

**MODELO PARA PROGRAMAR LA ENTREGA DOMICILIARIA DE  
MEDICAMENTOS A PACIENTES**

**ANA MYLENA GAMBA ROJAS**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FÁCULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2007**

**MODELO PARA PROGRAMAR LA ENTREGA DOMICILIARIA DE  
MEDICAMENTOS A PACIENTES**

**ANA MYLENA GAMBA ROJAS**

**Tesis para optar al título de  
Magíster en Ingeniería Industrial**

**Director  
ANDRÉS L. MEDAGLIA, Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2007**

## Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	5
<b>2. Problemática de un laboratorio farmacéutico con entregas domiciliarias</b> .....	7
<b>3. Modelo para optimizar la programación de las entregas domiciliarias</b> .....	11
<b>4. Ejemplo numérico basado en el caso de estudio</b> .....	13
4.1 La programación óptima .....	14
4.2 Análisis de sensibilidad entre el costo de producto y el costo de distribución .....	16
<b>5. Conclusiones</b> .....	18
<b>Referencias</b> .....	20
<b>Anexos</b> .....	21

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo, proceso de entrega domiciliaria de medicamentos a paciente.....	8
<b>Figura 2.</b> Cantidad de despachos en un mes por Departamento. ....	10
<b>Figura 3.</b> Entrega de pedidos sin autorización de la EPS. ....	10
<b>Figura 4.</b> Programación óptima de entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes. ....	15
<b>Figura 5.</b> Cantidad de despachos a cada departamento. ....	16
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de despacho por departamento actual vs. óptimo. ....	16
<b>Figura 7.</b> Relación Costo de Distribución – Ahorro de producto. ....	17

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Agrupación según bodegas de abastecimiento.....	14
<b>Tabla 2.</b> Resultados de las diferentes corridas. ....	17
<b>Tabla 3.</b> Análisis de Valor Presente Neto.....	18

## 1. Introducción

La mayoría de las empresas farmacéuticas buscan brindar un mejor servicio a sus clientes tanto a hospitales, droguerías, distribuidores como a los pacientes, debido a que éste es el factor que hace la diferencia ante la competencia generando de esta forma mayor lealtad para mantenerse en el mercado. Para lograr este objetivo se enfrentan a uno de los problemas más comunes en la logística actual, la distribución óptima de las entregas. Sin embargo, cada vez son más las variables que se deben tener en cuenta, no solamente es llegar con los productos a sus clientes mayoritarios como hospitales, unidades médicas (UM), distribuidores, droguerías entre otros, sino que ahora también se busca llegar directamente al usuario final, al paciente. Esto implica que la cantidad de puntos de entrega se incrementa considerablemente generando una mayor complejidad. Adicional a esto, la relación financiera no es directa con el paciente, ya que generalmente se realiza por medio de una EPS (Entidad Promotora de Salud), y la solicitud de pedidos se realiza por medio de las UM las cuales garantizan la correcta formulación del paciente; ocasionando que los costos en todo el proceso se incrementen, debido a que se aumenta el número de relaciones que se deben establecer entre las empresas farmacéuticas y todos los actores del proceso.

Cuando el proceso de entregas se quiere realizar directamente a los usuarios finales, éste debe iniciar con la relación entre el paciente y la UM en donde se deben programar las consultas en las cuales el paciente es valorado y formulado por el médico tratante; posteriormente, la UM debe generar pedidos a las empresas farmacéuticas con la respectiva formulación médica, y finalmente la empresa debe garantizar la entrega de los medicamentos en el domicilio del paciente, todo esto soportado por una relación comercial que debe existir entre la EPS y el paciente, la EPS y la UM y la EPS y el laboratorio farmacéutico. Por esta razón, cuando las empresas desarrollan procesos para llegar a sus usuarios finales la atención del cliente se vuelve más compleja, ya que el proceso debe iniciar y terminar en el paciente, el cual es un agente externo con el cual no se tiene una relación comercial directa, lo cual hace generar un plano de negociación más complejo.

Dentro de la complejidad del proceso de entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes, uno de los problemas más críticos se presenta en los costos de la distribución de los medicamentos. La cantidad de puntos de entrega es considerablemente alta y se deben cumplir con unos estándares de servicio exigentes debido a la vulnerabilidad del producto a entregar, demoras, entregas erradas o faltantes en estos pedidos puede tener consecuencias fatales. Por lo tanto, es muy importante contar con procesos logísticos controlados y buscar siempre cumplir al 100% las entregas. Esto implica unos costos de distribución bastante altos, por lo cual cada vez más los laboratorios farmacéuticos buscan optimizar sus procesos, especialmente aquellos en donde se disminuyan los costos, sin que esto afecte el servicio brindado a sus clientes.

La investigación de operaciones en el campo de la salud, busca dar soluciones enfocadas a la calidad del servicio brindado a los pacientes,

teniendo en cuenta la productividad de los prestadores del servicio, debido a que la calidad de vida de los pacientes cada vez cobra mayor importancia. Los países deben desarrollar procesos costo-eficientes y efectivos especialmente en la atención de enfermedades de alto costo. Ozgen y Ozcan [1] realizan un análisis de la eficiencia de los mercados en la atención específica de problemas renales. Tomando como base 7 años de información y teniendo en cuenta el impacto tecnológico, demuestran que la productividad en USA en la atención de enfermedades renales no presenta mejora en los años de 1994 – 2000. Grün, Constantinovici, Normand y Lamping [2] concluyen que el costo de atención de pacientes atendidos con diálisis se da principalmente por el costo del tratamiento y no por el uso de los servicios de salud. En estas dos investigaciones se realiza un análisis de costo eficiencia de los tratamientos que se deben brindar a los pacientes, ya que la atención de enfermedades no solo implica el tratamiento como tal del paciente sino de toda la logística para llegar de forma adecuada y oportuna a brindar la atención requerida. Por esta razón cada vez son más las investigaciones realizadas en la logística aplicada al sector de la salud, Welch, Wennberg y Welch [3], analizan alternativas de atención a pacientes específicamente de atención domiciliaria; sin embargo, la mayor limitante se encuentra en la dispersidad de las ubicaciones geográficas, por el gran costo logístico que implica llegar a la casa de cada paciente. Kauf y Shih [4] reportan que los hospitales para disminuir sus costos, buscaban disminuir el tiempo de hospitalización e incentivar la atención y las visitas en el domicilio de los pacientes, presentando un incremento del 25% en las consultas domiciliarias sin embargo este porcentaje varía de acuerdo con diferentes variables como sexo, edad, estado civil entre otras.

Otro de los temas tratados en las investigaciones que buscan llegar de una forma adecuada a los pacientes para el tratamiento de sus enfermedades es el de la ubicación óptima de las unidades de atención médica. Específicamente Toubiana, Richard y Landais [5] utilizan sistemas de información geográfica con el objetivo de apoyar la toma de decisiones en el sector de la salud, tomando como base la ubicación de los pacientes y restricciones en cuanto a distancias al lugar de atención médica, generan las ubicaciones óptimas de los hospitales, en donde los pacientes están ubicados a un máximo número de kilómetros.

También se realizan investigaciones en el tema de la planeación de los recursos para atender las necesidades de las enfermedades y definir las políticas de salud que deben asumir los países, Davies H. y Davies R. [6], realizan un modelo de simulación que describe las necesidades de los pacientes que se encuentran en tratamiento, de acuerdo con el comportamiento histórico y la efectividad del mismo. Adicionalmente, Davies y Roderick [7], realizan un estudio usando simulación de eventos discretos con el objetivo de explorar la demanda de tratamientos médicos en el Reino Unido desde 1997 al 2012. Los resultados muestran que los costos de atención a pacientes se incrementarán entre doscientos a trescientos millones de libras esterlinas durante el período de análisis.

Sin embargo, son muy pocas las investigaciones realizadas específicamente en el problema de distribución domiciliaria de medicamentos a pacientes. Para las entidades que brindan el servicio de salud y para los laboratorios

farmacéuticos ésta es una gran oportunidad de brindar un mejor servicio y una mejor calidad de vida a sus pacientes. Sin embargo, por la gran complejidad desde el punto de vista logístico y los altos costos que esto implica, son muy pocos los que brindan este servicio. Por esta razón, es importante realizar investigaciones que permitan disminuir los costos y hacer este proceso más viable. En este documento se busca atacar este problema tomando como base el caso particular de una empresa farmacéutica.

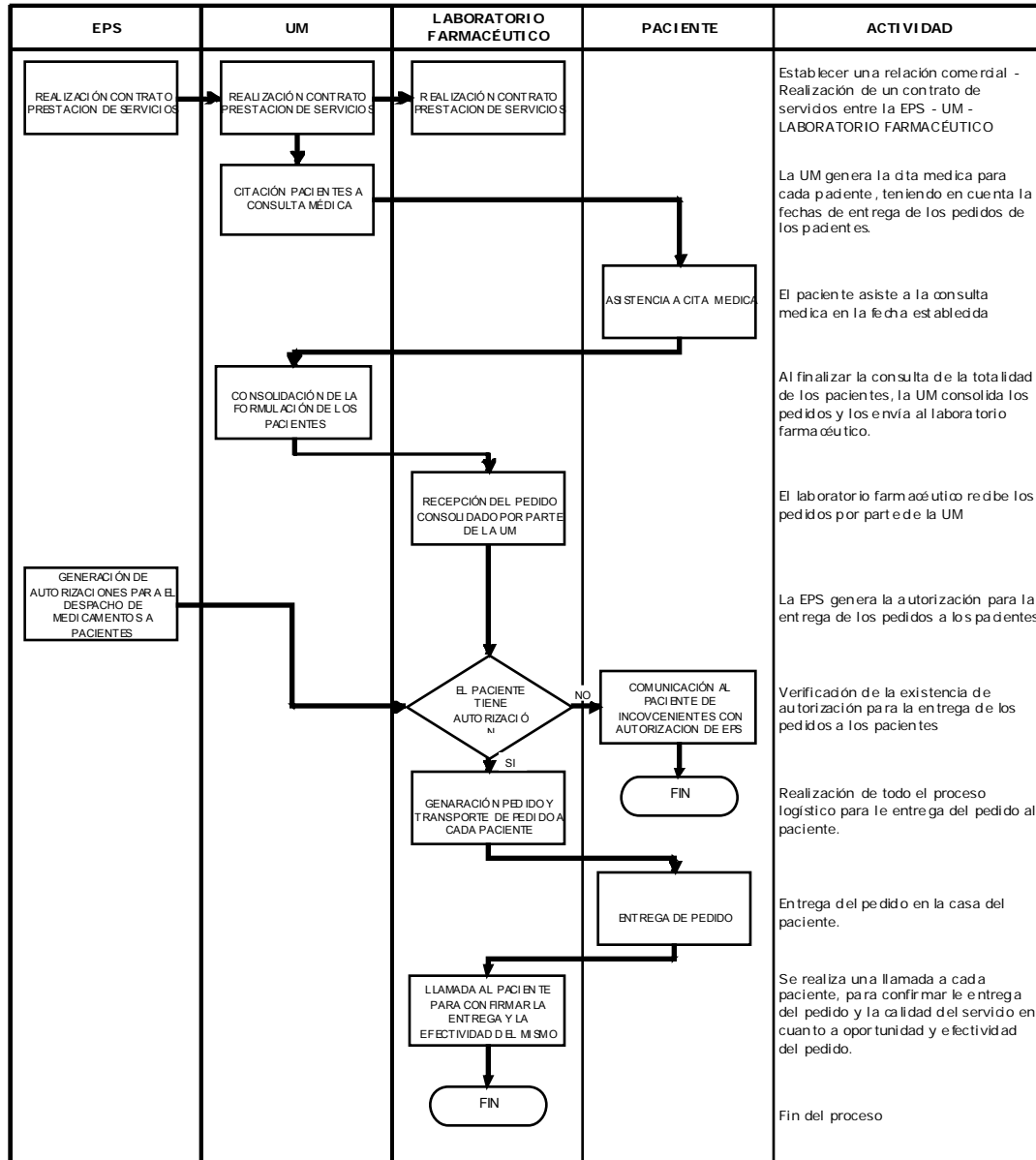
El enfoque que se utiliza para atacar el problema es el de la optimización por medio de un modelo matemático, el cual nos permite obtener resultados óptimos, factor fundamental cuando se tienen costos de distribución que representan el mayor porcentaje dentro de los costos de la cadena de abastecimiento. Disminuciones en un punto porcentual pueden generar productos más costo-eficientes, que le permiten a los laboratorios enfrentar la competencia no solamente con un proceso logístico robusto para brindar un servicio de calidad a los pacientes, sino con precios más accesibles.

