

CASO DE USO

SIMULADOR PARA MODELAR LA OCUPACIÓN DE LA CIUDAD

MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL
COMPUTABLE ESPACIAL
Versión inversión



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
PLANEACIÓN



Contenido

01 Introducción

02 Objetivo

03 Modelo de Equilibrio General Computable Espacial

04 Estructura del modelo de equilibrio General Código (elementos clave)

05 Pasos para simular desde el Modelo de Equilibrio General Computable

PASO 1. Definir el propósito de la simulación

PASO 2. Identificar el parámetro o la variable en su estado inicial y la magnitud del choque sobre el mismo(a)

PASO 3. Abrir software GAMS y cargar archivo

PASO 4. Escribir el choque en el código de GAMS.

PASO 5. Seleccionar el botón RUN en GAMS.

PASO 6. Consultar los efectos de la simulación en las variables de interés en el archivo GDX.

PASO 7. Seleccionar los datos que se necesitan del archivo GDX

PASO 8. Aplicar el choque del empleo en la Matriz de Trabajo

PASO 9. Resultados esperados

PASO 10. Simulación con datos actualizados del Plan de Desarrollo 2024-2027

08 Conclusiones

El Simulador para modelar la ocupación de la ciudad – región Bogotá D.C. es un instrumento fruto de un proyecto desarrollado entre la Secretaría Distrital de Planeación, la Universidad Sergio Arboleda y la Universidad de Los Andes, para permitir a los distintos tomadores de decisiones evaluar las implicaciones y el alcance de sus intervenciones en el territorio, teniendo en cuenta las restricciones geográficas y los efectos de elección de localización y los costos de transporte son elementos centrales.

El Simulador está compuesto por cuatro grandes modelos conectados entre sí: El Modelo Estructura Urbana, el Modelo de Equilibrio General Computable Espacial, el Modelo de Transporte, el Modelo de Estructura Urbana y Transporte.

El modelo de Equilibrio General Espacial (MEGE), permite cuantificar los efectos de ajuste directos e indirectos de un cambio exógeno de política, pues representa las interrelaciones de los diferentes sectores económicos (servicios y productos) y agentes de la economía en la ciudad- región.

El modelo de Estructura Urbana tiene como objetivo identificar las relaciones socioeconómicas y su materialización física en la región. Entiende el territorio en términos de huella de ocupación (tamaño) y densidades y permite analizar los patrones de localización de las diferentes actividades económicas que tienen lugar en el territorio. Específicamente observa la concentración de actividad económica; la distribución de usos del suelo y las decisiones de localización residencial.

El modelo de transporte permite caracterizar la movilidad de Bogotá y la sabana en términos de costos monetarios y tiempo para los modos privado y público (vehículo privado, Transmilenio y transporte público colectivo). Este modelo busca mejorar la información de la red vial actual e incorporar la red vial futura, así como vincular al modelo aspectos demográficos, usos de suelo, norma urbana y modos no motorizados.

El Modelo de Estructura Urbana y Transporte, como su nombre lo indica, integra el modelo de Estructura Urbana y el modelo de Transporte. Así, analiza la interacción de doble sentido entre el transporte y territorio por medio de dinámica de sistemas, partiendo de la accesibilidad como factor integrador, que incluye los tiempos de transporte y los empleos por zona de la ciudad, y a su vez influencia el número de nuevos hogares y el uso del suelo en cada una de las zonas.

El alcance espacial del Simulador es Bogotá y 17 municipios de Cundinamarca: Bojacá, Cajicá, Chía, Cota, Facatativá, Funza, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Soacha, Sibaté, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá y Zipaquirá y las unidades de análisis son UPZs en Bogotá y zona urbana y rural en los municipios.

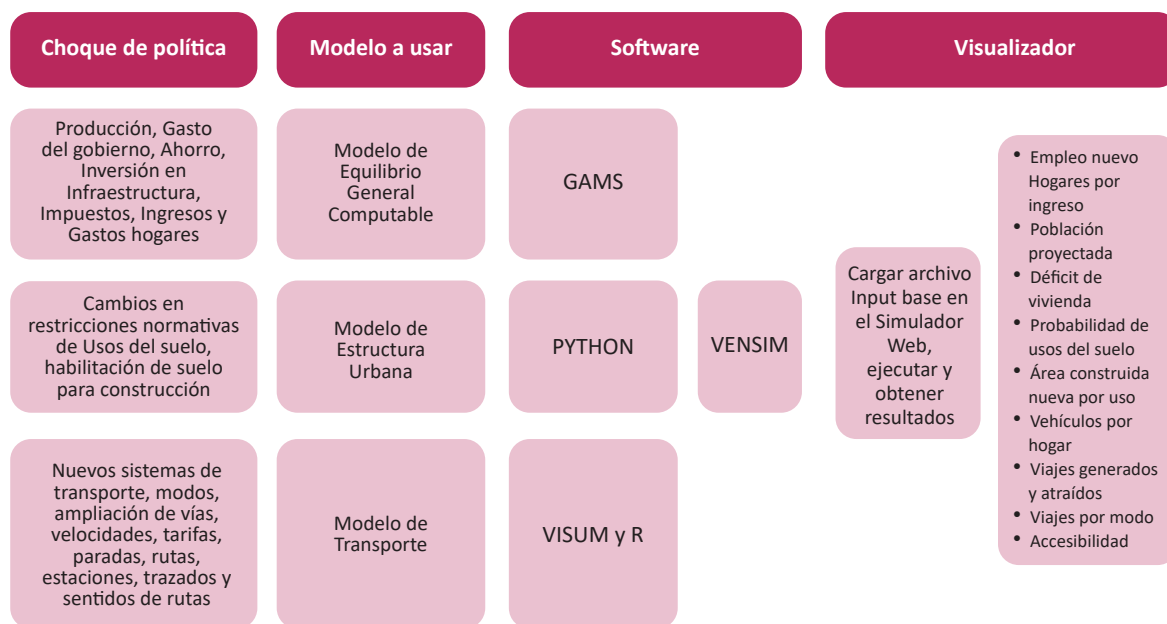
La Figura 1. resume el funcionamiento del simulador. Existen diferentes formas de aplicar los choques de política, dependiendo de lo que se quiera observar se toma un camino. Si la finalidad es evaluar cambios en la producción, gasto del gobierno, ahorro, inversión en infraestructura, impuestos, ingresos y gastos hogares, se introducen los cambios exógenos en el modelo de Equilibrio General; si por el contrario se quieren ver cambios en restricciones normativas de Usos del suelo, habilitación de suelo para construcción, se usa el modelo de Estructura Urbana.

