

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS PARA UNA
ADAPTACIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN BALANCEADA DE
CLIENTES APLICADO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA CAI DE
LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**

**DIANA CAROLINA GALVÁN MORENO
SANDRA PATRICIA ÁLVAREZ BENÍTEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS**

2010

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS PARA UNA
ADAPTACIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN BALANCEADA DE
CLIENTES APLICADO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA CAI DE
LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**

**DIANA CAROLINA GALVÁN MORENO
SANDRA PATRICIA ÁLVAREZ BENÍTEZ**

Monografía

**Asesor: Luis Ignacio Morales Eckardt
M.Sc. Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS**

2010

Cartagena de Indias, D. T. y C., Marzo de 2010

Señores:

**COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
Ciudad**

Apreciados Señores:

Por medio de la presente me permito someter a su consideración la monografía titulada "***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS PARA UNA ADAPTACIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN BALANCEADA DE CLIENTES APLICADO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA CAI DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS***", realizada por los estudiantes **DIANA CAROLINA GALVÁN MORENO** y **SANDRA PATRICIA ÁLVAREZ BENITEZ**, con el objetivo de optar al título de Ingeniero Industrial; trabajo de monografía en el que me desempeñe cumpliendo la función de director de proyecto.

Atentamente,

Luis Ignacio Morales Eckardt
MSc Ingeniería Industrial

Cartagena de Indias, D. T. y C., Marzo de 2010

Señores:

**COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
Ciudad**

Por medio de la presente, sometemos a su consideración la monografía titulada ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS PARA UNA ADAPTACIÓN DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN BALANCEADA DE CLIENTES APLICADO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA CAI DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS”***, con el objetivo de optar al título de Ingeniero Industrial.

Agradecemos su atención,

En espera de su pronta y positiva respuesta

Atentamente,

**DIANA GALVÁN MORENO
C.C. 1.047.384.724**

**SANDRA ÁLVAREZ BENÍTEZ
C. C. 45.530.780**

Nota de Aceptación

Presidente de Jurado

Jurado

Jurado

A Dios por ser todo lo que necesito y entre otras cosas, permitir que este proyecto se realizara.

A mi madre por su paciencia, compartir su conocimiento en la ejecución de este trabajo y en especial, por ser el sustento en mi vida. A mi padre por sus sabios consejos y por confiar en mis capacidades en todo momento.

A mis amigos y demás familiares quienes me ayudaron y brindaron su apoyo moral y físico para culminar esta meta, en especial a Sandra por acompañarme en este camino, lleno de aventuras, teniendo siempre una palabra motivante.

A mi novio por permanecer a mi lado y darme las fuerzas necesarias para terminar. A mis profesores quienes brindaron su conocimiento para llegar a ser quien soy en estos momentos, en especial a Luis Morales quien vio en mi el potencial y la capacidad para salir adelante, sin desfallecer ante las circunstancias adversas.

DIANA GALVÁN MORENO

A Dios, por ser la fuerza motivadora que existe en mi interior y que sella con su infinito y misericordioso amor cada paso que doy en la construcción de mi futuro.

A mis padres, a la generosidad de sus corazones y la calidad de sus almas, cuyos sacrificios personales hicieron posible mi educación formal, en especial a mi Madre, con quién he vivido bajo el mismo techo, obteniendo su apoyo incondicional, ella siempre está presta a ayudarme en toda situación.

A mis amigos y amigas, por su capacidad de hacer de la vida un bello cuento. A Diana, por su alegría contagiosa, no existiría una mejor persona para trabajar en equipo que ella.

A mis profesores, que me proporcionaron los conocimientos necesarios para poder ser una excelente profesional, en especial a Luis Morales, que además de ser un profesor, fue un maestro, no se quedó con nada, tuvo siempre la capacidad de darse en conocimiento en sus clases y asesoramiento de esta monografía.

A todas las personas que han pasado por mi vida y que han hecho de mí una mejor persona, han llenado mi vida de sabiduría, amor, paciencia y me han preparado aún sin saberlo para cumplir mis metas.

SANDRA ÁLVAREZ BENITEZ

AGRADECIMIENTOS

El grupo de esta monografía, agradece a las diferentes entidades y personas, las cuales hicieron posible este trabajo de grado, entre ellas se encuentran:

Policía Nacional, se le agradece a la policía nacional, y en su nombre al Mayor Edwin Villota, jefe de la SIJIN en la ciudad de Cartagena, año 2008, quien amablemente, brindó información relacionada con los Centros de Atención Inmediata CAI en el país y a nivel local. A su vez gestionó con las diferentes entidades encargada y la misma policía nacional, la consecución de los datos relacionados con los delitos en la ciudad.

Fiscalía General de la Nación, esta entidad a través de diferentes fiscales seccionales, se encargó de brindar asesoría en cuanto a la legislación Colombiana, al código penal y de procedimiento penal, a su vez, colaboró con diferentes explicaciones a nivel de derecho penal, delitos, penas y procedimientos, de las cuales el grupo de trabajo poseía bajos conocimientos.

Luis Ignacio Morales Eckard, Docente de la Universidad Tecnológica de Bolívar, quien fue el gestor y líder de esta monografía, llenando al grupo de trabajo de conocimientos relacionados con los Algoritmos genéticos, el problema de Asignación Balanceada de Clientes (BAP), entre otros, los cuales son base del desarrollo de esta monografía, sin su paciencia y entereza, no hubiese sido posible terminar este proyecto.

Universidad Tecnológica de Bolívar, y en su nombre a todos los docentes de la facultad de ingeniería industrial, quienes enseñaron los diferentes conceptos y temas desarrollados en esta monografía, a su vez, fueron de gran ayuda para desempeñarnos a nivel profesional. Gracias por enseñarnos a ser ingenieras.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	
INTRODUCCIÓN	22
1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	25
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA <i>“Balanceo de la Carga de Trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI a Través del Modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético”</i>	28
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA <i>“Balanceo de la Carga de Trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI a Través del Modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético”</i>	38
2. GENERALIDADES DE LA MONOGRAFIA	42
<i>“Diseño y Construcción De La Matriz De Costos Para Una Adaptación Del Problema de Asignación Balanceada de Clientes Aplicado En Los Centros De Atención Inmediata CAI De La Ciudad De Cartagena De Indias”</i>	
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO DE LA MONOGRAFÍA	46
2.2. METODOLOGÍA DESARROLLADA	47

	Pág.
2.3. OBJETIVOS	50
3. MARCO TEÓRICO.	52
3.1. BALANCE ALLOCATION PROBLEM (BAP)	52
3.2. ALGORITMOS GENÉTICOS	55
3.3. PROGRAMACIÓN LINEAL	61
3.3.1. Modelo de programación lineal	62
3.4. LEGISLACIÓN PENAL COLOMBIANA.	64
3.4.1. Tipos de Conducta Punible	65
3.5. POLÍTICA DE SEGURIDAD COLOMBIANA	66
3.6. CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA CAI	68
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES ACTORES DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.	72
4.1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE INFORMACIÓN	77
4.1.1. Fuentes primarias	78

	Pág.
4.1.2. Fuentes Secundarias	79
5. ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DELINCUENCIALES DE LOS BARRIOS EN LA CIUDAD DE CARTAGENA	80
5.1. CONOCIMIENTO DEL ESQUEMA URBANO DE SEGURIDAD EN COLOMBIA	80
5.2. ESQUEMA DE SEGURIDAD EN CARTAGENA DE INDIAS	82
5.3. DELITOS EN CARTAGENA	86
6. DISEÑO DE UNA UNIDAD AGREGADA DE DELITOS	93
6.1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PERTINENTE.	97
6.2. DISEÑO DE UN FACTOR DE PONDERACIÓN DEL DELITO	103
6.3. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA PROMEDIO HISTÓRICA DE LOS DELITOS POR BARRIO	104
6.4. CÁLCULO DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITOS	105
7. CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITOS	106
7.1. HISTÓRICO DE DELITOS POR BARRIO EN LA CIUDAD DE CARTAGENA	106

	Pág.
7.2. CÁLCULO DEL FACTOR DE PONDERACIÓN	107
7.3. CÁLCULO DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITO	108
8. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS ASOCIADA AL PROBLEMA	110
9. CONCLUSIONES	114
10. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.	116
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	119

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
1. REGIONES DE LA POLICÍA NACIONAL COLOMBIANA	30
2. ÍNDICE DEL DELITO CALLEJERO EN EL MUNDO. AÑO 2006	38
3. AGRUPACIÓN DE PAISES POR CLASE	39
4. ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DE CARTAGENA DE INDIAS	83
5. BARRIOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA	98
6. DELITOS DE OCURRENCIA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA	102

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
1. ETAPAS DEL PROYECTO	24
2. NIVEL DE VICTIMIZACIÓN EN CARTAGENA	35
3. ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE COSTO	43
4. PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTO	48
5. REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES	53
6. FORMAS DE IMPLEMENTAR UN ALGORITMO GENÉTICO	58
7. PRODEDIMIENTO GENERAL DE UN ALGORITMO GENÉTICO	59
8. FLUJOGRAMA DE LA RETENCIÓN DE UN SINDICADO	73

LISTADO DE GRÁFICOS

	Pág.
1. PORCENTAJE DE DELITOS EN LA ZONA NORTE AÑO 2007	31
2. TASA DE HOMICIDIOS Y MUERTE VIOLENTAS EN CARTAGENA	33
3. RESULTADO DE ENCUESTA DE PERCEPCIÓN CIUDADANA ¿QUÉ TAN SEGURO SE SIENTE USTED EN SU CIUDAD?	42
4. RESULTADO DE ENCUESTA DE PERCEPCIÓN CIUDADANA ¿CUÁL DE LAS SIGUIENTES ACCIONES CONSIDERA QUE ES LA MÁS IMPORTANTE PARA MEJORAR LA SEGURIDAD EN SU BARRIO?	43
5. NÚMERO DE HOMICIOS EN CARTAGENA DE INDIAS. 2005-2007	86
6. NÚMERO DE HURTOS EN CARTAGENA DE INDIAS. 2005- 2007	88
7. BARRIOS CON MAYOR OCURRENCIA DE HOMICIDIOS 1P DE 2009	91

LISTADO DE MAPAS

	Pág.
1. NÚMERO Y TASA DE HOMICIOS EN CARTAGENA 2008	34
2. UNIDADES COMUNERAS DE GOBIERNO EN CARTAGENA	84
3. DISTANCIA DESDE UN CAI A LOS DIFERENTES BARRIOS	111

ANEXOS

	Pág.
1. MAPA DE CARTAGENA	119
2. INFORMACIÓN GENERAL	119
3. DELITOS EN LA CIUDAD DE CARTAGENA AÑO 2007	119
4. PONDERACIÓN Y FRECUENCIA DE DELITOS POR BARRIO	119
5. UNIDAD AGREGADA DE DELITOS POR BARRIO	119
6. MATRIZ DE DISTANCIAS	119
7. MATRIZ DE COSTOS	119

GLOSARIO

Abstención: dejar en libertad a la persona retenida, teniendo en cuenta las pruebas y la investigación en sí.

Algoritmo: un algoritmo proporciona reglas fijas de cómputo que se aplican de forma repetitiva al problema y cada repetición (llamada iteración) obtiene una solución cada vez más cercana a la óptima.

Aprehensión: captura o detención de una persona que ha cometido un ilícito.

Centro Geométrico (centroide): el centroide o baricentro de un objeto X perteneciente a un espacio n -dimensional es la intersección de todos los hiperplanos que dividen a X en dos partes de igual n -volumen con respecto al hiperplano. Informalmente, es el promedio de todos los puntos de X .

Contravenciones: Son comportamientos que lesionan bienes jurídicos de los ciudadanos, pero que se juzgan de menor impacto que los delitos. Su definición corresponde al legislador de acuerdo con la política criminal del Estado.

Criminalidad Oculta: delitos que suceden en una zona, pero que no son denunciados ante una autoridad pertinente, por lo que no existe registro alguno de ellos.

Cuantía: sinónimo de cantidad o volumen computable de alguna cosa. El volumen de bienes o dinero determinado en un caso dado. En términos jurídicos, es el valor de las cosas en litigio que determina la competencia de los jueces.

Delito: se conoce como delito, a los comportamientos que el orden jurídico califica como dañinos para sus bienes jurídicos fundamentales, en la medida que los considera graves.

Encuesta de Percepción Ciudadana: La Encuesta de Percepción Ciudadana es una herramienta de información contratada por el Distrito anualmente a la firma encuestadora Ipsos-Napoleón Franco para indagar sobre ejes de calidad de vida. La Encuesta es representativa para la ciudad y ha sido aplicada entre junio y julio de cada año desde 2005.

Flagrancia: Se define delito en flagrancia, cuando la persona es sorprendida e identificada o individualizada al momento de cometer la conducta punible y aprehendida inmediatamente después por persecución o voces de auxilio de quien presencie el hecho, o cuando la persona es sorprendida y capturada con objetos, instrumentos, o huellas. De los cuales aparezca fundamentalmente que momentos antes ha cometido una conducta punible o participado en ella.

Grafos: conjunto, no vacío, de objetos llamados vértices (o nodos) y una selección de pares de vértices, llamados aristas (*edges* en inglés) que pueden ser orientados o no. Típicamente, un grafo se representa mediante una serie de puntos (los vértices) conectados por líneas (las aristas).

Hecho Punible: Es aquel acontecimiento que de cometerse esta asociado a una pena, definida en una ley penal cualquiera. Es lo que está establecido en el tipo penal, como lo que corresponde al hombre realizar para ser merecedor de la pena señalada en la ley.

Indagatoria: Declaración que se le toma a una persona, sin recibirle juramento, acerca de un delito que se esté investigando.

Medida de aseguramiento: el capturado continúa en la cárcel porque las pruebas halladas en su contra según la fiscalía fueron suficientes para tomar esta determinación.

Métrica Euclidiana (Distancia Euclidiana): es la distancia "ordinaria" entre dos puntos de un espacio euclídeo que se deduce a partir del teorema de Pitágoras.

Migracionales: una migración es todo desplazamiento de población que tiene lugar desde un lugar de origen hacia otro destino, y que implica un cambio de la residencia habitual en el caso de las personas o del hábitat en el caso de las especies animales.

Multicriterio: en una decisión, es el número de alternativas a tener en cuenta en la decisión, que puede ser finito o infinito.

Preclusión: cerrar o acabar un proceso y dejar en libertad a la persona por falta de pruebas, dudas o variables cercanas a esto.

Querrela: es la solicitud que hace el ofendido o agraviado para que se inicie la investigación, la cual es formulada como medio de protección a los intereses personales de la víctima.

Sentencia: es una resolución judicial dictada por un juez o tribunal, cuyo fin es declarar o reconocer el derecho o razón de una de las partes, obligando a la otra a pasar por tal declaración y cumplirla. En derecho penal, la sentencia absuelve o condena al acusado, imponiéndole la pena correspondiente.

Sindicado: persona acusada de infracción de las leyes penales.

Situación Jurídica: estado en el que se encuentra una persona, desde el punto de vista de la sentencia que espera, conforme a las normas jurídicas.

RESUMEN EJECUTIVO

Desde la década de los cincuenta en adelante, Colombia ha sido azotada por la delincuencia común y organizada que se ha incrementado, por los desplazamientos causados por la violencia, el desempleo, la falta de educación, entre otros factores.

Cartagena de Indias, no ha sido ajena a este aumento en los índices de criminalidad, la sociedad actualmente la percibe como una ciudad insegura. A pesar los esfuerzos hechos por la Policía Nacional, en combatir la delincuencia, las encuestas de victimización arrojan resultados alarmantes, por ejemplo entre las ciudades más importantes de Colombia, para el año 2007, Cartagena, fue la ciudad que más atracos registró en Colombia; en el 2008, el 44% de sus habitantes la creía insegura y el 48% más o menos segura; con respecto al 2009, para el primer semestre, ocupó el segundo lugar, con relación al aumento del homicidio.

Estas cifras, dejan ver que el trabajo que está haciendo la Policía Metropolitana de Cartagena, en estos

momentos, no es suficiente para controlar la delincuencia que se ha generado en las calles. Por lo que se hace necesario, crear estrategias y/ alternativas con el fin de mejorar los niveles de servicio a la comunidad.

Una de estas alternativas es, el balanceo de la carga de trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI, quienes son la entidad encargada de velar por la seguridad y la tranquilidad de los habitantes, y a su vez, la entidad que tiene el primer contacto, al realizarse un delito.

En el año 2006, se probó que a través de un modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético se puede dar solución a un Problema de Asignación balanceada de clientes a múltiples centros de distribución. Si se toman como centros de distribución a los CAI de Cartagena y como clientes a los delitos de la ciudad, y se aplican estas dos técnicas, es posible balancear la carga delictiva en la ciudad y encontrar una buena solución al problema.

Para aplicar estas dos herramientas, se hace necesario, la construcción de una matriz de costos, la cual contenga los delitos, las penas establecidas por la ley, los CAI, la ubicación de los mismos y los diferentes barrios de la ciudad.

Esta monografía tiene como objetivo principal el diseño y la construcción de la matriz de costo que sirve como insumo inicial para la aplicación de un modelo de Programación Lineal y Algoritmos Genéticos para obtener como solución el balance que debe tener cada CAI para poder atender toda la demanda.

La matriz de costos desarrollada está en función a *la frecuencia de delitos por barrios*, es decir la ocurrencia de cada delito atendido por un CAI en cada barrio; *el impacto social de cada delito*. Los delitos poseen diferentes penas, dependiendo del impacto que generan en la sociedad, es por ello, que fue necesario encontrar una equivalencia entre los diferentes delitos, a esto se llamó factor de ponderación, que una vez multiplicado por la frecuencia de delitos por barrio se obtiene una *unidad agregada de delitos por barrio*

UAD, que permite integrar el impacto social de cada delito con la ocurrencia por barrios; siendo ésta equivalencia, el factor determinante para la construcción de la matriz.

Los costos, de está matriz, se encuentran en función de *la distancia lineal existente entre cada CAI y el centro geométrico de cada barrio*, éste fue calculado ubicando un punto en el centro de cada barrio de la ciudad (los CAI, fueron situados en el centro geométrico de cada barrio al que pertenecen) y utilizando el concepto de Métrico Euclidiano, el cual establece que la distancia más corta entre dos puntos es la línea recta. Se halló la distancia entre cada barrio y cada CAI, para luego multiplicarla por la Unidad Agregada de Delitos y obtener finalmente la matriz de costos, objeto final de esta monografía.

INTRODUCCIÓN

Desde las primeras civilizaciones, se han establecido reglas o normas, las cuales han buscado clasificar los actos del ser humano en permitidos y no permitidos. Dentro de los actos no permitidos, están aquellos que atentan contra la integridad o vida de las personas y de la sociedad en general, llamados actualmente delitos; éstos son condenados en forma directamente proporcional al impacto que generan, tal como lo establece para Colombia el Código de Procedimiento Penal.

En el país, la delincuencia se ha convertido en algo muy común debido, entre otras cosas, a los diversos problemas políticos, económicos y sociales que han tenido lugar al interior de éste durante las últimas cuatro décadas. En aras de mitigar este fenómeno, el Gobierno Colombiano ha creado múltiples formas de combatir el crimen organizado que ha hecho estragos en todas las zonas del país, y a su vez la delincuencia común, presentes en las calles de cualquier ciudad.

Es así como, con el Decreto 1512 del 11 de agosto de 2000, Artículo 53, se autoriza al Director General de la Policía Nacional para crear y organizar, con carácter permanente o transitorio, áreas funcionales y grupos de trabajo acordes con los objetivos, políticas y programas de la Policía Nacional. De esta forma se implementa el funcionamiento de las Regiones de Policía¹, permitiendo optimizar los recursos que poseen las Policías Metropolitanas y los Departamentos de Policía, a través de apoyos con medios humanos y logísticos, de acuerdo a las necesidades de cada una.

¹ Resolución No. 03257 del 16 de diciembre del 2004.

http://oasportal.policia.gov.co/portal/page/portal/UNIDADES_POLICIALES/Comandos_Regiones_de_Policia/Region_Policia_3 Año 2008.

A través de las anteriores directrices que se logra mejorar considerablemente la operatividad por la flexibilidad para planear y ejecutar operaciones de gran magnitud tendientes a la desarticulación de organizaciones terroristas y la delincuencia organizada y común de la jurisdicción. Junto a estas decisiones y con el fin de ofrecer una respuesta oportuna a las necesidades y requerimientos de la comunidad en materia de seguridad, se han creado los Centros de Atención Inmediata-CAI, los cuales tienen como objetivos primordiales prevenir cualquier acto ilícito, contrarrestar el accionar de los delincuentes, así como velar por la vigilancia, la seguridad y el bienestar de los ciudadanos.

A pesar de la instauración de los centros de atención inmediata CAI a nivel nacional como recurso para prevenir el delito y la contravención a través de un servicio de cercanía a la comunidad, en el país y por supuesto, en la ciudad de Cartagena de Indias, se percibe un aumento en la inseguridad; cada día más personas son víctimas de la delincuencia callejera, a través de atracos, extorsiones, robos y demás delitos que atentan contra la integridad de la ciudadanía y que se convierten en claro reflejo una cultura antisocial.

