

**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**



**“DISEÑO DE UN MODELO DE TRANSPORTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y COSTOS
DE LOS VEHÍCULOS DE GUARDIA DE LA A.R.C.”**

:

José Luis Acuña Vargas

Carlos Alberto Chacón Buitrago

TESIS DE GRADO

Director

Fernando Andrés, Muñoz.

Ingeniero industrial, Magister, Ingeniero de proyectos, Docente UMNG, Bogotá

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA LOGÍSTICA INTEGRAL
BOGOTÁ
2013**

TÍTULO:

“DISEÑO DE UN MODELO DE TRANSPORTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y COSTOS DE LOS VEHÍCULOS DE GUARDIA DE LA A.R.C.”

DATOS DEL AUTOR(ES).

José Luis, Acuña Vargas.

Profesional ciencias navales, Jefe de Servicios Generales CALOGIM, Armada Nacional,

Bogotá D.C., Colombia

jlacun5903@yahoo.es

Carlos Alberto, Chacón Buitrago.

Ingeniero industrial, Director de Logística, Dispapeles S.A., Bogotá D.C., Colombia

carlosachaconb@hotmail.com

DATOS DEL TUTOR.

Fernando Andrés, Muñoz.

Ingeniero industrial, Magister, Ingeniero de proyectos, Docente UMNG, Bogotá D.C., Colombia

fmunoz7@gmail.com

RESUMEN

El Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina ha sido creado con el fin de satisfacer las necesidades del personal de las diferentes unidades que se encuentran en la ciudad de Bogotá como lo son el Batallón de Policía Naval Militar N°70, Centro de Evacuados Sanidad Naval y el Departamento de Unidades Fluviales con sede en Guaymaral, en donde las unidades requieren del servicio de movilidad terrestre, para los diferentes movimientos de personal que están comprometidos con la seguridad de la guarnición así como también el personal que labora en el sector de Guaymaral.

En donde se requiere que el transporte cumpla con el tiempo exacto de entrega del personal militar en los diferentes puestos de guardia en la ciudad. Muchas veces la unidad se ve expuesta a imprevistos como lo son ceremonias y/o eventos programados en la ciudad llevando consigo a que no se cumpla con los diferentes movimientos que han sido programados con anterioridad.

Tras detectar la necesidad de optimizar los recursos del estado y que no se presenten contratiempos con las diferentes rutas que se realizan en la ciudad de Bogotá con los vehículos de guardia del Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina se requiere una solución de transporte, en el cual se establece una optimización de los equipos de movilidad terrestre según lo ameriten las diferentes situaciones.

La literatura técnica (Hillier, F. & Lieberman, G. 1982) ha planteado la solución a este problema a través de un modelo de programación lineal denominado "El problema de Transbordo". Este modelo es una técnica para tratar problemas de asignación de recursos y determinación de las rutas para enviar unidades (Personal) desde centros de abastecimiento a centros receptores a través de puntos de transbordo intermedios (conexiones). El objetivo de este, es identificar cual es la ruta óptima a seguir teniendo en cuenta una función que contempla las variables rectoras del problema normalmente en costo y tiempo y las restricciones o variables de holgura que delimitan el problema. Dentro de la programación lineal y el modelo de transporte para transbordos, utilizaremos el algoritmo matemático Simplex Simplificado para el problema de transporte para construir una solución factible. Aplicaremos este modelo teniendo en cuenta los tres criterios alternativos de solución:

Regla de la esquina noroeste

Método de aproximación de Vogel.

Método de aproximación de Russell.

Como parte de la solución se diseñó una matriz de costos de transporte asociados a la flota de transporte con el driver de costo por kilómetro, que permite medir las

implicaciones de cambios de ruta, definir los límites y la holgura de rutas alternas que afectan tiempo, servicio y costo por kilómetro recorrido.

Define Cascetta, E (2009), en su libro *Transportation System Analysis: Models Application* “El sistema de transporte consiste no solo en la organización de elementos que interactúan con cada otro produciendo así oportunidad de transporte.”

PALABRAS CLAVES.

Programación lineal de transporte, Problema de transporte y Transbordos, estudios urbanos.

INTRODUCCION

El modelo de transporte, es considerado un factor importante a tener en cuenta al momento de desarrollar la planeación logística dentro de una organización. Este, permite buscar rutas de distribución óptimas, que minimicen bien sea el costo total del transporte y/o el tiempo total involucrado, alineándose así con los objetivos estratégicos de la institución.

El presente proyecto de grado, hace alusión al diseño de un modelo de transporte para la optimización del nivel de servicio y costos de los vehículos de guardia de la A.R.C, el cual pretende fortalecer la estrategia militar desarrollada por el Comando de Apoyo Logístico de la Infantería de Marina, y así generar soluciones de alto impacto relacionadas con la movilización tanto de personal operativo como administrativo. Así mismo, se busca contribuir a la gobernabilidad democrática, la prosperidad colectiva, y la erradicación de la violencia, a través del ejercicio de la seguridad y la defensa, la correcta aplicación de la fuerza, y el desarrollo de capacidades específicas y de disuasión mínima.

Browsersox, D., Closs, D. & Cooper, M. (2007), mencionan en su libro *Administración y Logística de la Cadena de Suministro*, que “desde el punto de vista del sistema Logístico se consideran tres factores fundamentales: costo, velocidad y regularidad” (p. 28). De acuerdo a ello, se vislumbra la importancia de la elaboración del presente proyecto de grado, teniendo en cuenta las implicaciones prácticas del mismo, tal como lo es el atacar la optimización del tiempo y de los costos en cada una de las rutas programadas por la dirección operativa del área.

Teniendo en cuenta que el transporte es el elemento más representativo del costo logístico (Browsersox, D., Closs, D. & Cooper, M. 2007), al reducir los costos utilizados en la movilidad del personal, se permite redistribuir el dinero en otros aspectos que benefician a quienes utilizan los vehículos, tanto en temas relacionados con el mantenimiento, como en capacitaciones y bienestar del equipo de trabajo.

La metodología utilizada tiene como base el modelo de programación lineal denominado “El problema de Transbordo”, propuesto en el libro de Introducción a la Investigación de Operaciones de Hillier, F.& Lieberman, G. (1982).

Bajo estos criterios, se desarrolla el proyecto de grado el cual inicia con unos antecedentes, análisis de causales, formulación del problema, la solución al modelo de transporte y matriz de costo por kilometro

Y termina con una conclusión la cual está enfocada al desarrollo de una solución viable de la optimización del tiempo y de los costos de cada uno de los vehículos que están comprometidos con la seguridad en la ciudad.