Este documento está organizado de la siguiente forma; Primero, se presenta la descripción de la problemática de una empresa farmacéutica con entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes. Segundo, el modelo de optimización que busca atacar la problemática de los altos costos de las entregas a pacientes, la descripción de su función multiobjetivo y los métodos de solución. Tercero, se presenta la solución del caso de estudio mostrando los datos de entrada, los resultados obtenidos y un análisis financiero que permitirá ser base para la toma de decisiones. Finalmente, se presentará un resumen del trabajo y las conclusiones.

## **2. Problemática de un laboratorio farmacéutico con entregas domiciliarias**

Los laboratorios farmacéuticos buscan implementar programas que les brinden ventajas frente a la competencia, en el caso particular que se analizará, el laboratorio cuenta con un programa especial de entregas domiciliarias de medicamentos. Este programa entrega en la casa del paciente de forma mensual los insumos que este requiere. El programa tiene como base la negociación que existe entre las EPS (las cuales deben garantizar la buena atención de sus pacientes con los cuales tiene el vínculo comercial directo) con el laboratorio y las EPS con las UM. La UM es la encargada de atender al paciente y realizar la formulación mensual correspondiente y el laboratorio es el responsable de entregar los medicamentos formulados al paciente. El procedimiento que se sigue para el desarrollo del programa se inicia con la asistencia del paciente a la consulta médica (coordinada previamente por la unidad médica, teniendo en cuenta las fechas de entrega de pedido al paciente), formulación y consolidación de los pedidos por parte de la unidad médica y entrega de pedido en casa por parte del laboratorio, adicionalmente se realiza un proceso post-entrega en donde se realiza una llamada al paciente para confirmar la entrega del pedido y la efectividad del mismo.

Un factor fundamental que se debe tener en cuenta durante el proceso es la autorización que la EPS debe dar para la entrega de los medicamentos a los pacientes. Esta autorización es generada por las EPS después de un proceso administrativo en donde el paciente y/o la empresa a la cual pertenece cancela mensualmente sus aportes. Con esta autorización el laboratorio farmacéutico garantiza el pago del medicamento por parte de la EPS, Figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de flujo, proceso de entrega domiciliaria de medicamentos a paciente.

Para la distribución de los medicamentos a cada paciente, el laboratorio utiliza cuatro centros de distribución ubicados en: el sur del país, en la zona Central, en la zona Antioquia y en la Costa Atlántica y operadores logísticos o transportadores que atienden las diferentes zonas. Los costos



mensuales de la distribución dependen de las fechas de entrega de los pedidos a los pacientes y de la cantidad de pacientes entregados. La negociación que existe actualmente con los operadores logísticos tiene como base un costo fijo y un costo variable. El costo fijo corresponde a un valor establecido por el despacho del producto a cada Departamento (sin importar en número de pacientes entregados) y un costo variable que depende del número de pacientes entregados y del municipio en el cual reside. Por lo tanto, el despacho a pacientes del mismo departamento en fechas diferentes incrementa los costos de distribución considerablemente. Actualmente se cuenta con 55 UM que pertenecen al programa de entregas domiciliarias las cuales manejan un promedio de 2.382 pacientes, los cuales se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional, y pertenecen a 38 EPS.

Cada una de las bodegas es atendida por un operador logístico diferente; los cuales son los encargados de organizar el pedido, transportarlo y entregarlo al paciente en su lugar de residencia (cualquier lugar del país). Actualmente para realizar la distribución de los medicamentos se tiene como base un cronograma mensual en el cual están distribuidos los pacientes de acuerdo con la zona geográfica donde vivan y la UM a la que pertenecen. El procedimiento actual no tiene en cuenta las autorizaciones dadas por las EPS, simplemente se siguen las fechas preestablecidas.

La mayoría de las UM sigue las fechas preestablecidas con el laboratorio farmacéutico, aunque no se cuente con la autorización de despacho. Adicionalmente, en algunos casos particulares en donde el departamento en donde vive el paciente tiene un costo bastante alto, se toma la decisión de entregarlos sin la respectiva autorización, arriesgando el pago del producto por parte de la EPS. Actualmente del total de pacientes el 13.36% son entregados sin la correspondiente autorización generando el riesgo de pérdida del producto entregado por un valor de 556 millones de pesos. Figura 3.

Debido a que las UM también corren el riesgo de pérdida del pago de sus servicios, algunas de ellas no entregan la solicitud de pedido sino hasta que la EPS entregue la autorización. Sin embargo, esta fecha puede ser posterior a la fecha de entrega del departamento al cual pertenece el paciente generando despachos adicionales y por lo tanto incrementos en los costos de distribución.

Los costos de distribución son los más representativos dentro de la cadena de abastecimiento, principalmente por la entrega que se debe realizar a cada paciente. Actualmente, la totalidad de los pacientes representan una venta mensual de 3.983 millones de pesos y generan unos costos de distribución de 1.025 millones de pesos lo que representa un 25.7% del valor de la venta. Un porcentaje mayor al de la distribución convencional (distribución a hospitales, droguerías y distribuidores mayoristas) a clientes que oscila entre un 8 y 10%.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de negociación con los operadores logísticos, en donde los despachos por mes a cada Departamento determinan en gran parte el valor de la distribución a los

pacientes, se debe trabajar para que este número sea el menor posible. La situación actual muestra que solamente al 6.26% de los departamentos se va solamente una vez al mes. A los demás departamentos se va desde 2 hasta 12 veces, ver Figura 2, mostrando una gran ineficiencia en los despachos a cada departamento.

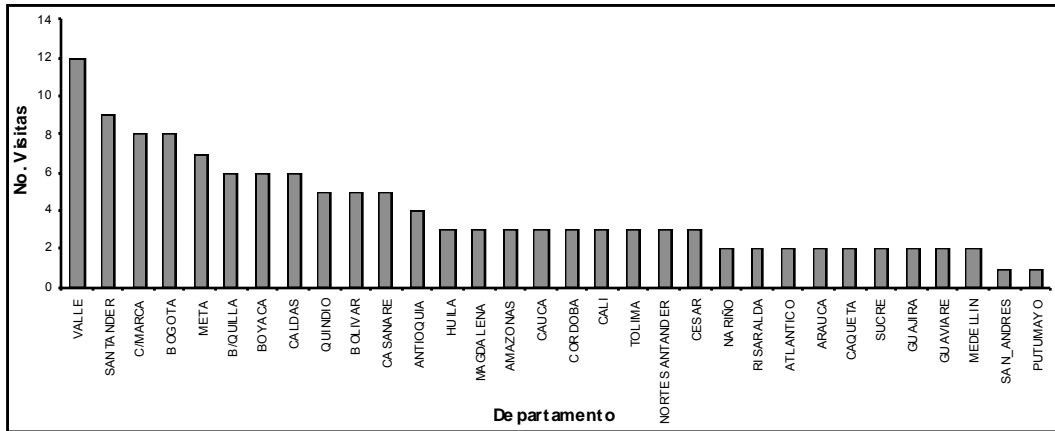


Figura 2. Cantidad de despachos en un mes por Departamento.

Adicionalmente a la problemática de los altos costos de distribución existe la problemática de entrega de pedidos sin la debida autorización de la EPS.

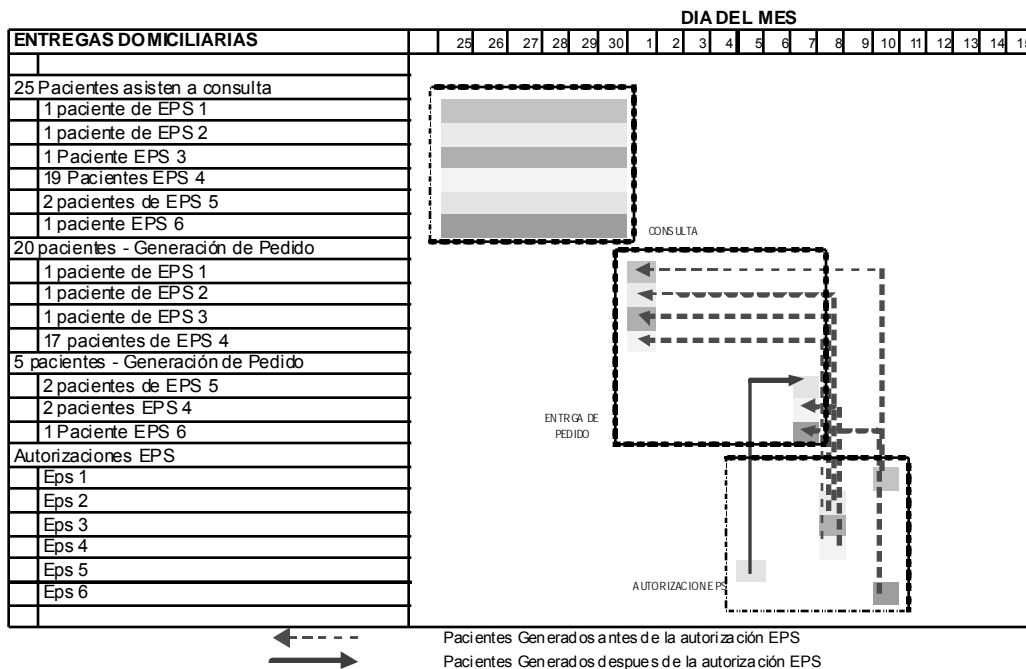


Figura 3. Entrega de pedidos sin autorización de la EPS.

### 3. Modelo para optimizar la programación de las entregas domiciliarias

El modelo presentado a continuación busca solucionar la problemática del laboratorio farmacéutico en cuanto a costos de distribución y riesgo de no pago del producto entregado a los pacientes por parte de la EPS. El modelo busca minimizar los costos de distribución, teniendo en cuenta las fechas de autorización de las EPS, garantizando que no se asumirá ningún riesgo de pérdida del valor del producto entregado. Adicionalmente, el modelo tiene en cuenta el costo que implica cambiar de fecha de entrega a los pacientes, costo de ajuste de medicamento por el producto adicional o la disminución de éste, que implicaría la nueva fecha de entrega; debido a que la EPS solamente autoriza entregar 30 días de producto y el costo del mismo es un factor fundamental en el momento de realizar el cambio de las fechas. El incluir este factor adicional implica que el modelo desarrollado tenga una función multiobjetivo, siendo la primera función la minimización de los costos de distribución y la segunda la minimización de los días de ajuste de producto.

La formulación propuesta incluye el conjunto de pacientes a los cuales hay que realizar las entregas,  $I$ ; el conjunto de EPS, departamentos y ciudades a las cuales pertenecen los pacientes,  $J$ ,  $K$ , y  $L$ , respectivamente. Se definen los subconjuntos de  $I$ , que corresponde al subconjunto de pacientes que pertenecen a la ciudad  $l \in L$ , el subconjunto de  $L_k$  que corresponde al subconjunto de ciudades que pertenece al departamento  $k \in K$ . Adicionalmente, el conjunto  $T$  representa el tiempo en el cual puede ser entregado el paciente ( $t \in \{1, \dots, 30\}$ ).