La siguiente investigación titulada “Diseño y Construcción de la Matriz de Costos Para Una Adaptación del Problema de Asignación Balanceada de Clientes Aplicado en los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad de Cartagena de Indias” pretende construir una herramienta base al problema “*Balanceo de las cargas de trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI de la Ciudad de Cartagena a través de un modelo de Programación Lineal y Algoritmos Genéticos*”, el cual se denominará proyecto global, y finalmente arrojará resultados donde se manifiesten las cargas de trabajo balanceadas para la ciudad de Cartagena, logrando así que las necesidades de la población civil sean atendidas con un nivel de servicio más eficiente.

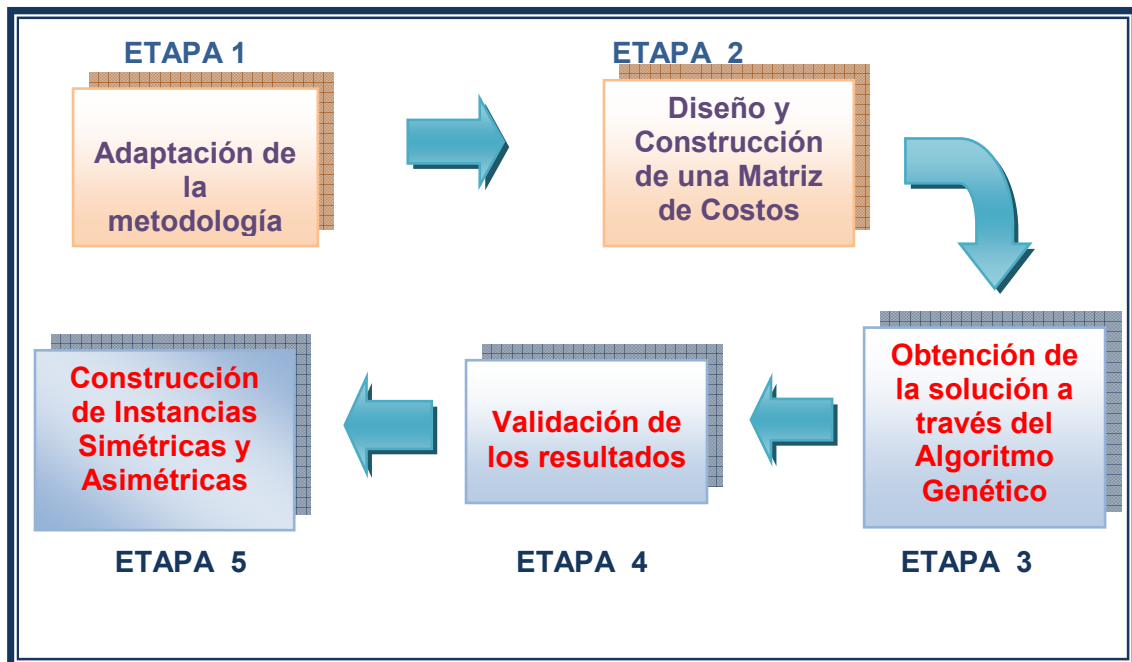
En el desarrollo de la matriz de costos, se trabajó con los datos del año 2007, debido a la dificultad en la recolección de información por parte de las autoridades pertinentes para los años siguientes; tal como se especifica en el desarrollo de la monografía.

Esta investigación, se presenta como monografía del Minor en Logística y Productividad, del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar, la cual está enfocada en el ámbito de la Ingeniería Industrial, específicamente en el área de los métodos cuantitativos aplicados a la logística, haciendo énfasis en los temas de asignación y distribución.

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

Esta monografía hace parte de un proyecto investigativo denominado “*Balanceo de las cargas de trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI de la Ciudad de Cartagena a través de un modelo de Programación Lineal y Algoritmos Genéticos*” (*proyecto global*), a fin de aumentar el nivel de efectividad y eficiencia de estos centros. Para la ejecución de este proyecto, se emplearán resultados obtenidos en la Tesis de Maestría “*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*” desarrollada por el M.Sc. Luis I. Morales en el año 2006. El proyecto global se compone de cinco etapas. (Ver figura 1).

Figura 1. Etapas del Proyecto Global.



Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS:

A continuación se describen las etapas del proyecto global:

1. Adaptación de la metodología desarrollada en la Tesis de Maestría a la problemática de seguridad urbana objeto de estudio; es decir, la aplicación de modelos matemáticos a una problemática social.

En el proyecto global, se obtendrá la solución, utilizando El Problema de Asignación Balanceada (BAP), con el fin de aumentar la efectividad en la prestación del servicio.

Dado que esta monografía, es la base para el proyecto expuesto anteriormente, se hizo la adaptación del BAP, de la siguiente manera: Se tomaron como clientes a los barrios de la ciudad de Cartagena y como centros de distribución a los diferentes CAI. Los costos logísticos se calcularon en función a la distancia lineal recorrida desde cada barrio hasta cada CAI. Una vez identificadas las variables se calcula una matriz de costos, la cual es punto de partida para poder dar solución al problema aplicando un modelo de Programación Lineal y Algoritmo genético, herramientas probadas en la Tesis de Maestría "*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*" desarrollada por el M.Sc. Luis I. Morales.

2. Diseño y Construcción de una Matriz de Costos que pueda servir para la utilización del Algoritmo Genético diseñado en la Tesis de Maestría mencionada previamente, así como en el Modelo de Programación Lineal Entera que permite su validación.

Para la solución al problema, es necesario la construcción de una matriz de costos en función a *la frecuencia de delitos por barrios*, es decir la ocurrencia de cada delito atendido por un CAI en cada barrio; *el impacto social de cada delito*, los delitos poseen diferentes penas, dependiendo del

impacto que generan en la sociedad, es por ello, que fue necesario encontrar una equivalencia entre los diferentes delitos, a esto se llamó factor de ponderación, que una vez multiplicado por la frecuencia de delitos por barrio se obtiene una unidad agregada de delitos por barrio, que permite integrar el impacto social de cada delito con la ocurrencia por barrios; y *la distancia lineal existente entre cada CAI y cada centro geométrico de cada barrio*, éste fue calculado ubicando un punto en el centro de cada barrio de la ciudad (los CAI, fueron situados en el centro geométrico de cada barrio al que pertenecen) y utilizando el concepto de Métrico Euclidiano, el cual establece que la distancia más corta entre dos puntos es la línea recta, se halló la distancia entre cada barrio y cada CAI, para luego multiplicarla por la Unidad Agregada de Delitos y obtener finalmente la matriz de costos.

3. Obtención de la solución a través del Algoritmo Genético adaptado a la problemática objeto de estudio.

Al tener construida la matriz de costos, se genera una población inicial dentro del Algoritmo Genético, para posteriormente ser evaluada, seleccionada, cruzada y mutada, a fin de encontrar una buena solución (puede ser cercana al óptimo) en el mínimo tiempo computacional que sea posible.

4. Validación de los resultados obtenidos a través del Modelo de Programación (PL) ajustado a la problemática objeto de estudio.

El modelo de PL sirve para validar la solución dada por el Algoritmo genético, pues este modelo garantiza dar la solución óptima sin importar el tiempo computacional que demore.

El modelo de Programación Lineal con el que se trabajará, tiene una función objetivo Minmax, que minimiza los máximos costos y las restricciones están dadas por los supuestos del proyecto.

5. Construcción de Instancias Simétricas y Asimétricas de matrices de costos que permitan validar la metodología desarrollada.

La última etapa del proyecto consiste en diseñar una instancia de problema para ciudades simétricas y asimétricas, tomando como referentes los valores históricos de la ciudad de Cartagena y evaluar el comportamiento del modelo de Programación Lineal y el del Algoritmo Genético.

Las etapas desarrolladas dentro de esta monografía son las 1 y 2.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA GLOBAL.

La delincuencia es un fenómeno que azota a Colombia desde hace más de 40 años, razón por la cual se ha convertido en un problema de carácter social, el cual afecta a todos los ciudadanos del país sin importar clases sociales, religión, edad, etc. La delincuencia se divide en dos tipos, delincuencia común o menor y delincuencia organizada; en Colombia, se pueden apreciar ambos casos, desde grupos ilegales armados hasta la delincuencia común, ésta última atacando principalmente las zonas urbanas del país.

Los medios de comunicación destacan diariamente la violencia relacionada con conflictos políticos y el narcotráfico, pero en realidad, se estima que estas dos causas no explican más del 20% de los homicidios. La mayor parte de las lesiones

no fatales se atribuyen a “violencia común” (riñas o atracos)². Los factores pueden ser muchos, todos ellos ligados a las condiciones económicas, políticas y sociales existentes en Colombia, de las cuales se tiene suficiente conocimiento.

Según la ley, un delincuente es aquel que transgrede (por acción u omisión) el código penal. El código penal abarca el conjunto de acciones que atenta contra la tranquilidad y el bienestar social. Entre las transgresiones más comunes se encuentran las lesiones a personas (incluido el homicidio), y delitos contra el patrimonio (hurto, atraco, extorsión, estafa y daño a bienes ajenos). La delincuencia está íntimamente relacionada con el comportamiento; la agresión es un rasgo de la conducta antisocial³.

La policía Nacional de Colombia, con el objetivo de obtener mayor cobertura y medir el nivel delictivo con mayor precisión, ha dividido el país en zonas dependiendo la ubicación geográfica (Ver tabla 1); estas zonas o regiones tienen la misión de aportar a la construcción de una cultura de seguridad y convivencia ciudadana, mediante el direccionamiento estratégico, táctico y operacional del servicio policial que cumplen los departamentos de policía de la respectiva jurisdicción.

El funcionamiento de estas regiones de Policía contribuye de forma efectiva a la optimización y potencializarían de los recursos que poseen las Policías Metropolitanas y los departamentos de Policía, gracias a los apoyos con grupos humanos y logísticos de acuerdo a las necesidades: con acciones encaminadas a

² KLEVENS, Joans; RESTREPO O, ROCA J, MARTÍNEZ A. Epidemiología de la delincuencia en Colombia. Bogotá: Informe técnico presentado a Colciencias.1997.

http://www.ins.gov.co/recursos_user/documentos/editores/588/epidemiologia_de_la_delincuencia.pdf. Año

2009

³ Ibid.

desarticulación organizaciones al margen de la ley, todo tipo de delincuencia organizada y común.

De acuerdo con lo anterior, Cartagena, se encuentra ubicada en la Región de Policía No. 8, correspondiente a la parte Norte del país y desde mediados del 2008 la ciudad de Cartagena es la sede de la misma. Esta nueva organización de la Policía obedece al interés de la institución para reducir trámites y atender de una forma más ágil las solicitudes de la comunidad en general. Es la primera reestructuración que sufre la Policía Nacional desde su creación⁴.

La región N° 8, está conformada por seis departamentos de policía: Atlántico, Bolívar, Magdalena, Guajira, San Andrés, Sucre, así como por la Metropolitana de Cartagena y Barranquilla, las cuales ocupan el 12.6% del territorio nacional, con 133 municipios, 796 corregimientos, 303 caseríos y 74 inspecciones de policía, su población aproximada es de 7'195.708 habitantes que representan el 16.3% de la población nacional.

La Región 8, corresponde a la Costa Norte de país, en donde se ubica el departamento de Bolívar y en él, la ciudad de Cartagena, zona de estudio para este proyecto en específico.

⁴ PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. “Policía Nacional Se Reorganiza En Ocho Regiones”. Bogotá. Jueves, 20 de agosto de 2006.

http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2005/enero/18/03182005.htm

Tabla 1: Regiones de Policía Nacional Colombiana

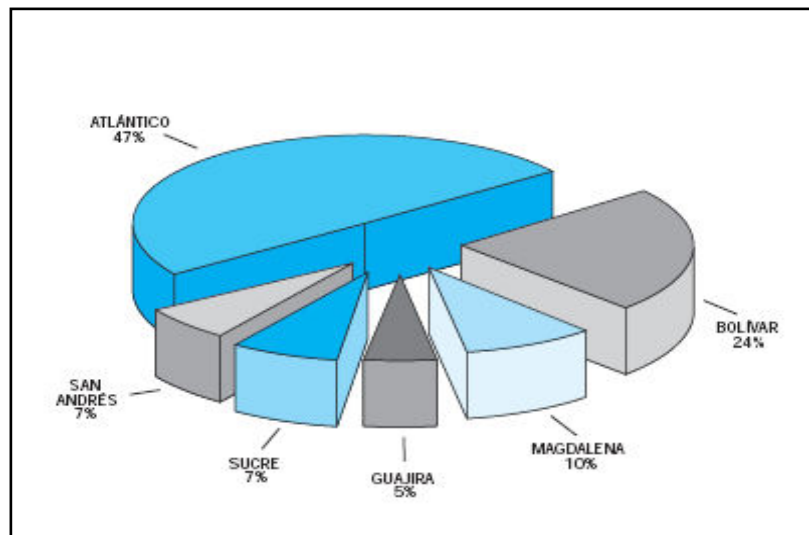
Región	Sede	Unidades Policiales
1	Bogotá	Metropolitana de Bogotá
		Boyacá
		Cundinamarca
2	Neiva	Huila
		Tolima
		Caquetá
		Putumayo
3	Pereira	Risaralda
		Quindío
		Caldas
4	Cali	Metropolitana de Cali
		Valle
		Cauca
		Nariño
		Comando operativo especial de seguridad ciudadana en Buenaventura
5	Cucuta	Santander
		Metropolitana de Bucaramanga
		Norte de Santander
		Metropolitana de Cucuta
		César
		Arauca
6	Medellin	Metropolitana Valle de Aburrá
		Antioquia
		Chocó
		Cordoba
		Urabá
7	Villavicencio	Meta
		Casanare
		Amazonas
		Guainia
		Guaviare
		Vichada
		Vaupes
8	Cartagena	Atlántico
		Metropolitana de Barranquilla
		Bolívar
		Magdalena
		Guajira
		Sucre
		San Andrés y Providencia
		Metropolitana Cartagena

Fuente: Policía Nacional:

http://www.policia.gov.co/porta/page/porta/UNIDADES_POLICIALES/Comandos_Regiones_de_Policia

Para el año 2007, la carga delictiva de esta región (Ver gráfico 1), registra el 24% del total de casos delictivos, ocupando el segundo lugar en relación con los índices de criminalidad de la costa norte; los delitos como el hurto común y las lesiones personales cubrieron el 67% de los delitos de impacto social, los cuales registraron una disminución del 10 % con respecto al 2006⁵.

Gráfico 1. Porcentaje de delitos en la zona Norte año 2007



Fuente: POLICIA NACIONAL, DIJIN. Análisis Regiones de Policía. En: Revista Criminalidad, Edición 0, 2007. p 80.

La ciudad de Cartagena, en el 2005, contabilizó 15.298 casos de delito de impacto social. En el 2006 la cifra fue de 16.675 delitos, lo que se traduce en un aumento de 9.24% con relación al 2005. Para el año 2007, se contabilizaron 15.675 casos

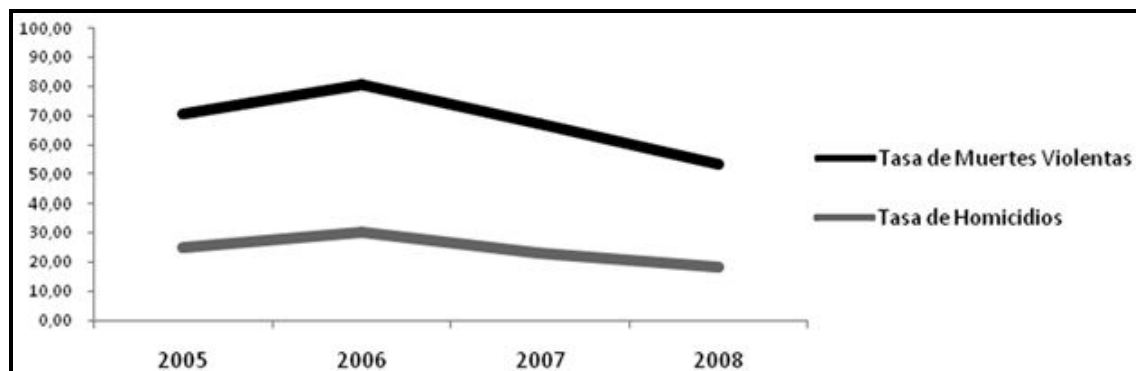
⁵ De acuerdo a estadísticas otorgadas por la SIJIN, la Policía Metropolitana de Cartagena y el Centro de Observación y seguimiento del delito-COSED. Año 2008

de delito de impacto social, registrándose una disminución del 6% con respecto al año anterior⁶.

Sin embargo, ese mismo 2007, la ciudad que registró más hurtos en Colombia fue Cartagena de Indias, según la encuesta anual de la fundación seguridad y democracia⁷, siendo este delito la principal razón por la cual, los índices de victimización directa arrojaron resultados más altos. Para esta época un alto porcentaje de ciudadanos (67%) consideraba a la ciudad insegura, convirtiéndose la calle en un peligro latente para turistas y habitantes en general.

El número de homicidios disminuyó en 2008 con respecto a 2007. A 31 de diciembre de 2008 ascendieron a 171, lo cual representó una reducción de 19.7% con respecto a 2007, cuando fueron 213. (Ver gráfica 2)

Gráfica 2: Tasa de homicidios y muertes violentas en Cartagena



Fuentes: COSED y Encuesta de Percepción de Cartagena Cómo Vamos de julio 2008 para los datos de victimización.

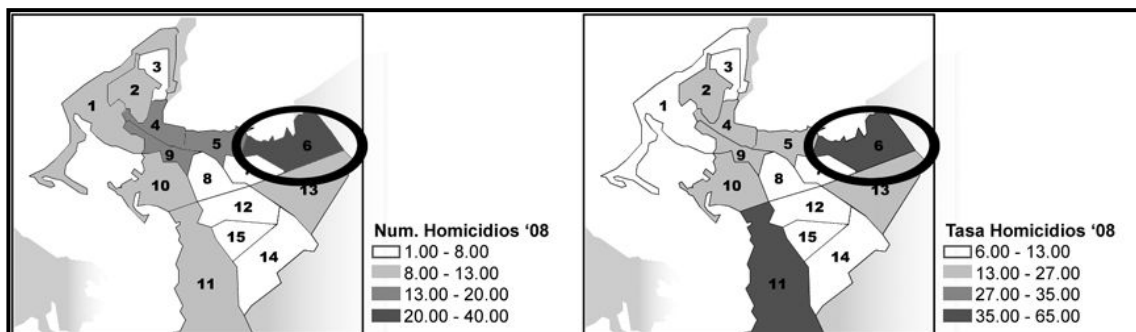
⁶ Ibid

⁷ CRIMINALIDAD Y VICTIMIZACIÓN EN LAS CIUDADES MÁS GRANDES DE COLOMBIA AÑO 2007. Encuesta anual de la fundación Seguridad y Democracia. <http://www.seguridadydemocracia.org/docs/pdf/seguridadUrbana/encuestaAnual22.pdf> Año 2008.

Los meses en que mayor número de homicidios se presentaron fueron junio y julio con un 25% del total de homicidios del año. El 92.4% de las víctimas fueron de sexo masculino y el 75.4% con edades entre los 15 y los 39 años. Ninguno de los anteriores valores registró cambios significativos con respecto a 2007.

El mayor número de homicidios se registró en la unidad comunera⁸ 6, seguida por la 4 y la 9 (Ver mapa 1). En la unidad comunera 6 resultaron significativamente elevados tanto el número como la tasa estimada de homicidios. Los 47 homicidios registrados allí representaron el 27.4% del total de homicidios en la ciudad y la tasa de 55.8 homicidios por cada 100.000 habitantes es cerca de 3 veces mayor a la tasa agregada para toda la ciudad. El 80.1% de los homicidios fueron cometidos con arma de fuego.

Mapa 1. Número y tasa de homicidios en Cartagena 2008



Fuente: Mapas de Unidades Comuneras Cómo Vamos de CCV con base en datos del COSED y Censo DANE 2005

⁸ Distribución de unidades comuneras en la ciudad de Cartagena, las tasas por unidades comuneras fueron estimadas por CCV a partir de datos del COSED y datos poblacionales por unidades comuneras del Censo DANE 2005 proyectados a 2008 por CCV.
http://www.cartagenacomovamos.org/cartagena_localidades.htm

Debido al fenómeno llamado “criminalidad oculta”, en la cual los registros oficiales no quedan consignados la totalidad de los delitos ocurridos, los indicadores de victimización cobran especial importancia para aproximar la magnitud total de éstos y la porción de ellos que permanecen ocultos. En los resultados de las encuestas de percepción ciudadana para el 2008, el valor de dicho índice fue 14.0%, lo cual sugiere que dicho porcentaje de los habitantes de la ciudad fue víctima de al menos un delito durante los 12 meses que antecedieron la Encuesta (Ver figura 2). También según registros de la Encuesta, aproximadamente dos terceras partes correspondieron a atracos callejeros, 15% a atracos a residencias, y con frecuencias más reducidas lesiones personales, robo de vehículo o sus partes, robos en el transporte público, violencia familiar y otros.

