

OPTIMIZACION DE TIEMPOS DE RESPUESTA DE LA EMPRESA
TRANSPORTE AMBULATORIO MEDICO LTDA

TILA MARIA SANDOVAL ARCHILA

ANDRES FERNANDO BOCANEGRA SARMIENTO

TRABAJO DE GRADO

CENTRO DE ESTUDIOS EMPRESARIALES PARA LA PERDURABILIDAD

ADMINISTRACION DE EMPRESAS

FACULTAD DE ADMINISTRACION

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

BOGOTA D.C., AGOSTO DE 2010

OPTIMIZACION DE TIEMPOS DE RESPUESTA DE LA EMPRESA
TRANSPORTE AMBULATORIO MEDICO LTDA

TILA MARIA SANDOVAL ARCHILA

ANDRES FERNANDO BOCANEGRA SARMIENTO

TRABAJO DE GRADO

TUTOR:

VICTOR JAIME GARCIA

CENTRO DE ESTUDIOS EMPRESARIALES PARA LA PERDURABILIDAD

ADMINISTRACION DE EMPRESAS

FACULTAD DE ADMINISTRACION

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

BOGOTA D.C., AGOSTO DE 2010

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios por estar con nosotros en cada paso que damos.

A nuestros padres por brindarnos todo el apoyo y la confianza necesaria para sacar adelante nuestros objetivos y cumplir todas nuestras metas.

Un agradecimiento especial al Doctor Víctor Jaime García por la colaboración, paciencia, apoyo brindado y sobre todo por esa gran amistad que nos brindó por escucharnos y aconsejarnos siempre.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCION	9
2. ANTECEDENTES	11
3. DIFERENTES METODOS DE INVESTIGACION OPERATIVA	16
3.1. Proceso básico de Colas	17
3.2. Componentes del Proceso de colas	18
3.2.1. Fuente de entrega	18
3.2.2. Proceso de Llegadas	19
3.2.3. Cola	19
3.3. Instalaciones de servicios o Estaciones	19
3.3.1. Un servidor -una cola	20
3.3.2. Múltiples servidores (en paralelo)-Varias colas	20
3.3.3. Múltiples servidores (en paralelo) –Una cola	21
3.3.4. Múltiples servidores (en serie) – Una cola	22
3.3.5. Múltiples servidores –Fase múltiples	23
3.4. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA	24
4. PROBLEMA DE INVESTIGACION	30

4.1. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA	30
5. METODOLOGIA	31
Tabla 1: Datos de muestreo C.R.U.E	32
Tabla 2: Datos de muestreo TAM	33
5.1. ANALISIS DE DATOS	37
5.1.1. Propuesta complementaria	41
6. CONCLUSIONES	43
7. BIBLIOGRAFIA	44

Listas Especiales

Lista de Gráficos y tablas

Figura 1: Un servidor -una cola	15
Figura 2: Múltiples servidores (en paralelo)-Varias colas	16
Figura 3: Múltiples servidores (en paralelo) –Una cola	17
Figura 4: Múltiples servidores (en serie) – Una cola	17
Figura 5: Múltiples servidores –Fase múltiples	23
Tabla 1. Datos de muestreo C.R.U.E	32
Tabla 2: Datos de muestreo TAM	33

RESUMEN

Este trabajo de grado pretende dar a conocer como se ha optimizado el tiempo de respuesta de una empresa de ambulancias de Bogotá y como esto ha colaborado en que los servicios de urgencia de la ciudad hayan mejorado su calidad y su oferta. El nombre de la empresa de ambulancias es Transporte Ambulatorio Medico Ltda y se hace una breve reseña de su historia dentro del documento.

Para lograr demostrar si en realidad ha ocurrido una mejora se utilizo como base un estudio previo realizado en la universidad de los andes versus un muestre actual que los autores de este trabajo realizaron.

Se utilizaron principios de teoría de colas y herramientas estadísticas para colaborar con las conclusiones del presente documento

Los autores también proponen una posible solución para mejorar aun más el tiempo de respuesta.

PALABRAS CLAVE

- RENTING
- ATENCION PREHOSPITALARIA (APH)
- TRANSPORTE ASISTENCIA MEDICALIZADO TAM
- TRANSPORTE ASISTENCIAL BASICO TAB
- VEHICULO DE RESPUESTA RAPIDA VRR
- METAHEURISTICA

ABSTRACT

The purpose of the present study is to show how was optimized the response time of an ambulance company in Bogotá, Colombia and how it has helped to improve the quality and bid of the emergency services in the city. The name of this company is "Transporte Ambulatorio Medico Ltda". An overview of its history is provided in the present document.

In order to demonstrate that these improvements were occurred, The Present project was based in a previous study published by Andes University versus a sampling development done by the authors of the present project, reflecting the different results.

Using the principles of queuing theory and statistical tools let the authors get the conclusion of the present project. Finally, the authors also propose a possible solution to further improve in the response time.

KEY WORDS:

- Renting .
- Prehospital Care .
- Emergency transport assistance .
- Patient transport assistance .
- Rapid response vehicle .
- Metaheuristics .

1. INTRODUCCION

Bogotá es una ciudad que crece a pasos agigantados, los servicios básicos y necesidades médicas, juegan un papel muy importante ya que su correcto manejo y su oportuno servicio proporciona una idea de la calidad de vida de sus habitantes. Bogotá cuenta con aproximadamente 7 millones de habitantes según el censo realizado por el departamento administrativo Nacional estadístico de Colombia (DANE) realizado en el 2005, mostrando un crecimiento de más del 70 % en los últimos 20 años, los entes responsables por la prestación de servicio de salud deben ser coherentes respecto a las necesidades de una ciudad llena de problemas de movilidad, la desequilibrada balance en cuento vehículos automotores versus el numero de servicios que se atienden diariamente, los altos tiempos de respuesta en las ambulancias del distrito capital y la gran accidentalidad los cuales afectan directamente a la salud Pública, por estas razones es importante que estas problemática sean atendidas con la mayor seriedad posible.

