

## LOCALIZACIÓN DE CENTROS LOGÍSTICOS DE REPARACIÓN PARA DIEBOLD COLOMBIA

### **Integrantes:**

Luis Felipe Basto Ruiz  
Nancy Andrea Fuertes Guerra  
Deisy Liliana Gámez Jaimes  
Joan Sebastián Páez Molina

### **Tutor:**

Andrés Ignacio Zamudio Castro

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano  
Facultad de ingeniería y ciencias básicas  
Diplomado logística integral  
Enero 2016

## Tabla de contenidos

Ilustraciones.....	iv
Tablas.....	v
Ecuaciones .....	v
Introducción .....	vi
Justificación .....	vii
Motivación del proyecto .....	vii
Objetivos.....	viii
Objetivo General.....	viii
Objetivos Específicos .....	viii
Marco Teórico.....	ix
Empresa .....	xvii
Historia.....	xviii
Organización .....	xix
Tamaño de la empresa .....	xx
Instalaciones .....	xxi
Productos y Servicios.....	xxi
Productos de Autoservicio.....	xxi
Dispensador de efectivo .....	xxi
Reciclaje de efectivo .....	xxi
Productos de Seguridad.....	xxii
Seguridad Física .....	xxii
La seguridad electrónica.....	xxii
Diagnóstico y Asesoría en Seguridad.....	xxii
Mercado.....	xxiii
Competencia.....	xxiii
WINCOR .....	xxiii
NCR .....	xxiv
Demanda .....	xxiv
Alcance y propuesta del proyecto .....	xxvi

Alcance.....	xxvi
Propuesta.....	xxvi
Metodología .....	xxvii
Recolección de datos.....	xxvii
Tratamiento de los datos.....	xxviii
Elección del punto central y zonificación de los ATM .....	xxx
Elección de los puntos candidatos .....	xxxí
Construcción del modelo.....	xxxii
Modelo en GAMS.....	xxxiii
Corrida del modelo y evaluación de resultados .....	xxxiv
Escenario 1.....	xxxiv
Escenario 2.....	xxxv
Escenario 3.....	xxxvii
Escenario 4.....	xxxix
Análisis de los distintos escenarios .....	xliii
Conclusiones.....	xliv
Bibliografía.....	xlvi
Anexos .....	xlvii

**Ilustraciones**

Ilustración 1. Historia.....	xviii
Ilustración 2. Organigrama 1 .....	xix
Ilustración 3. Organigrama 1.1 .....	xix
Ilustración 4. Organigrama 1.2 .....	xix
Ilustración 5. Organigrama 1.3 .....	xx
Ilustración 6. Tamaño de la empresa .....	xx
Ilustración 7. Clientes .....	xxiii
Ilustración 8. Wincor nixdorf.....	xxiii
Ilustración 9. NCR .....	xxiv
Ilustración 10. Abastecimiento a Colombia.....	xxv
Ilustración 11. Abastecimiento nacional .....	xxvi
Ilustración 12. Construcción del modelo tomado del programa GAMS. ....	xxxiii
Ilustración 13. Escenario 1.....	xxxiv
Ilustración 14. Escenario 2.....	xxxvii
Ilustración 15. Escenario 3.....	xxxix
Ilustración 16. Escenario4.....	xlii

## Tablas

Tabla 1. Localizaciones geográficas.....	xxvii
Tabla 2. Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas. ....	xxix
Tabla 3. Ejemplo de la matriz cuadrada original y la sumatoria efectuada. ....	xxx
Tabla 4. Filtro norte-sur, ejemplo tomado del original. ....	xxxi
Tabla 5. Tabla candidatos tomada del anexo#4.....	xxxii
Tabla 6. Resultados del modelo 1 escenario.....	xxxiv
Tabla 7. Distancia minimizada.....	xxxvi
Tabla 8. Distancia Diebold, ATMS.....	xliii
Tabla 9. Distancia minimizada.....	xliii
Tabla 10. Distancia minimizada.....	xliv
Tabla 11. Distancia minimizada.....	xliv
Tabla 12. Distancia minimizada.....	xliv

## Ecuaciones

Ecuación 1.....	xxviii
Ecuación 2.....	xxviii
Ecuación 3.....	xxviii
Ecuación 4.....	xxx
Ecuación 5.....	xliii

## **Introducción**

En el presente documento se desarrolla el proyecto, localización de centros logísticos de reparación para Diebold, Colombia en la ciudad de Bogotá y, zonas rurales de (Chía, Soacha, Cota), mediante la implementación de conocimientos, conceptos y metodologías acrecentadas en el diplomado logística integral.

Para esto Diebold, Colombia, accedió a la suministración de información específica como bases de datos con la cantidad de servicios prestados a cajeros automáticos previamente geo localizados en Bogotá y las zonas rurales, los cuales en el actual modelo que maneja la empresa son atendidos desde un solo centro logístico de reparación.

Por lo tanto los resultados del proyecto son diferentes escenarios, generados dentro un modelo de optimización, que muestran soluciones propias que evidencian el nivel optimización que se da al modificar o descentralizar el centro logístico de reparación existente.

## **Justificación**

Las organizaciones tienen la necesidad de mantener y distinguirse en el mercado, que con el paso del tiempo evoluciona siendo más exigente a nivel global. Debido a esto las empresas buscan alternativas y gastan demasiados recursos en investigación para mejorar sus procesos, y satisfacer necesidades como ubicar, reubicar, ampliar y adaptar las instalaciones para garantizar las ventajas competitivas en el mercado.

Y ahora como es de conocimiento de la empresa, que en estos últimos años el mercado ha evolucionado, que su oferta y demanda ha crecido considerablemente en la ciudad de Bogotá y a nivel nacional.

La centralización de un único centro logístico de Reparación en Bogotá, la operación se ve afectada, por la alta demanda y las variables del proceso de distribución generando incumplimiento con los clientes. Las variables de tiempo y desplazamiento con las que se juegan día a día, son volátiles pese a que el transporte comprende distintos factores atípicos, como densidad de tráfico, bloqueos, modificación de rutas, clima, disponibilidad de recurso, entre otros que hacen más complejo su cumplimiento, y no se tienen comprendidos dentro del modelo actual que desarrolla Diebold, Colombia.

Por lo tanto se visualizó este escenario como una oportunidad de mejora para ubicar o reubicar, un nuevo centro(s) logístico(s) de reparación que atiendan a sus clientes de manera optimizada y reducir el impacto que generan todas estas variables dentro de los indicadores de gestión en cumplimiento y satisfacción al cliente.

## **Motivación del proyecto**

Aplicar los conocimientos adquiridos durante el pregrado de ingeniería industrial y el diplomado de Logística Integral con el fin de aplicar una metodología que diera solución a una problemática real de una empresa que en este caso es DIEBOLD Colombia con las pautas dadas por el Tutor y el trabajo en equipo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Localizar uno o más centros logísticos de reparación en la ciudad de Bogotá, que garanticen que el desempeño del proceso de distribución de la compañía mejorará en cuanto a tiempos de servicio.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar el criterio que se desea establecer como prioridad para ubicar el centro logístico o centros logísticos.
- Conocer y reestructurar la demanda que el centro logístico de reparación de Diebold está atendiendo actualmente y así conocer cómo se repartiría esta entre los posibles candidatos.
- Mostrar los diferentes escenarios y resultados que pueden surgir a partir del desarrollo del modelo.
- Dar a conocer el mejor modelo de optimización resultante del proyecto.



## **Marco Teórico**

### LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES

Teniendo en cuenta lo importante que es la ubicación física de una nueva instalación en materia geográfica, siempre se generan muchas incógnitas e interrogantes con respecto a lo que esto conlleva.

Para ello como se menciona anteriormente, entran muchos elementos en juego al momento de querer encontrar una buena localización geográfica, dentro de estos se puede decir que todo depende del producto que se desea fabricar, del servicio que se quiere ofrecer a sus clientes, de la facilidad para encontrar materias primas y mano de obra calificada, de los servicios públicos necesarios para el funcionamiento de la misma, de la facilidad para transportar sus productos y traer sus materiales, entre otros.

Todo esto es muy importante ya que al cliente siempre se le querrá entregar un producto no solo de calidad sino a un precio razonable, por lo cual todo esto entra en juego ya que al presentarse dificultades en los factores anteriormente mencionados siempre directamente proporcional a estos, los precios del producto se incrementarán notablemente, lo cual hace que dicho cliente opte por seleccionar una mejor alternativa de las múltiples opciones existentes en el mercado, por lo que para la empresa se generarán pérdidas monetarias y de credibilidad, las cuales por ningún motivo pueden ocurrir.

Para estos estudios la teoría sugiere en general hacer estudios de Macro localización, la cual tiene como objetivo determinar la zona o territorio en general en el cual se instalara la empresa y Micro localización, la cual determina el punto preciso y/o específico dentro de la macro zona, en el que se ubicará definitivamente la empresa. Dentro de estos los factores que más influyen para los estudios son:

El mercado, fuentes de abastecimiento, los medios de transporte y comunicación, la mano de obra, las condiciones climatológicas de la zona, el marco jurídico, políticas de promoción, impuestos y servicios públicos, ambiente, costos, disponibilidad, tamaño de infraestructura y servicios, facilidades de acceso, proximidad a los servicios, proveedores y clientes.



Ilustración 17. Esquema de macro y micro localización

Es por esto que se hace importante encontrar lugares apropiados que permitan tomar esta decisión de la mejor manera posible permitiendo así la ubicación de lugares con buenas ventajas en ingresos, reducción de costos en general y facilidad de llegada y atención a los clientes que se quieren atender.