Se definieron los siguientes parámetros; la EPS  $j \in J$  del paciente  $i \in I$  se definió como  $e_{ij} \in \mathbb{B}$ , en donde  $e_{ij} = 1$ , si el paciente  $i$  pertenece a la EPS  $j$  y  $e_{ij} = 0$  de lo contrario. La ciudad  $l \in L$  del paciente  $i \in I$  se definió como  $c_{il} \in \mathbb{B}$ , donde  $c_{il} = 1$  si el paciente  $i$  pertenece a la ciudad  $l$  y  $c_{il} = 0$  de lo contrario. El departamento  $k \in K$  de la ciudad  $l \in L$  se definió como  $d_{lk} \in \mathbb{B}$ , donde  $d_{lk} = 1$  si la ciudad  $l$  pertenece al departamento  $k$  y  $d_{lk} = 0$  de lo contrario.

La fecha de autorización de la EPS  $j \in J$  está definido por  $t_j^e$  el cual corresponde al día del mes en la cual se tiene autorización para realizar el despacho, la correspondiente fecha de entrega actual del pedido del paciente  $i \in I$  por  $t_i^a$ , que corresponde al día del mes en la cual se está entregado el pedido del paciente actualmente, el costo promedio de un día de medicamento del paciente  $i \in I$  como  $cp_i$ . Finalmente, el costo fijo del flete por despachar al departamento  $k \in K$  está definido como  $cf_k$  y el costo del flete variable a la ciudad  $l \in L$  está definido como  $cv_l$ .

El modelo define la fecha en la cual se debe entregar el pedido del paciente. La variable binaria de decisión,  $x_{it}$ , toma el valor de 1 si el paciente  $i \in I$  es entregado en la fecha  $t \in T$  o el valor de 0, de lo contrario; partiendo de esta variable se obtiene la cantidad de pacientes generados en un día específico para la ciudad  $l \in L$  y se define como  $pg_{lt}$ . El modelo requiere una variable binaria auxiliar,  $y_{tk}$ , la cual toma un valor de 1 si algún paciente que pertenezca al departamento  $k \in K$  es generado el día  $t \in T$  y toma el valor de 0 de lo contrario.

Un modelo de programación entera para optimizar el cronograma de entregas domiciliarias es:

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} cf_k y_{tk} + \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} cv_l pg_{lt}, \quad (1)$$

Sujeto a

$$\sum_{t \in T} x_{it} = 1, \quad i \in I, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{it} c_{il} = pg_{lt}, \quad l \in L, \quad t \in T, \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^{r_j} \sum_{i \in I} x_{it} e_{ij} = 0, \quad j \in J, \quad (4)$$

$$x_{it} \leq y_{tk}, \quad t \in T, \quad k \in K, \quad l \in L_k, \quad i \in I_l, \quad (5)$$

$$pg_{lt} \in Z_+, \quad l \in L, \quad t \in T, \quad (6)$$

$$x_{it} \in \{0,1\}, \quad i \in I, \quad t \in T, \quad (7)$$

$$y_{kt} \in \{0,1\}, \quad k \in K, \quad t \in T, \quad (8)$$

En la primera fase la función objetivo (1) se busca minimizar el costo de distribución de las entregas domiciliarias, teniendo en cuenta el costo fijo y el variable. Las restricciones (2) garantizan que a un paciente solo se le entregue pedido una sola vez al mes, (3) contabilizan la cantidad de pacientes entregados en un mismo día para la misma ciudad, (4) permiten controlar que no se entreguen pacientes antes de la fecha de autorización de la EPS, (5) permiten controlar el costo fijo de despachar a algún paciente en un día específico para un departamento dado. Finalmente, la restricción (6) establece la no-negatividad de la variable que contabiliza la cantidad de pacientes a generar en un día específico para una ciudad dada y las restricciones (7) y (8) fuerzan a las variables  $x_{it}$  y  $y_{it}$  a ser binarias.

$$\text{Min } Z_2 = \sum_{i \in I} \left( \sum_{t \in T} x_{it} t - t_i^a \right) \quad (9)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{t \in T} c_{fk}^f y_{tk} + \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} c_{vl}^v p_{gt} \leq Z_1^* (1 + \Delta) \quad (10)$$

En la Fase dos la función objetivo (9) busca minimizar los días de diferencia entre la programación actual y la nueva programación óptima. Sin embargo, esta minimización esta sujeta a no desmejorar el valor objetivo encontrado en la fase 1 por lo tanto se adiciono la restricción (10), en donde  $\Delta$  es el porcentaje de incremento que se permite de la función objetivo de la fase 1.

#### 4. Ejemplo numérico basado en el caso de estudio

La información para el caso de estudio fue proveída por una empresa farmacéutica. Se tomó como base la situación presentada en marzo de 2006, al igual que la negociación existente para dicho año con los operadores logísticos o transportadores.

En el Anexo 1. se muestra la base de datos de los pacientes en la cual se observa el nombre, el código de referencia, la UM, EPS, ciudad, departamento al cual pertenece y fecha actual de entrega. Para cada EPS se cuenta con su nombre y la fecha de autorización para la entrega de los pedidos a los pacientes, esta información se muestra en el Anexo 2. Con respecto a las ciudades se tiene su nombre, el correspondiente departamento y el costo del flete de entregar cada uno de los pedidos, está dada en el Anexo 3. Finalmente, para cada departamento se cuenta con su nombre y el valor del costo por entregar pedidos a cada departamento y es mostrada en el Anexo 4.

Teniendo como fuente las bases de datos se generaron las matrices para las corridas de los modelos. Específicamente para los parámetros de la EPS y la ciudad a la cual pertenece el paciente, y el departamento al cual corresponde cada municipio, se generaron matrices binarias partiendo de la bases de datos, en donde se tenía como índices la EPS y el paciente o la ciudad y el paciente o la ciudad y el departamento, y la matriz solo tenía 1 en la combinación de índices correspondiente en las demás combinaciones 0, ver Anexo 5.

El análisis total se realizó con una base de 2.382 pacientes. La totalidad de los pacientes pertenecen a 55 UM, 39 EPS, 512 ciudades y 32 departamentos. Para la realización de las corridas los pacientes fueron agrupados de acuerdo con la bodega de la cual son abastecidos, formando cuatro grupos. (Ver Tabla 1)

Se realizaron corridas del modelo en Xpress-MP (ver Anexo 5). Por cada una de la bodegas se realizaron corridas individuales (zona Antioquia, zona

Costa Atlántica, zona Centro y zona Sur), debido a que la organización de los despachos se realiza de acuerdo con la bodega de la cual es abastecido el paciente. Sin embargo, solo se mostrarán los resultados obtenidos en la corrida correspondiente a la zona de la Costa Atlántica.

<b>BODEGA</b>	<b>Total Pacientes</b>	<b>Total UM</b>	<b>Total EPS</b>	<b>Total Ciudades</b>	<b>Total Departamentos</b>
Zona Antioquia	107	7	7	44	6
Zona Costa Atlántica	251	12	13	89	8
Zona Central	897	26	30	142	11
Zona Sur	1127	30	29	238	16
<b>TOTAL</b>	<b>2382</b>	<b>55</b>	<b>38</b>	<b>512</b>	<b>32</b>

**Tabla 1.** Agrupación según bodegas de abastecimiento.

El caso particular que se mostrará corresponde a la corrida de la Costa Atlántica. Zona a la que corresponden un total de 251 pacientes, pertenecientes a 12 UM, a 13 EPS, a 89 ciudades y a 8 departamentos.

#### **4.1 La programación óptima**

En la programación óptima encontrada (ver Figura 4) se observa que no solamente se cumple con la condición de entregar a los pacientes en una fecha posterior a la fecha de autorización de la EPS, sino que la decisión escogió una programación que disminuye el número de días entre la fecha actual de entrega y la fecha escogida disminuyendo el costo del producto que se debería entregar a los pacientes para realizar el ajuste en la fechas.

La Figura 5 muestra un comparativo entre la situación actual y el óptimo. La cantidad de los despachos realizados en un mes a cada departamento de la zona de la Costa Atlántica, los cuales disminuyen de un total de 24 viajes a 10 viajes a los departamentos. Lo cual genera una disminución del valor del costo de distribución para esta bodega en \$56.135.487 lo que corresponde a una disminución de un 38% en el valor de los fletes, pasando de tener un porcentaje de costo de distribución con respecto a la venta de un 33.75 a un 21%.

PROGRAMACION ENTREGAS DOMICILIARIAS DE MEDICAMENTOS A PACIENTES

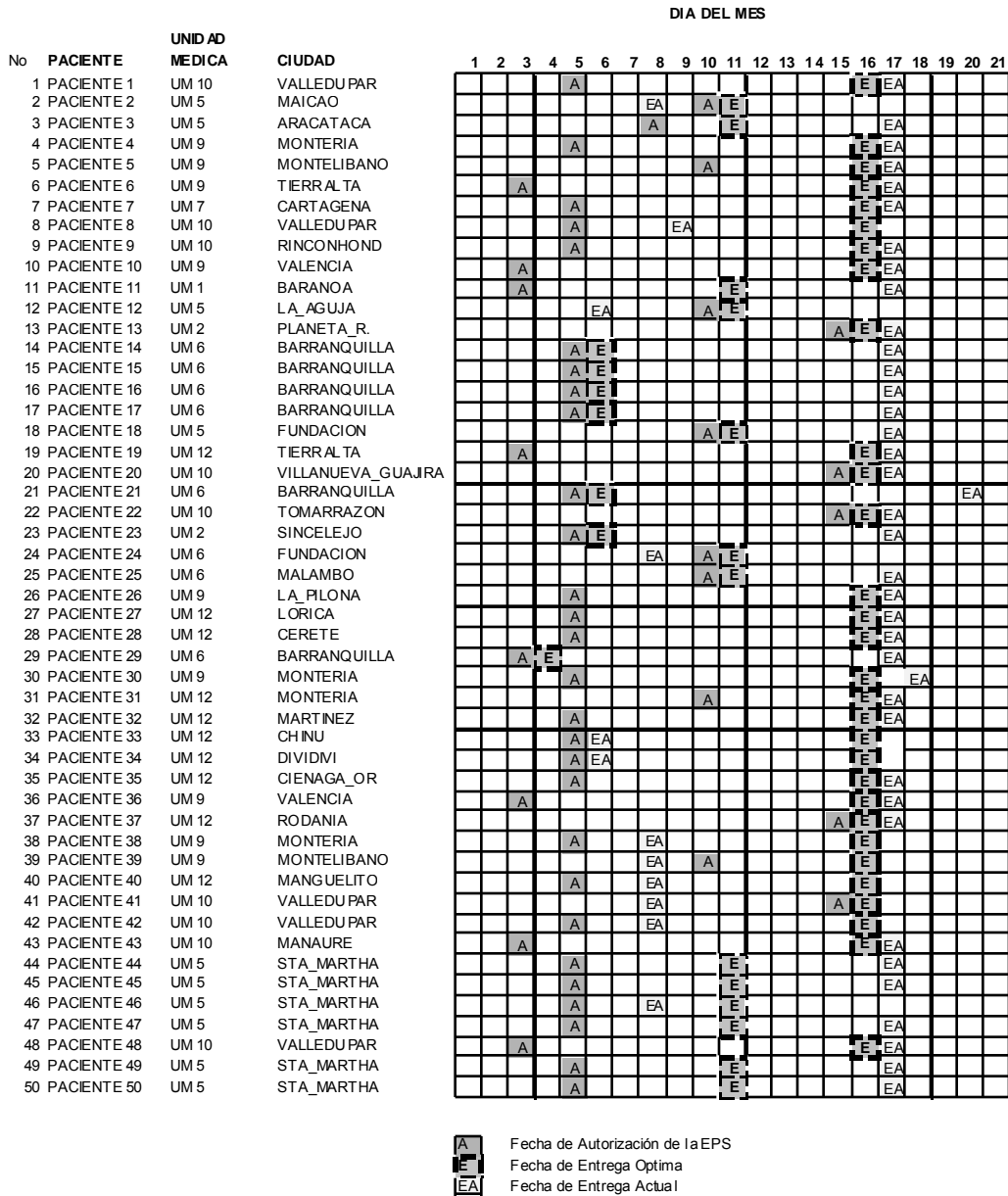


Figura 4. Programación óptima de entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes.

