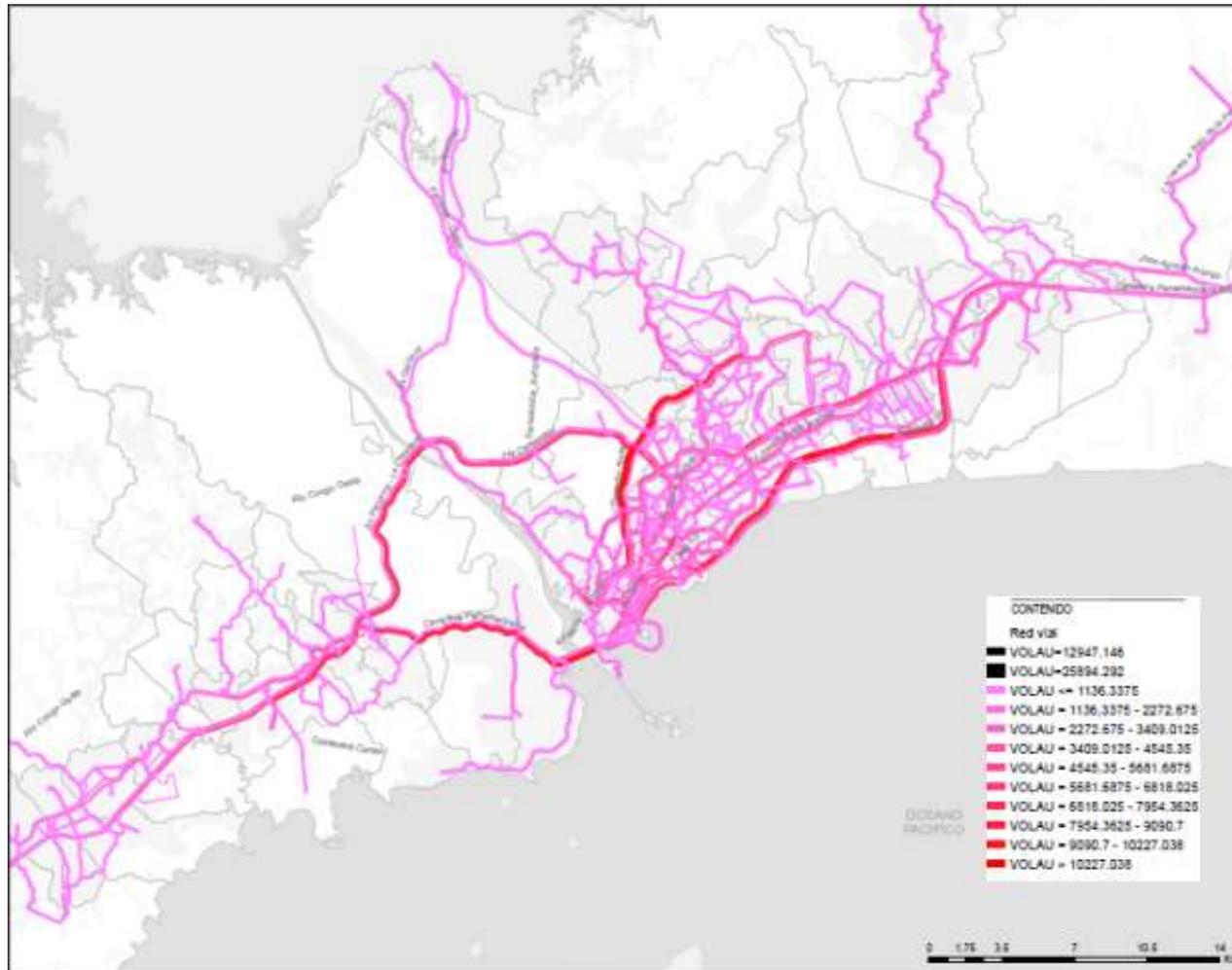
- Transporte privado

Al final de la corrección de las matrices de automóviles con base en conteos, se obtuvieron para cada periodo de modelación, las matrices de viajes totales en automóvil que se presentan en la Figura 2-43.

- Transporte público

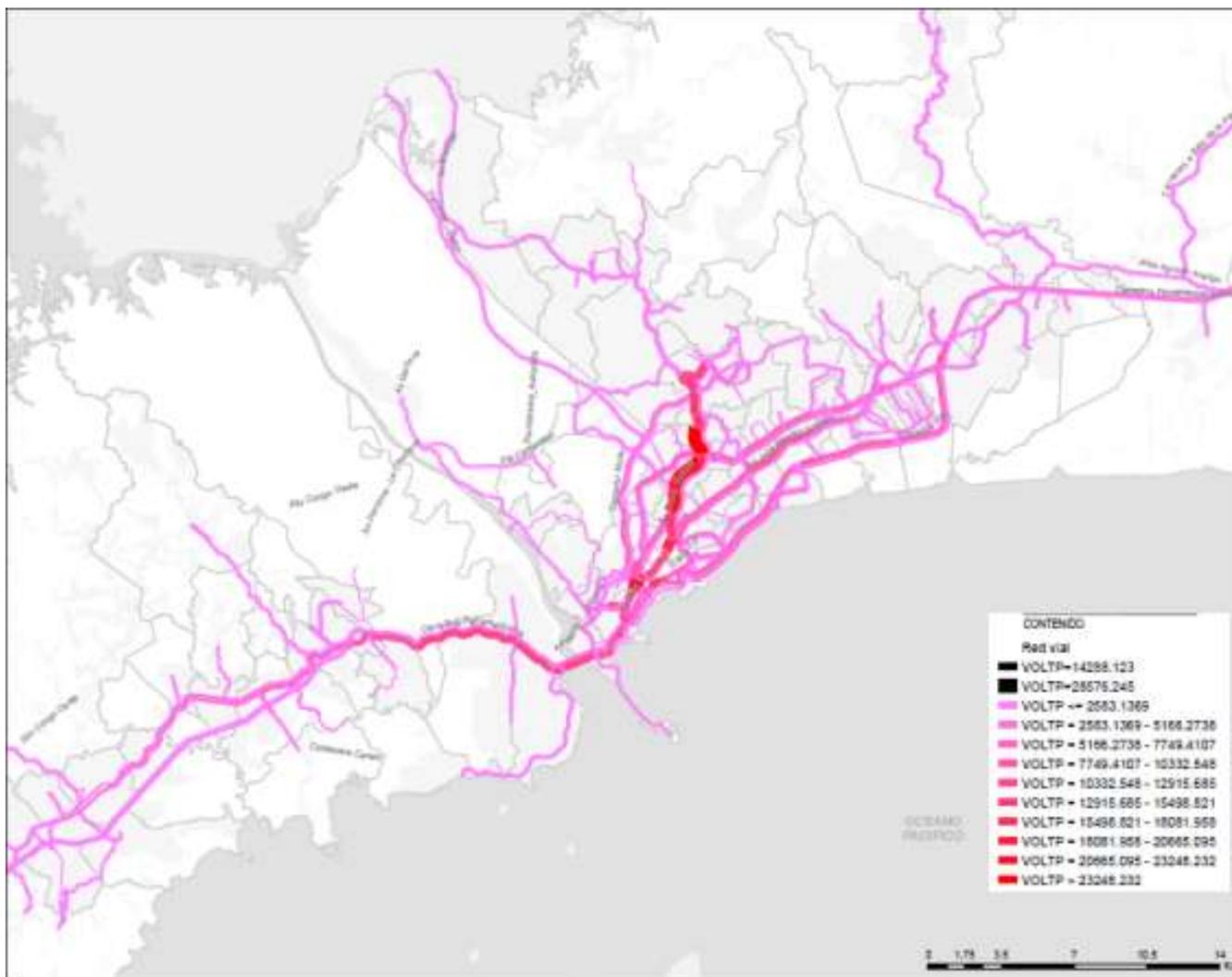
La demanda de transporte público ajustada con el proceso de corrección a través de conteos de pasajeros, se define en magnitud por tipo de segmento de demanda de la manera como se presenta en la Figura 2-44.

Figura 6-44 Viajes transporte privado



Fuente. Resultados del modelo .Grupo consultor

Figura 6-45 Viajes transporte público



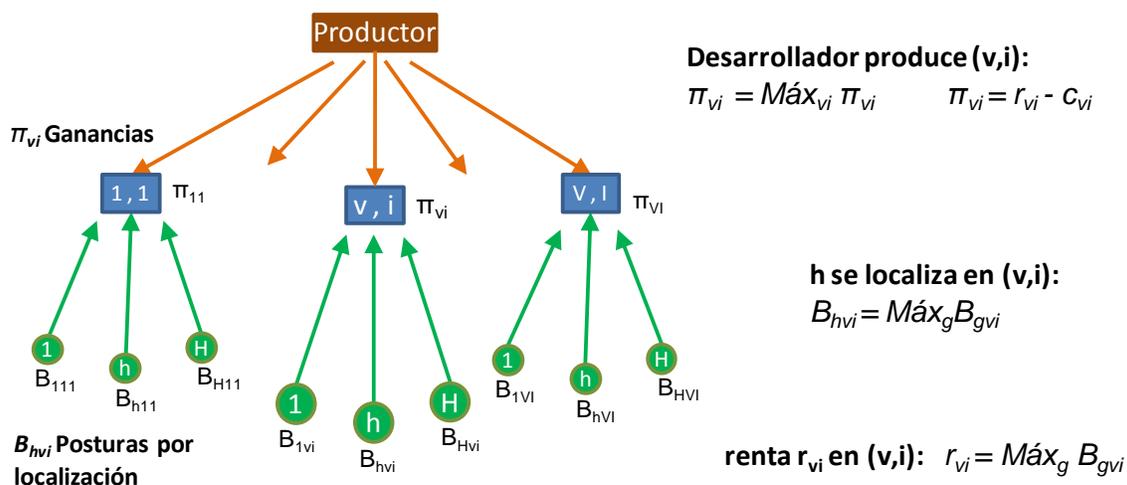
Fuente. Resultados del modelo .Grupo consultor

6.2.3 Modelo Urbano

El MU utiliza la accesibilidad de cada zona como uno de los criterios de atracción para la localización de los agentes involucrados en cada mercado (residencial, comercial, industrial e institucional). Existen otras variables zonales, endógenas al sistema y a su vez externalidades de la localización de cada agente, cuyo impacto e influencia para las decisiones de localización, fue determinada a partir de las encuestas domiciliarias (e.g presencia de industria, promedio de ingreso de los hogares, mezcla de usos, densidad, etc.).

El MU es un modelo estático de equilibrio económico el cual maximiza la utilidad de los agentes y del sector inmobiliario para un horizonte dado, mientras estos compiten por el espacio disponible. Por medio de un algoritmo propietario²⁰, se encuentra un equilibrio entre los agentes que establecen una postura (renta) por los bienes inmobiliarios a su alcance (por tipo de inmueble y zona), y el sector inmobiliario que produce los bienes que maximizan su utilidad dentro de una estructura de rentas y costos de producción. De esta forma se localizan nuevas unidades estructurales (hogares e inmuebles) que serán utilizadas en la generación de viajes del MT.

Figura. 6-1. Interacción de los mercados en el Modelo Urbano



Fuente. Grupo consultor, 2015

Las funciones que determinan la selección de uno u otro inmueble son de tipo logit. La estimación de sus coeficientes está en función de las características que valoren los diferentes agentes y están basadas en la teoría de la utilidad y en la disposición a pagar de

²⁰ Toda la formulación económica de CUBE es matemáticamente descrita en la documentación del software. Sin embargo, la formulación para encontrar una solución (equilibrio) al sistema complejo planteado por la competencia por el espacio, la maximización de la utilidad, y las endogeneidades del sistema, permanece como propiedad de los desarrolladores.

los consumidores. Más adelante se presenta la especificación general de los modelos que conforman el equilibrio de mercado.

En el modelo de demanda, el consumidor del mercado inmobiliario sea hogar o establecimiento comercial escoge una propiedad que está vinculada a sus atributos de localización. Este proceso de selección consiste en definir la disponibilidad a pagar que tiene este agente por los atributos de localización del espacio.

La disposición a pagar de los consumidores es derivada de la función de utilidad que puede ser entendida como el beneficio que disfruta el consumidor por el consumo de un bien o servicio y representa el valor monetario que el consumidor asigna al conjunto de atributos de una propiedad, tomando en consideración su restricción o presupuesto. Este conjunto de atributos de la propiedad determina el precio y el empate entre la disposición a pagar de los consumidores por este conjunto de características y gustos con lo que pueden pagar por ellos determina el tipo de inmueble y espacio al que pueden acceder en el ambiente urbano.

Por otro lado, el modelo de oferta se basa en la maximización de los agentes. El proceso de oferta consiste en la toma de decisiones de los desarrolladores sobre el monto y tipo de bien inmueble que están dispuestos a ofrecer en determinada área de la ciudad que optimiza sus beneficios. El modelo de oferta predice la distribución de oferta inmobiliaria por área y tipo de inmueble.

La estimación del modelo se basa en la teoría del consumidor, la cual supone que los agentes (consumidores y productores) se comportan de manera racional y maximizadores de su beneficio. Para los consumidores (hogares y empresas) los beneficios reflejan la utilidad obtenida por localizarse en determinado tipo de inmueble con determinadas características y para los desarrolladores su beneficio está representado por los beneficios monetarios que son devengados de su actividad, que a su vez están determinados por la disposición a pagar de los consumidores.

El desarrollo empírico de la estimación de la demanda se basa en la función de renta en términos de la probabilidad que un hogar o empresa se localice en cierta zona o tipo de propiedad. Dentro de esta estimación se supone que la oferta de inmuebles es conocida y está dada ya que los consumidores se encuentran localizados en sitios determinados.

La especificación del modelo de demanda relaciona por medio de un modelo de variables discretas la utilidad asociada a cada alternativa de localización, la cual depende, a su vez, de los atributos, preferencias y gustos de cada uno de los tipos de hogares o empresas que deciden entrar al mercado inmobiliario

Basado en la función de utilidad de los consumidores teórica, se puede derivar la función de disposición a pagar para cada consumidor. Esta función tiene dos componentes un componente determinístico y un componente aleatorio, este componente representa la diversidad de consumidores y la existencia de errores en la colección de datos, diferencias particulares y las variables y relaciones que escapan a las variables incorporadas en el modelo. La parte determinística tiene la siguiente forma.

$$B_{_hvi}=B_0+B_{1h}+B_{2vi}+B_{3hvi}+B_{3hvi}+B_{2A}+B_{3A}+t_{hvi}$$

Donde

B_{hvi} Tipo de consumidor (hogares, empresas)

B_0 Nivel de renta

B_{1h} Nivel de utilidad

B_{2vi}, B_{3hvi} Componentes de localización, atributos externalidades etc.

B_{2A}, B_{3A} Restricciones asociadas al modelo de renta

t_{hvi} Nivel de subsidios o impuestos

Por el lado del modelo de oferta su objetivo es determinar el número y el tipo de hogares o construcciones de la zona que genera el mayor beneficio para el desarrollador. Los beneficios dependen de dos factores de la renta o precio del suelo y los costos asociados al desarrollo del proyecto. La oferta depende de las restricciones que encara el desarrollador.

La expresión empírica de la oferta inmobiliaria, entendida como el número y tipo de inmueble a desarrollar, depende del mercado de renta que se supone conocida y está determinada por.

$$S_{vi}=H_m.P_{vi}$$

Donde

S_{vi} Es el tipo de inmueble v construido en la zona i

H_m El total de los agentes en mercado m que se localizan en la ciudad

P_{vi} Representa la probabilidad de construcción del tipo de vivienda v en la zona i

Como en el caso de la demanda, el modelo queda definido por un modelo logit multinomial donde las opciones quedan representadas por los tipos de inmuebles a desarrollar que serán demandados por los consumidores dependiendo de sus gustos y posibilidades de compra. Los dos modelos definen las condiciones de equilibrio de mercado.

El modelo urbano se implementó solo para los horizontes futuros (2017 en adelante), por lo que su calibración se limita a una corrida del escenario base con la oferta inmobiliaria fija y validando la localización de los agentes contra lo existente hoy en día. La calibración del MU sigue el mismo principio del MT: busca replicar las condiciones actuales con la menor afectación en la flexibilidad del modelo, de forma tal que pueda reaccionar ante las acciones y estrategias a desarrollar.

Más importante que la calibración del MU, es la validación de los escenarios futuros que se ha realizado. Contrastando las salidas del MU con los resultados del taller (perspectivas de crecimiento), y la opinión de los expertos del equipo de trabajo, se ha establecido una posición acerca de la capacidad del modelo para representar la locación futura de los agentes y la validez de sus resultados. El modelo no representa singularidades sino la estructura general, por lo cual algunos ajustes manuales puntuales han sido implementados.

A continuación se detallan los insumos del MU en cada uno de sus componentes, así como gráficos y tablas resumen de los valores utilizados en la modelación.

6.2.3.1 *Supuestos del modelo urbano*

A continuación se presentan los supuestos del modelo urbano que en general son simplificaciones de efectos mucho más complejos que no pueden ser modelados por la metodología seleccionada, o para la que no se cuenta con información suficiente. Los supuestos presentados a continuación están acompañados de la metodología y justificaciones correspondientes, que permiten de alguna forma incorporar estos elementos dentro del estudio en general.

- La condición de equilibrio supone que la oferta inmobiliaria coincide exactamente con la demanda, por lo que no existe la posibilidad de tener inmuebles vacíos o abandonados. El grupo consultor ha identificado la asimetría entre la oferta y la demanda como un tema importante en el caso panameño, por lo que durante el proceso de modelación se ha verificado que aquellas zonas con una capacidad que no ha sido incluida en el modelo, sea ocupada paulatinamente en los horizontes de simulación.
- El modelo supone que todos los agentes participan del mercado inmobiliario formal, lo cual pierde validez en los casos extremos de la escala socioeconómica. De especial relevancia es el caso de los hogares de menores ingresos, que no pueden participar del mercado formal y se ven obligados a participar de un mercado informal que les representa menores costos. Estos hogares han sido identificados en datos censales. Para efectos del estudio estos han sido localizados según la tendencia histórica.
- Los agentes no residenciales modelados no son los únicos que se localizan en las zonas urbanas. El empleo institucional y los lugares de estudio no siguen una lógica de mercado directamente, sino que obedecen a decisiones estratégicas relacionadas con los temas que conciernen a cada uno. En el estudio se ha supuesto que el empleo institucional y oferta educativa nueva corresponde exclusivamente a servicios relacionados con la nueva población, por lo cual se localiza proporcionalmente a las nuevas ubicaciones.
- El modelo considera que la estructura de los hogares se mantiene estática a lo largo del periodo de estudio. Es decir que los tamaños de los hogares son estáticas y que la proporción de cada tipo de hogar según tamaño permanece constante durante los periodos de simulación.

Estos supuestos son valorados con mayor detalle en los demás numerales de esta sección.

6.2.3.2 *Conceptualización del modelo urbano*

Para el MU se consideraron 2 mercados independientes²¹: residencial y no residencial. La desagregación de los mercados es mayor para el mercado residencial, donde se consideraron 9 tipos de agente diferenciados por nivel de ingreso y tamaño del hogar. El mercado no residencial esta desagregado en empresas de servicios, comercio, e industria.

²¹ Independientes significa que sus agentes compiten dentro del propio mercado y no ofrecen posturas en otros mercados (e.g hogares en mercado residencial exclusivamente). Esto no significa que los mercados no compitan entre sí por el espacio disponible, si las restricciones así lo permiten.

El modelo ha buscado representar de la forma más detallada posible el mercado residencial ya que es este el principal generador de viajes en la ciudad, el cual es por supuesto el tema principal de este estudio. El mercado no residencial ha sido conceptualizado de forma tal que permita generar la variable de empleo la cual es el principal atractor de los viajes en el área de estudio.

Debido a que el modelo de transporte no ha considerado el sector del empleo como un elemento en la segmentación de la demanda, no se hizo necesario desagregar esta componente dentro del modelo de transporte.

Los tipos de inmueble a producir son 4 para el mercado residencial y 3 para el no residencial. En el mercado residencial estos han sido formulados de forma tal que representen las preferencias de consumo de los diferentes hogares en cuanto al tamaño y tipo del inmueble, el cual se refleja en un equivalente de espacio consumido y una oferta inmobiliaria característica de cada zona. Por otra parte el mercado no residencial contiene inmuebles que permiten la localización del empleo como objetivo principal.

Los inmuebles se generan dentro de las limitaciones de espacio de cada zona, y las tipologías permitidas. Cada inmueble consume una cantidad de espacio predeterminada según la zona donde se genere, y esta determina cuantos otros inmuebles aún pueden localizarse.

La localización y generación de los inmuebles se realiza siguiendo la formulación matemática explicada en el numeral anterior. Una vez localizados los agentes se procede a localizar los agentes que no obedecen la lógica de mercado, es decir los agentes de ingresos más bajos, el empleo institucional y la oferta educativa.

6.2.3.3 Descripción de los agentes residenciales y no residenciales

El total de agentes considerados en el estudio es doce. De este total, nueve son de tipo residencial y los tres restantes del tipo no residencial. Todos son consumidores de bienes inmuebles.

La principal diferenciación entre los agentes tipo residencial está dada por su tamaño y nivel de ingreso. El hogar puede ser de tamaño pequeño, mediano o grande y su nivel de ingreso puede ser bajo, medio o alto. Las anteriores características se combinan para generar nueve agentes del tipo residencial:

- Hogar Pequeño con Ingreso Alto (H1)
- Hogar Mediano con Ingreso Alto (H2)
- Hogar Grande con Ingreso Alto (H3)
- Hogar Pequeño con Ingreso Bajo (H4)
- Hogar Mediano con Ingreso Bajo (H5)
- Hogar Grande con Ingreso Bajo (H6)
- Hogar Pequeño con Ingreso Medio (H7)
- Hogar Mediano con Ingreso Medio (H8)
- Hogar Grande con Ingreso Medio (H9)

El principal atributo del hogar pequeño es que está conformado por uno o dos miembros en la familia. Los hogares medianos se conforman por tres o cuatro personas y los hogares grandes por cinco o más miembros.

Cada uno de los hogares tiene un ingreso mensual medido en balboas al mes (B/mes). Los hogares con ingresos bajos tienen percepciones menores a 1,000 balboas al mes, los hogares con ingreso medio perciben entre 1,000 y 2,000 balboas al mes y los hogares con ingreso alto perciben más de 2,000 balboas al mes.

Los agentes del tipo no residencial se caracterizan por ser firmas que desarrollan actividades económicas. Han sido caracterizados por su actividad comercial y se ha asignado un tamaño que guarda relación con el número de empleos por unidad de área. Los tres agentes considerados en el mercado no residencial son los siguientes:

- Firmas ubicadas en oficinas (NR1)
- Firmas ubicadas en locales comerciales (NR2)
- Firmas ubicadas en plantas industriales (NR3)

Dentro de las firmas ubicadas en oficinas se consideran los siguientes tipos de actividades: organismos internacionales, bancos, financieras, cooperativas, sitios de alojamiento, locales de oficinas, escuelas de educación básica, media, superior y centros de investigación, entre otros.

Para las firmas situadas en locales comerciales se consideran los siguientes tipos de actividades: instituciones de salud pública y privada, restaurantes, refresqueras, cafeterías, parrilladas, supermercados, sitios recreativos como discotecas, casinos, bares, etc.

Para las firmas ubicadas en plantas industriales se consideran las actividades que involucran transformación de la materia prima tales como: panaderías, trapiches, ebanisterías, tapicerías, herrerías, industria de calzado, etc.

Cada una de las tres firmas definidas tiene un promedio de personas empleadas. Las firmas en comercio emplean a 13 personas, las firmas en oficina emplean a 8 trabajadores y finalmente las firmas en plantas industriales emplean en promedio a 22 personas. En la Tabla 6-33 se resumen las principales características de los 12 agentes.

Tabla 6-33 Características de los agentes

Mercado	Agente	Tamaño (personas)	Ingreso (balboas/mes)	Personas empleadas (promedio)
Residencial	Hogar Pequeño con Ingreso Alto (H1)	1-2	> 2,000	-
	Hogar Mediano con Ingreso Alto (H2)	3-4	> 2,000	-
	Hogar Grande con Ingreso Alto (H3)	>=5	> 2,000	-
	Hogar Pequeño con Ingreso Bajo (H4)	1-2	1,000 - 2,000	-
	Hogar Mediano con Ingreso Bajo (H5)	3-4	1,000 - 2,000	-
	Hogar Grande con Ingreso Bajo (H6)	>=5	1,000 - 2,000	-
	Hogar Pequeño con Ingreso Medio (H7)	1-2	< 1,000	-
	Hogar Mediano con Ingreso Medio (H8)	3-4	< 1,000	-
	Hogar Grande con Ingreso Medio (H9)	>=5	< 1,000	-
No Residencial	Firmas ubicadas en oficinas	-	-	13
	Firmas ubicadas en locales comerciales	-	-	8
	Firmas ubicadas en plantas industriales	-	-	11

Fuente. Grupo consultor, 2015

6.2.3.4 Descripción de los tipos de inmuebles

La oferta inmobiliaria es el conjunto de bienes inmuebles disponibles para ser ocupados ya sea por hogares o por firmas, según el mercado. De los siete inmuebles considerados cuatro son del tipo habitacional y tres del no residencial.

Los cuatro inmuebles del tipo residencial son: casa pequeña, casa mediana, casa grande y apartamento. Cada tipo de inmueble posee ciertos atributos. La casa pequeña es una casa habitacional que comprende un máximo de dos habitaciones, una construcción promedio de 58 m² y un área en lote de 165 m².

La casa mediana cuenta entre dos y tres habitaciones con un área construida de 80 m² y un tamaño de lote de hasta 200 m². Las casas grandes son aquellas que tienen entre tres y cuatro habitaciones, poseen una construcción de 250 m² en promedio y un área en lote de 350 m² como máximo. Las viviendas tipo apartamento poseen una media de dos habitaciones, se encuentran ubicadas en edificios de 17 pisos en promedio y cuentan con un tamaño de 90 m² como media.

El cálculo del espacio específico ocupado por cada inmueble es explicado más adelante. Este es específico para cada zona.

Los tres inmuebles restantes del tipo no residencial son: oficinas, comercios e industrias. Las oficinas se encuentran en edificaciones de 15 pisos. Cuentan con un espacio construido de 100 m² como media y una superficie de lote promedio de 2500 m². Por otro lado los locales comerciales tienen tres pisos en su estructura como máximo. Tienen área construida de 80 m² como promedio y como máximo 100 m². Finalmente los inmuebles usados por la industria presentan área construida como mínimo de una hectárea y como máximo de cinco

hectáreas. En la Tabla 6-34 se resumen las principales características de los tipos de edificaciones.

Tabla 6-34 Características de las edificaciones

Uso y tipo de Edificación		Número de habitaciones		Número de pisos o pisos de la estructura			Área construida del inmueble individual (m ²)		
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
Residencial	Casa pequeña	1	2	1	1	2	55	58	60
	Casa mediana	2	3	1	2	3	60	80	100
	Casa grande	3	4	1	2		100	250	400
	Apartamentos	2		12	17		70	90	110
NO Residencial	Oficinas	-	-	10	15	20	26	51	77
	Comercios	-	-	1	2	3	34	46	57
	Industria	-	-	-	-	-	0.74 ha	2.21 ha	3.68 ha

Fuente. Grupo consultor, 2015

6.2.3.5 Descripción de los mercados

Se contemplaron dos mercados: residencial y no residencial. Cada tipo de agente tiene la posibilidad de consumir un tipo de inmueble según el mercado en el que se encuentre. La siguiente tabla describe la forma como se encuentran relacionadas la oferta inmobiliaria y la demanda.

Tabla 6-35 Preferencias de consumo de inmuebles por cada agente.