1. ANTECEDENTES

La Armada Nacional es una institución del estado colombiano creada a contribuir con la defensa de la nación a través del empleo efectivo de un poder naval flexible en los espacios marítimos, fluviales y terrestre bajo su responsabilidad con el propósito de cumplir con la función constitucional y participar en el desarrollo del poder marítimo y a la protección de los intereses de los colombianos, es por eso que orienta sus esfuerzos hacia la satisfacción de las necesidades de la población en cuanto a la protección y defensa de sus intereses de manera oportuna y confiable, superando las expectativas de calidad optimizando los recursos y el poder naval en el espacio marítimo fluvial y terrestre bajo su responsabilidad, actuando conforme a las directrices fijadas por el gobierno nacional, respetando los acuerdos internacionales y fundamentados en la mejora continua conducentes a lograr mayor eficacia, eficiencia y efectividad. Es por eso que se creó el Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina con el fin de satisfacer las necesidades del personal de las diferentes unidades que se encuentran en la ciudad de Bogotá como lo son el Batallón de Policía Naval Militar N°70, Centro de Evacuados Sanidad Naval y el Departamento de Unidades Fluviales.

El Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina ha sido creado con el fin de satisfacer las necesidades del personal de las diferentes unidades que se encuentran en la ciudad de Bogotá como lo son el Batallón de Policía Naval Militar N°70, Centro de Evacuados Sanidad Naval y el Departamento de Unidades Fluviales con sede en Guaymaral, en donde las unidades requieren del servicio de movilidad terrestre, para los diferentes movimientos de personal que están comprometidos con la seguridad de la guarnición así como también el personal que labora en el sector de Guaymaral.

En donde se requiere que el transporte cumpla con el tiempo exacto de entrega del personal militar en los diferentes puestos de guardia en la ciudad. Muchas veces la unidad se ve expuesta a imprevistos como lo son ceremonias y/o eventos programados en la ciudad llevando consigo a que no se cumpla con los diferentes movimientos que han sido programados con anterioridad.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el manejo de los equipos de movilidad terrestre en la unidad de CALOGIM no está siendo suficientemente efectivo, dado a lo que normalmente se vive del día a día y no hay una verdadera planeación y distribución de los vehículos para el transporte del personal militar, lo cual con lleva a que no se cumplan con los objetivos trazados por la unidad como lo es satisfacer las necesidades del personal al realizar los diferentes movimientos a deshora creando inconformismo y traumatismo en el sistema.

Define Douglas, L (2009), en su libro Logística Internacional administración de la cadena de abastecimiento global, pág. 97, “el transporte es la parte más importante y principal de la logística la gestión operativa de la empresa. La logística es la clave para ganar la guerra”. Es por eso que hoy en día cada vez es más importante el transporte en la Institución, la cual con lleva a que todos los movimientos se realicen en una forma sincronizada y armoniosa teniendo en cuenta una verdadera planeación y control de las rutas. y así poder contribuir a la misión de la Armada Nacional.

Tras detectar la necesidad de optimizar los recursos del estado y que no se presenten contratiempos con las diferentes rutas que se realizan en la ciudad de Bogotá con los vehículos de guardia del Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina se requiere una solución de transporte, en el cual se establece una optimización de los equipos de movilidad terrestre según lo ameriten las diferentes situaciones.

3. RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, el manejo de los equipos de movilidad terrestre en la unidad de CALOGIM no está siendo suficientemente efectivo, dado a lo que normalmente se vive del día a día y no hay una verdadera planeación y distribución de los vehículos para el transporte del personal militar, lo cual con lleva a que no se cumplan con los objetivos trazados por la unidad como lo es satisfacer las necesidades del personal al realizar los diferentes movimientos a deshora creando inconformismo y traumatismo en el sistema.

La unidad presenta incumplimiento del servicio con un índice del 83% en las entregas a tiempo y perfectas. Esto genera sobrecostos en transporte debido a ejecutar dobles rutas y tránsitos, lo que afecta el presupuesto de costos asignado a la unidad.

Por ello se diseñó un modelo de transporte basado en la Programación Lineal y más específicamente en el modelo Simplex. Teniendo en cuenta que la red logística presenta 18 puntos de destino, los cuales a su vez pueden ser puntos de origen y abastecimiento, se define un modelo de transbordo para la solución al problema.

Se analiza la movilidad de la ciudad a través de un estudio de la Secretaria de movilidad de Bogotá para determinar la velocidad promedio del tráfico en horas pico situación que es una restricción al problema.

El modelo de transporte que minimiza los costos genera una asignación de vehículos y rutas con un costo por kilometro de \$2660, lo que genera un ahorro del 45,44%.

Respecto a los tiempos de tránsito con la asignación lógica y agrupación de puntos por zona generan un tiempo de ruta promedio de 112 minutos, este tiempo incrementa respecto al actual, con diferencia que se atenderían 2 puntos o destinos adicionales por ruta.

4. MODELO DE TRANSPORTE Y PLANEACION DE RUTAS

El modelo de transporte busca determinar un plan de transporte de una mercancía de varias fuentes a varios destinos. Los datos del modelo son:

1. Nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de demanda en cada destino.
2. El costo de transporte unitario de la mercancía a cada destino.

Como solo hay una mercancía un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es el de determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total.

Si X_{ij} representa la cantidad transportada desde la fuente i al destino j , entonces, el modelo general de Programación Lineal que representa el modelo de transporte es:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, i=1,2,\dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq b_j, j=1,2,\dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para todas las } i \text{ y } j$$

El primer conjunto de restricciones estipula que la suma de los envíos desde una fuente no puede ser mayor que su oferta; en forma análoga, el segundo conjunto requiere que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda.

El modelo que se acaba de escribir implica que la oferta total $\sum_{i=1}^m a_i$ debe ser cuando menos igual a la demanda total $\sum_{j=1}^n b_j$. Cuando la oferta total es igual a la demanda total, la formulación resultante recibe el nombre de modelo de transporte equilibrado. Este difiere del modelo solo en el hecho de que todas las restricciones son ecuaciones, es decir:

$$\sum X_{ij} = a_i, i=1,2,\dots, m$$

$$\sum X_{ij} = b_j, j=1,2,\dots, n$$

4.1. SOLUCION DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Los pasos básicos de la técnica de transporte son:

Paso 1: determínese una solución factible.