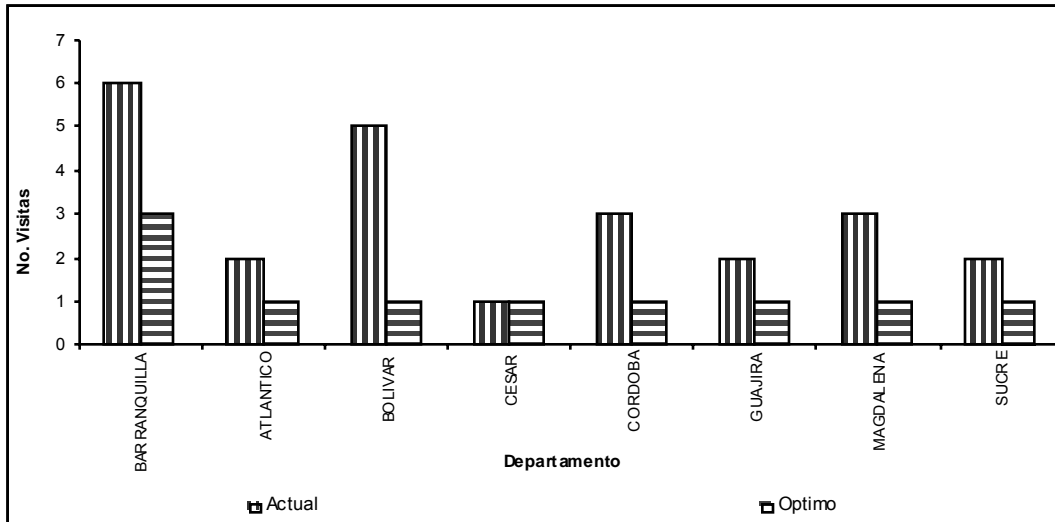


Figura 5. Cantidad de despachos a cada departamento.

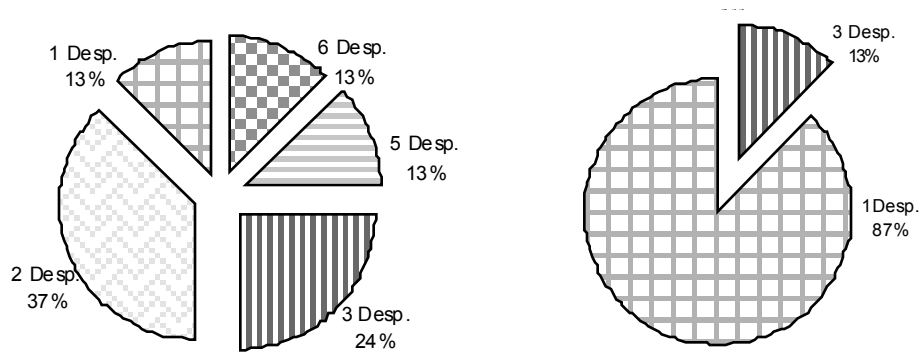


Figura 6. Porcentaje de despacho por departamento actual vs. óptimo.

En el Anexo 7, 8, 9 se muestran los resultados obtenidos para las demás bodegas (zona Antioquia, zona centro y zona sur)

#### 4. 2 Análisis de sensibilidad entre el costo de producto y el costo de distribución

Con el objetivo de apoyar la toma de decisiones y teniendo en cuenta que el laboratorio a tomado como factor fundamental el costo del producto y su impacto en un mes determinado en la toma de decisiones; se realizó un análisis entre el costo que implica el producto adicional entregado a los pacientes o la disminución del mismo por el cambio de fechas y el costo de los fletes de distribución. Para realizar este análisis se corrieron diferentes escenarios de la segunda fase, en donde se permitía desmejorar en cierto porcentaje el valor objetivo obtenido en la primera fase (el costo de distribución), buscando encontrar mayores ahorros en el ajuste del producto necesario para realizar el ajuste en las fechas de entrega. De esta forma se disminuían mas los días de producto adicional a los pacientes sacrificando



en parte los costos de fletes. Se realizaron 6 corridas permitiendo cambios porcentuales de 5, 10, 15, 20 % del valor de los fletes.

Los resultados que se muestran son los obtenidos en las corridas de los diferentes escenarios para el departamento de Bolívar. En los resultados mostrados en la Tabla 2, se muestra el costo fijo por cada despacho al departamento, el costo variable que depende el numero de pacientes entregados (para los diferentes escenarios la cantidad de pacientes se mantiene por lo tanto en costo variable es igual para los escenarios), el costo total de distribución (costo variable, mas el costo fijo por la cantidad de despachos) y finalmente el ahorro de producto generado para cada escenario.

Se puede observar que para un mismo costo de distribución existen diferentes programaciones con diferentes ahorros por el producto entregado a los pacientes. Esto se presenta por que se mantiene el número de despachos en el mismo mes a un departamento. En el caso de los escenarios 3 y 4 se generan el mismo número de despachos al departamento; sin embargo, el ahorro por producto es mayor en el escenario 4, esto se debe a la forma como están organizados los 4 despachos al departamento, los cuales ocasionan que aunque se mantienen los despachos, los días entre la entrega propuesta y la actual sean mayores. En la Figura 7 se observa que en el escenario 4 programa las entregas con fechas menores generando mayores ahorros por producto en cambio en el escenario 3 las fechas de entregas están mas cercanas a la fecha de entrega actual.

	Total despachos por departamento	Costo fijo	Costo variable	Costo total distribución	Ahorro producto
Escenario 1	1	5,251,392	3,553,795	8,805,187	3,896,613
Escenario 2	2	5,251,392	3,553,795	14,056,579	20,500,113
Escenario 3	4	5,251,392	3,553,795	24,559,363	10,085,379
Escenario 4	4	5,251,392	3,553,795	24,559,363	13,086,714

Tabla 2. Resultados de los diferentes escenarios.

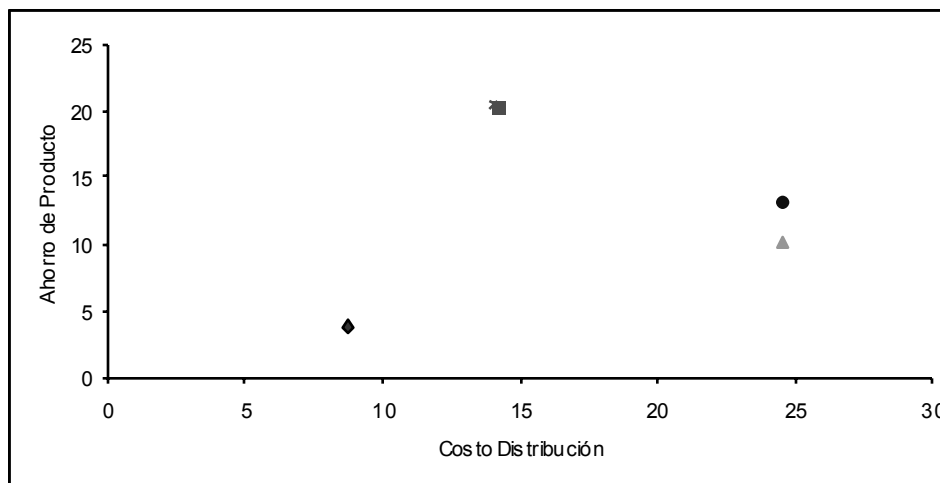


Figura 7. Relación Costo de Distribución – Ahorro de producto.

Sin embargo, aunque en el escenario 4 se genera un mayor ahorro en cuanto a producto el costo de distribución es mayor. Teniendo en cuenta que el costo de distribución se presenta mes a mes y el costo del ahorro solo se presenta una sola vez, la mejor opción es el escenario 1. Aunque ésta presenta solo un ahorro de \$3,8 millones presenta un costo de distribución de \$8,8 millones.

Con el objetivo de desvirtuar la importancia que tiene el costo del producto (cuando se realizan ajustes en las fechas de entregas a los pacientes) dentro de la compañía se realiza un análisis del Valor Presente Neto. Tabla 3 En donde se puede observar muestra que aunque el costo de producto sea mayor en el escenario 4, la mejor opción es el escenario 1 el cual presenta un menor costo de distribución, debido a que estos costos se tendrán que seguir asumiendo mes a mes.

	<b>Costo total distribución</b>	<b>Ahorro producto</b>	<b>VPN</b>
Escenario 1 ◆	8,805,187	3,896,613	- 85,525,081
Escenario 2 ■	14,056,579	20,500,113	- 150,670,217
Escenario 3 ●	24,559,363	10,085,379	- 237,770,655
Escenario 4 ▲	24,559,363	13,086,714	- 240,742,274

Costo oportunidad 1.00%  
Horizonte 12 meses

**Tabla 3.** Análisis de Valor Presente Neto.

## 5. Conclusiones

En este trabajo, desarrollamos un modelo que busca optimizar la programación para la entrega domiciliar de medicamentos a pacientes, específicamente para laboratorios farmacéuticos que buscan llegar directamente a los usuarios finales. El modelo genera la programación adecuada de las entregas de los medicamentos a los pacientes, el día del mes en el cual se debe realizar la entrega de cada paciente, minimizando el costo de distribución que tienen en cuenta un costo fijo por transportar un producto dentro de un departamento específico y un costo variable que depende del número de entregas realizadas en el mes, también minimiza el costo de ajuste por el cambio de fechas de entrega por la cantidad de medicamento entregado a cada paciente. Adicionalmente, la programación elimina el riesgo de entregar medicamentos sin tener la garantía del pago por parte de la EPS.

Analizamos un caso de estudio en particular basado en una empresa farmacéutica que cuenta con un programa de entregas domiciliarias para pacientes residentes dentro del territorio nacional, en donde se obtuvieron mejoras del 38 % en los costos de distribución, adicionalmente por la reorganización de entregas se obtuvo un ahorro por la disminución en el producto que se requiere por realizar el ajuste en la programación, este es un factor importante al hacer viable la ejecución de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad que permitió concluir que el impacto del costo de los fletes debe ser el factor determinante para la toma de decisiones, ya que éste es el valor recurrente en el tiempo, mientras que el valor del producto es un gasto en el cual se incurre solamente en el momento en el cual se realiza un ajuste de la programación.

## Referencias

- [1] Ozgen H, Ozcan Y. Longitudinal analysis of efficiency in multiple output dialysis markets. *Health Care Management Science* 2004; (7) 253-261.
- [2] Grün R, Constantinovici N, Normand C, Lamping D. Cost of dialysis for elderly people in the UK. *Nephrology Dialysis Transplantation* 2003; (18) 2122 – 2127.
- [3] Welch HG, Wennberg D, Welch WP. The use of medicare home care services. *The New England Journal of Medicine*. 1996; 324-329.
- [4] Kauf T, Shih TT. Use of home health care by ESRD and medicare beneficiaries. *Health Care Financing Review*. 1999; (20) No. 4. 127-138.
- [5] Toubiana L, Richard JB, Landais P. Geographical information system for end-stage renal disease: SIGNe, an aid to public health decision making. *Nephrology Dialysis Transplantation* 2005; (20) 273-277.
- [6] Davies H, Davies R. A simulation model for planning services for renal patients in Europe. *Journal of the Operational Research Society*. 2001; 694-699.
- [7] Davies R, Roderick P. Planning resources for renal services throughout UK using simulation. *European Journal of Operational Research*. 1996; vol. 4 285-295.