Finalmente, se introducen los choques en el Modelo de Transporte, si el propósito es simular cambios en los nuevos sistemas de transporte, ampliación de vías, modos, velocidades, tarifas, paradas, rutas, estaciones, trazados y sentidos de rutas, en general características de vías.

En este caso como se va a replicar una simulación de una variación en la inversión en infraestructura de transporte, se utiliza el modelo de Equilibrio General. Así, el objetivo de este documento es ofrecer la información necesaria y dar los pasos de forma detallada para llevar a cabo un Caso de Uso del Simulador de Ocupación de Bogotá región, desde el Modelo de Equilibrio General Computable Espacial.

Figura 1.

Funcionamiento Simulador de Ocupación de Bogotá – Región.



Nota: Elaboración propia.

Modelo de Equilibrio General Computable Espacial

Los modelos de equilibrio general computable son una herramienta que permite modelar las relaciones de comportamiento de los agentes económicos (productores, consumidores, gobierno y sector externo) en los distintos mercados de la economía y las condiciones de cierre necesarias para que los mismos se encuentren de forma simultánea en equilibrio. El carácter Espacial, se lo da la inclusión de las transacciones interregionales entre los agentes que pertenecen a las unidades regionales de análisis (URAs) definidas en esta aproximación del Simulador.

Estos modelos son una representación simplificada de una economía a través de ecuaciones¹, que modelan el comportamiento de los agentes desde un enfoque teórico de cómo funciona la economía y de cómo se equilibran los mercados. Adicionalmente, estos modelos necesitan de unas identidades contables que describen interrelaciones entre las variables, las cuales se expresan en la Matriz de Contabilidad Social Regional.

Esta matriz es el insumo estadístico que contiene la información de carácter económico y social en un determinado momento del tiempo, que refleja el flujo circular de la economía (transacciones y transferencias económicas entre los agentes que componen una economía) a través de una matriz cuadrada, lo que implica que existen las mismas cuentas en las filas y las mismas cuentas en las columnas. La matriz actúa como el escenario base para realizar la calibración del modelo de equilibrio general. Este concepto se refiere a que las ecuaciones definidas en el modelo deben lograr replicar el escenario base de equilibrio expresado en la matriz. Una vez calibrado el modelo, se pueden realizar las simulaciones. En el caso del modelo de Equilibrio General Computable Espacial, desarrollado para el proyecto del Simulador de ocupación, el modelo ya está calibrado.

1 Remitirse a los documentos doc_ecuaciones_GAMS LATEX.pdf https://drive.google.com/file/d/1MI5JeQ1BcmCsJAxJd6h-MrLrKFC6LsrN/view?usp=drive_link y Documento Técnico del modelo de equilibrio general https://drive.google.com/file/d/1a-PaS_klh3vwKDwoviyuu2V7Cig2_boy/view?usp=drive_link

Estructura del modelo de equilibrio General Código (elementos clave)

Conjuntos

El gran conjunto que lista todas las columnas(filas) que están en la matriz es el denominado u“Cuentas”. A partir de este conjunto, se realizan otras agrupaciones que permitirán escribir las diferentes ecuaciones, parámetros y variables que conforman el MEGCE. Identificar los conjuntos, hará que se ubiquen más fácil los elementos que se deben modificar, según la simulación a realizar.

- a(u) “**actividades**”: Agrupa las 15 actividades económicas para cada una de las 7 regiones que componen la matriz y el resto del mundo. A su vez se tienen los siguientes subconjuntos:
 - a_bog(a) ‘act Bogota’ /
 - a_sac(a) ‘act sabana centro’ /
 - a_sao(a) ‘act sabana occidente’ /
 - a_soa(a) ‘act soacha’ /
 - a_alt(a) ‘act alto magdalena’ /
 - a_gua(a) ‘act gualiva’ /
 - a_rop(a) ‘act resto del pais’ /
- b(u) “**bienes**”: Contiene las 15 agregaciones de productos para cada una de las 7 regiones que componen la matriz y el resto del mundo. A su vez se tienen los siguientes subconjuntos:
 - b_bog(b) ‘act Bogota’ /
 - b_sac(b) ‘act sabana centro’ /
 - b_sao(b) ‘act sabana occidente’ /
 - b_soa(b) ‘act soacha’ /
 - b_alt(b) ‘act alto magdalena’ /
 - b_gua(b) ‘act gualiva’ /
 - b_rop(b) ‘act resto del pais’ /
- f(u) “**factores**”: Contiene las cuentas de remuneración al trabajo y al capital de las 7 regiones que componen el modelo. A su vez tienen los siguientes subconjuntos:
 - f_l(f) ‘trabajo’
 - f_k(f) ‘capital’
- i(u) “**impuestos**”: Contiene las cuentas de los impuestos a los productos(b) y a las actividades económicas(a) diferenciados por el tipo de gobierno que recibe los impuestos.
 - ip(i) “**impuestos sobre la actividad de produccion**” /: Se tienen principalmente el impuesto predial unificado; Impuesto Avisos, tableros y vallas; Impuestos de industria y comercio; Impuesto sobre vehículos automotores; Porcentaje y sobretasa ambiental al impuesto predial; Impuestos timbre nacional; Impuesto sobre vehículos automotores, entre otros. Este conjunto se diferencia en subconjuntos que corresponden a la escala del nivel de gobierno receptor de los impuestos:
 - ip_m(ip) “**impuestos municipales sobre la actividad de produccion**” /
 - ip_d_C(ip) “**impuestos departamentales de Cundinamarca sobre la actividad de produccion**” /