Paso 2: determínese la variable que entra, que se elige entre las variables no básicas. Si todas estas variables satisfacen la condición de optima (del método simplex), deténgase; de lo contrario, diríjase al paso 3.

Paso 3: determínese la variable que sale (mediante el uso de la condición de factibilidad) de entre las variables de la solución básica actual; después obténgase la nueva solución básica. Regrese al paso 2.

4.2. OBTENCIÓN DE SOLUCIONES BÁSICAS FACTIBLES PARA PROBLEMAS DE TRANSPORTES.

Podemos obtener una solución básica factible (sbf) para un problema de transporte balanceado mediante el método de la esquina Noroeste, el método de costo mínimo, o el método de Vogel.

Para obtener una sbf mediante el método de la esquina noroeste, empiece en la esquina superior izquierda del cuadro del transporte y haga a X_{11} lo más grande posible.

Naturalmente, X_{11} no puede ser mayor que el menor valor S_1 y así $X_{11} = S_1$ tache el primer renglón del cuadro de transporte; Esto indica que si habrá más variables básicas del renglón 1 del cuadro. También $d_1 - S_1$. Si $X_{11} = d_1$, tache la primera la columna del cuadro de transporte y cambie $S_1 = d_1$.

Si $X_{11} = S_1 = d_1$, tache o el renglón 1, o la columna 1 (pero no ambos), del cuadro de transporte. Si tacha el renglón 1, cambie d_1 por cero; si tacha columna 1, cambie S_1 por 0.

Continúe aplicando este procedimiento a la celda más noroeste del cuadro que no cae en un renglón eliminado o en una columna eliminada.

Finalmente, llegara un momento en el cual solo queda una celda a la cual se puede asignar un valor.

Asigne a esta celda un valor igual a la oferta de su renglón o a la demanda de su columna, y tache el renglón y la columna de la celda. Se obtiene de esta manera una *solución básica factible*.

4.3. METODO DE ESQUINA NOROESTE.

Determinación general del modelo de transporte requiere que:

$m \times n$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$i=1 \quad j=1$$

Este requisito da origen a una ecuación dependiente, lo que significa que el modelo de transporte tiene sólo $m + n - 1$ ecuaciones independientes. Por lo tanto, como en el método simplex, una solución factible básica inicial debe incluir $m + n - 1$ variables básicas.

Normalmente, si el modelo de transporte se formula como una tabla simplex, sería necesario utilizar variables artificiales para asegurar una solución básica inicial. Sin embargo, cuando se utiliza la tabla de transporte, una solución factible básica inicial se puede obtener fácil y directamente. Presentamos un procedimiento llamado regla de la esquina noroeste para este fin.

		Destino				Oferta
		1	2	3	4	
Fuente	1	10 X_{11}	0 X_{12}	20 X_{13}	11 X_{14}	15
	2	12 X_{21}	7 X_{22}	9 X_{23}	20 X_{24}	25
	3	0 X_{31}	14 X_{32}	16 X_{33}	18 X_{34}	5
Demanda		5	15	15	10	

Tabla 2. [Fecha consulta: 1 Marzo 2013]. Disponible en: http://www.investigacion-operaciones.com/modelo_de_transporte.htm.

El método de la esquina noroeste comienza con la asignación de la máxima cantidad admisible a través de la oferta y la demanda de la variable x_{11} (la de la esquina noroeste de la tabla). Después se tacha la columna (renglón) satisfecha, lo que indica que las variables restantes de la columna (renglón) tachada son iguales a cero. Si se satisfacen una columna y un renglón al mismo tiempo, sólo una (una u otro) puede ser tachado. (Esta condición garantiza la ubicación automática de variables básicas cero, si las hay). Después de ajustar las cantidades de oferta y demanda de todos los renglones y columnas no tachados, la cantidad factible máxima se asigna al primer elemento no tachado de la nueva columna (renglón). El proceso se completa cuando se deja sin tachar exactamente un renglón o una columna.

4.4. METODO DE APROXIMACION DE VOGEL (VAM)

Este método es heurístico y suele producir una mejor solución inicial que los dos métodos antes descritos. De hecho, VAM suele producir una solución inicial óptima, o próxima al nivel óptimo.

Los pasos del procedimiento son los siguientes:

Paso1: Evalúese una penalización para cada renglón restando el menor elemento del costo del renglón del elemento de costo menor siguiente en el mismo renglón.

Paso2: Identifíquese el renglón o columna con la mayor penalización, rompiendo empates en forma arbitraria. Asígnese el valor mayor posible a la variable con el costo más bajo del renglón o columna seleccionado. Ajustese la oferta y la demanda y táchese el renglón o columna satisfecha. Si un renglón o columna se satisfacen al mismo tiempo, solo uno de ellos se tacha y al renglón restante se le asigna una oferta cero. Cualquier renglón o columna con oferta o demanda cero no debe utilizarse para calcular penalizaciones futuras.

Paso 3:

a.-si solo hay un renglón o columna sin tachar, deténgase.

b.-si solo hay un renglón con oferta positiva sin tachar, determínense las variables básicas del renglón a través del método del costo mínimo.

c.-si todos los renglones y columnas sin tachar tienen oferta o demanda cero asignadas, determínense las variables básicas cero a través del método del costo mínimo. Deténgase.

d.-de lo contrario, calcúlense las penalizaciones de las renglones y columnas no tachados y después dirijase al paso 2.

4.5. MODELO PROBLEMA DE TRANSBORDO

Este problema según la literatura técnica (Hillier, F.& Lieberman, G. 1982), puede describirse, en términos generales, como si se tratara de asignar y determinar las rutas para enviar unidades desde centros de abastecimiento a centros receptores a través de puntos de transbordo intermedios. El objetivo es determinar el plan para asignar y enviar por la mejor ruta las unidades de modo que se minimicen los costos totales.

