

**MODELO DE CENTROS DE GRAVEDAD Y ASIGNACIÓN
POR CLUSTERS PARA PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN DE LÍQUIDOS DE
CONSUMO HUMANO EN BOGOTÁ**

NICOLÁS DÍAZ RAMÍREZ

MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO DE APROBACIÓN DEL
DIPLOMADO EN LOGÍSTICA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO



DOCENTE ASESOR: LEILA N. RAMIREZ CASTAÑEDA

BOGOTÁ
UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
2019

Nota de aceptación

Presidente del jurado



Jurado

Jurado

Bogotá febrero de 2019

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
MATERIALES Y MÉTODOS	13
RESULTADOS	21
CONCLUSIONES	24
DISCUSIÓN	24
ANEXOS	25
BIBLIOGRAFÍA	40



GRAFICOS Y TABLAS

Figura 1. Participación logística en Colombia por región.	7
Figura 2. Actores por sector en la actividad logística en Colombia.	8
Figura 3. Niveles de contaminación en el aire en Bogotá.	10
Tabla 1. Costos de transporte	11
Figura 4. Puntos de oferta y demanda de bebidas en Bogotá.	14
Tabla 2. Codificación de los centros de distribución	15
Tabla 3. Ejemplo de aplicación del método de centro de gravedad	16
Tabla 4. Segmentación de los nodos según porcentaje representativo	17
Figura 5. Aplicación del método P-Mediana para cada localidad	19
Figura 6. Niveles de concentración de material particulado en Bogotá	19
Figura 7. Calculador de rutas de Google My Maps	20
Figura 8. Formulación básica de P-Mediana en Solver-Excel.	21
Figura 9. Ubicación de centros de distribución propuesta	22
Figura 10. Declaración de restricciones y resultados en Solver-Excel	22
Tabla 5. Asignación final de nodos a locaciones por método P-Mediana	23

Resumen

La logística en distribución urbana es un tópico que cada vez está tomando más importancia tanto en el ámbito empresarial como el gubernamental, al ser un factor que afecta e involucra a todos los ciudadanos, fabricantes y consumidores de algún producto. La ciudad de Bogotá como capital, como centro de acopio de muchas empresas distribuidoras y como futura metrópolis, presenta unos grandes retos para los operadores logísticos, los cuales deben sortear con limitantes y restricciones en temas de movilidad, contaminación atmosférica y competitividad, motivo por el cual las organizaciones deben buscar alternativas para lograr adaptarse a dichas condiciones y lograr desempeñar sus operaciones de la manera más óptima posible. La alternativa que se plantea en la presente investigación se basa principalmente en la implementación de dos métodos aplicados al sector de bebidas para el consumo humano en la ciudad de Bogotá. El método de centros de gravedad, establece nuevos centros de distribución, sectorizando por las localidades la ciudad para definir un menor número de centros de distribución y mediante el modelo de programación lineal P-Mediana se determina la asignación de los nuevos centros de distribución a cada uno de los puntos de demanda en la ciudad de manera óptima. Se pretende con los resultados obtenidos hacer un aporte al modelo logístico que emplean muchas empresas, de forma que sus tiempos y sistemas operativos de distribución se optimicen a la vez que se aporte a la ciudad una menor congestión vehicular y un bajo impacto ambiental, así como también dar un paso a futuras líneas de investigación afines a los tópicos aquí tratados.

Introducción

Por consecuencia de la globalización y el crecimiento económico mundial, así como también la sofisticación de las cadenas de abastecimiento, el transporte de cargas se ha vuelto una ficha clave y ha ganado una nueva importancia, especialmente en América Latina en donde el medio de transporte que más predomina es el terrestre. En las últimas dos décadas el transporte de mercancías se ha incrementado

significativamente en todas las modalidades de transporte ya sea nacionales (carretero, férreo, fluvial y aéreo), modos de transferencia (puertos y aeropuertos) y modos de transporte internacional (carretero, aéreo y marítimo). Tal crecimiento obedece a varios factores, entre los que destacan la deslocalización o tercerización de la producción parcial o total y la popularización y expansión del “outsourcing” como modelo de negocio y operaciones, motivo por el cual los productores combinan insumos, partes, componentes y servicios de diversos orígenes. (Barbero & Guerrero, 2017; Boletín TAL, 2009)

Todas estas tendencias han representado una gran influencia y presión sobre los medios y sistemas logísticos de transporte, los cuales deben ser capaces de cumplir los requerimientos de flujos mucho más voluminosos en marcos donde las prestaciones de servicios son más rigurosas en temas de costos, tiempos, confiabilidad y trazabilidad. Esto implica un gran cambio en el rol que cumple el sistema de transporte de cargas en el desempeño económico, ya que, como uno de los pilares de las tareas logísticas, su desafío es contribuir a un buen funcionamiento y desempeño integral de la economía en general. Por ende, los costos logísticos en los que se refleja no solamente el precio de los productos y/o servicios, sino también su calidad, constituyen uno de los principales indicadores de competitividad para los países y ciudades alrededor del mundo. La logística es un impulsor de la competitividad, contribuyendo a la transformación económica y social, permitiendo la conexión entre los productores y los consumidores más lejanos. (Barbero & Guerrero, 2017)

Colombia como uno de los países latinoamericanos más influyentes en el ámbito económico regional y por su gran relevancia en temas de comercio internacional (gran importador y exportador), ha venido incrementado su presupuesto logístico a nivel general con las inversiones en nuevas infraestructuras en carreteras, puertos, etc. y en la adquisición de nuevas flotas y tecnologías aplicables a los TAC (transporte automotor de carga), motivo por el cual el mercado en materia de logística ha venido en aumento de manera exponencial en los últimos años. A nivel nacional

los porcentajes de participación logística están mayormente concentrados en ciudades como Bogotá y Medellín, representando un 50% del total del país, esto principalmente por ser capitales fuertemente industriales y que demandan y ofertan un amplio mercado en servicios logísticos integrales, pero se debe destacar que gran cantidad de compañías de servicios logísticos han comenzado un desplazamiento del centro del país hacia la región caribe, con el objetivo de acceder más fácilmente a sistemas portuarios y disminuir tiempos en las operaciones y tareas logísticas. Actualmente la importancia y participación logística de Colombia se distribuye como lo indica la figura 1:



Figura 1. Participación logística en Colombia por región (DNP, 2015)

Los sectores económicos vistos desde el punto de vista logístico se separan en dos componentes, los USL (Usuarios de servicios logísticos) y los PSL (Prestadores de servicios logísticos), sector en el cual un alto porcentaje de las empresas PSL tienen como actividad primordial el transporte, pero en los últimos años ha existido una tendencia de ampliación de oferta de servicios de estas empresas pasando a manejar actividades de logística integral, desde la logística en comercio exterior, almacenamiento, distribución y transporte hasta logística inversa. Las empresas USL están agrupadas en los siguientes sectores: sector básico (empresas de minería, agricultura, ganadería e hidrocarburos), sector manufactura (empresas industriales productoras de bienes), sector comercio mayorista y minorista (formado por empresas de distribución y comercialización de productos) y sector de

proveedores de servicios no logísticos (formado por empresas prestadoras de otras actividades como ingeniería, comunicaciones, banca etc.)(DNP, 2015). Por otra parte, el sector PSL es más diverso y se divide en sectores según el tipo de servicio logístico que presten. Dicha distribución se observa en la figura 2.

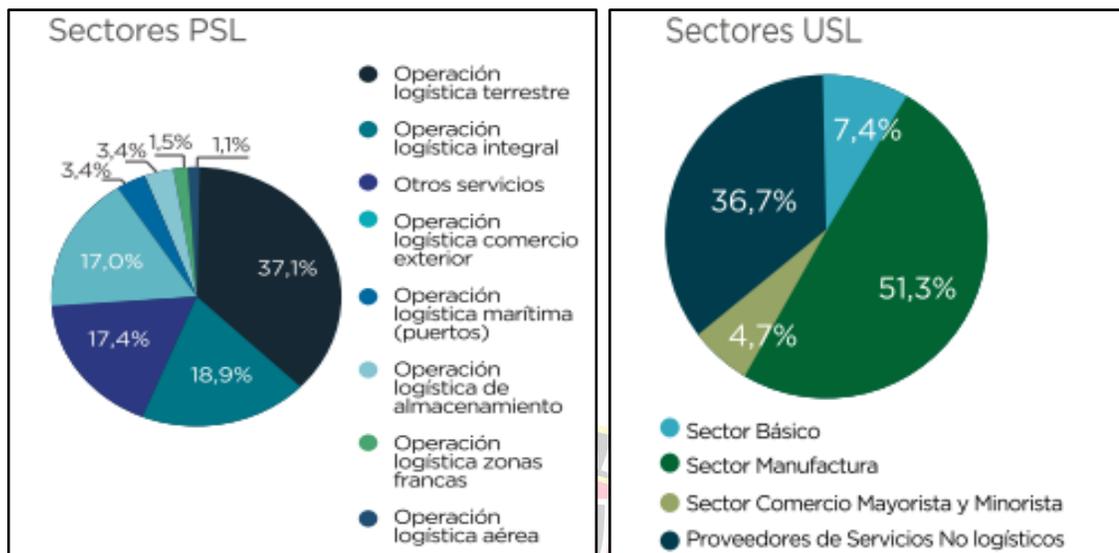


Figura 2. Actores por sector en la actividad logística en Colombia .(DNP, 2015)

El caso de estudio para este trabajo se va a centrar en la distribución terrestre de mercancías y carga en complejos urbanos, los cuales por sus condiciones y características muestran un cierto número de ventajas como también de restricciones para los operadores logísticos. La distribución de mercancías en las áreas urbanas se cubre bajo el concepto de logística urbana o logística de la ciudad, que en términos generales tiene el fin de proporcionar a los centros o puntos clave vistos desde lo económico y social de las ciudades, bienes y mercancías, pero el transporte de mercancías en ciudades contiene mucho más que el transporte desde y hacia las ciudades. Una de las principales razones que se le atribuye al transporte en zonas urbanas es la sensibilidad y responsabilidad medio ambiental en lugares altamente poblados, factor que en muchas ciudades es punto clave para la salud y la vida de los habitantes de dichas zonas. (Serna, Ramirez C., & Parody, 2018)

Si se mira desde el componente ambiental, se ha venido desarrollando en las PSL una filosofía aplicada a las operaciones, la cual busca reducir los impactos

ambientales al momento de desarrollar sus tareas logísticas cotidianas, esta filosofía es conocida como “Logística Verde”. La sostenibilidad ambiental es un factor que se está incorporando en las cadenas logísticas, el 34,1 % de las PSL trabajan en proyectos de eficacia ambiental y cuentan con acciones de desarrollo de una logística sostenible. El esfuerzo más grande que muchas empresas han venido realizando es la renovación de sus flotas de transporte especialmente el terrestre y en la adecuada programación en muelles (en el caso de operadores logísticos portuarios), todo con la finalidad de disminuir las emisiones de CO₂ (GSM & Ministerio de transporte de Colombia, 2014).