- `ip_d_SC(ip)` "impuestos departamentales SIN Cundinamarca sobre la actividad de produccion" /
 - `ip_nal(ip)` "impuestos nacionales sobre la actividad de produccion" /
- `im(i)` "impuestos sobre las importaciones" /
- `ib(i)` "impuestos sobre los bienes" /: Se tienen principalmente el Impuesto de Registro; Impuesto a la gasolina y a la ACPM; Impuesto Nacional a la Gasolina y ACPM; Impuesto de espectáculos públicos; Impuesto al consumo de tabaco y cigarrillos nacionales; Impuesto al consumo de licores, vinos, aperitivos y similares o participación; Impuesto al Consumo de cerveza nacional; Impuesto de rifas, apuestas y juegos permitidos; Sobretasa a la gasolina; Sobretasa al ACPM, entre otros. Este conjunto se diferencia en subconjuntos que corresponden a la escala del nivel de gobierno receptor de los impuestos:
 - `ib_m(ib)` "impuestos municipales sobre los bienes" /
 - `ib_d_C(ib)` "impuestos departamentales de Cundinamarca sobre los bienes" /
 - `ib_d_SC(ib)` "impuestos departamentales SIN Cundinamarca sobre los bienes" /
 - `ib_nal(ib)` "impuestos Nacionales sobre los bienes" /
- `id(i)` "impuestos directos" /: Se tienen principalmente el Impuesto de Renta, Impuesto de normalización tributaria; Impuesto a ganadores sorteos ordinarios, Impuesto a ganadores sorteos extraordinario, entre otros. Este conjunto se diferencia en subconjuntos que corresponden a la escala del nivel de gobierno receptor de los impuestos:
 - `id_m(id)` "impuestos directos municipales" /
 - `id_d_C(id)` "impuestos directos departamentales de Cundinamarca" /
 - `id_d_SC(id)` "impuestos directos departamentales SIN Cundinamarca" /
 - `id_nal(id)` "impuestos directos Nacionales" /
- `ins(u)` "Instituciones": Contiene para las 7 regiones, las cuentas de los sectores institucionales:
 - `hoh(ins)` "Hogares"
 - `gob(ins)` "gobiernos": Gobierno Municipal/Distrital, Gobierno Departamental sin Cundinamarca, Gobierno Departamental Cundinamarca y Gobierno Nacional.
 - `fir(ins)` "firmas"
 - `row(ins)` "resto del mundo"
- `aho(u)` "ahorro bruto": Cuenta de ahorro para cada uno de los sectores institucionales en las 7 regiones.
- `inv(u)` "inversion": Cuenta de inversión para cada uno de los sectores institucionales en las 7 regiones

Parámetros (remitirse al código y a las ecuaciones)²

Los parámetros son el principal elemento sobre el cual se realizan las simulaciones, haciendo incrementos o reducciones porcentuales sobre los mismos, como, por ejemplo, elasticidades, coeficientes técnicos, tasas de impuestos, tasas de márgenes, entre otros (ver Figura 2)

Figura 2.

Ejemplo de algunos parámetros del modelo.

```
PARAMETERS
*a. Parametros del modelo=====
*Parametros diferentes a la tasas impositivas
alphaQ (b) "Parametro de la funcion Armington: M vs D"
alphaT (b) "Parametro de la funcion CET: X vs D"
alphaVA (a) "Parametro para la funcion de produccion para el valor agregado"
alphaAB (b) "Parametro de la funcion de agregacion de los productos de diferentes actividades"
deltaQ (b) "Parametro de la funcion Armington: M vs D"
deltaT (b) "Parametro de la funcion CET: X vs D"
deltaVA (f,a) "Parametro para la funcion de produccion para el valor agregado"
deltaAB (a, b) "Parametro para la funcion de agragecion de los productos"
rhoAB (b) "Parametro de la funcion de agregacion de los productos de diferentes actividades"
rhoQ (b) "Parametro de la funcion Armington: M vs D"
rhoT (b) "Parametro de la funcion CET: X vs D"
rhoVA (a) "Parametro para la funcion de produccion para el valor agregado"
cwts (b) "Pesos del indice de precios del consumidor"
ica (b, a) "Insumo intermedio por unidad agregada de consumo intemedio de la actividad"
inta (a) "Coeficiente tecnico de consumo intermedio"
iva (a) "Coeficiente tecnico de valor agregado"
mps01 (INS) "Participacion potencial tasa de ahorro flexible"
mpsbar (INS) "Propension marginal a ahorrar (exog part)"
qbarg (b, gob) "Exogena (unscaled) demanda del gobierno"
qbarinv (b) "Exogena (unscaled) demanda de inversion"
p_if (INS, f) "Participacion de factores a ins"
P_ii (INS, INS_v) "Participacion de la matriz quien a quien"
theta (a, b) "Bienes por unidad de actividad directos"
trnsfr (INS, u) "Transferencia de factores a instituciones"
tm (b) "Tasa de impuestos a las importaciones"
tq (b) "Tasa de impuestos sobre los bienes"
tva (a) "Tasa de impustos sobre las actividades productivas"
```

Nota: Fijese que cada uno de los parámetros tiene en el paréntesis la identificación del conjunto o los conjuntos sobre los cuales incidirá.

2 https://drive.google.com/file/d/1uNqfp_MMw4f7L7o8UFCUmgTksA7URkJ/view?usp=drive_link https://drive.google.com/file/d/1MI5JeQ1BcmCsJAxJd6h-MrLrKFC6LsrN/view?usp=drive_link

Ecuaciones

Modelan el comportamiento de los agentes. De su correcta implementación depende que el modelo funcione (ver código en GAMS: EQUATIONS)³. Se tienen funciones CES, Cobb Douglas y Leontief, así como las igualdades que expresan el concepto de equilibrio (oferta igual a demanda en todos los mercados), tal como se puede ver en la figura 3.

Figura 3.

Ejemplo de algunas ecuaciones del modelo.

```
EQUATIONS
Bloque de produccion y comercio=====
LEOAGGINT (a) "Leontief agregado intermed dem (si Leontief top nest)"
LEOAGGVA (a) agregado agregado de Leontief (si Leontief supera el nido)"
CESVAPRD (a) "Funcion de produccion de valor agregado CES"
CESVAFOC (f, a) "Condicion de primer orden de valor agregado CES"
INTDEM (b,a) "demanda intermedia del bien b de la actividad a"
COMPRDFN (a, b) "funcion de produccion para el producto b y la actividad a
OUTAGGEN (b) "Funcion de agregacion de salida"
OUTAGGFOC (a, b) "condicion de primer orden para la funcion de agregacion de salida"
CET (b) "Funcion CET"
CET2 (b) "ventas internas y exportaciones para productos sin ambos"
ESUPPLY (b) "oferta de exportacion
ARMINGTON (b) "funcion compuesta de agregacion de productos basicos"
COSTMIN (b) "condicion de primer orden para el costo minimo de la materia prima compuesta"
ARMINGTON2 (b) "suministro de comp para com sin ambos dom. ventas e importaciones"
QTDEM (b) "demanda de servicios de transacciones (comercio y transporte)"

Bloque de la institucion ==
YFDEF (f) "Rent as factoriales"
YIFDEF (INS, f) "factor rentas a instituciones nacionales"
YIDF (INS) "ingresos totales de instituciones no gubernamentales nacionales"
EHDEF (hoh) "gastos de consumo de los hogares"
TRIDEF (INS, INS_v) "transfiere a inst'on ins desde inst'on insp
HMDEM (b, hoh) "demanda por hhd h para el producto comercializado b"
INVDEM (b) "demanda de inversion fija"
GOVDEM (b, gob) "demanda de consumo del gobierno
EGDEF (gob) "gasto publico total"
YGDEF (gob) "ingreso total del gobierno
```

3 https://drive.google.com/file/d/1MI5JeQ1BcmCsJAxJd6h-MrLrKFC6LsrN/view?usp=drive_link

Bloque de restriccion del sistema===

COMEQUIL (b) "equilibrio de mercado compuesto de materias primas"