Es precisamente en este último ítem nombrado anteriormente, que queremos hacer referencia, ya que en el caso que se quiere tratar a continuación lo que buscaremos es que este margen de cumplimiento sea el más beneficiado dentro de lo que se busca con la decisión de localización, ya que cuando una empresa presta un servicio como lo hace Diebold Colombia dos de los factores más importantes es la calidad y agilidad de la atención que se prestan a cada cliente, por lo cual a partir de este momento se tratara de la mejor manera posible de hablar de lo que nos dice la teoría en cuanto a estos tipos de problemas de localización.

Cuando se indicó anteriormente cuando se trabaja como Diebold lo hace, lo más importante además de tener un margen decente de ganancias es la calidad que se presta en dicho servicio, ya que al no tener esto en cuenta sencillamente la empresa está indicando a sus clientes que no está capacitada para cumplir con su objetivo básico por lo que el nombre de la misma perderá credibilidad y poco a poco irá sumergiéndose en el olvido comercial, por lo que esto sencillamente es algo que por ningún motivo se puede permitir. Para evitar esto, lo más importante y que a partir de este momento será la prioridad es la distancia que exista entre los clientes y la empresa, por lo que a continuación se presenta lo que nos dice la teoría con respecto a esta medida.

Cuando se quiere hablar de problemas con respecto a esta medida, lo más común es diseñar y usar un modelo matemático que permita desarrollar el estudio de dicha localización con variables matemáticas tomando como referencia varios de los factores mencionados anteriormente (materia prima, mano de obra, demanda, distribución, comercialización, distancias, costos etc.) de esta manera se busca seleccionar los lugares con las mejores ubicaciones para las instalaciones, esto es posible gracias a herramientas computacionales como Solver de Excel, Risk Simulator, lingo y gams, por lo cual a continuación se hablará de cada uno de ellos y se dará una breve descripción de su función y utilidad.

### **Lingo**

Es una herramienta que está diseñada para soluciones lineales, no lineales, cuadráticas, estocásticas y modelos de optimización de una manera más eficiente, es un lenguaje de modelos matemáticos. Incluye un lenguaje potente para expresar los modelos de optimización y un conjunto de solucionadores rápidos, disminuyendo el tiempo de desarrollo. Lingo desarrolla el modelo trayendo información directamente desde las bases de datos que estamos utilizando como por ejemplo las hojas de cálculo o archivos donde se maneje texto y así poder brindar la salida de datos en la misma hoja de cálculo, permitiendo generar informes completos y con mayor rapidez. Esta herramienta permite expresar un problema matemático de forma sencilla, estableciendo las restricciones y al tomar los datos de documentos ajenos al modelo existe menor posibilidad que se genere un error en el modelo.

### **Algunos elementos del programa:**

- El box de Variables: Total de variables en el modelo. Los modelos que contienen todas sus variables lineales se resuelven con mayor velocidad que los que contienen variables no lineales.
- El box de restricciones (Constraints): Numero de restricciones lineales y no lineales.
- El box Nonzeros: Muestra el número total de coeficientes no ceros en el modelo, como así también el número de estas que son de tipo no lineal.
- El box Optimizer Status muestra:
  - Campo estado (indeterminado, no factible, factible, optimo global u optimo local, ilimitado, interrumpido).
  - Campo Objetivo: valor de la solución actual, si no tiene una función objetivo entonces aparecerá N/A.
  - Campo No factible: Muestra la cantidad por la cual todas las restricciones han sido violadas.
  - Campo de Iteraciones: muestra el número de iteraciones completadas por el solver de LINGO

- Campo Branches: LINGO usa la estrategia llamada branch-and-bound para resolver modelos de programación entera.
- Mejor IP campo: muestra el valor objetivo de la mejor solución en un modelo de programación entera.
- Reporte de solución: nos muestra el número de iteraciones para resolver el modelo. El segundo informe nos da el valor que maximiza o minimiza la función objetivo. Y el tercer informe nos muestra las cantidades de cada variable de la función objetivo.

## **@RISK**

Es un software que se emplea para análisis de riesgo mediante la simulación para mostrar diferentes resultados de un modelo en la hoja de cálculo, además indica la probabilidad que existe que se produzcan estos resultados. Muestra y controla los escenarios futuros posibles, indica la probabilidad de riesgo de cada uno de ellos. Estos resultados arrojados son de gran utilidad en las compañías ya que con base en ellos se puede tomar la decisión de riesgo que desea tomar o los riesgos que se quieren evitar, tomando la mejor decisión sin duda alguna en situaciones donde no exista certeza cual camino se debe tomar; evita fracasos e identifica oportunidades a nivel empresarial. Maneja una conexión con los datos del Excel sin salir de la hoja de cálculo.

Risk contiene más de 50 funciones de distribución incorporadas para lograr una modelación precisa, además combina la simulación Monte Carlo con tecnología de solución de problemas para optimización de modelos cuando se tratan de valores inciertos. Se han desarrollado algunos software como son @Risk para la administración de proyectos y @Risk para Seis Sigma para la mejora de procesos, reducir variabilidad y mejorar la calidad de productos y servicios, y ahorrar dinero; incluye una serie de estadísticas, funciones e informes Six Sigma con las cuales se podrán identificar, medir y determinar las causas de la variabilidad en sus procesos y diseños de producción y servicios.

## **GAMS**

### **General Algebraic Modeling System**

Software de alto nivel para optimización matemática.

Se compone de un compilador de lenguaje y un establo de solucionadores de alto rendimiento integrados. GAMS se adapta para aplicaciones complejas y está diseñado para modelado a gran escala y problemas complejos y únicos en su clase los cuales requieren un modelo único y puntual el cual se logra mediante muchas revisiones y modificaciones para llegar al modelo preciso. Además se puede adaptar rápidamente a nuevas situaciones. El sistema está disponible para uso en ordenadores personales, estaciones de trabajo y superordenadores.

Fue el primer lenguaje de modelado algebraico y está conectado a un grupo de terceros que se encargan de brindar la optimización y solución entre los cuales se encuentran: BARON, monedas o solucionadores, CONOPT, CPLEX, DICOPT, Gurobi, Mosek, SNOPT y XPRESS. Diseñado específicamente para el modelado lineal, no lineal y los problemas de optimización mixtos entero. La configuración se puede realizar de forma sencilla, se permite cambiar de un programa de solución a otro y se puede convertir de lineal a no lineal con problemas.

Versiones:

- Estudiante (limitaciones)
- Profesional
- Workstation
- Mainframe, etc.

### **Características del sistema**

GAMS permite la concentración en el modelo desarrollando cálculos de direcciones, tareas de almacenamiento, enlace de procedimientos, de entrada y salida y control de flujo, GAMS incrementa el tiempo disponible para conceptualizar y ejecutar el modelo y el análisis de los resultados. Requiere de información exacta y precisa de las entidades y relaciones para lograr un buen modelado y puede ser manejado por cualquier persona con conocimientos previos en programación. Los datos se introducen una vez en la lista en forma de tabla. Los modelos se presentan en estados algebraicos fáciles para el manejo del usuario y para máquinas de leer. Se introducen restricciones relacionadas donde GAMS genera automáticamente cada ecuación de restricción, y permite al usuario hacer excepciones en los casos en que no se desea la generalidad. Permite la identificación de errores antes de dar la solución.

GAMS maneja modelos dinámicos con secuencia en el tiempo, retrasos en clientes potenciales y tratamiento de puntos finales temporales. Es completamente portátil de una plataforma informática a otra. Se programar fácilmente un modelo y luego generar un informe de salida de las características de solución para el caso o situación. Se puede ir desarrollando el modelo de manera simultánea con un texto donde se explique cualquier símbolo o ecuación. Sobre este software se están realizando mejoras de rendimiento de manera continua. Presentando en las nuevas versiones la corrección de fallas o errores que se tendrían en las anteriores. Cualquier versión anterior funcionara con la versión actual.

En el libro "Linear Programming and Extensions" George Dantzig se presenta un ejemplo sencillo de utilización de GAMS en un problema de transporte. GAMS cuenta con una biblioteca donde se puede navegar y encontrar diferentes desarrollos de modelos clásicos, modelos de pruebas de control de calidad, modelos de optimización financiera, modelos de optimización no lineales. Para las compañías o usuarios que trabajan con GAMS existen un número de documentaciones, presentaciones, cursos y talleres a los cuales se puede acceder para obtener las actualizaciones realizadas a las mejoras de las versiones.

### **Microsoft Excel**

Es una aplicación de Microsoft Office la cual ofrece soluciones a diferentes tareas financieras y contables. A través de esta hoja de cálculo de análisis cuantitativo que contiene celdas organizadas en filas y columnas, podemos crear tablas, facturas, gráficos, análisis contables, macros, formulaciones y programación, logrando con esto un profundo análisis de datos y lo más significativo, obtener resultados en un tiempo corto, que si se hubieran realizado de forma manual o sin los conocimientos en Excel se habría tardado días en procesar dicha información. Excel es utilizado por estudiantes, empresas, agencias prestadoras de servicios, científicos, educadores, periodistas, investigadores, contadores, etc. Y por esto se ha convertido en un programa básico de los usuarios.

Este software se desarrolla desde 1985 y desde entonces Microsoft ha lanzado al mercado diferentes versiones cada 2 años aproximadamente. Cada versión presenta una mejora en la versión anterior, con nuevos elementos o nuevas funciones para tener una mayor eficiencia en el campo laboral. Es el software más potente y más utilizado en todo el mundo, ya que actualmente para la gran mayoría de compañías es de gran importancia que sus colaboradores tengan o adquieran conocimientos sobre esta hoja de cálculo, agregando con esto un punto más a favor en su hoja de vida y por supuesto al desempeño de sus actividades. Para las compañías, se haría más compleja y se retardaría su operación a la hora de requerir información para toma de decisiones que no cuentan con mucho tiempo, o simplemente no se podrían llevar a cabo sus operaciones si no contaran con el programa.