# Anexos

## Anexo 1. Base de datos de pacientes

BODEGA	FECHA ENTREGA ACTUAL PEDIDO	CODINST	UNIDAD MEDICA	C OD PACIENTE	PACIENTE	CIUDAD	DEPTO	EPS
Zona Sur	09/03/2006	13022603	UM_48	13041650	Paciente_0001	SUPIA	CAL	EPS_26
Zona Centro	09/03/2006	13023704	UM_2	13023808	Paciente_0002	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Sur	15/03/2006	13023728	UM_51	13039257	Paciente_0003	OGATA	SAI	EPS_35
Zona Antioquia	17/03/2006	13023060	UM_4	13088666	Paciente_0004	ANDES	ANI	EPS_35
Zona Centro	15/03/2006	13023700	UM_12	13079325	Paciente_0005	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Antioquia	17/03/2006	13048151	UM_38	13050243	Paciente_0006	MEDELLIN	MED	EPS_37
Zona Centro	07/03/2006	13024724	UM_54	13030392	Paciente_0007	CHIA	CUN	EPS_17
Zona Sur	24/03/2006	13022645	UM_19	13024563	Paciente_0008	TAMBO CAUCA	CAU	EPS_29
Zona Sur	15/03/2006	13038030	UM_55	13060321	Paciente_0009	PUERTO MOSQUITO	CES	EPS_13
Zona Sur	15/03/2006	13023714	UM_32	13024150	Paciente_0010	CUCUTA	SAT	EPS_27
Zona Centro	09/03/2006	13023719	UM_44	13025322	Paciente_0011	LETICIA	AMA	EPS_20
Zona Sur	22/03/2006	13049791	UM_30	13044196	Paciente_0012	ALDANA	NAR	EPS_8
Zona Centro	24/03/2006	13036517	UM_8	13007813	Paciente_0013	B OGOTA	BOG	EPS_1
Zona Centro	09/03/2006	13022626	UM_11	13027002	Paciente_0014	FU SAGASUGA	CUN	EPS_8
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13023712	UM_13	13040117	Paciente_0015	SAN MARCOS	SUC	EPS_32
Zona Sur	24/03/2006	13022598	UM_53	13035704	Paciente_0016	IBAGUE	TOL	EPS_35
Zona Centro	24/03/2006	13036519	UM_10	13040551	Paciente_0017	VILLA VICENCIO	MET	EPS_23
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13048063	UM_14	13054739	Paciente_0018	SAN MARCOS	SUC	EPS_35
Zona Centro	28/03/2006	13022642	UM_34	13059054	Paciente_0019	VILLA VICENCIO	MET	EPS_33
Zona Sur	22/03/2006	13049791	UM_30	13028550	Paciente_0020	LINARES	NAR	EPS_35
Zona Centro	22/03/2006	13023731	UM_46	13024466	Paciente_0021	TUNJA	BOY	EPS_35
Zona Centro	09/03/2006	13023719	UM_44	13049412	Paciente_0022	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Centro	24/03/2006	13023732	UM_43	13076628	Paciente_0023	SOGAMOSO	BOY	EPS_35
Zona Costa Atlantica	20/03/2006	13022626	UM_18	13057551	Paciente_0024	ARACATACA	MAG	EPS_3
Zona Sur	24/03/2006	13026749	UM_45	13024954	Paciente_0025	POPAYAN	CAU	EPS_35
Zona Antioquia	17/03/2006	13048151	UM_38	13048277	Paciente_0026	MEDELLIN	MED	EPS_37
Zona Centro	28/03/2006	13022642	UM_34	13078707	Paciente_0027	VILLA VICENCIO	MET	EPS_12
Zona Sur	24/03/2006	13022598	UM_53	13037405	Paciente_0028	SN ANTONIO TOLIMA	TOL	EPS_35
Zona Centro	24/03/2006	13036519	UM_10	13057528	Paciente_0029	B OGOTA	BOG	EPS_23
Zona Centro	24/03/2006	13022598	UM_53	13036903	Paciente_0030	HONDA	TOL	EPS_3
Zona Centro	09/03/2006	13023719	UM_44	13034045	Paciente_0031	B OGOTA	BOG	EPS_20
Zona Sur	22/03/2006	13034693	UM_33	13043658	Paciente_0032	PASTO	NAR	EPS_8
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13022626	UM_18	13076576	Paciente_0033	STA MARTHA	MAG	EPS_35
Zona Costa Atlantica	23/03/2006	13024272	UM_24	13078048	Paciente_0034	CAR TAGEA	BOL	EPS_24
Zona Centro	09/03/2006	13023704	UM_2	13023809	Paciente_0035	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Centro	22/03/2006	13023731	UM_46	13062906	Paciente_0036	DUITAMA	BOY	EPS_20
Zona Centro	09/03/2006	13024629	UM_40	13079391	Paciente_0037	B OGOTA	BOG	EPS_30
Zona Sur	22/03/2006	13034693	UM_33	13060919	Paciente_0038	PASTO	NAR	EPS_27
Zona Sur	15/03/2006	13023714	UM_32	13045542	Paciente_0039	A BREGO	SAT	EPS_8
Zona Sur	13/03/2006	13022648	UM_41	13000732	Paciente_0040	CALI	CAL	EPS_35
Zona Centro	15/03/2006	13022634	UM_31	13027001	Paciente_0041	QUACHETA	CUN	EPS_20
Zona Sur	07/03/2006	13048323	UM_22	13012208	Paciente_0042	YOLUCU	VAL	EPS_35
Zona Sur	24/03/2006	13022645	UM_19	13043028	Paciente_0043	POPAYAN	CAU	EPS_35
Zona Sur	15/03/2006	13023714	UM_32	13025041	Paciente_0044	CUCUTA	SAT	EPS_8
Zona Sur	24/03/2006	13022654	UM_7	13023375	Paciente_0045	NEIVA	HUI	EPS_35
Zona Centro	22/03/2006	13023732	UM_43	13024667	Paciente_0046	DUITAMA	BOY	EPS_35
Zona Sur	15/03/2006	13023728	UM_51	13040796	Paciente_0047	CHIIAGA	SAI	EPS_35
Zona Centro	09/03/2006	13022626	UM_11	13042117	Paciente_0048	B OGOTA	BOG	EPS_9
Zona Centro	09/03/2006	13023719	UM_44	13024201	Paciente_0049	SUBA CHOQUE	CUN	EPS_12
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13033803	UM_21	13034351	Paciente_0050	SANTA ANA	MAG	EPS_24
Zona Centro	22/03/2006	13023731	UM_46	13049805	Paciente_0051	PAEZ	BOY	EPS_13
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13033803	UM_21	13007465	Paciente_0052	BARRANQUILLA	BAR	EPS_32
Zona Centro	01/03/2006	13023733	UM_29	13017953	Paciente_0053	CHIA	CUN	EPS_35
Zona Centro	09/03/2006	13022626	UM_11	13028395	Paciente_0054	ZIPAQUIRA	CUN	EPS_8
Zona Costa Atlantica	30/03/2006	13047749	UM_26	13065484	Paciente_0055	BARRANQUILLA	BAR	EPS_37
Zona Centro	07/03/2006	13022609	UM_15	13022936	Paciente_0056	B OGOTA	BOG	EPS_30
Zona Antioquia	17/03/2006	13023708	UM_5	13049595	Paciente_0057	MEDELLIN	MED	EPS_30
Zona Costa Atlantica	21/03/2006	13024272	UM_24	13057407	Paciente_0058	CAR TAGEA	BOL	EPS_35
Zona Centro	24/03/2006	13036518	UM_9	13024621	Paciente_0059	B OGOTA	BOG	EPS_18
Zona Centro	07/03/2006	13022609	UM_15	13059277	Paciente_0060	B OGOTA	BOG	EPS_20
Zona Sur	15/03/2006	13023714	UM_32	13068272	Paciente_0061	CUCUTA	SAT	EPS_35
Zona Sur	07/03/2006	13022595	UM_49	13032886	Paciente_0062	PALMIRA	VAL	EPS_9
Zona Centro	22/03/2006	13023732	UM_43	13023955	Paciente_0063	SOGAMOSO	BOY	EPS_36
Zona Sur	07/03/2006	13022644	UM_23	13048567	Paciente_0064	CANDELARIA	VAL	EPS_30
Zona Centro	09/03/2006	13022603	UM_48	13023299	Paciente_0065	LA DORADA	CAL	EPS_19
Zona Centro	09/03/2006	13034121	UM_1	13007071	Paciente_0066	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Sur	22/03/2006	13049791	UM_30	13024936	Paciente_0067	MOCOA	PUT	EPS_25
Zona Sur	09/03/2006	13022647	UM_47	13048509	Paciente_0068	CALI	CAL	EPS_5
Zona Sur	07/03/2006	13048323	UM_22	13044212	Paciente_0069	EL DUVI	VAL	EPS_35
Zona Centro	09/03/2006	13022626	UM_11	13042825	Paciente_0070	ENGATIVA	CUN	EPS_8
Zona Sur	09/03/2006	13022603	UM_48	13061815	Paciente_0071	MANIZALES	CAL	EPS_19
Zona Centro	07/03/2006	13022609	UM_15	13054909	Paciente_0072	FONIBON	CUN	EPS_24
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
Zona Antioquia	17/03/2006	13036518	UM_9	13022964	Paciente_2366	MEDELLIN	MED	EPS_30
Zona Sur	07/03/2006	13022648	UM_41	13031303	Paciente_2367	PALMIRA	VAL	EPS_35
Zona Sur	09/03/2006	13048323	UM_22	13028198	Paciente_2368	LALINION	VAL	EPS_13
Zona Sur	09/03/2006	13022603	UM_48	13049099	Paciente_2369	MANIZALES	CAL	EPS_3
Zona Sur	07/03/2006	13022595	UM_49	13051949	Paciente_2370	TENERIFE	VAL	EPS_10
Zona Sur	13/03/2006	13022646	UM_52	13004165	Paciente_2371	CALI	CAL	EPS_10
Zona Sur	07/03/2006	13048323	UM_22	13055769	Paciente_2372	TULUA	VAL	EPS_13
Zona Antioquia	17/03/2006	13023060	UM_4	13075347	Paciente_2373	BELLO	ANT	EPS_10
Zona Centro	28/03/2006	13022642	UM_34	13062895	Paciente_2374	VILLA VICENCIO	MET	EPS_35
Zona Centro	22/03/2006	13023731	UM_46	13009265	Paciente_2375	TUNJA	BOY	EPS_15
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13024272	UM_24	13025834	Paciente_2376	CAR TAGEA	BOL	EPS_36
Zona Centro	22/03/2006	13023731	UM_46	13029962	Paciente_2377	GARAGOA	BOY	EPS_26
Zona Sur	09/03/2006	13022648	UM_41	13074232	Paciente_2378	CALI	CAL	EPS_26
Zona Centro	09/03/2006	13022626	UM_11	13047745	Paciente_2379	B OGOTA	BOG	EPS_35
Zona Sur	15/03/2006	13023714	UM_32	13049067	Paciente_2380	CUCUTA	SAT	EPS_27
Zona Antioquia	17/03/2006	13023708	UM_5	13053726	Paciente_2381	MEDELLIN	MED	EPS_30
Zona Sur	09/03/2006	13022603	UM_48	13023292	Paciente_2382	MANIZALES	CAL	EPS_3
Zona Costa Atlantica	17/03/2006	13038323	UM_39	13004035	Paciente_2383	VALLEDUPAR	CES	EPS_35

## Anejo 2. Base de datos de EPS

EPS	Fecha Autorizacion. (Día del mes)
EPS 1	5
EPS 10	8
EPS 11	5
EPS_12	8
EPS 13	15
EPS 14	5
EPS 15	15
EPS 16	8
EPS 17	1
EPS 18	8
EPS 19	3
EPS 2	8
EPS 20	10
EPS 21	5
EPS 22	4
EPS 23	5
EPS 24	10
EPS 25	8
EPS_26	8
EPS 27	10
EPS 28	5
EPS 29	8
EPS 3	8
EPS 30	3
EPS 31	15
EPS 32	5
EPS 33	10
EPS 34	2
EPS 35	5
EPS 36	3
EPS 37	10
EPS 38	5
EPS 4	8
EPS 5	3
EPS 6	8
EPS_7	2
EPS 8	5
EPS 9	5