FACEQUIL (f) "equilibrio de mercado de factores"

CURACCBAL "saldo en cuenta corriente (del RdM) *

GOVBAL (gob) "saldo del gobierno"

TINSDEF (INS) "tasa de impuestos directos para instituciones"

MPSDEF (INS) "marg prop para ahorrar para inst"

SAVINVBAL "Saldo ahorro-inversion"

TABSEQ "Absorcion total"

INVABEQ "Inversion participacion en absorcion"

GDABEQ (gob) "participacion del consumo del gobierno en la absorcion" OBJEQ "Funcion objetivo"

Nota: Fíjese que cada una de las ecuaciones tiene en el paréntesis la identificación del conjunto o los conjuntos que se verán afectados en la modelación. Si en el paréntesis encuentra dos conjuntos, se lee de la siguiente forma: el primer conjunto, hace referencia a los elementos del mismo identificados en las filas de la matriz; el segundo conjunto hace referencia a los elementos del mismo identificados en las columnas de la matriz.

Variables

Las variables son el elemento sobre el cual se mide el efecto de la simulación (ver código en GAMS: VARIABLES). Se tienen las variables en su estado inicial (valor de la matriz de contabilidad social) las cuales se identifican en el código de GAMS con un cero al final (0) y mencionadas como parámetros porque son tomadas de la matriz, y las variables una vez se realiza la simulación (ver figura 4).

Figura 4.

Ejemplo de algunas variables del modelo.

```
VARIABLES
QA (a) "nivel de actividad interna"
QD (b) "cantidad de ventas internas"
QE (b) "cantidad de exportaciones"
QF (f,a) "cantidad demandada del factor f de la actividad a"
QFS (f) "cantidad de oferta de factores"
QG (b,gob) "cantidad de consumo del gobierno"
QH (b, hoh) "cantidad consumida del bien comercializado b por el hogar h"
QINT (b,a) "cantidad de demanda intermedia de b de la actividad a"
QINTA (a) "cantidad de insumo intermedio agregado"
QINV (b) "cantidad de demanda de inversion fija"
QM (b) "cantidad de importaciones"
QQ (b) "cantidad de suministro de bienes compuestos"
QT (b) "cantidad de comercio y demanda de transporte del producto c"
QVA (a) "cantidad de valor agregado agregado"
QX (b) "cantidad de producto agregado comercializado"
QXAC (a,b) "cantidad de produccion del bien b de la actividad a"
TABS "absorcion total"
TINS (INS) "tasa de impuesto directo sobre instituciones nacionales ins"
TRII(INS,INS_v) "transfiere a dom. instante insdng de insdngp"
WALRAS "Desequilibrio ahorro-inversion (debe ser cero)"
WALRASSOR "Walras al cuadrado"
WF (f) "salario (renta) de toda la economia para el factor f"
WFDIST (f, a) "factor variable de distorsion salarial"
YF (f) "factor ingreso"
```

Pasos para simular desde el Modelo de Equilibrio General Computable

PASO 1. Definir el propósito de la simulación

Desde el Modelo de Equilibrio General Computable Espacial se pueden realizar simulaciones modificando las siguientes variables/parámetros:

- Aumento o reducción de impuestos. Se debe tener en cuenta el tipo de impuesto sobre el cual haría la afectación (municipal/Distrital, Departamental o Nacional).
- Aumento o reducción del gasto público.
- Inversión municipal, departamental y/o nacional sobre sectores económicos específicos.
- Inversión Extranjera Directa (IED)
- Incremento de exportaciones regionales o del resto del mundo
- Incremento de importaciones regionales o del resto del mundo
- Efectos en el crecimiento y la equidad por el aumento en subsidios.
- Reducción de costos de transporte. Se debe hacer la precisión que, para esta aproximación, estos costos de transporte están relacionados con el transporte de bienes pertenecientes a los sectores Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; Explotación de minas y canteras e Industrias manufactureras.

Para este caso de uso, el propósito es replicar una evaluación del efecto de la construcción de una red metros en Bogotá sobre el crecimiento de la región de estudio, en términos de empleo y valor agregado, y a partir de 2 escenarios:

Escenario 1: Inversión en infraestructura de transporte sin fuente de financiamiento.

Escenario 2: Inversión en infraestructura de transporte con fuente de financiamiento con el supuesto de que 30% se toma del ahorro del gobierno Distrital y 70% es inversión nacional.

PASO 2. Identificar el parámetro o la variable en su estado inicial y la magnitud del choque sobre el mismo(a)

2.1 Magnitud del choque

Para identificar la magnitud del choque, en el estudio base usado en este ejercicio, se tienen en cuenta las 5 líneas del metro con el costo estimado como se muestra en la siguiente tabla:

Descripción	Valor para Gobierno Nacional (miles de millones de pesos*)	Valor para el Distrito (miles de millones de pesos*)	Origen
Ahorro (A)	-25.318	21.115	Matriz de Contabilidad Social Regional
Inversión anual (B)	-2.800	-1.200	Proyecciones a 2015
Total (C=A+B)	-28.117	19.915	

Figura 5.
Mapa de red de metros simulada.

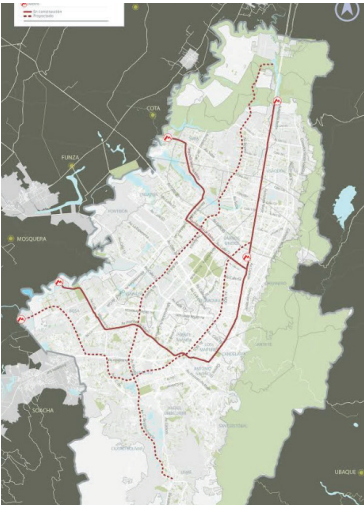


Tabla 1.
Proyección de Costos de las líneas de Metro 2015

Sector	Entidad Líder	Descripción de la inversión de la entidad	Costo estimado (millones de \$)	Fuente Distrital	Nación (SGR)	Observaciones
Movilidad	Empresa Metro de Bogotá S.A	PRIMERA LÍNEA DEL METRO (PLMB) EXTENSIÓN centro-Usaquén-Toberín-calle 200	8.303.876	2.491.163	5.812.713	Financiación 30% distrito y 70% nación como quedo establecido en CONPES PLMB que la financiación incluye la extensión de la PLMB.
Movilidad	Empresa Metro de Bogotá S.A	SEGUNDA LINEA DEL METRO SLMB Centro- engativa- suba	13.182.000	3.954.600	9.227.400	Financiación 30% distrito y 70% nación
Movilidad	Empresa Metro de Bogotá S.A	TERCERA LÍNEA DEL METRO (AVENIDAS SANTAFÉ- BOSA - VILLAVICENCIO- JORGE GAITÁN CORTÉS- NQS 92)	16.467.486	4.940.246	11.527.240	Financiación 30% distrito y 70% nación
Movilidad	Instituto de Desarrollo Urbano	CUARTA LINEA DE METRO Avenida Boyacá Fase II desde el cruce de la Avenida Guaymaral con autopista norte hasta Avenida Chile (Cl 72)	11.532.029	3.459.609	8.072.420	Financiación 30% distrito y 70% nación
Movilidad	Instituto de Desarrollo Urbano	QUINTA LINEA DE METRO Avenida Boyacá Fase I desde Avenida Chile (Cl 72) hasta autopista al llano	11.532.029	3.459.609	8.072.420	Financiación 30% distrito y 70% nación

Se asume que la tasa de crecimiento de la inversión es constante durante los 12 años, es decir, año a año se invierten la misma cantidad de recursos en la ciudad, que corresponden a 4 billones de pesos anuales a precios de 2015.