Para lograr un conocimiento de este programa se puede acceder ya sea de forma virtual o presencial a los 3 niveles estándar de Excel que son el nivel básico, nivel intermedio y nivel avanzado. Además de estos, hoy día encontramos cursos especializados en Excel financiero y estadístico. Las capacitaciones en este software se han incrementado debido a que el ahorro de tiempo invertido en los cálculos o manejo de información se convierte en ganancia económica para la compañía.

Complementando lo anteriormente dicho, hay que tener en cuenta que estas

herramientas trabajan de acuerdo a diferentes métodos y modelos, por lo que a continuación se nombrarán varios de estos que son utilizados actualmente para la toma de decisiones de localización, cada uno de ellos se mostrará según las variables con las que trabajan o las funciones que cada uno de ellos puede brindar:

**Método de factores ponderados:** Es el método más general, ya que permite incorporar en el análisis toda clase de consideraciones, sean estas de carácter cuantitativo o cualitativo y dándole valores a ellas de acuerdo a un grado de importancia califica según ellas cuál de las opciones es la que se debería escoger.

**Método del punto equilibrio:** Su objetivo es minimizar costo total. Así mismo determina los rangos dentro de los cuales cada alternativa resulta ser la mejor.

**Método de transporte:** Está basado en la programación lineal, ayuda a resolver el problema de localización de múltiples instalaciones. Su objetivo es minimizar costos de embarque entre plantas y almacenes, así como determinar las unidades a transportar.

**Método del centro de gravedad:** su objetivo es minimizar tiempo de viaje o distancia entre dos puntos, teniendo en cuenta el peso de la demanda o costos asociados a la mercancía a transportar.

A parte de estos métodos también existen diferentes modelos para la solución de problemas de estos tipos, a continuación se nombrar varios de estos:

**Modelo covering problems:** Este modelo de localización minimiza el costo de la ubicación de la instalación, da un número fijo de instalaciones y con base a esto maximiza la cantidad de demanda a cubrir para cada uno de ellos. Esto lo hace basándose en una distancia aceptable de cobertura y dependiendo de la demanda que se requiere atender.

**Modelo de Daskin y Stern:** Maximun Expected Covering Location Problem, este método resuelve problemas de tamaño medio, con un método de ramificación y acotación. Con lo cual maximiza la cobertura de los nodos demanda minimizando y colocando estratégicamente el número de vehículos necesarios para satisfacer dicho servicio.

**Modelo center problems o minimax:** En este tipo de problemas se requiere dar cobertura a todas las demandas pero tratando de localizar un número determinado de instalaciones de tal manera que se minimice la distancia de cobertura. Este modelo determina la distancia mínima de cobertura asociada a las instalaciones P.

**Modelo de Hakimi (p-medians):**

Para trabajar con estos modelos, se hace necesario recordar un poco de los diferentes tipos de programación ya que estos en si nos mostrarán cual es el mejor camino para resolver los problemas planteados según el tipo de variables e información a manejar, a continuación se muestra un poco de lo que la teoría nos dice de esto:

**Programación Lineal:** es una técnica matemática que se utiliza para la solución de diferentes tipos de problemas, tanto teóricos como prácticos, en diversas áreas del conocimiento. Consiste básicamente en la construcción, solución y análisis del modelo lineal de un problema dado. Entendiéndose por modelo lineal aquel que está integrado única y exclusivamente por funciones lineales”.

**Programación No Lineal:** En matemáticas, **Programación no lineal (PNL)** es el proceso de resolución de un sistema de igualdades y desigualdades sujetas a un conjunto de restricciones sobre un conjunto de variables reales desconocidas, con un función objetivo a maximizar (o minimizar), cuando alguna de las restricciones o la función objetivo no son lineales.

**Programación entera mixta:** La programación lineal entera es aquel proceso de solución de un sistema de ecuaciones en el que de forma híbrida se combinan variables o restricciones de tipo lineal y de tipo binario.

En forma general, teniendo en cuenta la utilidad que cada uno de ellos puede brindar para la cumplir con el objetivo en estudio, y viendo en sí, cual es más acertado para la misma, se determinó que lo que más se ajusta a lo proyectado de lo anteriormente nombrado será el modelo de hamiki (P-medians), el cual utilizará un método de resolución por medio de programación mixta y se hará en el programa Gams, por lo que a partir de este momento trabajaremos con los supuestos necesarios para construir este modelo.



## **Empresa**

Diebold, es una empresa internacional, líder en la integración de soluciones de autoservicio financiero, seguridad total integrada, cajeros electrónicos, automatización de transacciones y seguridad especializada. Ofrece productos y servicios al sector financiero, comercial, industrial, tiendas de cadena, entidades gubernamentales y el sector de la educación, así también como el retail.

Ofrece una línea completa de soluciones de autoservicio, seguridad y mantenimiento. Con un rango amplio de soluciones de autoservicio, software, seguridad, así como servicios de consultoría y soporte, ofrece una solución total e integrada, para las necesidades de cada organización.

## Historia

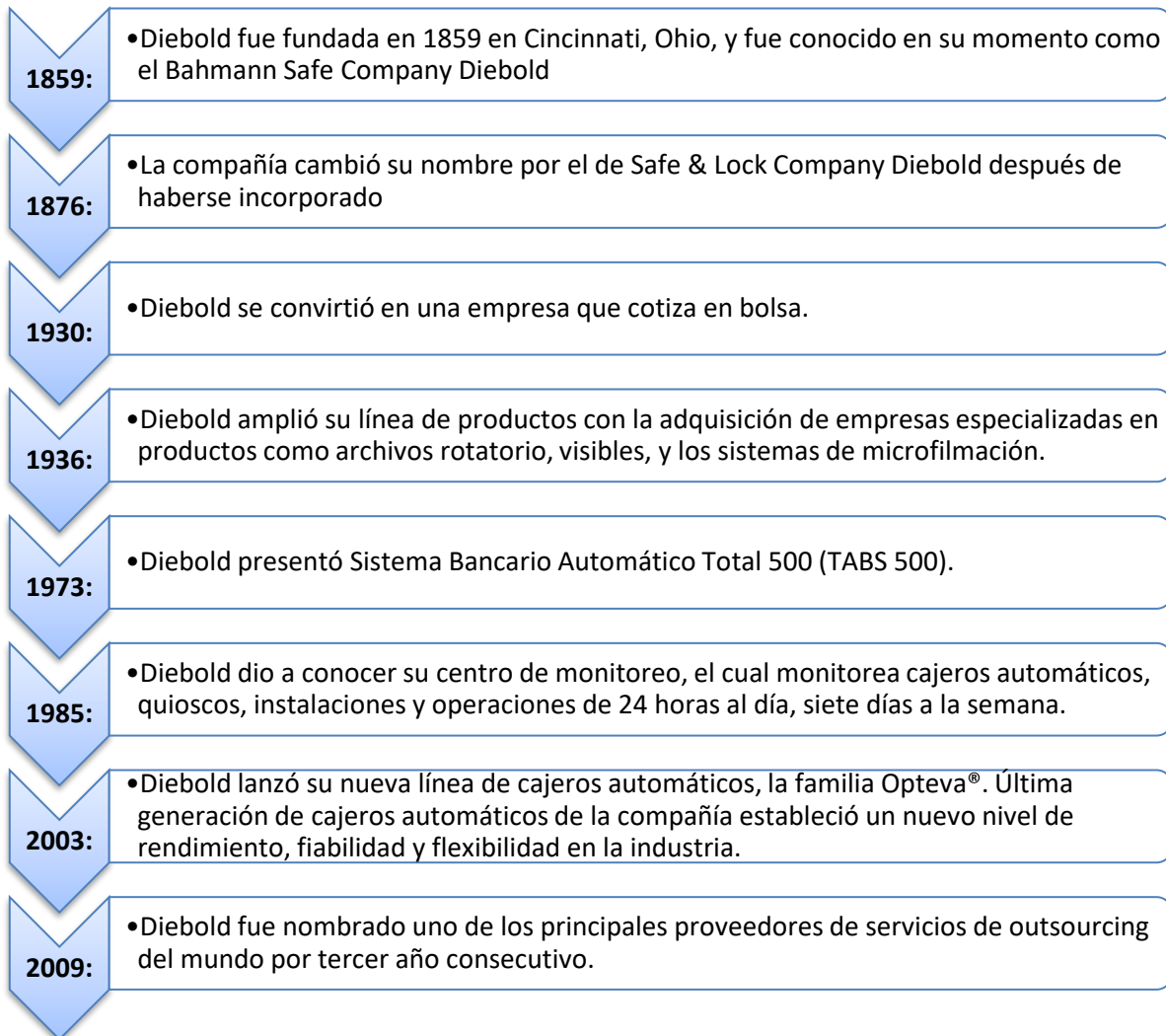
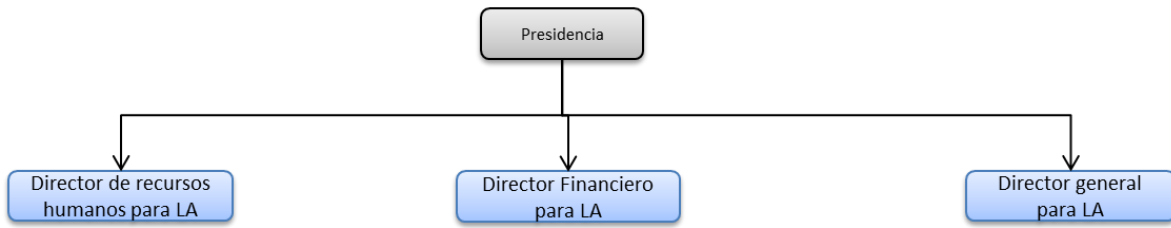
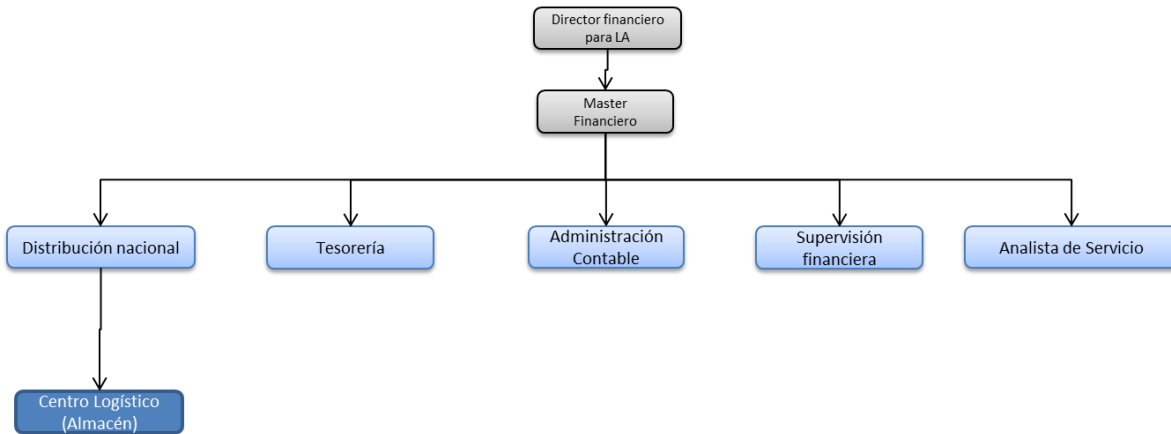