Agente consumidor	Casa Pequeña	Casa Mediana	Casa Grande	Apartamento	Oficinas	Locales Comerciales	Plantas Industriales
Hogar Pequeño con Ingreso Bajo	*	*	*	*			
Hogar Pequeño con Ingreso Medio	*	*	*	*			
Hogar Pequeño con Ingreso Alto	*	*	*	*			
Hogar Mediano con Ingreso Bajo	*	*	*	*			
Hogar Mediano con Ingreso Medio	*	*	*	*			
Hogar Mediano con Ingreso Alto	*	*	*	*			
Hogar Grande con Ingreso Bajo	*	*	*	*			
Hogar Grande con Ingreso Medio	*	*	*	*			
Hogar Grande con Ingreso Alto	*	*	*	*			
Firmas ubicadas en oficinas					*	*	*
Firmas en locales comerciales					*	*	*
Firmas en plantas industriales					*	*	*

Fuente. Grupo consultor, 2015

En la Tabla 6-35 se puede apreciar que los hogares, independientemente de su ingreso y tamaño, pueden consumir casas ya sean de tamaño pequeño, mediano o grande. Las firmas ubicadas en oficinas, comercios o industrias pueden consumir oficinas, locales comerciales o plantas industriales²². Además se puede apreciar que las tres firmas pueden consumir locales, comercios o plantas industriales. Este supuesto se utilizó para el proceso de modelación, sin embargo las funciones de localización se encargan de localizar cada agente en el tipo de inmueble correspondiente a su uso.

6.2.3.6 *Accesibilidad*

El archivo de accesibilidad es la salida del MT que es utilizada en el MU como insumo para generar la localización de los agentes. La accesibilidad se calcula como el promedio del tiempo de viaje según dos categorías:

- Tiempo de viaje al trabajo
- Tiempo de viaje otros

El tiempo de viaje al trabajo es utilizado por las funciones de localización del mercado residencial, mientras que el tiempo de viaje con otros motivos es utilizado por el mercado no residencial.

Este es calculado como el promedio de todos los viajes en estas dos categorías para cada zona, ponderado por par de viaje y por modo, resultando en dos valores para cada zona.

6.2.3.7 *Totales de agentes para localización*

Los hogares y firmas, conforman el total de agentes que buscan localizarse en el área metropolitana de Panamá (AMP). Para calcular el total de hogares y firmas se realizaron proyecciones en el periodo comprendido entre los años 2015 a 2050. Tomando como año base 2014.

La información utilizada para la proyección de los hogares se obtuvo de los censos de población, proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Para la proyección de las firmas se utilizó información obtenida del Directorio de Empresas y Locales.

A partir de los valores calculados en las proyecciones de hogares y de firmas se obtuvo el total de agentes por tipo para los años: 2015, 2017, 2020, 2025, 2030 y 2035. El total de hogares se obtiene directamente de las proyecciones, mientras el total de firmas se calcula a partir del número de empleos por sector dividido entre el número de empleos por agente. Los totales de empleo institucional y educación se toman directamente de las proyecciones. El total de hogares y firmas se muestra en la Tabla 6-36.

²² Las tablas aunque permiten esta interrelación entre agentes e inmuebles del mercado no residencial, la posibilidad de que por ejemplo, una oficina se localice en un inmueble comercial o industrial se encuentra bloqueada por las funciones de localización.

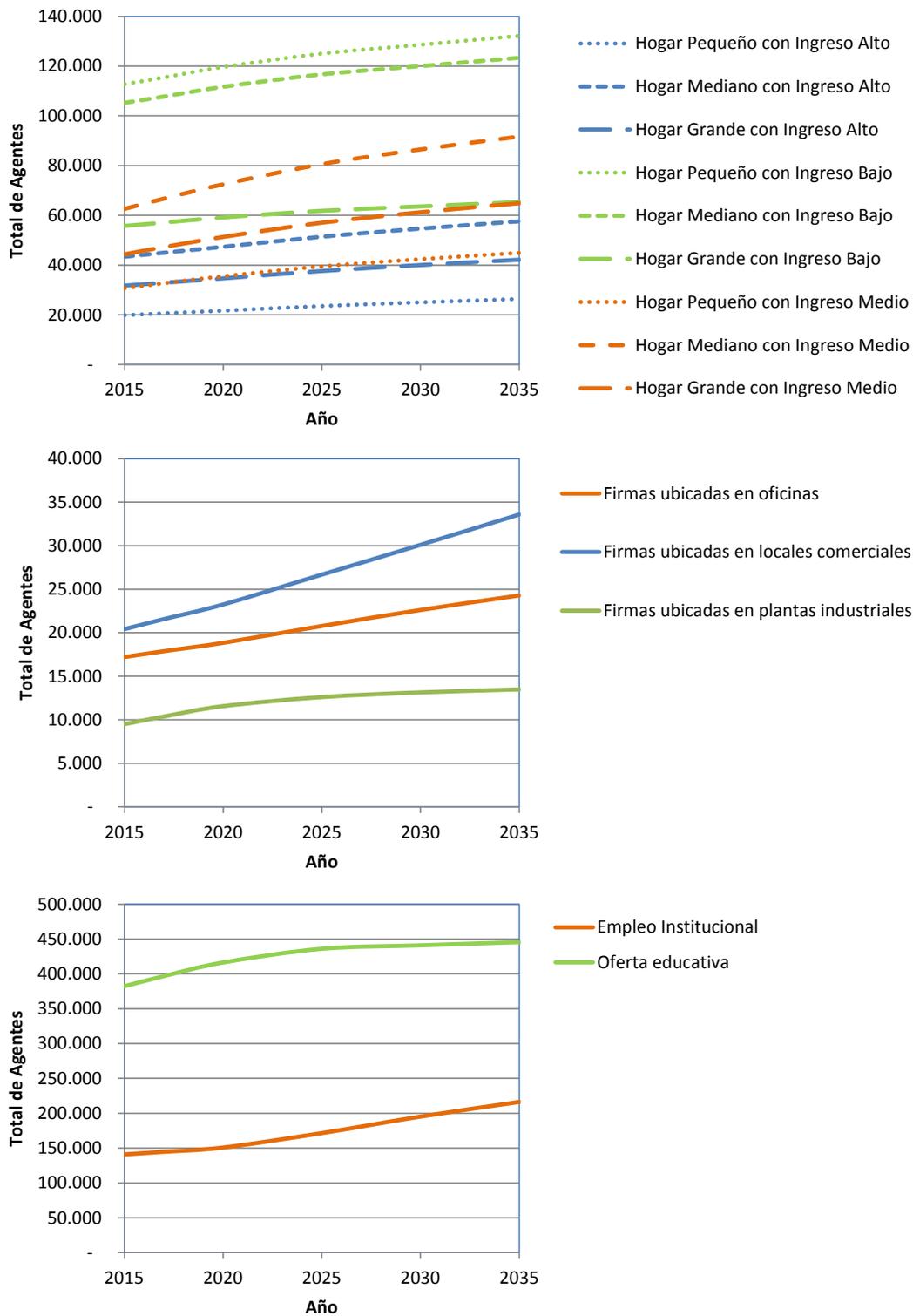
Tabla 6-36 Total de agentes por tipo

ID	Agentes/Proyecciones	2015	2017	2020	2025	2030	2035
1	Hogar Pequeño con Ingreso Alto	19.841	20.577	21.668	23.526	25.015	26.355
2	Hogar Mediano con Ingreso Alto	43.364	44.972	47.357	51.419	54.673	57.602
3	Hogar Grande con Ingreso Alto	31.733	32.909	34.654	37.627	40.008	42.151
4	Hogar Pequeño con Ingreso Bajo	112.736	115.461	119.651	125.024	128.588	132.168
5	Hogar Mediano con Ingreso Bajo	105.223	107.767	111.677	116.692	120.019	123.361
6	Hogar Grande con Ingreso Bajo	55.755	57.103	59.174	61.832	63.594	65.365
7	Hogar Pequeño con Ingreso Medio	30.683	32.696	35.517	39.483	42.383	44.909
8	Hogar Mediano con Ingreso Medio	62.618	66.727	72.485	80.579	86.496	91.653
9	Hogar Grande con Ingreso Medio	44.340	47.249	51.326	57.058	61.248	64.899
10	Firmas ubicadas en oficinas	17.206	17.883	18.837	20.773	22.612	24.283
11	Firmas ubicadas en locales comerciales	20.415	21.571	23.244	26.678	30.097	33.586
12	Firmas ubicadas en plantas industriales	9.499	10.376	11.568	12.605	13.143	13.486
	Empleo Institucional	140.989	144.729	150.780	171.532	195.242	216.235
	Oferta educativa	382.231	396.768	416.313	436.005	440.927	445.581

Fuente. Grupo consultor, 2015

En la figura siguiente se aprecian con mayor facilidad los valores de la tabla anterior.

Figura 6-46. Total de agentes por tipo y por año



Fuente. Grupo consultor, 2015

6.2.3.8 Modelo de localización de agentes residenciales

El modelo se estimó a partir de la encuesta a una muestra de hogares de la ciudad de Panamá realizada por el grupo consultor.

Sean

h : tipo de hogar del hogar individual de la muestra

w : vivienda individual de la muestra

i : zona donde se ubica la vivienda de la muestra

1_{wi}^{me} : 1 si w es casa mediana (casa con área de terreno mayor a 100 m² y menor o igual a 200 m²)

1_{wi}^{gr} : 1 si w es casa grande (casa con área de terreno mayor a 200 m²)

1_{wi}^{dep} : 1 si w es departamento

TV_{hi}^{tra} : Tiempo de viaje promedio al trabajo de un hogar de tipo h desde la zona i

H_{HOgi} : N° de hogares/viviendas localizados en zona i

A_{COMi} : Área de terreno urbana usada por Comercio en la zona i

$$B_{hwi} = b_h + \beta_{1h}1_{wi}^{me} + \beta_{2h}1_{wi}^{gr} + \beta_{3h}1_{wi}^{dep} + \beta_{4h}TV_{hi}^{tra} + \beta_{5h}\frac{H_{HOgi}}{A_{COMi}}$$

Los siguientes son los coeficientes estimados para cada uno de los 9 tipos de hogares:

Tabla 6-37 Coeficientes estimados para el modelo de localización residencial.

Tipo de Hogar	b_h	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	8,43	-0,105466835	0,2551181	-0,09655613	-0,043	0,0000527000
2	7,57	-0,21093367	0,5102362	-0,19311225	-0,048	0,0000616000
3	5,86	1,3949136	2,2945812	1,8327031	-0,06	0,0000176000
4	5,03	0,14263724	-0,045976803	-0,611145	-0,012	0,0000149000
5	4,60	0,3551312	0,29627588	-0,3965994	-0,016	0,0000248000
6	2,03	2,295717	3,1581607	2,0676177	-0,019	0,0000152000
7	4,02	0,26874146	-0,06534652	0	-0,025	0,0000237000

Tipo de Hogar	b_h	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
8	-0,39	0,65686864	0,3257822	-0,78864264	-0,002	0,0000223000
9	-1,01	0,8931148	1,3450142	-0,10620539	-0,004	0,0000156000

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo estimado de localización residencial en Cube Land:

$$B_{hvi} = \beta_{1h}1_{vi}^{me} + \beta_{2h}1_{vi}^{gr} + \beta_{3h}1_{vi}^{dep} + \beta_{4h}TV_{hi}^{tra} + \beta_{5h} \frac{H_{HOGi}}{A_{COMi}}$$

La variable $\frac{H_{HOGi}}{A_{COMi}}$ es endógena y está definida como la interacción entre 2 variables endógenas:

$$\frac{H_{HOGi}}{A_{COMi}} = H_{HOGi} * A_{COMi}^{-1}$$

donde,

$$H_{HOGi} = \sum_{h=1}^9 \sum_{v=1}^4 H_{hvi}$$

$$A_{COMi} = A_{11i} = q_{NRi}H_{11i} = \sum_{v=5}^7 q_{NRi} * H_{11vi}$$

El coeficiente q_{NRi} es el área de terreno promedio de un bien inmueble no residencial en la zona i . Esta cantidad se calcula con información del período base de la siguiente forma:

$$q_{NRi} = \begin{cases} \frac{A_{11i}}{H_{11i}} & \forall i / H_{11i} > 0 \\ \bar{q}_{NR} & \forall i / H_{11i} = 0 \end{cases}$$

donde

$$\begin{aligned}\bar{q}_{NR} &= \frac{\sum_{z=1}^{160} A_{11z}}{\sum_{z=1}^{160} H_{11z}} = \frac{\sum_{z=1/H_{11z} \neq 0}^{160} A_{11z}}{\sum_{z=1/H_{11z} \neq 0}^{160} H_{11z}} = \frac{\sum_{z=1/H_{11z} > 0}^{160} \frac{A_{11z}}{H_{11z}} H_{11z}}{\sum_{z=1/H_{11z} > 0}^{160} H_{11z}} \\ &= \sum_{z=1/H_{11z} > 0}^{160} \left(\frac{A_{11z}}{H_{11z}} \right) \frac{H_{11z}}{\sum_{z=1/H_{11z} > 0}^{160} H_{11z}}\end{aligned}$$

Como se observa, \bar{q}_{NR} es un promedio ponderado de los factores $\frac{A_{11z}}{H_{11z}}$ donde $H_{11z} > 0$. Además, para que este promedio esté bien calculado debe cumplirse que $H_{11z} = 0$ si sólo si $A_{11z} = 0$.

Los parámetros q_{NRi} pueden cambiarse dependiendo de la simulación que se ejecute, fijándose así diferentes escenarios. Estas cantidades podrían variar por tipo v , pero no se dispone de información de A (área de terreno ocupada por Comercio) y H (localización no residencial del uso Comercio) por tipo v para realizar este cálculo.

Para que $\frac{H_{HOGi}}{A_{11i}}$ no se indetermina, se debe cumplir que $A_{11i} > 0$. La variable A_{11i} se calcula como:

$$A_{11i} = \sum_{v=5}^7 q_{NRi} * H_{11vi} = \sum_{v=5}^7 q_{NRi} * S_{vi} * P_{11/vi}$$

Los términos q_{NRi} y $P_{11/vi}$ no son nulos, de modo que para que $A_{11i} > 0$ debe cumplirse que para toda zona i debe existir al menos un $v^* \in \{5,6,7\}$ tal que su oferta inmobiliaria no residencial no sea nula, es decir, $S_{v^*i} > 0$. Esta condición puede violarse solamente cuando se ejecuta una simulación con oferta fija, porque el modelo Cube Land de Oferta no produce oferta nula en ninguna combinación (v,i) .

Por lo tanto, cuando se desea ejecutar una simulación con oferta fija, con una zona i sin oferta no residencial, se debe cambiar esta condición y generar una oferta mínima positiva para al menos un $v \in \{5,6,7\}$ en esa zona. Por ejemplo:

$$S_{5i} = 0, S_{6i} = 1, S_{7i} = 0$$

Por lo tanto, en estas zonas se obtiene:

$$A_{COMi} = \bar{q}_{COM} * P_{COM/6i}$$

Modelo de localización de agentes no residenciales

Este modelo se estimó a partir de una muestra de firmas de la ciudad de Panamá realizada por el grupo consultor.

Sean

h : tipo de hogar del hogar individual de la muestra

w : vivienda individual de la muestra

i : zona donde se ubica la vivienda de la muestra

E_i : N° de empleados en la zona i

H_{HOGi} : N° de hogares localizados en zona i

TV_{hi}^{trab} : Tiempo de viaje promedio al trabajo de un hogar de tipo h desde la zona i

TV_{hi}^{otr} : Tiempo de viaje promedio de un hogar de tipo h a otros propósitos desde la zona i

$$B_{hvi} = b_h + \beta_{1h}E_i + \beta_{2h}H_{HOGi} + \beta_{3h}TV_{hi}^{trab} + \beta_{4h}TV_{hi}^{otr}$$

Los siguientes son los coeficientes estimados para cada uno de los 9 tipos de hogares

Tabla 6-38 Coeficientes estimados para el modelo de localización no residencial.

Tipo de firma	b_h	β_1	β_2	β_3	β_4
10	1,69	0,0022351327	0,0001841046	-0,0000280823	-0,0079774170
11	0,46	0,0055804060	0,0006693984	-0,0000904774	-0,0348048960
12	1,08	0,0039077695	0,0004267515	-0,0000592799	-0,0213911550

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo de renta residencial en Cube Land:

$$r_{vi} = \beta_1 LS_{vi} + \beta_2 \frac{E_{INDi}}{A_i} + \beta_3 \frac{Pob_i}{A_i} + \beta_4 \frac{E_{SERi}}{A_i} + \beta_5 A_i + \beta_6 1_{wi}^{me} + \beta_7 H_{HOGi} + \beta_8 TV_{hi}^{tra}$$

La variable H_{HOGi} es endógena y ya fue definida en la especificación del modelo de localización residencial. La otra variable que es endógena es E_i y se define de la siguiente forma:

$$E_i = \sum_{h=10}^{12} E_{hi} = e_i * H_{FIRi} = \sum_{h=10}^{12} \sum_{v=5}^7 e_i * H_{hvi}$$

donde,

H_{FIRi} : n° de firmas (agentes no residenciales) en la zona i .

e_i : n° promedio de trabajadores por firma en la zona i . Esta cantidad se calcula con información del período base de la siguiente forma:

$$e_i = \begin{cases} \frac{E_i}{H_{FIRi}} & \forall i / H_{FIRi} > 0 \\ \bar{e} & \forall i / H_{FIRi} = 0 \end{cases}$$

donde

$$\bar{e} = \frac{\sum_{Z=1}^{160} E_Z}{\sum_{Z=1}^{160} H_{FIRZ}}$$

Al igual que en el caso de \bar{q}_{COM} , \bar{e} es un promedio ponderado de los factores $\frac{E_i}{H_{FIRi}}$ donde $H_{FIRi} > 0$. También, para que este promedio esté bien calculado debe cumplirse que $H_{FIRZ} = 0$ si sólo si $E_Z = 0$.

Los parámetros e_i pueden cambiarse dependiendo de la simulación que se ejecute, fijándose así diferentes escenarios. Estas cantidades podrían variar por tipo v , pero no se dispone de información de E (empleo) y H (localización no residencial) por tipo v para realizar este cálculo.

6.2.3.9 Modelo de renta residencial

El modelo fue estimado a partir de la encuesta a una muestra de hogares de la ciudad de Panamá elaborada por el grupo consultor.

Sean

w : vivienda individual de la muestra

i : zona donde se ubica la vivienda de la muestra

LS_{wi} : Ln suma asociado al modelo Logit de Localización residencial para la vivienda (w, i)

E_{SERi} : N° de empleados de actividad Servicios en la zona i

E_{INDi} : N° de empleados de actividad Industria en la zona i

Pob_i : Población urbana en la zona i

A_i : Área de terreno urbana en la zona i

1_{wi}^{me} : 1 si w es casa mediana (casa con área de terreno mayor a 100 m² y menor o igual a 200 m²)

H_{HOGi} : N° de hogares localizados en zona i

TV_{hi}^{tra} : Tiempo de viaje promedio al trabajo de un hogar de tipo h desde la zona i

$$r_{wi} = \beta_1 LS_{wi} + \beta_2 \frac{E_{INDi}}{A_i} + \beta_3 \frac{Pob_i}{A_i} + \beta_4 \frac{E_{SERi}}{A_i} + \beta_5 A_i + \beta_6 1_{wi}^{me} + \beta_7 H_{HOGi} + \beta_8 TV_{hi}^{tra}$$

Tabla 6-39 Coeficientes estimados para el modelo de renta residencial

Parámetro	Valor estimado
β_1	30,56414
β_2	87430,23
β_3	-10502,26
β_4	79209,83
β_5	0,0000126
β_6	-66,33188
β_7	-0,019293
β_8	-1,260512

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo de renta residencial en Cube Land:

$$r_{vi} = \beta_1 LS_{vi} + \beta_2 \frac{E_{INDi}}{A_i} + \beta_3 \frac{Pob_i}{A_i} + \beta_4 \frac{E_{SERi}}{A_i} + \beta_5 A_i + \beta_6 1_{wi}^{me} + \beta_7 H_{HOGi} + \beta_8 TV_{hi}^{tra}$$

La variable H_{HOGi} es endógena y ya fue definida en la especificación del modelo de localización residencial. Las otras variables endógenas son $\frac{E_{INDi}}{A_i}$, $\frac{E_{SERi}}{A_i}$ y $\frac{P_i}{A_i}$, las cuales se definen de la siguiente forma:

$$\frac{E_{SERi}}{A_i} = \frac{E_{10i}}{A_i} = E_{10i} * A_i^{-1}$$

$$\frac{E_{INDi}}{A_i} = \frac{E_{12i}}{A_i} = E_{12i} * A_i^{-1}$$

$$\frac{Pob_i}{A_i} = Pob_i * A_i^{-1}$$

Por lo tanto, $\frac{E_{INDi}}{A_i}$, $\frac{E_{SERi}}{A_i}$ y $\frac{P_i}{A_i}$ son el resultado de la interacción de la variable no endógena A_i y las variables endógenas:

$$E_{SERi} = E_{10i} = e_{10i} * H_{10i} = \sum_{v=5}^7 e_{10i} * H_{10vi}$$

$$E_{INDi} = E_{12i} = e_{12i} * H_{12i} = \sum_{v=5}^7 e_{12i} * H_{12vi}$$

$$Pob_i = n_i * H_{HOGi} = \sum_{h=1}^9 \sum_{v=1}^4 n_i * H_{hvi}$$

Los parámetros e_{10i} y e_{12i} , números promedio de trabajadores por tipo de firma 10: Servicios y 12: Industria en la zona i , respectivamente, se calculan con información del período base de la siguiente forma:

$$e_{hi} = \begin{cases} \frac{E_{hi}}{H_{hi}} & \forall i / H_{hi} > 0 \\ \bar{e}_h & \forall i / H_{hi} = 0 \end{cases} \quad \forall h = 10, 12$$

donde

$$\bar{e}_h = \frac{\sum_{z=1}^{160} E_{hz}}{\sum_{z=1}^{160} H_{hz}} \quad \forall h = 10, 12$$

El parámetro n_i : nº promedio de personas en el hogar, para los hogares localizados en la zona i , se calcula con información del período base de la siguiente forma:

$$n_i = \begin{cases} \frac{Pob_i}{H_{HOGi}} & \forall i / H_{HOGi} > 0 \\ \bar{n} & \forall i / H_{HOGi} = 0 \end{cases}$$

donde

$$\bar{n} = \frac{\sum_{z=1}^{160} Pob_z}{\sum_{z=1}^{160} H_{HOGz}}$$

6.2.3.10 Modelo de renta no residencial

El modelo se estimó a partir de la encuesta a una muestra de firmas de la ciudad de Panamá realizada por el grupo consultor.

Sean

w : bien inmueble individual de la muestra

i : zona donde se ubica el bien inmueble de la muestra

LS_{wi} : Ln suma asociado al modelo Logit de Localización no residencial para el bien inmueble (w, i)

ST_{wi} : Superficie de terreno del bien inmueble

Pob_i : Población urbana en la zona i

A_i : Área de terreno urbana en la zona i

$$r_{wi} = \beta_0 + \beta_1 LS_{wi} + \beta_2 ST_{wi} + \beta_3 \frac{Pob_i}{A_i}$$

Tabla 6-40 Coeficientes estimados para el modelo de renta no residencial

Parámetro	Valor estimado
β_0	226,8664
β_1	0,884275
β_2	1,312601
β_3	25665,65

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo de renta no residencial en Cube Land:

$$r_{vi} = \beta_0 + \beta_1 LS_{vi} + \beta_2 ST_{vi} + \beta_3 \frac{Pob_i}{A_i}$$

donde $\frac{P_i}{A_i}$ es una variable endógena ya definida en el modelo de renta residencial.

6.2.3.11 Modelos de oferta residencial y no residencial

Los modelos de oferta fueron estimados a partir de información disponible en información censal y encuestas a desarrolladores inmobiliarios llevadas a cabo por el grupo consultor.

Las ecuaciones siguientes describen el modelo de oferta residencial:

$$\frac{S_{vi}}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=1}^4 S_{v'i'}} = P_{vi} = \frac{\exp\left(\lambda(r_{vi} - \sum_k \theta_k^R x_{kvi}^R)\right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=1}^4 \exp\left(\lambda(r_{v'i'} - \sum_k \theta_k^R x_{kv'i'}^R)\right)} \quad v = 1, \dots, 4, i = 1, \dots, 160$$

$$\frac{S_{vi}}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=1}^4 S_{v'i'}} = P_{vi} = \frac{\exp\left((\lambda r_{vi} + \sum_k (-\lambda \theta_k^R) x_{kvi}^R)\right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=1}^4 \exp\left((\lambda r_{v'i'} + \sum_k (-\lambda \theta_k^R) x_{kv'i'}^R)\right)} \quad v = 1, \dots, 4, i = 1, \dots, 160$$

$$\ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^*i^*}}\right) = \lambda(r_{vi} - r_{v^*i^*}) + \sum_k (-\lambda \theta_k^R) (x_{kvi}^R - x_{kv^*i^*}^R) \quad v = 1, \dots, 4, i = 1, \dots, 160$$

Las ecuaciones siguientes describen el modelo de oferta no residencial:

$$\frac{S_{vi}}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=5}^7 S_{v'i'}} = P_{vi} = \frac{\exp\left(\lambda(r_{vi} - \sum_k \theta_k^{NR} x_{kvi}^{NR})\right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=5}^7 \exp\left(\lambda(r_{v'i'} - \sum_k \theta_k^{NR} x_{kv'i'}^{NR})\right)} \quad v = 5, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

$$\frac{S_{vi}}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=5}^7 S_{v'i'}} = P_{vi} = \frac{\exp\left(\lambda r_{vi} + \sum_k (-\lambda \theta_k^{NR}) x_{kvi}^{NR}\right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=5}^7 \exp\left(\lambda r_{v'i'} + \sum_k (-\lambda \theta_k^{NR}) x_{kv'i'}^{NR}\right)} \quad v = 5, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

$$\ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^{**}i^{**}}}\right) = \lambda(r_{vi} - r_{v^{**}i^{**}}) + \sum_k (-\lambda \theta_k^{NR}) (x_{kvi}^{NR} - x_{kv^{**}i^{**}}^{NR}) \quad v = 5, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

A partir de estos se puede establecer un único modelo que englobe a los modelos residencial y no residencial:

$$y_{vi} = \lambda \Delta r_{vi} + \sum_k \beta_k^R \Delta x_{kvi}^R + \sum_k \beta_k^{NR} \Delta x_{kvi}^{NR} \quad v = 1, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

donde

$$y_{vi} = \ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^{**}i^{**}}}\right) 1_v^R + \ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^{**}i^{**}}}\right) 1_v^{NR} \quad v = 1, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

$$1_v^R = 1 \text{ si } v = 1, \dots, 4; 0 \text{ si no}$$

$$1_v^{NR} = 1 \text{ si } v = 5, \dots, 7; 0 \text{ si no}$$

$$\Delta r_{vi} = (r_{vi} - r_{v^{**}i^{**}}) 1_v^R + (r_{vi} - r_{v^{**}i^{**}}) 1_v^{NR} \quad v = 1, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

$$\Delta x_{kvi}^R = (x_{kvi}^R - x_{k^{**}v^{**}i^{**}}^R) 1_v^R$$

$$\Delta x_{kvi}^{NR} = (x_{kvi}^{NR} - x_{k^{**}v^{**}i^{**}}^{NR}) 1_v^{NR}$$

$$\beta_k^R = -\lambda \theta_k^R$$

$$\beta_k^{NR} = -\lambda \theta_k^{NR}$$

A partir de la definición anterior se estimaron los modelos de oferta para los modelos de oferta de los mercados residencial y no residencial.