Para la construcción de la Matriz de Contabilidad Social Regional las actividades económicas se agregaron en 15 ramas como se observa en la siguiente tabla. Con base en esto, se identifica que el rubro en la Matriz de Contabilidad Social es el valor de la producción relacionado con: Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil.

Tabla 2.

Actividades económicas

Secciones CIIU Rev. 4 .C. 15	Actividad económica
A	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca
B	Explotación de minas y canteras
C	Industrias manufactureras
D + E	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado; Distribución de agua; evacuación y tratamiento de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento ambiental
F1	Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales
F2	<u>Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil</u>
F3	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil (Alquiler de maquinaria y equipo de construcción con operadores)
G + H + I	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicleta; Alojamiento y servicios de comida
H1	Transporte Y Almacenamiento
J	Información y comunicaciones
K	Actividades financieras y de seguros
L	Actividades inmobiliarias
M + N	Actividades profesionales, científicas y técnicas; Actividades de servicios administrativos y de apoyo
O + P + Q	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria; Educación; Actividades de atención de la salud humana y de servicios sociales
R + S +T+U	Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación y otras actividades de servicios; Actividades de los hogares individuales en calidad de empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares individuales como productores de bienes y servicios para uso propio.

Tabla 3.

Magnitud del choque en la actividad económica para la simulación a precios de 2015

Descripción	Valor (miles de millones de pesos*)	Origen
Valor de la producción de la rama Construcción de Obras civiles en Bogotá (A)	2.776	Matriz de Contabilidad Social Regional
Valor de la inversión anual (B)	4.000	Proyecciones a 2015
Valor total de la producción para la simulación (C=A+B)	6.776	

Así, tomando como referencia el valor de la producción de la rama Construcción de Obras civiles en Bogotá de la Matriz de Contabilidad Social Regional y sumando el valor de la inversión anual, se obtiene el total del valor de la producción para la simulación que sería 6,776 billones de pesos. Este valor se divide en el valor inicial base de la Matriz de Contabilidad Social Regional, para obtener la tasa de magnitud del choque, que será incluida en la programación:

Magnitud del choque: $C/A = 2,44$

Tabla 4.*Magnitud del choque en el ahorro del gobierno para la simulación a precios de 2015*

Descripción	Valor para Gobierno Nacional (miles de millones de pesos*)	Valor para el Distrito (miles de millones de pesos*)	Origen
Ahorro (A)	-25.318	21.115	Matriz de Contabilidad Social Regional
Inversión anual (B)	-2.800	-1.200	Proyecciones a 2015
Total (C=A+B)	-28.117	19.915	

Para el escenario 2, el valor de la inversión se debe introducir al modelo como una disminución en el ahorro de los gobiernos, dado que se tiene el supuesto de financiación a través de deuda. También, se supone que el Gobierno Nacional tiene una responsabilidad del 70% de la inversión y el Distrito del 30% restante.

Magnitud del choque Gobierno Nacional: $C/A = 1,11$

Magnitud del choque Distrito: $C/A = 0,94$

2.2 Identificar el parámetro o la variable sobre la cual va el choque

Para el escenario 1 de Inversión sin fuente de financiamiento, las variables y ecuaciones que se ven afectadas son:

Variable

Valor inicial de la producción de Obras Civiles en Bogotá: QA0("Bog_act6")

Ecuaciones

Bloque de producción y comercio

LEOAGGINT(a) "Leontief agregado intermed dem (si Leontief top nest)"

LEOAGGVA(a) "agregado agregado de Leontief (si Leontief supera el nido)"

CESVAPRD(a) "Funcion de produccion de valor agregado CES"

CESVAFOC(f,a) "Condicion de primer orden de valor agregado CES"

INTDEM(b,a) "demanda intermedia del bien b de la actividad a"

COMPRDFN(a,b) "funcion de produccion para el producto b y la actividad a"

OUTAGGFN(b) "Funcion de agregacion de salida"

OUTAGGFOC(a,b) "condicion de primer orden para la funcion de agregacion de salida"

Para el escenario 2, con fuente de financiamiento, las variables y ecuaciones que se ven afectadas son:

Variables

Valor inicial de la producción de Obras Civiles en Bogotá:

QA0 ('Bog_act6')

Valor inicial del ahorro del gobierno:

GSAVO('Gob_Nal') "Ahorro del gobierno Nacional"

GSAVO('Gob_mun_Bog') "Ahorro del Distrito"

Ecuaciones

Bloque de producción y comercio

LEOAGGINT(a) "Leontief agregado intermed dem (si Leontief top nest)"

LEOAGGVA(a) "agregado agregado de Leontief (si Leontief supera el nido)"

CESVAPRD(a) "Funcion de produccion de valor agregado CES"

CESVAFOC(f,a) "Condicion de primer orden de valor agregado CES"

INTDEM(b,a) "demanda intermedia del bien b e la actividad a"

COMPRDFN(a,b) "funcion de produccion para el producto b y la actividad a"

OUTAGGFN(b) "Funcion de agregacion de salida"

OUTAGGFOC(a,b) "condicion de primer orden para la funcion de agregacion de salida"

Bloque de restricción del sistema

GOVBAL(gob) "saldo del gobierno"

TINSDEF(INS) "tasa de impuestos directos para instituciones"

MPSDEF(INS) "marg prop para ahorrar para inst"

SAVINVBAL "Saldo ahorro-inversion"

PASO 3. Abrir software GAMS y cargar archivo

Abrir el archivo de GAMS que contiene el código. Para este caso, este archivo corresponde al titulado "mod000" con extensión GAMS IDE file⁴. Adicionalmente debe tener en cuenta que el archivo que contiene la matriz de Contabilidad social Regional (SAMC.xlsx)⁵ debe estar guardado en la misma carpeta donde está el archivo GAMS para que el modelo pueda correr correctamente (ver figura 6).