A partir de todo este escenario problemático, el CRUE en el 2009 realiza un estudio de toda la cadena de eventos que involucra a una ambulancia al momento de prestar un servicio médico, efectúan una evaluación a los tipos de recursos disponibles y como su capacidad afecta el rendimiento de todo el sistema, llegando así a la proposición de posibles mejoras al sistema de salud Centro regulador de urgencias y emergencias de Bogotá. Una de las soluciones propuestas por el estudio "*Evaluación del despacho de ambulancias del Centro*

*Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)*¹ es el motivo primordial que da vida a esta investigación ya que pretende demostrar que lo planteado, ayudo o no al mejoramiento de los tiempos de respuesta del sistema médico de la ciudad de Bogotá, siendo la institución Transporte ambulatoria medica la responsable de esta misión.

Hoy en día Transporte ambulatorio medico es la empresa que en outsourcing y con contratación en modalidad de renting con el CRUE desarrolla actualmente el 100% de la propuesta de la tesis "*Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)*"². El desarrollo de esta investigación se maneja de la siguiente manera; en primer lugar se recolectara los datos a estudiar de los tiempos de llegada de las ambulancia que pertenecen a Transporte Ambulatorio Medico logrando así un punto de comparación con los tiempos antiguos tomados por el estudio mencionado en el 2009 sobre el desempeño de las ambulancias dentro del sistema. Como segunda instancia se estudiara estos datos aplicando el método de prueba de hipótesis de diferencia de medias el cual ayudara a evaluar las hipótesis planteadas y otras posibles soluciones a proyectar con las cuales se demostrara la optimización de los tiempos de respuesta de las ambulancias en Bogotá en particular aquellas operadas por la empresa Transporte Ambulatorio Medico Ltda quien en adelante se le denominará T.A.M.

1 J. A. Huertas, O. D. Barrera, N.M. Velasco (Ph.D), C. A. Amaya (Ph.D), Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)

2. ANTECEDENTES

Transporte Ambulatorio Medico es una organización que se conforma en el año de 1997 como respuesta al mercado colombiano el cual no tenía los equipos y la tecnología necesaria para brindar el servicio de transporte terrestre de personas. Parte de la necesidad de prestar un servicio social a la comunidad, permitiendo facilitar el traslado de pacientes inter-hospitalarios con los más altos estándares de calidad, oportunidad y sentido humano.

Inicia operaciones con dos vehículos (1997) con los cuales se desarrollaron servicios de apoyo y traslado por evento, para la capitación de Salud Total. Empieza a trabajar en diferentes campos de acción, inicialmente en Bogotá con SOAT y posteriormente en traslados a nivel nacional contratados por diferentes Instituciones para servicios de alta y baja complejidad.

Después de pocos años de operaciones la organización firma contratos con grandes entidades del país como:

I SALUD TOTAL EPS

I HUMANA VIVIR EPS

I FUNDACION HOSPITAL SAN CARLOS

I MEDICOS ASOCIADOS

I HOSPITAL OCCIDENTE DE KENNEDY

I VIRREY SOLIS IPS

I CLINICA EL BOSQUE

I HOGAR DE PASO LLANO Y ORINOQUIA

I SOAT

Así logran expandir su campo de acción a toda la ciudad de Bogotá y de esta manera lícita con diferentes instituciones distritales, Hospitales, IPS entre otros. Por otra parte la organización asume el reto de implementación del SGSSS, Ley 100/93, o Sistema general de seguridad social y salud, para ello organiza la infraestructura física, el recurso humano y la adecuación de los estándares de habilitación requeridos. De esta forma la empresa logra ser reconocida por su excelente servicio y calidez en la atención.

TAM decide más tarde penetrar en las ciudades de Medellín y Villavicencio ya que EPS de estas ciudades contactaban a la compañía para pedir el servicio de transporte de pacientes. La junta directiva de la compañía decidió crear filiales en estas dos ciudades para poder expandir su negocio y poder aumentar los servicios que la compañía brindaba. Sin embargo la compañía se vio en la necesidad de suspender sus operaciones en estas ciudades ya que la demanda de sus servicios no era alta, por lo tanto, no generaba utilidades y se decidió cerrar estas filiales.

La organización decide concentrar su mercado en la ciudad de Bogotá atendiendo sin embargo, a clientes nacionales e intermunicipales y brindando servicios de:

Transporte de baja complejidad (TAB)

Está conformado por ambulancias asistenciales destinadas al transporte de pacientes cuyo estado no represente un riesgo actual o eventual y que no necesiten durante el trayecto ningún procedimiento asistencial especial.

Transporte de alta complejidad (TAM):

El servicio de Atención Medicalizado de Transporte Ambulatorio Médico Ltda., realiza traslados de pacientes críticos o con alguna condición de inestabilidad, que por su diagnóstico requieren monitoreo permanente y deben ser transportados por un equipo de profesionales especialmente entrenados y en una ambulancia de alta complejidad.

Transporte alta complejidad Neonatal (TAM -N):

Traslado de recién nacidos que requieren monitoreo y deben ser transportados por un equipo de profesionales especialmente entrenados

Vehículos de respuesta rápida (VRR):

Son motos de alta cilindrada que tiene la facilidad de desplazarse dentro de la ciudad evitando la congestión y puede prestar atención inicial a los pacientes en tiempos de llegada inferiores a los que puede llegar cualquier otro tipo de vehículo de emergencia

Para brindar estos servicios la compañía se basa en el recurso humano y de la calidad de las personas de su organización, está conformado por personal médico, auxiliares de enfermería, comandantes, un radio-operador y administrativo. Este recurso humano está compuesto por colaboradores que de manera diaria apoyan la gestión de la organización. Actualmente la compañía tiene 400 empleados y esperan ser para el 2011 uno de los mejores servicios de ambulancia con mayor distinción a nivel nacional, con personal orgulloso y entusiasta el cual es reconocido por brindar el mejor servicio y un excelente trato a los pacientes.

La "Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)" realiza un análisis del servicio de una ambulancia mediante el diagnóstico de la cadena de incidentes, registrando tiempos de traslados del servicio prestado y evaluando los indicadores más importantes de desempeño, así mismo brindando factores reales sobre el proceso de atención de una emergencia en la ciudad de Bogotá.

De acuerdo con el gran papel que juega el centro regulador de urgencias y emergencias como entidad prestadora de un servicio básico, esta tesis tuvo en cuenta los parámetros de tiempos de los cuatro sub procesos más importantes, Tiempo de llegada, Pre hospitalario, Duración traslado, Despacho del paciente, es importante aclarar que para el desarrollo de nuestra tesis, solo nos interesa el tiempo de llegada a la atención de la urgencia.