Entre quienes reconocieron en 2008 haber sido víctimas de algún delito, el 56% afirmó no haberlo denunciado. La falta de confianza en las autoridades y el miedo a represalias fueron las dos principales razones argumentadas para no haberlo hecho.⁹

⁹ INFORME “COMO VAMOS EN SEGURIDAD CIUDADANA”
<http://www.cartagenacomovamos.org/contenidos/seguridad.pdf>

Figura 2: Nivel de victimización en Cartagena

De qué tipo de delito fue víctima?			
	2008	2007	2006
Atraco/Robo callejero	66%	67%	54%
De celular	55%	41%	30%
Raponazo	9%	22%	24%
Después de transacción bancaria	9%	6%	7%
Sin darse cuenta	7%	5%	1%
De negocio	2%	2%	1%
No sabe	2%	0	0
Otros	9%	22%	38%
Asalto - Robo a residencia	15%	20	27%
Lesiones personales	7%	5%	6%
Robo del vehículo o partes de éste	1%	3%	4%
Robo parcial	100%	100%	62%
Robo total	0	ND	38%
Atraco o robo en el transporte público o colectivo	5%	4%	1%
Violencia intrafamiliar	2%	0	0
Otros	5%	4%	7%
Base	136	116	135

Fuente: Encuesta de Percepción Ciudadana, Julio 2008.

Según la Encuesta Anual de Criminalidad y Victimización en las ciudades más grandes de Colombia, publicada el 09 de febrero de 2009¹⁰, en el año 2008, la ciudad de Cartagena, disminuyó en seis puntos el nivel de victimización directa (porcentaje de personas que ha sido víctima de algún delito), con respecto al año anterior, lo que presenta un avance en la gestión de los organismos de inteligencia, sin embargo, la percepción que tienen los cartageneros del nivel de seguridad es negativa, el 44% de los encuestados cree que Cartagena es insegura, el 48% la considera más o menos segura y solo el 8% cree que la ciudad es segura.

¹⁰ Encuesta anual ciudadana sobre percepción y victimización en las seis ciudades más grandes del país (Resumen). <http://www.seguridadydemocracia.org/seguridadUrbana.asp>

La anterior situación se genera porque el delito callejero más común es el hurto, éste ocupan el 89% de los delitos cometidos en el 2008. A su vez las prácticas de violencia utilizada para cometer estos delitos son en su mayoría las armas de fuego, por lo cual las personas se sienten más vulnerables ante estos hechos.

Para el primer semestre del 2009, la ciudad ocupó el segundo lugar entre las ciudades analizadas en cuanto al aumento del homicidio (21,3%) y la tasa del primer semestre del 2009 fue la tercera más alta entre las ciudades con 25,5%.¹¹ Con respecto al delito de hurto, aumentó el mismo a establecimientos comerciales, mientras que el hurto a personas sigue registrando un índice alto.

Las autoridades locales están otorgando respuesta a la comunidad en cuanto a la prevención, a través de los diferentes programas que mantienen en la comunidad así como por medio de los informes que publican en internet y otros medios. Pero en cuanto a la reacción por parte de las autoridades, al parecer es poco efectiva al hacer referencia a los delitos contra el patrimonio económico.

Por su parte, los entes del gobierno encargados de combatir la delincuencia han hecho múltiples esfuerzos para garantizar la seguridad de los ciudadanos, pese a ello, la gestión de dichas entidades no han alcanzado a abarcar la totalidad del problema delincriminal que enfrenta el país. El problema consiste básicamente en la distribución de los recursos en cada uno de los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad de Cartagena de Indias; en la actualidad la policía trabaja según la demanda de delitos, incrementando los recursos en las zonas de la ciudad conforme se aumentan los niveles delictivos en éstas. Aunque dichos recursos son trasladados de un CAI a otro, la delincuencia se ubica en las zonas aledañas lo que trasladaría el problema, un ejemplo palpable de eso son los llamados CAI móviles instalados en la ciudad.

¹¹ Artículo: La seguridad en las seis principales ciudades de Colombia. Primer semestre de 2009
<http://www.seguridadydemocracia.org/seguridadUrbana.asp>

Con objeto de ofrecer una solución a esta problemática, se ha desarrollado una metodología, la cual propone las herramientas bases necesarias para dar solución a un problema de carácter social que afecta a toda la población (sin tener en cuenta raza, estrato social, creencias, etc.), y teniendo en cuenta lo desarrollado, se pueda en trabajos futuros, incrementar la efectividad y la eficiencia de los Centros de Atención Inmediata de la ciudad de Cartagena a través del Balanceo de las Cargas de trabajo de los mismos, empleando para ello los resultados obtenidos en la Tesis de Maestría “*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*” desarrollada por el M.Sc. Luis I. Morales en el año 2006.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA GLOBAL

La integridad y la vida de los ciudadanos son factores determinantes en la sociedad humana, los índices de delincuencia son preocupantes en todos los países sin importar los niveles sociales, culturales y/o económicos. De hecho, “Son fines esenciales del Estado... mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo”¹².

La delincuencia es un problema que se vive en todas las sociedades y en todos los estratos o círculos sociales, solo que en algunos países, como es el caso de los más desarrollados, es tratado con mayor efectividad que en el resto.

A diferencia de muchos países, Colombia registra una baja tasa de delitos callejeros (criminalidad denunciada), encontrándose la misma muy por debajo de la media estimada para esta muestra de países. (Ver tabla 1).

¹² Constitución Política de Colombia de 1991. Artículo 2.

TABLA 2. Índices de delito callejero en el mundo. Año 2006.

País	Población	Delitos	Tasa por 100.000 habitantes
Reino Unido	52.570.245	5.525.316.	10.510
Chile	15.116.435	1.292.259	8.549
Alemania	82.531.700	6.363.855	7.711
Australia	20.264.082	1.471.948	7.264
Sudáfrica	43.900.000	2.345.011	5.342
Estados Unidos	293.655.404	11.695.264	3.983
Argentina	36.260.130	1.270.725	3.504
Brasil	176.876.251	3.699.026	2.091
Colombia	46.045.109	333.724	725

Fuente: POLICÍA NACIONAL. Grl. Oscar A. Naranjo Trujillo. Reflexiones sobre el delito callejero. Bogotá, Año 2006.

Al agrupar los datos, de acuerdo al número de habitantes de cada país que sitúa a Colombia dentro del rango de 35 a 55 millones de habitantes (Argentina, Sudáfrica, Reino Unido y Colombia), el promedio de delitos por cada 100.000 habitantes para este grupo es aproximadamente de 5.020; comparando el dato anterior con la tasa de delitos correspondiente a Colombia, es evidente la gran diferencia que Colombia presenta.

TABLA 3. Agrupación de países por clases

Países	Población	Delitos	Tasa por 100 habitantes
Estados Unidos	293.655.404	11.695.264	3.983
Brasil	176.876.251	3.699.026	2.091
Alemania	82.531.700	6.363.855	7.711
Reino Unido	52.570.245	5.525.316	10.510
Sudáfrica	49.900.000	2.345.011	5.342
Colombia	46.045.109	333.724	725
Argentina	36.260.130	1.270.725	3.504
Austria	20.264.082	1.471.948	7.264
Chile	15.116.437	1.292.259	8.549

Fuente: POLICÍA NACIONAL. Grl. Oscar A. Naranjo Trujillo. Reflexiones sobre el delito callejero. Bogotá 2006.

De este análisis surge un interrogante, ¿Por qué Colombia muestra una tasa de delincuencia tan baja con respecto a los países con similar población (725 delitos por cada 100.000 habitantes)?; una respuesta se encuentra en la información que brinda la Policía Nacional de Colombia en el artículo sobre “Reflexiones del delito callejero”¹³ en el cual se hace referencia al fenómeno denominado “Criminalidad oculta”.

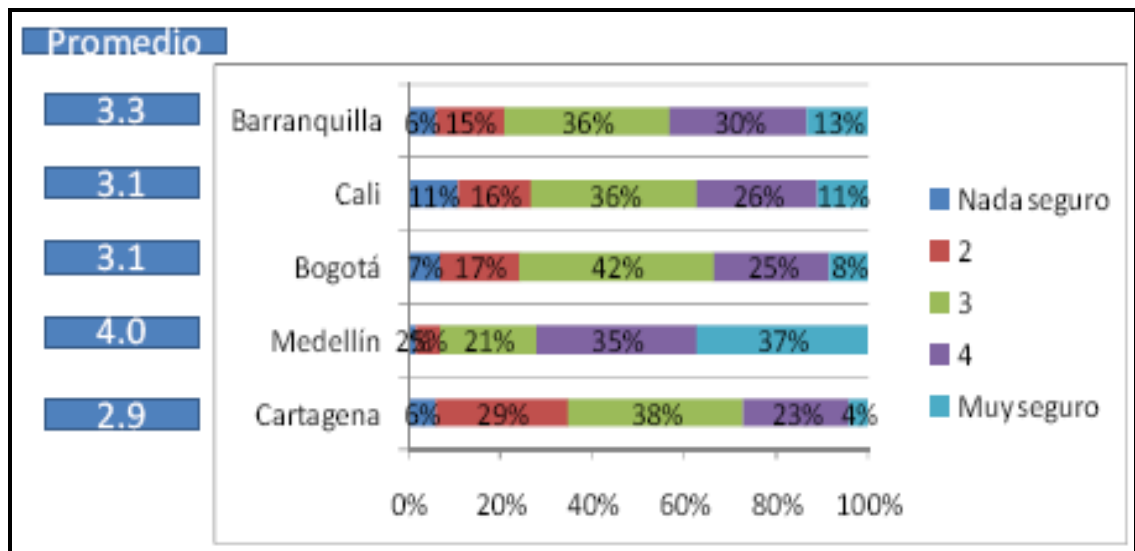
En los países desarrollados este fenómeno es muy bajo o casi nulo, lo contrario a Colombia, esto se debe a que nuestra población no tiene una cultura de denuncia, por lo que la mayoría de los delitos quedan impunes, en vista de que no se registran o se denuncian ante las autoridades competentes.

¹³ POLICÍA NACIONAL. Grl. Oscar A. Naranjo Trujillo. Reflexiones sobre el delito callejero. Bogotá 2006.

Entre las principales razones conocidas, para la existencia de la criminalidad oculta, se destacan: La falta de motivación ciudadana, el temor de la víctima a potenciales represalias, la autoridad competente desestimula la denuncia del delito, la alta capacidad de la delincuencia organizada para ejercer justicia por cuenta propia, la ausencia de capacidad de respuesta de las autoridades para atender al ciudadano y la cobertura insuficiente de unidades receptoras de denuncia. De estos factores expuestos, son objeto de estudio de esta investigación los dos últimos puesto que se estima que al dar una posible solución óptima a este problema de tipo social que azota a la ciudad de Cartagena, los índices en materia de seguridad y convivencia pacífica mejorarán al igual que el servicio prestado por los Centros de Atención Inmediata-CAI.

De acuerdo a encuestas de percepción ciudadana realizadas entre junio y julio de 2008 en las principales cinco ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena) con el fin de conocer y evaluar la calidad de vida, la percepción de seguridad en Cartagena fue la más baja con una calificación de 2.9/5.0, siendo evidente entonces que los cartageneros siguen percibiendo la ciudad como insegura (Ver gráfico 3) pese a la disminución del 19.7% en el número de homicidios ocurridos en la ciudad de Cartagena en el año 2008, año en el cual, se registraron 171 homicidios en contraste con los 213 homicidios cometidos el año anterior.

**Gráfico 3. Resultado de encuesta de percepción ciudadana
¿Qué tan seguro se siente usted en su ciudad?**



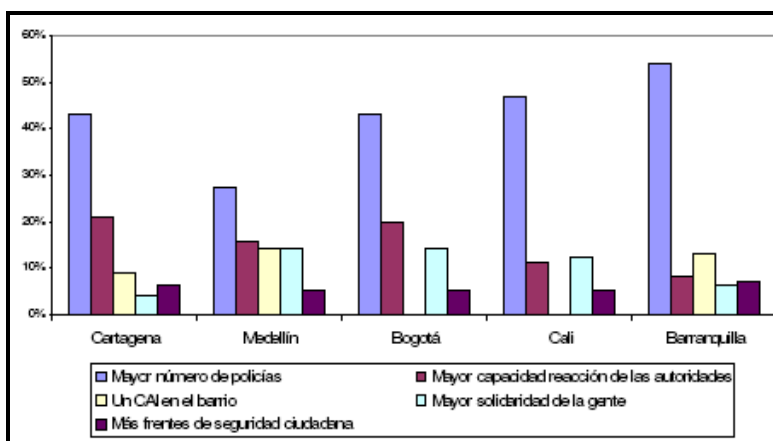
Fuente: Documento de la RED de Ciudades Cómo Vamos Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena. Percepción Ciudadana sobre la Calidad de Vida en cinco ciudades colombianas. Diciembre de 2008

Durante el primer semestre del año 2008 se reportaron en Cartagena 1.092 hurtos en sus diferentes tipologías, cifra que representa una reducción del 37,4% con respecto a los 1745 hurtos denunciados en el mismo periodo del año 2007. Los hurtos simples disminuyeron en los establecimientos donde comúnmente se registran, pero a la vez aumentaron los hurtos con armas de fuego (la modalidad más común de los Hurtos a Personas fue el atraco, con 474 casos que representa el 72% del total) lo que significa que la integridad de las personas se ve mucho más perturbada debido a que aumenta el nivel de intimidación a la víctima, los delincuentes pasan de un ‘raponazo’ a un hurto usando arma de fuego, cometiendo dos delitos en uno solo, lo cual preocupa en gran medida a la ciudadanía en general.

En este seguimiento a la calidad de vida, al evaluar la seguridad a nivel de barrios (Ver gráfica 4), los ciudadanos manifestaron en Bogotá, Cali, Barranquilla y Cartagena que el principal problema estaba relacionado con atracos y robos

callejeros, para lo cual se seleccionó el aumento del número de policías como la principal acción a ejercer para mitigar este problema y mejorar de este modo la seguridad barrial en Cartagena, seguido de una mayor capacidad de reacción de las autoridades y la construcción de un CAI en el barrio.

Gráfico 4. Resultado de encuesta de percepción ciudadana. ¿Cuál de las siguientes acciones considera que es la más importante para mejorar la seguridad de su barrio.



Fuente: Documento de la RED de Ciudades Cómo Vamos Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena. Percepción Ciudadana sobre la Calidad de Vida en cinco ciudades colombianas. Diciembre de 2008

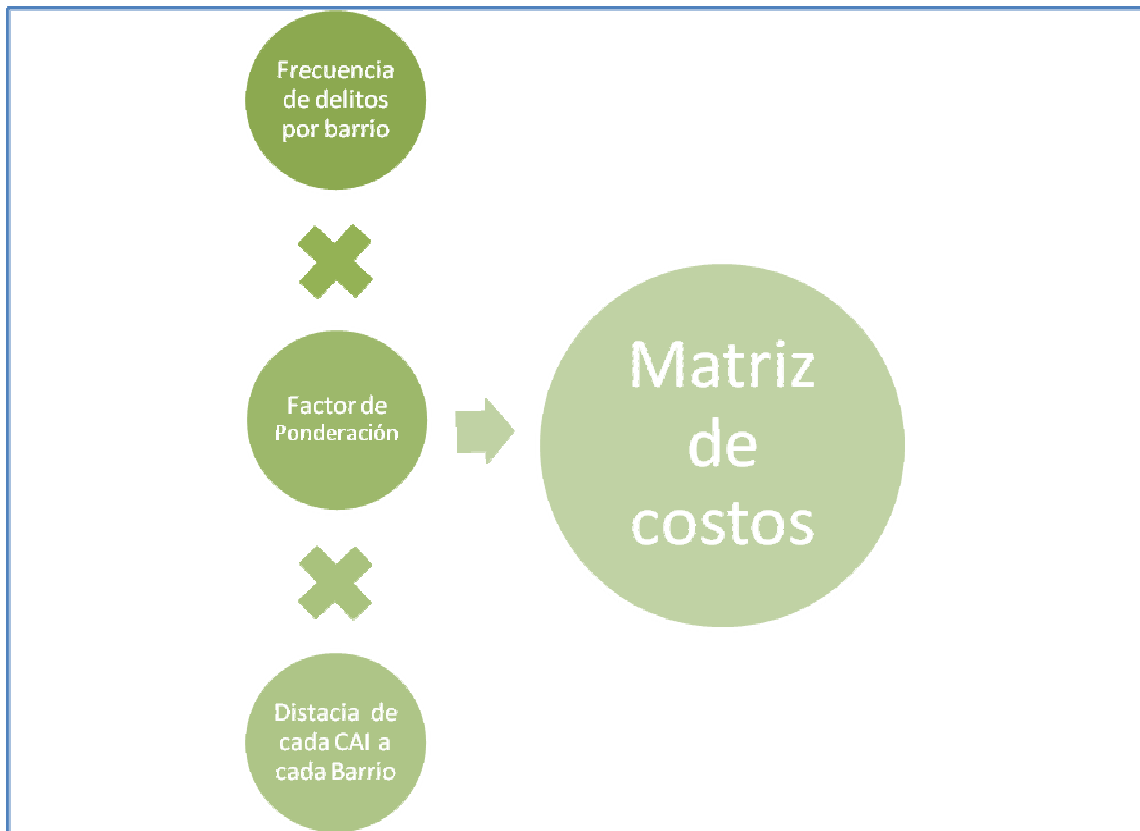
Ante lo anterior, la presente investigación se orienta principalmente a balancear las cargas de trabajo de los Centros de Atención Inmediata (CAI) de la ciudad de Cartagena con el fin de aumentar los niveles de servicio a la población y lograr un equilibrio en cuanto a carga y delitos para los CAI en la ciudad, de tal modo que se incremente la efectividad de estos centros de atención en la lucha contra el delito y se preste un servicio más eficiente, de cara a las necesidades y requerimientos de la población civil en materia de seguridad, salud pública y convivencia ciudadana.

2. GENERALIDADES

“Diseño Y Construcción De La Matriz De Costos Para Una Adaptación Del Problema De Asignación Balanceada De Clientes Aplicado En Los Centros De Atención Inmediata CAI De La Ciudad De Cartagena De Indias”

En esta monografía, tiene como objetivo final la construcción de una matriz de costo, en función de la frecuencia de delitos por barrios, un factor de ponderación y la distancia lineal entre cada CAI hasta cada barrio (Ver figura 3)

Figura 3: Elementos para la matriz de costos



Fuente: Diseño del equipo de trabajo.

El presente estudio desarrolla las dos primeras etapas del proyecto global, anteriormente expuesto en el punto 1. Generalidades (Ver Figura 1); con el fin de contribuir en la obtención de una solución al problema de asignación de carga de trabajo a los diferentes CAI de la ciudad, (encargados de velar por la seguridad de los ciudadanos), a través de la redistribución de las zonas, barrios o sectores de influencia, teniendo en cuenta los niveles delictivos que hay en cada una de ellas.

Este estudio, se mostrará en siete capítulos, el primero de los cuales expone la metodología a seguir así como las generalidades, la problemática objeto de estudio del proyecto global y de esta monografía, sus justificaciones y objetivos.

El segundo capítulo, abarca conceptos y teorías que se utilizan a través de todo el documento, por ejemplo, se habla de la Legislación Penal Colombiana, la cual es utilizada para hacer la ponderación de los delitos en una de las etapas del proyecto.

En el tercero se identifican los actores del problema objeto de estudio, en esta parte se definen las fuentes y entidades que participan en el proceso de captura de un sindicado y que se beneficiarían con los resultados del proyecto global.

En el cuarto capítulo, se establecieron los niveles delictivos de los barrios de la ciudad; esta parte es importante ya que se definen el tipo de delitos que entran en el estudio y su recurrencia por barrio.

El quinto y sexto, son el diseño y construcción de una unidad agregada de delitos, que permita definir una equivalencia entre el tipo de delito y la ocurrencia que tiene por barrio, para ello es necesario la recolección de información pertinente, crear un factor de ponderación que permita integrar los delitos por el impacto social que genere para después calcular el producto entre el factor de ponderación y la frecuencia de delitos por barrios (trimestralmente).

Finalmente el séptimo capítulo es la construcción de la matriz de costo, que es la multiplicación de las distancias lineales halladas entre cada CAI hasta cada barrio por la Unidad agregada de Delitos.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO DE LA MONOGRAFÍA

En la Tesis de Maestría “*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*” desarrollada por el M.Sc. Luis Ignacio Morales en el año 2006, se probó que a través de un modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético se puede dar solución a un Problema de Asignación balanceada de cliente a múltiples centros de distribución.

El proyecto global, utilizará los modelos diseñados en dicha tesis, para aumentar la efectividad en la prestación de servicio de los CAI, aportando en la lucha contra la delincuencia. Para lograr un balanceo de cargas de trabajo de los CAI, se hace indispensable, la construcción de una matriz de costos, a la cual posteriormente se le aplicará el modelo de Programación Lineal Entera y el Algoritmo Genético.

Para la realización de la matriz de costos, es necesario integrar todas las variables que intervienen a fin de lograr una sola unidad de medida, ya que los delitos se encuentran tipificados de acuerdo al impacto que generan en la sociedad, por ello se le da un valor de equivalencia en las penas, utilizando la Legislación Penal Colombiana, por ejemplo, el homicidio es el delito que posee mayor impacto social con una pena máxima de 40 años, este se toma como referencia para el resto de los delitos, es decir, si el homicidio tiene 40 años de pena, cuántas veces está contenido cualquier delito en ese delito de mayor pena, el hurto tiene una pena máxima de 8 años, lo que significa que está contenido cinco veces en el homicidio.

Una vez obtenido el factor de ponderación, se necesita recolectar la frecuencia de delitos que son atendidos en cada barrio y el costo logístico del proyecto, que se toma en función de la distancia que hay desde cada CAI hasta cada barrio de la ciudad y así finalmente lograr el objetivo fundamental de esta monografía, que es diseño y la construcción de una matriz de costo, la cual se convierte en los datos de entrada para lograr una óptima y/o buena solución a la distribución de carga en los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad de Cartagena.