Figura 6.

Visualización de los archivos para correr el modelo

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 mod000	✓	12/10/2022 11:59 p. m.	GAMS IDE file	948 KB
 mod000	✓	12/10/2022 4:07 p. m.	GAMS IDE file	110 KB
 mod000.lst	✓	12/10/2022 11:59 p. m.	Archivo LST	7.650 KB
 mod000.lxi	✓	12/10/2022 11:59 p. m.	Archivo LXI	4 KB
 SAMC	✓	12/09/2023 3:43 p. m.	Hoja de cálculo de M...	254 KB
 samm0	✓	12/10/2022 11:59 p. m.	GAMS IDE file	133 KB

⁴ https://drive.google.com/file/d/1RPo2X8js-jSR50tNfd6T5yRKR-IL_D0/view?usp=drive_link

⁵ https://docs.google.com/spreadsheets/d/1XMVLgkzHMMirjUgBePxS7bk55Y1hOkgyQ/edit?usp=drive_link&oid=104033797974296815714&rtpof=true&sd=true

En la siguiente figura puede visualizar como se ve el archivo de GAMS (mod000) al abrirlo:

Figura 7.

Visualización código en GAMS del modelo

```

1  !kill gdxirw.exe i=SANC.xlsx o=samo.gdx par=sam xdim=1 odim=1 rnp=SMI01lib1km298
2
3  $start
4  MODELO EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE ESPACIAL BOGOTA REGION "Elaborado por el equipo de Equilibrio General de
5  la Universidad Sergio Arboleda
6  Se sigue la estructura estandar de programacion de la literatura ajustada aun modelo con multiples regiones
7  $offtext
8
9  $ONMEMPTY
10
11  $set
12
13
14
15  u "Cuentas" /
16
17  *Actividades de multiples regiones
18  Bog_Act1 "Bogotá; DC. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca"
19  Bog_Act2 "Bogotá; DC. Explotación de minas y canteras"
20  Bog_Act3 "Bogotá; DC. Industrias manufactureras"
21  Bog_Act4 "Bogotá; DC. Electricidad, gas, vapor y aire acondicionado; distribución aguas; aguas residuales"
22  Bog_Act5 "Bogotá; DC. 047 Construcción de edificaciones"
23  Bog_Act6 "Bogotá; DC. 048 Construcción de carreteras y vías, ingeniería civil"
24  Bog_Act7 "Bogotá; DC. 049 Actividades especializadas construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil"
25  Bog_Act8 "Bogotá; DC. Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos; alojamiento y servicios de comida"
26  Bog_Act9 "Bogotá; DC. Transporte y almacenamiento"
27  Bog_Act10 "Bogotá; DC. Información y comunicaciones"
28  Bog_Act11 "Bogotá; DC. Actividades financieras y de seguros"
29  Bog_Act12 "Bogotá; DC. Actividades inmobiliarias"
30  Bog_Act13 "Bogotá; DC. Actividades profesionales, científicas y técnicas"
31  Bog_Act14 "Bogotá; DC. Administración pública y defensa; educación; salud humana y servicios sociales"
32  Bog_Act15 "Bogotá; DC. Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación y otras actividades de servicios"
33  Set Act1 "Bogotá Centro y la Ciénaga Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca"

```

PASO 4. Escribir el choque en el código de GAMS.

La simulación siempre se debe escribir antes del SOLVE, como se muestra a continuación:

Simulación 1

#####Ejemplo de simulación de aumento de la producción del valor de obras civiles en Bogotá, producto de los recursos de inversión#####

```

parameter delta_1(a);
delta_1('Bog_Act6')=2.44;
QA('Bog_Act6') = delta_1('Bog_Act6')*QA0('Bog_Act6');

```

#Financiación: Se afecta el ahorro, dado que la financiación es por deuda. Se supone 70% de responsabilidad del Gobierno Nacional y 30% el distrito

```

parameter delta_1(gob);
delta_1('Gob_Nal')= 1,11;
delta_1('Gob_Mun_Bog')= 0,94;
GSAV('Gob_Nal')= delta_1('Gob_Nal')* GSAV0('Gob_Nal')
GSAV('Gob_Mun_Bog')= delta_1('Gob_Mun_Bog')* GSAV0('Gob_Mun_Bog')6

```

```

OPTIONS NLP=PATHNLP;

```

```

* MEGCE.HOLDFIXED = 1 ;

```

```

* MEGCE.TOLINFREP = .0001;

```

```

SOLVE MEGCE MINIMIZING WALRASSOR USING NLP

```

PASO 5. Seleccionar el botón RUN en GAMS.

Una vez se hace el cambio en el código se corre, dando clic en la flecha verde, así como se muestra en la figura 8.

Figura 8.

Botón RUN en GAMS

```

2675
2676 MFSADJ.FX = MFSADJ0;
2677 DMPS.FX = DMPS0;
2678 *IADJ.FX = IADJ0;
2679 *INVSHR.FX = INVSHR0 ;
2680
2681
2682 *índice de precios numerario=====
2683
2684 CPI.FX = cpi0;
2685

```

⁶ Vale aclarar que este ajuste en la programación es una aproximación que no se ha probado en el Software GAMS.

PASO 6. Consultar los efectos de la simulación en las variables de interés en el archivo GDX.

Este archivo se genera con el mismo nombre del archivo del código, una vez se corre el modelo, y se guarda en la carpeta donde está el archivo del código y la matriz de contabilidad social regional.

Figura 9.

Ubicación del GDX en la carpeta

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo
mod000		12/10/2022 11:59 p. m.	GAMS IDE file

La figura 10, muestra como se ve el archivo GDX al abrir el archivo:

Figura 10.

Archivo GDX

229	QD	Variable	1	118	cantidad de ventas internas
162	QD0	Parameter	1	105	cantidad de ventas internas
230	QE	Variable	1	118	cantidad de exportaciones
163	QE0	Parameter	1	59	cantidad de exportaciones
231	QF	Variable	2	1456	cantidad demandada del factor f de la actividad a
164	QF0	Parameter	2	533	cantidad demandada del factor f de la actividad a
99	QFBASE	Parameter	2	533	Cantidad de oferta del factor (considerando salarios no
232	QFS	Variable	1	14	cantidad de oferta de factores
165	QFS0	Parameter	1	14	cantidad de oferta de factores
233	QG	Variable	2	1180	cantidad de consumo del gobierno
166	QG0	Parameter	2	318	cantidad de consumo del gobierno
234	QH	Variable	2	826	cantidad consumida del bien comercializado b por el h
167	QH0	Parameter	2	466	cantidad consumida del producto comercializado b po
235	QINT	Variable	2	12272	cantidad de demanda intermedia de b de la actividad a
168	QINT0	Parameter	2	8659	cantidad de demanda intermedia de b de la actividad a
236	QINTA	Variable	1	104	cantidad de insumo intermedio agregado
169	QINTA0	Parameter	1	104	cantidad de insumo intermedio agregado
237	QINV	Variable	1	118	cantidad de demanda de inversion fija
170	QINV0	Parameter	1	113	cantidad de demanda de inversion fija
238	QM	Variable	1	118	cantidad de importaciones
171	QM0	Parameter	1	13	cantidad de importaciones
239	QQ	Variable	1	118	cantidad de suministro de bienes compuestos

Variables después de simulación

Variables en su estado inicial. El sistema las lee como parámetros porque su valor depende de lo que está en la MCSR

Una vez selecciona la variable de interés, en la columna LEVEL podrá identificar el valor nuevo de la variable.