El perfil de la flota de TAC en Bogotá se compone mayormente de camiones fijos y tractocamiones con semirremolques, aunque estos últimos han venido en aumento, en donde se observa la mayor participación de transporte de mercancías en contenedores y cajas remolques, principalmente para el transporte terrestre a largas distancias. En Colombia y especialmente en Bogotá, el 25 % de la carga movilizada corresponde a carga general no unitarizada (carga suelta o individual, manipulada como unidades separadas), transportada principalmente en camiones convencionales, y 19 % equivale a cargas en graneles, movilizadas en semirremolques y camiones volquetas. Dichos vehículos en promedio recorren 380 Kilómetros para realizar sus labores dentro de la ciudad. Este tipo de vehículos son la herramienta principal para el transporte terrestre de cargas interno en Bogotá, así que para el estudio se tendrá como punto de referencia estos tipos de camiones, sus capacidades promedio y todos los costos asociados a su operación. (Barbero & Guerrero, 2017; Leonardi, Browne, Allen, Bohne, & Ruesch, 2014; Taniguchi, Thompson, & Yamada, 2014)

Otro de los grandes enemigos de las PSL es el factor de movilidad en la ciudad y los largos tiempos de desplazamiento, esto causado en parte por el estado de la infraestructura vial. En Bogotá más del 50 % de las mallas viales están regulares o en mal estado (presencia de baches, hendiduras, depresiones o grandes imperfectos), especialmente en localidades como Kennedy, Bosa, Fontibón y Suba,

algunos de estos puntos coincidiendo con las principales entradas a la ciudad. Por otro lado, las localidades que más emisiones atmosféricas (SO₂, NO₂, CO, O₃) y mayor concentración de material particulado generan en el aire son Kennedy, Puente Aranda, Tunjuelito y Ciudad Bolívar. Datos visibles en la figura 3.

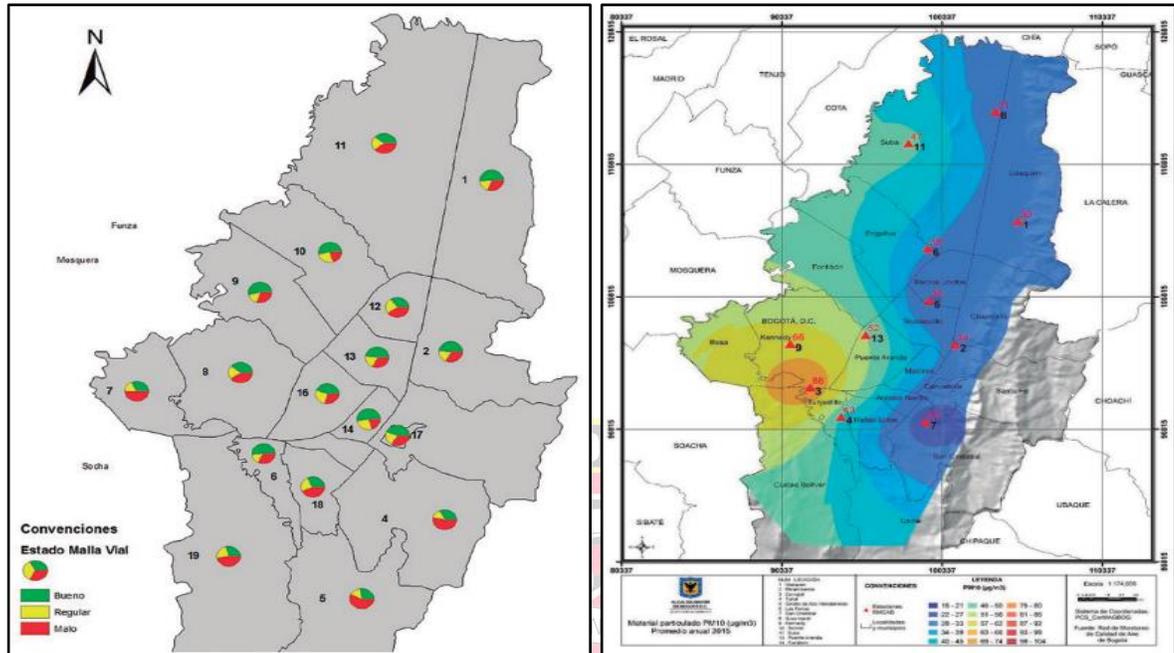


Figura 3. Niveles de contaminación en el aire en Bogotá. (Cámara de Comercio & U. de los Andes, 2015)

En términos económicos y operativos, todas estas restricciones a nivel logístico, son un gran reto y uno de los principales problemas a los que se deben enfrentar gran parte de las empresas, ya que todas sus operaciones dependen de este eslabón dentro de su cadena de abastecimiento y así mismo para la correcta realización de sus operaciones internas y posterior distribución y comercialización de productos. Dentro de los principales inconvenientes que el sector logístico identifica y reconoce como críticos se puede encontrar falta de zonas adecuadas para carga y descarga, infraestructuras viales insuficientes y congestión, falta de talento humano, insuficiencia de zonas logísticas, falta de entendimiento de normativas, ocupación de la vía pública por otros vehículos y condiciones de seguridad vial, factores que repercuten en gran medida los costos operativos y son desencadenantes de futuros

problemas como por ejemplo un mayor desgaste de los vehículos etc.. Desde el punto de vista de los USL, la variable que más los perjudica son los sobre costos y las altas tarifas de transporte, así como también insuficientes carreteras, puertos y aeropuertos, entre otras. (DNP, 2015; Secretaria Distrital de Ambiente, 2018)

No solo las empresas PSL (prestadores de servicios logísticos), sino también las USL (usuarios de servicios logísticos), así como también empresas en cuyos procesos se vea intervenido el proceso logístico, deben buscar alternativas y tácticas para poder hacerle contrapeso a los principales problemas que les afectan sin depender de ayudas gubernamentales en temas de movilidad e infraestructura, cada organización debe diseñar y armar planes con los cuales a pesar de las malas condiciones, puedan ser competitivos y eficientes en términos de tiempos y costos. A nivel general, los costos logísticos tienden a ser relativamente altos, siendo aproximadamente el 14,97 % del total sobre el valor de ventas, dentro de ese 14,97%, el 37 % y 20 % equivalen al costo de transporte y almacenamiento respectivamente. Los otros costos asociados dentro del valor logístico son compras y manejo de proveedores (17 %), procesamientos de pedidos a clientes (10 %), planeación y reposición de inventarios (9 %) y logística de reversa, siendo este último uno de los más bajos, pero de los más difíciles de controlar. (7%).(DNP, 2015)

Los costos de transporte más representativos se encuentran en la tabla 1.

Costos	%
<i>Depreciación</i>	8.4
<i>Costos fijos</i>	18.9
<i>Peajes</i>	10.5
<i>Mantenimiento</i>	10.5
<i>Neumáticos</i>	1.1
<i>Combustibles</i>	30.6
<i>Conducción</i>	20.0

Tabla 1. Costos de transporte (Barbero & Guerrero, 2017)

Esto es un claro reflejo de la condición actual del país y de la ciudad de Bogotá en cuanto a temas logísticos de transporte terrestre. Se debe tener en cuenta que por restricciones de movilidad y tráfico vehicular en Bogotá, y zonas que por su ubicación y su carácter socio-económico y demográfico, estos representan puntos críticos en los cuales el transporte y movimiento de cargas puede generar demoras y retrasos en la operación, así como también un alto grado de contaminación por emisiones atmosféricas y ruido, al igual que sobre costos, no solo para los prestadores de servicios logísticos sino también para los usuarios.(Alcaldía mayor de Bogotá & Secretaría Distrital de Movilidad, 2015)

Para la presente monografía se va a analizar concretamente la ciudad de Bogotá, en términos de ambiente, movilidad y transporte de cargas de manera interna en la ciudad, debido a que es una de las capitales de mayor actividad e impacto comercial, productivo y logístico en Colombia. El sector a ser analizado es el de líquidos para el consumo humano (bebidas alcohólicas en general), el cual es uno de los sectores que más consumo y más representación se genera en el mercado, representando un consumo per cápita en todo el país de aproximadamente 77,7 litros anuales, así mismo, los consumidores destinan para la compra de este producto, alrededor de US\$262.6 cada año, lo que supone básicamente el 5% del PIB per cápita que se registró en Colombia al finalizar el 2016 (Pérez, 2017), motivo por el que se considera un sector importante e interesante de analizar.

Lo que se busca con esta investigación es proponer un modelo de distribución por “clusters” mediante el uso de modelos matemáticos aplicados a la logística, definiendo cuáles serían los sitios más adecuados para establecer centros de distribución que satisfagan la demanda de la ciudad, así como también establecer la asignación de nodos de interacción entre las empresas y los clientes, teniendo en cuenta la ruta adecuada a ser usada entre cada conjunto de nodos buscando que el costo de transporte e impacto ambiental sean lo menor posible.

Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo, se analizaron datos obtenidos de la encuesta de movilidad y distribución de mercancías, realizada por la firma Steve Davis, desarrollada para la secretaria de movilidad en el año 2015 (Steve Davis Inc, 2015), sondeo en el que se recopiló información sobre el transporte terrestre de cargas en la ciudad de Bogotá. La encuesta se realizó a transportadores de todo tipo de sectores económicos y productos, los cuales iban desde el transporte de alimentos cárnicos, hasta el transporte de combustibles líquidos y gaseosos. En esas bases de datos se recogió una gran variedad de información, como por ejemplo la zona de tránsito, el tipo de producto a ser transportado, el nivel de ocupación de la capacidad del vehículo, su origen y destino, entre otras. Todos estos datos permiten obtener un panorama bastante amplio de los diversos factores y características del objeto de estudio. Para el estudio del sector a estudiar y tener facilidad en el manejo y análisis de la información, se realizó una depuración del total de los datos allí recopilados, del que se partió inicialmente con un total de 1285 datos, los cuales fueron depurados teniendo como parámetros de filtro los siguientes criterios:

- Tipo de producto: de los 34 grupos de productos recopilados en las encuestas, se escogió como objeto de estudio los líquidos para consumo humano (cervezas, licores y bebidas alcohólicas en general)
- Se escogieron únicamente los datos que como destino y origen tuvieran la ciudad de Bogotá
- Se eliminaron datos que en su descripción acerca del nivel de carga del vehículo se registraban como datos “sin información”
- Se excluyeron datos que indicaban que los vehículos tenían un nivel actual de carga vacío y también aquellos vehículos que regresaban vacíos
- Se incluyeron datos que en sus direcciones “ZAT” (zonas de análisis de transporte) y/o coordenadas de origen y destino, coincidieran con ubicaciones reales en la ciudad de Bogotá
- Se admitieron datos que relacionaran camiones tipo C2 (vehículos de 2 ejes).

De los anteriores filtros se obtuvo un total de 294 registros correspondientes a el número de transportadores, los cuales cumplen con los criterios necesarios para el desarrollo y aplicación de los modelos y métodos a emplear, siendo los de mayor importancia las coordenadas dentro de Bogotá, el tipo de vehículo usado, y la cantidad de producto transportado.

Mediante el uso de Google My Maps, se ubica cada uno de los puntos indicados en la base de datos de forma global y general para obtener un panorama de la ciudad, usando las coordenadas de latitud y longitud de cada uno de ellos. Dichos puntos se clasifican en dos categorías:

- Origen/proveedor, identificados por un marcador color púrpura 
- Destino/cliente, identificados por un marcador color verde 

Basándose en el anterior criterio se obtiene el panorama general inicial de interacción entre nodos de demanda y oferta en Bogotá, el cual está representado en la figura 4.

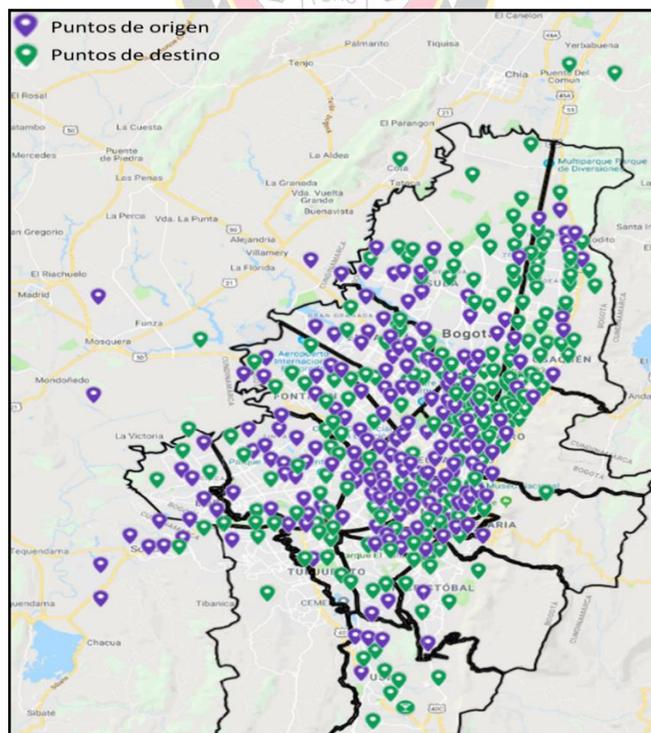


Figura 4. Puntos de oferta y demanda de bebidas en Bogotá.

Para el manejo de los datos se asigna un código a cada localidad y a cada uno de los nodos de demanda ubicados en cada una de ellas, por ejemplo:

Localidad Antonio Nariño, nodo de demanda #1 = AN1

Siguiendo esta codificación las localidades se clasifican de la siguiente manera:

#	Localidad	Código
1	Antonio Nariño	AN
2	Barrios Unidos	BU
3	Bosa	B
4	Candelaria	C
5	Chapinero	CH
6	Ciudad Bolívar	CB
7	Engativá	E
8	Fontibón	F
9	Kennedy	K
10	Los Mártires	LM
11	Puente Aranda	P
12	Rafael Uribe Uribe	RU
13	San Cristóbal	SC
14	Santa Fe	SF
15	Suba	S
16	Teusaquillo	T
17	Tunjuelito	TU
18	Usaquén	USA
19	Usme	US

Tabla 2. Codificación de los centros de distribución

Para la construcción del modelo matemático de los múltiples puntos de oferta (marcadores purpura), se asigna un centro de distribución por localidad usando el método de ubicación por centro de gravedad, teniendo en cuenta las demandas transportadas a los puntos de destino o puntos de demanda (marcadores verdes), la cual fue registrada en la base de datos inicial y expresada en toneladas para cada una de las localidades. El modelo matemático del método del centro de gravedad se expresa de la siguiente manera:

$$x' = \frac{\sum x_i v_i}{\sum v_i} \quad y' = \frac{\sum y_i v_i}{\sum v_i}$$

Donde:

- x' y y' corresponden a las nuevas coordenadas del nuevo centro de distribución.
- x_i y y_i corresponden a las coordenadas de los nodos ya existentes
- V_i corresponde a la ponderación asignada a los nodos (Ballou, 2004)

Este modelo con base a las coordenadas busca el punto equidistante entre los nodos que intervienen en él, teniendo en cuenta una ponderación, la cual en este caso es el volumen de producto que demanda de cada nodo de clientes expresado en toneladas de producto. En el modelo las coordenadas cartesianas “X” y “Y” corresponden a las coordenadas geográficas de longitud y latitud respectivamente. El procedimiento se realizó por cada una de las localidades de la ciudad, como se observa en la tabla 3:

ANTONIO NARIÑO (AN)				
Puntos de demanda				
X	Y	TON	TON*X	TON*Y
-74,10054689	4,585064021	17,0466667	-1263,16732	78,16005802
-74,10424983	4,589331119	11,15	-826,262386	51,17104197
-74,09615914	4,58047269	5	-370,480796	22,90236345
-74,09124825	4,58495863	1,984	-146,997037	9,096557922
-74,11074742	4,596489587	1	-74,1107474	4,596489587
		36,1806667	-2681,01829	165,9265109
Nuevo centro de distribución 1	Longitud	x	-74,1008537	
	Latitud	y	4,58605455	

Tabla 3. Ejemplo de aplicación del método de centro de gravedad para cada una de las localidades de Bogotá.

Una vez ubicados los nuevos centros de distribución clasificados por localidad, se evidencia nodos de demanda que pertenecen a unas localidades “n” pero que se encuentran geográficamente cerca de centros de distribución de otras localidades “m” lo cual se observa en la figura 8, mostrando posibles congestiones y poca eficacia al momento de distribuir los productos, motivo por el cual se plantea la utilización de un modelo matemático de asignación mediante el método de P-Mediana, el cual busca determinar cuáles serían los nodos de demanda a ser asignados a los centros de distribución previamente hallados por el método de centro de gravedad. Teniendo en cuenta la alta densidad de datos existentes y por

consiguiente la gran cantidad de variables que resultarían en este ejercicio, se procedió a filtrar nuevamente los datos usados para hallar los nuevos centros de distribución tomando como criterio la cantidad de producto que demanda de cada nodo j , con la finalidad de ajustar el problema para ser solucionado mediante Solver Excel, el cual tiene una máxima capacidad de 200 celdas variables o celdas cambiantes. Dicho filtro se aplicó aceptando a los nodos i que generen el mayor porcentaje de participación en demanda (demanda medida en toneladas) para cada una de las localidades teniendo como criterio que la suma de los porcentajes representativos de dichos nodos sume como mínimo el 70% del total, y el recuento de los nodos no exceda a 9, esto con la finalidad de no exceder la capacidad máxima de celdas variables empleadas en Solver Excel (200 celdas variables). Este filtro se realizó con la finalidad de simplificar la aplicación y ejecución del método de la P-Mediana y su posterior desarrollo mediante el aplicativo Solver de Excel. Del filtro se obtuvo la siguiente segmentación:

Localidad	Nodos (demanda)	% Representativo
Antonio Nariño (AN)	AN1, AN2, AN3, AN4, AN5	100%
Barrios Unidos (BU)	BU4, BU5, BU6, BU7, BU10, BU11, BU12, BU14, BU15	87.9%
Bosa (B)	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	100%
Candelaria (C)	C1, C2, C3	100%
Chapinero (CH)	CH1, CH2, CH4, CH5, CH7, CH8, CH9, CH12, CH19	90.1%
Ciudad Bolívar (CB)	CB1, CB2, CB3, CB4, CB5, CB6, CB7, CB8	100%
Engativá (E)	E1, E2, E3, E4, E9, E10, E14, E15, E17	92%
Fontibón (F)	F3, F6, F7, F8, F10, F11, F14, F15, F16	92.8%
Kennedy (K)	K1, K2, K4, K5, K7, K8, K12, K15, K16	97.4%
Los Mártires (LM)	LM1, LM2, LM3, LM4, LM5, LM6, LM7, LM8, LM9	100%
Puente Aranda (P)	P1, P2, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11	99.3%
Rafael Uribe Uribe (RU)	RU1, RU3, RU4, RU5, RU6	96.9%
San Cristóbal (SC)	SC1, SC2, SC3, SC4, SC5, SC6, SC7, SC8	100%
Santa Fe (SF)	SF1, SF2, SF3, SF4, SF5, SF6, SF8, SF9, SF10	99.7%
Suba (S)	S4, S6, S7, S12, S18, S19, S20, S25, S26	75.4%
Teusaquillo (T)	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8	100%
Tunjuelito (TU)	TU1, TU2, TU3, TU4, TU5, TU6, TU7, TU8	100%
Usaquén (USA)	USA1, USA5, USA7, USA19, USA24, USA27, USA28, USA30, USA31	75.2%
Usme (US)	US1, US2, SU3, US4, US5, US6, US7, US8, US9	100%

Tabla 4. Segmentación de los nodos según porcentaje representativo

El modelo matemático del método de la P-Mediana se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_j * x_{ij} * c_{ij} \\
 &\text{s. a.} \\
 &\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \\
 &x_{ij} \leq x_{ii} \\
 &\sum_{i=1}^n x_{ii} = P \\
 &x_{ij} \in (0,1)
 \end{aligned}$$

Donde:

- i corresponde a las locaciones disponibles
 - j corresponde a los nodos de demanda
 - x_{ij} corresponde a la variable de decisión si j se asigna a i , dicha variable es de carácter binario, si la variable encuentra una asignación. Le corresponde el número 1, de lo contrario le corresponde el número 0
 - A_j corresponde a la demanda total en el nodo j
 - C_{ij} corresponde a la distancia entre i y j
 - P corresponde al número de locaciones disponibles
- (Ballou, 2004)

Este modelo asigna de forma óptima puntos de demanda i a centros de distribución j , de forma que, según las distancias euclidianas entre nodos y locaciones, y una ponderación que en este caso es la demanda de los nodos, busca la combinación en la que se minimice la distancia entre los centros de distribución y los nodos de mayor demanda.