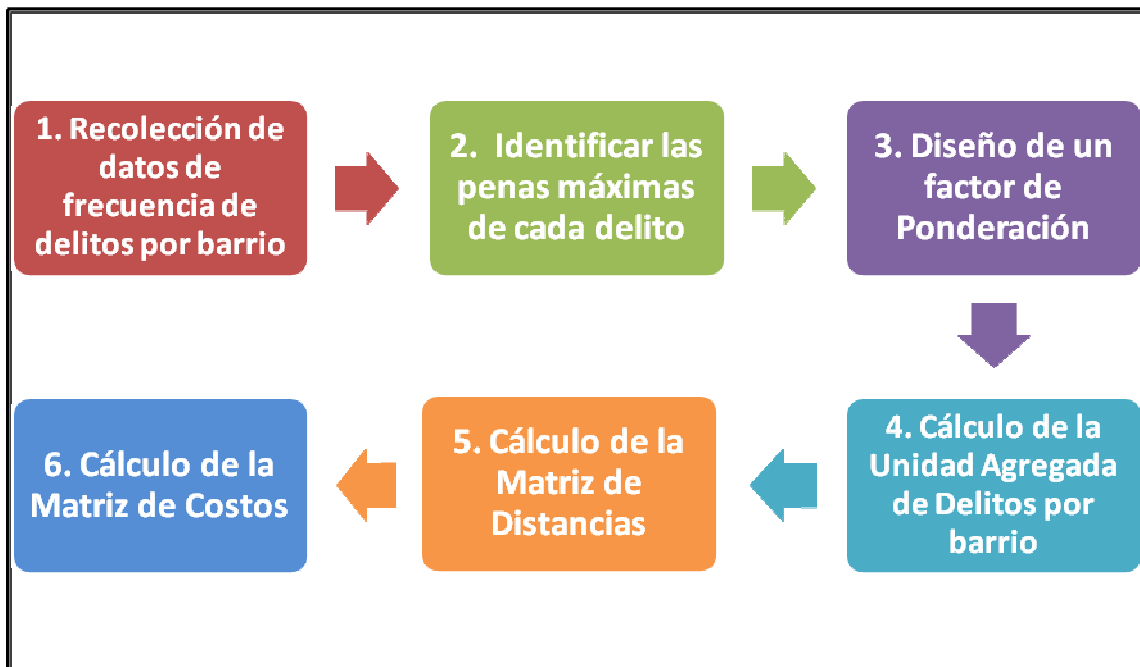
La construcción de la Matriz Costos, objetivo principal de este proyecto, permitirá no solamente y de forma directa, apoyar un proceso de investigación aplicada, sino que indirectamente contribuirá con un granito de arena en la consecución de mejores niveles de bienestar para el pueblo Colombiano.

Por otro lado, y como se verá posteriormente, este proyecto encierra un desarrollo metodológico, que facilita futuros trabajos en el tema de Logística aplicada problemas de seguridad urbana, herramienta esta, que no existía al momento de desarrollar este proyecto, con lo que se llena un vacío del conocimiento sobre el tema.

2.2. METODOLOGÍA DESARROLLADA

La metodología empleada y que se muestra en forma general en este apartado y, posteriormente, en forma detallada dentro de esta monografía, es el resultado de un desarrollo interno dentro de este proyecto, en vista que no fue posible encontrar dentro de la literatura existente sobre el tema (Ver Pág. 89), un procedimiento que se ajustara a las necesidades del mismo. Esta propuesta consta de una serie de pasos (Ver Figura 4), que finalmente conllevan a la Construcción de la Matriz de costos deseada.

Figura 4: Pasos para la construcción de la Matriz de Costos



Fuente: Diseño del equipo de trabajo

Breve Descripción de la Metodología Desarrollada

A continuación se describe, de forma concisa, cada una de las etapas de la metodología desarrollada, siendo explicada con mayor nivel de detalle, en los capítulos 5, 6 y 7.

- 1. Recolección de datos de frecuencia de delitos por barrio:** Para ello se recolectaron en las diferentes fuentes de información, los delitos por barrios y su frecuencia trimestralmente, esta información fue suministrada por el Centro de Observación y Seguimiento del Delito COSED y la Policía Metropolitana de Cartagena.

- 2. Identificar las penas máximas de cada delito:** Se identificaron las penas máximas de cada delito que atiende un CAI, es decir aquellos que son en Flagrancia o No Querellables, cada delito contempla en el Código Penal Colombiano un rango de pena según sea su gravedad, para este estudio se tomó el valor máximo de cada pena, ya que según la experiencia de algunos, en la legislación Colombiana, los delitos tienden a la pena mayor, debido a los agravantes que surgen en el transcurso de la investigación.
- 3. Diseño de un factor de ponderación del delito:** se sacó un valor equivalente a cada delito en función de las penas, tomando el delito de pena máxima como referencia y calculando la cantidad de veces que se encuentra contenido cada delito dentro del máximo.
- 4. Cálculo de la Unidad Agregada de Delitos por barrios:** para lograr este cálculo, se hizo la sumatoria del producto del factor de ponderación por la frecuencia, no resultaba viable sacar un promedio del rango de años, porque la información se vería sesgada.
- 5. Cálculo de la Matriz de Distancia:** se calculó bajo el concepto de distancia Euclidiana, es decir trazando una línea recta entre los dos puntos, que en este caso corresponden al centro geométrico del barrio donde queda contenido cada CAI y al centro geométrico de cada barrio.
- 6. Cálculo de la Matriz de Costos:** se obtiene del producto de la matriz de distancia por la Unidad Agregada de Delitos (UAD) a cada barrio.

2.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Construir una Matriz de Costos Para Una Adaptación del Problema de Asignación Balanceada de Clientes Aplicado en los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad de Cartagena de Indias, a través de la utilización de diversas herramientas de la ingeniería industrial, con el fin de contribuir al proyecto “Balanceo de la carga de trabajo de los centros de atención inmediata CAI de la ciudad de Cartagena de indias, a través de un modelo de programación lineal y Algoritmos genéticos”.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y describir el problema y sus variables estableciendo las diferentes causas del mismo que lleven a una posible solución, al igual que las diferentes fuentes de información de naturaleza primaria y secundaria que nos brinden información pertinente y de calidad.
- Recolectar información que contribuya al desarrollo del problema, de tal manera que permita hacer un diagnóstico para el año 2007, de los niveles delincuenciales de los barrios de la ciudad y el comportamiento de los Centros de Atención Inmediata (CAI).
- Diseñar un procedimiento que permita ponderar las diferentes tipos de conducta punible, con el fin de encontrar una unidad agregada para los delitos, de tal forma que se simplifique el análisis de la información.

- Construcción de la Matriz de Costos asociada a la Situación objeto de Estudio.

3. MARCO TEORICO

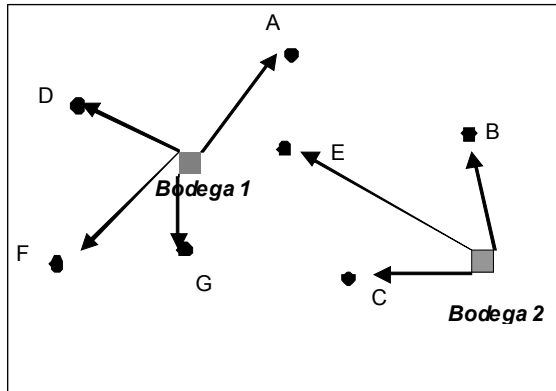
3.1. BALANCE ALLOCATION PROBLEM¹⁴ (BAP)

El Problema de la Asignación Balanceada de Clientes (BAP) es una variante poco estudiada del muy conocido problema de Localización de Instalaciones de Distribución. El Problema de Localización pretende encontrar la mejor ubicación geográfica para situar las instalaciones de distribución o atención que permitan cubrir la mayor cantidad de necesidades de una población (clientes o usuarios) cercanos.

Usualmente este tipo de problemas pretenden satisfacer una variedad de criterios o restricciones (Multicriterio) lo cual le da un mayor grado de complejidad y dificulta la obtención de una solución a través de técnicas de solución tradicionales como lo es la Programación Lineal y sus variantes, razón por la cual la mayor cantidad de técnicas de solución se han desarrollado a través de la Teoría de Redes o Grafos (Ver Figura 5).

¹⁴ “Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución”; Morales Eckardt, Luis & Torres, José Fidel. Tesis de Maestría en Ingeniería. Universidad de los Andes.2006.

Figura 5. Representación del Problema de Localización de Instalaciones.



Fuente: Gengui Zhou, Hokey Min, Mitsuo Gen. The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a genetic algorithm approach

La cantidad de clientes o de demanda a satisfacer representa otra instancia de este tipo de problemas, dado que a mayor número de clientes mayor será el nivel de detalle a tener en cuenta en la construcción del modelo y por ende su complejidad computacional será mayor así como su costo asociado.¹⁵

Otro de los aspectos que se evalúan en el problema de localización de instalaciones corresponde a la cantidad de Instalaciones que se deben utilizar, por ejemplo, cuando se está desarrollando la red logística de la empresa en una nueva región o distrito, se están estableciendo cuarteles policiales en una región o barrio de una ciudad populosa o cuando se está desarrollando una red de prestación de servicios de salud en alguna zona rural o urbana. El número de

¹⁵ GENGUI ZHOU, HOKEY MIN, MITSUO GEN. “The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network: a genetic algorithm approach”

instalaciones y la capacidad de cada una constituyen uno de los problemas más estudiados a nivel de Investigación de Operaciones.

También es necesario tener en cuenta que las poblaciones de clientes pueden cambiar su tamaño con el tiempo, ya sea debido al crecimiento natural de los clientes o fenómenos migracionales, haciendo que las actuales instalaciones no puedan atender la demanda generada. Usualmente cuando se presenta esta situación las empresas aumentan el tamaño de alguna instalación existente adecuándola para atender las necesidades del momento generando con esto una sobrecarga de trabajo en la misma y posiblemente subutilizando la capacidad de otras instalaciones vecinas, sin evaluar la conveniencia de crear una nueva instalación a la cual se le asignan algunos de los clientes de instalaciones existentes con anterioridad; sin embargo el crear nuevas instalaciones es una decisión delicada dado que esto representa el desembolso de sustanciosas cantidades de dinero sin contar los costos de mantenimiento de las mismas, lo cual podría afectar la posición competitiva de la empresa, por lo que se hace necesario la utilización de herramientas que apoyen estos procesos de toma de decisiones

El Problema de Asignación Balanceada (PAB) pretende la “asignación óptima de flujo de productos entre múltiples centros de distribución y un conjunto de clientes”¹⁶ cuidando de no subutilizar las instalaciones de distribución existentes así como evitar la creación innecesaria de otros centros.

Para el desarrollo de la monografía, se han establecido como clientes los diferentes barrios de la ciudad de Cartagena y como centros de distribución los CAI (Centros de atención Inmediata) existentes en la ciudad al año 2007.

¹⁶ Ibid.

3.2. ALGORITMOS GENÉTICOS

Los Algoritmos Genéticos (AGs) forman parte de los Algoritmos Evolutivos (AE) y son métodos adaptativos que pueden utilizarse para dar solución a problemas (de búsqueda y optimización) combinatorios con altos niveles de complejidad. De hecho, los AG han tenido gran aceptación dada su alta capacidad para proponer soluciones efectivas a muchos de los problemas típicos de optimización combinatoria tales como asignación, transporte, agente viajero, corte de materiales, clasificación de inventarios, pronósticos, distribución de planta, planeación y programación de la producción, entre otras aplicaciones.

Un algoritmo genético (AG), es una técnica de la Inteligencia Artificial que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas¹⁷. Aunque Los primeros estudios dentro del área fueron desarrollados por Joan Holland en 1975, (al aplicar el proceso de evolución a un sistema artificial a partir del diseño propio de un sistema natural), esta técnica heurística tiene su origen en el campo de la biología, específicamente en el proceso genético de los organismos vivos basado en la teoría de evolución de Darwin, según la cual, con el transcurso de los siglos, la naturaleza ha ido optimizando las especies para que sobrevivan, dominen mejor el mundo, y en definitiva evolucionen de acuerdo a los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, como lo plantea Darwin.

En la naturaleza, los miembros de una población compiten entre ellos por los recursos tales como comida, agua o refugio. A su vez, los machos compiten entre ellos para atraer a las hembras. Los individuos que están mejor preparados para la supervivencia y que a su vez consiguen atraer a las hembras serán aquellos que conseguirán una mayor descendencia. Los individuos con menos éxito tendrán

¹⁷ HOLLAND, J. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor. MIT Press. 1992.

una descendencia menor o incluso nula. Esto significa que los genes de los mejor adaptados irán siendo heredados por un número creciente de individuos en las generaciones sucesivas. La combinación de las buenas características de las generaciones pasadas suele producir individuos mucho mejor adaptados que sus predecesores. En este sentido, la especie evoluciona para convertirse en una especie menor y más adaptada a su entorno¹⁸.

Tal como sucede en este proceso, los Algoritmos Genéticos se comportan de forma robusta ante un entorno variable e incierto, éstos tienen la propiedad de crear soluciones consecutivas que permiten optimizar sistemas de diversa índole y resolver problemas del mundo real, perfeccionando así su propia heurística en el proceso de ejecución. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema es el resultado de una adecuada codificación de las mismas.

Estructura y Funcionamiento de un Algoritmo Genético

Los AG utilizan una serie de parámetros codificados o individuos sobre los cual se aplican una serie de estrategias en aras de obtener soluciones mejoradas al problema. Los AG no persiguen una solución única, sino que orientan sus esfuerzos en promedio a que los individuos de la población busquen una mejora en la función objetivo de las soluciones, de tal forma que en posteriores generaciones, estos individuos experimenten un desarrollo evolutivo y permanezcan sólo las mejores características de los individuos de generaciones anteriores, hasta que la población converge.

Un AG es una técnica iterativa basada en una población, que usa una estrategia de selección y operadores –esencialmente recombinación y mutación–, para generar y explorar nuevos puntos en el espacio de soluciones que originen una nueva población, la cual estará constituida por un conjunto de individuos

¹⁸ ALVAREZ, Concepción; ALCARAZ S. Javier y RUIZ G. Rubén. Investigación operativa: Modelos y técnicas de optimización. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2002.

denominados cromosomas que están compuestos por elementos menores llamados genes, los cuales codifican las instrucciones, parámetros y demás elementos usados para construir una solución al problema por solucionar¹⁹.

Es así cómo, el algoritmo genético constituye un ciclo que toma a una especie en particular (que inicialmente se genera de forma aleatoria) y luego de evaluar los individuos de la población, crea a partir de éstos una nueva generación que reemplaza a la antigua por determinado número de veces conforme a su diseño.

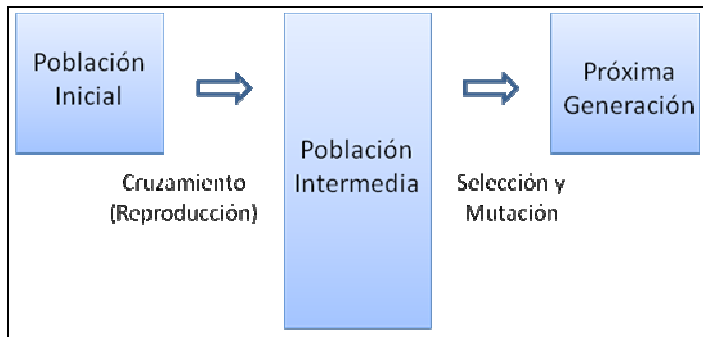
Cuando dos individuos o soluciones son seleccionadas para el cruce o reproducción, forman una o mas soluciones (hijos) que heredan algunas de las características de cada uno de los padres²⁰. Las soluciones que representen un valor de adecuación menor, correspondiente a los individuos con menor cualificación, tienen menos posibilidades de formar una nueva generación, sin embargo, estas pueden cruzarse con otras soluciones y hacer que sus características pasen a la siguiente generación.

El algoritmo genético tiene tres operadores básicos: La selección, el cruce y la mutación. (Ver figura 6).

¹⁹ CABALLERO VILLALOBOS, Juan Pablo; MEJÍA, Gonzalo. Redes de Petri y Algoritmos Genéticos, una propuesta para la Programación de Sistemas de Manufactura Flexible. Ingeniería y Universidad; 2006, Vol. 10 Issue 1, p1-27, 27p. [Consultado el 7 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <<http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=6&hid=2&sid=e766cbaa-b390-4094-93c8-252325657d06%40sessionmgr4>>.

²⁰ ALVAREZ, Concepción; ALCARAZ S. Javier y RUIZ G. Rubén. Op cit.

Figura 6. Forma de implementar los Algoritmos Genéticos



Fuente: CABEZAS RIVAS, Claudio Alberto. Algoritmos Genéticos, una opción para la optimización de funciones. Tecnología Química.2002, Vol. 22 Issue 2, p65-69, 5p.

Para conformar cada nueva generación, se utiliza un método de selección que toma los individuos de acuerdo a su capacidad para sobrevivir estipulando las reglas y condiciones para constituir una población intermedia a partir de los cromosomas de la población actual. Esta población intermedia se utiliza posteriormente para obtener nuevos individuos mediante el uso de la recombinación a partir del cruce y la mutación, y de otros operadores genéticos según las características del problema afrontado.

El cruzamiento, proceso posterior al proceso de selección, es un operador que se aplica a los individuos con el propósito de combinar sus características y explorar nuevos caminos. Si la pareja efectúa el cruce, los nuevos individuos reemplazan a esta, pues se obtienen dos nuevas soluciones que heredan una combinación de características de sus progenitores. Por el contrario, si no existe una reproducción cada uno de los individuos queda inalterado dentro de la población. Como consecuencia del proceso de selección, independientemente de la aleatoriedad que identifica esta etapa, los mejores individuos son los aptos para participar más activamente en el cruce al aparecer un mayor número de veces en la población.

Por su parte, la mutación consiste en una alteración aleatoria aplicada a cada descendiente de forma individual, independientemente de la probabilidad de mutación y del método de mutación empleado para cambiar uno o más genes de dicho individuo.

De igual forma, el funcionamiento general de un algoritmo genético también puede ser analizado a través de un pseudocódigo. (Ver figura 7).

Figura 7. Procedimiento general de un Algoritmo Genético

```
Procedimiento Algoritmo Genético  
  
Generar_población_inicial  
Evaluar_población  
Mientras_no (condición_terminación)  
    Selección_población  
    Cruzar_población  
    Mutar_población
```

Fuente: ALVAREZ, Concepción; ALCARAZ S. Javier y RUIZ G. Rubén. Investigación operativa: Modelos y técnicas de optimización. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2002. P 377.

Los individuos resultantes de estas tres operaciones forman parte de la siguiente población, iterando este proceso hasta que el sistema cese de mejorar²¹. Asociadas a las operaciones de cruce y mutación existen la Probabilidad de cruce P_c y la Probabilidad de mutación P_m . La primera es la probabilidad de aplicar el operador de cruce sobre parejas de cadenas obtenidas en la reproducción, la

²¹ HERRERA F; LOZANO M y VERDEGAY J.L. Algoritmos Genéticos: Fundamentos, extensiones y aplicaciones: Department of Computer Science and Artificial Intelligence. Universidad de Granada. Granada, España. 1994. 23 p. [Consultado el 7 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <<http://66.102.1.104/scholar?q=cache:Mok7J-65yaQJ:scholar.google.com/+author:%22Herrera%22+intitle:%22Algoritmos+Gen%C3%A9ticos:+Fundamentos,+Extensiones+y+...%22+&hl=es>>.

segunda es la probabilidad de aplicar el operador de mutación sobre los caracteres de cada cadena²².

Generalmente se acepta que un AG debe tener los siguientes 5 componentes:

1. Una representación genética de las soluciones del problema, es decir, representación de las variables que intervienen en cadenas de bits.
2. Una forma de crear una población inicial de soluciones.
3. Una función de evaluación en términos de conveniencia o adaptación de la solución evaluada.
4. Operadores genéticos que cambien la composición de los descendientes.
5. Valores para los parámetros utilizados por los AG (P_c , P_m ; etc)

Si bien no se garantiza que el Algoritmo Genético encuentre la solución óptima, del problema, existe evidencia empírica de que se encuentran soluciones de un nivel aceptable, en un tiempo competitivo con el resto de algoritmos de optimización combinatoria. En el caso de que existan técnicas especializadas para resolver un determinado problema, lo más probable es que superen al Algoritmo Genético, tanto en rapidez como en eficacia. El gran campo de aplicación de los Algoritmos Genéticos se relaciona con aquellos problemas para los cuales no existen técnicas especializadas. Incluso en el caso en que dichas técnicas existan, y funcionen bien, pueden efectuarse mejoras de las mismas hibridándolas con los Algoritmos Genéticos.

La principal ventaja de los AG radica en que son capaces de evadir los extremos locales de las funciones de costo, pero tienen en su contra la cantidad de operaciones que hay que realizar. Pese a esto, los Algoritmos genéticos son ampliamente utilizados como procedimiento de optimización, debido a su alta capacidad de encontrar buenas soluciones en ambientes confusos e inestables.

²² Ibid.

Así mismo, los AG resultan atractivos como herramienta descriptiva, al modelar con efectividad el comportamiento de una gran variedad de sistemas.