El resultado del estudio nos indica la realidad del CRUE y la deficiencia de este :
"De acuerdo a lo anterior, se encontró que aproximadamente el 17.8 por ciento de las llamadas recibidas hubieran sido propiamente atendidas con la asignación de un recurso móvil o ambulancia y nunca fue realizado"².en la prestación del servicio, insuficiencia del parque automotor para poder suplir la necesidad básica de atención médica y los altos tiempos de respuesta de las ambulancias en el distrito capital.

² J. A. Huertas, O. D. Barrera, N.M. Velasco (Ph.D), C. A. Amaya (Ph.D), Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)

3. DIFERENTES METODOS DE INVESTIGACION OPERATIVA

El funcionamiento de los sistemas de Emergencia en ambulancias ha sido un área muy importante de estudio para la investigación operativa, puesto que cada día surge la necesidad de desarrollar o mejorar modelos matemáticos existentes para ayudar a perfeccionar la toma de decisiones y por ende optimizar la respuesta de atención.

Desde mediados de los 60's profesionales han realizado diferentes estudios sobre como optimizar tiempos de respuesta de las ambulancias, los equipos de bomberos y en general todos los vehículos de emergencia, por ende se ha entrado a evaluar el sistema en sí, llevando las investigaciones a diferentes puntos de estudio; por ejemplo, cómo y cuándo desplegar los recursos del sistema en sus diferentes estados, como disminuir los costos del sistema, la ubicación de los vehículos, el número de vehículos, el envío de vehículos y como minimizar el tiempo total o promedio para atender todas las llamadas del sistema.

Es por esto que es necesario conocer que es la teoría de colas, como método base de la investigación. En algún momento de nuestra vida hemos habitado la sensación de estar malgastando el tiempo al esperar en una cola. El fenómeno de las colas es algo natural; esperamos en bancos, en un semáforo, esperamos en un teléfono a que nos atienda un operador, en la cola de un supermercado para pagar. Pero en nuestro caso para la empresa Transporte Ambulatorio Médico Ltda, que juega el papel de prestador del servicio, cualquier disminución en tiempo de espera en la cola, les representa salvar vidas.

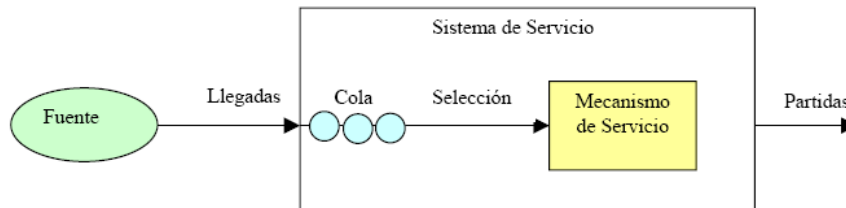
La Teoría de Colas nace cuando Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929) analiza la congestión de tráfico telefónico en Copenhague lo que le permitió concluir la hoy llamada teoría de colas o de líneas de espera.

Esta teoría es una herramienta de gran utilidad pues aporta soluciones importantes a los problemas de congestión. En primer lugar debemos definir a una Cola "como una línea de espera y la teoría como una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera, esto con el objeto de encontrar un buen compromiso entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado"³.

3.1. Proceso básico de Colas

"El proceso básico para la mayoría de los modelos de colas es el siguiente. Los clientes que requieren servicios, a través del tiempo, provienen de una fuente de entrada. Estos clientes llegan al sistema de servicios y se unen a una cola. En un tiempo determinado se selecciona un miembro de la cola, después, se brinda el servicio requerido por el cliente en un mecanismo de servicio y por último el cliente sale del sistema de servicio.

³ Singer, Donoso, Jadue, evaluación de las oportunidades de mejoramiento de la logística directa de emergencia., revista abante, vol. 7



3.2. Componentes del Proceso de colas

3.2.1. Fuente de entrega

Una característica de la fuente de entrada es su tamaño. El tamaño es el número total de potenciales clientes que pueden necesitar el servicio en un momento determinado. A partir de esta población, surgen las unidades que arriban que tienen como nombre Población o Fuente de Entrada, el tamaño puede ser finita o infinita, es decir que la fuente de entrada es limitada o ilimitada.

Es importante indicar el patrón específico mediante el cual se generan los clientes a través del tiempo. La suposición normal es que se generan de acuerdo al proceso de Poisson. Es decir las llegadas del sistema ocurren de manera aleatoria, pero con cierta tasa media fija y sin importar cuantos clientes están ya en el sistema (el tamaño de la fuente de entrada es infinito).

3.2.2. Proceso de Llegadas

Es la forma en que los clientes de la fuente de entrada llegan a solicitar un servicio. Lo más importante de los procesos de llegada es el tiempo entre llegadas, que es la cantidad de tiempo entre dos llegadas sucesivas de clientes a un sistema de colas.

3.2.3. Cola

Una cola se caracteriza por el número de clientes que puede admitir el sistema. Las colas pueden ser finitas o infinitas; el supuesto de una cola infinita es el estándar en la mayoría de los modelos, incluso las situaciones en las que existe una cota superior (relativamente grande) sobre el número permitido de clientes.

Los sistemas de colas en los que la cota superior son tan pequeños que se llegan a ella con cierta frecuencia, se conoce como cola finita.

3.3. Instalaciones de servicios o Estaciones

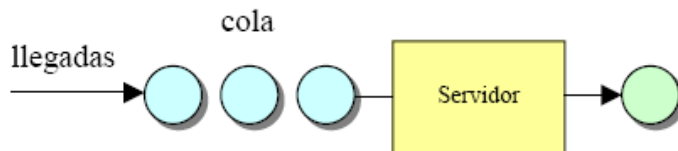
El módulo de servicio consiste en una o más instalaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales paralelos de servicios. Si existen más de una instalación de servicio puede ser que sirva al cliente a través de una secuencia de ellas (canales en serie de servicios). En una instalación determinada, el cliente entra en uno de estos canales y el servidor le presta el servicio completo.

El tiempo que transcurre para un cliente desde el inicio del servicio hasta su terminación en una instalación se llama tiempo de servicio (o duración de servicios). Un modelo de sistema de colas determinado debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio para cada servidor, aunque es común suponer la misma distribución para todos los servidores.