El procedimiento realizado para el desarrollo de este modelo, se realizó aplicándolo a cada una de las localidades por separado, como se mencionó anteriormente, esto debido al gran volumen de variables resultantes y a la poca capacidad que tiene Solver-Excel para resolverlo. Ejemplo de esto se ve en la figura 5.

	CD1	CD2	CD3	CD4	CD5	CD6	CD7	CD8	CD9	CD10	CD11	CD12	CD13	CD14	CD15	CD16	CD17	CD18	CD19	
AN1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
AN4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AN5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	0	0	-3
FO	0,4143																			

Figura 5. Aplicación del método P-Mediana para cada una de las localidades.

En la figura 5 se muestra el funcionamiento del modelo P-Mediana, donde los números “1”, representan la asignación de los nodos (columna izquierda) a las locaciones (fila superior)

Una de las restricciones que se debe tener en cuenta es el control del impacto ambiental en la ciudad, de modo que se generó un panorama de la calidad del aire medido en PM10 (nivel de concentración promedio de material particulado inferior a 10 micrómetros) trimestral promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Datos que se observan en la figura6.

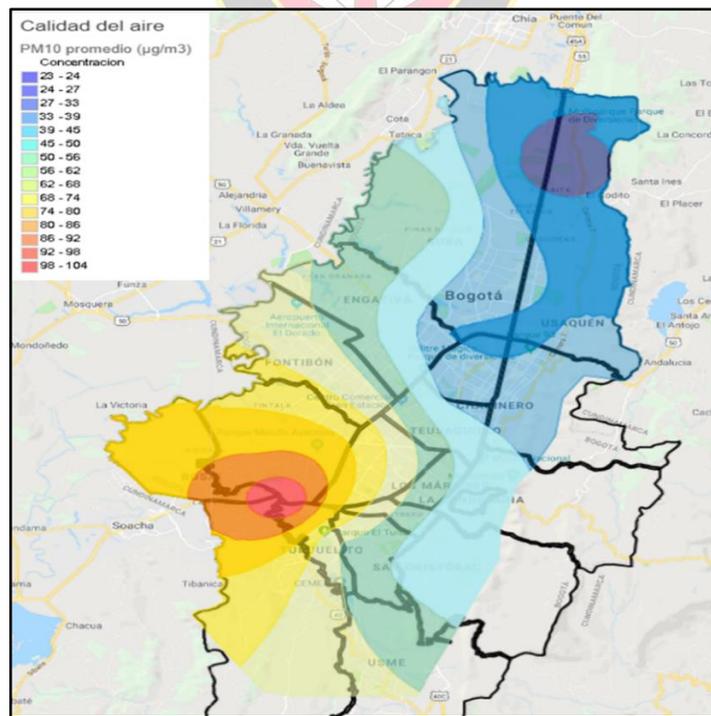


Figura 6. Niveles de concentración de material particulado en Bogotá (2015).

En la figura 6 se observa una distribución por escala de colores en la cual las zonas más rojas, es donde mayor concentración de material particulado hay en el aire, y las zonas más azules es donde menos concentración hay.

Teniendo cuenta que varios nodos y varias locaciones quedan cerca de estas zonas y que la distribución de los productos debe evitar lo más que se pueda el impacto ambiental, mediante la función de calculador de rutas de Google My Maps, se ajustan las rutas evitando al máximo el tránsito de los vehículos por las áreas de mayor contaminación, moviendo con el cursor los puntos por los cuales se debe armar la ruta. Un ejemplo de esto se ve en la figura 7.

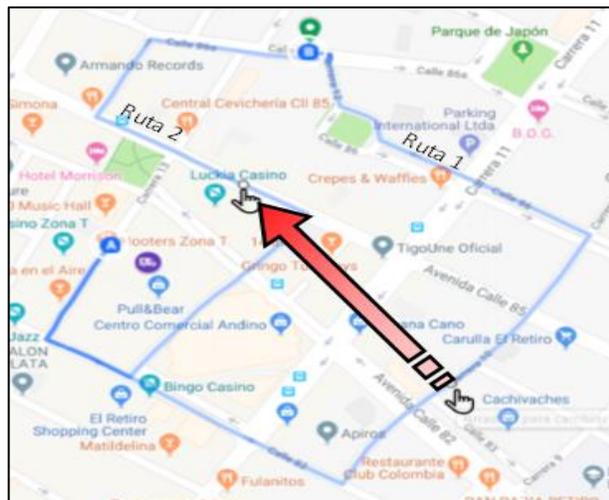


Figura 7. Calculador de rutas de Google My Maps

Para la ejecución del método de la P-Mediana mediante Solver-Excel la formulación del modelo se realizó como se indica en la figura 8, aplicándolo a cada una de las localidades con todos los centros de distribución anteriormente hallados.

				Restricción del Número de Locaciones a ser abiertas	Restricción de asignación a una locación abierta
Xij	A	B	C	yi	
1	0	0	1	1	=SUMA(D32:M32)-(10*N32)
2	0	0	0	0	=SUMA(D33:M33)-(10*N33)
3	0	0	0	1	=SUMA(D34:M34)-(10*N34)
4	1	1	0	1	=SUMA(D35:M35)-(10*N35)
			P=	=SUMA(N32:N35)	
Restricción de asignación de cada nodo de demanda a una sola locación	=SUMA(D32:D35)	=SUMA(E32:E35)	=SUMA(M32:M35)		
FO= =SUMAPRODUCTO(D					

Figura 8. Formulación básica de P-Mediana en Solver-Excel

Algunas limitaciones presentes en la investigación son principalmente de carácter técnico, debido a la falta de implementación de un software especializado que facilitara la manipulación y generación de datos para el manejo de los mapas resultantes, por lo que se acudió al uso de Google My Maps, con el que se obtuvo el resultado esperado, pero tomó mucho más tiempo. Del mismo modo no se implementó un software especializado para la realización y desarrollo de los modelos matemáticos, especialmente para el modelo de P-Mediana, el cual por el alto volumen de datos que se tenía inicialmente, no se logró desarrollar con la totalidad de los datos mediante Solver-Excel, de modo que se acortó la cantidad de datos a usar y se aplicó el método no de manera general sino por cada una de las localidades, siendo esto mucho más demorado. Otra limitación fue la segmentación de los datos usados, ya que el producto estudiado son bebidas en forma general, no se especifica de tipo de bebidas, por lo que, para efectos del ejercicio, se asume como si todos los datos se trataran del mismo de tipo de bebida ya sea gaseosa, cerveza, agua o jugo.

Resultados

Los nuevos puntos generados por el método de centro de gravedad, indican la ubicación de los nuevos centros de distribución, desde los cuales se va a atender

toda la demanda de la ciudad. Dichos puntos están representados en el mapa de la siguiente manera:

- Centros de distribución, identificados por un marcador color rojo 

La nueva ubicación de los centros de distribución propuestos se representa en la figura 9.

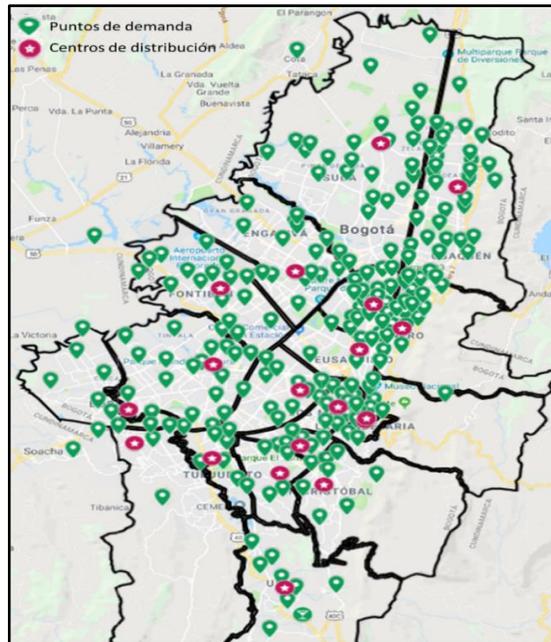


Figura 9. Ubicación de centros de distribución propuesta.

De la aplicación del método de P-Mediana mediante Solver-Excel para cada una de las localidades y con los nodos de demanda ya filtrados, se obtiene el siguiente resultado y la siguiente asignación, la cual garantiza las menores distancias entre los nodos de mayor demanda y los centros de distribución más cercanos.