3.3 PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal es un caso especial de la programación matemática ampliamente utilizada en los campos de la agricultura, la economía, el transporte, la salud, la industria, las ciencias sociales y de la conducta, y militar. Este tipo de programación, supone una técnica relativamente reciente de que se dispone para resolver problemas de este tipo y debe su nombre a que se aplica a modelos de optimización en los que las funciones objetivo y restricción son estrictamente lineales (de primer grado).

En 1947, George Dantzig desarrolló un método efectivo, el algoritmo simplex para resolver problemas de programación lineal (también conocido como PL). Desde que surgió dicho algoritmo, la PL se utiliza para resolver problemas de optimización en industrias diversas, como los bancos, la educación, silvicultura, petróleo y transporte de carga²³.

La programación lineal es una técnica matemática que trata el problema de la asignación de recursos entre actividades competitivas de forma óptima²⁴. En realidad, debido a su eficiencia de cálculo, la programación lineal forma la columna vertebral de los algoritmos de solución para otros modelos de investigación de operaciones, como lo son la programación entera, estocástica y no lineal.

²³ WINSTON, Wayne L. Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. 4 ed. Cengage Learning Editores. 2006. p 49.

²⁴ LOPEZ CASUSO, Rafael. Programación lineal y decisiones económicas. Colección Economía UCAB. Universidad Católica Andrés. p 11.

La programación lineal como herramienta de la Investigación de Operaciones está basada en el diseño, solución y análisis de modelos para problemas reales. Sin embargo, a diferencia de otras técnicas de la IO, la programación lineal gira alrededor de un buen modelo general definido. Por tanto la modelación en programación lineal puede entenderse como el proceso de reducción del sistema real y su problema, a un objetivo y un conjunto de restricciones, donde todas las funciones son lineales²⁵.

3.3.1 Modelo de Programación Lineal

El modelo de programación lineal, así como el proceso relacionado con su formulación son de vital importancia para el estudio del sistema real que se pretende abordar, pues dependiendo del modelo que se construya dependerá la solución obtenida para el problema.

El modelo de programación lineal utilizado para el problema de asignación balanceada de clientes a centros de distribución, problema se plantea a través de un modelo de Programación Lineal Entera.

Sea:

$i = \{1, \dots, m\}$; el conjunto de los clientes (Delitos)

$j = \{1, \dots, n\}$; el conjunto de los Centros de Distribución (CAI)

El Parámetro:

C_{ij} =Costo logístico de atender al Cliente “i” desde el Centro de Distribución “j”

²⁵ ARREOLA RISA, Antonio. Programación Lineal/Linear programming. Cengage Learning Editores, 2003. p 32.

Las variables:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si el Cliente "i" es atendido por el Centro de Distribución "j"} \\ 0 & \text{d.l.c.} \end{cases}$$

Z_j = Cantidad de Carga o Costo en que incurre el Centro de Distribución "j"
(UAD * Distancia desde el centro geométrico del barrio hasta cada CAI)

La Función Objetivo:

$$\text{Min. } \{ \text{Máx. } Z_j \} \quad ; 1 \leq j \leq n$$

Sujeto a las restricciones:

$$\sum_j^m x_{ij} = 1, \forall i \quad \text{[a]}$$

$$\sum_i^n x_{ij} \geq 1, \forall j \quad \text{[b]}$$

$$Z_j = \sum_i^n c_{ij} x_{ij}, \forall j \quad \text{[c]}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \text{ y Enteros} \quad \text{[d]}$$

$$Z_j \geq 0 \quad \text{[e]}$$

Donde:

[a] es la restricción que evita que un Cliente sea atendido por más de un Centro de Distribución o exclusividad de atención.

[b] Asignación de al menos un Cliente a cada Centro de Distribución.

[c] permite asignar a la variable Z_j el valor de los subcostos en que incurre cada Centro de Distribución²⁶.

²⁶ Ibid 14.

3.4 LEGISLACIÓN PENAL COLOMBIANA.

Se denomina legislación al cuerpo de leyes que regularán u ordenan la vida en un país, es decir, lo que popularmente se llama ordenamiento jurídico y establece aquellas conductas y acciones aceptables o rechazables de un individuo.

La Legislación Penal Colombiana, es la encargada de a través de normas jurídicas regular la potestad punitiva del Estado, asociando hechos, estrictamente determinados por la ley, como presupuesto, se impone una pena, medida de seguridad o corrección como consecuencia, con el objetivo de asegurar los valores elementales sobre los cuales descansa la convivencia humana pacífica del país.

La conducta punible, es aquella que merece ser castigada, son todos los delitos contemplados en el Código Penal Colombiano, según el artículo 9, “para que la conducta sea punible, se requiere que sea típica, antijurídica y culpable. La causalidad por si sola no basta para la imputación jurídica del resultado”. La tipicidad hace referencia a lo establecido en las normas de carácter penal, es decir, la conducta de un individuo, debe verse reflejada en una norma vigente en el país, debe definirse y estar escrita en el código de procedimiento penal, para el caso de Colombia. Una conducta se considera antijurídica, cuando lesiona o pone en peligro un bien jurídico, como puede ser la vida, integridad y seguridad de un individuo o una comunidad como tal. La culpabilidad concierne a la responsabilidad y conciencia que tiene la persona para cometer el hecho, saber que esta actuado en contra de la ley.

Este artículo se refiere además que los sucesos producto del actuar del ser humano (factor objetivo) no son suficientes para vincular o hacer responsable a una persona, por lo tanto se requiere del elemento subjetivo (volitivo o psicológico)

para imputar jurídicamente el resultado de la conducta considerada como punible²⁷.

3.4.1 Tipos de Conducta Punible

Las conductas punibles se dividen en delitos y contravenciones²⁸. Tradicionalmente, se han ensayado diversos criterios, iniciando por los de orden cualitativo, mediante los cuales, se hace distinción a partir de la naturaleza del derecho o del interés jurídico que se tutela, o bien de la forma de agresión. Desde este punto de vista cuantitativo, mediante el cual se intenta la distinción con base en la mayor o menor gravedad de los delitos o de las contravenciones. Lo cierto y definitivo de estas distinciones, es que la competencia radica exclusivamente en el legislador, quien en ejercicio de sus atribuciones y en concordancia con la política criminal fijada por el estado, es el encargado de establecer los nuevos hechos punibles y determinar la jerarquía de los mismos, así como, establecer las sanciones y los procedimientos aplicables a los hechos punibles, en uno u otro caso.

De manera pues que cuando a juicio del legislador, un hecho lesiona severamente, o pone en peligro intereses sociales relevantes, lo configura en la categoría de delitos, y en consecuencia su sanción obedece a dichas circunstancias. Por el contrario, cuando se considera que los intereses lesionados

²⁷ Comentarios al Proyecto de Ley No 181/07 (Senado). www.civisol.org

²⁸ COLOMBIA. Código de procedimiento penal. Título 3. Artículo 19.

o los bienes puestos en peligro, son de menor entidad, lo erige como contravención estableciendo sanciones de menor gravedad.²⁹

3.5 POLÍTICA DE SEGURIDAD COLOMBIANA

La Política de Seguridad, es el compromiso que tiene el presidente de Colombia con la seguridad del País, se refiere a la noción de relativa estabilidad, calma o predictibilidad que se supone beneficiosa para el desarrollo de un país; así como a los recursos y estrategias para conseguirla.

El Presidente de Colombia, Álvaro Uribe Vélez, en pro de recuperar el orden y la seguridad, creó la actual Política de Defensa y Seguridad Democrática, en el año 2003, este documento, es el marco por el cual el Gobierno Nacional traza las líneas básicas de la Seguridad Democrática para proteger los derechos de los colombianos y fortalecer, con la solidaridad de la ciudadanía, el Estado de Derecho y la autoridad democrática, donde quiera que esté amenazada. La Política de Defensa y Seguridad Democrática es una política de Estado de largo plazo, que se ha desarrollado en coordinación con todas las entidades del Gobierno y las demás ramas del poder. La verdadera seguridad depende no sólo de la capacidad de la Fuerza Pública de ejercer el poder coercitivo del Estado, sino también de la capacidad del poder judicial de garantizar la pronta y cumplida administración de justicia, del Gobierno de cumplir con las responsabilidades constitucionales del Estado y del Congreso de legislar teniendo presente la seguridad como el bien común por excelencia de toda la sociedad.

²⁹ COLOMBIA; Corte constitucional, Sentencia C-301, Mayo 5/99. M.P. Alfredo Beltrán Sierra.

Dentro de la Política de Defensa y Seguridad Democrática, se encuentra contemplado el fortalecimiento de las Instituciones, tales como; Sistema Judicial, Fuerzas Militares, Policía Nacional, Inteligencia y Finanzas del Estado.

El Fortalecimiento de la Policía Nacional, establece dentro del documento, la importancia de proteger el ejercicio de los derechos y libertades públicas, luchando contra el delito, la criminalidad y el terrorismo.

Las prioridades para el fortalecimiento de la Policía Nacional, en el actual Gobierno de Colombia son las siguientes:

- *“Llevar la Policía Nacional de manera programada y ordenada a los municipios donde en la actualidad no tiene presencia.*
- *Ampliar el patrullaje de las zonas rurales, mediante la creación de 62 nuevos Escuadrones Móviles de Carabineros.*
- *Construir estaciones rurales fortificadas.*
- *Fortalecer la policía de carreteras.*
- *Fortalecer la capacidad técnica de la Policía Judicial.*
- *Coordinar planes de seguridad en las ciudades y reforzar los cuerpos de policía con 10.000 nuevos patrulleros efectivos y 10.000 auxiliares regulares.*
- *Elaborar planes de seguridad local participativos y ampliar los Frentes de Seguridad Local.*
- *Promover el trabajo y la colaboración de la Policía Cívica.*

- *Construir redes de cooperación ciudadana para prevenir el terrorismo, a través de un trabajo de acercamiento a la comunidad, a las empresas, al comercio y a las demás instituciones del Estado*³⁰

3.6 CENTROS DE ATENCIÓN INMEDIATA (CAI)

Un Comando de Atención Inmediata es una unidad policial con recursos humanos y materiales asignados a una jurisdicción, que en forma organizada con la comunidad y a través de la instrucción permanente, busca la solución de problemas de seguridad, con el objetivo de fraternizar y unir la policía con la comunidad.³¹

En Colombia, los Centros de Atención Inmediata (CAI) se consideran como equipamiento comunal público de influencia urbanística local dentro de los usos institucionales de bajo impacto urbanístico, social y ambiental, en razón a que fueron instituidos para garantizar la seguridad de la comunidad y proteger a los habitantes del territorio, especialmente a los de su área de influencia.³²

Compete a los Comandantes de Estación y de Comandos de Atención Inmediata, tomar las medidas conducentes para prevenir los comportamientos contrarios a la convivencia ciudadana en materia de solidaridad, tranquilidad, relaciones de vecindad, seguridad, salud pública, respeto por poblaciones vulnerables, ambiente, espacio público, movilidad, patrimonio cultural, libertad de industria y comercio y juegos, rifas y espectáculos.

³⁰ URIBE, Álvaro, Presidente de Colombia; Documento de la Política de Defensa y Seguridad Democrática, año 2003. Pág. 40 http://www.mindefensa.gov.co/dayTemplates/images/seguridad_democratica.pdf

³¹ Definición tomada del Decreto 503 DE 2003. (Diciembre 30), por el cual se adopta el Plan Maestro de Equipamientos de Seguridad Ciudadana, Defensa y Justicia para Bogotá D.C. Año 2009

³² Acuerdo Distrital 79 de 2003 (Código de Policía de Bogotá) Año 2008

Dada la importancia de alcanzar en forma eficiente y eficaz los objetivos preventivos, disuasivos y coercitivos propios de los Centros de Atención Inmediata, se han establecido una serie de “Criterios de cobertura operativa y localización regional”³³ que deben implementar todos los CAI.

a. Criterios de Seguridad:

- Indicadores de inseguridad: Homicidios, lesiones personales, hurtos, conflictividad ciudadana, etc.
- Identificación de zonas de riesgos o de conflicto urbano.
- Ocurrencia histórica de eventos de emergencias.

b. Criterios de Atención.

- Capacidad de respuesta: Se mide sobre la relación distancia de la demanda / tiempo de atención. La distancia máxima de atención de la demanda debe ser la que un policía motorizado pueda recorrer en un tiempo de cinco minutos.
- Disponibilidad de presencia policial permanente: Es la relación entre el número del personal policial y la población a atender, en un área definida. Esta relación se determina también por los índices de conflictividad y criminalidad de la zona a atender.
- Optimización los recursos de los CAI: La dinámica poblacional y delictiva constituye parámetros para la asignación diferencial de pie de fuerza, equipos de telecomunicaciones, vehículos, cámaras, programas de Zonas Seguras, Frentes de Seguridad u otros que se definan para tal efecto.

³³Decreto 346 de 2006, el cual derogó el Decreto 503 de 2003. Capítulo 5, artículo 53. Año 2007

c. Criterios Urbanísticos.

- Densidad poblacional.
- Usos urbanos que generan impacto o conflicto.
- Accesibilidad vial.
- Disponibilidad de predios o de zonas de uso público

Con respecto a la ubicación de los Centros de Atención Inmediata, se tienen criterios y requerimientos relacionados con este punto. La implantación de los CAI deberá ajustarse a las siguientes normas:

- Deberán localizarse en zonas de cesión destinadas a equipamiento comunal público, las cuales podrán delimitarse para el uso de CAI siempre y cuando no excedan los porcentajes y los índices de ocupación permitidos para estas zonas.
- Podrán localizarse en zonas de cesión pública mayores a una hectárea. En los casos en que estas zonas tengan como destinación específica un parque de escala vecinal, la implantación del CAI deberá hacer parte del Proyecto Específico del Parque elaborado por el Instituto de Recreación y Deporte.
- En zonas verdes menores a 1.000 m² sobre ejes metropolitanos y zonales;
- Podrán localizarse en las zonas como sobre anchos y cesiones aledañas a los andenes y alamedas de las vías de la malla vial arterial y de la malla vial intermedia.
- Deberán respetar en todo caso la circulación y la continuidad peatonal y de las ciclorrutas.
- Podrán localizarse en los parques de escala metropolitana y zonal siempre y cuando estén contemplados y hagan parte del diseño que adopta el Plan Director del Parque. En este caso no requerirán de la Licencia de Intervención y Ocupación de Espacio Público.

- En ningún caso en zonas de uso público se podrán construir cerramientos de CAI. En caso de traslado o sustitución del CAI, la zona ocupada deberá restituirse como zona de uso público libre y no podrá ser ocupada por ningún otro uso.

En el Decreto 1501 del 30 de Octubre de 1987, por el cual se crean los Comités Administrativos de los Comandos de Atención Inmediata CAI, menciona que cualquiera de estos Centros puede atender a un individuo si éste se encuentra cometiendo un delito en Flagrancia, y de forma más específica, el Código de la Policía, en el artículo 321 contempla que los delitos atendidos por un CAI son los No Querellables y dados en Flagrancia.

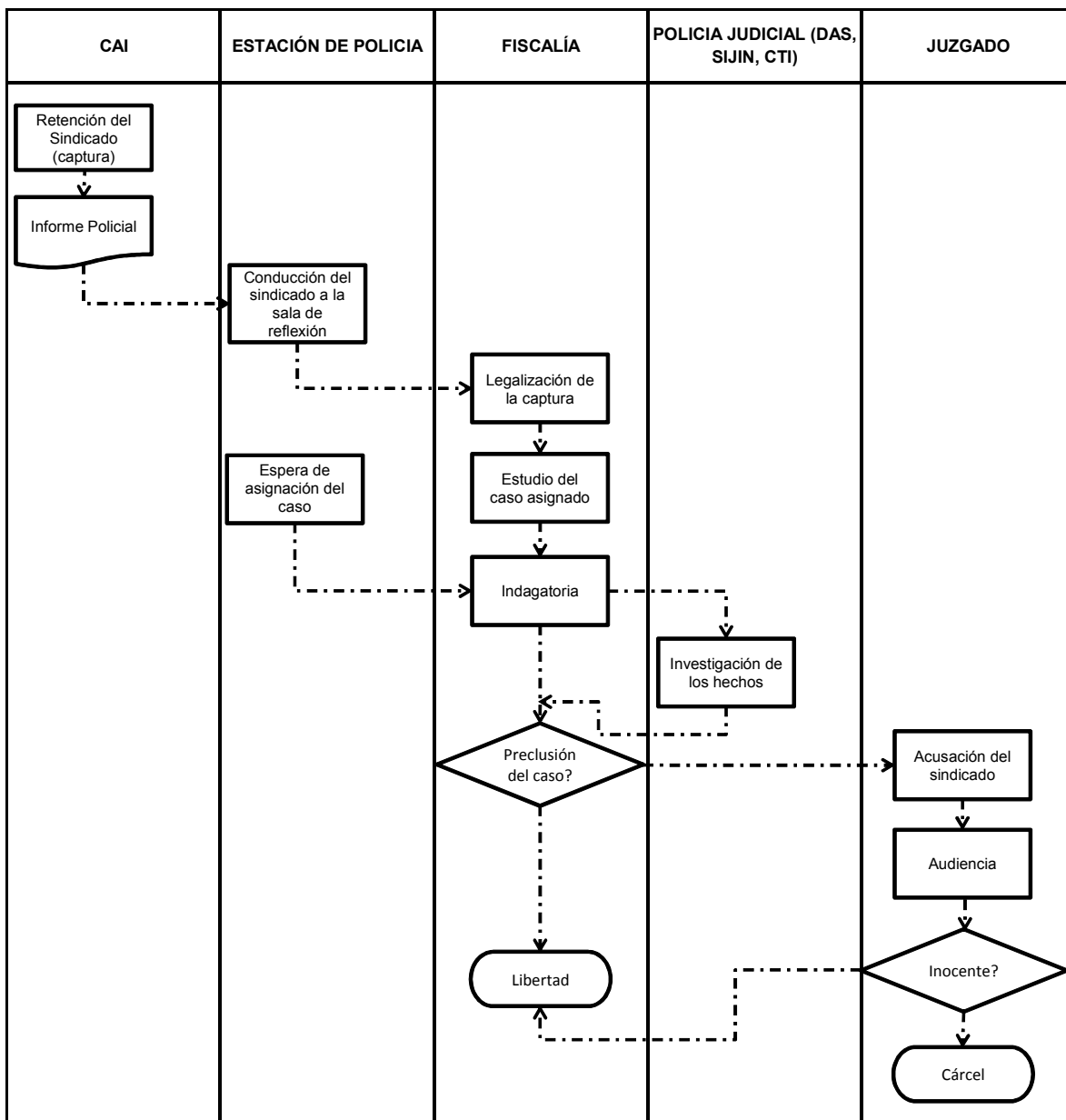
4 IDENTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES ACTORES DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO.

Dentro de la legislación colombiana, existe un procedimiento al presentarse la retención de un individuo por un funcionario de un centro de atención inmediata CAI, el cual se encuentra descrito en la figura 8; cuyo fin principal de es el esclarecimiento de los hechos otorgando la libertad o prisión al sindicado.

Además de la policía nacional, existen diversas entidades judiciales involucradas en el proceso, las cuales se encuentran ligadas entre si y proporcionan pruebas, estamentos o juicios que llevan al esclarecimiento de los hechos, a través de la investigación de las causas y diferentes móviles que relacionados con el ilícito cometido. En el desarrollo de esta monografía, estas entidades funcionaron como actores, las cuales proporcionaron la información pertinente, debido al interés presentado y beneficio que les ofrece el estudio. Dentro de las entidades se encuentran la Fiscalía General de la Nación, el Cuerpo Técnico de Investigación (CTI), el DAS, la SIJIN, los Juzgados Penales Municipales, los Centros de Atención Inmediata CAI y las Estaciones de policía a las que pertenece cada CAI.

Los Centros de Atención Inmediata CAI, atienden los delitos como reacción al llamado de la comunidad, sin que la víctima se vea en la necesidad de establecer una denuncia ante alguna entidad como la fiscalía, el DAS, la Sijín o cualquier otro ente facultado para recibir denuncias. Para este tipo de situaciones no es necesario establecer una investigación antes de ordenar la captura del sindicado, tal como ocurre para el caso de los delitos Querellables. Para este caso, la investigación se origina después que se ha dado la captura como se puede observar en procedimiento descrito en la figura 8.

Figura 8. Flujograma de la retención de un sindicado



FUENTE: Diseñado por el equipo de trabajo.

En el flujograma descrito, se observa que la policía nacional participa en el principio del proceso, siendo ellos quienes aprehenden al sindicado teniendo el primer contacto con el delito y proporcionando los informes preliminares del posible delito cometido, donde se encuentran descritos la información principal de las pruebas bases para abrir una investigación; es por esta razón que su labor es tan importante y delicada, debido a que suministran la base del proceso que sigue la justicia Colombiana para el esclarecimiento de los diferentes hechos delictivos cometidos en nuestro país.

El procedimiento a seguir por la justicia Colombiana es el siguiente:

- La retención del capturado, por parte de la Policía se realiza en el estado de flagrancia, luego de la captura, el retenido es llevado al CAI más cercano al lugar donde se cometieron los hechos; en el CAI, la policía realiza un informe la forma como se produjeron los hechos q dieron origen a la captura del individuo y la información personal del sindicado (nombre, número de identificación, fecha de nacimiento, dirección del domicilio, etc). Usualmente la captura de un sindicado es propiciada por la comunidad a través de llamadas telefónicas, se presenta también el caso, en que un ciudadano común, es quien realiza la aprehensión, tal como se describe en el código de procedimiento penal en su artículo 346, con la condición de entregarlo a una autoridad estatal (la policía nacional) y declarar bajo juramento los motivos para lo sucedido ante dicha autoridad.