Uno de los requerimientos del problema es que se conozca de antemano la manera en que se distribuirían las unidades de cada fuente i a cada destino j , de modo que pueda determinarse el costo correspondiente por unidad (C_{ij}). El modelo de transbordo se plantea igual al modelo de transporte, con un cambio adicional que consiste en colocar los embarques o lugares intermedios a fuentes o destinos. Esto implica interpretar los

ORIGEN	FUENTES (VEHICULOS)											ORIGEN					
	BPNM70	CLD071	CLD072	BNA235	BNA249	TPR041	VEZ965	ZIN011	BBJ350	D1	D2	D3	D4	D5	D6		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4	4	15	25	38		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,063	5,688	5,688	21,329	35,548	54,032		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,063	5,688	5,688	21,329	35,548	54,032		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,063	5,688	5,688	21,329	35,548	54,032		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,063	5,688	5,688	21,329	35,548	54,032		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,063	5,688	5,688	21,329	35,548	54,032		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,732	7,911	7,911	29,665	49,441	75,151		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,714	5,905	5,905	22,143	36,905	56,095		
D1	12	17,063	17,063	17,063	17,063	17,063	17,063	23,732	17,714	0	16	19	10	3	15		
D2	4	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	7,911	5,905	16	0	8	19	21	34		
D3	4	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	7,911	5,905	19	8	0	19	29	43		
D4	15	21,329	21,329	21,329	21,329	21,329	21,329	29,665	22,143	10	19	19	0	6	14		
D5	25	35,548	35,548	35,548	35,548	35,548	35,548	49,441	36,905	3	21	29	6	0	13		
D6	38	54,032	54,032	54,032	54,032	54,032	54,032	75,151	56,095	15	34	43	14	13	0		
D7	11	15,641	15,641	15,641	15,641	15,641	15,641	21,754	16,238	21	15	15	4	4	8		
D8	10	14,219	14,219	14,219	14,219	14,219	14,219	19,776	14,762	5	14	15	5	6	12		
D9	4	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	5,688	7,911	5,905	25	8	9	12	8	4		
D10	13	18,485	18,485	18,485	18,485	18,485	18,485	25,709	19,190	5	17	18	15	10	9		
D11	13	18,485	18,485	18,485	18,485	18,485	18,485	25,709	19,190	21	17	12	19	10	13		
D12	16	22,750	22,750	22,750	22,750	22,750	22,750	31,642	23,619	17	20	13	23	11	11		
D13	9	12,797	12,797	12,797	12,797	12,797	12,797	17,799	13,286	18	13	5	25	14	8		
D14	6	8,531	8,531	8,531	8,531	8,531	8,531	11,866	8,857	23	10	2	28	16	6		
D15	18	25,594	25,594	25,594	25,594	25,594	25,594	35,598	26,571	14	22	13	27	9	9		
D16	10	14,219	14,219	14,219	14,219	14,219	14,219	19,776	14,762	22	14	10	20	9	8		
D17	28	39,813	39,813	39,813	39,813	39,813	39,813	55,374	41,333	25	32	29	22	25	27		
D18	14	19,907	19,907	19,907	19,907	19,907	19,907	27,687	20,667	16	18	11	21	10	9		
DEMANDA	250	250	250	250	250	250	250	250	250	2	4	4	10	4	2		

Tabla 4. Modelo de Transbordo.
Fuente: Los Autores.

RUTA MAS CORTA ENTRE DESTINOS																				
		BPNM70	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
	BPNM70	0																		
ALMIRANTE	D1	12	0																	
GATAF	D2	4	16	0																
BODEGA DIABA	D3	4	19	8	0															
TUNJITAS	D4	15	10	19	19	0														
INSIGNIA	D5	25	3	21	29	6	0													
EXCOAR	D6	38	15	34	43	14	13	0												
COGAC	D7	11	21	15	15	4	4	8	0											
LISBOA	D8	10	5	14	15	5	6	12	14	0										
COLEGIO NAVAL	D9	4	25	8	9	12	8	4	8	14	0									
TEJAR	D10	13	5	17	18	15	10	9	12	18	14	0								
DIREN	D11	13	21	17	12	19	10	13	8	17	8	15	0							
BACHUE	D12	16	17	20	13	23	11	11	8	20	11	18	5	0						
CENTRO NARIÑO	D13	9	18	13	5	25	14	8	10	22	8	16	3	8	0					
CAMARA 50	D14	6	23	10	2	28	16	6	12	24	10	18	5	10	2	0				
HOSPITAL MILITAR	D15	18	14	22	13	27	9	9	6	19	10	16	5	3	5	6	0			
CEMED	D16	10	22	14	10	20	9	8	8	20	8	15	1	4	3	4	8	0		
DUF - GUAYMARAL	D17	28	25	32	29	22	25	27	23	23	23	15	28	28	31	30	27	27	0	
OSPER	D18	14	16	18	11	21	10	9	9	18	10	17	4	1	3	5	6	6	30	0

Tabla 5. Rutas mas corta entre destinos.

Fuente: Los Autores.

COSTO DE TRANSPORTE POR CADA CAMION																				
BPNM70	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	SUMINISTRO	
CLD071	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
CLD072	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
BNA235	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
BNA249	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
TPR041	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
VEZ965	17.063	5.688	5.688	21.329	35.548	54.032	15.641	14.219	5.688	18.485	18.485	22.750	12.797	8.531	25.594	14.219	39.813	19.907	25	
ZJN011	23.732	7.911	7.911	29.665	49.441	75.151	21.754	19.776	7.911	25.709	25.709	31.642	17.799	11.866	35.598	19.776	55.374	27.687	35	
BBJ350	17.714	5.905	5.905	22.143	36.905	56.095	16.238	14.762	5.905	19.190	19.190	23.619	13.286	8.857	26.571	14.762	41.333	20.667	20	
DEMANDA	2	4	4	10	4	2	2	2	2	2	2	2	1	3	15	5	35	2		

Tabla 6. Costo de transporte por cada camión.

Fuente: Los Autores.

TIEMPO DE TRANSPORTE POR CADA CAMION																				
BPNM70	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	SUMINISTRO	
CLD071	0,48	0,16	0,16	0,60	1,00	1,53	0,44	0,40	0,16	0,52	0,52	0,64	0,36	0,24	0,72	0,40	1,12	0,56	25	
CLD072	0,47	0,16	0,16	0,58	0,97	1,48	0,43	0,39	0,16	0,51	0,51	0,62	0,35	0,23	0,70	0,39	1,09	0,54	25	
BNA235	0,48	0,16	0,16	0,60	1,00	1,53	0,44	0,40	0,16	0,52	0,52	0,64	0,36	0,24	0,72	0,40	1,12	0,56	25	
BNA249	0,50	0,17	0,17	0,62	1,04	1,57	0,46	0,41	0,17	0,54	0,54	0,66	0,37	0,25	0,75	0,41	1,16	0,58	25	
TPR041	0,41	0,14	0,14	0,51	0,84	1,28	0,37	0,34	0,14	0,44	0,44	0,54	0,30	0,20	0,61	0,34	0,95	0,47	25	
VEZ965	0,49	0,16	0,16	0,61	1,02	1,56	0,45	0,41	0,16	0,53	0,53	0,66	0,37	0,25	0,74	0,41	1,15	0,57	25	
ZJN011	0,47	0,16	0,16	0,59	0,98	1,49	0,43	0,39	0,16	0,51	0,51	0,63	0,35	0,24	0,71	0,39	1,10	0,55	35	
BBJ350	0,43	0,14	0,14	0,54	0,90	1,36	0,40	0,36	0,14	0,47	0,47	0,57	0,32	0,22	0,65	0,36	1,01	0,50	20	
DEMANDA	2	4	4	10	4	2	2	2	2	2	2	2	1	3	15	5	35	2		

Tabla 7. Tiempo de transporte por cada camión.