3.3.1. Un servidor -una cola

Es el tipo más sencillo de estructura y existen formulas directas para resolver el problema con distribución normal de patrones de llegada y de servicio.

Figura 1: Un servidor una cola

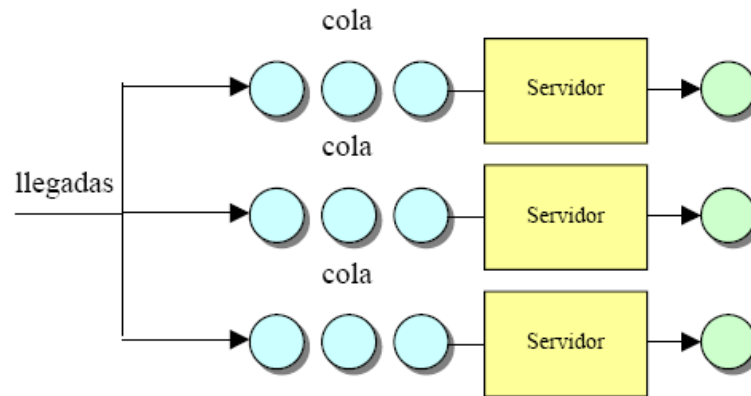


3.3.2. Múltiples servidores (en paralelo)-Varias colas

El problema con este formato es que las diferencias en el tiempo de servicio para cada cliente ocasionan un flujo o velocidad desigual en las colas. Como resultado de esto, algunos clientes son atendidos antes que otros que llegaron primero y

además producen cambios de una cola a otra (por ejemplo: las ventanillas de los bancos y las cajas de pago de los supermercados)

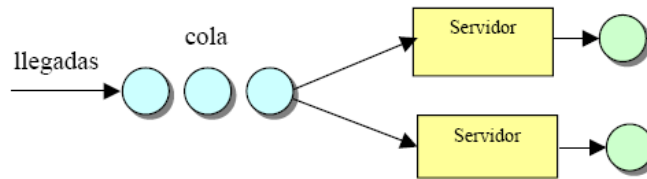
Figura 2: Múltiples servidores.



3.3.3. Múltiples servidores (en paralelo) – Una cola

Para modificar una estructura de manera que se asegure el servicio por orden de llegada, es necesario formar una sola cola, de la cual, al quedar disponible un servidor se le asigna el siguiente cliente. El principal problema con este formato es que requiere un estricto control de la cola para mantener el orden y dirigir a los clientes hacia los servidores disponibles.

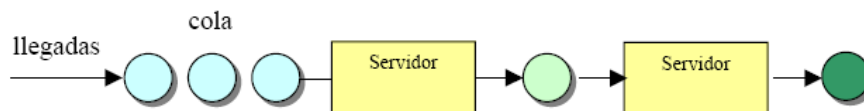
Figura 3: Múltiples servidores en paralelo.



3.3.4. Múltiples servidores (en serie) – Una cola

Un factor crítico del caso de un solo canal con servicio en serie es la cantidad de elementos que se acumulan al frente de cada servicio, lo cual genera colas de espera separada. Por la variación inherente de los tiempos de servicio, la situación óptima para extender el uso del servicio es admitir que se forme una cola de espera infinita frente a cada servidor.

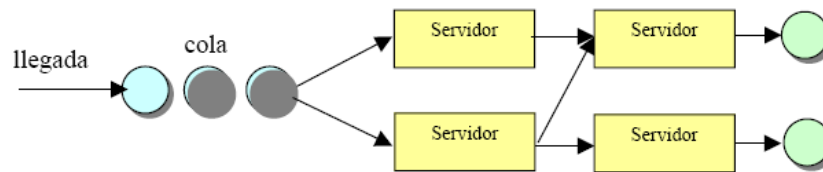
Figura 4: Múltiples servidores en serie.



3.3.5. Múltiples servidores – Fase múltiples

En este modelo se sigue una secuencia de pasos específicos, como en el caso de admisiones de pacientes en un hospital, es posible procesar más de un paciente a la vez, ya que generalmente existen varios servidores disponibles para este procedimiento.”⁴

Figura 5: Múltiples servidores, Fase múltiples.

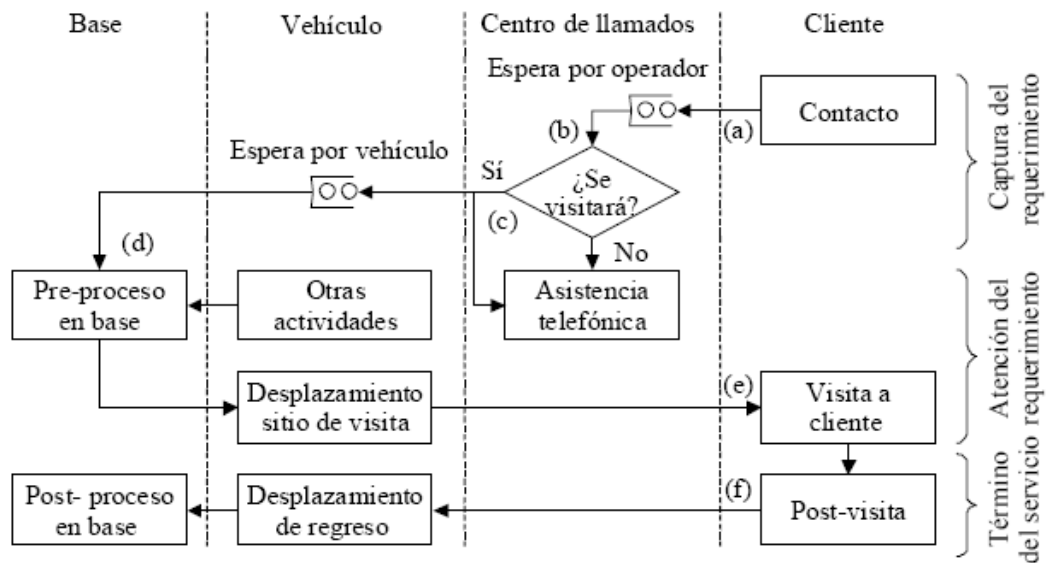


En el caso de la Empresa Transporte Ambulatorio Médico Ltda. El sistema puede abstener al llamado si el requerimiento es menor o de poca importancia sin embargo, la empresa tiene unidades destinadas para este servicio. Entre la decisión de enviar un vehículo y el momento en que se inicia el proceso de atención del requerimiento, puede producirse una segunda espera debido a la falta de vehículos. Mientras ocurre esa espera y luego mientras el vehículo va en camino, el operador eventualmente asiste telefónicamente al usuario, por ejemplo, dándole instrucciones de técnicas de resucitación.