Ilustración 1. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Historia

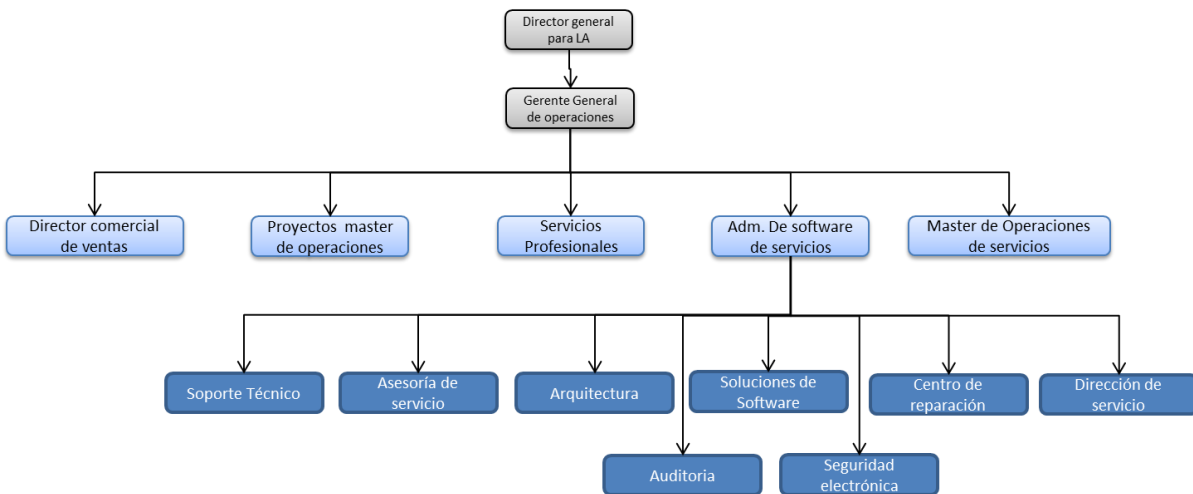
**Organización**



**Ilustración 2. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Organigrama 1**



**Ilustración 3. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Organigrama 1.1**



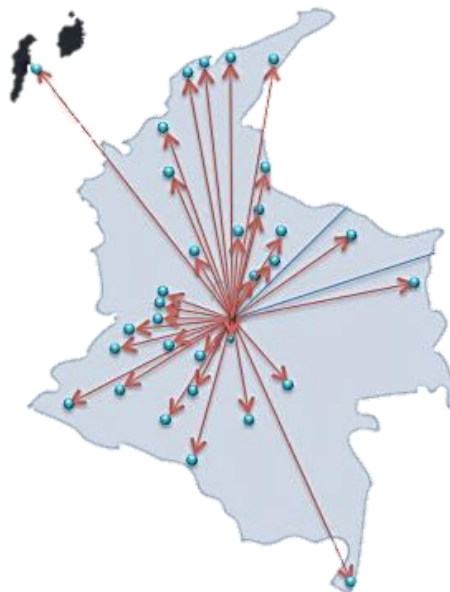
**Ilustración 4. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Organigrama 1.2**



**Ilustración 5. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Organigrama 1.3**

### Tamaño de la empresa

Diebold Colombia tiene más de 800 empleados presentes en todo el territorio nacional incluyendo un equipo de más de 400 ingenieros y técnicos.



**Ilustración 6. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Tamaño de la empresa**

## **Instalaciones**

Diebold Colombia, mantiene por separado sus dependencias administrativas, procesos de distribución y mantenimiento. La empresa cuenta con presencia nacional en más de 30 departamentos del país, constituida por 33 centros logísticos en las principales ciudades del país, una sucursal principal administrativa y un centro logístico de reparaciones, ubicados en Bogotá distribuidas de la siguiente manera:

Oficina:

Edificio Word Business Port

Carrera 69 No. 25B – 44

Oficina 1001

Bogotá, Colombia

Planta:

Centro logístico de reparación

Calle 19 no 69 – 25

Bogotá, Colombia

## **Productos y Servicios**

### **Productos de Autoservicio**

#### **Dispensador de efectivo**

Cuando desee rentable ampliar su huella de lo que los consumidores pueden experimentar transacciones rápidas, seguras y confiables donde quiera que estén, mira a los cajeros automáticos Diebold. Nuestros terminales están diseñados para proporcionar no sólo la máxima disponibilidad y la funcionalidad que se adapta a cada situación, pero para simplificar el servicio y menor costo total de propiedad, también.

#### **Reciclaje de efectivo**

Los costes de gestión de efectivo se suman rápidamente a través de las redes bancarias. Con la tecnología adecuada, pueden ser reducidos. Con Diebold terminales recicladoras de efectivo que automáticamente cambian cheques, cuentan y recirculan dinero depositado para ahorrarle tiempo y dinero.

- Asistencia en ventanillas
- Terminales de pago

## **Productos de Seguridad**

Diebold suministra soluciones de arquitectura y seguridad para instalaciones como: Las cajas fuertes resistentes, anti robos y bóvedas de seguridad que le dieron a Diebold su reputación como un experto en seguridad, hasta sistemas de seguridad electrónicos, equipos de seguridad física y servicios de monitoreo líderes de la industria.

### **Seguridad Física**

- Bóvedas y puertas de bóvedas
- Cajas fuertes
- Bóvedas tipo exclusiva
- Puertas de seguridad
- Pasa paquetes
- Seguridad perimetral

### **La seguridad electrónica**

- Automatización de edificios
- Sistemas de detección de incendios
- Sistemas de video vigilancia circuito cerrado de televisión
- Sistemas de monitoreo y administración de alarmas

### **Diagnóstico y Asesoría en Seguridad**

Brinda asesoramiento y control para el desarrollo y aplicaciones de sistemas de Seguridad, para optimizar los recursos y lograr economías al reducir fraudes, mermas y pérdidas.

- Administración y supervisión de proyectos
- Diseño e Ingeniería de proyectos
- Mantenimiento

## Mercado

Los clientes de Diebold Colombia están identificados como entidades bancarias, entidades gubernamentales, o cualquier otra empresa privada que requiera servicios o productos de seguridad. Actualmente Diebold Colombia maneja productos y servicios de seguridad ATM, que se ofrecen a todos los bancos y otras empresas extranjeras que funcionan en Colombia.



Ilustración 7. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Clientes

## Competencia

WINCOR

**WINCOR**  
**NIXDORF**

Ilustración 8. Wincor nixdorf. Wincor. Recuperado de <http://www.wincor-nixdorf.com/>

Es proveedor en soluciones IT (Information Technology) para los sectores de Retail y Banca. Dentro de su alta gama de productos se incluyen: Hardware, Software, Consultoría, Mantenimiento.

NCR



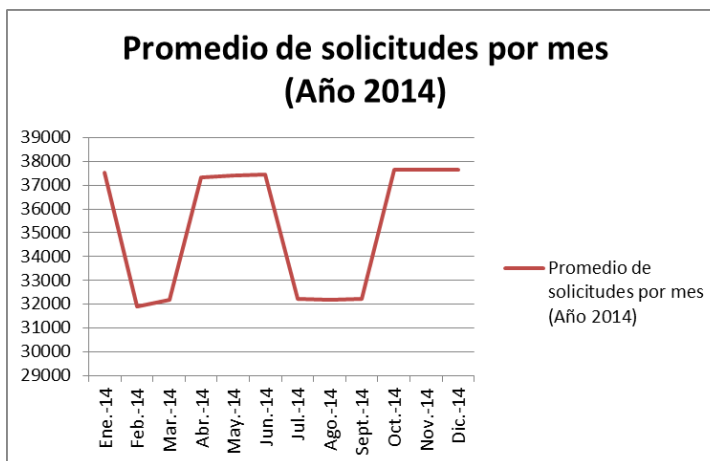
**Ilustración 9. NCR. NCR. Recuperado de <http://www.ncr.com/>**

Es un proveedor TIC especializada en soluciones para la venta al por menor y la industria financiera. Con productos como: cajas registradoras, cajeros automáticos, escáneres lectores de código de barras, consumibles electrónicos para empresas y bases de datos a gran escala.