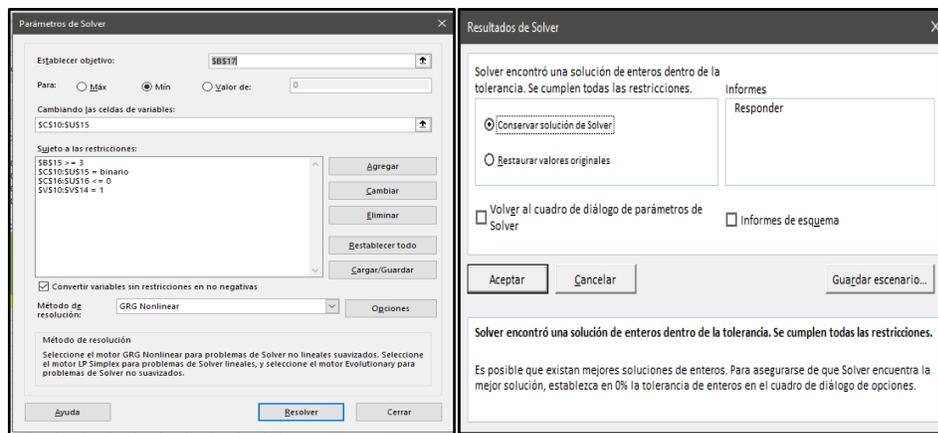


Figura 10. Declaración de restricciones y resultados en Solver-Excel

	PUNTOS DE DEMANDA ASIGNADOS												
ANTONIO NARIÑO	AN1	AN	LM	LM	P	P	P	RU	RU	RU	SC8	SF	
		5	1	2	1	2	5	3	5	6		3	
BARRIOS UNIDOS	BU	BU	BU	BU	BU	CH	E	T	USA				
	6	10	12	14	15	19	1	3	5				
BOSA	B1	B2	B4	CB5	K5								
CANDELARIA	C	C	SF	SF	SF								
	1	2	2	6	10								
CHAPINERO	CH	CH	CH	CH	CH	CH	USA						
	4	5	7	8	9	12	1						
CIUDAD BOLIVAR	B	B	B	CB	CB	CB	CB	CB					
	3	5	6	3	4	6	7	8					
ENGATIVA	E	E	E	E	E	E	E	F	F	F	S		
	3	4	9	10	14	15	17	3	7	10	26		
FONTIBON	E2	F6	F8	F11	F14	F15	K8						
KENNEDY	B	F	K	K	K	K	K	K					
	7	16	2	4	7	12	15	16					
LOS MARTIRES	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM						
	3	4	5	6	7	8	9						
PUENTE ARNADA	P6	P7	P8	P9	P10	P11	T2						
RAFEL URIBE URIBE	AN	RU	RU	SC	TU								
	3	1	4	3	1								
SAN CIRSTOBAL	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SF	1					
	1	2	4	5	6	7							
SANTA FE	C	SF	SF	SF	SF								
	3	4	5	8	9								
SUBA	S	S	S	S	S	S	S	S					
	6	7	12	18	19	20	25						
TEUSAQUILLO	BU	BU	CH	CH	T	T	T	T	T	T			
	5	7	1	2	1	4	5	6	7	8			
TUNJUELITO	CB	CB	K	TU	TU	TU	TU						
	1	2	1	2	6	7	8						
USAQUEN	S	USA											
	4	7	19	24	27	28	30	31					
USME	AN	AN	TU	TU	TU	US	US	US	US	US	US	US	US
	2	4	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabla 5. Asignación final de nodos a locaciones por método P-Mediana

Con base en la asignación final, se genera un mapa de cada una de las interacciones entre los nodos y las locaciones, así como también las posibles rutas que tomarían los vehículos para surtir el producto, teniendo en cuenta las restricciones ambientales anteriormente mencionadas.

Dichos mapas están expuestos en la sección de anexos junto con los correspondientes hipervínculos para la visualización directamente en Google My Maps.

Conclusiones

Mediante la correcta segmentación y representación gráfica de los datos inicialmente tratados, se obtiene un panorama general de la situación de Bogotá en cuanto a los puntos de demanda y oferta de bebidas (Figura 4), panorama en el cual se observan las principales zonas de la ciudad donde mayor demanda de producto hay, así como también las zonas donde más concentrada está la oferta, de igual forma se puede percibir un sistema caótico y desordenado, lo cual en términos operativos en logística de transporte genera demoras y sobrecostos.

Un modelo de segmentación de la demanda por localidades y un sistema de asignación por “clusters”, en tema de costos de desplazamiento, resulta mucho más eficiente que la condición descrita en el diagnóstico inicial de la ciudad, reduciendo las distancias que tendrían que recorrer los vehículos, siendo una buena alternativa de estudio de aplicación para las empresas que distribuyan esa clase de productos en Bogotá.

Gracias a las herramientas tecnológicas de localización y ruteo satelital, se pueden organizar y diseñar de una manera mucho más real las rutas y los caminos exactos por los cuales se deben enviar los vehículos de carga, teniendo en cuenta los kilómetros recorridos entre calles y avenidas para escoger la ruta más económica, así como también desviarlos de las zonas que presenten restricciones ya sea por impacto ambiental, bloqueos en la carretera, restricción por capacidad y peso, etc.

Discusión

Mediante el desarrollo de esta investigación, se da un diagnóstico de la ciudad en cuanto a las posibles oportunidades de mejora que se pueden aplicar a los procesos de organización y planeación logística de algunas compañías, así como también se pretende comenzar a emplear de una mejor manera los medios tecnológicos de información como lo es el caso de Google Maps, herramienta que a pesar de ser muy sencilla y básica, resultó ser pieza clave en el desarrollo del presente documento y que se puede extender a las organizaciones tanto pequeñas como

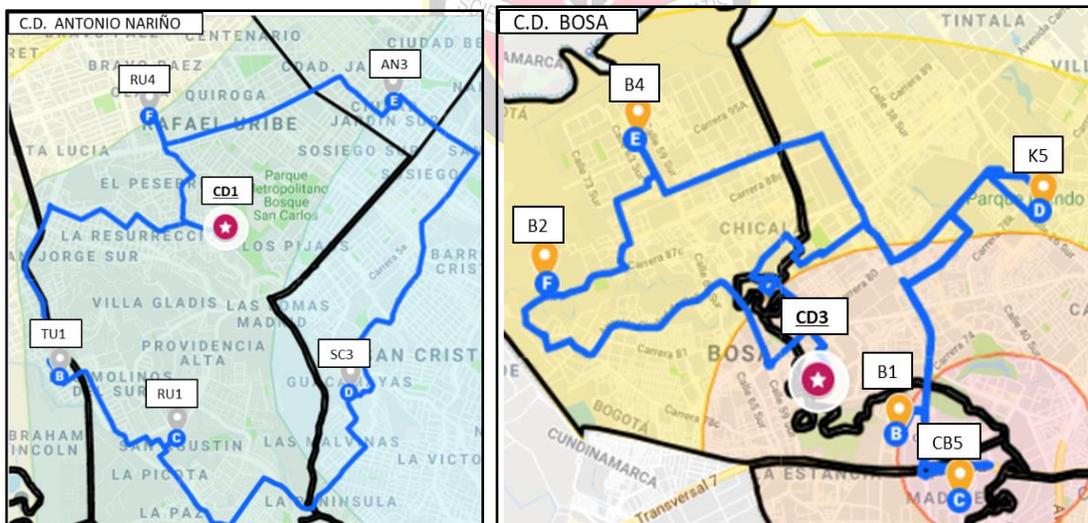
grandes para la asignación de rutas teniendo en cuenta los diversos factores en los que intervienen como lo es el factor ambiental, tema al que se le hizo un énfasis especial en esta monografía.

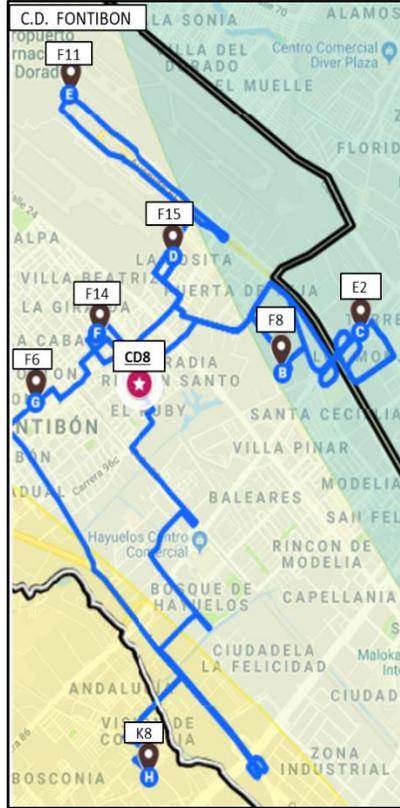
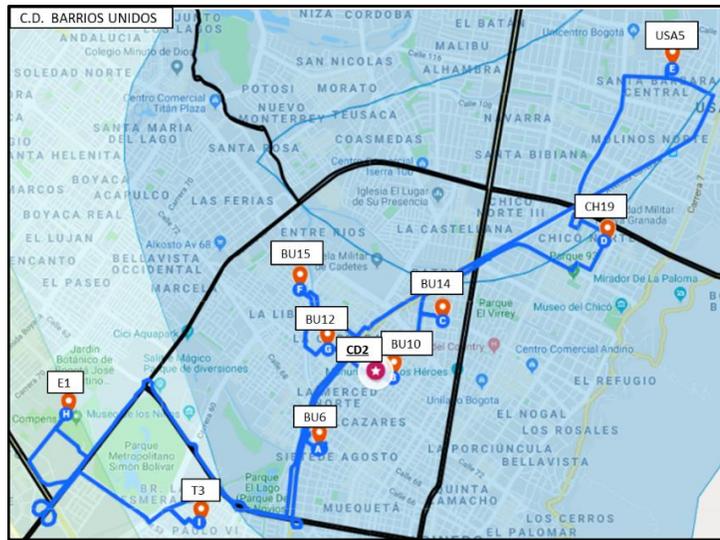
Los mapas y las rutas de los centros de distribución propuestos de cada una de las localidades, quedan públicos y almacenados en el drive de Google Maps, para uso tanto académico como corporativo, especialmente por las rutas propuestas, las cuales evitan lo más que se puede el tránsito de vehículos de carga por zonas ambientalmente perjudicadas.