Modelo oferta inmobiliaria residencial

$$\ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^{**}i^{**}}}\right) = \lambda(r_{vi} - r_{v^{**}i^{**}}) + (-\lambda \theta_1^R)(H_{HOGi} - H_{HOGi^{**}}) + (-\lambda \theta_2^R)(Denocup_i - Denocup_{i^{**}}) + (-\lambda \theta_3^R)(Habinm_i - Habinm_{i^{**}}) \quad v = 1, \dots, 4, i = 1, \dots, 160$$

donde

$$Denocup_i = \frac{Inm_i}{A_i}$$

$$Habinm_i = \frac{Pob_i}{Inm_i}$$

Inm_i : N° de inmuebles ubicados en la zona i . Dado que se supone que cada bien inmueble es ocupado por un agente, entonces Inm_i es la suma de los totales de hogares y firmas ubicados en la zona i .

$$\ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^*i^*}}\right) = \lambda(r_{vi} - r_{v^*i^*}) + (-\lambda\theta_1^R)(H_{HOGi} - H_{HOGi^*}) + (-\lambda\theta_2^R)(Denocup_i - Denocup_{i^*}) + (-\lambda\theta_3^R)(Habinm_i - Habinm_{i^*}) \quad v = 1, \dots, 4, i = 1, \dots, 160$$

Tabla 6-41 Coeficientes estimados para el modelo de oferta inmobiliaria residencial

Parámetro	Valor estimado
λ	0,000905
$-\lambda\theta_1^R$	0,000227
$-\lambda\theta_2^R$	116,5237
$-\lambda\theta_3^R$	0,688227

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo de oferta residencial en Cube Land:

$$P_{vi} = \frac{\exp\left(\lambda\left(r_{vi} - \left((- \theta_1^R)H_{HOGi} + (- \theta_2^R)Denocup_i + (- \theta_3^R)Habinm_i\right)\right)\right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=1}^4 \exp\left(\lambda\left(r_{v'i'} - \left((- \theta_1^R)H_{HOGi'} + (- \theta_2^R)Denocup_{i'} + (- \theta_3^R)Habinm_{i'}\right)\right)\right)}$$

La variable H_{HOGi} es endógena y ya fue definida en la especificación del modelo de localización residencial. Las otras variables que son endógenas son $Denocup_i$ y $Habinm_i$, las cuales se definen de la siguiente forma:

$$Denocup_i = Inm_i * A_i^{-1}$$

$$Habinm_i = Pob_i * Inm_i^{-1}$$

Por lo tanto, $Denocup_i$ es la interacción de la variable no endógena A_i y la variable endógena:

$$Inm_i = \sum_{h=1}^9 \sum_{v=1}^4 H_{hvi} + \sum_{h=10}^{12} \sum_{v=5}^7 H_{hvi}$$

La variable $Habinm_i$ es la interacción de las variables endógenas Pob_i y Inm_i ya definidas

Si en una simulación, existe una zona i tal que $Inm_i = 0$ la variable $Habinm_i$ se indetermina. En una simulación con oferta variable esto no puede ocurrir, sin embargo en una simulación con oferta fija si es posible, si no se coloca oferta alguna residencial y no residencial en una determinada zona. Esto es un error, que debe chequearse de no cometer en futuras implementaciones del modelo.

Modelo oferta inmobiliaria no residencial

$$\ln\left(\frac{S_{vi}}{S_{v^*i^*}}\right) = \lambda(r_{vi} - r_{v^*i^*}) + (-\lambda\theta_1^{NR})(Denocup_i - Denocup_{i^*}) + (-\lambda\theta_2^{NR})(Habviv_i - Habviv_{i^*}) + (-\lambda\theta_3^{NR})(Com_v - Com_{v^*})$$

$$v = 5, \dots, 7, i = 1, \dots, 160$$

donde

$$Habviv_i = \frac{Pob_i}{H_{HOGi}}$$

$$Com_v = 1 \text{ si } v = Com(6); 0 \text{ si no}$$

Tabla 6-42 Coeficientes estimados para el modelo de oferta inmobiliaria no residencial

Parámetro	Valor estimado
λ	0,000905
$-\lambda\theta_1^{NR}$	1033,502
$-\lambda\theta_2^{NR}$	0,766977
$-\lambda\theta_3^{NR}$	1,960033

Fuente. Grupo consultor, 2015

Especificación del modelo de oferta inmobiliaria no residencial en Cube Land

$$P_{vi} = \frac{\exp \left(\lambda \left(r_{vi} - \left((-\theta_1^{NR}) Denocup_i + (-\theta_2^{NR}) Habviv_i + (-\theta_3^{NR}) Com_i \right) \right) \right)}{\sum_{i'=1}^{160} \sum_{v'=5}^7 \exp \left(\lambda \left(r_{v'i'} - \left((-\theta_1^{NR}) Denocup_{i'} + (-\theta_2^{NR}) Habviv_{i'} + (-\theta_3^{NR}) Com_{i'} \right) \right) \right)}$$

La variable $Denocup_i$ es una variable endógena definida en la especificación del modelo de oferta residencial. Por otra parte, la variable $Habviv_i$ no es endógena, porque está definida como $Habviv_i = n_i$. La definición de n_i fue indicada en la especificación del modelo de renta residencial. En efecto,

$$Habviv_i = \frac{Pob_i}{H_{HOGi}} = \frac{n_i * H_{HOGi}}{H_{HOGi}} = n_i$$

Nota: Se podría definir $Habviv_i$ como una variable endógena promedio

$$Habviv_i = \frac{Pob_i}{H_{HOGi}} = \frac{\sum_{h=1}^9 \sum_{v=1}^4 n_{hvi} * H_{hvi}}{\sum_{h=1}^9 \sum_{v=1}^4 H_{hvi}}$$

pero, sólo es posible calcular $n_{hvi} = n_i$ con lo cual la expresión anterior se reduce a:

$$Habviv_i = n_i$$

Restricciones de localización y producción

Cada una de las zonas del estudio posee determinada superficie útil que está determinada por su superficie misma y otros factores como áreas protegidas, planes de desarrollo, etc. Además está estructurada en suelo urbano, vacante y protegido. El suelo urbano es a su vez ocupado por los usos residenciales, comerciales, industriales y de servicios.

Los consumidores del mercado inmobiliario ya sean hogares o firmas, eligen un inmueble que de acuerdo con sus preferencias de localización. Es decir los hogares buscan un sitio donde localizarse, generando en el modelo una vivienda, mientras las firmas un lugar donde situar sus actividades económicas, generando igualmente un inmueble de acuerdo con su actividad.

El suelo urbano es un recurso limitado y que solo puede ser consumido por un agente a la vez. De esta manera cada vez que un agente se localiza en una de las zonas, consume un espacio. En el modelo los desarrolladores inmobiliarios observan esta restricción de espacio. Esta define la cantidad y mezcla de agentes que buscan localizarse en alguna zona.

Los inmuebles no presentan el mismo consumo de espacio en todas las zonas. Para calcular una huella equivalente se realizó un análisis del área ocupada específicamente por cada tipo de inmueble. El análisis se realizó en una muestra de inmuebles por macrozona que

después fue corregida específicamente para cada zona observando la mezcla de inmuebles, los agentes observados en el año de calibración (2014) y el espacio ocupado el mismo año por la suma de todos los agentes. Esto permitió determinar un coeficiente de consumo de suelo para cada zona en el año de calibración.

Los resultados de los coeficientes fueron analizados para agruparlos y generar tipos de zonas según las densidades constructivas características de cada área. Esto permite que cuando las regulaciones constructivas lo permitan, o la presión del mercado lo indique (revelado en el modelo a través de la renta), la modelación permita cambiar la tipología de la zona a una de mayor densidad constructiva permitiendo la entrada de nuevos agentes a la zona, al reducir el espacio ocupado por cada agente localizado.

La tabla que se presenta a continuación presenta un resumen de los valores encontrados y que hacen parte de las restricciones incluidas en el modelo.

Tabla 6-43 Coeficientes en límite superior e inferior por grupos de zonas

Tipo de Inmueble	Limite	Agrupación 1	Agrupación 2	Agrupación 3	Agrupación 4	Agrupación 5
Casa Pequeña	Inferior	85	208	297	467	643
Casa Pequeña	Superior	122	259	340	519	690
Casa Mediana	Inferior	98	249	399	590	858
Casa Mediana	Superior	188	295	463	653	967
Casa Grande	Inferior	122	415	643	918	1319
Casa Grande	Superior	203	508	700	996	1519
Apartamento	Inferior	12	49	76	101	140
Apartamento	Superior	25	56	83	115	152
Oficinas	Inferior	502	1508	5901	8109	12364
Oficinas	Superior	784	2219	5990	8322	13215
Locales comerciales	Inferior	38	281	592	1041	1630
Locales comerciales	Superior	42	319	601	1156	1801
Plantas industriales	Inferior	1965	5962	9433	25263	54709
Plantas industriales	Superior	2097	6354	11514	29743	69614

Fuente. Grupo consultor, 2015

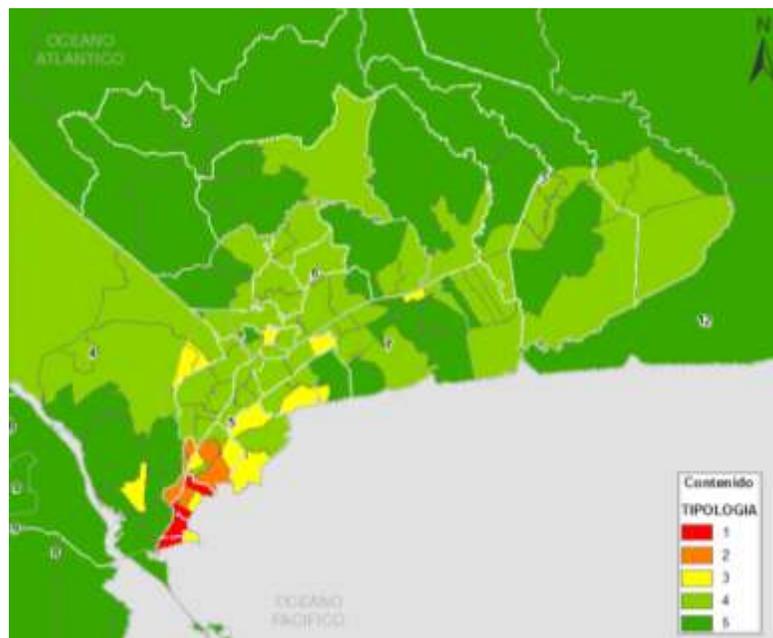
El coeficiente como un indicador representativo de la configuración de los inmuebles, permite realizar una agrupación de las 160 zonas de estudio del AMP. Cada una de estas cuatro agrupaciones comparte atributos y características en sus edificaciones. Los cuatro grupos de zonas: 1, 2, 3, 4, y 5 se muestran en la Tabla 6-44. Los cinco grupos de zonas del área Metropolitana de Panamá se presentan de manera gráfica en la Figura 6-47. Esta hace énfasis en las zonas más densas, por fuera del área mostrada todo es tipología 5 con excepción de Nuevo Arraijan que es tipo 4.

Tabla 6-44 Agrupaciones de zonas

1	2	3	4			5				
2	6	1	9	44	84	139	40	83	123	146
3	8	4	15	45	85	151	42	86	124	147
5	11	10	17	52	87		46	88	125	148
7	13	12	18	54	96		47	89	126	149
2	19	14	21	55	97		48	90	127	150
	20	16	22	57	98		50	92	129	152
		25	23	58	100		51	93	130	153
		26	24	59	101		53	94	131	154
		32	27	60	102		56	95	132	155
		37	28	62	105		61	103	133	156
		41	29	63	106		67	104	134	157
		49	30	64	107		68	110	135	158
		91	31	65	108		71	115	137	159
		99	33	66	109		72	116	138	160
			34	69	111		76	117	140	
			35	70	112		77	118	141	
			36	73	113		78	119	142	
			38	74	114		79	120	143	
			39	75	128		81	121	144	
			43	80	136		82	122	145	

Fuente. Grupo consultor, 2015

Figura 6-47. Representación gráfica de los grupos de zonas



Fuente. Grupo consultor, 2015

6.2.4 Integración del modelo

En esta sección se explica el cálculo de las tablas de intercambio entre los modelos de transporte y urbano. Estas permiten la interacción y funcionamiento del modelo integrado.

6.2.4.1 Accesibilidad

La accesibilidad está relacionada a los tiempos de viaje en el sistema realizados en los modos existentes o simulados en los escenarios. Estos tiempos provienen de la asignación explicada en secciones anteriores y procesadas para estimar un tiempo medio de accesibilidad por zona.

6.2.4.2 Información estructural

La ejecución del modelo genera los agentes localizados, es decir los hogares H1 a H9, y los agentes no residenciales NR1, NR2 y NR3. Estos son utilizados para calcular las salidas para el modelo de transporte.

El primer paso es el cálculo de la proporción de nuevos hogares localizados en cada una de las zonas con respecto al total de nuevos hogares. Este valor por zona (que suma 1 o 100%), se utiliza para localizar con la misma distribución el empleo institucional y la oferta educativa.

A continuación los agentes no residenciales son multiplicados por sus equivalentes de empleo (ver Tabla 6-33 Características de los agentes). El total de empleos es totalizado por zona para generar un único valor. Este es incrementado en 33,879% con el fin de representar el empleo informal²³.

El empleo institucional localizado, y la suma del empleo localizado por el modelo se suman para generar el total del empleo por zona.

Como resultado final se genera una tabla con 160 filas (una por zona), y 11 columnas: 9 para los diferentes tipos de hogares, una para el empleo total, y otra para la oferta educativa.

²³ El porcentaje de empleo informal establecido conjuntamente con el cliente se ha asumido constante para el periodo de estudio.

6.3 METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN SOCIO ECONÓMICAS

El presente estudio se muestra las proyecciones en el periodo 2014-2050 de algunas variables socioeconómicas de la “zona metropolitana de la Ciudad de Panamá”. Concretamente, las variables proyectadas son las siguientes:

- Población ocupada desagregada por sector y actividad económica
- Número de hogares desagregados por rangos de ingreso
- Propiedad vehicular de los hogares (número de vehículos)
- Matrícula educativa por nivel (primaria, secundaria y superior)

El área del estudio es la “zona metropolitana de la Ciudad de Panamá”, definida esta como el conjunto de barrios o lugares poblados (véase la tabla A-1) que comprende aproximadamente desde Chepo (en el Este de la provincia de Panamá) hasta Capira (en el Oeste de la provincia de Panamá). Esta área del estudio no abarca toda la provincia de Panamá, pero representa el 91% de la población ocupada.

A continuación se explicará la metodología utilizada para realizar la proyección de cada una de estas variables, así como algunos resultados obtenidos en el largo plazo

6.3.1 Población ocupada

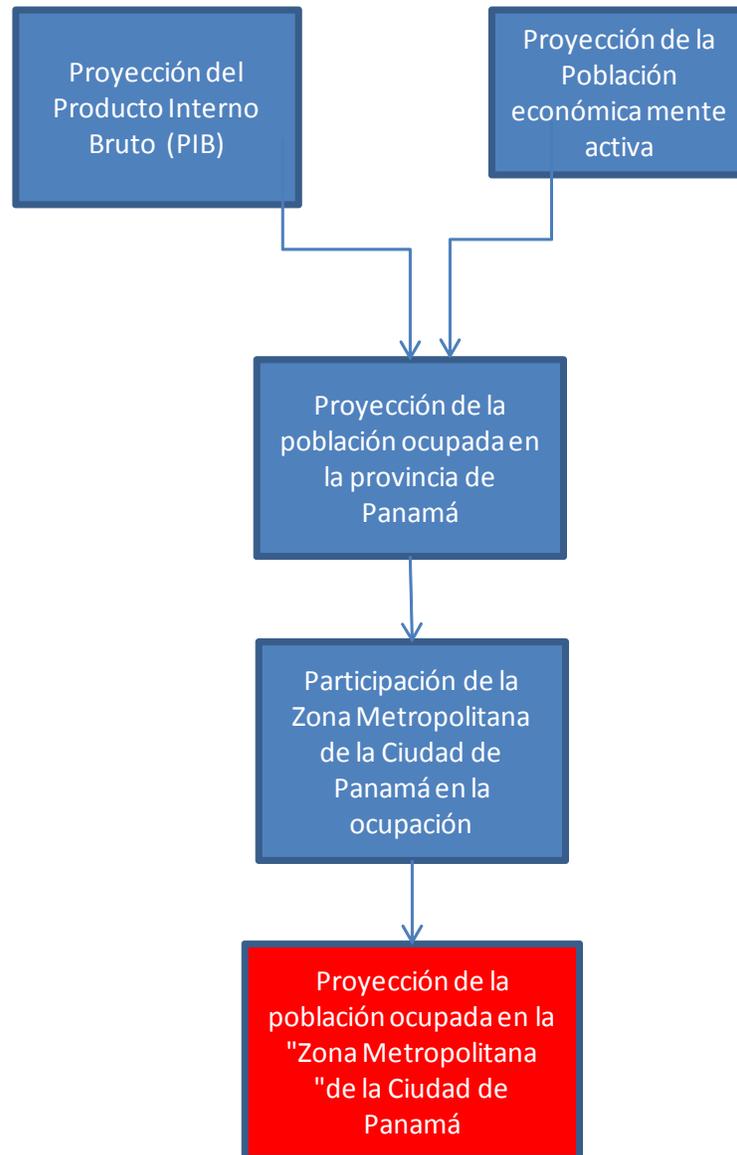
La proyección de la población ocupada se realizó utilizando las variables proyectadas siguientes:

- La población económicamente activa en la provincia de Panamá
- El Producto Interno Bruto (PIB) de la provincia de Panamá
- Participación de la “Zona Metropolitana” en la ocupación de la provincia de Panamá

Dado que tanto la población económicamente activa como el PIB proyectados correspondían a la provincia de Panamá, el resultado fue la proyección de la población ocupada en la provincia de Panamá. Para obtener la población ocupada de la “Zona Metropolitana”, se usó la participación porcentual de ésta en el total de la provincia de Panamá.

La figura que presenta a continuación muestra el flujo de proceso de la proyección.

Figura 6-48 Proyección de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

Proyección de la población económicamente activa

La proyección de la población económicamente activa tomó en consideración la proyección de las variables siguientes:

- La población total de la provincia de Panamá
- La población de 15 y más años de edad en la provincia de Panamá
- La participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo de la provincia de Panamá

Proyección de la población de la provincia de Panamá

Se tomó la proyección existente realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) luego de que se realizó el Censo de Población y Vivienda en 2010²⁴. Esta proyección de la población está disponible hasta el año 2050 y está desagregada por provincias²⁵, distritos²⁶ y corregimientos²⁷.

Población de 15 y más años de edad en la provincia de Panamá

Igualmente, la proyección de la población del INEC está desagregada por edades, lo cual nos permitió separar la población de 15 y más años de edad, para así determinar el número de personas que podría estar participando en la fuerza de trabajo y constituirse así en la población económicamente activa²⁸ de la provincia de Panamá.

Participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo

La proyección de la participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo de la provincia de Panamá se realizó suponiendo que dicho porcentaje crecería durante todo el periodo de la proyección (2014-2050). Específicamente, se analizó el comportamiento histórico de la participación de la población de 15 y más años de edad en la

²⁴ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Estimaciones y Proyecciones de la Población Total del País, por Sexo y Edad, Años 1950-2050”, Boletín No. 13. Octubre de 2012.

http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=474&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3

²⁵ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Estimaciones y Proyecciones de la Población de la República, por Provincia y Comarca Indígena, según sexo y edad: Años 2000-30”. Boletín 14. Octubre de 2012.

http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=491&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3

²⁶ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Estimaciones y proyecciones de la población en la republica, provincia, comarca indígena por distrito, según sexo y edad; 2010-20”. Boletín 15. Octubre de 2012.

http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=499&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3

²⁷ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Estimaciones y proyecciones de la Población Total del País, por Provincia, Comarca Indígena, Distrito y corregimiento, según sexo y edad: años 2010-20”, Boletín No. 16. Octubre de 2012.

http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=556&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3

²⁸ La población económicamente activa es la suma de la población ocupada más la desocupada, mientras que la población no económicamente activa es toda aquella que simplemente participa en la fuerza de trabajo y por lo tanto no forma parte de la oferta de trabajo. En muchas ocasiones una persona de 15 y más años de edad no forma parte de la oferta de trabajo porque está dedicada solamente a estudiar, en el caso de algunos jóvenes, o está jubilado, en el caso de las personas que han alcanzado la edad de jubilación. Algunas personas no participan en la fuerza de trabajo, ni están buscando algún empleo u ocupación; estas personas son consideradas como no económicamente activos.

fuerza de trabajo (PEA) para la provincia de Panamá en el periodo 1994-2014 y se llegó a la conclusión de que esta tiende a crecer a través del tiempo²⁹.

El resultado ascendente de la participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo es el resultado de una cada vez mayor participación de la mujer. Específicamente, al compararse la participación por sexo, se observó que la participación de los hombres es mayor que las de las mujeres, pero que a pesar de esto, a través de los años la participación de estas últimas ha tendido a crecer mientras que la de los hombres se ha mantenido estancada. En 2001, la participación de los hombres fue 78.4%, mientras que en ese mismo año la participación de las mujeres era sólo 47.5%. Comparando estos porcentajes con en el año 2014, se observó que la participación de los hombres se mantenía (78.7%), pero la de las mujeres ha aumentado a 53.5%.

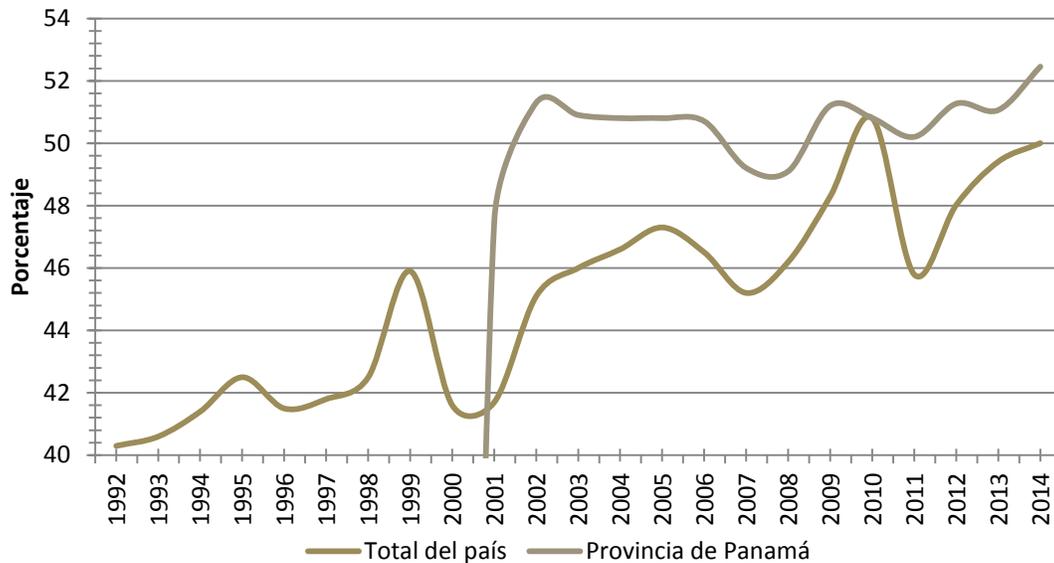
Concretamente, las mujeres están dejando de ser sólo amas de casas, que trabajan en sus hogares, para incorporarse en la fuerza de trabajo. Una mayor educación les ha venido permitiendo a las mujeres incorporarse en el mercado laboral formal y se espera que esta tendencia continúe en el futuro. Se ha tomado en cuenta este hecho como uno de los factores clave para incrementar la participación de la población de 15 y más años de edad en nuestra proyección de la población económicamente activa.

En la gráfica que se presenta a continuación se muestra la participación de la mujer en la PEA. La información se presenta sólo desde 2001 para el caso de la provincia de Panamá debido a que antes de ese año no se presentaba ese resultado en la Estadística del Trabajo³⁰. En la misma gráfica se verifica que la tendencia creciente de la participación de la mujer no es sólo un hecho histórico de la provincia de Panamá sino también de todo el país. Esto implica que, independientemente de cualquier resultado estadístico, cualquier proyección de la PEA debe contener este hecho de crecimiento de la participación de la mujer en la fuerza de trabajo.

²⁹ La información de la provincia de Panamá sólo fue posible obtenerla a partir de 1994 debido a que en el periodo 1983-1993 las encuestas que se hacían para la elaboración de las "Estadísticas del Trabajo", realizadas por la Contraloría General de la República de Panamá, comprendían sólo cuatro regiones que presentaban los resultados en forma agregada en estas cuatro regiones. Estas cuatro regiones eran las siguientes: la Región Oriental, que comprendía la provincia de Darién; la Región Metropolitana, que agregaba las provincias de Panamá y Colón; la Región Central, que agregaba las provincias de Herrera, los Santos, Coclé y Veraguas; la Región Occidental que sumaba las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro. En el periodo de 1977-1982 las regiones eran las siguientes: Región Metropolitana, Región Central, Región Oriental y Región Occidental. La Región Metropolitana agregaba los distritos siguientes: Panamá, San Miguelito, Arraiján, La Chorrera, Balboa, Capira, Chimán, San Carlos, Colón, Chagres y Portobelo. La región Central comprendía en forma agregada las provincias de Coclé, Veraguas, Herrera, Los Santos y el Distrito de Donoso. La Región Occidental agregaba las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro. La Región Oriental comprendía la provincia de Darién y los distritos de Santa Isabel, Chepo y Chimán. Antes de 1977 en vez de regiones, los resultados de las encuestas eran presentados en sólo contenían dos áreas, denominadas Área Metropolitana y Resto de la República. El Área Metropolitana, comprendía los distritos de Ararrián, La Chorrera, Capira, Panamá, San Miguelito, Chepo, Colón, Chagres, Portobelo y Santa Isabel. Sólo a partir de 2001, las estadísticas del trabajo presentan resultados para todas las provincias, incluyendo las áreas indígenas, ya que desde 1994 hasta 2000, la información por provincia sólo se presentaba para las provincias de Panamá y Colón.

³⁰ A pesar de que en el periodo de 1994-2000 la Contraloría General de la República de Panamá empezó a presentar los resultados separados para las provincias de Panamá y Colón, consideradas ambas como la Región Metropolitana, no es sino a partir de 2001 cuando empieza a presentarse el resultado separado por sexo.

Figura 6-49. Participación de la población femenina de 15 y más años de edad en la Población Económicamente Activa



Fuente. Encuestas de hogares, INEC varios años, PIMUS AMP 2014 , Cal y Mayor - IBI

Si bien, la participación de la mujer en la PEA es mayor en la provincia de Panamá que en la totalidad del país, la tendencia a aumentar año tras año es igual para ambos casos. De hecho, no sería lógico pensar que ésta se comporten de forma distinta, si es caso que no crezca en el provincia de Panamá a pesar de que se observa claramente que crece en el país.

Como medida complementaria al hecho histórico presentado en la gráfica, en la cual se muestra que la participación de la mujer en la fuerza de trabajo ha tendido a crecer, se muestra a continuación los resultados de una regresión de tendencia corrida en un paquete econométrico³¹.

Dependent Variable: PEAM

Method: Least Squares

Date: 08/15/14 Time: 03:18

Sample(adjusted): 2001 2014

Included observations: 14 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

³¹ Eview, Quantitative Micro Software. <http://www.eviews.com/>

C	43.33718	2.260935	19.16781	0.0000
@TREND	0.396639	0.120906	3.280552	0.0073
DUMMY	2.434804	0.984877	2.472190	0.0310
R-squared	0.504999	Mean dependent var	50.52857	
Adjusted R-squared	0.414999	S.D. dependent var	1.219349	
S.E. of regression	0.932624	Akaike info criterion	2.885780	
Sum squared resid	9.567661	Schwarz criterion	3.022721	
Log likelihood	-17.20046	F-statistic	5.611090	
Durbin-Watson stat	2.068550	Prob(F-statistic)	0.020909	

Se trata de una regresión de tendencia lineal para el caso de la participación de la mujer en la PEA en la provincia de Panamá. La variable dependiente es la participación de la mujer en la PEA en la provincia de Panamá, la cual hemos nombrado como PEAM. @TREND es un comando de línea de tendencia lineal del paquete econométrico, el cual arroja un coeficiente de regresión de 0.396639, indicando que año tras año la participación de la mujer en la PEA se ha venido incrementado en 0.39 puntos porcentuales (o sea menos de un punto porcentual por año).

En esa misma línea se presenta el error estándar de ese coeficiente de regresión (el cual aparece como Std. Error), el estadístico t-Student (t-Statistic) y la probabilidad correspondiente a dicho estadístico. Con un nivel de significancia de 5% el valor del t-Student muestra que el coeficiente de regresión es distinto de cero³², y que en efecto existe una tendencia positiva en la participación de la mujer. Así, esta prueba estadística complementa el resultado observado de que la participación de la mujer en la PEA ha tendido a crecer a través del tiempo.

Otras pruebas complementarias, pueden obtenerse de la relación existente entre el coeficiente de determinación R^2 (R-squared)³³ y estadístico F (F-statistic). Existe una relación

³² En este caso hay dos hipótesis, una nula y la otra alternativa. La hipótesis nula es que el coeficiente de regresión es cero y la hipótesis alternativa es que dicho coeficiente es distinto de cero. En la prueba de hipótesis o “prueba de significancia” lo que se desea es rechazar la hipótesis nula a favor de la alternativa. El “nivel de significancia” está dada por el área bajo la curva de la distribución t-Student a partir del cual se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa. Generalmente, el nivel de significancia se establece en 5%, correspondiente a 2.5% en cada una de las dos colas que tiene la distribución t-Student. Para ampliar sobre este tema puede verse Damodar N. Gujarati, *Econometría*, Segunda Edición. McGraw-Hill, 1994. p. 113-116.