Fuente: Los Autores.

5. SITUACION ACTUAL Y FORMULACION DEL PROBLEMA

Al interior del Comando de Apoyo Logístico de Infantería de Marina, se observa recurrentemente una demora en la entrega de personal en los puestos de guardia y en los movimientos fuera de la ciudad (Guaymaral), tal como lo menciona N. Galvis Comandante del Comando de Apoyo Logístico de I.M. (CALOGIM)(comunicación personal, 4 de diciembre, 2012), situación que genera un inconformismo por los comandantes de guardia en el nivel de servicio el cual registra un índice del 83,3% mensual y afectación en la cadena logística, el cual está por debajo de los estándares y políticas de la Armada Nacional. A su vez esta situación genera despachos urgentes y sin planeación de ruta que incrementan un sobre costo por los kilómetro recorrido y afectación en el presupuesto mensual asignado a la dependencia de transporte con un incremento del 10 %”. Teniendo en cuenta lo anterior se partirá de la siguiente formulación para el presente proyecto:

El diseño de un modelo de transporte y ruteo que contempla la planeación de las rutas acorde a la capacidad de los vehículos, las frecuencias y horarios de los relevos del personal que se encuentra de guardia optimizara el uso de la flota asignada al CALOGIM, logrando con ello un índice de acuerdo a los estándares y políticas de la Armada Nacional en relación a los niveles de satisfacción del servicio prestado. Es por eso que surge la implementación urgente de un modelo de transporte y ruteo que contempla la planeación de las rutas acorde a la capacidad de los vehículos, las frecuencias y horarios de los relevos del personal que se encuentra de guardia, optimizará el uso de la flota asignada el área de CALOGIM, logrando con ello un índice de acuerdo a los estándares y políticas de la Armada Nacional en relación a los niveles de satisfacción del servicio prestado. Dentro de lo percibido de los conductores de la organización, se podría afirmar que su labor es netamente operativa, y que aún no han alcanzado a vivenciar el concepto de gestión de transporte, tal como lo define Anaya, J. (2007), en su libro Logística Integral, la gestión operativa de la empresa.



Figura 1. Localización puestos de guardia de la Armada en Bogotá y Alrededores
 Fuente: A.R.C.

La cadena de suministro de la figura 1. Localización puestos de guardia de la Armada en Bogotá y Alrededores, describe el transporte de personal militar de la Armada, y la implementación y análisis de los KPI's de la cadena de suministro señala que se está presentando incumplimiento de la promesa de servicio e incumplimiento en el presupuesto de costos y gastos de la flota de transporte.

PROCESO	CRITERIO	KPI'S	TARGET	dic-12	ene-13	OBSERVACION
Distribución	Fiabilidad en las fechas prometidas	Eficiencia de Despachos Objetivo: Medir la capacidad para transportar personal en los tiempos establecidos Fórmula de cálculo: Personal transportado al día / Total Solicitudes Personal a transportar en el día	>=99%	98,0%	98,30%	La no disponibilidad de equipos de movilidad terrestre por inconvenientes, impacta en la seguridad de la ciudad.
Transporte	Rapidez y puntualidad en la entrega	Pedidos Perfectos Objetivo: Medir el nivel de cumplimiento de las solicitudes a tiempo, completas y sin problemas de documentación Fórmula de cálculo: 1- (Personal entregado fuera de tiempo/ Total de personal transportado)	>=99%	83,3%	85,5%	Los conductores no están rindiendo en los horarios establecidos para entregar el personal en los diferentes puestos de guardia o para cumplir con sus respectivas citas medicas
Finanzas	Costos y Gastos	Cumplimiento Presupuesto Transporte Objetivo: Medir el cumplimiento de los costos y gastos del proceso de transporte versus el presupuesto asignado Fórmula de cálculo: 1- (Valor mayor al presupuesto mensual/Valor presupuesto asignado al mes)	<=100%	110,0%	106,0%	Se generan extra costos bedido a la contratacion de camiones y/o distancias mayores a las planeadas

Tabla 1. Indicadores de Gestión ARC
 Fuente: A.R.C.

Según tabla 1.Indicadores de Gestión A.R.C. Lo anterior implica como solución a la problemática, realizar el diseño de un Modelo de Transporte, que nos permita optimizar los costos y tiempos de atención en la red Logística de la Armada en Bogotá y sus alrededores que están adscritas a la guardia del BPNM N° 70.

Define Douglas, L (2009), en su libro Logística Internacional administración de la cadena de abastecimiento global, "llevar algo donde necesita estar".Teniendo en cuenta que la Armada Nacional transporta personal comprometido con la seguridad de la ciudad se distribuyen en diferentes puestos neurálgicos y estratégicos con la finalidad de neutralizar alguna situación especial de orden público que se presente.

Pardillo J.& Sánchez, B (2005), en su libro Apuntes de ingeniería de trafico dice " los accidentes de circulación constituyen hoy en día uno de los principales problemas de salud pública"es por eso que no solo es conducir o transportar personal de un lugar a otro si no que el operador del vehículoesté capacitado en seguridad y prevención vial que conozca la norma, lo cual con lleve a un mejor manejo del vehículo que tiene asignado y que está transportando personal donde tiene la responsabilidad de transportar vida.