- En el centro de atención inmediata CAI, Luego de haber tomado los datos del sindicado y haber hecho un informe donde se describe a detalle la situación del sindicado, El personal del CAI lleva al Sindicado a la estación de policía a la cual pertenezca dicho CAI. En este sitio el sindicado entra a una Sala de reflexión, donde podrá permanecer por un periodo máximo de 36 horas antes de legalizada su captura; en esta sala, durante este tiempo, el retenido puede

contactar a su abogado, con el fin de asesorar en el proceso que comienza y quien puede en cualquier momento tener acceso al informe policial, con el fin de conocer la acusación que rige en contra de su defendido.

- De la estación de policía, el sindicado es llevado a la Fiscalía General de la Nación por los agentes de la estación; en este sitio se legaliza la captura, específicamente, en la sala URI (Unidad de reacción Inmediata). Hasta este sitio es llevado el presunto sindicado por la policía, y luego trasladado nuevamente a las instalaciones de la estación de policía a la cual pertenece el CAI. En el momento de legalizada la captura, la policía debe demostrar que se realizó el acta de derechos del capturado y que esta contiene todos los requisitos legales necesarios, tales como: que al capturado se le dieron a conocer sus derechos en el momento de la aprehensión, o en el momento de ser puesto ante un organismo estatal; que los derechos expuestos anteriormente se le hicieron efectivos, un ejemplo es, cuando al capturado se le permitió hacer la llamada, con el fin de informar a alguien de su captura; el acta de derechos del capturado deben contener todas las actuaciones del sindicado con la policía y anexar constancia de buen trato por parte de los organismos estatales (personal del CAI y estación de policía) y a su vez contiene la hora de inicio y de finalización de la disposición física y jurídica.
- La fiscalía, tiene un término de tres (3) días para escuchar al retenido en indagatoria, durante estos días el detenido es llevado a la estación de policía, hasta que sea requerido por el fiscal al cual se le asigne dicho caso; en este tiempo, el fiscal, debe estudiar el caso y las condiciones por medio de las cuales se dio la captura del individuo, para poder solicitarlo en indagatoria.
- Mientras tanto, en la fiscalía general de la nación, se le asigna el caso a un fiscal, según el delito estipulado para el hecho cometido, éste solicita al sindicado para escucharlo en una segunda indagatoria como inicio de la

investigación. Esta vez la persona es requerida a los funcionarios de la cárcel, a través de un telegrama.

- Tan pronto se hace realiza la indagatoria, se inicia la investigación por parte del fiscal encargado del caso; en este punto, la fiscalía estudia las pruebas que dieron con la captura del sindicado; solicita en indagatoria a otras personas relacionadas con el hecho, (testigos, víctima, entre otros); revisa el expediente y procede a la investigación del caso.
- Cuando se inicia la investigación, el fiscal es apoyado por los organismos de Policía Judicial (DAS, SIJIN, CTI) con el fin de obtener las pruebas veraces y necesarias, que lleven al esclarecimiento de los hechos, estos organismos interfieren en el proceso de forma indirecta, pero los resultados obtenidos son fundamentales para que la fiscalía tome una decisión acerca de la persona que fue capturada. Estos organismos investigan el actuar del sindicado, haciendo inteligencia en los sitios, que rodeaban la cotidianidad del individuo antes de ser aprehendido.
- La fiscalía resuelve la situación jurídica del preso, ésta puede tomar dos caminos, la Medida de aseguramiento sin beneficio de libertad, o la abstención a tomar esa medida de aseguramiento.
- La fiscalía califica el proceso y decide si opta por la preclusión del caso o de forma contraria acusa al sindicado ante un juzgado penal; con base en las pruebas obtenidas, según lo descrito en pasos anteriores.
- Si el proceso es Acusado por la fiscalía, se procede a notificar a las partes (víctima y victimario) y se envía el proceso a los juzgados para la etapa de juicio.

- El juzgado llama a Audiencia a las partes (Abogado defensa y Fiscal), en este paso, el juzgado escucha ambas partes implicadas en el proceso, se le muestran las pruebas a favor y en contra del sindicado, y el juzgado toma la decisión correspondiente a la inocencia o culpabilidad del sindicado, dictando la sentencia a cumplir, según lo descrito en el código de procedimiento penal.

Para lograr el desarrollo de la monografía, algunos de los actores del problema se convirtieron en fuentes de información, contribuyendo con datos, información de carácter explicativo y general relacionado con la legislación colombiana y la forma como se manejan de los centros de atención inmediata CAI en Colombia, y específicamente en la ciudad de Cartagena. Una de las razones principales para lograr dicha colaboración, es que son las entidades que se verían beneficiadas de cierta forma, en el momento de la ejecución del proyecto *“Balanceo de la carga de trabajo de los centros de atención inmediata CAI a través de un modelo de programación lineal y algoritmo genético”*, al lograr una mejora en los niveles de servicio prestados a la comunidad.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA.

Para la realización de este estudio, fue necesario acudir a diversas fuentes de información pertinentes y confiables, a continuación se nombran cada una de ellas, el contacto directo (en el caso de que lo hubiese) y el aporte que generaron al proyecto.

Algunas de estas fuentes intervienen directamente en el proceso de retención de un sindicado en flagrancia, convirtiéndose en actores directos del problema objeto de estudio.

4.1.1 Fuentes Primarias

Policía Metropolitana de Cartagena (MECAR), esta institución gubernamental, fue fundamental en la recopilación de información, a través del Mayor Villota, Jefe de la Sijin de Cartagena, quien fue nuestro contacto directo. La información suministrada fue información general acerca de la estructura de la policía a nivel nacional y local, la distribución de recursos, revistas criminalidad, la ocurrencia de delitos en la ciudad y los datos de los mismos por barrios para el año 2007.

Centro de Observación y seguimiento del delito (COSED), esta entidad hace parte de Distriseguridad y el Observatorio del Caribe, la persona que nos suministró la información fue Freddy E. Goyeneche, director del Cosed, quién nos entregó en medio magnético los informes trimestrales, de los delitos más frecuentes en la ciudad de Cartagena en el año 2005 y 2006, (hurto y homicidio), información recopilada por ellos a través Centro de Investigaciones Criminológicas de la Policía Nacional, Medicina Legal y el CTI de la Fiscalía para ser presentados ante la Alcaldía Mayor de la Ciudad y la Gobernación de Bolívar.

Planeación Distrital, Es una institución perteneciente a la Alcaldía de Cartagena, que suministró la información correspondiente a la ubicación detallada de los barrios a través de la cartilla “Cartagena de Indias localidades, territorio y población”, el mapa actualizado en AutoCad de la Ciudad de Cartagena y el mapa con la ubicación de los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad.

Luis Ignacio Morales E., Docente de tiempo completo en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Magister en ingeniería, quien aportó la información correspondiente a los modelos matemáticos como aplicación a su tesis de maestría “*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*”, desarrollada en el año 2006 con la universidad de los Andes.

4.1.2 Fuentes Secundarias

Policía Nacional, Se tomó información de su página de internet, tales como artículos, investigaciones y revistas. La cual contribuyó en el marco teórico, en cuanto a la definición, equipamiento y funciones de un Centro de atención inmediata CAI; a su vez nos proporcionó la información relacionada con la distribución geográfica de las unidades de policía en el país.

Fiscalía General de la Nación (Sede Bolívar), Brindó asesoría en cuanto al estudio del Código penal colombiano (delitos y penas) y la descripción del proceso de retención de un sindicado basado en la legislación colombiana, a su vez explicó al grupo de trabajo la forma cómo actúan los diferentes organismos estatales.

Otras fuentes: Revistas, artículos, documentos electrónicos, libros, encuestas, relacionados con los temas generales del proyecto, tales como la programación lineal, los algoritmos genéticos, estadísticas delictivas a nivel nacional y local, teoría del delito, esquema de la seguridad en Colombia y en Cartagena de indias y otros temas referenciados en los distintos pie de página del documento.

5 ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DELINCUENCIALES DE LOS BARRIOS EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.

Para llevar a cabo este capítulo, es necesario establecer cómo funciona la seguridad en Colombia, y de qué forma, es aplicado este esquema de seguridad en la ciudad de Cartagena de indias, es importante a su vez identificar la forma como operan los diferentes CAI en la ciudad, a nivel de prevención y reacción ante los diferentes hechos delictivos ocurridos o de los cuales puedan ser víctima la comunidad de una zona determinada.

Luego de haber identificado el esquema de seguridad que rige a la ciudad de Cartagena, se hace necesario un estudio del comportamiento de los delitos en los últimos años, lo cual es especificando el ítem 5.2.

5.1 CONOCIMIENTO DEL ESQUEMA URBANO DE SEGURIDAD EN COLOMBIA.

La Policía Nacional, con el fin de tener mayor y mejor cobertura en cuanto a la prevención de delitos y cuidado de la comunidad como tal, hace una división del país por zonas según la ubicación geográfica, permitiéndoles así poder medir los niveles delictivos en las mismas.

Son ocho zonas en total (ver tabla 1), cada una de ellas, contiene una sede central, la cual se encuentra en la ciudad más influyente de la zona. El departamento de Bolívar se encuentra en la zona 8, llamada Costa Norte, junto con Atlántico, Guajira, Magdalena, Sucre y San Andrés y Providencia, donde la sede principal es en la ciudad de Cartagena, desde el 2007.

En Colombia se ha desarrollado una política de seguridad democrática, la cual plantea que la Fuerza Pública controlada por el estado, maneja un proceso de consolidación del control estatal sobre el territorio, asegurando de esta forma, su presencia permanente y definitiva en todas las cabeceras municipales del país; apoyados en otras entidades como las brigadas móviles y demás unidades de las Fuerzas Militares y de la Policía Nacional, compuestas por soldados regulares, soldados campesinos y carabineros de la Policía Nacional los cuales, asegurarán el mantenimiento y orden del control territorial³⁴. Esta política de seguridad democrática creada en el año 2003 por el gobierno del presidente Álvaro Uribe Vélez ha funcionado en los diferentes golpes que le han dado a la delincuencia organizada (grupos al margen de la ley), en especial en los municipios y ciudades azotadas por estos grupos, donde la mayor fuente delincriminal proviene de ellos.

La política de seguridad democrática, en cuanto a la seguridad urbana de las ciudades, determina que las autoridades y los organismos de seguridad buscarán, mediante la formulación e implementación de políticas y planes de seguridad, asegurar la convivencia ciudadana, reducir la criminalidad y evitar que la problemática de control territorial de algunas zonas rurales se replique en las ciudades³⁵, es decir, el esquema que rige la policía nacional para las grandes ciudades, está basado en incrementar el pie de fuerza en las ciudades a través de la implementación de las policías metropolitanas, cuyos costos de mantenimiento serán a cargo del estado y de la alcaldía de dicha ciudad.

³⁴ Ministerio de Defensa Nacional. Política de defensa y seguridad democrática. Año 2003.
http://www.mindefensa.gov.co/dayTemplates/images/seguridad_democratica.pdf. p12. Año 2009

³⁵ *Ibid.*

5.2. ESQUEMA DE SEGURIDAD EN CARTAGENA DE INDIAS

En la ciudad de Cartagena, en el año 2007, según acto administrativo, la policía modificó la resolución 00916 del 27 de marzo del 2006 donde el Director General de la Policía Nacional de Colombia, creó la Policía Metropolitana de Cartagena de Indias, con la misión de contribuir a la satisfacción de las necesidades de seguridad y tranquilidad públicas, mediante un efectivo servicio, fundamentado en la prevención, investigación y control de delitos y contravenciones, generando una cultura de solidaridad que permita el mantenimiento de las condiciones necesarias para que los habitantes dentro de la jurisdicción de esta unidad, puedan ejercer sus derechos y libertades públicas³⁶; fue a través de ésta resolución que se definió la estructura orgánica interna de la policía metropolitana de Cartagena, con el objeto de “fortalecer el servicio policial prestado en la ciudad, reforzando la atención, prevención y represión oportuna de los delitos de impacto social”, quedando constituida en unidades operativas, como lo explica el artículo 4° de dicha resolución.

En esa resolución, las unidades policiales se encuentran divididas en 3 localidades de igual forma que a nivel geográfico y político, estas localidades son: Localidad Histórica y del Caribe, Localidad de la Virgen y Turística y Localidad Industrial de la Bahía; las cuales a su vez, contienen 15 unidades comuneras de gobierno urbanas y 12 rurales, donde se encuentran las estaciones de policía y los centros de atención inmediata CAI (ver Tabla 4)

Este estudio, abarca las unidades comuneras de gobierno urbanas, debido a que la información recibida a través de las entidades encargadas de la publicación de estadísticas (Centro de Observación y seguimiento del delito COSED y Cartagena

³⁶ Ministerio de Defensa Nacional. Resolución 2052 del 2007. http://www.mindefensa.gov.co/descargas2/anexos/5748_Resolucion_2052_de_2007.pdf?PHPSESSID=4804ee049bbc984157c386ac3507c72. Año 2009

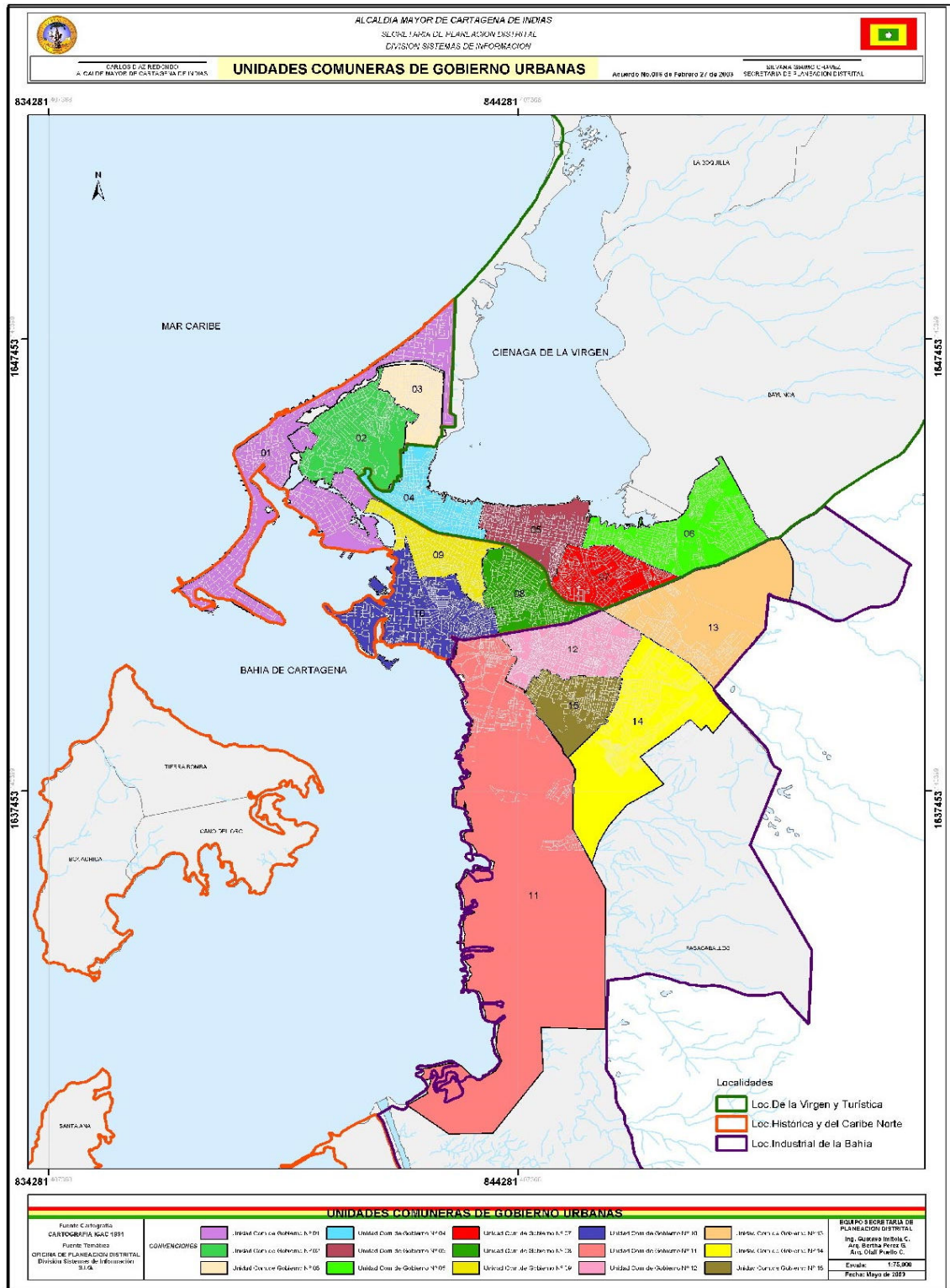
Como Vamos), se encuentra dividida en unidades comuneras de gobierno, de esta forma comprendemos los sectores más peligrosos de la ciudad (ver Mapa 2).

Tabla 4: Organización territorial de Cartagena de Indias.

Localidades	Unidades Comuneras de Gobierno (UCG)		Barrios	
	Rurales	Urbanas	Urbanos	Rurales
Histórica y del Caribe Norte Área 162 Km2 Población 388.489	Tierra Bomba	UCG # 1	UCG # 1: Castillo Grande - El Laguito - Bocagrande - Centro - Chambacú - La Matuna - Getsemaní - San Diego - El Cabrero - Marbella - Crespo - Pie de la Popa - Manga UCG # 2: Pie del Cerro - Espinal - Lo Amador - Nariño - Pedro Salazar - San Pedro y Libertad - Los Comuneros - Petare - Pablo VI I y II - República del Caribe - Loma Fresca - Palestina - La Paz - Paraíso II - Cerro de la Popa - Torices UCG # 3: Canapote - Daniel Lemaitre - Santa María - Siete de Agosto - San Francisco - San Bernardo UCG # 8: Zaragocilla - Escallón Villa - La Campiña - Los Angeles - Villa Sandra - Los Ejecutivos - El Country - La Troncal - Buenos Aires - Camagüey - Tacarigua - El Camen - Rubí - Calamares - Las Delicias UCG # 9: Barrio Chino - Martínez Martelo - El Prado - Ambéres - España - Juan XXIII - Paraguay - Junín - Nueva Granada - Nueve de Abril - Jose A. Galán - Piedra de Bolívar - Armenia - Bruselas - Las Brisas UCG # 10: Bosque - Alto Bosque - Los Cerros - San Isidro - República de Chile - Altos de San Isidro - Nuevo Bosque - Mirador del Nuevo Bosque	Tierra Bomba
	Bocachica			Bocachica
	Caño del Oro			Caño del Oro
	Santa Ana	UCG # 2		Santa Ana
	Isla Fuerte			Isla Fuerte
	Islas del Rosario			Islas del Rosario
	Islas San Bernardo			Islas San Bernardo
	Barú	UCG # 3		Barú
		UCG # 8		
		UCG # 9		
	UCG # 10			
De la Virgen y Turística Área 371 Km2 Población 334.383	Arroyo Grande	UCG # 4	UCG # 4: La María - La Quinta - La Esperanza - La Candelaria - Alcibia - Boston UCG # 5: Tesca - República del Líbano - Chiquinquirá - Olaya Herrera (Com 5) UCG # 6: Olaya Herrera - Fredonia - Nuevo Paraíso - El Pozón - Villa Estrella UCG # 7: Trece de Junio - San José Obrero - San Antonio - República de Venezuela - La Floesta - La Castellana - Los Alpes - Viejo Porvenir - Nuevo Porvenir - Chipre - El Gallo - San Antonio - Las Palmeras	Arroyo Grande
	Arroyo de Piedra			Arroyo de Piedra
	Pontezuela	UCG # 5		Pontezuela
	Bayunca	UCG # 6		Bayunca
	Punta canoa			Punta canoa
	La Boquilla	UCG # 7		La Boquilla
Industrial de la Bahía Área 89 Km2 Población 346.883	Pasacaballos	UCG # 11	UCG # 11: Ceballos - Santa Clara - Policarpa - Albormoz - Arroz Barato - Puerta de Hierro - Bellavista - El Libertador - Villa Barraza - Veine de Julio Sur - Antonio José de Sucre - Mamonal UCG # 12: Los Corales - Almirante Colón - Los Caracoles - El Carmelo - La Central - El Milagro - El Socorro - Santa Mónica - San Pedro - El Campestre - Blas de Lezo UCG # 13: Santa Lucía - La Concepción - El Recreo - Ternera - San José de los Campanos - Villa Rosita - Providencia - Anita UCG # 14: Alameda La Victoria - San Fernando - La Sierrita - Urb. Simón Bolívar - Ciudadela 11 de Noviembre - María Cano - Villa Rubia - Jorge Eliecer Gaitán - Cesar Flórez - Camilo Torres La Florida - Nueva Delhi - La Esmeralda I - Los Santanderes - Nazareno - Nueva Jersusalén - Rossendal - Villa Fanny - Sectores Unidos - Nelson Mandela - La Esmeralda II UCG # 15: Vista Hermosa - Luis Carlos Galán - El Reposo - San Pedro Martir - La Victoria - Los Jardines - La Consolata - El Educador - Jaime Pardo Leal - Henequen - Manuela Vergara de Curi - Urb- Cooperativo	Pasacaballos
		UCG # 12		
		UCG # 13		
		UCG # 14		
		UCG # 15		

Fuente: Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias – Secretaría de planeación distrital, a través de informe “La pobreza en Cartagena, un análisis por barrios” Pág. 20. <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/documentos/DTSER-94.pdf>. Año 2009.