³³ El coeficiente de determinación se refiere al llamado “ R^2 ”, el cual tiene como límite inferior 0 y límite superior 1. Cuando dicho estadístico adquiere un valor de 0, significa que las supuestas variables explicativas no explican absolutamente nada. Cuando dicho valor es 1, significa que dichas variables explican totalmente, o en 100%, el comportamiento de la variable explicada. Los valores intermedios indican el porcentaje que es explicado por dichas variables. En este caso sólo hay una variable explicativa, la cual es el tiempo, representado en una línea de tendencia.

entre estos dos estadístico dada por la ecuación $F = [R^2/(k-1)]/[(1-R^2)/(N-k)]$ (siendo k el número de parámetros estimados, o sea intercepto y pendiente de la recta; y N el número de observaciones u años observados). F es estadístico F de *Fischer*. En consecuencia, se puede utilizar el coeficiente de determinación R^2 para una prueba de hipótesis en una distribución F con un nivel de confianza del 95% (o un nivel de significancia de 5%).

Siendo $N = 14$ observaciones (número de años observados) y $k = 3$ (3 parámetros estimados, o sea intercepto y los dos coeficientes de regresión), entonces sustituyendo R^2 en la ecuación de F tenemos que $F = [0.504999/(3-1)]/[1-0.504999]/(14-3) = 5.61109$. Así, como puede observarse, 5.61109 es exactamente el mismo valor que arroja e paquete econométrico para F -Statistic.

La cuestión es que tenemos un R^2 de 0.504999, indicando que las variables explicativas explican el 50% del comportamiento de la participación de la mujer a través del tiempo, pero no sabemos si este coeficiente es insuficiente en su explicación. Afortunadamente no tenemos que tomar decisiones subjetivas acerca del valor de R^2 y podemos usar el valor de F para decidir de manera científica acerca de la suficiencia del valor de R^2 , ya que como vimos en los dos párrafos anteriores, hay una dependencia entre el valor de F y R^2 , donde el valor del primero aumenta en la medida en que aumenta el valor del segundo. Concretamente, existe un valor de R^2 a partir del cual F es estadísticamente significativo y a partir de ese valor, dicho R^2 es aceptable. Este valor de R^2 se produce a partir del valor en que F es estadísticamente significativo; concretamente a partir de un nivel de significancia de 5%.

La hipótesis nula sería que las variables explicativas no explican el comportamiento de la participación de la mujer, mientras que la hipótesis alternativa sería lo contrario.

El valor de la distribución F con $k-1$ grados de libertad en el numerador y $N-k$ grados de libertad en el denominador (o sea 2 grado de libertad en el numerador y 11 grados de libertad en el denominador) es 3.98 con un nivel de significancia del 5%³⁴. Dado que 5.61109³⁵ es mayor que 3.98 entonces se acepta la hipótesis alternativa de que la regresión explica la participación de la población de 15 y más años de edad en la población económicamente activa en el periodo de 2001 a 2014³⁶.

En cuanto a la presencia o no de autocorrelación³⁷ en la regresión estimada, el valor del estadístico de Durbin-Watson (Durbin-Watson stat)³⁸ es muy cercano a dos, indicando la no existencia de autocorrelación.

³⁴ Este valor se obtuvo de una tabla de distribución de F con 2 grados de libertad en el numerador y 11 en el denominador. Generalmente los textos de econometría presentan dichas tablas al final del libro. El valor es el punto debajo de la curva F a partir del cual el nivel de significancia es 5%.

³⁵ Recuérdese que este es el valor que calculamos con $F = [R^2/(k-1)]/[(1-R^2)/(N-k)]$.

³⁶ El estadístico F de *Fischer* evalúa a partir de los valores de R^2 e implica que las variables explicativas en su conjunto explican algo. A menudo dicha prueba se realiza sobre un nivel de significancia de 5%, con base en una hipótesis nula de que el conjunto de variables no explica en absoluto la regresión; en este caso, lo que busca el investigador es rechazar dicha hipótesis. Si se desea conocer más acerca del significado de la prueba F , esta puede encontrarse en todos los libros de econometría básica; por ejemplo, puede verse Damodar N. Gujarati, *Econometría*, Segunda Edición. McGraw-Hill, 1994. p. 186 y 187.

Fue incluida en esta regresión una variable dicotómica³⁹, la cual aparece como DUMMY en los resultados que hemos presentado del paquete econométrico. Esta variable contiene ceros en el periodo 2001-2006 y unos en el periodo 2007- 2014. Al compararse lo datos en el periodo de 2001-2006 con los del país se planteó que éstos eran un tanto atípicos⁴⁰ en el sentido de que sus valores se desviaban de la tendencia, mientras que esa misma situación no se presentaba para el caso de la totalidad del país. Si se hubiese contado con datos del periodo 1992-2000 podría haberse no tenido que usar esta variable ya que los valores probablemente retornarían a la tendencia en ese periodo, como ocurrió para la totalidad del país.

En la línea de la variable DUMMY se presenta el coeficiente de regresión, su error estándar y el estadístico t-Student. Con un nivel de significancia de 5% en una prueba de hipótesis con dos colas resultó, este coeficiente de regresión resultó estadísticamente significativo.

A continuación se presenta la tendencia graficada a partir de los coeficientes de regresión estimados por el paquete econométrico. Lo primero que se observa es que la línea de tendencia de la provincia de Panamá se mantiene casi paralela (o sea equidistante) a la línea de tendencia de participación de la mujer en el total del país. Ese resultado es obvio, ya que no existe ninguna razón para pensar que la provincia de Panamá lleve una tendencia distinta de lo que ocurre a nivel general.

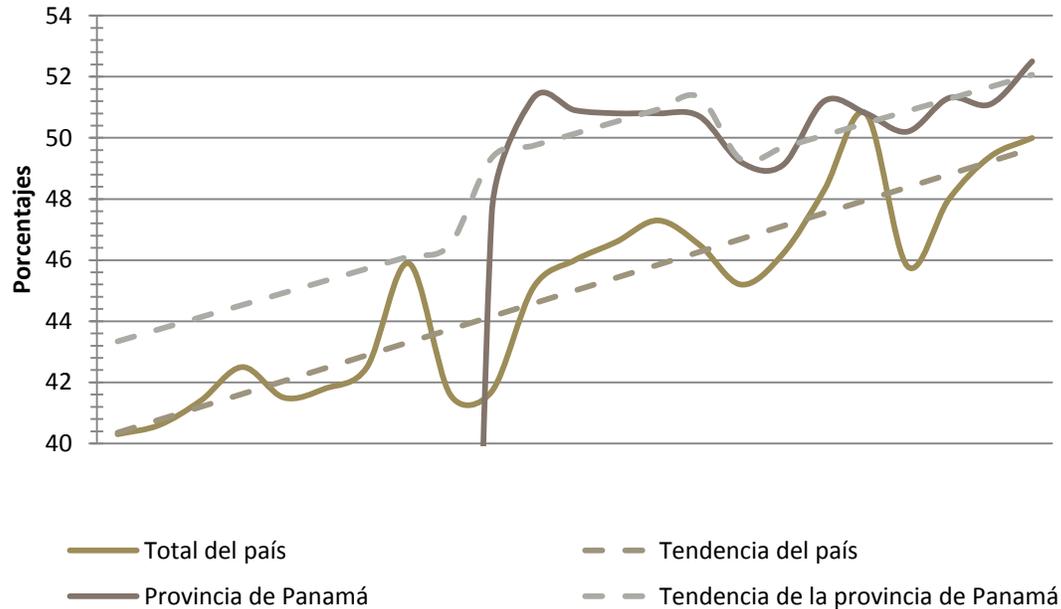
³⁷ Uno de los supuestos del modelo de regresión clásico (estimación mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios) es la no existencia de autocorrelación. Uno de los problemas en presencia de autocorrelación es que se tiende a subestimar la varianza residual y en consecuencia se estaría sobrestimando el R^2 . Además, se tiende a subestimar el error estándar de los coeficientes de regresión y, en consecuencia, en presencia de autocorrelación las pruebas t y F dejan de ser válidas, y pueden llevar a conclusiones erradas sobre la significancia estadística de los coeficientes de regresión estimados. El estadístico de Durbin-Watson permite la realización de una prueba de hipótesis para determinar la existencia o no de autocorrelación. Para ampliar sobre este tema puede consultarse Damodar N. Gujarati, *Econometría*, Segunda Edición. McGraw-Hill, 1994. p. 298 y 299.

³⁸ El estadístico Durbin-Watson (DW) es uno de los más usados para la detección de autocorrelación y suele incluirse en los paquetes econométricos junto con los estadísticos t-Student y F-Fischer. El estadístico es calculado a partir de los residuos de la regresión. Lo deseable es que su valor esté próximo a 2 para que caiga en la región de aceptación de la curva de distribución de dicho estadístico. En el caso en que su valor está muy por debajo de 2, o sea muy hacia la cola izquierda de la distribución, entonces es probable que haya autocorrelación positiva. En el caso en que es muy superior a 2, o sea muy hacia la derecha de la distribución, es probable que exista correlación positiva. Suele colocarse en las últimas páginas de los libros de econometría una tabla con los valores o puntos de significancia del estadístico Durbin-Watson con un nivel de significancia de 5%. Para ampliar sobre este tema puede consultarse Damodar N. Gujarati, *Econometría*, Segunda Edición. McGraw-Hill, 1994. p. 311-316.

³⁹ Para ampliar sobre el uso de las variables dicotómicas puede consultarse por ejemplo, Damodar N. Gujarati, *Econometría*, Segunda Edición. McGraw-Hill, 1994. p. 367-404.

⁴⁰ Suele usarse una variable dicotómica en los casos en que se presentan datos atípicos en una serie de tiempo. Puede ser considerado como atípico aquellos datos de la serie de tiempo que rompen abruptamente con su tendencia, por ejemplo, debido a un terremoto que dañe de forma importante la infraestructura nacional, acontecimientos de guerra, etc. También podría usarse en los casos en que existan, en uno o varios años, errores de estimaciones en las series de tiempo; cambios de metodología en las estimaciones que provoquen grandes diferencias; etc.

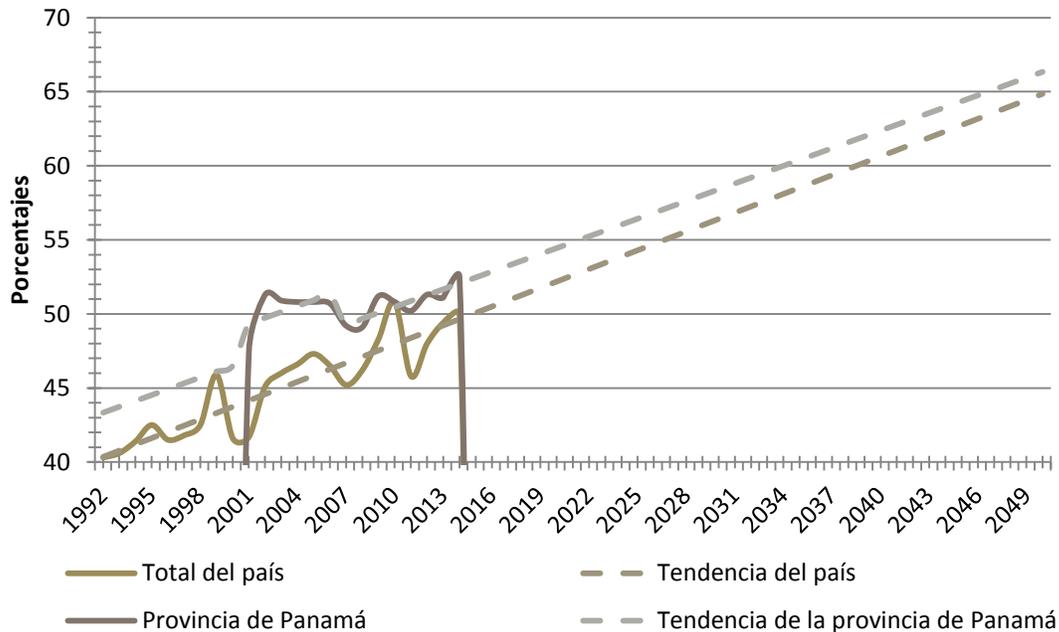
Figura 6-50. Tendencia estimada de la participación de la mujer en la Población Económicamente Activa, Años 1992-2014



Fuente. Encuestas de hogares, INEC varios años, PIMUS AMP 2014, Cal y Mayor - IBI

Así, dado este resultado, hemos proyectado la tendencia en el periodo 2015-2050 de la participación de la población femenina de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo (véase la gráfica a continuación). Como se observa en la gráfica, la participación de la mujer en la provincia de Panamá continuaría por encima de la del país, pero casi paralela a ésta.

Figura 6-51. Proyección de la participación de la mujer en la Población Económicamente Activa, Años 1992-2050

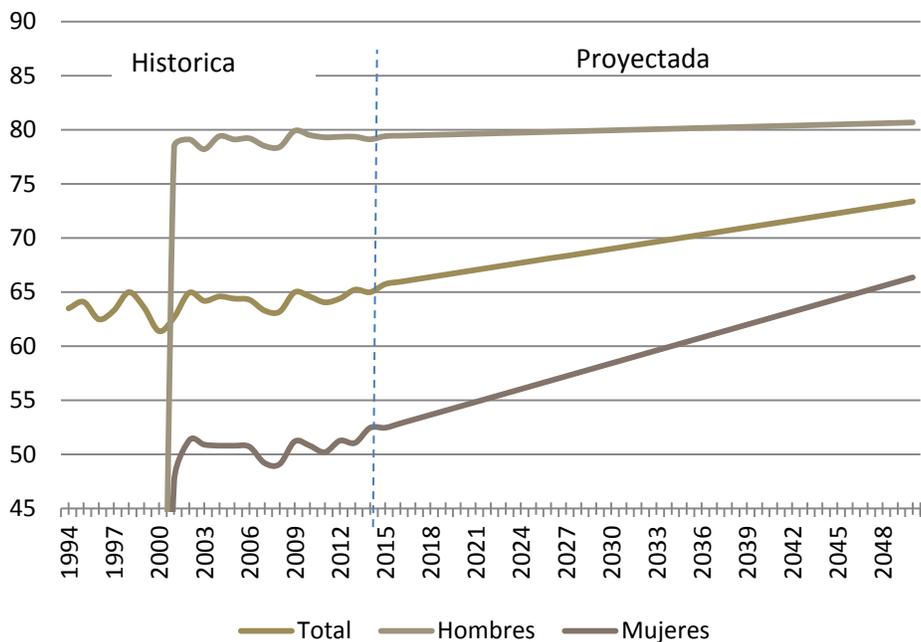


Fuente. Encuestas de hogares, INEC varios años, PIMUS AMP 2014, Cal y Mayor - IBI

En cuanto a la participación de los hombres en la provincia de Panamá, se supuso que ésta no crecería mucho en todo el periodo de la proyección. Como se mencionó anteriormente, la participación de los hombres era de 78.4% en 2001 y pasó a apenas 79.1% en 2014. Así, se supuso que esta pasaría de 79.1% en 2014 a apenas 80.7% en 2014 basado en un crecimiento de apenas 0.05% promedio anual en el periodo 2010-2014.

En la gráfica que se presenta a continuación se puede observar la proyección de la participación por sexo en la provincia de Panamá.

Figura 6-52. Proyección de las tasas de actividad de la población de 15 y más años de edad en la Provincia de Panamá



Fuente. Encuestas de hogares, INEC varios años, PIMUS AMP 2014 , Cal y Mayor - IBI

Participación de la "Zona Metropolitana" en la ocupación de la provincia de Panamá

Para determinar la ocupación en la "Zona Metropolitana", se procedió a repartir la proyección de la ocupación de la provincia de Panamá según la participación que tiene la "Zona Metropolitana" en cada una de las ramas de actividad de ésta. La participación promedio de la "Zona Metropolitana" en la provincia de Panamá, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de 2010, fue de 91% (véase la tabla que se presenta a continuación). La menor participación correspondió a las actividades del sector primario (29%). El resto de las actividades tienen participaciones alrededor del promedio.

Tabla 6-45 Participación de la Zona Metropolitana en la ocupación, Año 2010

Provincia o "Zona Metropolitana"	Provincia de Panamá	"Zona Metropolitana"	Participación
Total	745,383	675,257	91%
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura, pesca y actividades de servicios conexas	23,425	6,801	29%
Explotación de minas y canteras	1,019	765	75%
Industrias Manufactureras	54,430	49,912	92%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2,876	2,711	94%
Suministro de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	5,818	5,314	91%
Construcción	87,077	76,415	88%
Comercio al por mayor y al por menor (Incluye Zonas Francas); reparación de los vehículos de motor y motocicletas	153,995	143,504	93%
Transporte, almacenamiento y correo	55,424	51,890	94%
Hoteles y Restaurantes	41,980	38,830	92%
Información y comunicación	13,274	12,878	97%
Actividades financieras y de seguros	28,184	27,462	97%
Actividades inmobiliarias	9,509	8,851	93%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	25,819	24,991	97%
Actividades administrativas y servicios de apoyo	36,883	33,686	91%
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	51,098	48,248	94%
Enseñanza	40,470	38,070	94%
Servicios sociales y relacionados con la Salud humana	32,019	30,614	96%
Artes, entretenimiento y creatividad	10,234	9,760	95%
Otras actividades de servicio	21,805	20,451	94%
Actividades de los hogares en calidad de empleadores, actividades indiferenciadas de producción de bienes y servicios de los hogares para uso propio	39,873	34,705	87%
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	10,171	9,399	92%

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010, PIMUS AMP 2014, Cal y Mayor - IBI

6.3.2 Proyección del PIB

La proyección del empleo se hizo tomando en cuenta su demanda, sujeta a la disponibilidad de mano de obra, dada esta última por el crecimiento de la población económicamente activa. Se supuso la mano de obra como un insumo dentro de las funciones de producción de cada uno de los sectores o ramas de actividad económica. En este sentido, en la medida en que los sectores económicos se expandan en el futuro, se supone que aumentará su demanda de mano de obra. Siendo así, fue necesario contar con alguna proyección del PIB por sectores económicos hasta el año 2050.

6.3.2.1 Modelación económico-matemática de la proyección del PIB de los sectores económicos

Toda la metodología empleada en esta sección es la publicada por las Naciones Unidas para la construcción de la matriz insumo-producto a partir del Cuadro de Oferta y Utilización (COU) del Sistema Nacional de Cuentas Nacionales⁴¹. A continuación se presenta el esquema teórico de la modelización de la economía y el empleo partiendo del COU y siguiendo el citado procedimiento de las Naciones Unidas. Como se observa en el esquema teórico, toda la modelización parte del COU.

El COU es una matriz de tipo rectangular que representa el conjunto de datos de la economía (para el caso de Panamá véase la tabla A-4 publicada por el INEC con motivo del reciente cambio del año base). Por una parte el COU contiene los productos (o sea los bienes y servicios) producidos por las diferentes industrias (o actividades económicas); y, por otra parte contiene la demanda de estos productos por dichas industrias (como insumos en sus procesos de producción) o la demanda por parte de los consumidores, el gobierno o el mercado externo de exportación o la demanda de inversión (conocida como formación bruta de capital fijo).

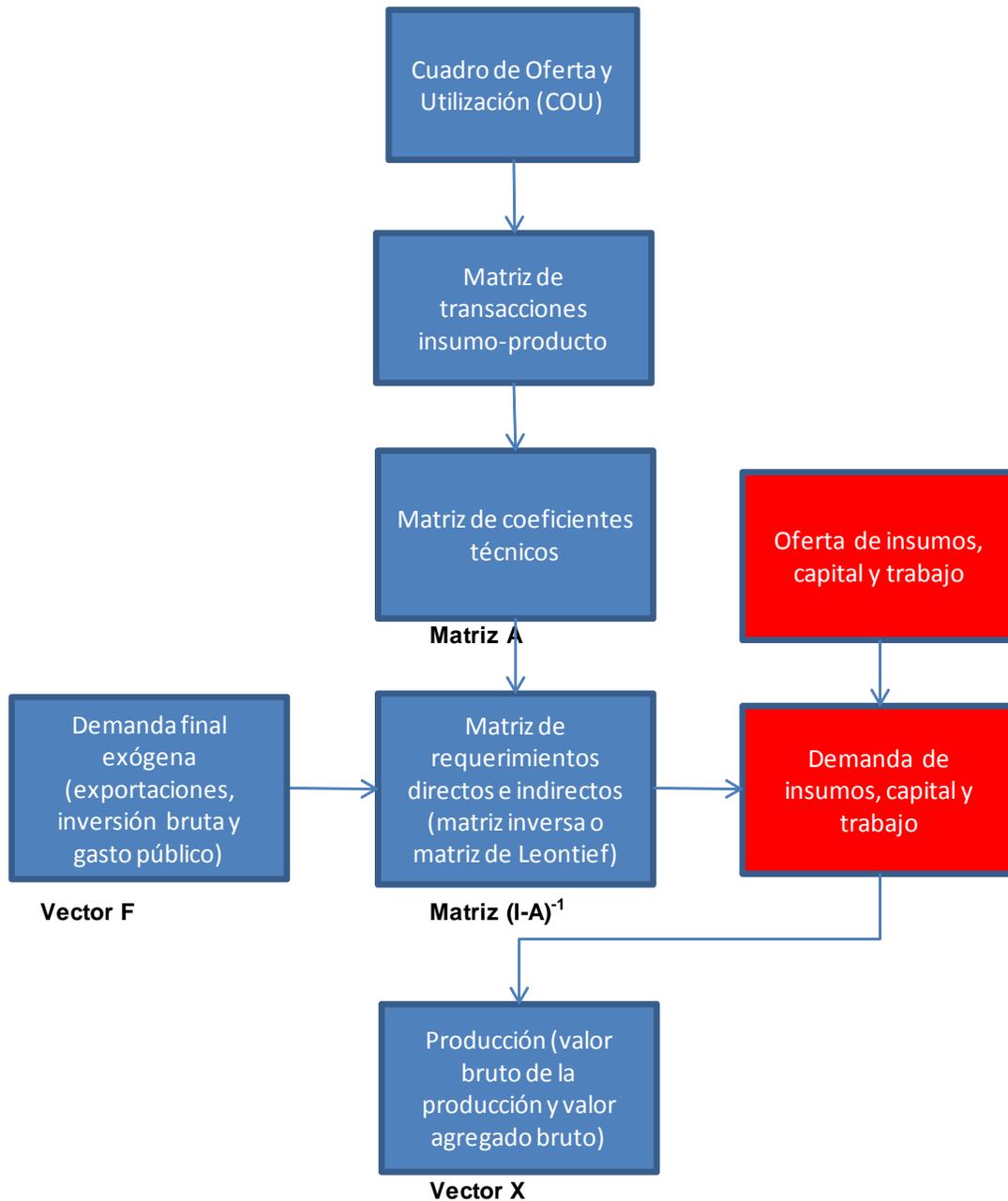
A diferencia del COU, que es rectangular, la matriz de transacciones insumo-producto es cuadrada. Así, el problema central radica en construir una matriz cuadrada a partir de una matriz rectangular. Para esto se utilizó el procedimiento matemático publicado por las Naciones Unidas en su Manual de compilación de tablas insumo-producto⁴².

Una vez que el cuadro rectangular del COU ha sido transformado en una matriz cuadrada de transacciones se procede a la conversión de dicha matriz en matriz de coeficientes técnicos. Esta representa la tecnología de la economía utilizada para fabricar los bienes y servicios. Dicha tecnología nos indica que proporción en unidades monetarias se necesita de los insumos para producir cada unidad monetaria de los bienes y servicios. Nos indica cuánto se necesita de cada uno de los insumo para producir cada Balboa de producción. Por ejemplo, cada dólar de trasbordo de contenedores en los puertos cuánto requerirán de electricidad, combustible, mano de obra, etc.

⁴¹ United Nations. "Handbook of Input-Output Table Compilation and Analysis". Studies in Methods, Handbook of National Accounting. Series F, No. 74. New York, 1999.

⁴² Ibidem, págs. 86-91.

Figura 6-53. Esquema teórico de la modelización de la economía y el empleo en condiciones de equilibrio general



Fuente. Grupo consultor, 2015

La demanda de insumos de una industria a su vez conlleva a la producción de ese insumo por otras industrias. Por ejemplo, la demanda de electricidad por parte del puerto conlleva a la demanda de combustible, trabajo, capital, etc., por parte de las compañías de generación, transmisión y distribución. Si se sigue analizando el caso, la demanda que se provoca en otras industrias continúa. A la demanda directa de electricidad por parte del puerto se le denomina requerimiento directo y la demanda de combustible para producir la electricidad que utiliza el puerto se le denomina requerimiento indirecto.

Para determinar todos los requerimientos directos e indirectos de insumos por parte de la economía se procede mediante un método matemático conocido como inversión de matriz. Concretamente, lo que se hace es tomar la matriz de coeficientes técnicos (Matriz **A**) e invertirla. Esta matriz inversa **(I-A)⁻¹** resultante, o sea matriz de requerimientos directos e indirectos, se le conoce también como matriz de Leontief debido a su autor.

Otro tipo de demanda que se presenta en la economía es la de los bienes y servicios finales (Vector **F**), o sea aquellos que no son insumo de ningún proceso productivo local. Los bienes para consumo alimentario adquirido por los consumidores en los supermercados son un buen ejemplo de bienes finales. El servicio de transporte usado por éstos para ir a sus trabajos es otro buen ejemplo. También el consumo de electricidad residencial. También son tratados como bienes y servicios finales las exportaciones de bienes y servicios y la inversión. También se le da un tratamiento de demanda final al gasto público; conocido éste en las cuentas nacionales como “consumo final de las administraciones públicas”.

La producción total (Vector **X**) está dada por la suma de los insumos y la demanda final.

La proyección se realizó tomando en cuenta las funciones de producción de cada uno de los sectores económicos y suponiendo como exógenos las inversiones públicas y privadas, el gasto público y las exportaciones. Las funciones de producción de cada uno de los sectores económicos se tomaron de una matriz insumo-producto de Panamá. Esta es una matriz construida a partir del Cuadro de Oferta y Utilización 2007 (COU), elaborado por el INEC con motivo del reciente cambio del año base del PIB⁴³.

Con el propósito de que el COU sirviera para proyectar el PIB de los sectores económicos en el periodo 2014-2050, se procedió a convertirlo en matriz insumo-producto. La conversión del COU en matriz insumo-producto se realizó empleando un procedimiento matemático especial para esto, el cual emplea el álgebra de matrices.

Específicamente, bajo dicho procedimiento matemático el COU adquirió la forma de matriz de transacciones industria por industria por industria (véase la tabla A-5, la cual contiene los datos que hemos calculado a partir del COU publicado por el INEC). Esta matriz de transacciones puede representarse mediante la estructura matricial siguiente:

⁴³ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Resultados Preliminares del Cambio de Año Base del Sistema de Cuentas Nacionales de Panamá, al año 2007 y Series Corrientes y Constantes: Años 2007-13”. http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=26&ID_PUBLICACION=585&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=4

$$\mathbf{AX} + \mathbf{F} = \mathbf{X}$$

Dónde:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ X_n \end{bmatrix}; \mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix}$$

Y el vector de demanda final \mathbf{F} es:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \cdot \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & I_1 & G_1 & E_1 \\ C_2 & I_2 & G_2 & E_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_n & I_n & G_n & E_n \end{bmatrix}$$

La suma de la demanda intermedia de las industrias \mathbf{AX} más la demanda final \mathbf{F} (o sea el gasto público, la inversión y las exportaciones) equivale al valor bruto de la producción total de la economía \mathbf{X} .

Reordenando términos, este modelo matricial $\mathbf{AX} + \mathbf{F} = \mathbf{X}$, también puede ser escrito como:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{F}$$

Donde $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ es una matriz inversa de los coeficientes técnicos (véase la Tabla A-6, donde se presenta esta matriz calculada a partir de los datos del COU), conocida como la matriz inversa Leontief. Esta matriz inversa de coeficientes técnicos tiene la forma siguiente:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & \dots & -a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & 1 - a_{nn} \end{bmatrix}^{-1}$$

El modelo planteado ahora de esta forma tiene la capacidad de pronosticar cuánto aumentará el producto total **X** como resultado de un incremento en la demanda final **F**. Esta demanda final es considerada exógena, mientras que el insumo y producción total son endógenos. Los cambios en la demanda final son ocasionados por cambios en las exportaciones de bienes y servicios finales (**E**), cambios en las inversiones (**I**) y por cambios en el gasto público (**G**). En este sentido, la proyección del PIB de los sectores económicos se logró una vez que resolvió la manera en que **E**, **I** y **G** podrían crecer en el periodo 2014-2050. Las proyecciones de **E**, **I**, **G** y **F** se presentan en las tablas A-7, A-8, A-9 y A-10 respectivamente.