Se realizó la recolección de la información por medio de las planillas u hojas de ruta de cada vehículo con el fin de medir los respectivos tiempos y distancias que hay de un punto a otro para implementar las métricas de la cadena de suministro y de forma detallada en el proceso de transporte y distribución. Las métricas a implementar son Pedidos Perfectos, compuestos por entregas a tiempo, completas y sin problemas en la documentación. Por otra parte los costos inherentes al proceso, como son los costos y gastos de mantenimiento y operación, asociándolos todos a un solo driver que es el costo por kilómetro. Anaya, J. (2007), en su libro Transporte de mercancía enfoque logístico de la distribución dice “un vehículo que no esté en buenas condiciones de funcionamiento afecta sin duda alguna tarde o temprano al servicio y reputación de la empresa”

Anaya, J. (2009), en su libro Transporte de mercancía dice “ la flota idónea será aquella cuya composición en términos de vehículos requeridos y capacidades disponibles nos permita dar el máximo servicio a nuestro clientes con el mínimo de coste, esto nos conlleva a realizar un exhaustivo análisis del modelo de transbordo para sacar el mejor provecho de cada uno de nuestros vehículos con la única finalidad de prestar un mejor servicio a nuestros clientes como lo son las diferentes unidades (BPNM N°70, CESAN, DUF) y a la vez reduciendo costos.

Las métricas de transporte, acorde a las causales de desviación identificadas, para generar los respectivos planes de acción según cada causal.

Definir las variables del modelo de transporte y sus restricciones, teniendo en cuenta los atributos: Medio Ambiente, Comportamiento y experiencia de conductores, riesgos en tránsito de las rutas, programas de mantenimiento preventivo, movilidad en la ciudad en horas valle y horas pico. Implementar modelo de transporte para perímetro urbano y rural. Realizar los respectivos rutogramas para identificar los riesgos, rutas alternas y herramientas soporte en caso de eventualidades. El proceso de recolección de información para las variables del problema de transporte tendrá en cuenta:



Diagrama 1. Recolección de variables para modelo transporte
Fuente: Los Autores.

Parte de la solución se diseñara una matriz de costos de transporte asociados a la flota de transporte con el driver de costo por kilómetro, que permita medir las implicaciones de cambios de ruta, definir los límites y la holgura de rutas alternas que afectan tiempo, servicio y costo por kilómetro recorrido.

6. SOLUCIÓN AL MODELO DE TRANSPORTE Y MATRIZ DE COSTO POR KILÓMETROS

Para la solución de problema se realizo el diseño del modelo de transporte en su extensión del modelo de transbordo, para lo cual se realizo la recolección de información de las distancias en kilómetros entre las guardias por cada vehículo. Por otra parte se desarrollo una matriz de costos por tipo de vehículo y estos los llevamos a al factor kilometro, para identificar el costo por kilometro de cada tipo de vehículo como se ilustra en la figura 1. Costos por Kilometro flota de transporte. Para efectos de identificar el detalle de los mismos, ver Anexo 1. Matriz de Costos.

COSTOS VARIABLES	KODIAK	NPR	MAZDA TURBO
\$/km Combustible	\$ 679,17 pesos / km	\$ 407,50 pesos / km	\$ 407,50 pesos / km
\$/km Lubricantes	\$ 78,75 pesos / km	\$ 33,97 pesos / km	\$ 33,97 pesos / km
\$/km Filtros	\$ 86,00 pesos / km	\$ 19,20 pesos / km	\$ 19,20 pesos / km
\$/km Llantas	\$ 85,69 pesos / km	\$ 48,03 pesos / km	\$ 48,03 pesos / km
\$/km Mantenimiento	\$ 127,43 pesos / km	\$ 103,10 pesos / km	\$ 103,10 pesos / km
\$/km Reparacion (Provisiones)	\$ 120,60 Pesos / km	\$ 93,20 Pesos / km	\$ 80,80 Pesos / km
TOTAL COSTOS VARIABLES	\$ 1.177,63 Pesos / km	\$ 705,00 Pesos / km	\$ 692,61 Pesos / km
COSTOS FIJOS	KODIAK	NPR	MAZDA TURBO
CONDUCTOR	\$ 1.304.000 \$/Mes	\$ 1.304.000 \$/Mes	\$ 1.304.000 \$/Mes
SOAT	\$ 70.464 \$/Mes	\$ 48.934 \$/Mes	\$ 48.934 \$/Mes
REVISION TECNOMECANICA	\$ 16.667 \$/Mes	\$ 16.667 \$/Mes	\$ 16.667 \$/Mes
AFILIACION EMPRESA TRANSPORTE	\$ 20.833 \$/Mes	\$ 20.833 \$/Mes	\$ 20.833 \$/Mes
EQUIPAMIENTO VEHICULOS	\$ 41.667 \$/Mes	\$ 33.333 \$/Mes	\$ 33.333 \$/Mes
TOTAL COSTOS FIJOS X MES	\$ 1.453.631 Pesos / Mes	\$ 1.423.767 Pesos / Mes	\$ 1.423.767 Pesos / Mes
TOTAL COSTOS FIJOS X KILOMETRO	\$ 800 Pesos / km	\$ 717 Pesos / km	\$ 784 Pesos / km
TOTAL COSTO POR KILOMETRO	\$ 1.978 Pesos / Km	\$ 1.422 Pesos / Km	\$ 1.476 Pesos / Km

Figura 2. Costos por kilometro flota de transporte
Fuente: Los Autores.

La segunda variable a tener en cuenta es el tiempo de recorrido de cada vehículo en ruta, teniendo en cuenta que el factor trafico influye en la velocidad de transito, se tomo la velocidad promedio de transito en la ciudad de Bogotá, la cual es de 23,67 Kilómetros/hora,

según estudio técnico de la Secretaria de Movilidad de año 2.010. Teniendo en cuenta la velocidad promedio, y el nivel de destreza de los conductores se calculo el tiempo de tránsito entre los puntos, con este cálculo obtuvimos las tablas del modelo Simplex para optimizar el costo de transporte y el tiempo de tránsito entre los puntos, como se indica en la Figura 3. Tiempos de transito y destreza conductores y Flota transporte.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	FACTOR DESTREZA CONDUCTORES
CLD071	0,48	0,16	0,16	0,60	1,00	1,53	0,44	0,40	0,16	0,52	0,52	0,64	0,36	0,24	0,72	0,40	1,12	0,56	95%
CLD072	0,47	0,16	0,16	0,58	0,97	1,48	0,43	0,39	0,16	0,51	0,51	0,62	0,35	0,23	0,70	0,39	1,09	0,54	92%
BNA235	0,48	0,16	0,16	0,60	1,00	1,53	0,44	0,40	0,16	0,52	0,52	0,64	0,36	0,24	0,72	0,40	1,12	0,56	95%
BNA249	0,50	0,17	0,17	0,62	1,04	1,57	0,46	0,41	0,17	0,54	0,54	0,66	0,37	0,25	0,75	0,41	1,16	0,58	98%
TPR041	0,41	0,14	0,14	0,51	0,84	1,28	0,37	0,34	0,14	0,44	0,44	0,54	0,30	0,20	0,61	0,34	0,95	0,47	80%
VEZ965	0,49	0,16	0,16	0,61	1,02	1,56	0,45	0,41	0,16	0,53	0,53	0,66	0,37	0,25	0,74	0,41	1,15	0,57	97%
ZJN011	0,47	0,16	0,16	0,59	0,98	1,49	0,43	0,39	0,16	0,51	0,51	0,63	0,35	0,24	0,71	0,39	1,10	0,55	93%
BBJ350	0,43	0,14	0,14	0,54	0,90	1,36	0,40	0,36	0,14	0,47	0,47	0,57	0,32	0,22	0,65	0,36	1,01	0,50	85%

Figura 3. Tiempos de transito y destreza conductores y Flota transporte.