⁴ Teoría de colas, Método cuánticos de organización Industrial. Fundamentals of Queueing Theory por Donald Gross y Carl Harris.

En la empresa se utilizan dos modelos de teoría de colas FIFO (primero en entrar primero en salir) y por prioridades⁵, es decir si son servicios programados se atienden de acuerdo al orden de llamado de solicitud y en ocasiones de urgencias se hacen de acuerdo al nivel complejidad del paciente

3.4. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA



Fuente: Singer, Donoso, Jadue, *evaluación de las oportunidades de mejoramiento de la logística directa de emergencia.*, revista abante, vol. 7

⁵ "<http://www.investigacion-operaciones.com/Curso_inv-Oper_carpeta/C_lase7_II.pdf> 28 de Julio de 2010

Existen muchos sistemas de colas diferentes, algunos modelos son muy especiales y otros se ajustan a modelos más generales, sin embargo es preciso estudiar los enfoques y estudios realizados sobre este tema en otros países y en Colombia como contexto de la investigación.

Referente al problema de relocalización de ambulancias, Brotcorne⁶ menciona que este problema es tratado de manera dinámica en el cual se realiza una continua relocalización

Durante el día, buscando la mayor cobertura posible. Sobre este tema podemos encontrar trabajos como:

Gendrau⁷ en el 2001 que busca maximizar la demanda cubierta al menos dos veces dentro de un radio de tiempo menos una penalización por la relocalización, esto mediante el modelo de relocalización de doble cobertura (Double Estándar Redeployment problema- DSRP), que es el resultado mediante la metahurística de búsqueda tabú paralela.

⁶ Brotcorne, I., et al. 2003. Ambulance location and relocation models. European journal of operational

research, 147, 451-463

⁷ Gendrau M., 1997 solving an ambulance location model by tabu search. Location science, 5, 75-88.

Más adelante Gendreau⁸ en 2006 maximiza el valor esperado de la demanda utilizando un modelo probabilístico denominado como el problema de relocalización con el máximo valor esperado de cobertura (Maximal Expected Coverage Relocation Problem - MECRP) para resolver de manera exacta el problema de relocalización de una flota pequeña de vehículos psiquiátricos.

Posteriormente encontramos un estudio que da solución al problema de localización y relocalización de las ambulancias de CRUE en la ciudad de Bogotá, con el objetivo de maximizar la población cubierta, es decir, obtener el mayor de personas que se encuentre al alcance de una ambulancia dentro de un rango de tiempo de respuesta oportuna, intentando obtener un servicio ágil y eficiente. Para la solución de estos dos problemas se utiliza la metahurística búsqueda tabú.

Savas⁹ describe un modelo de simulación que se utilizó en Nueva York, para localizar las ambulancias. El modelo sugería que las ambulancias debían ubicarse cerca de las aéreas con más demanda y con esto el rendimiento del sistema sería más alto.

⁸ Gendreau, M., 2001. A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation. *Parallel computing* 27,1641-1653

⁹ "<<http://www.jstor.org/pss/2628425>>" 7 de agosto de 2010

Larson utiliza el modelo Hypercubo, para examinar el despliegue de Ambulancias y evaluar las bases de estacionamiento de los vehículos de emergencias, bajo el supuesto, que las llamadas de emergencia están dadas por el modelo de distribución de Poisson.¹⁰

Berman y Larson¹¹ consideran la situación donde la demanda se produce de acuerdo con un proceso de Poisson, el servicio es aleatorio y sigue una distribución general, que es independiente de la localización de los vehículos. El modelo localiza un conjunto de vehículos para minimizar la distancia total del recorrido previsto, para atender todas las demandas. Considera la posibilidad de que los vehículos mejor ubicados sean ocupados y los que se encuentran en otras estaciones menos utilizadas, sean enviados para suplir a los vehículos con mayor ocupación, aumentando la posibilidad que el sistema este completamente ocupado y que los vehículos deban ir a la cola o ser enviados a un sistema operativo en paralelo; El modelo es similar al modelo propuesto en Jarvis en 1985; Parkan¹², descomponen el modelo de Berman y Larson, en un conjunto de problemas de tráfico y reconoce la importancia de reducir al mínimo los viajes y tiempo de espera del sistema.

¹⁰ Larson, R.C., 1974. A hypercube queueing model for facility location and redistricting in urban emergency services. Computers and Operations Research 1, 67-75.

¹¹ Berman, O. and Larson, R., 1982, "The median problem with congestion," Computers and Operations Research, vol. 9, pp. 119-126.

¹² Berman, O., Larson, R., and Parkan, C. (1987), "The stochastic queue pmedian problem", Transportation Science

Goldberg¹³ utiliza la teoría de colas, en la predicción de la media y desviación estándar, en los tiempos de viaje, en el sistema de Emergencias Médicas en Tucson (U S A).

En 1993 Repede, Jeffries, y Hubbard¹⁴ utilizan un modelo que se ajusta a la cobertura de espera de Daskin. Utilizando un sistema de software de fácil manejo, para localizar los vehículos de emergencia médica en Louisville. Este software es uno de los primeros esfuerzos que considera el "tiempo" como una dimensión determinante y explícita del modelo.

Marsh y Schiling¹⁵, los cuales hablan de la importancia de ser equitativos a la hora de distribuir los vehículos en las zonas de la ciudad. Para ellos, los administradores de los vehículos debían distribuir los, en grupos pequeños y así cubrir todas las zonas en su totalidad, es decir las zonas debían estar cubiertas con la misma agilidad y no se podía descuidar otras zonas con poco cubrimiento.