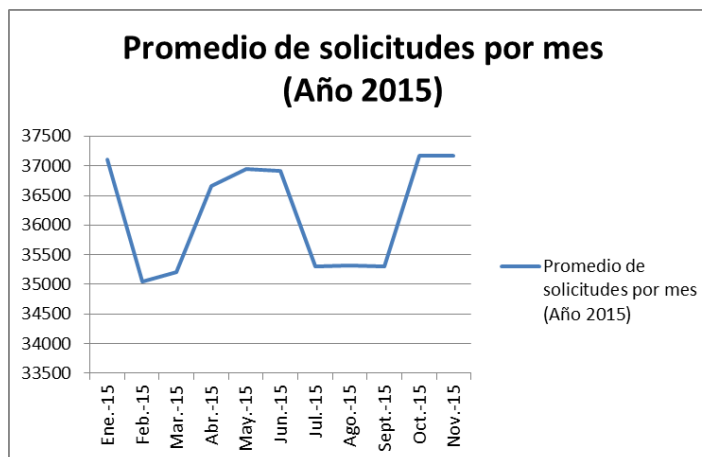
### Demanda

A continuación se muestra un resumen del comportamiento de la demanda de los años 2014 y 2015, en la que se evidencia una tendencia creciente, pero a su vez la cual ha comprometido el nivel de cumplimiento con los clientes

Mes	Cantidad Solicitudes	% Cumplimiento
Ene-14	37546	96%
Feb-14	31897	94%
Mar-14	32194	94%
Abr-14	37341	95%
May-14	37425	95%
Jun-14	37436	95%
Jul-14	32216	95%
Ago-14	32188	96%
Sept-14	32234	97%
Oct-14	37655	97%
Nov-14	37668	97%
Dic-14	37658	97%
<b>Promedio</b>	<b>35288</b>	



Mes	Cantidad Solicitudes	% Cumplimiento
Ene-15	37112	90%
Feb-15	35042	93%
Mar-15	35201	92%
Abr-15	36661	90%
May-15	36950	92%
Jun-15	36921	91%
Jul-15	35303	91%
Ago-15	35311	91%
Sept-15	35310	93%
Oct-15	37173	90%
Nov-15	37171	93%
<b>Promedio</b>	<b>36196</b>	

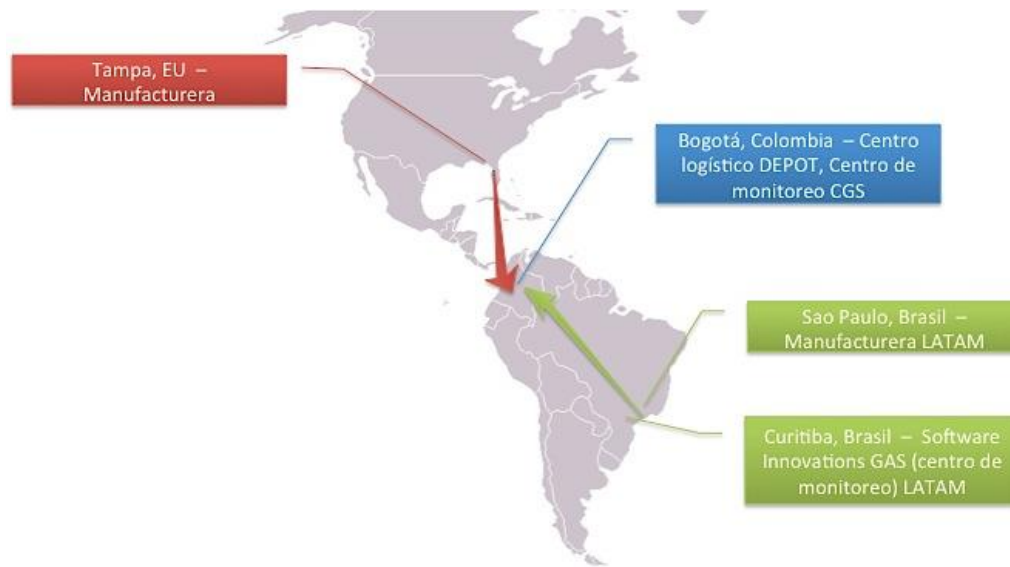




### Cadena de Abastecimiento

El abastecimiento de productos de Diebold Colombia, es realizado desde Sao Paulo, Brasil y Tampa, Estados Unidos.

Diebold Colombia, no cuenta con una fábrica manufacturera, pero si cuenta con una sede ensambladora, por lo tanto el centro logístico se conforma como un almacén de partes o repuestos (Productos semi-terminados).



**Ilustración 10. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Abastecimiento a Colombia**



Ilustración 11. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Abastecimiento nacional

### Alcance y propuesta del proyecto

#### Alcance

El alcance de este proyecto incluye, realizar el estudio de localización entre las posibles alternativas en la ciudad de Bogotá y la demanda que atenderá el centro logístico que está abierto actualmente y los propuestos.

#### Propuesta

Con base a que Diebold solo cuenta con un centro logístico, a la creciente demanda de los ATM y a las grandes distancias que se están recorriendo, el proyecto consistirá en ver las distancias que actualmente se están recorriendo y con base a nuestros conocimientos poder brindarles a ellos una mejora en cuanto a estos recorridos para que así los tiempos de atención de estos clientes sean minimizados, ya que esto ha sido en los últimos meses la mayor fuente de problemas para la empresa, al causar retrasos e incumplimientos a sus clientes.

Dicha mejora se planea hacer indicando la apertura de otras instalaciones, para lo cual se hace necesario buscar sitios candidatos con respecto a las diferentes zonas de la ciudad en donde se están solicitando los servicios y de ellas escoger alguna o algunas de las que más se ajusten a este objetivo de minimizar la distancia recorrida.

## Metodología

A continuación se presenta paso a paso los procesos aplicados para la realización de este proyecto.

### Recolección de datos

Para darle solución a la problemática ya nombrada, lo primero que se hizo fue obtener la información necesaria sobre los ATM que Diebold atiende actualmente, para esto, la empresa suministró las direcciones y sucursales bancarias en donde estos cajeros estaban localizados, así entonces, fue que se tuvo certeza de que el número exacto de cajeros automáticos que se necesitarían analizar era de 1.043. *(Para ver la información referenciada remitirse al documento anexo#3).*

Posteriormente, es de conocimiento que varios de estos se localizan en zonas aledañas (Chía, Soacha, Cota, Zipaquirá, Cajicá) a la ciudad de Bogotá y que en si las direcciones no eran el sistema más exacto para ubicar dichos ATM, lo que se hizo para tener una referencia más exacta de sus ubicaciones fue referenciarlos geográficamente uno por uno con la ayuda del localizador de google maps. Dichas localizaciones dadas por una latitud y longitud. A continuación, se muestra un ejemplo *(Para ver la información referenciada remitirse al documento anexo#4).*

**Tabla 1. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Localizaciones geográficas.**

N°	BANCO	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
1	Bancolombia	Cl. 11 # 11 - 35, Chía	4,8632420	-74,0591780
2	Bancolombia	Cl. 2 # 2 - 40, Chía	4,8494150	-74,0539740
3	Bancolombia	Carrera 4 # 12 - 30	4,8098080	-74,0993500
4	Bancolombia	Ak 45 # 193 - 34, Makro	4,7701800	-74,0411220
5	Bancolombia	Carrera 43 # 173 - 98	4,7549110	-74,0449080
.	...	...	...	...
..	.....	.....	.....	.....
...	.....	.....	.....	.....
1039	Popular	Carrera 63 # 63 - 01	4,6748090	-74,0821620
1040	Popular	Calle 22 # 40 - 99	4,6304950	-74,0955520
1041	Popular	Calle 10 # 28 - 26	4,6089360	-74,0931490
1042	Popular	Calle 13 # 32 - 8	4,6159670	-74,0934340

1043	Popular	Carrera 1 # 0 - 65	4,5383070	-74,1194430
------	---------	--------------------	-----------	-------------

### Tratamiento de los datos

Con base a las ubicaciones obtenidas en el numeral anterior y con base a que esta información debía ser transformada para cálculos que se explicarán más adelante, lo que se hizo fue pasar las coordenadas geográficas a un sistema cartesiano, ya que de naturaleza estas ubicaciones venían dadas en un sistema de coordenadas esférico, este cambio de coordenadas fue posible con las siguientes fórmulas.

#### Ecuación 1

$$X = r \cos(\theta) \cos(\phi)$$

#### Ecuación 2

$$Y = r \cos(\theta) \sin(\phi)$$

#### Ecuación 3

$$Z = r \sin(\theta)$$

*En donde  $\theta$  será la latitud y  $\phi$  la longitud.*

Dichos cambios se evidencian en el ejemplo a continuación, pero fueron registrados de manera completa en el documento *anexo #4*.

**Tabla 2. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Conversión de coordenadas esféricas a cartesianas.**

N°	BANCO	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD	X	Y	Z
1	Bancolombi a	Cl. 11 # 11-35, Chía	4,863242 0	-74,0591780	1743,46	6103,95	540,1 2
2	Bancolombi a	Cl. 2 # 2-40, Chía	4,849415 0	-74,0539740	1744,05	6103,92	538,5 9
3	Bancolombi a	Carrera 4 # 12-30, Cota	4,809808 0	-74,0993500	1739,32	6105,66	534,2 0
4	Bancolombi a	Ak 45 # 193-34, Makro	4,770180 0	-74,0411220	1745,62	6104,24	529,8 1
5	Bancolombi a	Carrera 43 # 173- 98	4,754911 0	-74,0449080	1745,21	6104,43	528,9 8
	...	...	...	...	...	...	...
	....	....	....	....	....	....	....
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
103 9	Popular	Carrera 63 # 63-01	4,674809 0	-74,0821620	1741,49	6106,33	519,2 4
104 0	Popular	Calle 22 # 40-99	4,630495 0	-74,0955520	1740,17	6107,12	514,3 3
104 1	Popular	Calle 10 # 28-26	4,608936 0	-74,0931490	1740,48	6107,23	511,9 4
104 2	Popular	Calle 13 # 32-8	4,615967 0	-74,0934340	1740,43	6107,18	512,7 2
104 3	Popular	Carrera 1 # 0-65	4,538307 0	-74,1194430	1737,85	6108,63	504,1 1

### Elección del punto central y zonificación de los ATM

Se procedió a montar una grilla o cuadrícula sobre la ciudad para dividir por zonas (norte-orientado-occidente-sur) los cajeros que iban a ser atendidos, pero como Bogotá no está perfectamente distribuida para hacerlo, se necesitó partir de un punto central del cual determinar las zonas, hallando las distancias que recorrería cada uno de los ATM en caso de suplir las demandas de los otros por medio de la ecuación

#### Ecuación 4

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2 + (z1 - z2)^2}$$

En donde  $x1$ ,  $y1$ ,  $z1$  serán las coordenadas cartesianas de los orígenes y  $x2$ ,  $y2$ ,  $z2$  serán las de los destinos.