RemL_Bog	Bog_Act1	98.311971	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act2	161.204547	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act3	8210.323738	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act4	485.557514	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act5	2598.113342	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act6	469.516395	0	-INF	+INF
RemL_Bog	Bog_Act7	1357.818822	0	-INF	+INF

PASO 7. Seleccionar los datos que se necesitan del archivo GDX

Desde el GDX debe tomar los datos, tanto del estado inicial como el nuevo estado de las variables de interés, pasarlos a un archivo Excel y calcular las variaciones pertinentes para medir los efectos del choque.

PASO 8. Aplicar el choque del empleo en la Matriz de Trabajo

Como insumo para el simulador este choque se debe traducir a empleo. En ese sentido, debe tomar el efecto del choque sobre la variable Remuneración al trabajo, y aplicarlo al total del empleo registrado en la Matriz de Trabajo, diferenciado por sector económico. En el modelo la variable remuneración al trabajo se encuentra representado QF.

Para esto se tiene el archivo **Cálculo #Empleos.xlsx**. En la hoja titulada **Cálculo** se tienen las siguientes columnas:

Figura 11.

Tabla Cálculo empleos - Matriz de Trabajo.

f	a	REM_QF	INGMX_QF	level_QF	REM_QF0	INGMX_QF0	level_QF0	%REM_QF0	%INGMX_QF0	Variación
RemL_Bog	Bog_Act1	48,24	50,07	98,31	48,15	49,98	98,14	49,1%	50,9%	0,18%
RemL_Bog	Bog_Act2	136,65	24,56	161,20	136,38	24,51	160,89	84,8%	15,2%	0,20%
RemL_Bog	Bog_Act3	6.470,71	1.739,62	8.210,32	6.465,46	1.738,21	8.203,67	78,8%	21,2%	0,08%
RemL_Bog	Bog_Act4	379,73	105,83	485,56	379,07	105,64	484,72	78,2%	21,8%	0,17%

- f:** corresponde a la etiqueta para identificar la variable Remuneración al trabajo en cada URA
- a:** corresponde a la etiqueta para identificar la Actividad y la URA que recibe el pago por remuneración al trabajo.
- REM_QF:** Se obtiene a partir de distribuir **level_QF** según la estructura que se tiene en la SAMR entre remuneración a asalariados e ingreso mixto (miles de millones de pesos).
- INGMX_QF:** Se obtiene a partir de distribuir **level_QF** según la estructura que se tiene en la SAMR entre remuneración a asalariados e ingreso mixto (miles de millones de pesos).
- level_QF:** Hace referencia al valor resultado de la simulación, para la variable remuneración al trabajo (remuneración asalariados e ingreso mixto) que paga cada una de las URAS, para las 15 actividades económicas que se desarrollan en cada URA (miles de millones de pesos). Se extrae del archivo GDX.
- REM_QF0:** Hace referencia al valor registrado en la SAMR para la variable remuneración al trabajo (remunerados a asalariados) que paga cada una de las URAS, para las 15 actividades que se desarrollan en cada URA (miles de millones de pesos).
- INGMX_QF0:** Hace referencia al valor registrado en la SAMR para la variable remuneración al trabajo (ingreso mixto) que paga cada una de las URAS, para las 15 actividades que se desarrollan en cada URA (miles de millones de pesos).
- level_QF0:** Hace referencia al valor registrado en la SAMR para la variable remuneración al trabajo (remuneración asalariados e ingreso mixto) que paga cada una de las URAS, para las 15 actividades que se desarrollan en cada URA (miles de millones de pesos).
- %REM_QF0:** Corresponde a la participación del valor de la remuneración a asalariados en la SAMR sobre el valor total de la remuneración al trabajo

j. **%INGMX_QF0:** Corresponde a la participación del valor del ingreso mixto en la SAMR sobre el valor total de la remuneración al trabajo.

k. **Variación:** Corresponde a la variación entre level_QF y level_QF0

En la hoja **MT transformada** se tienen los Trabajos Equivalentes de Tiempo Completo (TECT) para asalariados e independientes, para cada una de las URAs y actividades económicas. A esta información se le aplica el resultado consignado en la variable variación de la hoja **Cálculo**, para obtener los empleos adicionales que se obtienen una vez efectuado el choque.

Figura 12.

Tabla MT Transformada - Matriz de Trabajo.

	a	a_Ura	a_Act	Act	TECT_Asalariados_Q	TECT_Independientes_Q	TECT_Retirados_QF	TECT_Retirados_QF0	TECT_Retirados_QF1	TECT_Retirados_QF2
Remi_Rop	Rop_Act7	Rop	Act7	Industrial	87.553	107.100	223	273	87.777	107.374
Remi_Rop	Rop_Act8	Rop	Act8	Comercial y Servicios	1.505.941	2.318.031	255	392	1.506.196	2.318.423
Remi_Rop	Rop_Act9	Rop	Act9	Comercial y Servicios	322.563	896.589	-200	-557	322.362	896.032
Remi_Rop	Rop_Act10	Rop	Act10	Comercial y Servicios	104.271	137.656	-56	-74	104.215	137.582
Remi_Rop	Rop_Act11	Rop	Act11	Comercial y Servicios	125.322	35.162	-43	-12	125.280	35.150
Remi_Rop	Rop_Act12	Rop	Act12	Comercial y Servicios	99.379	16.602	-53	-9	99.326	16.593
Remi_Rop	Rop_Act13	Rop	Act13	Comercial y Servicios	588.886	381.505	-240	-156	588.646	381.349
Remi_Rop	Rop_Act14	Rop	Act14	Dotacional	1.072.304	306.945	-855	-245	1.071.449	306.700
Remi_Rop	Rop_Act15	Rop	Act15	Comercial y Servicios	637.710	545.926	-171	-146	637.539	545.780
Total					10.245.673	9.580.990	202	1.148	10.245.874	9.582.138
Variación							0,00%	0,01%		

PASO 9. Resultados esperados

Como se puede observar en la Tabla 5, el escenario 1 muestra una tasa de crecimiento del PIB superior al 20% para todas la URAs, mientras que el escenario 2, el cual contempla fuente de financiamiento para la inversión, muestra crecimientos entre el 6% y 8% del PIB en las URAs, excepto para resto de país que es del 4,9%. Estos resultados permiten concluir que no incorporar la fuente que financia la inversión, sobreestima los efectos en las variables macroeconómicas y pueden viciar las decisiones de política pública, es decir, los resultados del escenario dos con financiamiento son más cercanos a la realidad.