### Anejo 3. Base de datos de ciudades

CIUDAD	DEPARTAMENTO	COSTO VARIABLE
ABREGO	SAT	123,850
ACACIAS	MET	83,500
AGUA DIOS	CUN	125,350
AGUAZUL	CAS	89,500
AGUACHICA	CE S	107,500
AGUADAS	CAL	83,500
ALBAN	VAL	143,500
ALDANA	NAR	88,000
ALGARROBO	MAG	88,000
ALGECIRAS	HUI	178,000
ALMAGUER	CAU	83,500
ALTA MIRA	HUI	67,000
ALVARADO	TOL	118,000
AMALFI	ANT	67,000
AMBALEMA	TOL	78,535
ANAPOIMA	CUN	62,500
ANCUYA	NAR	98,500
ANDES	ANT	118,000
ANGOSTURA	ANT	136,000
ANGULO	CAU	128,500
ANOLAIMA	CUN	128,500
ANSERMA	CAL	83,500
APARTADO	ANT	67,000
APONTE	NAR	62,500
APULO	CUN	75,700
AQUITANIA	BOY	80,500
ARACATACA	MAG	121,000
ARANZAZU	CAL	123,850
ARAUCA	ARA	118,000
ARAUCA CALDAS	CAL	82,000
ARBELAEZ	CUN	105,850
ARBOLEDAS	SAT	65,184
ARBOLETES	ANT	67,000
ARENAL	BOL	118,000
ARJONA	BOL	80,500
ARMA	CAL	62,500
ARMENIA	QUI	143,500
ARROYOGRAN	BOL	62,500
ASTREA	CE S	83,500
AYAPEL	COR	62,500
B AIRE S	CAU	62,500
B AIRE S TOLIMA	TOL	62,500
B.ANDAQUIE	CAQ	173,500
B/BERMEJA	SAN	98,500
B/GRANDE	VAL	101,500
B/MANGA	SAN	157,000
BALBOA	CAU	94,000
BARANQA	ATL	62,500
BARBACOA	NAR	94,000
BARBOSA	ANT	111,700
BARBOSA SANTANDER	SAN	62,500
BARRANQUILLA	BAR	143,500
BELEN	RIS	62,500
BELLO	ANT	118,000
BETEITIVA	BOY	78,684
BOGOTA	BOG	229,000
BOLIVAR	CAU	113,500
BONDA	MAG	67,000
BORDO	CAU	113,500
BOYACA	BOY	110,500
BRICEÑO	BOY	67,000
BUCARAMANGA	SAN	113,500
BUENA VISTA	BOY	77,500
BUGA	VAL	128,500
BVENTURA	VAL	131,500
C. CARUPA	CUN	105,850
C. CHAIRA	CAQ	106,000
C.DELACRUZ	ATL	88,000
CA#AS GORDA	ANT	113,500
CA BOLIVAR	BOL	118,000
YALI	ANT	143,500
YARUMAL	ANT	169,000
YOPAL	CAS	118,000
YOTOCO	VAL	80,500
YUMBO	VAL	121,000
ZETAQUIRA	BOY	94,000
ZIPAQUIRA	CUN	95,050

#### Anejo 4. Base de datos de departamentos

DEPARTAMENTO	COSTO FIJO
AMAZONAS	1,609,800
ANTIOQUIA	2,046,606
ARAUCA	1,806,900
ATLANTICO	1,507,200
BARRANQUILLA	1,806,900
BOGOTA	2,164,380
BOLIVAR	1,658,400
BOYACÁ	2,164,380
CALI	1,806,900
CALDAS	1,806,900
CAQUETA	1,806,900
CASANARE	1,658,400
CAUCA	2,046,606
CESAR	1,806,900
CORDOBA	1,806,900
CUN/MARCA	1,806,900
GUAGIRA	1,806,900
GUAVIARE	1,348,980
HUILA	1,806,900
MAGDALENA	1,806,900
MEDELLIN	1,806,900
META	1,806,900
NARIÑO	2,164,380
PUTUMAYO	1,609,800
QUINDIO	1,806,900
RISARALDA	1,653,000
SANTANDER	1,806,900
SANTANDER NORTE	1,806,900
SAN ANDRES	1,806,900
SUCRE	1,806,900
TOLIMA	1,806,900
VALLE	1,806,900



## Anejo 5. Parámetros del modelo Xpress-MP – matrices binarias

Parámetro de la ciudad a la cual corresponde cada paciente.

	Paciente_1752	Paciente_639	Paciente_976	Paciente_1511	Paciente_52	Paciente_618	.....	Paciente_1949	Paciente_2178
VALLEDUPAR	1	0	0	0	0	0		0	0
ARACATACA	0	0	0	0	0	0		0	0
CARTAGENA	0	0	0	0	0	0		0	0
MAICAO	0	0	0	0	0	0		0	0
MONTELIBANO	0	0	0	0	0	0		0	0
MONTERIA	0	0	0	0	0	0		0	0
TIERRALTA	0	0	0	0	0	0		0	0
ALGARROBO	0	0	0	0	0	0		0	0
ARENAL	0	0	0	0	0	0		0	0
ARJONA	0	0	0	0	0	0		0	0
ARROYOGRAN	0	0	0	0	0	0		0	0
ASTREA	0	0	0	0	0	0		0	0
BARANOA	0	0	0	0	0	0		0	0
BARRANQUILLA	0	0	0	1	1	0		0	0
BONDA	0	0	0	0	0	0		0	0
C.DELACRUZ	0	0	0	0	0	0		0	0
CA.BOLIVAR	0	0	0	0	0	0		0	0
CALAMAR	0	0	0	0	0	0		0	0
CAMPOBELLO	0	0	0	0	0	0		0	0
CARRASPIA	0	0	0	0	0	0		0	0
CERETE	0	0	0	0	0	0		0	0
CHINU	0	0	0	0	0	0		0	0
CHIRIGUANA	0	0	0	0	0	0		0	0
CIENAGA	0	0	0	0	0	0		0	0
CIENAGA#A	0	0	0	0	0	0		0	0
CODAZZI	0	0	0	0	0	0		0	0
COROZALITO	0	0	0	0	0	0		0	0
COSTILLA	0	0	0	0	0	0		0	0
COTOPIX	0	0	0	0	0	0		0	0
CURUMANI	0	0	0	0	0	0		0	0
DIVIDIVI	0	0	0	0	0	0		0	0
FONSECA	0	0	0	0	0	0		0	0
FUNDACION	0	0	0	0	0	0		0	0
GALERAS	0	0	0	0	0	0		0	0
GUATACA	0	0	0	0	0	0		0	0
LORICA	0	0	0	0	0	0		0	0
MAGANGUE	0	0	0	0	0	0		0	0
MALAMBO	0	0	0	0	0	0		0	0
MANAURE	0	0	0	0	0	0		0	0
MANGUELITO	0	0	0	0	0	0		0	0
MARTINEZ	0	0	0	0	0	0		0	0
MINGUEO	0	0	0	0	0	0		0	0
P.COLOMBIA	0	0	0	0	0	0		0	0
P.ESCONDID	0	0	0	0	0	0		0	0
PAL.VARELA	0	0	0	0	0	0		0	0
PALMOR	0	0	0	0	0	0		0	1
PALOMINO	0	0	0	0	0	0		0	0
PATIOBONIT	0	0	0	0	0	0		0	0
PIVJAI	0	0	0	0	0	0		0	0
PLAZABONIT	0	0	0	0	0	0		0	0
PONPONTE	0	0	0	0	0	0		0	0
PUE.NUEVO	0	0	0	0	0	0		0	0
PUEB.VIEJO	0	0	0	0	0	0		0	0
RABOLARGO	0	0	0	0	0	0		0	0
RINCONHOND	0	1	0	0	0	0		0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0		1	0
RODANA	0	0	0	0	0	0		0	0
ROSARIO	0	0	0	0	0	0		0	0
SAHAGUN	0	0	0	0	0	0		0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0		0	0
SITIONUEVO	0	0	0	0	0	0		0	0
SN.ANTONIO	0	0	0	0	0	0		0	0
SN.J.CESAR	0	0	0	0	0	0		0	0
SOLEDA	0	0	0	0	0	0		0	0
SUDAN	0	0	0	0	0	0		0	0
TOMARRAZON	0	0	0	0	0	0		0	0
TURBACO	0	0	0	0	0	0		0	0
VALENCIA	0	0	1	0	0	0		0	0
LA_AGUJA	0	0	0	0	0	0		0	0
PLANETA_R.	0	0	0	0	0	0		0	0
VILLANUEVA_GUAJIRA	0	0	0	0	0	0		0	0
LA_PILONA	0	0	0	0	0	0		0	0
CIENAGA_OR	0	0	0	0	0	0		0	0
STA_MARTHA	0	0	0	0	0	0		0	0
SANTA_MARTA	0	0	0	0	0	0		0	0
LA_PACHA	0	0	0	0	0	0		0	0
SAN_ROQUE	0	0	0	0	0	0		0	0
SANTA_ANA	0	0	0	0	0	0		0	0
LA_PAZ	0	0	0	0	0	0		0	0
LA_GLORIA	0	0	0	0	0	0		0	0
SAN_MARCO S	0	0	0	0	0	0		0	0
S.JUAN_NEP	0	0	0	0	0	0		0	0
SAN_PELAYO	0	0	0	0	0	0		0	0
HATO_NUEVO	0	0	0	0	0	0		0	0
PUERTO_REY	0	0	0	0	0	0		0	0
SAN_BERNAR	0	0	0	0	0	0		0	0
SAN_DIEGO	0	0	0	0	0	0		0	0
EL_BANCO	0	0	0	0	0	0		0	0
VILLANUEVA_CORDOBA	0	0	0	0	0	0		0	0

Parámetro de la ciudad a la cual corresponde cada paciente.