Es decir que se toma en cuenta que cada uno de los 1.043 cajeros en sí, sería un centro de distribución. Con ello la resultante es una matriz cuadrada de distancias de 1.043 filas por 1.043 columnas, de las cuales según unas sumatorias realizadas en cada fila, determina que la de menor distancia recorrida es la correspondiente a la ubicación del cajero 645 de la base de datos, con lo cual así se dedujo que este será el punto central hacia los demás ATM y que a partir de estas coordenadas se realizaría la división de la ciudad (*Para ver la información referenciada remitirse al documento anexo#4*).

**Tabla 3. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Ejemplo de la matriz cuadrada original y la sumatoria efectuada.**

		CAJEROS					Sumatoria
		1	100	645	800	1.043	$\Sigma$
CAJEROS	1	0	1,64204998	7,42388277	10,5396451	11,2879445	30,8935224
	100	11,64204998	0	6,68382378	8,92487138	9,69254886	36,943294
	645	2,42388277	4,68382378	0	3,81316359	1,96635967	12,8872298
	800	10,5396451	8,92487138	7,81316359	0	0,94742228	28,2251024
	1.043	11,2879445	9,69254886	7,96635967	0,94742228	0	29,8942753

Ya teniendo como referencia la latitud y longitud de este cajero, se utilizaron estas coordenadas como filtro para que según la ubicación de los demás ATM, quedarán clasificados en zonas principales (norte, sur, orientado y occidente) e intersecciones (norte-occidente, norte-orientado, sur-occidente y sur-orientado).

Referencia	Lat: 4,674343	Long: -74,081551
Filtro:		

**Tabla 4. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Filtro norte-sur, ejemplo tomado del original.**

	LAT. (y)	LONG. (x)	x	y	z	1:Nor 0:sur
			-			
1	4,863242	74,059178	1743,45995	6103,95447	540,11874	1
			-			
2	4,849415	74,053974	1744,0501	6103,92124	538,586768	1
3	4,809808	-74,09935	1739,31708	6105,65715	534,198307	1
			-			
4	4,77018	74,041122	1745,62234	6104,24016	529,807264	1
			-			
1038	4,668478	74,079759	1741,76081	6106,31065	518,536859	0
			-			
1040	4,630495	74,095552	1740,17142	6107,11977	514,327241	0
			-			
1041	4,608936	74,093149	1740,48047	6107,23247	511,937778	0
			-			
1042	4,615967	74,093434	1740,43286	6107,18066	512,717058	0
			-			
1043	4,538307	74,119443	1737,84894	6108,63291	504,1092	0

#### **Elección de los puntos candidatos**

Como el modelo necesita evaluar ciertos puntos candidatos y con base al paso anterior en el que se ubicaron los cajeros por zonas, se procede en este paso a aplicar la misma ecuación de la distancia, pero en este caso para cada uno de esos grupos de cajeros, con lo cual se formaron también la matrices de distancias y se escogieron las menores sumatorias igual que como se hizo en el paso anterior, con ello se consiguió también los puntos centrales, por cada una de las zonas, mencionadas anteriormente, con lo cual automáticamente se generaron los candidatos requeridos para el modelo. Dichas localizaciones candidatas fueron las ubicaciones de los cajeros que se presentan a continuación:

**Tabla 5. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Tabla candidatos tomada del anexo#4.**

Candidatos	# Cajero	Entidad Bancaria	Dirección	Latitud	Longitud
1	645	SVB	Cra. 63 #63-01	4,6743430	-74,0815510
2	704	SVB	Cl. 127c #50A-64	4,7113430	-74,0586520
3	1040	POPULAR	Cl. 22 #40-99	4,6304950	-74,0955520
4	135	BANCOLOMBIA	Ak. 68d #19-35,	4,6467220	-74,1165720
5	163	DAVIVIENDA	Cl. 106 #20-11	4,6931150	-74,0546730
6	1002	POPULAR	Transversal #100	4,7105660	-74,1108510
7	46	BANCOLOMBIA	Ak 45 #129a-5,	4,7161300	-74,0527660
8	383	OCCIDENTE	Cra. 13 #56-59	4,6435580	-74,0645330
9	805	BBVA	Cra. 56 #4-37 la trinidad	4,6212260	-74,1185410

### Construcción del modelo

Luego de haber elegido los candidatos y de construir una tabla de distancias entre estos y los cajeros, lo siguiente fue utilizar el programa de optimización GAMS para construir y correr el modelo elegido (P-medians), para su construcción se utilizaron los siguientes comandos:

- **\$ o \*** para determinar que se iban a hacer comentarios.
- **ONTEXT** inicio del comentario.
- **OFFTEXT** fin del comentario.
- **SET** para identificar los conjuntos a trabajar en el modelo, en este caso se trabajaron los conjuntos r y c para referirnos a los candidatos y cajeros respectivamente.
- **PARAMETER** para referirnos a los datos que iban a estar entre r y c, en este caso esos datos fueron las distancias entre unos y otros, por lo que el parámetro será distancia.
- **GDXRW** para cargar un archivo con extensión xlsx.
- **DISPLAY** este es un comando optativo para visualización.
- **VARIABLES** define las variables del modelo a trabajar, en este caso fueron X, Y, Z.
- **BINARY VARIABLES** para definir cuáles de las variables a trabajar serán binarias.
- **EQUATIONS** define las ecuaciones con las que se alimentará el modelo, en este caso se trabajaron las ecuaciones objetivo, instalaciones, demanda y asignación.
- **MODEL/ALL** hace referencia al modelo que se quiere leer y en cuanto proporción se va a leerlo.
- **SOLVE** para general la solución del modelo



## Modelo en GAMS

A continuación se muestra como quedó el modelo ya construido en el programa:

```

$ONTEXT
Modelo deibold
Autores: Luis Felipe Basto Ruiz
         Nancy Andrea Fuertes Guerra
         Deisy Liliana Gamez
         Joan Sebastián Páez Molina
$OFFTEXT

set r localizaciones candidatas /r1*r9/
    c cajeros a atender /c1*c1043/;

Parameter p(r,c) distancia entre la localización r y el cliente c;

$call GDXXRW indata.xlsx trace=3 par=p rng=hoja1!a1 rdim=1 cdim=1
$GDXIN indata.gdx
$LOAD p
$GDXIN

Display p;

Variables
X(r) Binaria si la localización candidata r se abre o no
Y(r,c) Binaria si la localización candidata r atiende o no al cliente c
Z Distancia ponderada;

Binary variables
X,Y;

Equations
Objetivo valor de la función objetivo
Instalaciones Número máximo de instalaciones
Demanda(c) Cumplimiento de demanda
Asignacion(r,c) Un cliente se atiende solo desde una localización candidata;

Objetivo.. Z =e= sum((r,c), p(r,c)*Y(r,c));
Instalaciones.. sum((r), X(r)) =e= 1;
Demanda(c).. sum((r), Y(r,c)) =e= 1;
Asignacion(r,c).. Y(r,c)-X(r) =1= 0;

Model Modelodeibold /All/;
Solve Modelodeibold USING MIP MINIMIZING Z;

```

**Ilustración 12. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Construcción del modelo tomado del programa GAMS.**

### Corrida del modelo y evaluación de resultados

Después de haber estructurado el modelo en GAMS como se hace referencia en el paso anterior, en este paso se realiza la respectiva corrida de dicho modelo, con lo cual según análisis de diferentes escenarios se obtuvieron los siguientes resultados:

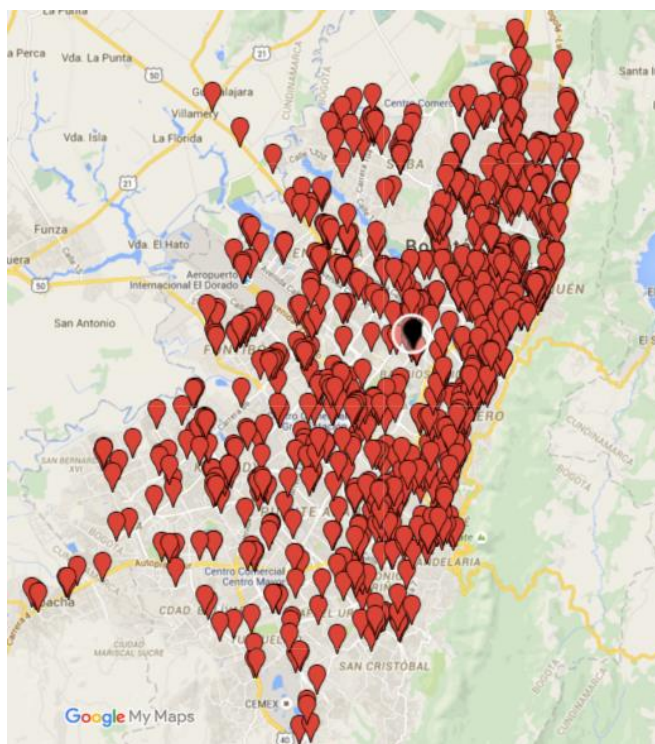
#### Escenario 1

En este escenario lo que se hizo fue escribir en el modelo que se quería abrir una sola localización de las opciones candidatas, como resultado él nos arrojó que debe ser el candidato #1 el cual atenderá a todos los demás cajeros, esto lo hizo con un valor recorrido minimizado de 7173.35 Kilómetros.