Mapa 2. Unidades comuneras de Gobierno en Cartagena.



Fuente: http://www.cartagenacomovamos.org/images/cartagena_mapa_ucgu.jpg. Año 2009

En el año 2008, se logró estimar en cuanto al homicidio, que la Unidad comunera de gobierno más peligrosa, fue la 6, seguida de la 4 y la 9³⁷; Podemos observar en la grafica (mapa) que las dos primeras unidades comuneras más peligrosas, se encuentran dentro de la misma localidad (localidad de la virgen y turística), lo cual denota que es una zona peligrosa y que deben tomarse medidas en esa zona.

Las estaciones de policía contenidas en las unidades comuneras de gobierno urbano, encierran un número de CAI determinados, el cual difiere dependiendo la localidad y la unidad comunera. Los CAI desempeñan la función de velar por la integridad de los individuos pertenecientes a la comunidad asociada a ellos. Cuando suceden hechos que atentan contra la vida o integridad de esos individuos, el CAI tiene la obligación de reaccionar de forma inmediata con el fin de lograr la armonía y tranquilidad en la comunidad.

En Cartagena, la SIJIN, medicina legal, los CAI y la fiscalía, le entregan la información de los diferentes delitos cometidos a la Policía Metropolitana, dirigida por el Coronel Mena Bravo y éste ordena que se analice, verifique y califique la información que posteriormente se digita para ser presentada mensualmente ante la Alcaldía, medicina legal, el Observatorio del Caribe, Distriseguridad y el Centro de Observación y seguimiento del delito COSED, una vez es analizada se archiva.

La información es registrada y archivada con estricto control, debido a que es la base para realizar los distintos informes presentados a nivel local y regional. La información es trasladada periódicamente a la sede central de la policía nacional en la ciudad de Bogotá, con el fin de consolidar la estadística nacional y presentar informes al ministerio de defensa nacional.

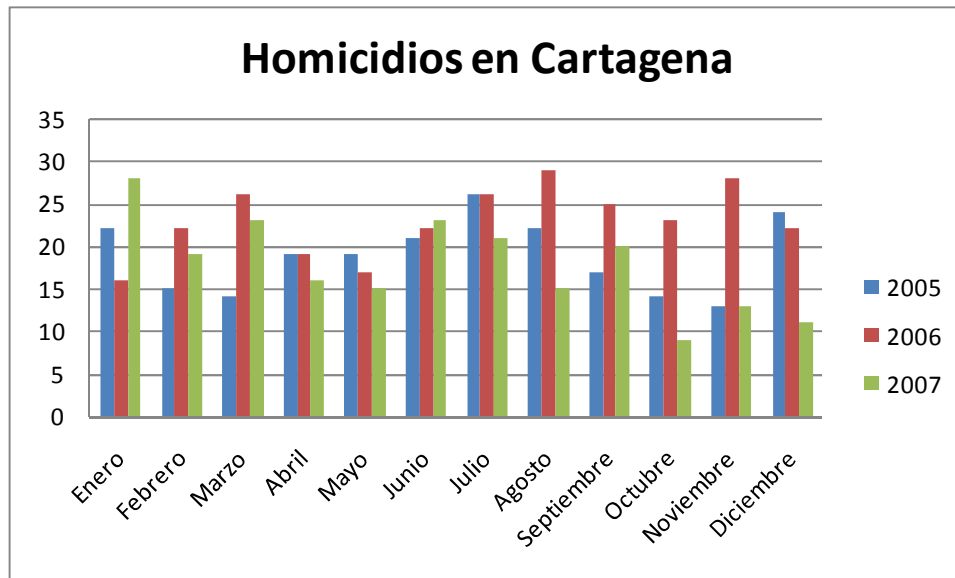
³⁷ Como vamos en Seguridad Ciudadana. Informe 2008.
<http://www.cartagenacomovamos.org/contenidos/seguridad.pdf>. Año 2009

5.3 DELITOS EN CARTAGENA DE INDIAS.

Cartagena es una ciudad azotada de delitos por innumerables causas mencionadas anteriormente, pero según fuentes de la policía nacional y el centro de observación y seguimiento del delito COSED, son el hurto y el homicidio los delitos más frecuentes en la ciudad, siendo estos los que representan un mayor impacto ante la sociedad; el homicidio, es considerado uno de los delitos más atroces y con la mayor pena en prisión según el código penal colombiano, el simple hecho de acabar con la vida de otro ser humano es repudiado en el mundo entero. El sentirse víctima de robos o atracos callejeros deja un desasosiego entre la comunidad y genera un temor constante al transitar por las calles y aceras de la ciudad.

Debido a estas razones se ha hecho un estudio del comportamiento de estos delitos, entre los años 2005 y 2007. Tomando como base los informes suministrados por el COSED.

GRAFICO 5. Número de Homicidios en Cartagena de Indias 2005-2007



Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo.

En cuanto al homicidio, el delito presenta un comportamiento irregular como se puede observar en la grafica 5, se percibe que el 2006 fue un año muy violento en la ciudad, los homicidios aumentaron desde el mes de febrero a diciembre con relación al año anterior, el aumento total del 2006 con relación al 2005 fue de 21.68%, un porcentaje mayor al presentado en el periodo 2004 – 2005, el cual aumento un 5.43%³⁸.

Esta diferencia, amerita un estudio en el comportamiento del delito en la ciudad. La policía al observar este incremento en los índices delictivos, ideó algunas medidas para contrarrestar este suceso en la ciudad, la mayoría de carácter preventivo y ubicando los sitios donde se concentraban los delitos, una de ellas fue crear unos CAI móviles, los cuales trasladaban a ciertos barrios donde la delincuencia aumentaba, pero el problema va mas allá; al trasladar un CAI móvil a un barrio donde la delincuencia aumenta, hace que los delincuentes pasen a otros barrios a cometer sus ilícitos, lo cual, traslada el problema hacia otros barrios, tal como sucede en la ingeniería industrial con la famosa teoría de restricciones.

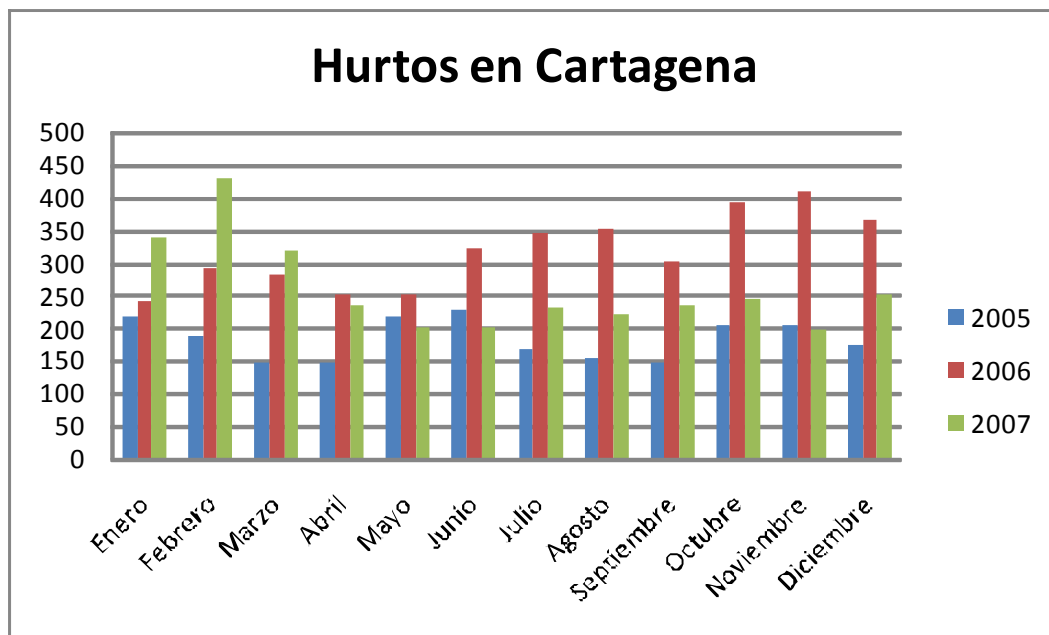
En el año 2006, los meses de Marzo, Julio, Agosto y Noviembre muestran los mayores casos de homicidios en la ciudad, esto refleja la estacionalidad del delito en Cartagena de Indias. Por ser esta una ciudad turística para el país, la mayoría de estos actos delincuenciales se cometen en los meses donde hay mayor cantidad de turistas debido a las temporadas altas o fiestas de independencia en la ciudad.

Para el año 2007, se logró una disminución del homicidio considerablemente, gracias a la creación de la policía metropolitana de Cartagena de indias, sin embargo en los meses donde hay temporadas turísticas altas, como junio y enero,

³⁸ Informe Anual Muertes por Causas Externas Año 2005. COSED. http://www.distriseguridad.gov.co/inicio/informes_cosed/2006/muertes_por_causas_externas/mce_anual_2006.pdf. Año 2007

se aprecia una tendencia al incremento de este delito, lo cual genera inseguridad para quienes visitan la ciudad en estas épocas y para los residentes.

GRAFICO 6. Número de hurtos en Cartagena de Indias 2005-2007



Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo.

Con relación a los hurtos en la ciudad de Cartagena, se hizo una comparación mensual de los años 2005, 2006 y 2007, tal como se puede observar en el grafico 6, con el fin de comprender la situación delincriminal que atravesó la ciudad en ese momento; se toma de referencia estos años, ya que el 2007, fue en año en el que el grupo de estudio, logró conciliar la información necesaria y pertinente para la realización del proyecto.

Tal como se observa en el gráfico 6, En el año 2005 la media de hurtos en la ciudad fue de 184, siendo más alto el índice de este delito en los meses de enero y febrero con 219 y 228 respectivamente, los demás meses del año, manifestaron un comportamiento menor, pero no inferior a la media; solo en 5 meses del año se

produjo una cantidad de delitos inferior a la media; por lo cual, se puede inferir que las calles de la ciudad para estos momentos eran inseguras para cualquier persona que transitara por ellas.

En el año 2006, fue donde se presentó mayor número de hurtos en Cartagena, hubo un incremento de aproximadamente 73% respecto al 2005. Una cifra preocupante para las autoridades y para la ciudadanía como tal, debido a que las calles se tornan mucho más inseguras y al parecer la reacción policial para ese momento fue deficiente porque justo en el último trimestre del año, según los datos recolectados fue donde hubo mayor cantidad de hurtos en la ciudad, sobrepasando el promedio anual, el cual estuvo en 318 delitos. En esos momentos la ciudad se encontraba en manos de los delincuentes, siendo el fleteo la modalidad más usada en cuestiones de actos delictivos. Según el informe anual de hurtos presentado por el centro de observación y seguimiento del delito, en el año 2006, el barrio donde se presentó mayor incidencia de hurtos fue el centro, al igual que en el año anterior, según el informe, la causa principal para la ocurrencia de este delito es el descuido de las víctimas al transitar por las calles de Cartagena; lo que denota una pobre asistencia de la policía nacional y los diferentes entes en la seguridad de la ciudad.

Para el año 2007, se percibe una disminución del 18% de los hurtos con relación al año anterior, ésta disminución se aprecia a partir del segundo trimestre del año, donde la cantidad de delitos cometidos no sobrepasa la media anual, caso contrario al año inmediatamente anterior, sin embargo, cabe anotar que los tres primeros meses del año, registran un índice elevado de hurtos, en especial el mes de febrero; todo indica que la policía nacional a partir de esta fecha comenzó a incrementar el pie de fuerza (policía metropolitana de Cartagena) y las estrategias en contra del hurto en la ciudad, en aras de optimizar los niveles de servicio prestados a la comunidad; ejerciendo labores de prevención de los delitos.

El 2008 fue un año donde los índices de delincuencia bajaron con respecto a años anteriores, se percibió como un año tranquilo para la comunidad Cartagenera, sin embargo los datos consolidados de los delitos para este año, no se encuentran disponibles al público, esto se puede apreciar en un informe presentado por el proyecto Cartagena como vamos en el año 2008, titulado “como vamos en seguridad ciudadana”, donde se comenta en su primera página que “Lamentablemente, la serie histórica de los hurtos, atracos callejeros, atracos a residencias y atracos comerciales se interrumpió desde 2007 porque la Policía Metropolitana de Cartagena no siguió suministrando los datos al COSED. Esta información tampoco fue suministrada a CCV”³⁹; a la fecha, aun no es posible encontrar esta información en la página web del Centro de Observación y Seguimiento del Delito COSED, en especial la relacionada con el delito de hurtos.

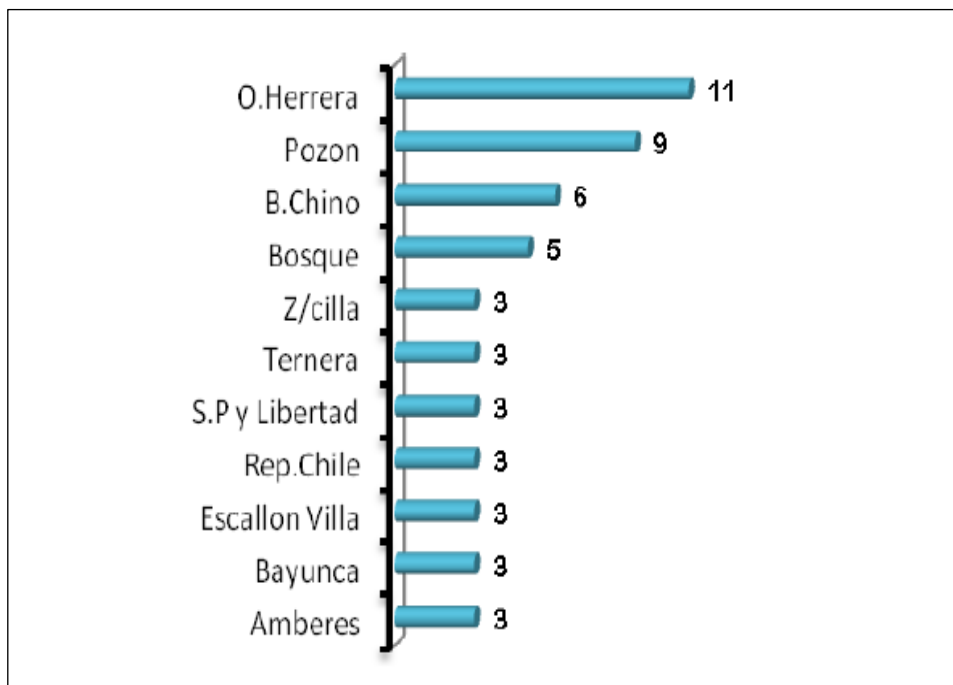
Luego de un tranquilo 2008, para el primer semestre del 2009, la ciudad aumenta los índices delictivos en cuanto a homicidios, según el informe semestral de muertes por causa externa centro de observación y seguimiento del delito en su publicación N°46, la ciudad pasó de 94 homicidios en ese periodo del 2008 a 113 en el mismo periodo del 2009, generando un aumento del 20,2%; aumentando también la tasa de homicidios a 24,9 homicidios por cada 100.000 habitantes con respecto a la del mismo periodo de 2008, la cual fue de 18.5 homicidios por cada 100.000 habitantes⁴⁰. Este tipo de información inquieta a la comunidad y abre campo para seguir con este proyecto, con el fin de darle una solución a fondo al problema de inseguridad en Cartagena, ideando estrategias para disminuir los niveles de inseguridad.

³⁹ Indicadores técnicos de seguridad ciudadana en el año 2008. Como vamos en seguridad ciudadana. <http://www.cartagenacomovamos.org/contenidos/seguridad.pdf>. Año 2009

⁴⁰ Centro de Observatorio y Seguimiento del delito. Informe semestral. Muertes por causa externa en la ciudad de Cartagena de Indias, primer semestre de 2009. Publicación N°46. http://www.distriseguridad.gov.co/inicio/informes_cosed/2009/muertes_por_causas_externas/mce_1er_semestre_2009.pdf. Año 2010

El barrio que registra mayor índice de homicidios para el primer semestre del 2009, es Olaya Herrera, con 11 homicidios, seguido por el pozón con 9 homicidios y barrio Chino con 6 homicidios, como se puede apreciar en el gráfico 7, tomado del informe del COSED para el primer periodo del 2009:

Gráfico 7. Barrios con mayor ocurrencia de Homicidios Ip-2009



Fuente: Medicina Legal Cartagena, CTI de la fiscalía, SIJIN. – Cálculos COSED.
http://www.distriseguridad.gov.co/inicio/informes_cosed/2009/muertes_por_causas_externas/mce_1er_semestre_2009.pdf

Al igual que en el año 2008, la unidad comunera de gobierno que presentó mayor índice de homicidios en el primer semestre del 2009, es la UCG 6, con 20 homicidios, seguida de la 9, 10 y 8, cada una de estas con 9, 8 y 6 homicidios respectivamente; ratificando que sobre esta zona ubicada en la localidad de la Virgen y Turística, se debe incrementar el pie de fuerza de la policía nacional.

Este informe, también revela que la mayoría de actos delictivos se dieron en la vía pública, lo cual revela un déficit del personal de la policía que transita por esos barrios, generando una ola de temor e inseguridad en la comunidad como tal, las calles eran el epicentro de asesinatos, sin importar la hora del día, el 40,7% de estos delitos se registraron en horas del día, siendo el sicariato el mayor factor de incidencia para este tipo de actos.

6. DISEÑO DE UNA UNIDAD AGREGADA DE DELITO

Al revisar la literatura, con relación a la creación de una unidad capaz de lograr un equilibrio entre los delitos y el impacto social que estos generan a la comunidad, encontramos un artículo denominado “*Un Índice de Criminalidad para Colombia*”, el cual plantea tres metodologías en la búsqueda de ese indicador, éstas hacen referencia al estudio de 9 delitos y toman datos históricos desde 1994 hasta 2007, estos dos aspectos, son denominados variables para este estudio.

La primera metodología, denominada por el artículo “Logaritmo y Máximo”, es realizada en varios pasos: el primero de ellos, es obtener el logaritmo natural de sus variables con el fin de reducir los efectos de las magnitudes propias de cada una de las series, ya que de no hacerlo, el homicidio, el hurto común y las lesiones serían los únicos delitos representativos en el índice, dada su mayor frecuencia relativa⁴¹.

Luego realizan una ponderación compuesta, teniendo en cuenta las penas establecidas en el código penal y el número de casos por delito en determinado periodo. Para la primera ponderación, realizan un promedio a la condena máxima y mínima establecida para determinado delito. *Para el caso de la ponderación por la cantidad, se divide el número de casos de cada delito por la sumatoria del total de casos de los crímenes, para así obtener el peso relativo de cada una de las variables. Finalmente, se promedian de manera simple los dos ponderadores obtenidos anteriormente (el de penas y el de cantidades) y se obtiene el ponderador final⁴²*; obtenido este ponderador final, se multiplica por el número de casos de delitos para el año a estudiar, obteniendo el índice deseado.

⁴¹ Quintero Diana, Lahuerta Yilberto, Moreno Jhoana. Un Índice de Criminalidad para Colombia. Revista Criminalidad vol.50. Mayo de 2008. P37

⁴² Ibid.

La segunda metodología, funciona de igual forma a la primera, con la variante que al final se multiplica, el ponderador final por el promedio de delitos en el periodo analizado.

La última metodología llamada “Valor Z”, la cual está basada en la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Donde:

X_i , es la sumatoria de los delitos ponderados por pena en el año i .

μ , es el promedio de la sumatoria de los delitos ponderados por pena en el periodo analizado.

σ , es la desviación estándar de la sumatoria de los delitos ponderados por pena en el periodo analizado.

Como primer paso, se multiplica el número de casos de cada delito por la ponderación por pena calculada con anterioridad, obteniendo la sumatoria ponderada de los delitos por pena; posteriormente, se estandariza la serie utilizando el valor Z, mostrando los cambios en la frecuencia de los delitos, ponderados por la pena, entre año y año.

Las metodologías descritas anteriormente, no se ajustan al problema objeto de estudio, debido a que el índice de criminalidad que se encuentra, no permite obtener un costo logístico real, fundamental para esta investigación, el cual se encuentra en función de la distancia. En caso que se aplicase dicha metodología, el costo real, sería igual o inferior a uno, lo cual tiende a cero, y genera confusiones al momento de correr el modelo de programación lineal y el Algoritmo genético; ya q la matriz tiende a cero, es decir, al optimo.

La razón principal por la cual este tipo de metodología no se adapta al problema, es que al ponderar por porcentajes, nunca se encontraría el peso real del delito de mayor cuantía, puesto que la sumatoria de porcentajes daría uno, que debería corresponder al delito de mayor pena instaurado por el código penal Colombiano, lo cual no será posible en dicho caso. Por ejemplo: el promedio de pena para el homicidio es de 20 años, hurto de 3 años y el acceso carnal violento de 10 años, para los cuales los porcentajes aplicando la metodología descrita anteriormente sería: 0,6; 0,09 y 0,30 respectivamente; tal como se observa, el delito de mayor cuantía que es el homicidio, no presenta el valor máximo de la pena (uno), es por esta razón que se diseñó en esta investigación, una metodología donde se toma como referencia el delito de mayor pena, conteniendo los demás delitos dentro de éste.