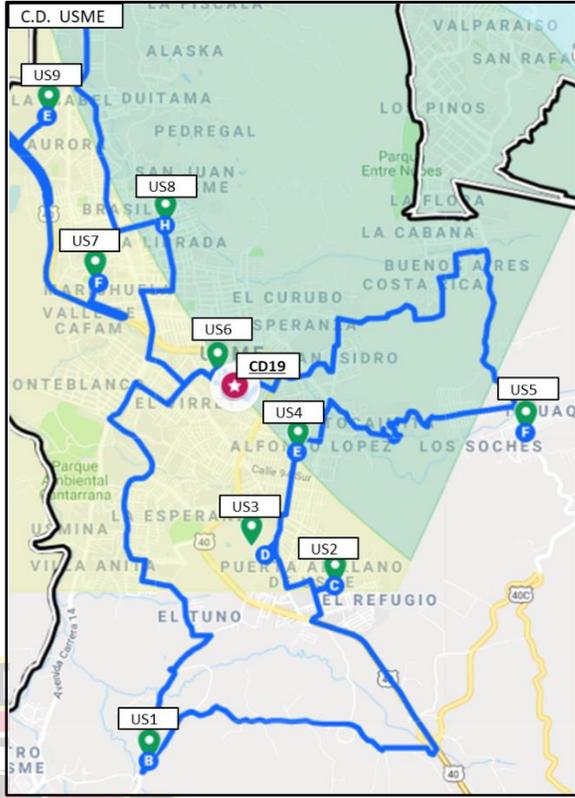
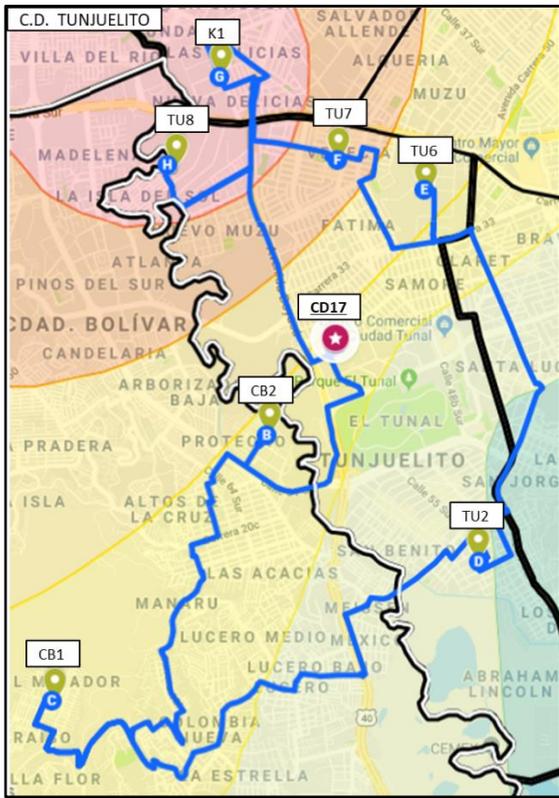
Anexos

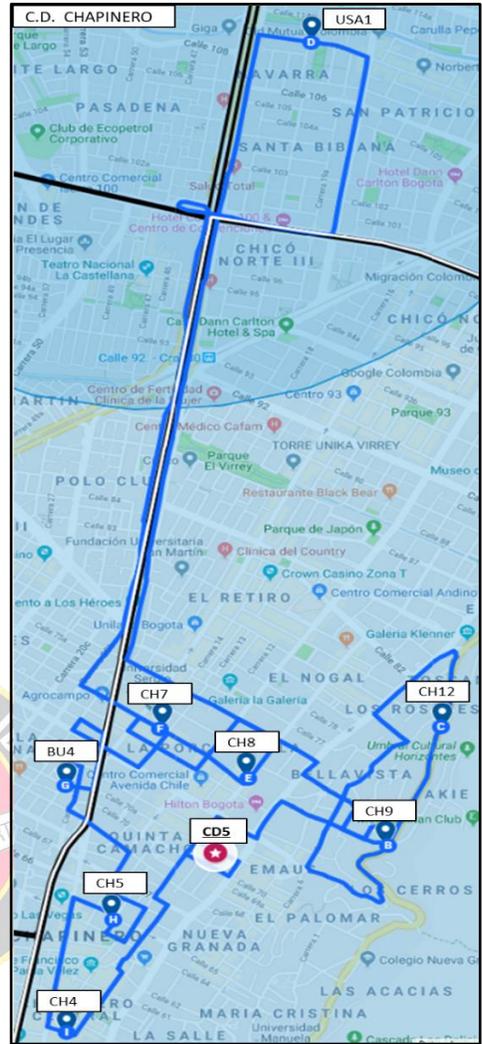
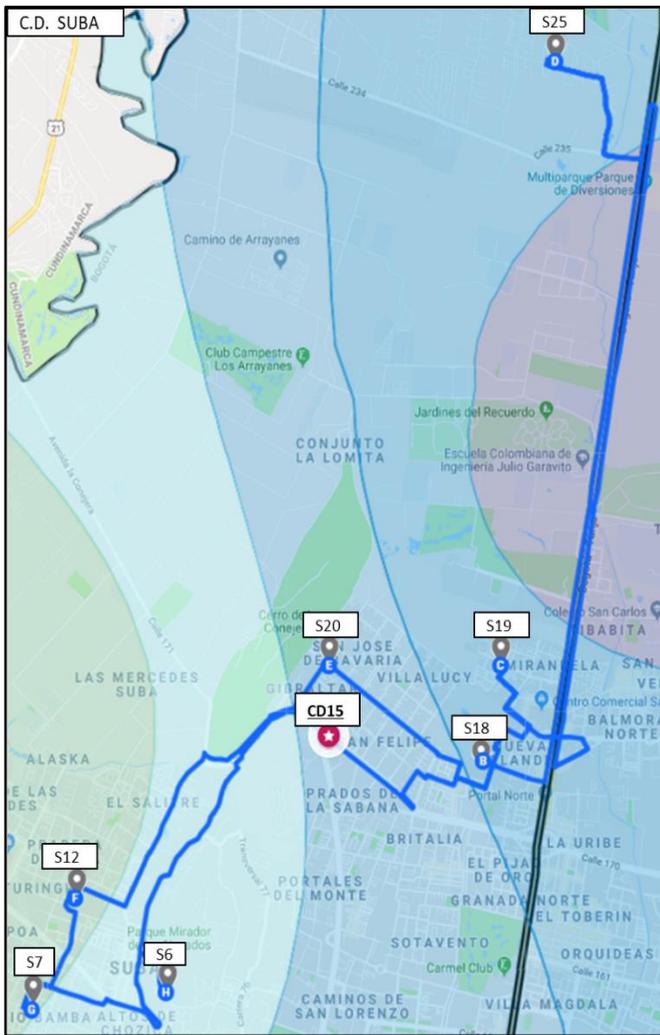
A continuación, se anexan los resultados en bruto de la ejecución del Modelo matemático de asignación, los mapas generados por localidad y los links de acceso de dichos mapas.

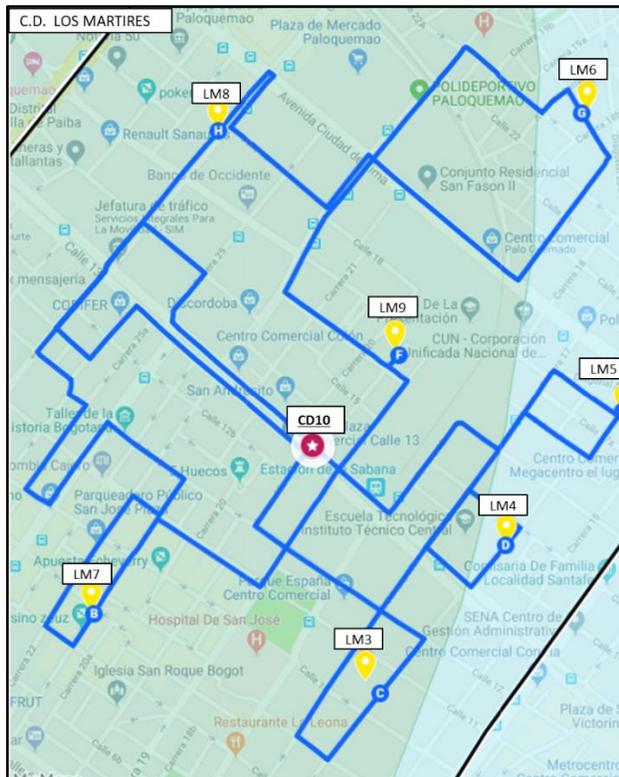
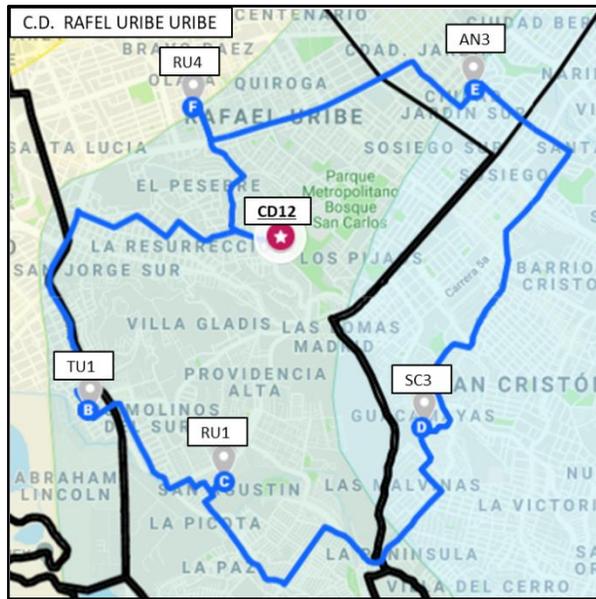
Mapas de clusters por localidad