**Tabla 6. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Resultados del modelo 1 escenario.**

	c1	c2	.....	c1.043
r1	1	1	1	1
r2	0	0	0	0
r3	0	0	0	0
.....	0	0	0	0
r9	0	0	0	0

Z1er esc.= 7.173,35



**Ilustración 13. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Mapa personalizado, Google maps. Cajeros Diebold y el punto central. Escenario 1.**

**Escenario 2**

Para este escenario y los posteriores, teniendo en cuenta que es más probable que la compañía quiera abrir otra sucursal y no cambiar su ubicación, se introdujo entonces la ubicación de Diebold como otro candidato, se puso una restricción que fijó a Diebold y se escribió que el número de aperturas entonces sería de 2, con lo cual, como resultado se obtuvo que el otro punto que debía abrirse era el candidato #2, a continuación se muestra la asignación para cada uno de ellos:

**Candidato #2 (504 cajeros) atenderá:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	91	92	93	94	95	96	97	98
99	100	101	102	104	105	106	107	108	121	151	152
153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164
165	166	167	169	170	171	172	173	174	175	176	177
220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
232	233	234	235	236	237	238	239	242	243	249	251
252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	263	264
274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285
286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297
298	299	300	301	343	344	345	347	348	352	353	354
355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366
367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	406	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423
424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435
436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	447	448
449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	485
486	487	488	489	490	491	545	546	547	548	549	550
551	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571
572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583
590	591	592	595	640	642	645	646	658	659	660	661
662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673
674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685

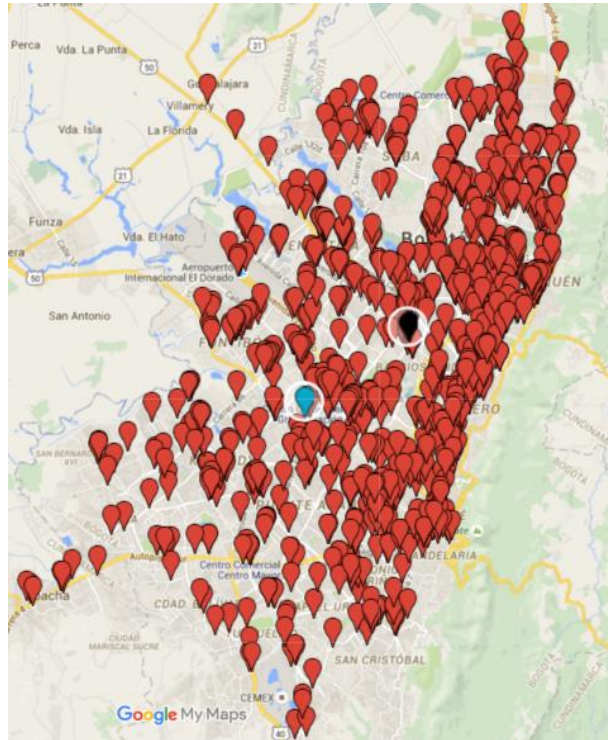
686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697
698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709
710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721
722	723	724	725	726	727	729	735	736	737	738	828
829	830	831	832	835	836	837	838	839	840	841	842
843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854
855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866
867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878
879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890
891	892	893	894	895	897	898	899	900	901	903	904
905	906	907	908	909	923	946	947	948	949	950	951
952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963
964	965	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991
992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003
1005	1006	1007	1008	1011	1012	1013	1035	1036	1037	1039	

Diebold atenderá el número restante (539 cajeros).

Para este escenario la distancia se minimizó a un valor en kilómetros de:

Z2do esc.=	5.151,42
------------	----------

**Tabla 7. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia minimizada.**



**Ilustración 14. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Mapa personalizado, Google maps. ATMS Diebold, (indicador rojo), sucursal actual Diebold, (Indicador azul) y 1er punto nuevo (negro). Escenario 2.**

### Escenario 3

En este nuevo escenario lo que se hizo fue escribir en el modelo que el número de candidatos que se querían abrir iba a ser igual a 3 localizaciones, pero que una de ellas fuera Diebold con lo cual, como resultado se obtuvo que debían ser abiertos los candidatos #1 y #5, y cada uno de ellos atendería los siguientes cajeros:

#### **Candidato #1 (223 cajeros):**

49	50	51	82	83	84	85	86	87	88	89	90
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	122	123	142	148	149	167	168	173	174	176	177
178	187	188	189	194	223	224	225	232	238	239	240
241	242	243	244	261	262	264	265	266	298	300	301
302	303	304	305	306	307	343	349	350	352	353	377

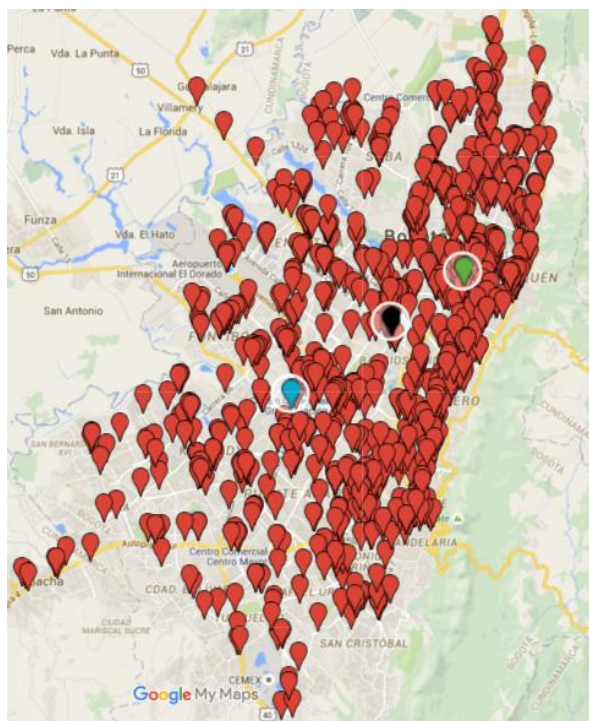
378	379	380	381	382	383	384	385	386	405	406	412
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452
453	454	455	456	457	472	485	488	489	490	491	492
493	541	542	543	544	545	546	547	555	557	558	559
560	561	562	563	564	565	589	595	635	638	639	640
641	642	644	645	646	647	648	649	650	653	654	655
656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	691	730
731	733	734	735	736	738	778	818	819	822	823	824
825	826	827	828	829	830	833	834	835	836	837	838
846	868	869	870	871	892	893	894	895	896	902	903
904	905	917	918	919	920	921	922	923	924	926	927
929	932	964	965	966	967	968	997	998	999	1002	
1003	1008	1009	1011	1013	1038	1039					

**Candidato #5 (418 cajeros):**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
45	46	47	48 52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
91	92	93	94	95	96	97	98	121	151	152
153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163
164	165	166	169	170	171	172	175	220	221	222
226	227	228	229	230	231	233	234	235	236	237
249	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
263	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283
284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	299	344	345	347	348	354	355	356
357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367
368	369	370	371	372	373	374	375	376	414	415
416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426
427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437
438	439	440	458	459	460	461	462	463	464	465
466	467	468	469	470	471	486	487	548	549	550
551	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575
576	577	578	579	580	581	582	583	590	591	592
666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676
677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687
688	689	690	0	692	693	694	695	696	697	698

699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709
710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720
721	722	723	724	725	726	727	729	831	832	839
840	841	842	843	844	845	847	848	849	850	851
852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862
863	864	865	866	867	872	873	874	875	876	877
878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888
889	890	891	897	898	899	900	901	906	907	908
909	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955
956	957	958	959	960	961	962	963	982	983	984
985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995
996	1000	1001	1005	1006	1007	1012	1035	1036	1037	

Diebold atenderá los restantes (402 cajeros).



**Ilustración 15. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Mapa personalizado, Google maps. ATMS Diebold (rojo), sucursal actual Diebold (azul), 1er punto nuevo (negro) y segundo punto nuevo (verde). Escenario 3.**

#### Escenario 4

En este último escenario lo que se planteó en el modelo fue abrir 4 localizaciones, con Diebold nuevamente como una de ellas, con lo cual, como resultado se obtuvo que deben ser los candidatos #1, #5 y #8 y cada uno de ellos atendería los siguientes cajeros:

**Candidato #1 (116 cajeros):**

49	50	51	88	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	173	174	176	177	178
223	224	225	232	242	243	261	262	343	349	350
352	353	405	406	441	442	443	444	445	446	447
448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	472
485	541	542	543	544	545	546	547	564	565	595
635	638	639	640	641	642	644	645	646	662	663
664	665	691	731	736	738	812	818	833	834	835
836	837	838	846	868	869	870	871	892	893	894
895	896	902	903	904	905	922	997	998	999	1002
1003	1008	1009	1011	1038	1039					

**Candidato #5 (403 cajeros):**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	91	92	93	94	95	96	97	98	121
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162
163	164	165	169	170	171	172	175	220	221	222	226
227	228	229	230	231	233	234	235	236	237	249	251
252	253	254	255	256	257	258	259	260	274	275	276
277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294	295	296	344	345	347	348
354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365
366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	414
415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426
427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438
439	440	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467
468	469	470	471	486	548	549	550	551	567	568	569
570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581
582	583	590	591	592	666	667	668	669	670	671	672
673	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685
686	687	688	689	690	692	693	694	695	696	697	698