Tratamiento del consumo final de los hogares en el modelo insumo-producto

Es importante destacar que en esta modelización se supuso endógeno el consumo de los hogares (**C**), en lugar de exógeno; es decir, dejó de pertenecer a la demanda final **F**. De hecho, se supuso que los asalariados y aquellos que reciben ingreso mixto consumen la totalidad de su ingreso disponible. Se tuvo en cuenta una porción importante de los asalariados consumen más de lo que reciben durante algún tiempo; por ejemplo, compran automóviles con financiamientos con plazos entre 5 y 7 años; piden préstamos de consumo personal con financiamiento con plazo de 5 años; compran casas con hipotecas con plazos de hasta 30 años. No obstante, para todos aquellos que realizan consumos por encima de su ingreso disponible, se tuvo también en cuenta que en el largo plazo debe haber un balance entre dicho consumo y su ingreso disponible; es decir, el consumo tendería a ajustarse con el ingreso disponible en el largo plazo.

Proyección de las exportaciones (E)

La proyección de las exportaciones se presenta en la Tabla A-7.

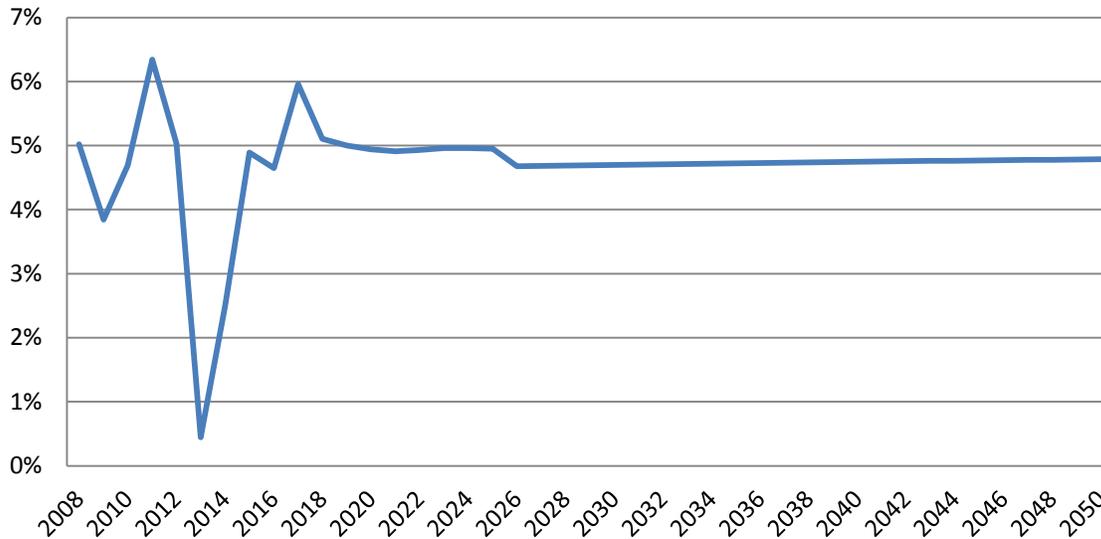
Para la proyección de las exportaciones de servicios se tomó en cuenta el estudio de Impacto Económico de la Ampliación del Canal de Panamá⁴⁴ (véase la tabla A-2). Este estudio cuenta con proyecciones hasta el año 2025 para todos aquellos sectores de transporte y logística, incluyendo el propio Canal de Panamá expandido. Se tomó en cuenta estudios que se han realizado acerca del crecimiento de la demanda de trasbordo de contenedores en el lado Pacífico en largo plazo⁴⁵.

⁴⁴ Intracorp. "Estudio del Impacto Económico del Canal en el Ámbito Nacional". April, 2006.

<http://www.pancanal.com/esp/plan/estudios/0019-03.pdf>

⁴⁵ Estos estudios no se han hecho públicos y en consecuencia la correspondiente referencia bibliográfica no está disponible hasta la fecha.

Figura 6-54. Crecimiento anual de las exportaciones de bienes y servicios durante el periodo de la proyección (Precios constantes de 2007)



Fuente. Grupo consultor, 2015

Proyección de la inversión pública y privada (I)

La proyección de la inversión pública y privada se presenta en la Tabla A-8.

Para el mediano plazo, se supuso que el monto disponible para invertir en el sector público no financiero (SPNF) en el periodo 2014-2019 estaría entre 15 mil y 19,500 millones de Dólares. De acuerdo con la Ley de Responsabilidad Fiscal Social, el gobierno que ganó las elecciones en mayo de 2014 deberá presentar su plan quinquenal de inversiones en diciembre del presente año. En este sentido, el monto planeado exacto de inversión pública no se conocerá sino hasta entonces. Se supuso que la curva de inversiones públicas crecería paulatinamente y alcanzaría su máximo entre los años 2017 y 2018. Obras como la construcción de la línea 2 del Metro de Panamá explicarían la forma de la curva de inversión pública en el periodo 2014-2019.

Para el largo plazo se supuso que quinquenio tras quinquenio el SPNF contará con un monto para inversión similar al del periodo 2014-2019, pero con un crecimiento de este monto cada quinquenio, proporcional al crecimiento de las distintas actividades económicas que permitirían el incremento de las recaudaciones e ingresos fiscales.

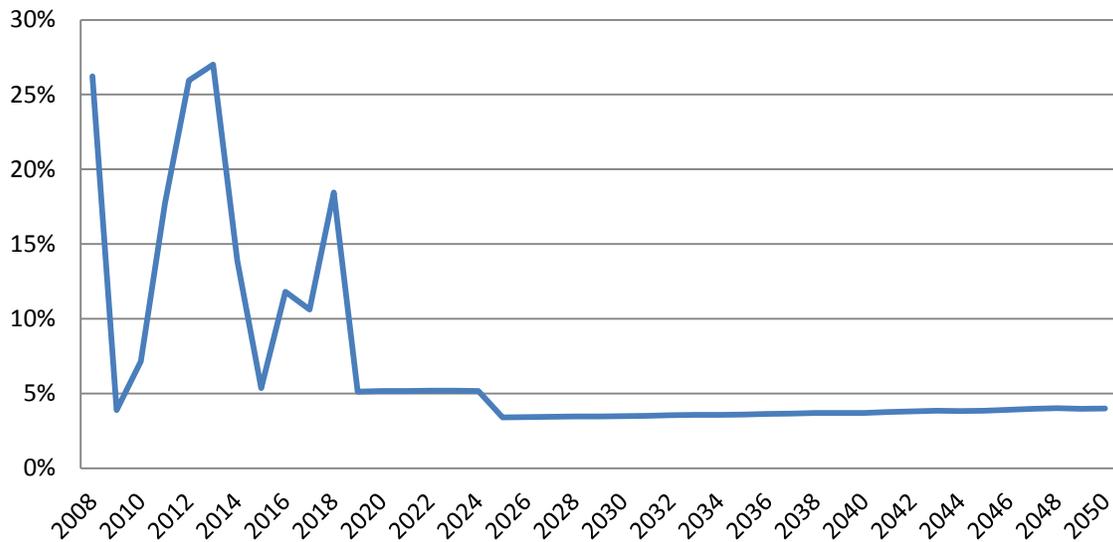
En cuanto a la inversión privada, la base estará dada por la construcción.

Dado el crecimiento sostenido de la demanda de empleo y mejora de los ingresos de los hogares, la demanda residencial tendría un crecimiento sostenido, lo cual estaría impulsando las construcciones residenciales.

Dada la ampliación del Canal las actividades de transporte y logística estarían recibiendo importantes sumas de inversión extranjera. Con el Canal ampliado será necesaria la

expansión de la capacidad instalada de las actividades conexas, incluyendo los puertos de trasbordo de contenedores y el ferrocarril.

Figura 6-55. Crecimiento anual de la inversión pública y privada durante el periodo de la proyección (Precios constantes de 2007)



Fuente. Grupo consultor, 2015

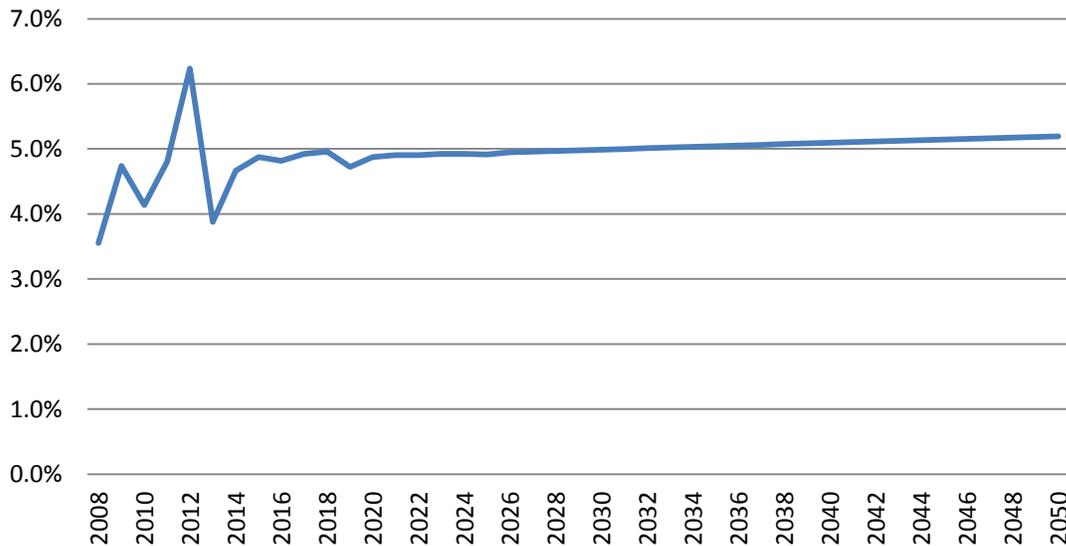
También será necesaria la expansión del air hub, aeropuerto y actividades conexas, dada la expansión de las economías latinoamericanas.

Proyección del gasto público (G)

La proyección de las exportaciones se presenta en la Tabla A-9.

La mayor parte del gasto público se refiere a los gastos del Gobierno Central en salarios pagados a los empleados públicos, por ejemplo, los gastos de la planilla del personal de educación, salud y policía entre otros. La gráfica que se presenta a continuación muestra la proyección del crecimiento de este gasto.

**Figura 6-56. Crecimiento del gasto público durante el periodo de la proyección
(Precios constantes de 2007)**



Fuente. Grupo consultor, 2015

La génesis del crecimiento de este gasto radica en el aumento del personal de educación, salud, seguridad pública, etc. en la medida en que la población y la cobertura se iría incrementado. Nuestra proyección del gasto público no es tan moderada ya que está alrededor del 5% de incremento anual. Esto se debe a que Panamá tiene grandes deficiencias en cobertura de educación pre-media y media, así como también en salud. Suponemos que dichas deficiencias tendrán que reducirse mediante importantes intervenciones en materia de educación y salud, lo cual demandará un crecimiento importante del gasto de funcionamiento para los próximos 35 años.

Participación de la provincia de Panamá en el PIB

La participación de la provincia de Panamá en el PIB es actualmente alrededor de 70%. Es decir, el resto de la provincia o el resto de la República producen apenas un 30% de la economía del país. Las actividades de transporte y logística que ofrecen sus servicios al mercado externo (Canal de Panamá, puertos de trasbordo de contenedores, air hub, ferrocarril, etc.) están ubicadas en la provincia de Panamá. También el grueso de la industria manufacturera está ubicada en la provincia de Panamá. Igualmente ocurre con la construcción. El resto de la República tiene un mayor peso en la producción agropecuaria.

Participación de la Zona Metropolitana de Panamá en el PIB

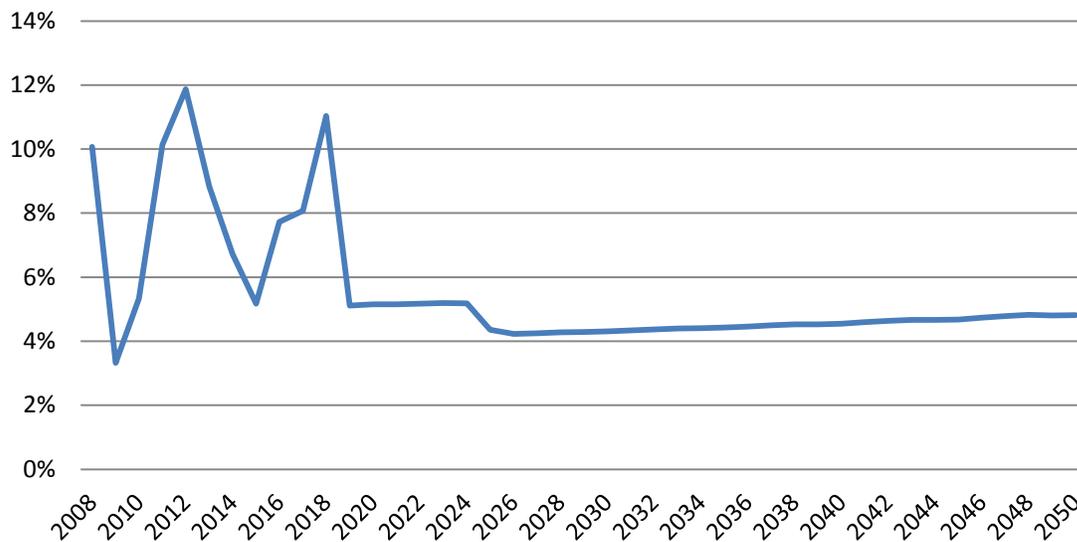
No se cuenta con cifras del PIB de la Zona Metropolitana de Panamá. La participación de la Zona Metropolitana de Panamá en la ocupación de la propia provincia de Panamá es de 91%, pero en términos del PIB la participación puede suponerse mayor que la participación

de la población ocupada. Es decir, en la Zona Metropolitana se concentra el PIB de la provincia de Panamá. La cuestión es que la mayor parte de la población de Panamá Oeste y Panamá Este, que aparece en el Censo de Población y Vivienda de 2010 como ocupada, se moviliza hacia el área de la ciudad de Panamá para trabajar. Es decir que la mayor parte de los trabajadores de Panamá Oeste y Panamá Este producen el PIB no donde residen sino en la Ciudad de Panamá.

Resultados de la proyección del PIB

A continuación se presenta en forma gráfica las tasas de crecimiento del PIB de la provincia de Panamá durante el periodo de la proyección.

Figura 6-57. Crecimiento proyectado del PIB de la Provincia de Panamá



Fuente. Elaboración con base en los resultados del modelo económico-matemático de equilibrio general usado en esta proyección

Como puede apreciarse, el crecimiento económico sería siempre positivo aunque marcadamente oscilante debido al ciclo de las inversiones públicas. Como ya habíamos mencionado en la Sección 3 al abordar el tema de la inversión pública, hay ciclos de inversiones con una duración igual que el periodo presidencial. Durante el periodo presidencial actual, o sea 2014-2019, volvería a formarse este ciclo de inversión pública igual que en el periodo presidencial 2009-2014. Este ciclo de inversión pública es el que produce oscilaciones abruptas en la tasa de crecimiento económico y opera como se explica a continuación.

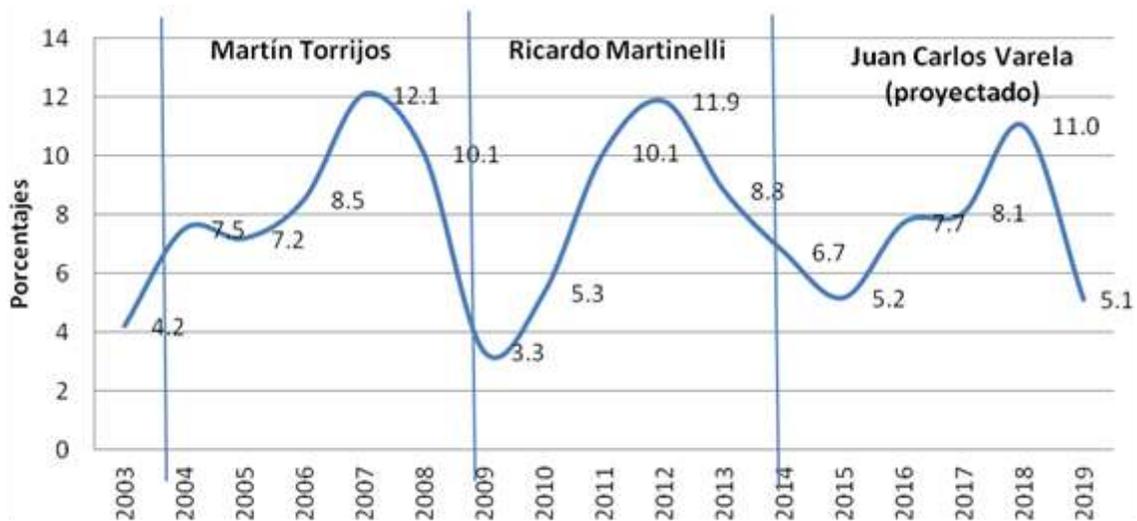
Al llegar un gobierno nuevo realiza un plan quinquenal de inversiones, el cual es requerido u obligatorio, de acuerdo con la Ley de Responsabilidad Social Fiscal. En el caso del gobierno

actual, éste deberá presentarlo a más tardar en diciembre de 2014. Las inversiones se programan para que culminen a más tardar al final del periodo de gobierno⁴⁶. En los dos primeros años las obras se licitan y comienzan las construcciones. Así de este modo, el periodo pico de inversión ocurre a mitad del periodo gubernamental.

Concretamente para el mediano plazo, se supuso que el monto disponible para invertir en el sector público no financiero (SPNF) en el periodo 2014-2019 estaría entre 15 mil y 19,500 millones de Balboas. Se supuso que la curva de inversiones públicas crecería paulatinamente y alcanzaría su máximo entre los años 2017 y 2018. Por ejemplo, obras como la construcción de la línea 2 del Metro de Panamá explicarían la forma de la curva de inversión pública en el periodo 2014-2019.

Así, la entrada en operación de la ampliación del Canal de Panamá, en conjunto con la curva proyectada de inversión pública elevaría sustancialmente el crecimiento económico durante los años 2016-2018. El crecimiento económico de la provincia sería más moderado a partir de 2019.

Figura 6-58. Crecimiento del PIB de la República de Panamá en los últimos periodos presidenciales.



Fuente. Grupo consultor, 2015

6.3.3 Proyección de la población ocupada por actividad económica

6.3.3.1 Uso de la modelización económico-matemática en la proyección de la ocupación

En cuanto a la ocupación, esta se determinó mediante la ecuación siguiente:

⁴⁶ Sin embargo, ha habido obras que han ido más allá del periodo gubernamental, pero eso ha sido porque en su ejecución ha habido retrasos y no porque hayan sido programadas de ese modo. La mayor parte de las obras, sino casi todas, se programan para culminarlas durante el periodo presidencial.

$$E = L(I-A)^{-1}F$$

Donde:

L: es una matriz diagonal de los coeficientes de ocupación por valor producido en cada sector económico

E: el vector de ocupación a determinar

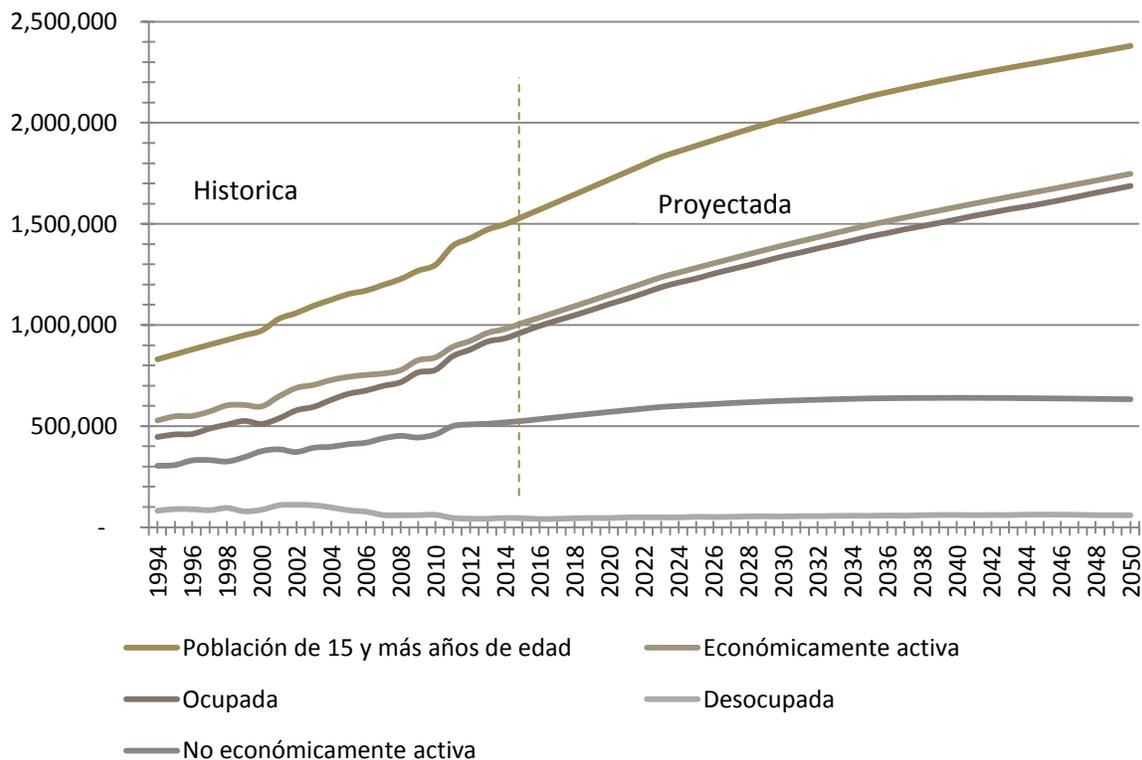
(I-A)⁻¹: es una matriz inversa de los coeficientes técnicos, conocida como la matriz inversa Leontief.

F: la demanda final (el gasto público, la inversión y las exportaciones)

6.3.3.2 Interpretación de las proyecciones de la ocupación

A continuación se presenta una gráfica con la proyección de la población de 15 y más años de edad según condición de actividad económica en la provincia de Panamá.

Figura 6-59. Proyección de la población de 15 y más años de edad en la Provincia de Panamá por condición de actividad económica



Fuente. Elaboración con base en los resultados del modelo económico-matemático de equilibrio general usado en esta proyección

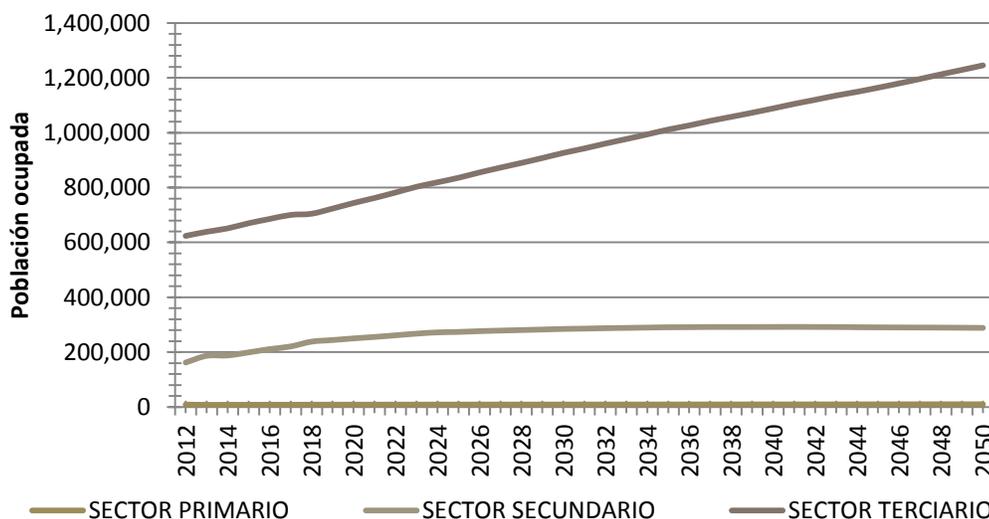
En cuanto a la proyección de la “Zona Metropolitana” de la provincia de Panamá, los detalles de esta proyección se presentan en la Tabla 1 del archivo de Excel que acompaña esta nota metodológica.

En términos absolutos el crecimiento de la población ocupada en la “Zona Metropolitana” de la provincia de Panamá será muy desigual por sectores económicos. El sector más dinámico continuaría siendo el de servicios (sector terciario). Para este sector habría un crecimiento sostenido de la población ocupada.

El sector secundario (que incluye industrias manufactureras, construcción, minas, canteras, suministro de electricidad, gas y agua) crecería más lentamente y finalmente se estabilizaría en el largo plazo. La industria manufacturera es en su mayor parte de alimentos y de baja productividad. En el futuro es de esperarse un aumento importante de la productividad y la incursión de nuevas empresas que son menos intensivas en manos de obra y utilizan mano de obra mayormente calificada. En cuanto a la construcción, si bien está ha crecido a tasas muy altas en los últimos años y así mismo la ocupación, es de esperarse un crecimiento más moderado en el largo plazo e igualmente de su población ocupada.

Contrariamente, la población ocupada en el sector primario (que incluye Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca) decrecería en términos absolutos. Cabe resaltar que PIB estaría creciendo tanto en términos absolutos como relativos y que lo que decrece es la población ocupada. La razón fundamental de este comportamiento es que se trata de un sector de baja productividad que deberá irse ajustando en el largo plazo.

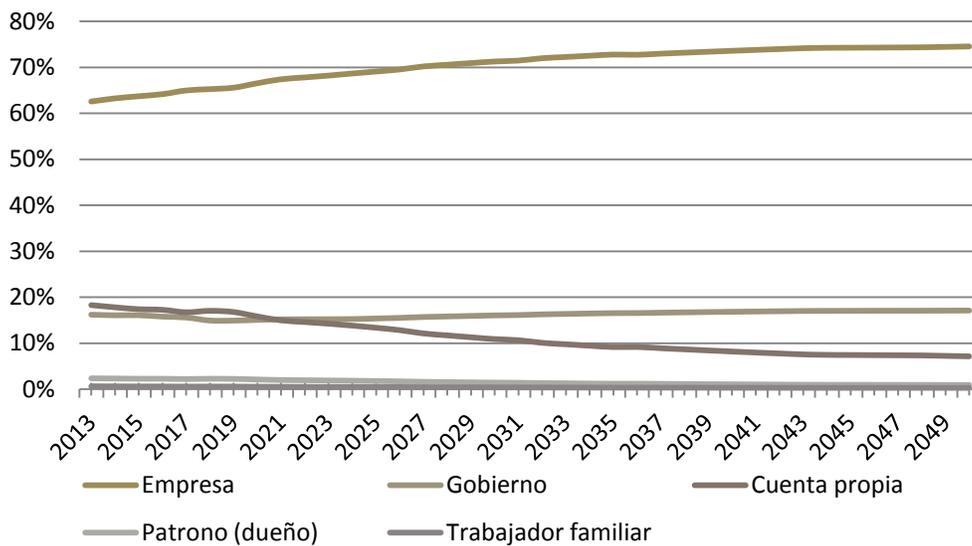
Figura 6-60. Proyección de la población ocupada en la “Zona Metropolitana” de la provincia de Panamá



Fuente. Elaboración con base en los resultados del modelo económico-matemático de equilibrio general usado en esta proyección

Actualmente la participación de la población ocupada por cuenta propia es de 17.8%. Esta población está ocupada en actividades muy pequeñas y de relativamente muy baja productividad; por ejemplo, vendedores ambulantes, micro-actividades de venta de comidas preparadas, micro-actividades de transporte, etc. Con el crecimiento económico y la intervención gubernamental en educación es de esperarse que la participación de esta población se reduzca dramáticamente y pase a la empresa privada donde la productividad es mucho mayor y los ingresos son más altos.