En Colombia se encontró un trabajo en particular enfocado a la Evaluación del despacho de Ambulancias del centro regulador de urgencias y emergencias en Bogotá C.R.U.E, realizado por J.A. Huertas, O.D Barrera, N.M. Velasco y C.A

¹³ Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., 1990, "Validating and applying a model for locating emergency medical vehicles in Tucson, Arizona," European Journal of Operational Research, vol. 49- 3,

¹⁴ Repede, J., Jeffries, C. and Hubbard, E., 1993, "ALIAS: A graphical user interface for an ambulance location model," International Journal of Operations & Production Management

¹⁵ Marsh, M., and Schilling, D., 1994, "Equity Measurement in Facility Location Analysis: A Review and Framework," European Journal of Operational Research

Amaya¹⁶. Este trabajo se desarrollo bajo el propósito de indicar los factores existentes en el proceso de atención de una emergencia en la ciudad de Bogotá y a partir de esto generar soluciones viables que pudieran mejorar la prestación del servicio de Salud, en este modelo se utilizo la teoría de colas para evaluar el sistema de emergencias de la capital.

¹⁶ "<<http://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/1122/1/H+2008+24.pdf>> 2 de mayo de 2010

4. PROBLEMA DE INVESTIGACION

¿Los tiempos de respuesta han mejorado con respecto a la medición anterior?

4.1. SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

¿La solución de la tesis "*Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulator de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)*" fue acertada y beneficia a los ciudadanos?

¿La empresa Transporte Ambulatorio Medico Ltda. Está cumpliendo con las expectativas del CRUE y de sus usuarios?

5. METODOLOGIA

En esta ocasión se quiere probar que lo planteo en el estudio realizado al CRUE en el año 2008, en la cual demuestran que existe una necesidad de aumentar el parque automotor para así, poder hacerle frente a la gran demanda de pacientes, a la poca oferta de vehículos y por ende a los prolongados tiempos de respuesta a la hora de prestar el servicio médico.

A través de este estudio se abre una oportunidad de crecimiento para la TAM, el cual ha sido la empresa encargada de asumir la licitación ejecutada en el 2009, por el Fondo Financiero distrital de salud.

Para dar inicio a nuestro estudio tomamos los tiempos de 10 vehículos aleatorios distribuidos en diferentes puntos de la ciudad durante un mes, los cuales se pueden ver en anexo 1 y se sacó el tiempo de respuesta promedio de atención al paciente. Para la situación inicial del C.R.U.E los tomamos del estudio realizado a este.

Para poder realizar nuestra comprobación de hipótesis, utilizaremos el método de prueba de hipótesis de diferencia de medias, con el cual podremos referenciar una Hipótesis nula y otra hipótesis alternativa y al final lograremos definir que hipótesis es cierta.

En primer lugar mostraremos los tiempos tabla 1 y tabla 2 y después realizaremos el método de prueba de diferencia de medias, entendiéndose por Tabla 1 como: datos de muestreo de *“Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulator de*

*Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)*¹⁷ y tabla 2 como: datos de muestreo Optimización de Tiempos de Respuesta de la Empresa Transporte Ambulatorio Medico LTDA.

Además de esto se realizara la medición de tiempos y análisis de estos de una prueba piloto presentada como propuesta complementaria de esta tesis para mejorar aun mas los tiempos de respuesta de las ambulancias.

Tabla 1. Datos de muestreo C.R.U.E

Variable	Media	D. Estándar	Percentil 90
Duración Arribo	14.50	16.99	26.65

Tabla 3: Indicadores de Demanda Insatisfecha

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Llamadas	45323	49112	42456	41222
Totales				
Ambulancias	18791	18059	15356	15677
Despachadas				
Demanda	8067	8742	7557	7338
Insatisfecha				

17 J. A. Huertas, O. D. Barrera, N.M. Velasco (Ph.D), C. A. Amaya (Ph.D), Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)

Tabla 2: Datos de muestreo TAM

TODOS LOS VEHICULOS

Media	0:12:53
Error típico	0:00:18
Mediana	0:10:00
Moda	0:10:00
Desviación estándar	0:09:36
Varianza de la muestra	0:00:04
Curtois	28.14589066
Coefficiente de asimetría	3.346925581
Rango	2:15:00
Mínimo	0:01:00
Máximo	2:16:00

Suma 11:56:00

Cuenta 0:00:00

Nivel de confianza

(95,0%) 0.000401578

MOVIL 5792 CON GPS

Media 0:12:07

Error típico 0:00:41

Mediana 0:11:00

Moda 0:17:00

Desviación estándar 0:07:03

Varianza de la muestra 0:00:02

Curtois 0.282922398

C o e f i c i e n t e d e a s i m e t r í a 0.594432685

R a n g o 0:34:00

M í n i m o 0:01:00

M á x i m o 0:35:00

S u m a 21:13:00

C u e n t a 0:00:00

N i v e l d e c o n f i a n z a

(95,0%) 0.000947678

M O V I L E 5 7 9 8 S I N G P S

M e d i a 0:15:42

E r r o r t í p i c o 0:00:59

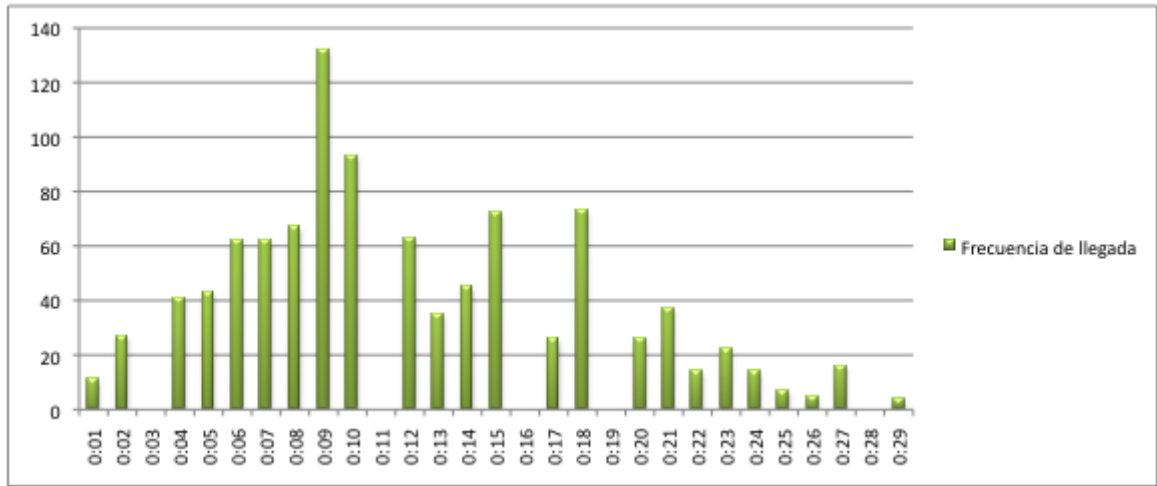
M e d i a n a 0:14:00

M o d a	0:08:00
Desviación estándar	0:08:47
Varianza de la muestra	0:00:03
Curto sis	3.20910106
C o e f i c i e n t e d e a s i m e t r í a	1.643871626
R a n g o	0:42:00
M í n i m o	0:05:00
M á x i m o	0:47:00
S u m a	20:56:00
C u e n t a	0:00:00
N i v e l d e c o n f i a n z a	
(95,0%)	0.001358075