	CES	BOL	COR	MAG	ATL	BAR	GUA	SUC
VALLEDUPAR	1	0	0	0	0	0	0	0
ARACATACA	0	0	0	1	0	0	0	0
CARTAGENA	0	1	0	0	0	0	0	0
MAI GAO	0	0	0	1	0	0	0	0
MONTELIBANO	0	0	1	0	0	0	0	0
MONTERIA	0	0	1	0	0	0	0	0
TIERRALTA	0	0	1	0	0	0	0	0
AL GARRO BO	0	0	0	1	0	0	0	0
ARENAL	0	1	0	0	0	0	0	0
ARJONA	0	1	0	0	0	0	0	0
ARROYO GRAN	0	1	0	0	0	0	0	0
ASTREA	1	0	0	0	0	0	0	0
BARANOA	0	0	0	0	1	0	0	0
BARRANQUILLA	0	0	0	0	0	1	0	0
BONDA	0	0	0	1	0	0	0	0
C.DELACRUZ	0	0	0	0	1	0	0	0
CA BOLIVAR	0	1	0	0	0	0	0	0
CALAMAR	0	1	0	0	0	0	0	0
CAMPOBELLO	0	0	1	0	0	0	0	0
CARRA&PIA	0	0	0	0	0	0	1	0
CERETE	0	0	1	0	0	0	0	0
CHINU	0	0	1	0	0	0	0	0
CHIRIGUANA	1	0	0	0	0	0	0	0
CIENAGA	0	0	0	1	0	0	0	0
CIMA#A	1	0	0	0	0	0	0	0
CODAZZI	1	0	0	0	0	0	0	0
COROZALITO	0	0	1	0	0	0	0	0
COSTILLA	1	0	0	0	0	0	0	0
COTOPIX	0	0	0	0	0	0	1	0
CURUMANI	1	0	0	0	0	0	0	0
DIVIDVI	0	0	1	0	0	0	0	0
FONSECA	0	0	0	0	0	0	1	0
FUNDACION	0	0	0	1	0	0	0	0
GALERAS	0	0	0	0	0	0	0	1
GUATACA	0	1	0	0	0	0	0	0
LORICA	0	0	1	0	0	0	0	0
MAGANGUE	0	1	0	0	0	0	0	0
MALAMBO	0	0	0	0	1	0	0	0
MANAURE	1	0	0	0	0	0	0	0
MANGUELITO	0	0	1	0	0	0	0	0
MARTINEZ	0	0	1	0	0	0	0	0
MINGUEO	0	0	0	0	0	0	1	0
P.COLOMBIA	0	0	0	0	1	0	0	0
P.ESCONDID	0	0	1	0	0	0	0	0
PAL.VARELA	0	0	0	0	1	0	0	0
PALMOR	0	0	0	1	0	0	0	0
PALOMINO	0	0	0	0	0	0	1	0
PATIBONIT	0	0	1	0	0	0	0	0
PIVUAI	0	0	0	1	0	0	0	0
PLAZABONIT	0	0	1	0	0	0	0	0
PONPONTE	1	0	0	0	0	0	0	0
PUE.NUEVO	0	0	1	0	0	0	0	0
PUEB.VIEJO	0	0	0	1	0	0	0	0
RABOLARGO	0	0	1	0	0	0	0	0
RINCONHOND	1	0	0	0	0	0	0	0
RIOHACHA	0	0	0	0	0	0	1	0
RODANIA	0	0	1	0	0	0	0	0
ROSARIO	0	0	0	1	0	0	0	0
SAHAGUN	0	0	1	0	0	0	0	0
SINCELEJO	0	0	0	0	0	0	0	1
SITIONUEVO	0	0	0	1	0	0	0	0
SN.ANTONIO	0	0	1	0	0	0	0	0
SN.J.CESAR	0	0	0	0	0	0	1	0
SOLEDAD	0	0	0	0	1	0	0	0
SUDAN	0	1	0	0	0	0	0	0
TOMARRAZON	0	0	0	0	0	0	1	0
TURBACO	0	1	0	0	0	0	0	0
VALENCIA	0	0	1	0	0	0	0	0
LA_AGUJA	0	0	0	1	0	0	0	0
PLANETA_R.	0	0	1	0	0	0	0	0
VILLANUEVA_GUA.	0	0	0	0	0	0	1	0
LA_PILONA	0	0	1	0	0	0	0	0
CIENAGA_OR	0	0	1	0	0	0	0	0
STA_MARTHA	0	0	0	1	0	0	0	0
SANTA_MARTA	0	0	0	1	0	0	0	0
LA_PACHA	0	1	0	0	0	0	0	0
SAÑ_ROQUE	1	0	0	0	0	0	0	0
SANTA_ANA	0	0	0	1	0	0	0	0
LA_PAZ	1	0	0	0	0	0	0	0
LA_GLORIA	1	0	0	0	0	0	0	0
SAN_MARCOS	0	0	0	0	0	0	0	1
S.JUAN_NEP	0	1	0	0	0	0	0	0
SAN_PELAYO	0	0	1	0	0	0	0	0
HATO_NUEVO	0	0	0	0	0	0	1	0
PUERTO_REY	0	1	0	0	0	0	0	0
SAN_BERNAR	0	0	1	0	0	0	0	0
SAN_DIEGO	1	0	0	0	0	0	0	0
EL_BANCO	0	0	0	1	0	0	0	0
VILLANUEVA_COR	0	0	1	0	0	0	0	0

Parámetro EPS a la cual corresponde cada uno de los pacientes.

	Paciente_1752	Paciente_386	Paciente_630	Paciente_992	Paciente_619	Padente 315	.....Padente_1280	Paderte_1949	Paciente_2178
EPS_8	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_13	0	0	0	0	0	1	0	1	0
EPS_20	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_35	1	0	0	0	0		1	0	0
EPS_37	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_3	0	0	1	0	0		0	0	0
EPS_24	0	1	0	0	0		0	0	1
EPS_30	0	0	0	1	0		0	0	0
EPS_31	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_32	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_36	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_11	0	0	0	0	0		0	0	0
EPS_14	0	0	0	0	0		0	0	0

## Anexo 6. Modelo en Xpress-MP

```

model GENERACION_DE_PACIENTES
uses "mmxprs"

parameters
    inputFile= "input_gen_pacientes.dat"
end-parameters

!*****
forward function getProblemStatus(status: integer): string
!*****

declarations
!CONJUNTOS
    paciente : set of string !Indice de pacientes
    EPS      : set of string !Indice de EPS
    tiempo   : set of integer !Indice de tiempo
    departamento : set of string !Indice de departamento
    ciudad   : set of string !Indice de ciudad

!PARAMETROS
    tau : array(EPS) of integer           !Fecha de autorización de la EPS j.
    tact : array(paciente) of integer     !Fecha de generación actual del paciente i
    cf : array(departamento) of integer   !Costo fijo del flete del departamento k.
    cv : array(ciudad) of integer         !Costo variable flete de la ciudad l.
    e : array(paciente, EPS) of integer    !Si el paciente i pertenece a la EPS j.
    c : array(paciente, ciudad) of integer !Si el paciente i pertenece a la ciudad l
    d : array(ciudad, departamento) of integer !Si la ciudad l pertenece al departamento k
    cp : array(paciente) of real          !Costo de 1 día de producto para el paciente i.

!VARIABLE DE DECISION
    x : array (paciente , tiempo) of mpvar !Decisión de generar el paciente i el día t.
    y : array (departamento, tiempo) of mpvar !Generación de pacientes del departamento k el día t.
    pg: array (ciudad, tiempo) of mpvar    !Cantidad de pacientes de la ciudad l generados el día
    t.
    totalCost1 : mpvar

end-declarations

initializations from inputFile
    paciente
    EPS
    tiempo
    departamento
    ciudad
    tau
    tact
    cf
    cv
    c
    e
    d
    cp
end-initializations

forall(i in paciente, t in tiempo)
do
    create (x(i,t))
    x(i,t) is_binary
end-do

forall (k in departamento, t in tiempo)
do
    create (y(k,t))
    y(k,t) is_binary
end-do

```

```

forall(l in ciudad, t in tiempo)
do
    create (pg(l,t))
    pg(l,t) is_integer
end-do

! FUNCION OBJETIVO
totalCost := (sum(k in departamento, t in tiempo) (cf(k) * y(k, t))) + (sum(l in ciudad, t in
tiempo) (cv(l) * pg(l, t)))

! RESTRICCIONES
! Restricción: Generación de cada uno de los Pacientes
forall ( i in paciente )
sum( t in tiempo) x(i,t) = 1

! Restricción: No generar pacientes antes de la fecha de autorización de la EPS
forall ( j in EPS, t in tiempo | t <= tau(j))
sum(i in paciente | e(i,j) = 1) x (i,t) * e(i,j) = 0

! Restricción: Cantidad de pacientes generados en un día para la misma ciudad
forall ( l in ciudad, t in tiempo)
sum( i in paciente ) x (i,t) * c(i,l) = pg(l,t)

! Restricción: Si se genero al menos un paciente para el departamento k
forall(i in paciente, k in departamento, l in ciudad, t in tiempo | c(i,l) * d(l,k) = 1)
x(i,t) <= y(k,t)

minimize ( totalCost )
totalCost1 = getobjval

! Restricción: FASE 2. Mantener el valor de la función objetivo

totalCost <= totalCost1 * (1.3)
totaldias = (sum(i in paciente) (sum(t in tiempo) (x(i,t) * t) - tact(i)))

minimize ( totaldias )

! Report generation

fopen("Output_pacientes.dat", F_OUTPUT)
writeln ("GENERACION_DE_PACIENTES" )
writeln (" Instancia : " , inputFile )
writeln (" Status : " , getprobstat )
writeln("Status : " , getProblemStatus(getprobstat) + "\n")
writeln ("Total cost : " , getsol ( totalCost ) )
writeln ("Total Dias : " , getsol ( totaldias ) )
forall ( i in paciente , t in tiempo)
writeln ( "x ( " , i , " , " , t , ") = " , getsol ( x ( i , t ) ) )
fclose(F_OUTPUT)
!*****
forward function getProblemStatus(status: integer): string
function getProblemStatus(status: integer): string
case status of
XPRS_OPT: returned := "Optimo hallado."
XPRS_UNF: returned := "Sin terminar."
XPRS_INF: returned := "Problema no factible."
XPRS_UNB: returned := "No hay óptimo finito."
else returned := "Status desconocido."
end-case
end-function
!*****
end-model

```

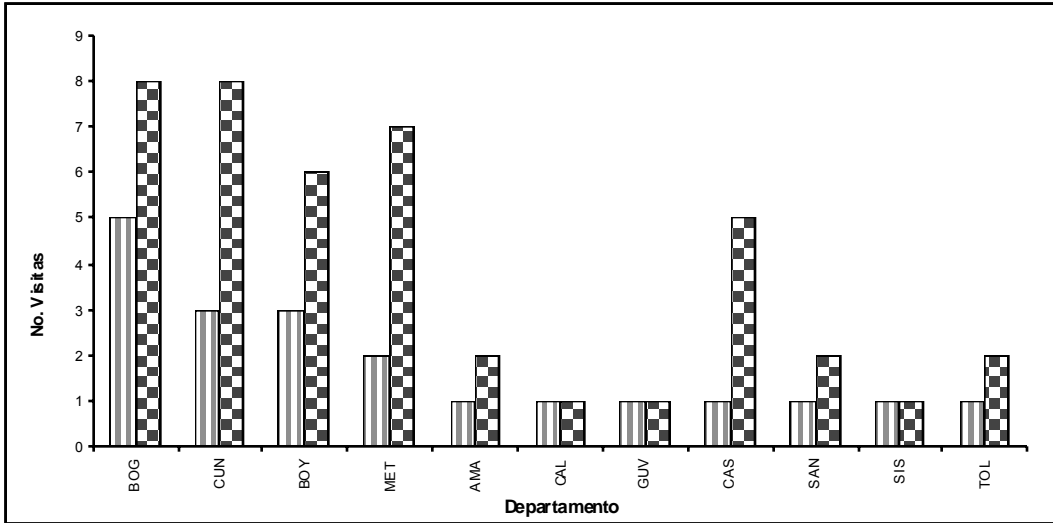
## Anejo 7. Resultados bodegas zona Central