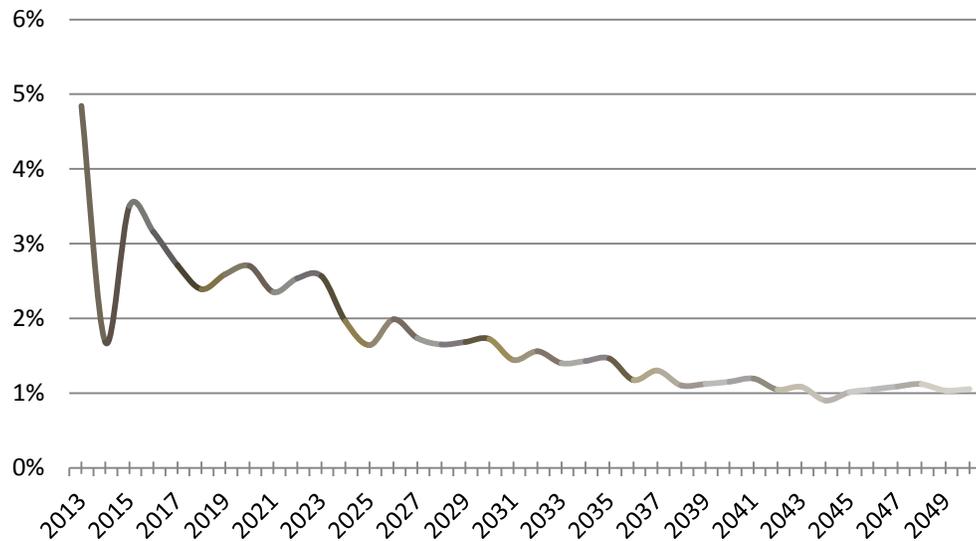
Figura 6-61. Participación de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la provincia de Panamá



Fuente. Elaboración con base en los resultados del modelo económico-matemático de equilibrio general usado en esta proyección (véase la Parte I, sección B, acápite 1 de este documento)

En el largo plazo la tasa de crecimiento de la población ocupada sería, aunque aún positiva, cada vez más baja. Esto sería el resultado de la incorporación de mano de obra más calificada en actividades cada vez más productivas de la empresa privada y las intervenciones gubernamentales en aspectos educativos.

Figura 6-62. Crecimiento de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la provincia de Panamá



Fuente. Elaboración con base en los resultados del modelo económico-matemático de equilibrio general usado en esta proyección (véase la Parte I, sección B, acápite 1 de este documento),

6.3.4 Los ingresos de los hogares

La proyección de los ingresos de los hogares es una derivación de la proyección de la población ocupada y, en consecuencia derivada de la metodología insumo-producto empleada en dicha proyección.

Específicamente, el cambio en la distribución del ingreso de los hogares está determinado por los cambios en los niveles de instrucción o educación de la población ocupada. A su vez, personas con diferentes niveles de instrucción perciben remuneraciones distintas (en el caso de los asalariados) o ingresos mixtos distintos (en el caso de los no asalariados).

En este sentido lo que se hizo fue desagregar la demanda de mano de obra, proveniente de la proyección insumo-producto en requerimientos de mano de obra según nivel de instrucción y según rama de actividad económica. Luego se le asignaron los ingresos a dicha mano de obra correspondientes a su nivel de instrucción. Finalmente, se pasó de ingresos de la población ocupada a ingreso de los hogares.

Reiteramos así que la distribución del ingreso de los hogares se derivó de la demanda de mano de obra según nivel de instrucción, derivada ésta a su vez de la proyección de la economía mediante la metodología insumo-producto. Es decir, no fue empleado ningún método, ni marco teórico, distinto de la metodología insumo-producto.

6.3.4.1 Proyección del número de hogares según rangos de ingreso

Los detalles de esta proyección se presentan en la Tabla 3 del archivo de Excel que acompaña esta nota metodológica.

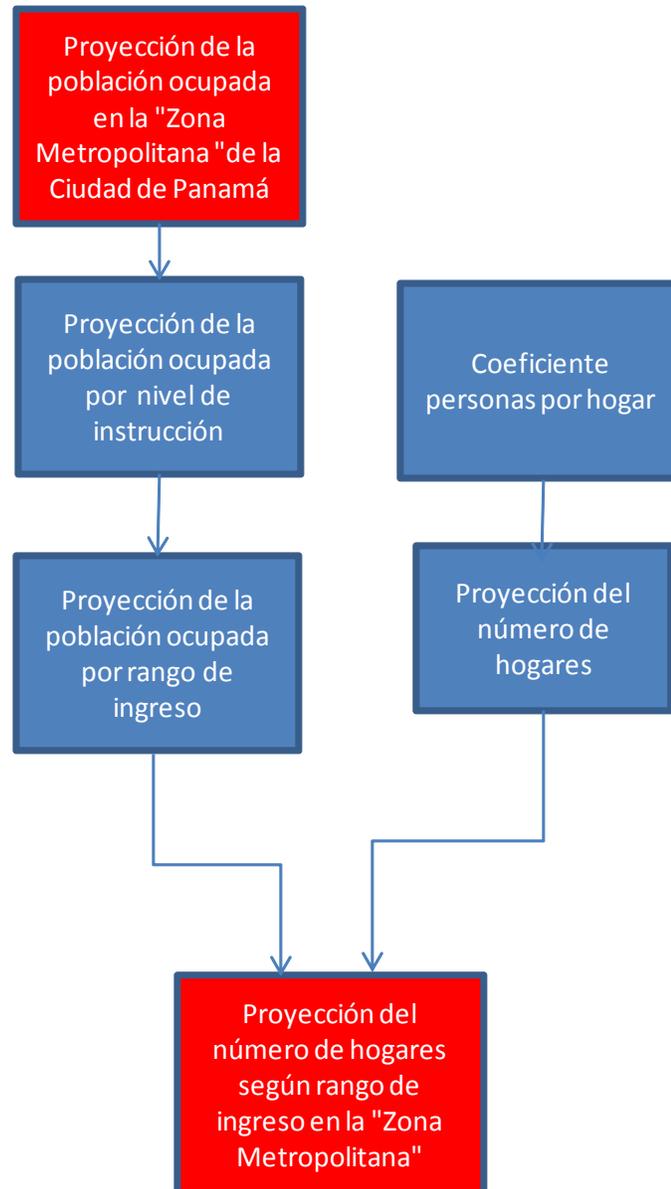
La proyección del ingreso de los hogares en la “Zona Metropolitana” se realizó empleando las variables siguientes:

- Proyección de la población ocupada por rama de actividad en la “Zona Metropolitana”
- Proyección de la población ocupada según nivel de instrucción o educación en la “Zona Metropolitana”
- Proyección de la población ocupada por rango de ingreso en la “Zona Metropolitana”
- Coeficiente personas por hogar
- Proyección del número de hogares en la “Zona Metropolitana”

Las dos últimas variables son puramente demográficas, mientras que el resto están vinculadas de algún modo con el desempeño de las actividades económicas y los cambios en el ingreso de la población ocupada en dichas actividades en el periodo de la proyección (2014-2050).

En la figura que se presenta a continuación se describe el proceso empleado en la proyección del ingreso de los hogares en la “Zona Metropolitana”. Del lado derecho se han colocado las variables puramente demográficas y del lado izquierdo las variables vinculadas al desempeño de la economía y la ocupación durante el periodo de la proyección.

Figura 6-63. Flujo del proceso de la proyección del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

Proyección de la población ocupada según nivel de instrucción o educación en la “Zona Metropolitana”

Cada rama de actividad económica tiene sus propios requerimientos de demanda de empleo. Por ejemplo, la banca requiere más personas con un mayor nivel de instrucción que la construcción. Así que concretamente se procedió a distribuir la proyección de población ocupada, derivada del modelo insumo-producto.

Proyección de la población ocupada por rango de ingreso en la “Zona Metropolitana”

Una vez realizada la proyección de la población ocupada por nivel de instrucción (o educación), de acuerdo con los requerimientos de mano de obra del modelo insumo-producto se procedió a determinar los rangos de ingresos correspondientes a su nivel educativo.

Coeficiente personas por hogar

Se empleó un coeficiente de personas por hogar de 3.5 fijo para todo el periodo de la proyección. Si bien el número de personas por hogar ha descendido a través de las décadas, se supuso que este ha llegado a su nivel crítico y que, en consecuencia se mantendrá estable en el futuro. Desde luego, se podría suponer que la tendencia descendente continuaría en el futuro, pero eso supondría que la población estaría decreciendo en el largo plazo e iría en una dirección contraria con las proyecciones de población del INEC.

Proyección del número de hogares en la “Zona Metropolitana” según rango de ingreso

El número de hogares fue considerado como una variable puramente demográfica; es decir, no dependiente de la economía. En cambio, la distribución del ingreso de los hogares fue considerada como una variable puramente dependiente de la economía.

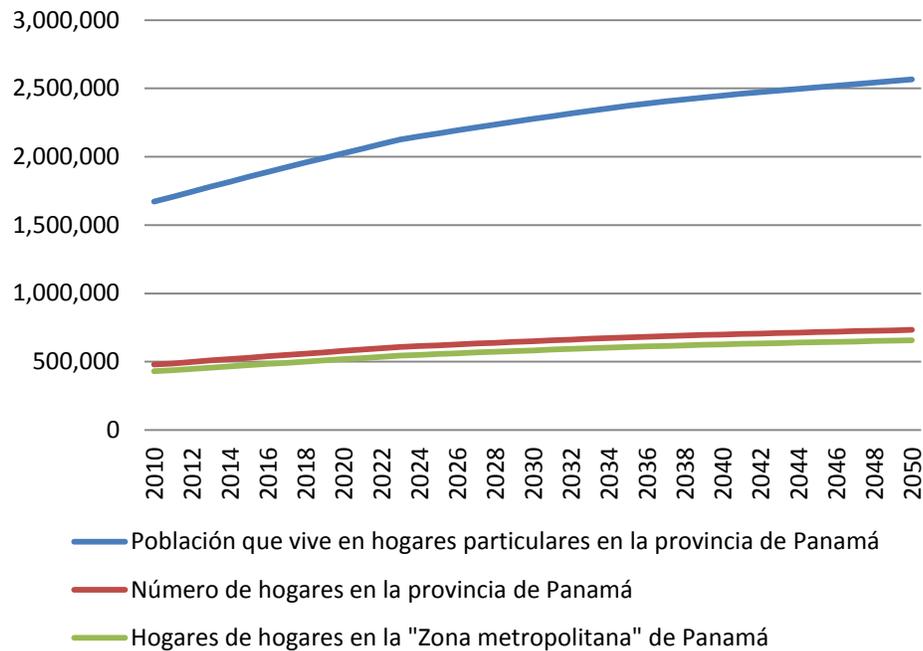
Así, simplemente se tomó el coeficiente personas por hogar (3.5 personas por hogar, según el Censo de Población y Vivienda de 2010) y se dividió entre la proyección del número de personas que viven en hogares para obtener así la proyección del número de hogares. Esto se hizo en primer lugar para la provincia de Panamá. Luego para obtener el número de hogares de la “Zona Metropolitana” se supuso que la participación de ésta sería 96% para todo el periodo de la proyección, que es la misma participación observada en 2010 según los datos del Censo de Población y Vivienda de ese año (véase la tabla que se presenta a continuación).

Tabla 6-46 Participación de los hogares de la “Zona Metropolitana” y su distribución según rango de ingreso. Año 2010.

Rango de ingreso mensual	Número de hogares			Distribución relativa		Distribución acumulada	
	Provincia de Panamá	Zona Metropolitana	Participación	Provincia de Panamá	Zona Metropolitana	Provincia de Panamá	Zona Metropolitana
	479,912	458,988	96%	100.0%	100.0%		
Menosde100	24,276	21,506	89%	5.2%	4.8%	5.2%	4.8%
100-124	9,045	7,773	86%	1.9%	1.7%	7.1%	6.6%
125-174	9,352	8,230	88%	2.0%	1.8%	9.1%	8.4%
175-274	24,202	16,246	67%	5.2%	3.6%	14.3%	12.0%
275-399	35,244	38,439	109%	7.5%	8.6%	21.9%	20.6%
400-599	73,455	70,208	96%	15.7%	15.7%	37.6%	36.3%
600-799	53,827	51,775	96%	11.5%	11.6%	49.1%	47.9%
800-999	46,844	45,498	97%	10.0%	10.2%	59.2%	58.1%
1,000-1,499	74,226	72,474	98%	15.9%	16.2%	75.0%	74.3%
1,500-9,999	39,082	38,313	98%	8.4%	8.6%	83.4%	82.9%
2,000-2,499	22,495	22,104	98%	4.8%	4.9%	88.2%	87.9%
2,500-2,999	13,574	13,390	99%	2.9%	3.0%	91.1%	90.9%
3,000-3,999	15,921	15,721	99%	3.4%	3.5%	94.6%	94.4%
4,000-4,999	8,630	8,525	99%	1.8%	1.9%	96.4%	96.3%
5,000ymás	16,813	16,636	99%	3.6%	3.7%	100.0%	100.0%
No declarado	12,926	12,150	94%				

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010

Figura 6-64. Proyección del número de hogares de la "Zona Metropolitana" de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

Para proyectar los cambios en la distribución del ingreso de los hogares de la "Zona Metropolitana", se estableció una relación de dependencia entre dichos cambios y los cambios en la distribución del ingreso de la población ocupada en la "Zona Metropolitana". El supuesto aquí es que los hogares obtienen la mayor parte de sus ingresos de la ocupación que ellos desempeñan. En la tabla que se presenta a continuación se muestran las distribuciones relativas y acumuladas de los ingresos de los hogares y la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de Panamá.

Tabla 6-47 Distribución de los hogares y la población ocupada en la “Zona Metropolitana” según rango de ingreso. Año 2010.

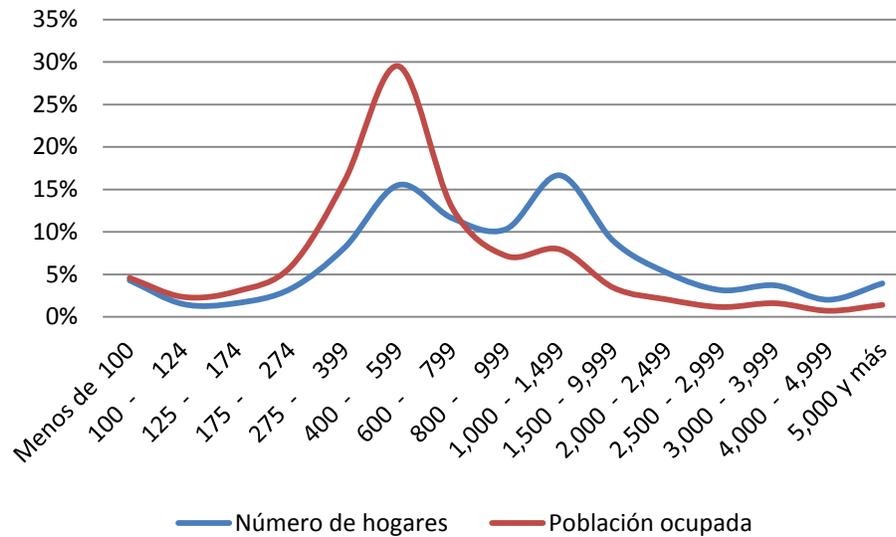
Rango de ingreso	Número de hogares(1)	Distribución relativa	Distribución acumulada	Población ocupada(1)	Distribución relativa	Distribución acumulada
Menosde100	22,091	4.8%	4.8%	34,302	4.6%	4.6%
100-124	7,984	1.7%	6.6%	17,656	2.4%	7.0%
125-174	8,454	1.8%	8.4%	22,715	3.0%	10.0%
175-274	16,688	3.6%	12.0%	44,306	5.9%	16.0%
275-399	39,484	8.6%	20.6%	119,612	16.0%	32.0%
400-599	72,117	15.7%	36.3%	219,908	29.5%	61.5%
600-799	53,183	11.6%	47.9%	95,772	12.8%	74.4%
800-999	46,735	10.2%	58.1%	53,687	7.2%	81.6%
1,000-1,499	74,445	16.2%	74.3%	59,335	8.0%	89.5%
1,500-9,999	39,355	8.6%	82.9%	25,682	3.4%	93.0%
2,000-2,499	22,705	4.9%	87.9%	15,361	2.1%	95.0%
2,500-2,999	13,754	3.0%	90.9%	8,786	1.2%	96.2%
3,000-3,999	16,148	3.5%	94.4%	12,119	1.6%	97.8%
4,000-4,999	8,757	1.9%	96.3%	5,506	0.7%	98.6%
5,000ymás	17,088	3.7%	100.0%	10,636	1.4%	100.0%
Total	458,988	100.0%		745,383	100.0%	

Nota: (1) El número de hogares y la población ocupada en la categoría de “no declarado” fue distribuido entre todos los rangos de ingreso de acuerdo al porcentaje de distribución respectiva de dicho rango.

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010,

Como se observa en la gráfica que se presenta después de este párrafo, la distribución acumulada relativa del ingreso de los hogares es más plana que la distribución relativa del ingreso de la población ocupada. Es decir, la distribución relativa del ingreso de los hogares tiende a estar más sesgado hacia la derecha que la distribución relativa de la población ocupada. Ese hecho se debe a que en un hogar pueden trabajar más de una persona y, en consecuencia, el ingreso del hogar tiende a ser mayor que el ingreso de la población ocupada.

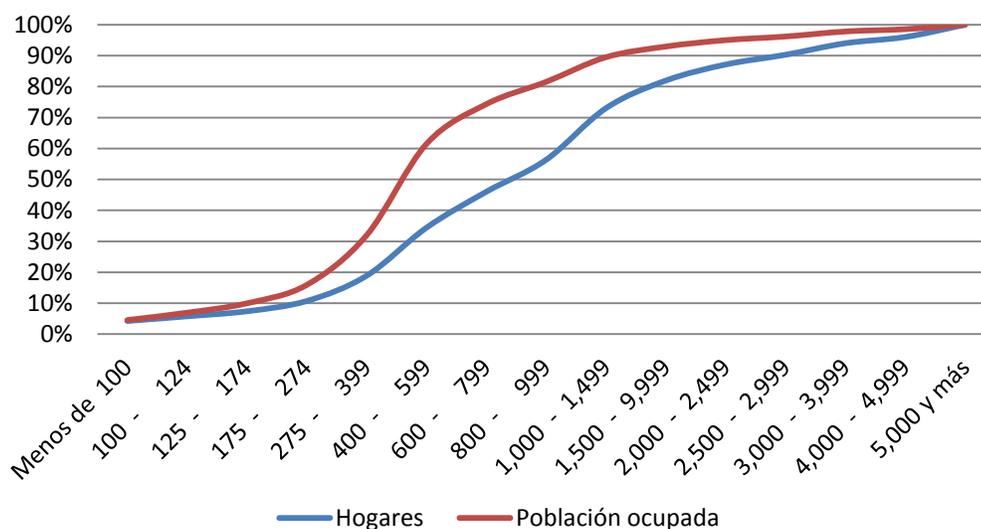
Figura 6-65. Distribución relativa del ingreso de los hogares y la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de Panamá



Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

Como se observa en la gráfica que se presenta después de este párrafo, la distribución acumulada del ingreso de los hogares es más plana que la distribución acumulada del ingreso de la población ocupada, por las razones ya explicadas en el párrafo anterior.

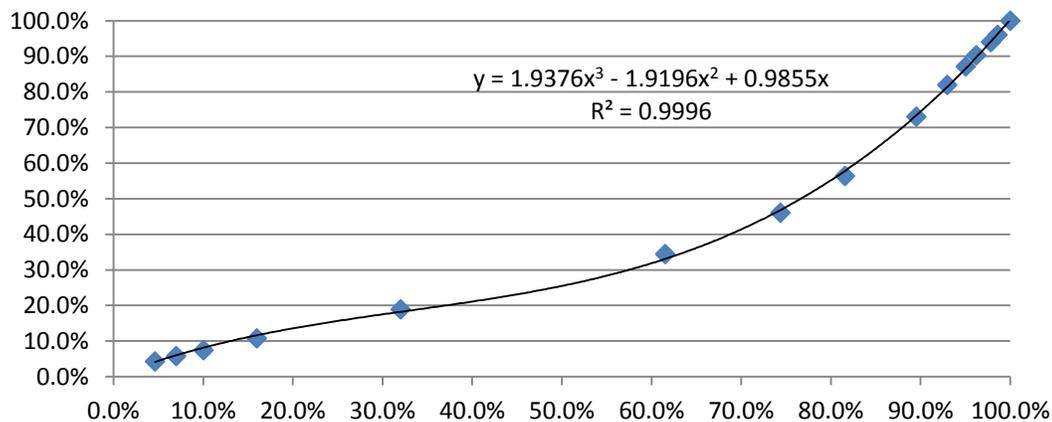
Figura 6-66. Distribución acumulada del ingreso de los hogares y la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de Panamá



Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

Para obtener la relación matemática de dependencia entre la distribución del ingreso de los hogares y la distribución del ingreso de la población en la “Zona Metropolitana”, se graficaron sus distribuciones acumuladas como se muestra en la gráfica que se presenta después de este párrafo. Así, la relación entre las distribuciones acumuladas está dada por la ecuación polinómica $y = 1.9376x^3 - 1.9196x^2 + 0.9855x$; donde la variable “y” representa la distribución acumulada del ingreso de los hogares (variable dependiente), mientras que la variable “x” representa la distribución acumulada de los ingresos de la población ocupada en la “Zona Metropolitana”. Como se observa en la gráfica, esta ecuación tiene un coeficiente de determinación de casi 1, de modo que el ajuste entre las distribuciones acumuladas es casi perfecto.

Figura 6-67. Relación entre la distribución del ingreso de la población ocupada y el ingreso de los hogares en la “Zona Metropolitana” de Panamá



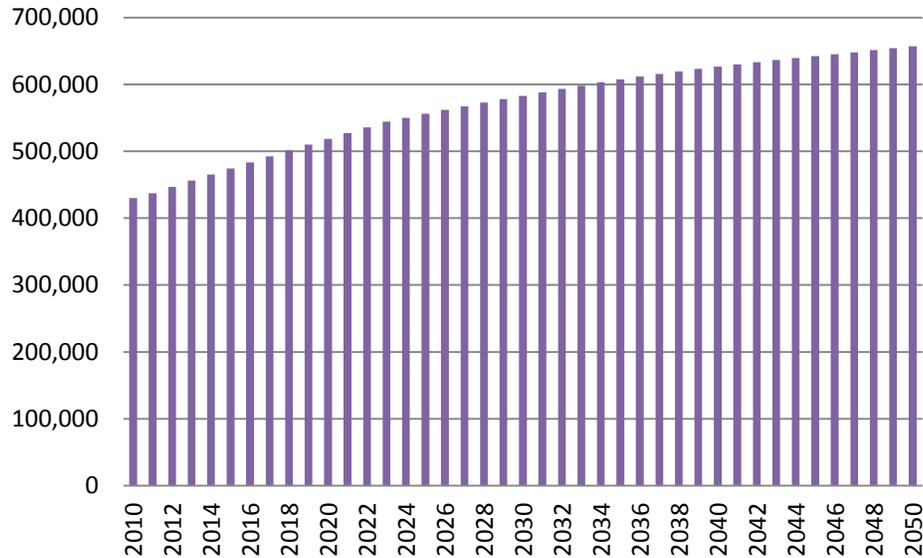
Nota: La variable “y” representa la distribución acumulada del ingreso de los hogares, mientras que la variable “x” representa la distribución acumulada de los ingresos de la población ocupada, siendo $0 \leq x \leq 1$.

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

6.3.4.2 Interpretación de la proyección del ingreso de los hogares

La proyección del número de hogares de la “Zona Metropolitana” muestra una forma cóncava igual que la proyección de la población del INEC. Esto implica que en el largo plazo la tasa de crecimiento del número de hogares sería, aunque aún positiva, cada vez más baja. Todo esto es resultado del envejecimiento de la población, con una pirámide población que se angosta en su base y se ensancha hacia arriba.

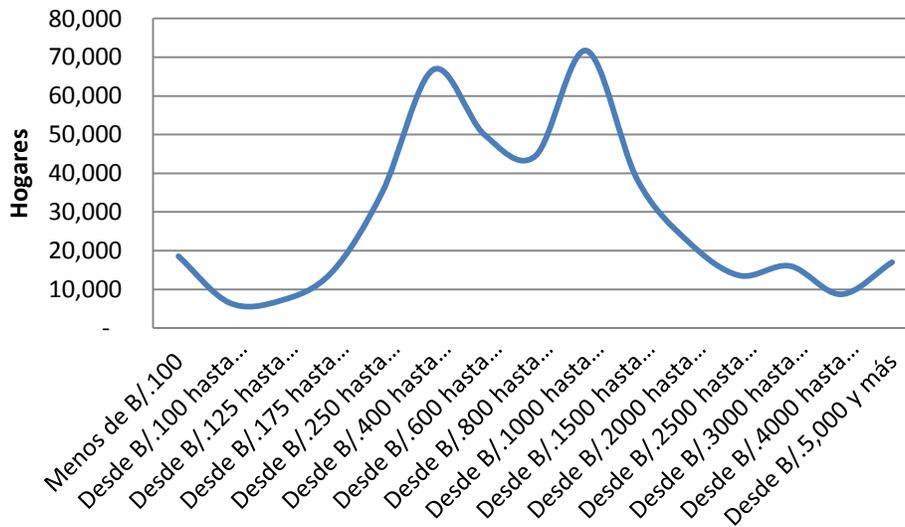
Figura 6-68. Proyección del número de hogares de hogares en la "Zona metropolitana" de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

En 2010 la curva de distribución del ingreso de los hogares mostraba dos grupos distintos, con media del ingreso distintas. El primer grupo, para cuyos ingresos se concentraban entre 400 y 599 Balboas. El segundo grupo, para cuyos ingresos se concentraban en el tramo de 1,000 y 1,499 Balboas.

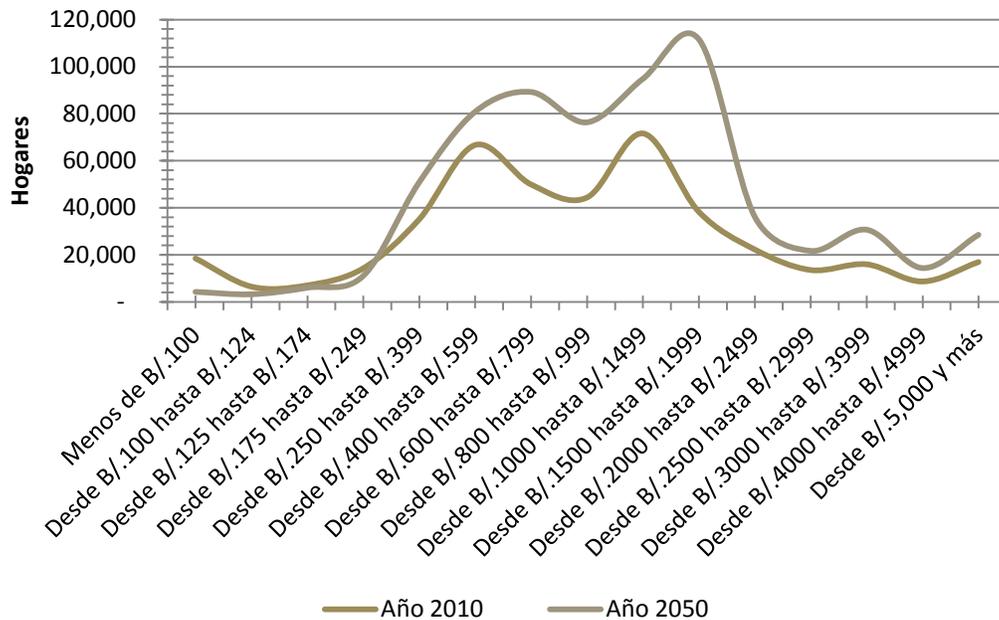
Figura 6-69. Distribución del ingreso de los hogares en la Zona Metropolitana de Panamá, Año 2010



Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010,

En 2050 no solo habrán crecido el número de hogares, dado el crecimiento poblacional, sino además, el primer grupo se habrá movido al tramo siguiente de ingresos entre 600 y 799 Balboas, e igualmente el segundo grupo se movería al tramo siguiente entre 1,500 y 1,999 Balboas.