Fuente. ARN

Como solución al modelo de transporte por la cantidad de iteraciones se utilizo el sistema WINQSB, del cual en costo tenemos:

03-05-2013	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	2	17,06	34,13	0
2	Source 1	Destination 2	4	5,69	22,75	0
3	Source 1	Destination 3	4	5,69	22,75	0
4	Source 1	Destination 7	2	15,64	31,28	0
5	Source 1	Destination 8	2	14,22	28,44	0
6	Source 1	Destination 9	2	5,69	11,38	0
7	Source 1	Destination 13	1	12,80	12,80	0
8	Source 1	Destination 14	3	8,53	25,59	0
9	Source 1	Destination 16	5	14,22	71,10	0
10	Source 2	Destination 4	10	21,33	213,29	0
11	Source 2	Destination 10	2	18,49	36,97	0
12	Source 2	Destination 11	2	18,49	36,97	0
13	Source 2	Destination 12	2	22,75	45,50	0
14	Source 2	Destination 15	7	25,59	179,16	0
15	Source 2	Destination 18	2	19,91	39,81	0
16	Source 3	Destination 5	4	35,55	142,19	0
17	Source 3	Destination 15	8	25,59	204,75	0
18	Source 3	Destination 17	13	39,81	517,57	0
19	Source 4	Destination 6	2	54,03	108,06	0
20	Source 4	Destination 17	22	39,81	875,89	0
21	Source 4	Unused_Supply	1	0	0	0
22	Source 5	Unused_Supply	25	0	0	0
23	Source 6	Unused_Supply	25	0	0	0
24	Source 7	Unused_Supply	35	0	0	0
25	Source 8	Unused_Supply	20	0	0	0
	Total	Objective	Function	Value =	2.660,38	

Figura 4. Solución Modelo WINQSB en Costo
Fuente. WINQSB

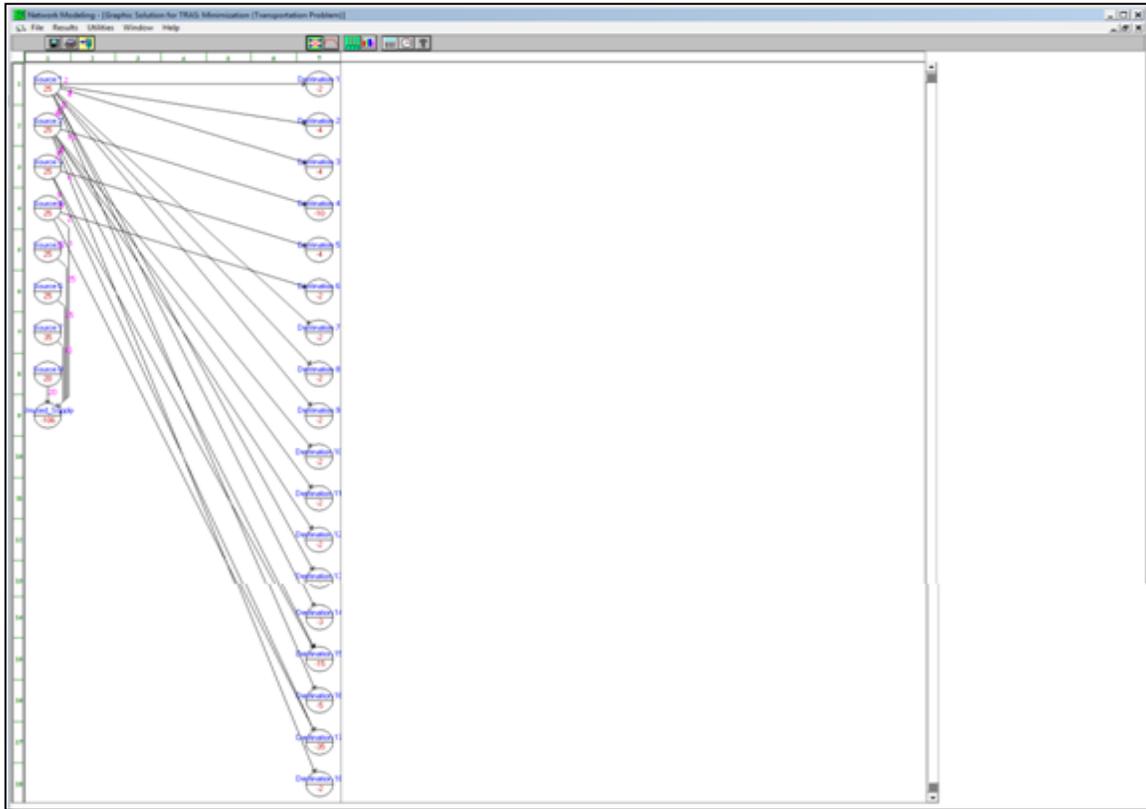


Figura 5. Diagrama de Red Modelo ARN en costo
Fuente. WINQSB

De igual manera se diseño modelo de transporte para minimizar el tiempo de las rutas así:

03-05-2013	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 2	4	16	64	0
2	Source 1	Destination 3	4	16	64	0
3	Source 1	Destination 9	2	16	32	0
4	Source 1	Destination 14	3	24	72	0
5	Source 1	Unused_Supply	12	0	0	0
6	Source 2	Destination 4	10	58	580	0
7	Source 2	Destination 15	13	70	910	0
8	Source 2	Destination 18	2	54	108	0
9	Source 3	Unused_Supply	25	0	0	0
10	Source 4	Unused_Supply	25	0	0	0
11	Source 5	Destination 5	4	84	336	0
12	Source 5	Destination 6	2	128	256	0
13	Source 5	Destination 17	19	95	1805	0
14	Source 6	Unused_Supply	25	0	0	0
15	Source 7	Destination 1	2	47	94	0
16	Source 7	Destination 7	2	43	86	0
17	Source 7	Destination 8	2	39	78	0
18	Source 7	Destination 10	2	51	102	0
19	Source 7	Destination 11	2	51	102	0
20	Source 7	Destination 13	1	35	35	0
21	Source 7	Destination 16	5	39	195	0
22	Source 7	Unused_Supply	19	0	0	0
23	Source 8	Destination 12	2	57	114	0
24	Source 8	Destination 15	2	65	130	0
25	Source 8	Destination 17	16	101	1616	0
	Total	Objective	Function	Value =	6779	

Figura 6. Red ARN en minutos Fuente.