### PROGRAMACION ENTREGAS DOMICILIARIAS DE MEDICAMENTOS A PACIENTES - BODEGA ZONA CENTRAL

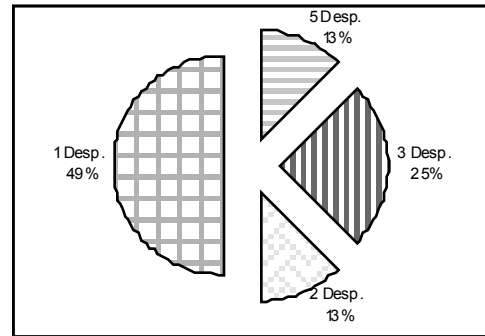
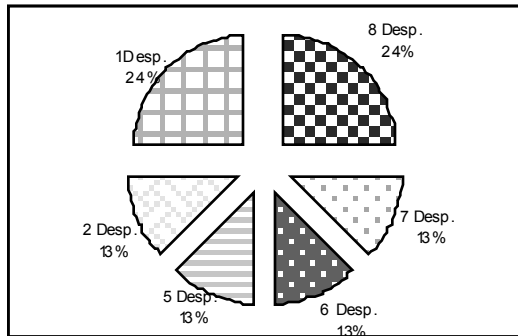
PACIENTE	UM	CIUDAD	DIA DEL MES																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Paciente_468	UM_36	BOGOTA									A	EA								
Paciente_2271	UM_34	VILLAVICENCIO									A								EA	
Paciente_548	UM_54	BOGOTA									A	EA								
Paciente_699	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_705	UM_43	SOGAMOSO						A				EA							E	
Paciente_938	UM_11	ESPINAL			A														EA	
Paciente_1850	UM_46	SOTAQUIRA			A	EA													E	
Paciente_1630	UM_53	ESPINAL									A								EA	
Paciente_736	UM_34	VILLAVICENCIO			A	EA													E	
Paciente_960	UM_34	VILLAVICENCIO			A	EA													E	
Paciente_1625	UM_2	FUNZA			A	EA													E	
Paciente_1623	UM_28	FUSAGASUGA						A				EA							E	
Paciente_1882	UM_28	FONTIBON									A	EA							E	
Paciente_1248	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1116	UM_54	BOGOTA									A	EA								
Paciente_906	UM_34	YOPAL			A							EA								
Paciente_508	UM_34	VILLAVICENCIO														A	EA			
Paciente_413	UM_17	PTO_SALGAR			A	EA													E	
Paciente_592	UM_43	SOGAMOSO						A				EA							E	
Paciente_1391	UM_34	VILLAVICENCIO						A											EA	
Paciente_48	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_870	UM_11	BOGOTA						A	EA											
Paciente_1271	UM_11	TABIO						A				EA							E	
Paciente_2242	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_2136	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_831	UM_11	BOGOTA						A	EA											
Paciente_939	UM_15	FUSAGASUGA						A				EA							E	
Paciente_84	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_135	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1497	UM_43	SOGAMOSO			A														E	
Paciente_412	UM_34	VILLAVICENCIO														A	EA			
Paciente_2052	UM_12	BOGOTA						A	EA											
Paciente_2253	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1392	UM_28	BOGOTA									A	EA								
Paciente_1664	UM_28	SIBATE														A	EA			
Paciente_480	UM_44	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1375	UM_44	BOGOTA			A	EA														
Paciente_757	UM_15	BOGOTA									A	EA								
Paciente_1273	UM_44	CHIA						A				EA							E	
Paciente_1276	UM_34	VILLAVICENCIO			A	EA													E	
Paciente_264	UM_34	VILLAVICENCIO									A								EA	
Paciente_196	UM_34	VILLAVICENCIO			A	EA													E	
Paciente_469	UM_15	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1640	UM_15	BOGOTA									A	EA								
Paciente_1612	UM_11	BOGOTA			A	EA														
Paciente_66	UM_1	BOGOTA			A	EA														
Paciente_963	UM_1	FACATATIVA			A	EA													E	
Paciente_78	UM_2	BOGOTA			A	EA														
Paciente_1001	UM_15	BOGOTA														A	EA			

A Fecha Autorización EPS  
E Fecha Entrega Optima  
EA Fecha de Entrega Actual

Programación optima de entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes.



Cantidad de despachos a cada departamento.



Porcentaje de despacho por departamento actual vs. óptimo.

# Anexo 7. Resultados bodegas zona Sur

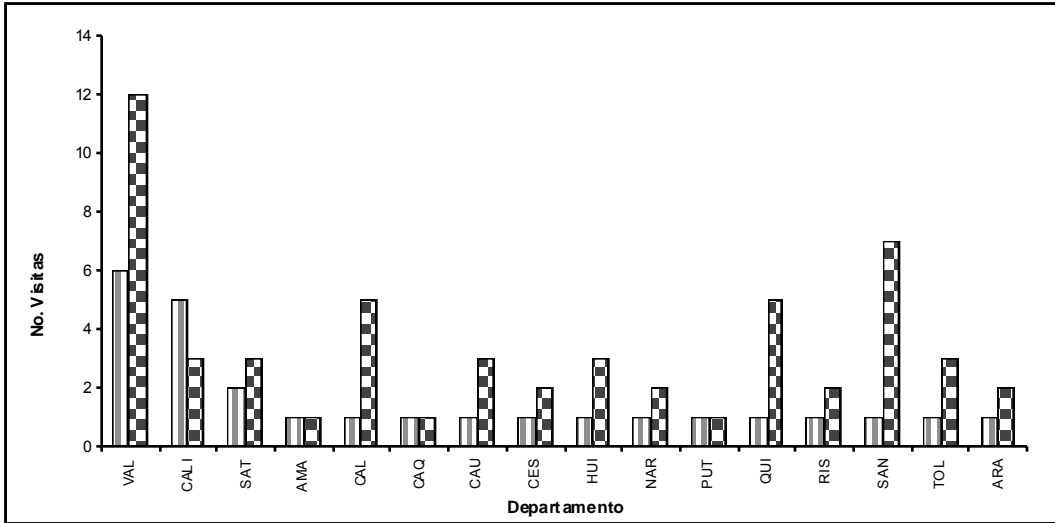
PROGRAMACION ENTREGAS DOMICILIARIAS DE MEDICAMENTOS A PACIENTES - BODEGA ZONA SUR

PACIENTE	UM	CIUDAD	DIA DEL MES																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Paciente_2354	UM_30	IPIALES				A													EA	
Paciente_1952	UM_33	PASTO				A													EA	
Paciente_1867	UM_49	CALI				A	EA													
Paciente_2247	UM_41	CALI								A	EA									
Paciente_897	UM_51	PIEDECUESTA				A													EA	
Paciente_1834	UM_53	IBAGUE														A	EA			
Paciente_1723	UM_53	GUAMO			A						EA								E	
Paciente_1422	UM_53	IBAGUE													A	EA				
Paciente_40	UM_41	CALI				A	EA													
Paciente_286	UM_19	S. QULICHAO								A										EA
Paciente_208	UM_32	CUCUTA				A													EA	
Paciente_2137	UM_32	LOS PATIOS				A													EA	
Paciente_94	UM_32	CUCUTA				A													EA	
Paciente_1109	UM_32	CUCUTA				A													EA	
Paciente_1999	UM_48	MANIZALES				A														EA
Paciente_2292	UM_48	RISARALDA				A														EA
Paciente_1572	UM_7	M. DE ELIAS				A														EA
Paciente_454	UM_7	CAMPOALEGR				A														EA
Paciente_307	UM_48	MANIZALES				A														EA
Paciente_1195	UM_48	CHINCHINA				A														EA
Paciente_111	UM_25	PEREIRA								A										EA
Paciente_402	UM_42	PIEDECUESTA				A														EA
Paciente_1428	UM_55	B/BERMEJA										A								EA
Paciente_145	UM_51	FLORIDABLANCA				A														EA
Paciente_1054	UM_7	NEIVA				A														EA
Paciente_1066	UM_27	CALI								A	EA									
Paciente_1724	UM_30	TUMACO				A														EA
Paciente_2224	UM_41	PRADERA								A	EA									E
Paciente_578	UM_41	LA_CUMBRE				A														E
Paciente_1927	UM_49	CALI														A	EA			EA
Paciente_652	UM_45	S. QULICHAO								A										EA
Paciente_2057	UM_42	PUERTO_MOSQUITO				A														EA
Paciente_638	UM_42	B/MANGA										A								EA
Paciente_654	UM_27	PALMIRA				A	EA													E
Paciente_445	UM_22	TULUA														A	EA			EA
Paciente_2359	UM_22	TULUA								A	EA									E
Paciente_1984	UM_42	FLORIDABLANCA										A								EA
Paciente_1889	UM_49	CALI														A	EA			EA
Paciente_1135	UM_25	PEREIRA														A	EA			EA
Paciente_987	UM_42	FLORIDABLANCA				A														EA
Paciente_1994	UM_42	CURITI				A														EA
Paciente_1360	UM_33	PASTO				A														EA
Paciente_309	UM_30	PASTO				A														EA
Paciente_1040	UM_52	CALI								A	EA									
Paciente_2370	UM_52	CALI								A	EA									
Paciente_512	UM_45	PIENDAMO				A														EA
Paciente_1754	UM_32	CUCUTA				A														EA
Paciente_122	UM_32	CUCUTA				A														EA
Paciente_589	UM_32	CUCUTA				A														EA

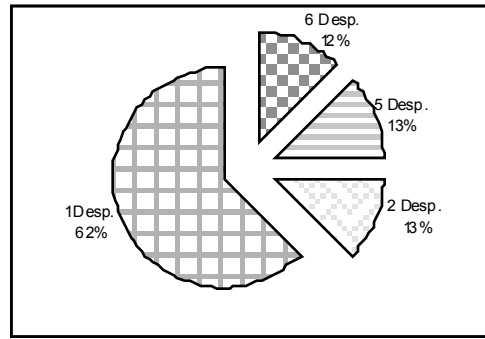
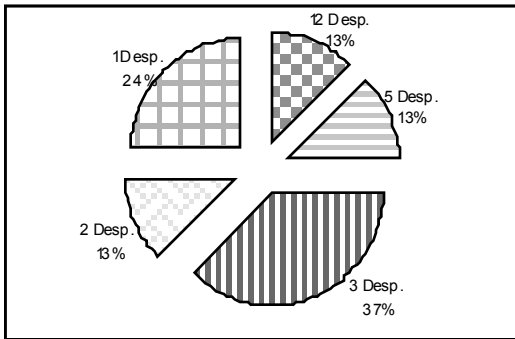
A Fecha Autorización EPS  
E Fecha Entrega Optima  
EA Fecha de Entrega Actual

Programación optima de entregas domiciliarias de medicamentos a pacientes.



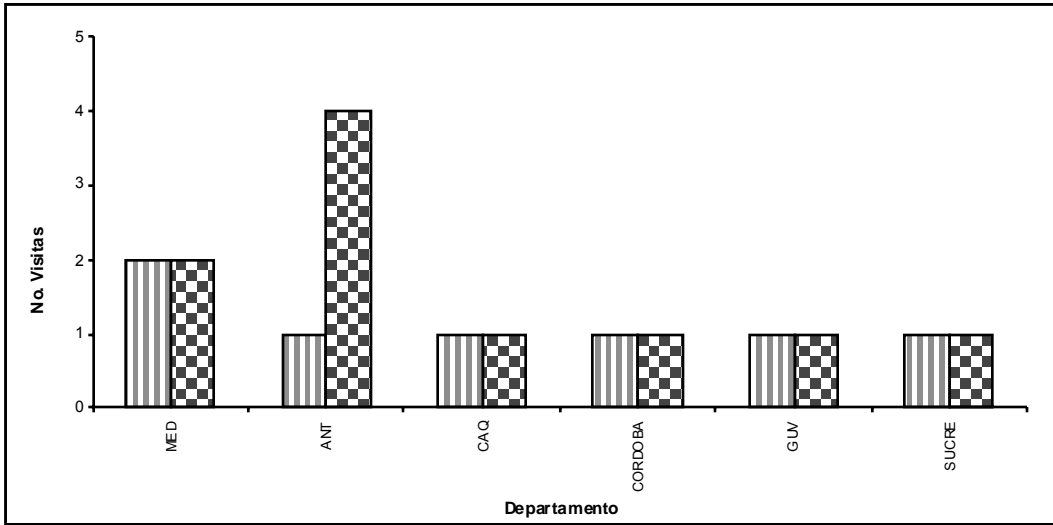


Cantidad de despachos a cada departamento.

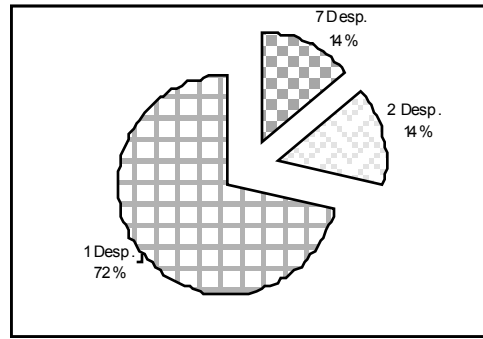
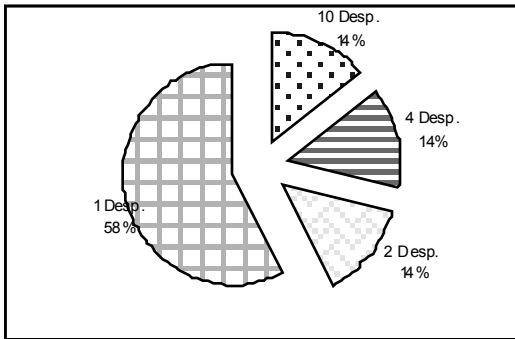


Porcentaje de despacho por departamento actual vs. óptimo.





Cantidad de despachos a cada departamento.



Porcentaje de despacho por departamento actual vs. óptimo.