Figura 6-70. Distribución del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de Panamá durante 2010 y 2050



Fuente. Grupo consultor, 2015

6.3.5 Propiedad vehicular de los hogares

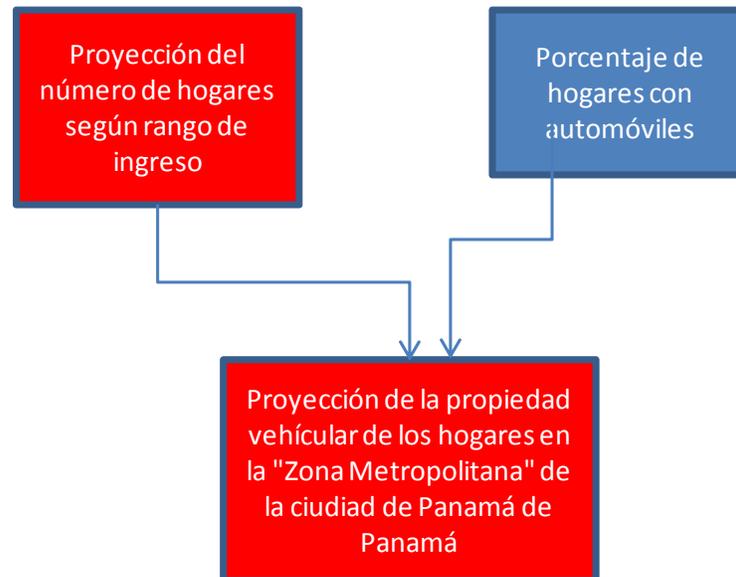
La proyección de la propiedad vehicular es una derivación de la proyección de los hogares según rango de ingresos, la cual a su vez es una derivación de la proyección de la población ocupada y, en consecuencia derivada de la metodología insumo-producto empleada en dicha proyección. Es decir, no fue empleado ningún método, ni marco teórico, distinto de la metodología insumo-producto para proyectar la economía, el ingreso de los hogares y finalmente la propiedad vehicular de éstos según los cambios en el ingreso de los hogares.

6.3.5.1 Modelización de la propiedad vehicular de los hogares

Para el caso de la propiedad vehicular de los hogares, la proyección se realizó con base en:

- El crecimiento del número de hogares propiamente dicho (cuya metodología ya fue explicada en la Sección II)
- Los cambios en los ingresos de éstos (cuya metodología y marco teórico también fue explicada en la Sección II)
- El porcentaje de hogares con automóviles según el ingreso del hogar (lo cual pasaremos a explicar a continuación).

Figura 6-71. Flujo del proceso de la proyección de la propiedad vehicular de los hogares en la "Zona Metropolitana" de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

La proyección del número de hogares según ingreso en la “Zona Metropolitana” fue realizada según como fue explicada en la sección III de este documento.

En cuanto al porcentaje de hogares con automóviles, específicamente, se calculó la probabilidad empírica de que un hogar posea automóvil dado su nivel de ingreso y con base en esa información se realizó la proyección. A continuación se explica este proceso en más detalle.

Comenzamos asignando la letra N al número total de hogares y el rango de ingreso con la letra i, entonces el N_i es el número de hogares totales en el iésimo rango de ingresos. Ahora asignando la letra n al número de hogares que poseen uno o más vehículos, entonces n_i es el número de hogares que con propiedad vehicular en el iésimo rango de ingresos. Asignando la letra P a la probabilidad de tenencia de propiedad vehicular, entonces P_i es la probabilidad de tenencia de propiedad vehicular en los hogares del iésimo rango. Dicha probabilidad se obtiene mediante la fórmula $P_i = n_i/N_i$. La probabilidad empírica fue calculada para cada uno de estos tramos de ingresos y validada mediante la estimación de un modelo Logit. En la tabla que se presenta a continuación se presentan las probabilidades calculadas con base en los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010.

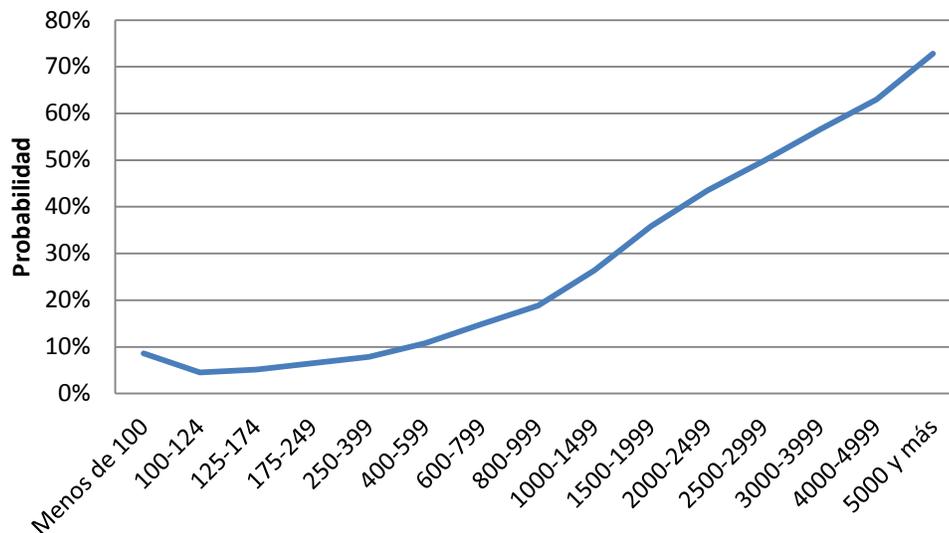
Tabla 6-48 Probabilidad calculada (Pi) de la tenencia de propiedad vehicular de los hogares en la Provincia de Panamá

Rango de ingreso	Uno o más de un vehículo	1 vehículo	2 vehículos	3 vehículos	4 vehículos	5 vehículos	6 vehículos	7 vehículos	8 vehículos
Menos de B/.100	8.6%	7.0%	1.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.100 hasta B/.124	4.5%	3.9%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.125 hasta B/.174	5.2%	4.6%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.175 hasta B/.249	6.5%	5.6%	0.7%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.250 hasta B/.399	7.9%	6.7%	0.9%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.400 hasta B/.599	10.8%	9.3%	1.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.600 hasta B/.799	14.9%	12.7%	1.7%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.800 hasta B/.999	18.8%	15.8%	2.6%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.1000 hasta B/.1499	26.4%	21.1%	4.4%	0.7%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.1500 hasta B/.1999	35.8%	26.0%	8.2%	1.2%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.2000 hasta B/.2499	43.5%	28.2%	12.3%	2.5%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.2500 hasta B/.2999	49.9%	28.0%	17.3%	3.4%	0.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.3000 hasta B/.3999	56.6%	26.5%	22.9%	5.7%	1.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%
Desde B/.4000 hasta B/.4999	63.0%	22.7%	29.6%	8.1%	2.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%
Desde B/.5,000 y más	72.8%	18.4%	33.4%	13.6%	5.5%	1.5%	0.3%	0.1%	0.0%

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010,

Con base en los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010, pudimos observar que la probabilidad es baja al principio de la distribución de ingresos y va creciendo rápidamente a partir del tramo de entre 400 y 599 Balboas de ingreso del hogar.

Figura 6-72. Probabilidad de que un hogar posea al menos un vehículo



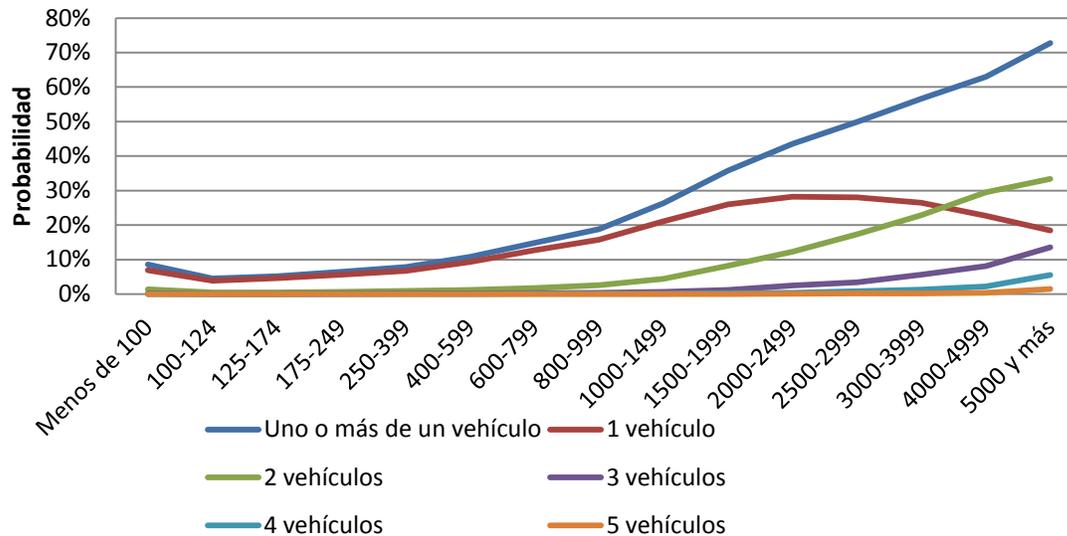
Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

Dado que se espera que los grupos de población pasen a tramos de ingresos superiores, entonces podríamos esperar un crecimiento de la propiedad de los hogares más aceleradamente que el crecimiento del número de hogares propiamente dicho.

El otro aspecto que se tomó en cuenta es la probabilidad de que un hogar posea más de un vehículo. Concretamente, se observó que la probabilidad de poseer más de un vehículo también aumenta con el ingreso; es decir, los hogares con mayores ingresos tienen una mayor probabilidad de tener más de un vehículo. Este hecho es otro factor que también contribuye a un crecimiento más acelerado de la propiedad vehicular de los hogares.

La probabilidad de poseer 2 vehículos es mayor para los hogares con ingresos de 600 Balboas o más. De hecho esta probabilidad crece consistentemente a partir de ese nivel de ingresos. A partir del tramo de ingresos de 2,500 a 2,999 balboas la probabilidad de tener un solo vehículo comienza a decrecer. Más propiedad de más de 3 vehículos por hogar sólo es posible a altos niveles de ingresos.

Figura 6-73. Probabilidad de la propiedad vehicular de los hogares



Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

Con el propósito de verificar la relación entre la probabilidad de la posesión vehicular y el nivel de ingresos de los hogares se estimó el llamado modelo de probabilidad Logit. La especificación del modelo es la siguiente:

$$\ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

Siendo,

P_i : la probabilidad de la posesión vehicular de los hogares en el i -ésimo rango de ingresos

X_i : el ingreso de los hogares en el i -ésimo rango

β_0 y β_1 corresponden a los coeficientes de la regresión.

En la tabla que se presenta a continuación se muestran los valores calculados para estimar la regresión.

Tabla 6-49 Rango de ingresos de los hogares y probabilidad calculada de la posesión vehicular en la provincia de Panamá (datos para la estimación del modelo de regresión Logit)

Rango de ingreso (X)	X (Punto medio)	P	P/(1-P)	Ln[P/(1-P)]
Menos de 100	50	0.09	0.09	-2.36
100-124	112	0.04	0.05	-3.06
125-174	150	0.05	0.05	-2.91
175-249	212	0.06	0.07	-2.67
250-399	325	0.08	0.09	-2.46
400-599	500	0.11	0.12	-2.11
600-799	700	0.15	0.17	-1.74
800-999	900	0.19	0.23	-1.46
1000-1499	1,250	0.26	0.36	-1.03
1500-1999	1,750	0.36	0.56	-0.58
2000-2499	2,250	0.44	0.77	-0.26
2500-2999	2,750	0.50	0.99	-0.01
3000-3999	3,500	0.57	1.30	0.27
4000-4999	4,500	0.63	1.70	0.53
5000 y más	5,000	0.73	2.68	0.98

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2010

La estimación de la regresión con base en estos datos arrojó los resultados que se presentan a continuación.

Variable dependiente: $\text{Ln}(P/(1-P))$

Método: Mínimos cuadrados ponderados

Muestra: 1 15

Observaciones incluidas: 15

	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico	Probabilidad.
β_0	-1.502604	0.148610	-10.11107	0.0000
β_1	0.000488	3.63E-05	13.44565	0.0000
R-cuadrado	0.954558	Media dependiente variable		-0.014922
R-cuadrado ajustado	0.951062	D.E. variable dependiente		1.059033
D.E. de la regresión	0.234278	Akaike info criterion		0.058949
Suma cuadrado residuos	0.713521	Schwarz criterion		0.153356
Log likelihood	1.557879	F-statistic		180.7854
Durbin-Watson	1.247872	Prob(F-statistic)		0.000000

Como se observa, la regresión tiene un elevado coeficiente de determinación de 0.95 y, además, los estadísticos t de los coeficientes de regresión son significativos a un nivel de confianza el 95%.

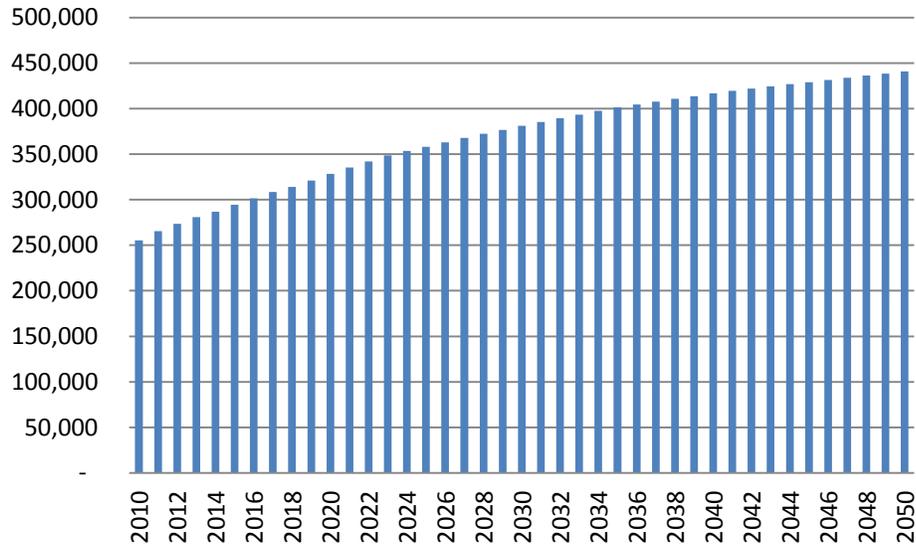
Con base en esta verificación se concluyó que el ingresos de los hogares y la probabilidad de posición vehicular son una muy buena aproximación de la tenencia de propiedad vehicular en el futuro.

6.3.5.2 Interpretación de la proyección de la propiedad vehicular de los hogares

Los detalles de esta proyección se presentan en la Tabla 4 del archivo de Excel que acompaña esta nota metodológica.

La gráfica que se presenta a continuación muestra la proyección del número de vehículos propiedad de los hogares en la “Zona Metropolitana” de Panamá.

Figura 6-74. Proyección del número de vehículos, propiedad de los hogares, en "Zona Metropolitana de Panamá"

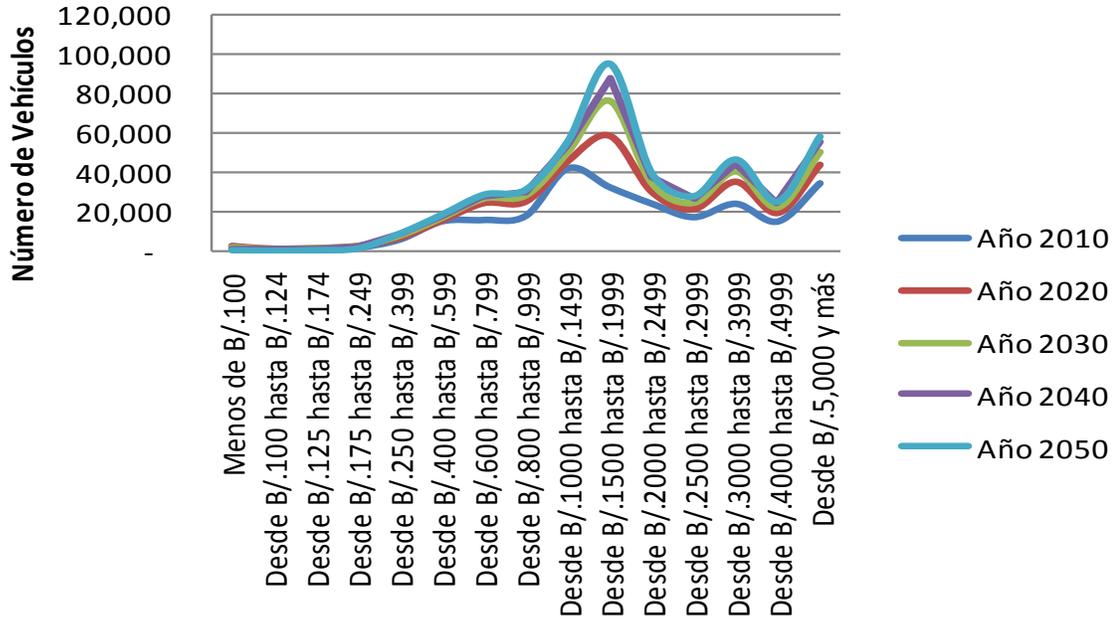


Fuente. Grupo consultor, 2015

El número de automóviles, propiedad de los hogares, crece a través de todo el periodo de la proyección. No obstante, las tasas de crecimiento aunque siempre positivas, decrecen a través del tiempo, originando una curva cóncava. Esta forma cóncava de la curva es el resultado de también un decrecimiento en el número de hogares, como resultado de la disminución de las tasas de crecimiento de la población y envejecimiento de esta.

La gráfica que se presenta a continuación muestra la proyección del número de vehículos propiedad de los hogares según rango de ingreso. Como se observa, los mayores cambios entre décadas ocurrirían en el rango de ingreso de B/.1,500 a B/.1,999.

Figura 6-75. Proyección del número de vehículos, propiedad de los hogares, en "Zona Metropolitana de Panamá"



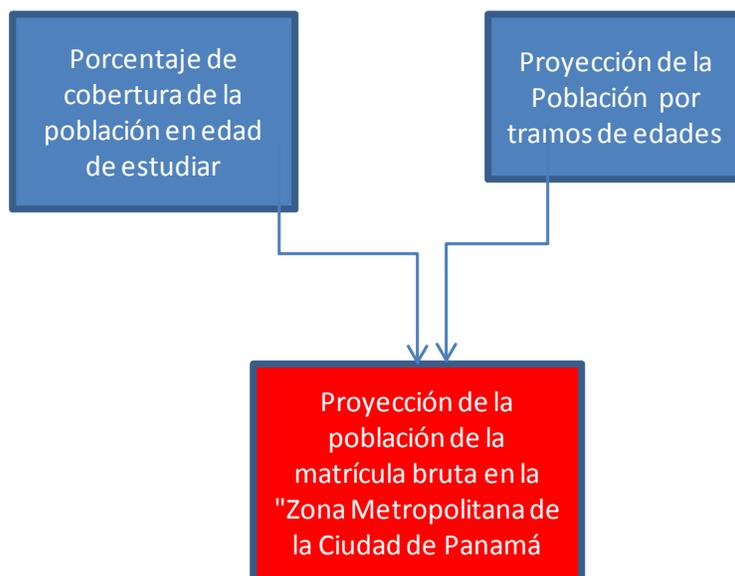
Fuente. Grupo consultor, 2015

6.3.6 Matrícula por nivel de educación

Para realizar esta proyección se consideró la metodología empleada por el Ministerio de Educación en la estimación de los porcentajes de cobertura según nivel de instrucción⁴⁷.

6.3.7 Modelización de la matrícula por nivel de instrucción

Figura 6-76. Flujo del proceso de proyección de la matrícula bruta en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

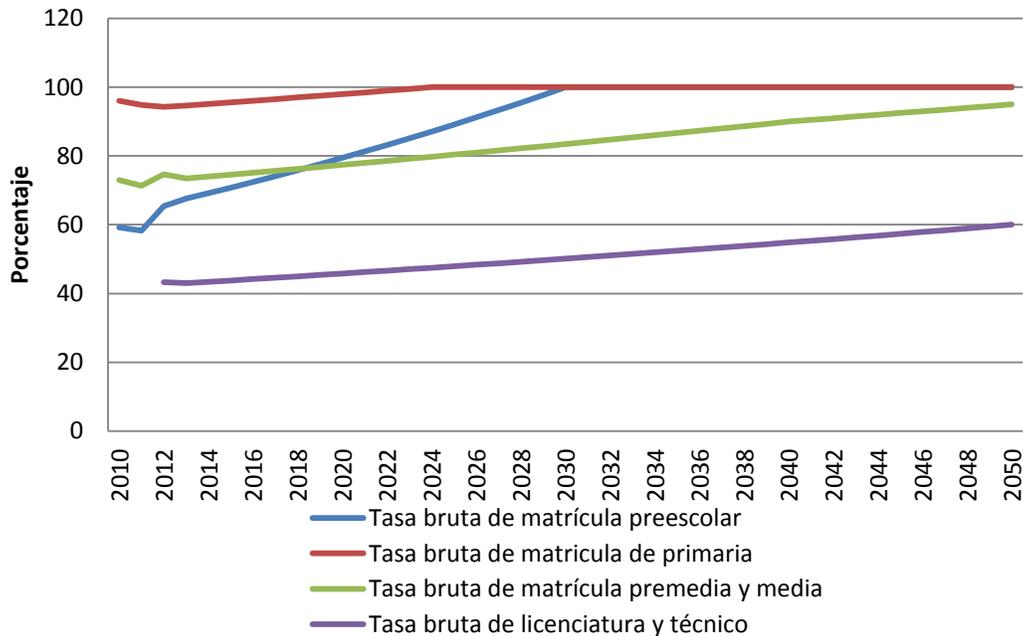
Proyección de las tasas brutas de matrícula

Se analizaron las coberturas actuales de educación (años 2010-2013) y se hicieron supuestos acerca de las intervenciones públicas para aumentar la cobertura de éstas, fundamentalmente en educación pre-escolar, pre-media y media donde son relativamente bajas. Así, el supuesto fundamental de la proyección de las tasas brutas de matrícula según nivel educativo radica en el impacto de las intervenciones gubernamentales que se supone que superarían con creces las condiciones actuales.

En la gráfica que se presenta a continuación se presentan las tasas brutas de matrícula en el periodo 2010-2013 y las proyecciones de éstas en el periodo 2014-2050.

⁴⁷ Véase Ministerio de Educación, "Estadísticas Educativas". <http://www.meduca.gob.pa>

Figura 6-77. Tasas brutas de matrícula en la "Zona metropolitana" de la ciudad de Panamá



Notas:

Tasa bruta de matrícula: Se refiere al total de alumnos matriculados en el nivel correspondiente, independientemente de su edad, expresado como porcentaje de su edad oficialmente escolarizable.

Pre-escolar: La edad oficial es entre 4 y 5 años.

Primaria: La edad oficial es entre 6 y 11 años.

Pre-media y media: La edad oficial es entre 12 y 17 años; entre 12 y 14 años de pre-media y entre 15 y 17 años de media.

Licenciatura y técnico: La edad oficial es entre 19 y 24 años.

Fuente. Grupo consultor, 2015

La cobertura más baja es la de pre-escolar, no obstante, ésta ha aumentado rápidamente en el periodo 2010-2013, pasando de 59.2% en 2010 a 67.6% en 2013. El supuesto es que en 2030 tasa bruta de matrícula estaría reflejando una cobertura total de la población oficialmente escolarizable (4 y 5 años de edad).

La cobertura de primaria para la población en el rango de 6 a 11 años de edad es actualmente muy cercana al 100%, como se observa en la gráfica. En el futuro habría plena cobertura de educación primaria.

En cuanto a la cobertura de educación pre-media y media, esta se mantuvo en el periodo 2010-2013 en 73% (en el rango de población de 12 a 18 años de edad). Con constantes intervenciones, en 2050 esta cobertura habrá alcanzado el 95%. Muchos factores de tipo socioeconómico impiden una plena cobertura de esta población. La deserción escolar es uno

de los principales factores que explican esto. La deserción tiene muchas causas de tipo socioeconómicas. Los jóvenes abandonan el plantel educativo porque tienen que trabajar o asumir responsabilidades mayores, mientras que otros ni siquiera asisten a recibir instrucción media una vez que han concluido la educación pre-media.

La cobertura de educación a nivel de licenciatura y técnica en 2012 era apenas 43.3%. Se prevé que para 2050 dicha cobertura haya alcanzado 60% de la población entre 19 y 24 años de edad.

Proyección de la población por tramos de edades de estudiar según nivel

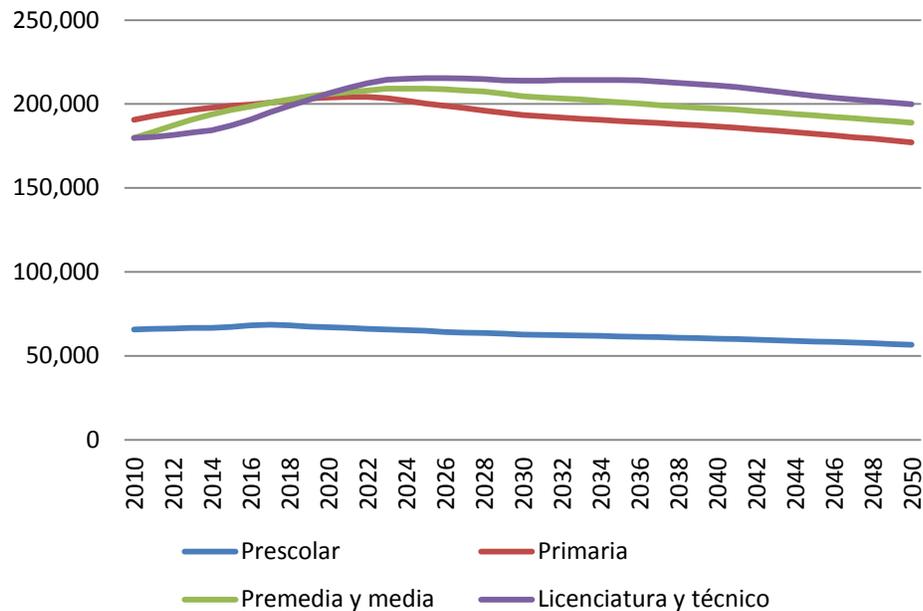
La proyección de la población escolarizable se obtuvo agrupando las edades del modo siguiente:

- Pre-escolar: La edad oficial es entre 4 y 5 años.
- Primaria: La edad oficial es entre 6 y 11 años.
- Pre-media y media: La edad oficial es entre 12 y 17 años; entre 12 y 14 años de pre-media y entre 15 y 17 años de media.
- Licenciatura y técnico: La edad oficial es entre 19 y 24 años.

Para esto se utilizó la propia proyección de población del INEC⁴⁸ y se procedió a agruparla por tramo de edades. La gráfica que se presenta a continuación muestra la población escolarizable de acuerdo con las proyecciones de población del INEC.

⁴⁸ Véase Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Estimaciones y Proyecciones de la Población de la República, por Provincia y Comarca Indígena, según sexo y edad: Años 2000-30”. Boletín 14. Octubre de 2012. http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=10&ID_PUBLICACION=491&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=3

Figura 6-78. Población en edad escolarizable en la provincia de Panamá



Fuente. Estimaciones y Proyecciones de la Población de la República, por Provincia y Comarca Indígena, según sexo y edad: Años 2000-30, Boletín 14. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Octubre de 2012

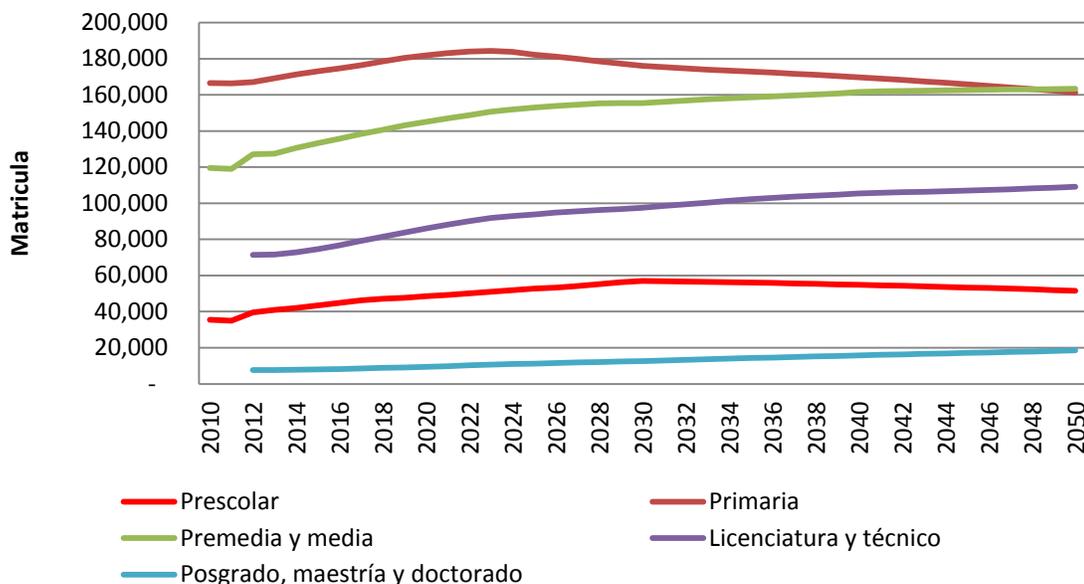
Proyección de la matrícula en la “Zona Metropolitana” de Panamá

La proyección de la matrícula se obtuvo multiplicando la cobertura del nivel de instrucción correspondiente por la población en edad oficialmente escolarizable. A su vez, este resultado fue multiplicado por la participación de la “Zona Metropolitana” en la provincia de Panamá.