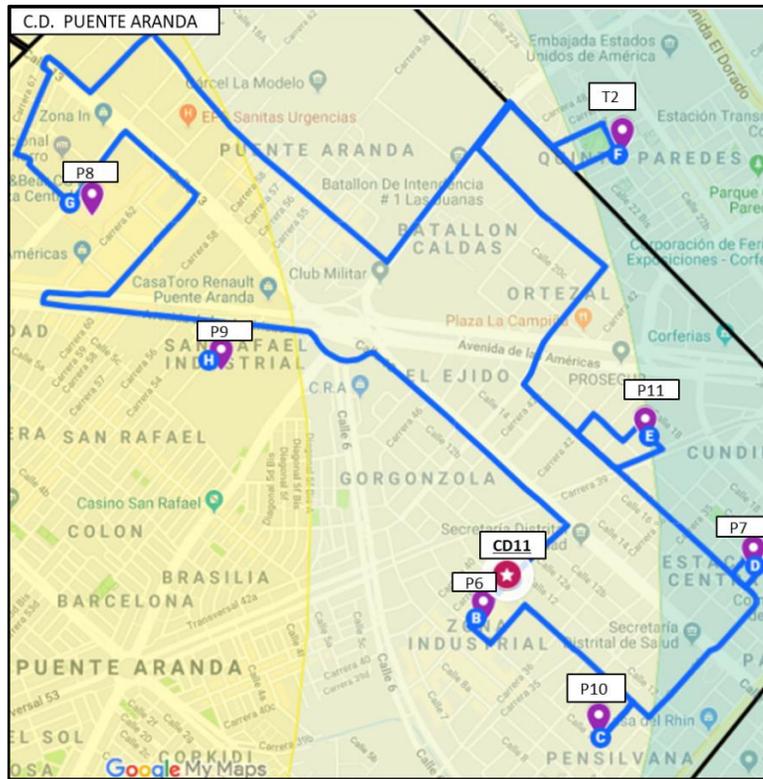


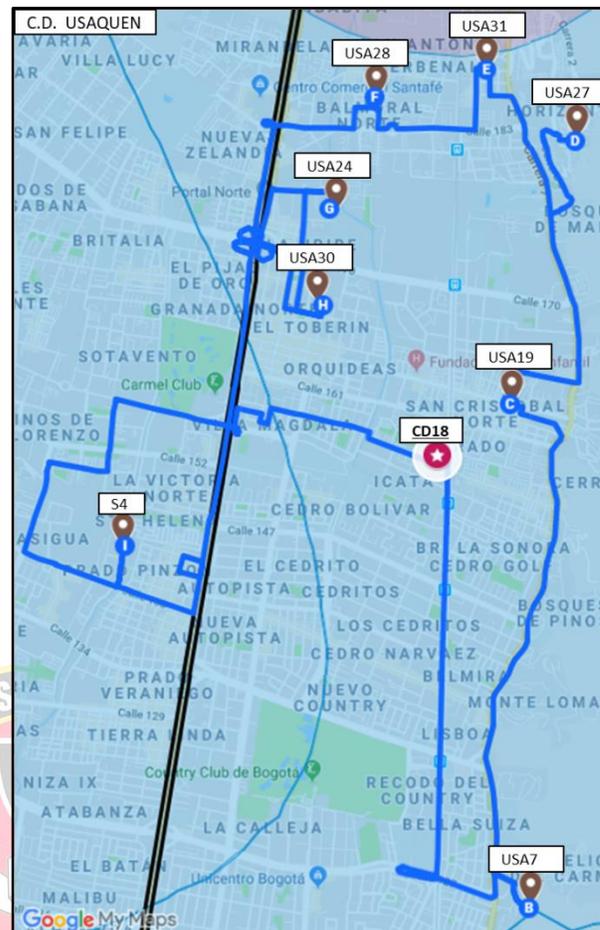
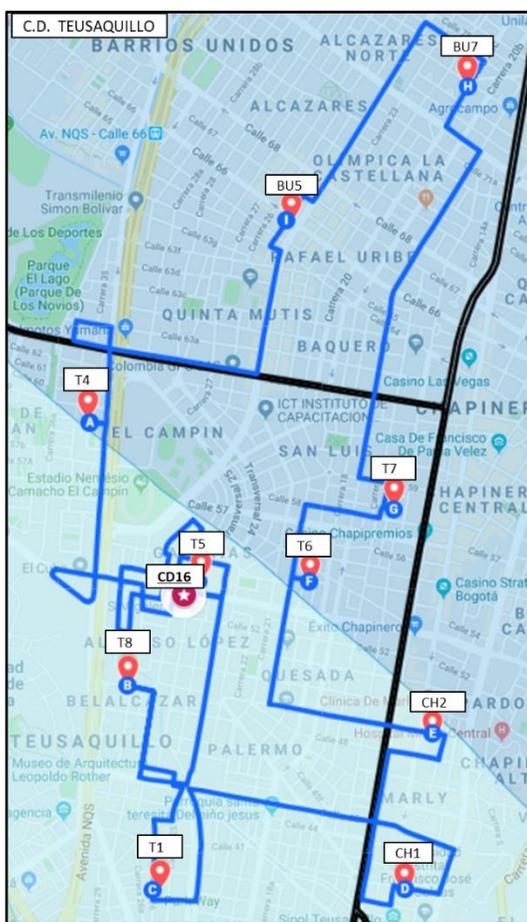


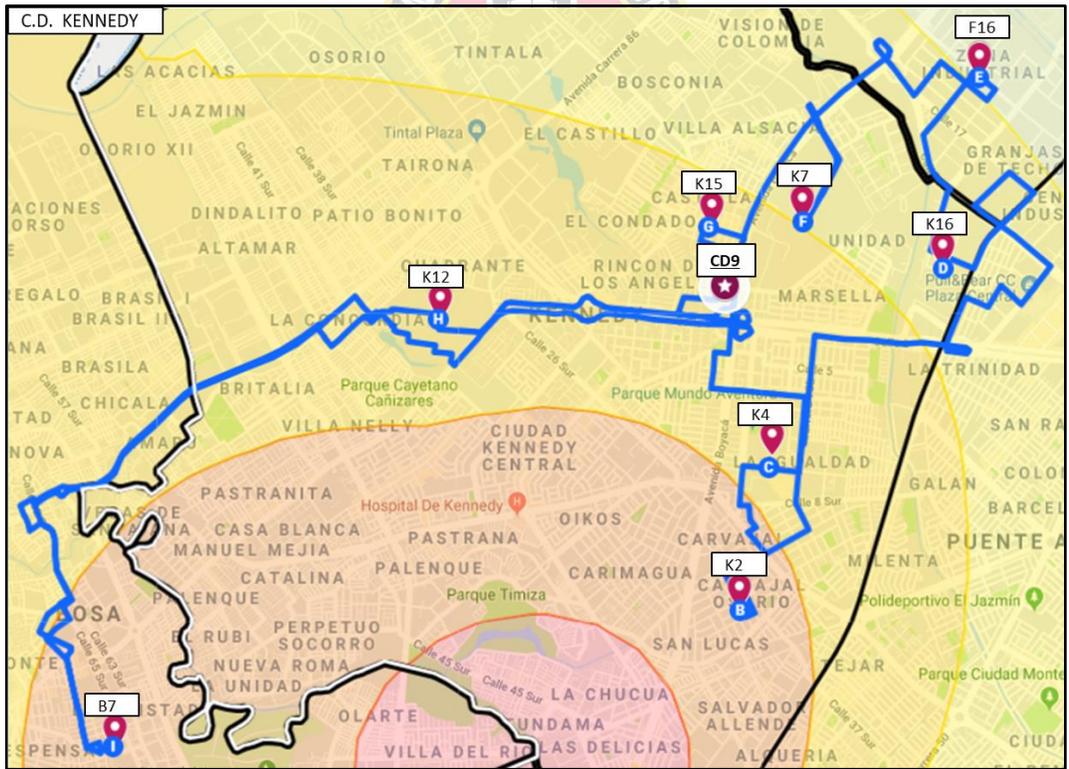
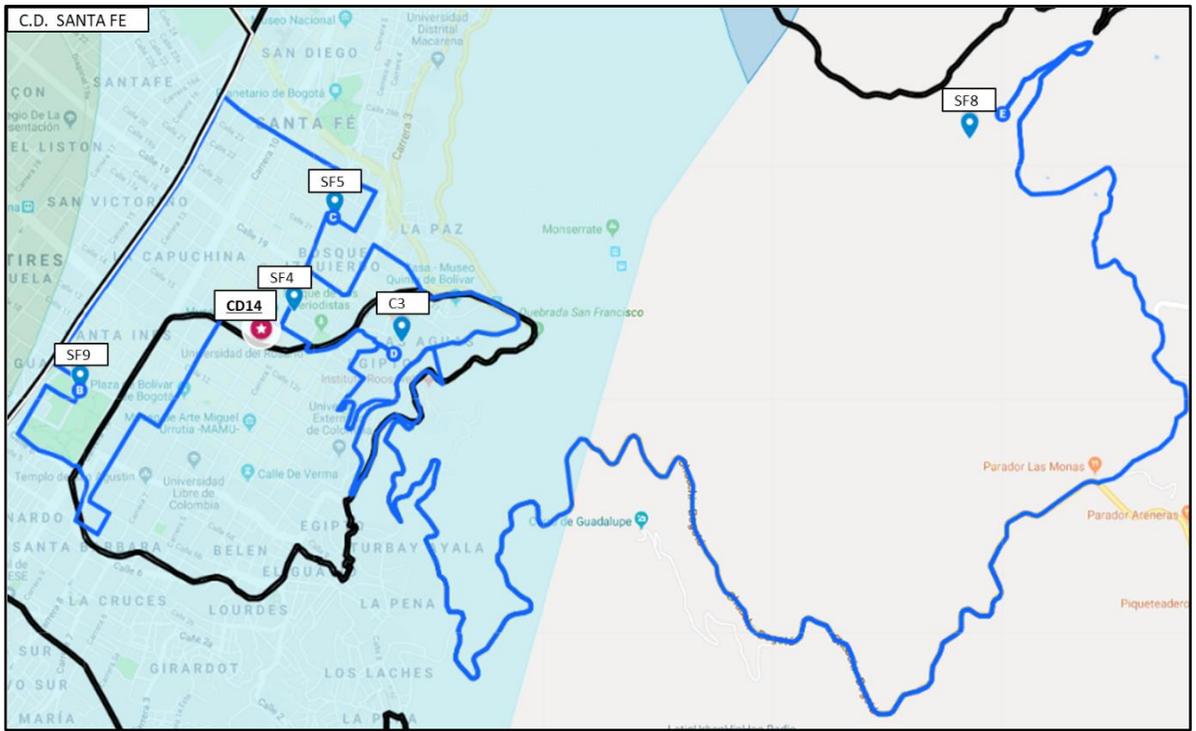