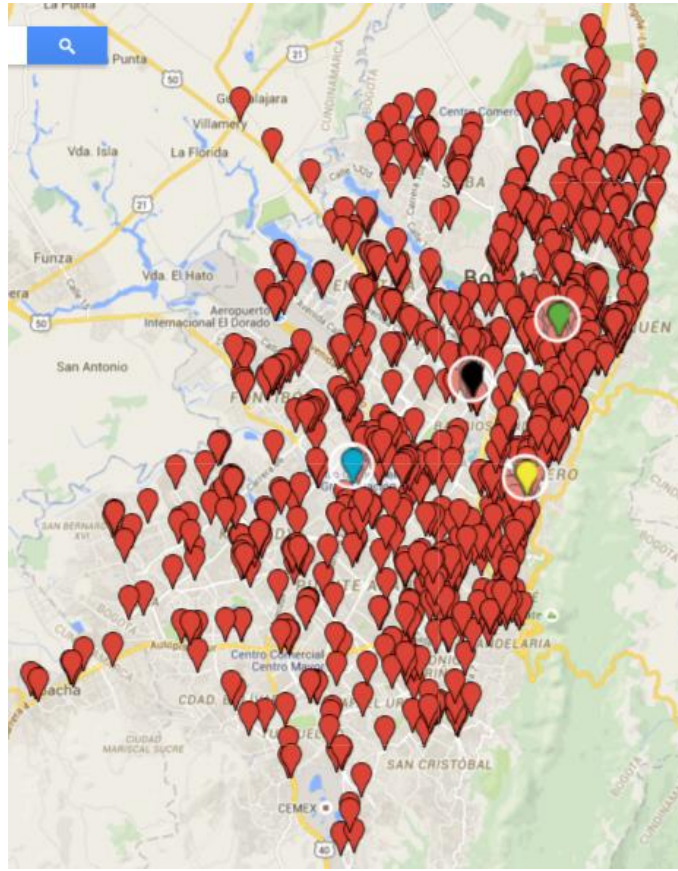


699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722
723	724	725	726	727	737	832	839	840	841	842	843
844	845	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856
857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	872
873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884
885	886	887	888	889	890	891	897	898	899	900	901
906	907	908	909	946	947	948	949	950	951	952	953
954	955	956	957	958	959	960	961	982	983	984	985
986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	1000
1001	1005	1006	1007	1035	1036	1037					

**Candidato #8 (229):**

79	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90
122	123	124	125	132	133	134	140	142	143	148
149	150	166	167	168	187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	199	202	217	218	219	238
239	240	241	244	263	264	265	266	267	297	298
299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309
310	311	312	313	314	315	320	323	324	346	377
378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388
389	394	399	400	412	487	488	489	490	491	492
493	499	504	508	509	510	511	512	513	538	539
552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562
563	566	587	588	589	601	602	603	604	616	617
647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657
658	659	660	661	674	729	730	733	734	735	744
746	747	748	761	762	763	764	765	766	767	768
769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779
783	784	810	815	816	819	822	823	824	825	826
827	828	829	830	831	917	918	919	920	921	923
924	926	927	929	930	932	937	938	939	945	962
963	964	965	966	967	968	973	974	975	976	1012
1013	1017	1018	1021	1022	1023	1028	1041	1042.		

Los restantes cajeros serán atendidos por Diebold (295 cajeros).



**Ilustración 16. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Mapa personalizado, Google maps. ATMS Diebold (rojo), sucursal actual Diebold (azul), 1er punto nuevo (negro), segundo punto nuevo (verde), tercer punto nuevo (amarillo). Escenario4.**

- Luego de estos escenarios, se hizo una quinta iteración en el modelo para ver si este escenario 5 en el que se abrirían 5 localizaciones también podría entrar dentro de las posibilidades, pero como se está viendo progresivamente el ahorro disminuye entre más localizaciones se abran, por lo cual esta iteración 5 que estamos nombrando no fue puesta por su baja proporción de ahorro con respecto a la anterior, con lo cual a partir de este momento solo contamos con los cuatro escenarios anteriormente propuestos, ya que como se dijo, con estos es que realmente se ve un ahorro que valga la pena implementar.

### Análisis de los distintos escenarios

Nuevamente haciendo el cálculo con la ecuación

#### Ecuación 5

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2 + (z1 - z2)^2}$$

En donde x1, y1, z1 serán las coordenadas cartesianas de los orígenes y x2, y2, z2 serán las de los destinos, es decir para este caso, partiendo desde las coordenadas de Diebold hacia las coordenadas de los demás cajeros, se puede ver que la distancia que actualmente la empresa está recorriendo es de 8488,67 kilómetros.

**Tabla 8. . Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia Diebold, – ATMS.**

	CAJEROS							Distancia Total
	1	2	3	.....	1.041	1.042	1.043	Σ
<b>DIEBOLD</b>	24,9019	23,5940	18,1894	.....	5,1617	4,5146	12,1334	8488,67

### Escenario 1

Ahora con base a los diferentes escenarios vistos anteriormente, si la empresa cambia de ubicación a lo dicho en el primer escenario, tendrá el siguiente ahorro:

**Tabla 9. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia minimizada.**

Z1er esc. =	7.173,35
-------------	----------

*Valor actual recorrido - Primer escenario = 1315,32 kilómetros*

Lo cual corresponde aproximadamente a un 15,5% de mejora con respecto al valor actual recorrido.

## Escenario 2

Ahora, siendo más realistas y sabiendo que es más probable que Diebold abra nuevas sucursales y no se traslade de ubicación, en el escenario 2 se plantea la apertura de una nueva sucursal pero con Diebold operando, esto tendrá el siguiente ahorro:

**Tabla 10. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia minimizada.**

Z2do esc.=	5.151,42
------------	----------

*Valor actual recorrido - segundo escenario = 3.337,25 kilómetros*

Lo cual corresponde aproximadamente a un 39,3% de mejora con respecto al valor actual recorrido.

## Escenario 3

En el escenario 3 se plantea lo mismo que en el anterior con Diebold, pero ahora se van abrirán 2 nuevas sucursales, con lo cual se tendrá el siguiente ahorro:

**Tabla 11. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia minimizada.**

Z3er esc.=	4.966,07
------------	----------

*Valor actual recorrido - tercer escenario = 3.522,60 kilómetros*

Lo cual corresponde aproximadamente a un 41,5% de mejora con respecto al valor actual recorrido.

## Escenario 4

En este último escenario de nuevo lo único que cambia es el número de instalaciones que se quieren abrir, ya que en este se dice que se abrirán 3 nuevas sucursales, con lo cual se tendrá el siguiente ahorro:

**Tabla 12. Basto F, Fuertes N, Gámez D, Páez J. (2016). Distancia minimizada.**

Z4to esc.=	4.524,69
------------	----------

*Valor actual recorrido - cuarto escenario = 3.963,98 kilómetros*

Lo cual corresponde aproximadamente a un 46,7% de mejora con respecto al valor actual recorrido.

## Conclusiones

- Se logró identificar que los criterios de prioridad para la localización del centro o centros logísticos fuera la demanda y la distancia ya que es de interés para la empresa satisfacer a todos sus clientes, los cuales día a día van aumentando y se van ubicando en lugares más distantes.
- Diebold es una empresa que ha logrado posicionarse en el mercado gracias a sus excelentes productos y servicios, también ha logrado adquirir parte de la competencia lo que ha implicado más clientes que atender por lo que Diebold se ve en la necesidad de crecer como su demanda, evaluando otros puntos de localización donde se da a conocer la demanda a atender por cada centro de acuerdo a la mínima distancia.
- En cuanto a la metodología empleada para el desarrollo del proyecto, se puede decir que el modelo de P-medians fue la herramienta que se ajustó para realizar el modelamiento de la problemática planteada en Gams, la cual como se vio fue una buena herramienta de optimización que permitió evaluar varios escenarios de los posibles puntos de localización, teniendo en cuenta siempre la mínima distancia.
- Los 4 escenarios muestran resultados favorables para la empresa Diebold pero se considera que el escenario número 2 es suficiente para mejorar la situación actual de la compañía, ya que viendo los escenarios posteriores entre más ubicaciones se abren en realidad no es mucho el ahorro con diferencia al anterior, por lo cual se plantea solo la apertura de un segundo centro logístico, el cual atendería aproximadamente la mitad de la demanda que maneja Diebold actualmente, y además de esto lo haría brindando un ahorro en distancias del 39,3% con respecto al valor actual recorrido, este nuevo centro debe ser abierto en las coordenadas del candidato #2.

## Bibliografía

- **Lindo Systems Official web page**

[http://www.lindo.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=10](http://www.lindo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=10)  
(2016)

- **Palisade Corporation** <http://www.palisade-lta.com/risk/> (2016)

- **Saavedra Rubiano Isabel. Modelo matemático para localización de plantas. Repositorio EAN.** (2013).

<http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/4606/SaavedraIsabel2013.pdf?sequence=1>

- **Itaim Ananias Pablo. Resolución del problema set covering utilizando un algoritmo genético.** [http://zeus.inf.ucv.cl/~bcrawford/MII-748-METAHEURISTICAS/Papers\\_BinaryMH/setcover.pdf](http://zeus.inf.ucv.cl/~bcrawford/MII-748-METAHEURISTICAS/Papers_BinaryMH/setcover.pdf). (2005)

- **Sala Garrido Ramón.** <http://www.uv.es/~sala/gams/14.PDF>.

- **De prada César. Autom.** <http://www.isa.cie.uva.es/~prada/MIP.pdf>.

- **GAMS official web pag. BRooke A. Kendrick D. Meeraus A.** <https://www.gams.com/>. (2016).

- **Diebold official web page.** <http://www.diebold.com/company/locations/latin-america>  
(2016)

- **Chopra Sunil, Meindl Peter. Administración de la cadena de suministro. Tercera edición cap. 3-4.**-(2008).

- **Hesse Owen Susan. Daskin S. Mark. Strategic facility location.** Paper Northwestern University. European Journal of Operational Research (1998).

## **Anexos**

Anexo no. 1 Carta de autorización empresa.

Anexo no. 2 Carta conformación de grupos proyecto.

Anexo no.3 Datos suministrados por Diebold.

Anexo no.4 Datos suministrados con georreferencias.

Anexo no.5 Demanda.