5.1. ANALISIS DE DATOS

Se realizó una grafica de frecuencia de llegada para poder visualizar cuales es el tiempo de llegada más común

Datos de Frecuencia de Llegada



En primer lugar analizaremos la Situación A con la que se quiere comprobar si la prueba rechaza o acepta la hipótesis nula.

H_0 : No hay diferencia significativa para afirmar que el nuevo proceso disminuye los tiempos de servicio de arribo.

H_1 : Hay Evidencia significativa para afirmar que el nuevo proceso disminuye los tiempos de servicio de arribo.

$$H_0: \bar{X}_1 = 14.5$$

$$n_1 = 15.677$$

$$S_1 = 16.99$$

$$H_1: \bar{X}_2 = 12.5$$

$$n_2 = 1.081$$

$$S_2 = 9.36$$

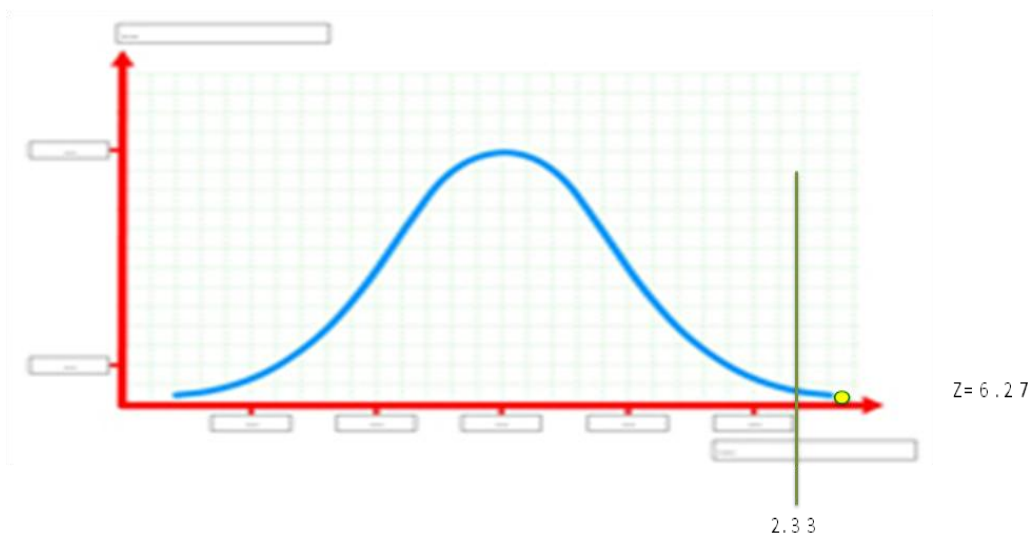
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S^2_1}{n_1} + \frac{S^2_2}{n_2}}}$$

$$Z = \frac{14.5 - 12.53}{\sqrt{\frac{288.66}{15.667} + \frac{87.60}{1.081}}}$$

$$Z = 6.27$$

El dato Z nos da mayor al que podemos encontrar en la tabla de distribución normal 6.27 entonces tomamos el nivel de significancia en nuestro caso es de 99% es decir 2.33, esto nos señala que cae dentro de la zona de Aceptación de la Hipótesis Alternativa.

DISTRIBUCION -Z Alternativa 1



Podemos concluir que existe una diferencia significativa en los tiempos de arribo de la empresa Transporte Ambulatorio Medico LTDA a diferencia del estudio realizado por el

C.R.U.E, es decir que el aumento en el parque automotor, de 70 ambulancias a 140 ambulancias al servicio de cualquier emergencia médica, ha marcado la diferencia entre el tiempo de respuesta de arribo.

En segundo lugar mostramos la tabla 3, la cual tiene los datos de muestreo de carros con sistema GPS, con la cual podremos analizar nuestra Situación B.

H_0 : No hay diferencia significativa entre el proceso nuevo y carros con GPS en la disminución de tiempos de arribo.

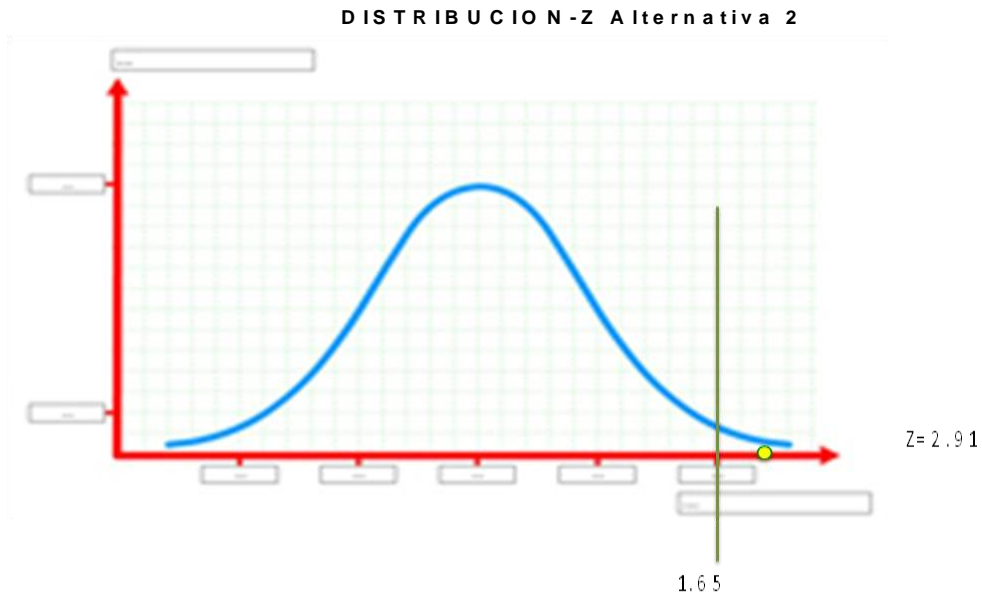
H_1 : Existe diferencia significativa en los tiempos de arribo de los carros que tienen sistema GPS.