6.3.7.1 *Algunos resultados de la proyección de la población ocupada por nivel de instrucción*

En la gráfica que se presenta a continuación puede observarse la proyección de la matrícula. Los detalles por nivel de instrucción de esta proyección se presentan en la Tabla 2 del archivo de Excel que acompaña esta nota metodológica.

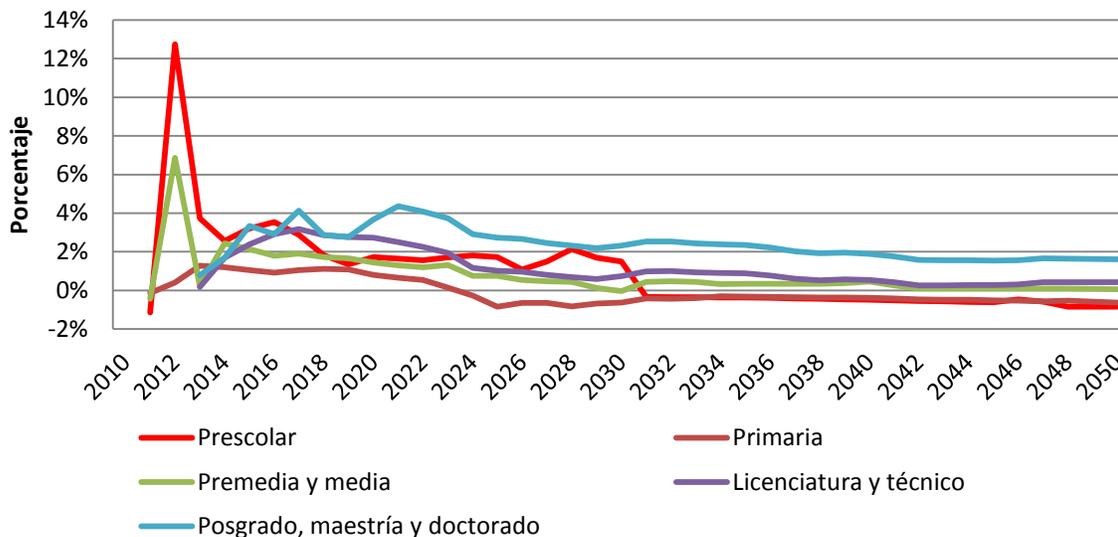
Figura 6-79. Proyección de la matrícula en la "Zona metropolitana" de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

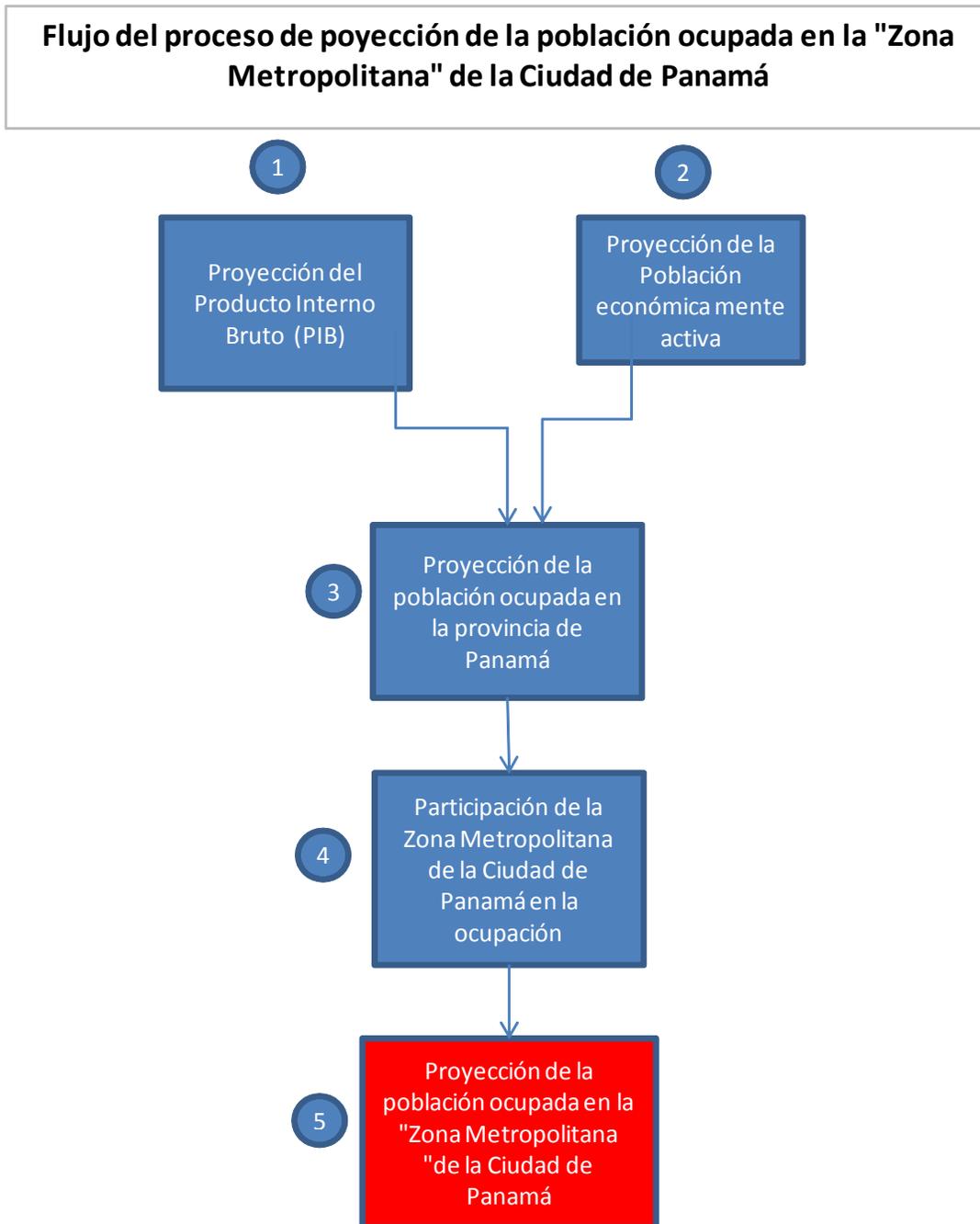
A pesar de que las tasas de matrícula bruta crecen (tendiendo a 100%), la matrícula tiende a reducir su ritmo de crecimiento y luego a decrecer, debido a un comportamiento decreciente de la población en los tramos de edades correspondientes a la edad oficial de escolarización como consecuencia del angostamiento de la pirámide poblacional en la base y ensanchamiento en la cúspide; o sea, debido al envejecimiento de la población.

Figura 6-80. Tasas de crecimiento de la matrícula en la "Zona metropolitana" de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

6.3.8 Flujo gramas del proceso de proyección



Fuente. Grupo consultor, 2015

1

Proyección del Producto Interno Bruto (PIB): La proyección del PIB corresponde a la provincia de Panamá ya que la información estadística del INEC solo presenta estimaciones desagregadas geográficamente sólo hasta provincias; es decir, no realiza estas estimaciones por distritos ni corregimientos, ni barrios, etc. Primero se proyectó el PIB del País y luego se procedió a repartir cada rama de actividad de acuerdo con la tendencia de su participación histórica por provincia. La proyección del PIB se realizó empleando un modelo económico matemático empleando álgebra de matrices para simular el equilibrio general de la economía en cada año de la producción. La información base para construir y modelar las matrices proviene del Cuadro de Oferta y Utilización (COU), publicado recientemente por el INEC con motivo del cambio de año base del PIB.

2

Proyección de la Población Económicamente Activa (PEA): La proyección de la PEA corresponde a la provincia de Panamá. Se analizó la tendencia de la participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo (PEA) en el periodo 2001-2014 mediante una simple regresión lineal de tendencia y se llegó a la conclusión estadística de que esta tiende a crecer a través del tiempo. En este sentido, se supuso que esta tendencia continuaría en el futuro y se procedió a extrapolar dicha línea a través de todo el periodo de la proyección. El resultado acendante de la participación de la población de 15 y más años de edad en la fuerza de trabajo es el resultado de una cada vez mayor participación de la mujer. En 2001, la participación de los hombres fue 78.4%, mientras que en ese mismo año la participación de las mujeres era sólo 47.5%. En 2014 la participación de los hombres se mantenía (78.7%), pero la de las mujeres ha aumentado a 53.5%. Nosotros suponemos que en 2050 las mujeres estarán participando tanto como los hombres y la participación promedio será entonces de 71.1%.

3

Proyección de la población ocupada en la provincia de Panamá: La proyección de la población ocupada en la provincia de Panamá se hizo tomando en cuenta el crecimiento futuro de su demanda, así como de su oferta. Su demanda se determinó con base en el crecimiento del PIB de la provincia de Panamá, usando el coeficiente técnico empleo/PIB de la rama de actividad correspondiente. De acuerdo con la tendencia histórica la población ocupada en la empresa privada ha venido cobrando una mayor participación, mientras que la población ocupada por cuenta propia ha estado perdiendo participación, de modo que este hecho también se tomó en cuenta en la proyección. Es decir, muchos de los ocupados por cuenta propia pasarían a ser ocupados en la empresa privada.

4

Participación de la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá en el empleo: Para determinar la ocupación en la "Zona Metropolitana", se procedió a repartir la proyección de la ocupación de la provincia de Panamá según la participación que tiene la "Zona Metropolitana" en cada una de las ramas de actividad de ésta. La participación promedio de la "Zona Metropolitana" en la provincia de Panamá, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de 2010, fue de 91%. La menor participación correspondió a las actividades del sector primario (29%). El resto de las actividades tienen participaciones muy alrededor del promedio.

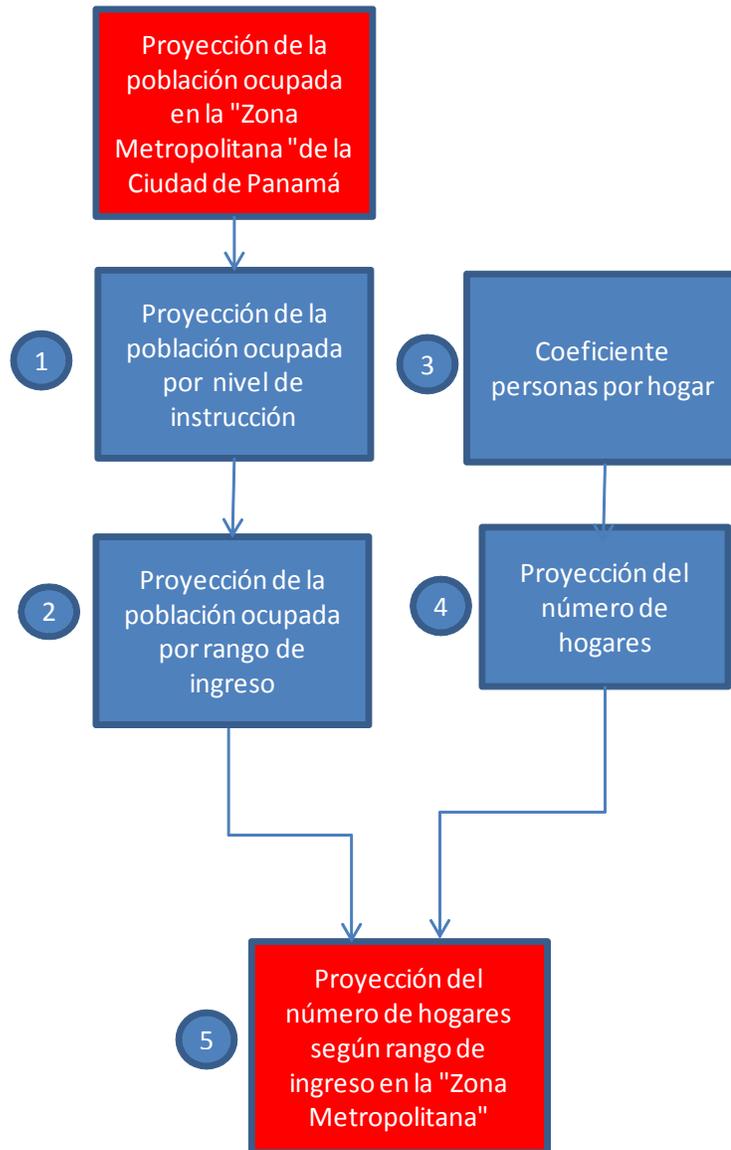
5

Proyección de la población ocupada en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá: En términos absolutos el crecimiento de la población ocupada será muy desigual por sectores económicos. El sector más dinámico continuaría siendo el de servicios (sector terciario). El sector secundario (que incluye industrias manufactureras, construcción, minas, canteras, suministro de electricidad, gas y agua) crecería más lentamente y finalmente se estabilizaría en el largo plazo. Contrariamente, la población ocupada en el sector primario (que incluye agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca) decrecería en términos absolutos (cabe resaltar que PIB estaría creciendo tanto en términos absolutos como relativos y que lo que decrece es la población ocupada).

Actualmente la participación de la población ocupada por cuenta propia es de 17.8%. Esta población está ocupada en actividades muy pequeñas y de relativamente muy baja productividad; por ejemplo, vendedores ambulantes, micro-actividades de venta de comidas preparadas, micro-actividades de transporte, etc. Con el crecimiento económico y la intervención gubernamental en educación es de esperarse que la participación de esta población se reduzca dramáticamente y pase a la empresa privada donde la productividad es mucho mayor y los ingresos son más altos.

En el largo plazo la tasa de crecimiento de la población ocupada sería, aunque aún positiva, cada vez más baja. Esto sería el resultado de la incorporación de mano de obra más calificada en actividades cada vez más productivas de la empresa privada y las intervenciones gubernamentales en aspectos educativos.

Flujo del proceso de proyección de la distribución del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

1

Proyección de la población ocupada por nivel de instrucción: Se supuso que el cambio en la distribución del ingreso de los hogares está determinado por los cambios en los niveles de instrucción o educación de la población ocupada. En este sentido se procedió a distribuir la proyección de la población ocupada de acuerdo con su nivel de instrucción.

2

Proyección de la población ocupada por rango de ingreso: Una vez realizada la proyección de la población ocupada por nivel de instrucción (o educación) se procedió a determinar los rangos de ingresos correspondientes a su nivel educativo.

3

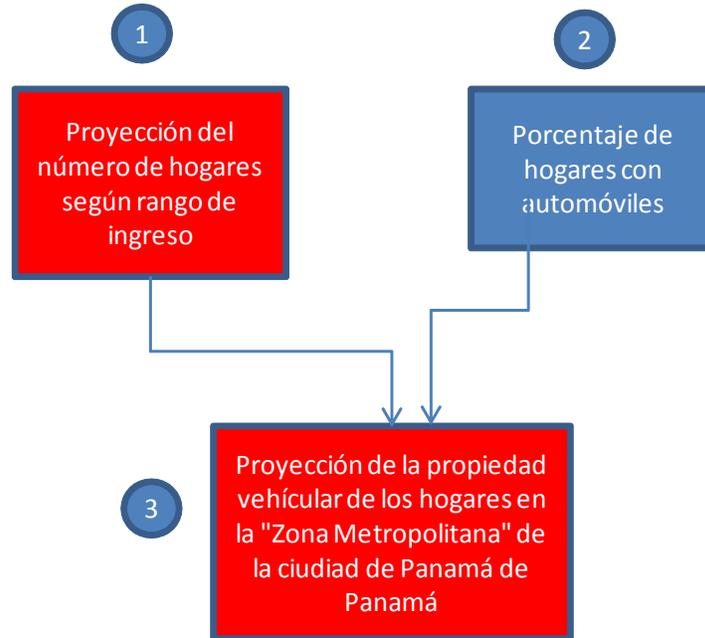
Coefficiente personas por hogar: Se empleó un coeficiente de personas por hogar de 3.5 fijo para todo el periodo de la proyección. Si bien el número de personas por hogar ha descendido a través de las décadas, se supuso que este ha llegado a su nivel crítico y que, en consecuencia se mantendrá estable en el futuro. Desde luego, se podría suponer que la tendencia descendiente continuaría en el futuro, pero eso supondría que la población estaría decreciendo en el largo plazo e iría en una dirección contraria con las proyecciones de población del INEC.

4

Proyección del número de hogares: El número de hogares fue considerado como una variable puramente demográfica. Simplemente se tomó el coeficiente personas por hogar (3.5 personas por hogar) y se dividió entre la proyección del número de personas que viven en hogares para obtener así la proyección del número de hogares.

Proyección del número de hogares según rango de ingreso en la "Zona Metropolitana": La proyección del ingreso de los hogares se derivó de la proyección del ingreso de las personas según la proyección de sus niveles de educación o instrucción. En 2010 la curva de distribución del ingreso de los hogares mostraba dos grupos distintos, con media del ingreso distintas. El primer grupo, para cuyos ingresos se concentraban entre 400 y 599 Balboas. El segundo grupo, para cuyos ingresos se concentraban en el tramo de 1,000 y 1,499 Balboas. En 2050 no sólo habrán crecido el número de hogares, dado el crecimiento poblacional, sino además, el primer grupo se habrá movido al tramo siguiente de ingresos entre 600 y 799 Balboas, e igualmente el segundo grupo se movería al tramo siguiente entre 1,500 y 1,999 Balboas.

Flujo del proceso de la proyección de la propiedad vehicular de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

1

Proyección del número de hogares según rango de ingreso: Se supo que el crecimiento del número de hogares y los cambios en la distribución del ingreso sería uno de los factores que determinarían los cambios futuros en la propiedad vehicular. Para ver como se realizó la proyección del número de hogares según rango de ingreso véase el "flujo del proceso de proyección la distribución del ingreso de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá".

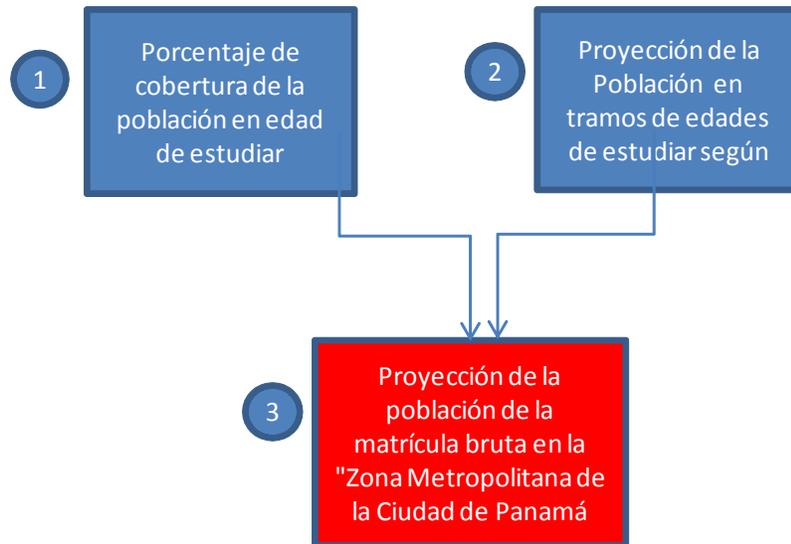
2

Porcentaje de hogares con automóviles: Específicamente, se calculó la probabilidad empírica de que un hogar posea al menos un vehículo dado su nivel de ingreso y con base en esa información se realizó la proyección. Con base en los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010, pudimos observar que la probabilidad es baja al principio de la distribución de ingresos y va creciendo rápidamente a partir del tramo de entre 400 y 599 Balboas de ingreso del hogar. Dado que se espera que los grupos de población pasen a tramos de ingresos superiores, entonces podríamos esperar un crecimiento de la propiedad de los hogares más aceleradamente que el crecimiento del número de hogares propiamente dicho. El otro aspecto que se tomó en cuenta es la probabilidad de que un hogar posea más de un vehículo. Concretamente, se observó que la probabilidad de poseer más de un vehículo también aumenta con el ingreso; es decir, los hogares con mayores ingresos tienen una mayor probabilidad de tener más de un vehículo. Este hecho es otro factor que también contribuye a un crecimiento más acelerado de la propiedad vehicular de los hogares. La probabilidad de poseer 2 vehículos es mayor para los hogares con ingresos de 600 Balboas o más. De hecho esta probabilidad crece consistentemente a partir de ese nivel de ingresos. A partir del tramo de ingresos de 2,500 a 2,999 balboas la probabilidad de tener un solo vehículo comienza a decrecer. Más propiedad de más de 3 vehículos por hogar sólo es posible a altos niveles de ingresos.

3

Proyección de la propiedad vehicular de los hogares en la "Zona Metropolitana" de la ciudad de Panamá de Panamá: Multiplicando el número de hogares de la zona metropolitana por la proporción de hogares con automóviles según rango de ingreso se obtuvo el número de hogares con automóviles en dicha zona. Los mayores cambios entre décadas ocurrirían en el rango de ingreso de B/.1,500 a B/.1,999.

Flujo del proceso de proyección de la matrícula bruta en la "Zona Metropolitana" de la Ciudad de Panamá



Fuente. Grupo consultor, 2015

1

Porcentaje de cobertura de la población en edad de estudiar: La cobertura de la matrícula en edad de estudiar corresponde al total de alumnos matriculados en el nivel correspondiente, independientemente de su edad, expresado como porcentaje de su edad oficialmente escolarizable. Para proyectar dichas coberturas se hicieron supuestos acerca de las intervenciones públicas para aumentar la cobertura de éstas, fundamentalmente en educación pre-escolar, pre-media y media donde son relativamente bastante bajas. Así, el supuesto fundamental de la proyección de la matrícula según educación radica en el impacto de las intervenciones gubernamentales que superarían con creces las condiciones actuales. Desde luego, se podría argumentar que las coberturas seguiría la tendencia histórica, pero eso sería decir que no habrían cambios en la educación en los próximos 35 años y que las intervenciones gubernamentales no tendrían ningún producirían ningún cambio radical en dicha tendencia.

2

Proyección de la población en edades de estudiar según nivel: La proyección corresponde a la realizada por el INEC. La proyección de la población escolarizable se obtuvo agrupando las edades del modo siguiente:

Pre-escolar: La edad oficial es entre 4 y 5 años.

Primaria: La edad oficial es entre 6 y 11 años.

Pre-media y media: La edad oficial es entre 12 y 17 años; entre 12 y 14 años de pre-media y entre 15 y 17 años de media.

Licenciatura y técnico: La edad oficial es entre 19 y 24 años.

3

Proyección de la matrícula en la zona metropolitana: A pesar de que las tasas de matrícula bruta crecen (tendiendo a 100%), la matrícula tiende a reducir su ritmo de crecimiento y luego a decrecer, debido a un comportamiento decreciente de la población en los tramos de edades correspondientes a la edad oficial de escolarización como consecuencia del angostamiento de la pirámide poblacional en la base y ensanchamiento en la cúspide; o sea, debido al envejecimiento de la población.

6.4 TABLAS DE ANALISIS DE MOVILIDAD EN PERIODO 6 AM A 8 AM

Viajes totales por modo en el periodo 6 am a 8 am, año 2014

Modo	Viajes
No Motorizado	54,327
Otro	62,736
Privado	216,728
Público	176,828
Taxi	35,897
Total general	546,515

Fuente. Encuesta domiciliaria. Grupo consultor, 2014

Viajes motorizados en transporte privado y transporte público en el periodo 6 am a 8 am, año 2014

Modo	Viajes
Privado	216,728
Público	212,724
Total general	429,453

Fuente. Encuesta domiciliaria. Grupo consultor, 2014

Distribución de viajes por modo para el periodo 6 am a 8 am – año 2014

Id Macrozona	Nombre	No Motorizado	Otro	Privado	Público	Taxi	Total general
1	Chepo	1%	2%	25%	53%	19%	9996
2	Chilibre	7%	14%	39%	33%	6%	54645
3	Tocumen	8%	13%	41%	33%	4%	99176
4	Ancón	2%	11%	48%	29%	10%	5576
5	Centro	10%	7%	46%	27%	9%	102218
6	San Miguelito	7%	12%	45%	31%	5%	99621
7	Juan Díaz	7%	9%	38%	42%	4%	25985
8	Veracruz	11%	20%	33%	30%	6%	6368
9	Arraiján	12%	13%	37%	32%	6%	65840
10	Capira	21%	7%	20%	42%	11%	15479
11	Chorrera	18%	10%	25%	36%	10%	41388
12	Pacora	13%	28%	34%	24%	2%	20224

Fuente. Encuesta domiciliaria. Grupo consultor, 2014

Distribución por macrozona del total de viajes diarios generados en el periodo pico (am) – Año 2014

Id Macrozona	Nombre	No Motorizado	Otro	Privado	Público	Taxi
1	Chepo	0%	0%	1%	3%	4%
2	Chilibre	8%	12%	10%	10%	10%
3	Tocumen	15%	20%	19%	19%	12%
4	Ancón	0%	1%	1%	2%	2%
5	Centro	20%	11%	22%	16%	23%
6	San Miguelito	13%	18%	21%	17%	13%
7	Juan Díaz	3%	4%	5%	6%	3%
8	Veracruz	1%	2%	1%	1%	1%
9	Arraján	15%	13%	11%	12%	12%
10	Capira	6%	2%	1%	3%	4%
11	Chorrera	14%	7%	5%	9%	13%
12	Pacora	5%	9%	3%	3%	1%

Fuente. Encuesta domiciliaria. Grupo consultor, 2014

Distribución por macrozona del total de viajes diarios atraídos en el periodo pico (am) – Año 2014

Id Macrozona	Nombre	No Motorizado	Otro	Privado	Público	Taxi
1	Chepo	0%	1%	1%	2%	6%
2	Chilibre	6%	4%	2%	3%	3%
3	Tocumen	16%	21%	6%	7%	8%
4	Ancón	2%	5%	9%	8%	5%
5	Centro	20%	20%	53%	40%	29%
6	San Miguelito	13%	16%	8%	11%	10%
7	Juan Díaz	4%	7%	10%	13%	7%
8	Veracruz	1%	1%	1%	0%	0%
9	Arraján	15%	9%	4%	5%	9%
10	Capira	4%	3%	1%	4%	4%
11	Chorrera	14%	12%	4%	8%	17%
12	Pacora	5%	3%	1%	0%	2%

Fuente. Encuesta domiciliaria. Grupo consultor, 2014

6.5 CARTERA DE PROYECTOS

6.6 PRONÓSTICO EMPLEO, HOGARES Y POBLACIÓN

Escenario base

Escenario 1

Escenario 2

Escenario 3

6.7 PRONÓSTICO DE MATRICES DE VIAJE

Año 2015 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

Año 2017 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

Año 2020 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

Año 2025 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

Año 2030 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

Año 2035 – Periodo 6am a 8 am
Transporte privado (en pasajeros)

Transporte público (incluido taxi) (en pasajeros)

6.8 RESULTADOS DE LOS PROYECTOS VIALES

6.9 RESULTADOS DEL SITP – DEMANDA POR RUTA

Año 2017 – Periodo 6am a 8 am

Año 2020 – Periodo 6am a 8 am

Año 2025 – Periodo 6am a 8 am

Año 2030 – Periodo 6am a 8 am

Año 2035 – Periodo 6am a 8 am

6.10 PERFIL DE RUTA

Año 2017

Año 2020

Año 2025

Año 2030

Año 2035

6.11 RUTAS DEL SIT