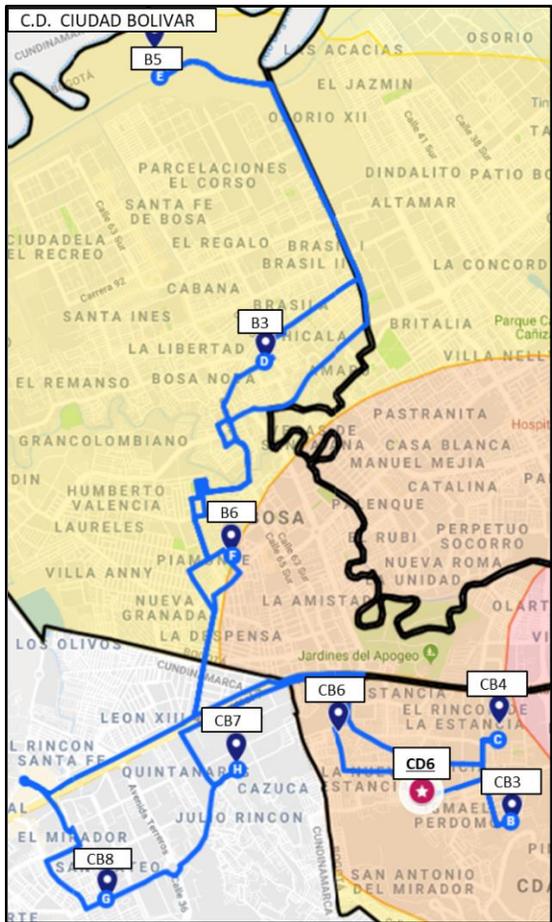


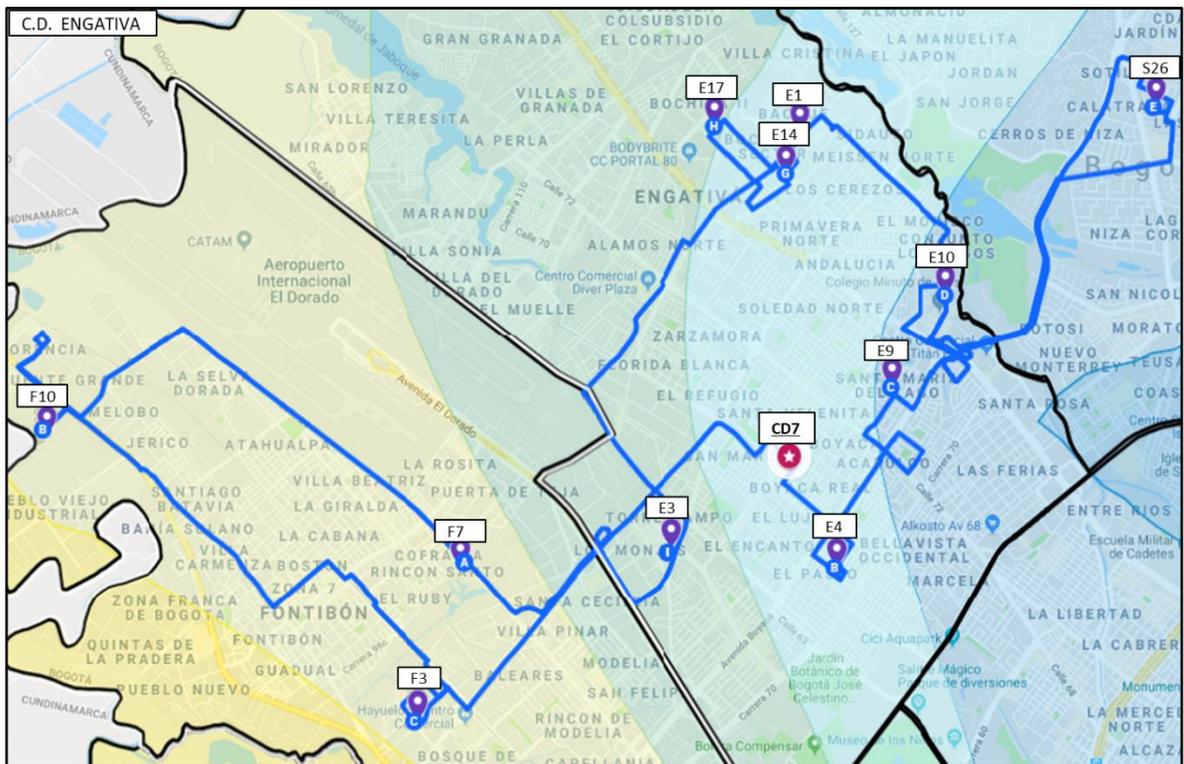












Links Mapas finales

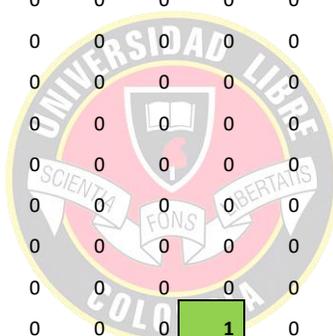
- Centros de distribución general:
https://drive.google.com/open?id=14XC_KQ6mahj004JMTzdHa9J1S3gG87pc&usp=sharing
- Antonio Nariño:
https://drive.google.com/open?id=1qM9m2JG9NRv1vEH43KQ5IYxOBCCJH_Qj&usp=sharing
- Barrios Unidos:
https://drive.google.com/open?id=1rgz1-Rhe0_2p0IAI3ovj_vQIoOMcU768&usp=sharing
- Bosa:
<https://drive.google.com/open?id=1GdySkIGXWNR22rreMmBdkjeHTxcvMI3L&usp=sharing>
- Candelaria:
https://drive.google.com/open?id=14nLzvR6_UHiZiYf5xfBx72p4JbWQnUVX&usp=sharing
- Chapinero:
<https://drive.google.com/open?id=12tYIVygQgra9BMJxXugDb4tYr4MNDCmj&usp=sharing>

- Ciudad Bolívar:
https://drive.google.com/open?id=1YU1kYYPQ9nLIR5rz93m-GGr_HorC6lkK0&usp=sharing
- Engativá:
<https://drive.google.com/open?id=15sVMUdAW8UzzqoGCWYktNn7woYdEFhrN&usp=sharing>
- Fontibón:
https://drive.google.com/open?id=1SMWLizAOKxVMqMyw_SkH_9dj_y5eNx8b&usp=sharing
- Kennedy:
<https://drive.google.com/open?id=1NQjD3VeQmFsjvhKc3Zf-Llw5MdJw-IW1&usp=sharing>
- Los Mártires:
<https://drive.google.com/open?id=1zLe1pNIVxnK8TeO-zNFxPb49BpLtmhg-&usp=sharing>
- Puente Aranda:
<https://drive.google.com/open?id=17l1oM2b9lbrmdif4xl4WE4xPIWSMITnJ&usp=sharing>
- Rafael Uribe Uribe:
https://drive.google.com/open?id=1t-l4tIs5M-PGlgH-Ho_wZVBj7i6JpfA&usp=sharing
- San Cristóbal:
<https://drive.google.com/open?id=1v-vctNiWJoBTwrgnoYZBTeRG-KbQVR6k&usp=sharing>
- Santa Fe:
https://drive.google.com/open?id=1WQJkM1KKJX72Yc2c0e_LMcJNDSpkSwRi&usp=sharing
- Suba:
<https://drive.google.com/open?id=1B736QBFShmwqEWTLIaDNefyqkKST7xQi&usp=sharing>
- Teusaquillo:
https://drive.google.com/open?id=1EbSN1cMDd0pvka3-FEoKq5SVSs_suQwS&usp=sharing
- Tunjuelito:
<https://drive.google.com/open?id=14mjUe5Aqw8sV2-1oqeJAACfHTTG07ljU&usp=sharing>
- Usaquén:
<https://drive.google.com/open?id=1RC3UPebUeAYXTwbtoCxZB1Kv3KfyLIaq&usp=sharing>
- Usme:
https://drive.google.com/open?id=1VaUeS3osFSkr6IOd098D2S_fUlomERmB&usp=sharing

Resultado general en bruto del modelo P-Mediana

	CD9	CD8	CD7	CD6	CD5	CD4	CD3	CD2	CD19	CD18	CD17	CD16	CD15	CD14	CD13	CD12	CD11	CD10	CD1	
AN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AN2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AN3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AN4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AN5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
BU12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
BU6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BU7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CB8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CH12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

CH4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
K12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LM1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LM2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LM3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LM4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LM5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LM6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LM7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
LM8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



LM9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
RU1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
RU3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RU4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
RU5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RU6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SC3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SC4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SC5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SC6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SC7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SC8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SF10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SF4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SF5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SF6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SF8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

SF9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
T3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TU1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TU2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TU3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TU4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TU5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TU6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TU7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TU8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
US1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
US9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA27	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bibliografía

- Alcaldía mayor de Bogotá, & Secretaría Distrital de Movilidad. (2015). Encuesta de Movilidad 2015. *Encuesta de Movilidad 2015*, 62. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Ballou, R. (2004). Decisiones sobre políticas de inventarios. In *Logística. Administración de la cadena de suministro* (pp. 326–389). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Barbero, J. A., & Guerrero, P. (2017). El transporte automotor de carga en América Latina: Soporte logístico de la producción y el comercio, 115.
- Boletín TAL. (2009). PLATAFORMAS LOGÍSTICAS: ELEMENTOS CONCEPTUALES Y ROL DEL SECTOR PÚBLICO. *Boletín TAL, Edición N°*. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36112/FAL-274-WEB_es.pdf?sequence=1
- Cámara de Comercio & U. de los Andes. (2015). Observatorio anual de movilidad de Bogotá D.C., 9(9), 68.
- DNP. (2015). ENCUESTA NACIONAL LOGISTICA - DNP. Retrieved from www.imetrica.co
- GSM, & Ministerio de transporte de Colombia. (2014). *PRESENTACIÓN RESUMEN Matriz O-D de Carga Colombia 2013*.
- Leonardi, J., Browne, M., Allen, J., Bohne, S., & Ruesch, M. (2014). Best Practice Factory for Freight Transport in Europe: Demonstrating how ‘Good’ Urban Freight Cases are Improving Business Profit and Public Sectors Benefits. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1458>
- Pérez, R. L. (2017). *Colombianos beben más licor que agua embotellada*. Bogota. Retrieved from <https://www.portafolio.co/economia/colombianos-beben-al-ano-10-litros-mas-de-alcohol-que-en-2011-505807>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2018). *Secretaría Distrital de Ambiente Reporte de descarga de datos abiertos : Secretaría Distrital de Ambiente*. Bogota.
- Serna, E., Ramirez C., L. N. (Universidad L.-B., & Parody, A. (UNiversidad L.-B. (2018). *DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA- Metodología para el análisis en Distribución Urbana de Mercancías*. (I. A. de Investigacion, Ed.) (3rd ed.). Bogota, Barranquilla, Medellin: Editorial IAI.
- Steve Davis Inc, S. D. M. (2015). EncuestaCarga. Bogota.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2014). Recent Trends and Innovations in Modelling City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1451>