Tabla 5.

Resultados originales en el producto Interno Bruto (PIB) de las URAs

URA	PIB Cambio porcentual		PIB Cambio nominal (miles de millones)	
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
Bogotá	21%	6,7%	32.618	10.355
Sabana Centro + La Calera	20%	5,6%	3.105	870
Sabana Occidente	21%	6,1%	2.083	609
Sumapaz + Soacha	21%	6,1%	1.419	413
Alto Magdalena + Melgar	23%	7,7%	558	188
Gualivá	22%	6,7%	258	80
Resto de país	20%	4,9%	122.583	29.854

PASO 10. Simulación con datos actualizados del Plan de Desarrollo 2024-2027

Una vez se logra replicar la simulación con los datos originales de 2015, se propone realizar el mismo ejercicio, pero ahora con estimación aproximada de costos de las líneas de metro integrados en el Plan de Desarrollo 2024 – 2027. Se toman la primera y segunda línea de metro, dado que únicamente quedaron las 2 primeras líneas de metro en el PDD.

Tabla 6.

Proyección de Costos de las líneas de Metro 2024

Sector	Entidad Líder	Descripción de la inversión de la entidad	Costo estimado (billones \$)	Fuente Distrital	Nación (SGR)	Observaciones
Movilidad	Empresa Metro de Bogotá S.A	PRIMERA LÍNEA DEL METRO (PLMB) EXTENSIÓN centro-Usaquén-Toberín-calle 200	12,95	3,89	2,72	Financiación 30% distrito y 70% nación como quedo establecido en CONPES PLMB que la financiación incluye la extensión de la PLMB.
Movilidad	Empresa Metro de Bogotá S.A	SEGUNDA LINEA DEL METRO SLMB Centro-engativa- suba	24,45	7,34	5,13	Financiación 30% distrito y 70% nación

Para realizar el cálculo de la magnitud del choque que será incluido en el modelo, es necesario llevar el costo estimado de las líneas de metro a precios de 2015, el cual corresponde a 23,9 billones de pesos. Además, se mantiene el mismo supuesto de 30% de la inversión la asume el gobierno distrital y el 70% restante el gobierno nacional. También se asume que la tasa de crecimiento de la inversión es constante durante los 4 años, es decir, año a año se invierten la misma cantidad de recursos en la ciudad, que corresponden a 5,97 billones de pesos anuales entre el gobierno distrital y nacional.

Tabla 7.

Magnitud del choque para la simulación a precios de 2015

Descripción	Valor (billones de pesos*)	Origen
Valor de la producción de la rama Construcción de Obras civiles en Bogotá (A)	2,78	Matriz de Contabilidad Social Regional
Valor de la inversión anual (B)	5,97	Proyecciones a 2015
Valor total de la producción para la simulación (C=A+B)	8,75	

Magnitud del choque: $C/A = 3,15$

Esta tasa se incluye en la línea de programación para obtener los nuevos resultados de la simulación.

Tabla 8.

Magnitud del choque en el ahorro del gobierno para la simulación a precios de 2015

Descripción	Valor para Gobierno Nacional (billones de pesos*)	Valor para el Distrito (billones de pesos*)	Origen
Ahorro (A)	-25,32	21,12	Matriz de Contabilidad Social Regional
Inversión anual (B)	-6,13	-2,63	Proyecciones a 2015
Total (C=A+B)	-31,45	18,49	

Para el escenario 2, el valor de la inversión se debe introducir al modelo como una disminución en el ahorro de los gobiernos, dado que se tiene el supuesto de financiación a través de deuda. También, se supone que el Gobierno Nacional tiene una responsabilidad del 70% de la inversión y el Distrito del 30% restante.

Magnitud del choque Gobierno Nacional: $C/A = 1,24$

Magnitud del choque Distrito: $C/A = 0,88$

El código para realizar la simulación en GAMS sería el siguiente:

Simulación 1 #####Ejemplo de simulación de aumento de la producción del valor de obras civiles en Bogotá, producto de los recursos de inversión#####

```

parameter delta_1(a);
delta_1('Bog_Act6')=3.15;
QA('Bog_Act6') = delta_1('Bog_Act6')*QA0('Bog_Act6');
#Financiación: Se afecta el ahorro, dado que la financiación es por deuda.
Se supone 70% de responsabilidad del Gobierno Nacional y 30% el distrito
parameter delta_1(gob);
delta_1('Gob_Nal')= 1.24;
delta_1('Gob_Mun_Bog')= 0.88;
GSAV('Gob_Nal')= delta_1('Gob_Nal')* GSAV0('Gob_Nal')
GSAV('Gob_Mun_Bog')= delta_1('Gob_Mun_Bog')* GSAV0('Gob_Mun_Bog')7

```

```

OPTIONS NLP=PATHNLP
* MEGCE.HOLDFIXED = 1 ;
MEGCE.TOLINFREP = .0001
SOLVE MEGCE MINIMIZING WALRASSOR USING NLP ;

```

⁷ Vale aclarar que este ajuste en la programación es una aproximación que no se ha probado en el Software GAMS.

Conclusiones

En este documento se proponen los pasos para replicar un caso de uso de una modificación en la inversión en infraestructura de transporte, específicamente la construcción de las líneas del metro de Bogotá. Se debe tener en cuenta que las líneas de código en GAMS no han sido probadas debido a limitaciones en el software, por lo que pueden surgir errores, pero es un punto de base importante para empezar a hacer este tipo de análisis.

Como se evidencia en este documento, el simulador no es sólo un software con entradas y salidas, sino que es todo un proceso, que involucra diferentes software y herramientas para poder ejecutarse. Sobre todo, es importante tener claridad sobre el alcance del simulador, qué se quiere evaluar, cómo hacer las modificaciones necesarias en los respectivos programas y el orden en que se hacen.

La siguiente figura resume los pasos descritos en este documento para desarrollar una simulación desde el Modelo de Equilibrio General Computable Espacial.

Figura 13.

Paso a paso – Simular desde el modelo de Equilibrio General Computable Espacial.