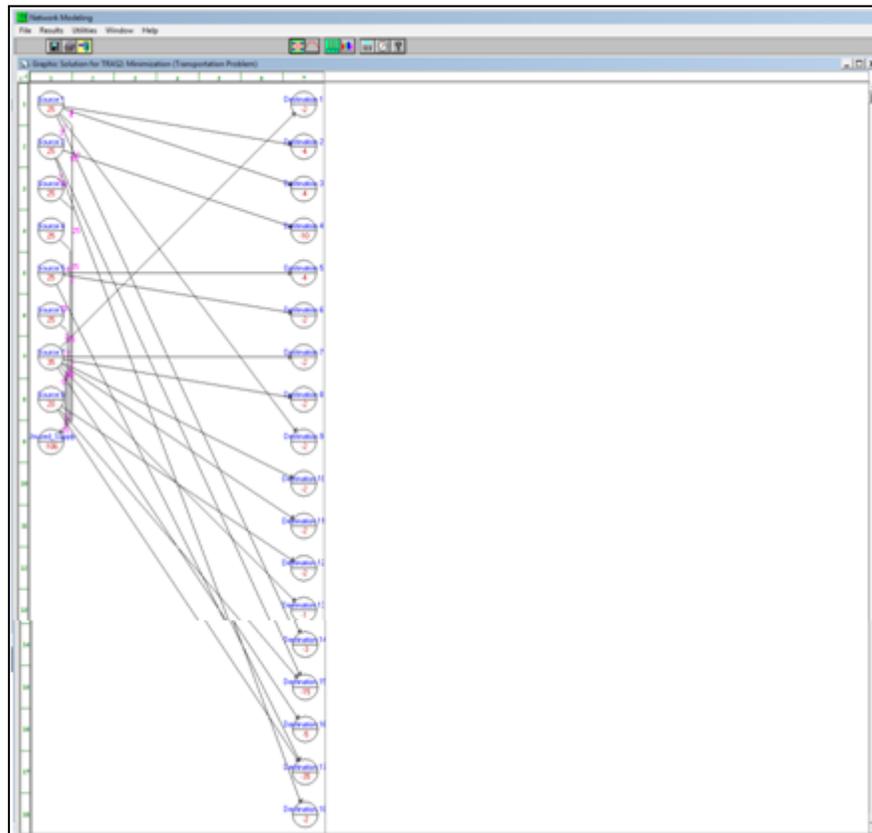


Diagrama Modelo tiempo WINQSB

Figura 7. Diagrama de Red Modelo ARN en tiempo Fuente. WINQSB

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la adopción de sitios estratégicos de apoyo aéreo, se obtiene la gran ventaja del ahorro de tiempos mediante el ahorro de combustible al máximo para el momento del ataque y no para el arribo de la aeronave a la zona de conflicto. Cada minuto que se gane en ventaja operacional es una posibilidad de triunfo en el campo de batalla. Igualmente, cuando la aeronave no requiere tanto combustible para el arribo y duración en el área de conflicto, se economiza espacio a bordo para mayor cantidad de munición.

- Se identificaron los costos por tipo de vehiculo y kilometro. El tipo de vehiculo mas costos dentro de su gama es la tipo Mazda con un 4% mayor a las NPR.

- Realizar seguimiento a los costos a través de la matriz de costos con el índice de costo por kilometro para controlar el presupuesto.
- Al implementar el modelo y las rutas que este sugiere se obtendría un ahorro del 45% del costo de transporte y se asegurarían los tiempos de entrega.
- Se recomienda realizar seguimiento al indicador de pedidos perfectos para controlar el nivel de servicio de la unidad.
- Se recomienda realizar rutogramas de las rutas definidas por el modelo

BIBLIOGRAFÍA

Anaya, J., (2009). El Transporte de mercancías: enfoque logístico de la distribución. Madrid. ESIC Editorial, 178 p.

Anaya, J., (2007). Logística Integral: la gestión operativa de la empresa. Madrid. ESIC Editorial, 290 p.

Ballou, H., (2004). Logística Administración de la cadena de suministro. México. Pearson, 789 p.

Bowersox, J., (2007). Administración y logística en la cadena de suministro. México. McGraw-Hill, 409 p.

Casanovas, A. & Cuatrecasas L., (2003). Logística Empresarial: gestión integral de la información y material en la empresa. Barcelona. Ediciones Gestión 2000 S.A., 222 p.

Cascetta, E (2009), Transportation System Analysis: Models Application. New York. SPRINGER Editorial., 741 p.

Chase, B., (2009). Administración de operaciones producción y cadena de suministros. México. McGraw-Hill, 776 p.

Chiavenato, I., (2011). Administración de Recursos humano de las organizaciones. México. McGraw-Hill, 421 p.

Chopra, S., (2008). Administración de la Cadena de suministro estrategia, planificación y operación. México. Pearson, 536 p.

Douglas, L (2009). Logística Internacional: Administración de la cadena de abastecimiento global. México D.F. Limusa Editorial, 473 p.

Francesc, A., (2005). Logística del Transporte. Barcelona. UPC Editorial, 207 p.

Hillier, F. & Lieberman, G. (1982). Introducción a la Investigación de Operaciones. México. McGraw-Hill, 833 p.

Mora, L., (1998). Gestión Logística Integral las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. Bogotá. Ecoe Ediciones,354 p.

N. Galvis (comunicación personal, 4 de diciembre, 2012).

Pardillo, J & Sánchez, B., (2005). Apuntes de ingeniería de tráfico. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid Editorial, 285 p.

[Fecha consulta: 1 Marzo 2013]. Disponible en: http://www.investigacion-operaciones.com/modelo_de_transporte.htm.

WINQSB, Software sin licencia para modelos de optimización de redes. Versión 2.0. 2005