$$\begin{array}{l}
 H_0: \bar{X}_1 = 15.42 \\
 n_1 = 81 \\
 S_1 = 8.47
 \end{array}
 \quad
 Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}
 \quad
 \begin{array}{l}
 H_1: \bar{X}_2 = 12.07 \\
 n_2 = 106 \\
 S_2 = 7.03
 \end{array}$$

$$Z = \frac{15.42 - 12.07}{\sqrt{\frac{71.74}{81} + \frac{49.42}{106}}}$$

$$Z = 2.91$$

El dato Z nos da 2.91, con un nivel de significancia en este caso del 95% es decir 1.66, esto nos señala que cae dentro de la zona de Aceptación de la Hipótesis Alternativa y la hipótesis nula se rechaza.



Esto nos demuestra que existe una diferencia de tiempos de respuesta en los carros que tiene GPS a diferencia de los que no tienen, como podemos observar no basta con aumentar el parque automotor, es necesario estudiar otras alternativas como lo demostramos en nuestro caso, la implementación de un sistemas GPS, que ayude a disminuir aun más los tiempos de respuesta de las ambulancias.

También podemos ver que la desviación estándar es de tan solo 7:03 (siete minutos tres segundos), a comparación con el promedio general de los vehículos que es de 9:06 (nueve minutos seis segundos) y versus la de la medición realizada en la Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá de 17.39 (diez y siete minuto treinta y siete segundos) lo cual indica que la respuesta de las ambulancias con GPS es más

confiable y asegura que no existan diferencias grandes en los lapsos de tiempo de tiempo de llegada de ambulancia.

5.1.1. Propuesta complementaria

Hemos notado que dada la compleja cartografía y malla vial de nuestra ciudad es muy complicado encontrar las direcciones exactas de los incidentes lo cual puede alargar el tiempo de llegada de la ambulancia, por esta razón proponemos que los vehículos utilicen GPS guía, los cuales dan al conductor instrucciones precisas de navegación (conducción) como a cuantos metros esta la dirección que esta buscando y en casos de urgencia le puede indicar cuáles es el hospital más cercano

En la prueba se utilizo el "El nüvi 205 que incluye cartografía de Colombia preinstalada, una completa base de datos de radares y millones de puntos de interés (POI) como hospitales, restaurantes, gasolineras, cajeros automáticos y mucho más. Simplemente introduce un destino y el nüvi te guiará hasta él mediante indicaciones giro a giro por voz y mapas 2D o 3D con relieves sombreados para que conozcas el terreno con todo detalle."¹⁸

¹⁸ "<www.pamacol.com.co> 28 de Julio de 2010



A parte de los resultados positivos que se obtuvieron en las mediciones durante un mes también anexamos los comentarios del médico tripulante de la móvil 5792

6. CONCLUSIONES

Al evaluar el desempeño de la empresa transporte ambulatorio médico en relación con el análisis de la Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulador de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.) observamos que el trabajo que se está realizando ha mejorado los tiempos de respuesta en general del sistema.

Evaluamos la oportunidad de aumentar el parque automotor y encontramos que la solución planteada por el C.R.U.E e implementada hoy en día fue acertada al momento de querer disminuir los tiempos de respuesta de las ambulancias del Centro Regulador de urgencias y emergencia de la ciudad de Bogotá.

La empresa Transporte Ambulatorio Médico Ltda disminuyó los tiempos de respuesta de atención de los pacientes utilizando los planteamientos de distribución de bases en la ciudad según los planteamientos de Savas y utilizando los vehículos de características más específicas TAM en casos únicamente necesarios.

La prueba piloto de la propuesta presentada en esta tesis arrojó mejora significativa en el tiempo de respuesta de las ambulancias y además de eso le da al sistema más confiabilidad disminuyendo los errores del conductor y mejorando el desplazamiento dentro de la malla vial

7. BIBLIOGRAFIA

- “<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15995089>> 1 de julio de 2010
- J. A. Huertas, O. D. Barrera, N.M. Velasco (Ph.D), C. A. Amaya (Ph.D), Evaluación del despacho de ambulancias del Centro Regulator de Urgencias y Emergencias de Bogotá (C.R.U.E.)
- Singer, Donoso, Jadue, evaluación de las oportunidades de mejoramiento de la logística directa de emergencia., revista abante, vol. 7
- Teoría de colas, Método cuánticos de organización Industrial. Fundamentals of Queueing Theory por Donald Gross y Carl Harris.
- “<http://www.investigacion-operaciones.com/Curso_inv-Oper_carpeta/Clase7_II.pdf> 28 de Julio de 2010
- Brotcome, I.,eta al.2003.Ambulance location and relocation models. European journal of operational research,147,451-463
- Gendreau M., 1997 solving an ambulance location model by tabu search. Location science, 5, 75-88.
- Gendreau, M., 2001. A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real-time ambulance relocation. Parallel computing 27,1641-1653

- "<http://www.jstor.org/pss/2628425>"> 7 de agosto de 2010
- Larson, R.C., 1974. A hypercube queueing model for facility location and redistricting in urban emergency services. Computers and Operations Research 1, 67-75.
- Berman, O. and Larson, R., 1982, "The median problem with congestion," Computers and Operations Research, vol. 9, pp. 119-126.
- Berman, O., Larson, R., and Parkan, C. (1987), "The stochastic queue p median problem ", Transportation Science
- Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, J., Mitwasi, G., Valenzuela, T., and Criss, L., 1990, "Validating and applying a model for locating emergency medical vehicles in Tucson, Arizona," European Journal of Operational Research, vol. 49- 3,
- Repede, J., Jeffries, C. and Hubbard, E., 1993, "ALIAS: A graphical user interface for an ambulance location model," International Journal of Operations & Production Management
- Marsh, M., and Schilling, D., 1994, "Equity Measurement in Facility Location Analysis: A Review and Framework," European Journal of Operational Research
- "<http://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/1122/1/H+2008+24.pdf>"> 2 de mayo de 2010

- "<www.pamacol.com.co"> 28 de Julio de 2010