Con el fin de lograr cierto tipo de equivalencia entre los delitos y las repercusiones que cada uno de estos tiene a nivel judicial, el grupo de trabajo decidió crear una Unidad Agregada de delito, la cual integra la ponderación de los delitos con la ocurrencia de los mismos en los diferentes barrios de la ciudad, de esta forma se obtiene una unidad de medida global, la cual sirve como cimiento al objetivo del proyecto, articulando de esta forma la matriz de costos.

Para poder simplificar y resolver el problema en este proyecto, fue conveniente determinar supuestos, descartando y/o replanteando diferentes aspectos que puedan afectar los resultados. A continuación se muestran los supuestos empleados para la solución del problema.

- Los recursos disponibles para cada CAI son idénticos entre si, por lo cual la capacidad de atención es la misma para todos.

Este supuesto se hace basado en la información suministrada por la Policía Nacional donde se analiza que no existe una estandarización de recursos iniciales en el momento de la creación de un CAI y por ello es necesario asumir

una asignación de recursos disponibles iguales para cada CAI, garantizando así efectividad en la solución del problema.

- No se incluirán en este proyecto los siguientes barrios; Castillo Grande, Laguito y Bocagrande, debido a la geografía de la ciudad de Cartagena, como se puede observar en el anexo 1.
- Sólo se tendrán en cuenta los CAI instalados en la ciudad al año 2007, debido a que la información suministrada por la policía para la realización del proyecto data a esa fecha. No se incluirán en este proyecto los CAI Móviles de la ciudad, ni los CAI fijos instalados luego de esa fecha.
- Se utilizarán distancias geométricas.
- Los barrios que contengan un CAI serán atendidos exclusivamente por dicho CAI.
- El costo de atención se calculará desde cada CAI hasta el centro geométrico de cada barrio que no contenga CAI.
- Cada barrio, será atendido con exclusividad por un solo CAI.
- Se trabajarán sólo los delitos de ocurrencia en la ciudad de Cartagena de Indias.

6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PERTINENTE

Un paso importante en la construcción de un proyecto, es la recolección de información, con el fin de obtener resultados favorables al mismo; la información básica necesaria para construir una unidad agregada de delitos, asociada al problema objeto de estudio, es la delimitación de los barrios de la ciudad de Cartagena (clientes) y la ubicación de los centros de atención inmediata CAI, localizados en la ciudad al año 2007 (centros de distribución).

Cartagena cuenta con 166 barrios según lo establecido por la distribución político administrativa del distrito; (información facilitada por Planeación distrital) a través de la cartilla “Cartagena de Indias localidades, territorio y población” durante el periodo de alcalde de el señor Nicolás Curi Vergara. Al analizar estos barrios se observa que algunos son muy pequeños, constan de dos o tres calles, por lo que el equipo de trabajo para efectos prácticos, decidió agrupar esos barrios pequeños, con los adyacentes al mismo, como es el caso de Pablo VI-I, pablo VI-II, los comuneros, petare, república del Caribe, los cuales se agruparon formando un solo barrios para nuestro estudio; de esta forma logramos una equivalencia entre este barrio conjunto y uno muy grande en extensión de terreno, como es el caso de Olaya Herrera. De estos 166 barrios, se eliminaron los que no entrarán en el estudio, según lo descrito en los supuestos, barrios como Bocagrande, laguito, etc. Al final se obtiene un total de 95 barrios objeto de estudio en la investigación, los cuales se pueden apreciar en la tabla a continuación.

TABLA 5. BARRIOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

NUMERAL	BARRIOS	NUMERAL	BARRIOS
B1	Centro(Chambacu,La Matuna,Getsemani, San Diego)	B49	La campiña
B2	El Cabrero	B50	Calamares
B3	Marbella	B51	El Country
B4	Crespo	B52	Camaguey (La Troncal, Buenos Aires)
B5	Pie de la Popa(Pie del Cerro)	B53	Las Delicias (Tacarigua)
B6	Manga	B54	Martinez Martelo (Barrio Chino, Mercado de Bazurto)
B7	Espinal	B55	Paraguay (Junin, JuanXXIII)
B8	Lo Amador	B56	El Prado
B9	Nariño	B57	Bruselas
B10	Torices (Paseo Bolivar, La Española)	B58	Amberes (M° Auxiliadora, España)
B11	San Pedro y Libertad	B59	Piedra de Bolivar (Armenia)
B12	Pablo VI(Pedro Salazar, PabloIV-I, PabloV-II, Los Comuneros, Petare, Rep. del Caribe)	B60	Nueva Granada(Jose Antonio Galan, Las Brisas, Nueve de Abril)
B13	Loma Fresca(Palestina, La Paz, Paraisoll)	B61	El Bosque
B14	Cerro de la Popa	B62	San Isidro (Alto Bosque)
B15	Canapote (Crespito)	B63	Republica de Chile
B16	Daniel Lemaitre	B64	Los Cerros (Altos de San Isidro)
B17	Santa Maria	B65	Nuevo Bosque (Mirador del Nuevo Bosque)
B18	Siete de Agosto	B66	Mamonal (Santa Clara)
B19	San Francisco	B67	Puerta de Hierro
B20	San Bernardo	B68	Policarpa
B21	La Maria	B69	Arroz Barato
B22	La Quinta	B70	Ceballos
B23	La Candelaria	B71	Albornoz(El Libertador, Villa Barraza, Antonio Jose de Sucre)
B24	La Esperanza	B72	Bellavista (20 de Julio, Sur)
B25	Alcibia	B73	El Campestre
B26	Boston	B74	San Pedro (Santa Monica)
B27	Tesca	B75	Blas de Lezo
B28	Republica del Libano	B76	El Milagro (El Carmelo, La Central)
B29	Chiquinquira	B77	Almirante Colón
B30	Olaya Herrera	B78	Los Caracoles
B31	Fredonia	B79	Los Corales
B32	Nuevo Paraiso	B80	El Socorro
B33	Villa Estrella	B81	San Jose de los Campanos
B34	Pozón	B82	Providencia (Villa Rosita, La Carolina)
B35	Trece de Junio	B83	Santa Lucia (Concepción)
B36	San Jose Obrero (Chapacua)	B84	Termera
B37	Chipre(La Floresta , San Antonio)	B85	Nelson Mandela
B38	Republica de Venezuela	B86	San Fernando (Simon Bolivar , 11 de Noviembre)
B39	Las Gaviotas	B87	Nazareno (La Esmeralda I, II, Los Santanderes, Nueva Jerusalem, Villa Fanny, Sectores Unidos, Sierrita)
B40	La Castellana (Cobntadora)	B88	María Cano (Villa Rubia, Cesar Florez, Camilo Torres, La Florida, Nueva Delhi, Rosendal, Jorge Eliecer Gatan)
B41	Los Alpes	B89	Alameda de la Victoria (Recreo)
B42	El Porvenir(Nuevo Porvenir, Viejo Porvenir)	B90	San Pedro Martir
B43	Las Palmeras	B91	Los Jardines (El Educador)
B44	El Gallo(Anita)	B92	La Consolata
B45	Zaragocilla	B93	La Victoria (El Reposo)
B46	Escallon Villa	B94	Henequen (Luis Carlos Galan, Jaime Pardo Leal, Manuela Vergara de Curi)
B47	Los Ejecutivos(Los Angeles)	B95	Vista Hermosa
B48	Villa Sandra(El Rubi,El Carmen)		

Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo

La segunda base del proceso de recolección de información en este proyecto es la ubicación de los centros de distribución para el problema objeto de estudio, es decir, se ubicaron los CAI fijos que se encuentran en la ciudad al año 2007, esta labor fue apoyada por planeación distrital, quien suministró el plano de la ciudad y la ubicación de los centros de atención inmediata, y también por fuentes de la policía nacional donde enumeran los diferentes CAI de la ciudad.

Teniendo en cuenta los supuestos mencionados anteriormente, los CAI objeto de estudio de esta investigación, son los siguientes:

1. CAI Centro, ubicado en el parque centenario dentro de Getsemaní.
2. CAI María Auxiliadora, ubicado en los barrios Amberes y España.
3. CAI Piedra de Bolívar, ubicado en los barrios Piedra de Bolívar y Armenia.
4. CAI La Arrocería, ubicado en el barrio Olaya Herrera.
5. CAI Los Ejecutivos, ubicado en los barrios Los ejecutivos y Los Ángeles
6. CAI Mamonal, ubicado en Mamonal y Santa Clara.
7. CAI Paraguay, ubicado en Paraguay, Junín y Juan XXIII.
8. CAI Bazurto, ubicado en los barrios Martínez Martelo, Barrio Chino, los cuales contienen el mercado de Bazurto.
9. CAI Crespo, ubicado en el barrio Crespo.
10. CAI San Francisco, ubicado en el barrio San Francisco.
11. CAI La Esperanza, ubicado en el barrio La Esperanza.
12. CAI La Quinta, ubicado en el barrio del mismo nombre.
13. CAI Las Gaviotas, ubicado en el barrio del mismo nombre.
14. CAI Pozón, ubicado en el barrio del mismo nombre.
15. CAI Fredonia, ubicado en el barrio del mismo nombre.
16. CAI Ceballos, ubicado en el barrio del mismo nombre.
17. CAI Bosque, ubicado en el barrio del mismo nombre.
18. CAI Blas de Lezo, ubicado en el barrio del mismo nombre.

Además de obtener información relacionada con los clientes (barrios) y centros de distribución (CAI), es necesario en este proyecto, obtener la información de la causa objeto de estudio, es decir, los delitos con los que se va a llevar a cabo la investigación. Estos delitos como se ha explicado en capítulos anteriores, deben cumplir ciertas condiciones; como ser no querellables, y poderse dar en flagrancia, para que puedan ser atendidos por un CAI; a su vez deben ser delitos que se presenten en la ciudad de Cartagena.

Con base a estas condiciones o restricciones, procedimos a depurar o filtrar los delitos del Código Penal Colombiano. para llevar a cabo este proceso contactamos fuentes en la fiscalía, la Policía Metropolitana de Cartagena, y los informes del COSED, se investigó exhaustivamente con relación a los delitos y la ocurrencia de los mismos en la ciudad, y se procedió a filtrarlos de los mismos de la siguiente manera: Primero eliminamos los delitos querellables de la lista con ayuda del código penal colombiano, luego a través de la policía metropolitana consideramos los delitos de ocurrencia en la ciudad de Cartagena de Indias. Los delitos que utilizamos para la construcción de la matriz de costos son los siguientes (ver Anexo 2).

De los delitos contra la vida y la integridad personal se tuvieron en cuenta el Homicidio culposo, el Homicidio Agravado y las lesiones personales, a pesar que la policía no es quien define específicamente la tipicidad del homicidio, se ha incluido el homicidio culposo haciendo referencia a las muertes ocasionadas en accidentes de tránsito, debido a que estas son llamadas por la ley de esta forma, y se establece como a todos los delitos la pena máxima. Se ha incluido las lesiones personales severas, especialmente son capturas de riñas callejeras o peleas entre pandillas, casos muy comunes en la ciudad.

De los delitos contra la libertad individual y otras garantías encontramos el secuestro, el cual no es común en la ciudad de Cartagena, pero si se han

presentando en los últimos años, algunos incidentes, por lo cual es necesario incluirlo dentro del estudio.

De los delitos contra la libertad, integridad y formaciones sexuales se tuvo en cuenta el acceso carnal violento, acto sexual violento, acceso carnal abusivo con menor de catorce (14) años, actos sexuales con menor de catorce (14) años, acceso carnal o acto sexual con persona puesta en incapacidad de resistir e inducción a la prostitución. Son delitos que afectan severamente a las víctimas y que en los últimos años, han tomado un auge en todo el territorio nacional y generan repudio por parte de la comunidad; son delitos atroces, de gran incidencia en la comunidad.

De los delitos contra el patrimonio económico tomamos el hurto, cabe resaltar que aquí se agrupo el hurto en todas sus modalidades, el llamado fleteo, el hurto simple, el hurto a personas, a residencias, a entidades comerciales y a vehículos, teniendo en cuenta que la ley tipifica el hurto según la cuantía en hurto simple y hurto agravado; mas no según el tipo de bien hurtado. Estas modalidades, según el tipo de bien hurtado son encontradas en la ciudad de Cartagena, y son desglosadas de esta forma por las diferentes fuentes de información.

De los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente encontramos el ilícito aprovechamiento de los recursos naturales renovables, la contaminación ambiental y la pesca y caza ilegal; de este tipo de delitos, son pocos los encontrados por la policía cartagenera, sin embargo, son delitos importantes debido a que afectan directamente a la comunidad y que no son muy tenidos en cuenta por ciertas poblaciones; sin embargo, se encuentran dentro del estudio, por afectar directamente el ecosistema de la ciudad.

A continuación, tabla resumen con los delitos utilizados en la monografía.

TABLA 6. Delitos de ocurrencia en la ciudad de Cartagena

NUMERAL	DELITO
	DELITOS CONTRA LA VIDA Y LA INTEGRIDAD PERSONAL
D1	Homicidio Agravado
D2	Homicidio Culposo
D3	Lesiones Personales
	DELITOS CONTRA LA LIBERTAD INDIVIDUAL Y OTRAS GARANTIAS
D4	Secuestro
	DELITOS CONTRA LA LIBERTAD, INTEGRIDAD Y FORMACIÓN SEXUALES
D5	Acceso Carnal Violento
D6	Acto sexual Violento
D7	Acceso Carnal Abusivo con menor de 14 años
D8	Actos sexuales con menor de 14 años
D9	Acceso carnal o acto sexual en persona puesta en incapacidad de resistir
D10	inducción a la prostitución
	DELITOS CONTRA EL PATRIMONIO ECONOMICO
D11	Hurto
	DELITOS CONTRA LOS RECURSOS NATURALES Y EL MEDIO AMBIENTE
D12	Ilícito Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables
D13	Contaminación Ambiental
D14	Pesca y Caza Ilegal

Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo.

6.2 DISEÑO DE UN FACTOR DE PONDERACIÓN DE DELITOS.

El Régimen penal colombiano a través del código penal establece un número máximo de años para cada delito cometido en el país. Tomando como base este máximo de años en prisión, el grupo de trabajo realizó la ponderación de los delitos.

El Código Penal Colombiano especifica que cada delito, según el impacto generado, las circunstancias del mismo y la forma de denuncia, entre otros aspectos, tienen un rango de años para la pena; por ejemplo el homicidio tiene una pena entre 32 y 40 años de cárcel. Para efectos de simplicidad, en este estudio se tomó el número máximo del rango, puesto que según la experiencia de algunos legisladores, las condenas tienden al máximo de la pena.

Luego de obtenidos el nombre de los delitos y el número de años de cárcel correspondiente para cada uno de ellos se procede a encontrar el delito de mayor impacto social, al cual le dan la pena más alta, es decir, mayor cantidad de años en prisión a los delincuentes. En Colombia el delito que recibe la pena más alta es el homicidio, con 40 años. Éste fue el valor denominador en la ponderación, ya que se busca cuantas veces se encuentran el resto de delitos contenidos en el máximo, por ejemplo, si el peor de los delitos sexuales (acceso carnal violento) en Colombia tiene una condena de hasta 15 años de prisión, esto equivale a 0,375 veces un homicidio, lo cual es el valor que se le otorgó en la ponderación a este delito (ver Anexo 4).

6.3 CALCULO DE LA FRECUENCIA PROMEDIO HISTORICA DE DELITOS POR BARRIO

Una vez obtenida la información de los delitos a tratar, se procedió a determinar la ocurrencia de éstos en diferentes barrios objeto de estudio. el Centro de Observación y Seguimiento del delito COSED y la Policía Metropolitana de Cartagena, fueron los encargados de suministrar la información del número de delitos aprehendidos en flagrancia por barrio, durante el año 2007, esta información se observa en el Anexo 3. El COSED, publica trimestralmente esta información a la comunidad y a las diferentes entidades que le hacen seguimiento al tema de la seguridad en la ciudad.

Basados en la ocurrencia de los delitos en la ciudad, obtendremos la frecuencia de los mismo, la cual, podemos denominar como la cantidad de delitos que se registraron en la ciudad de Cartagena en un periodo de tres meses; se trabajó con esta periodicidad, por los informes entregados por el centro de observación y seguimiento del delito COSED a la ciudadanía.

Para obtener la frecuencia de los delitos por barrio en la ciudad, dividimos la ocurrencia de éstos entre 4 trimestres que existen en el año. Esta información se puede apreciar en el Anexo 5.

6.4 CÁLCULO DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITOS.

Luego de obtener la frecuencia de delitos por barrios y la ponderación de los mismos nos disponemos a calcular la unidad agregada de delitos UAD. Esta unidad agregada de delito UAD, se determina por barrios, es decir, cada barrio, tiene un costo según la cantidad y calidad (por llamarlo de algún modo) de delitos que se presenten. Por lo cual es el resultado de la sumatoria del producto entre la ponderación y frecuencia promedio de los delitos por barrio.

$$\text{UAD} = \sum_{i=1}^n (Fp_i * F_{ij}), \forall j$$

Donde

i= Delitos; $j = \{1,2,3,\dots,14\}$

j= Barrios objeto de estudio; $i = \{1,2,3,4,\dots,95\}$

Fp= Factor de ponderación del delito

F= Frecuencia promedio de delitos por barrio

Esta unidad agregada de delitos funciona debido a que el impacto que generan los delitos en la sociedad no es el mismo, y una forma de converger en este proyecto, es a través de la misma, la cual no es más que el resultado de los procedimientos explicados anteriormente.

Los datos de la Unidad Agregada de Delitos por barrio para la ciudad de Cartagena en el año 2007, pueden apreciarse en el Anexo 5 de este documento.

7 CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITO.

Este apartado presenta a través de un ejemplo extraído de los datos reales, la forma como se logró la construcción de la Matriz de Costos, expuestos en el capítulo anterior.

7.1 HISTORICOS DE DELITOS POR BARRIO EN LA CIUDAD DE CARTAGENA

Se tomará para este ejemplo, la información relaciona con los delitos de Hurto, Homicidio, Acceso Carnal Violento y Lesiones Personales; junto con los barrios Centro, Olaya Herrera, Bosque, Ternera, Castellana y Barrio Chino.

NUMERAL	DELITOS
D1	Homicidio
D2	Acceso Carnal Violento
D3	Lesiones Personales
D4	Hurto

NUMERAL	BARRIOS
B1	Centro
B2	Olaya Herrera
B3	Castellana
B4	Barrio Chino
B5	Bosque
B6	Ternera

Los CAI incluidos para este ejemplo son los que se encuentran ubicados en los barrios: El Bosque, El Pozón y La Quinta.

NUMERAL	CAI
C1	CAI Bosque
C2	CAI Pozón
C3	CAI La Quinta

Para los delitos tomados en el ejemplo, la frecuencia por barrio es la siguiente:

FRECUENCIA DE DELITOS POR BARRIO						
DELITOS	B1	B2	B3	B4	B5	B6
D1	1	4	0	6	8	8
D2	14	8	2	12	6	1
D3	0	0	0	0	0	0
D4	65	22	12	25	35	7

Esta matriz es el histórico de delitos por barrios en la ciudad de Cartagena en el año 2007.

7.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE PONDERACIÓN

Las variables que intervienen en esta monografía precisan de una equivalencia entre ellas, es por esta razón que se diseñó y creó una Unidad Agregada de Delitos UNA para lo cual se construye un factor de ponderación que permite ver expresado en números el costo de atender un delito, este costo se encuentra en función al impacto social generado, al equipamiento de cada CAI y al tiempo de respuesta de los policías entre otros factores.

El Cálculo de ponderación diseñado en esta monografía está basado en la pena máxima contemplada en el Código Penal Colombiano, para los delitos a tratar en este ejemplo son: D1 con 40 años, D2 con 15 años, D3 con 10 años y D4 con 8 años de pena máxima.

Se halla la cantidad de veces que se encuentra contenido la pena máxima de cualquier delito en el delito mayor de estos, dividiendo la pena de cada delito entre la pena del delito de mayor cuantía, tal como se muestra en la siguiente tabla:

NUMERAL	FACTOR DE PONDERACIÓN (Dn/D1)
D1	1
D2	0,375
D3	0,25
D4	0,2

Con este factor de ponderación se halló un peso equivalente para cada delito.

7.3 CÁLCULO DE LA UNIDAD AGREGADA DE DELITOS

En este punto se utiliza la fórmula para la Unidad Agregada de Delitos UAD por barrios.

$$UAD = \sum_{i=1}^n (Fp_i * F_{ij}), \forall j$$

Donde

$i =$ Delitos; $j = \{1,2,3,\dots,14\}$

$j =$ Barrios objeto de estudio; $i = \{1,2,3,4,\dots,95\}$

Fp= Factor de ponderación del delito

F= Frecuencia promedio de delitos por barrio

Aplicando la anterior fórmula en el ejemplo, la UAD para cada uno de los barrios quedó de la siguiente manera.

BARRIOS						
DELITOS	B1	B2	B3	B4	B5	B6
D1	1	4	0	6	8	8
D2	5,25	3	0,75	4,5	2,25	0,375
D3	0	0	0	0	0	0
D4	24,375	8,25	4,5	9,375	13,125	2,625
UAD	30,625	15,25	5,25	19,875	23,375	11

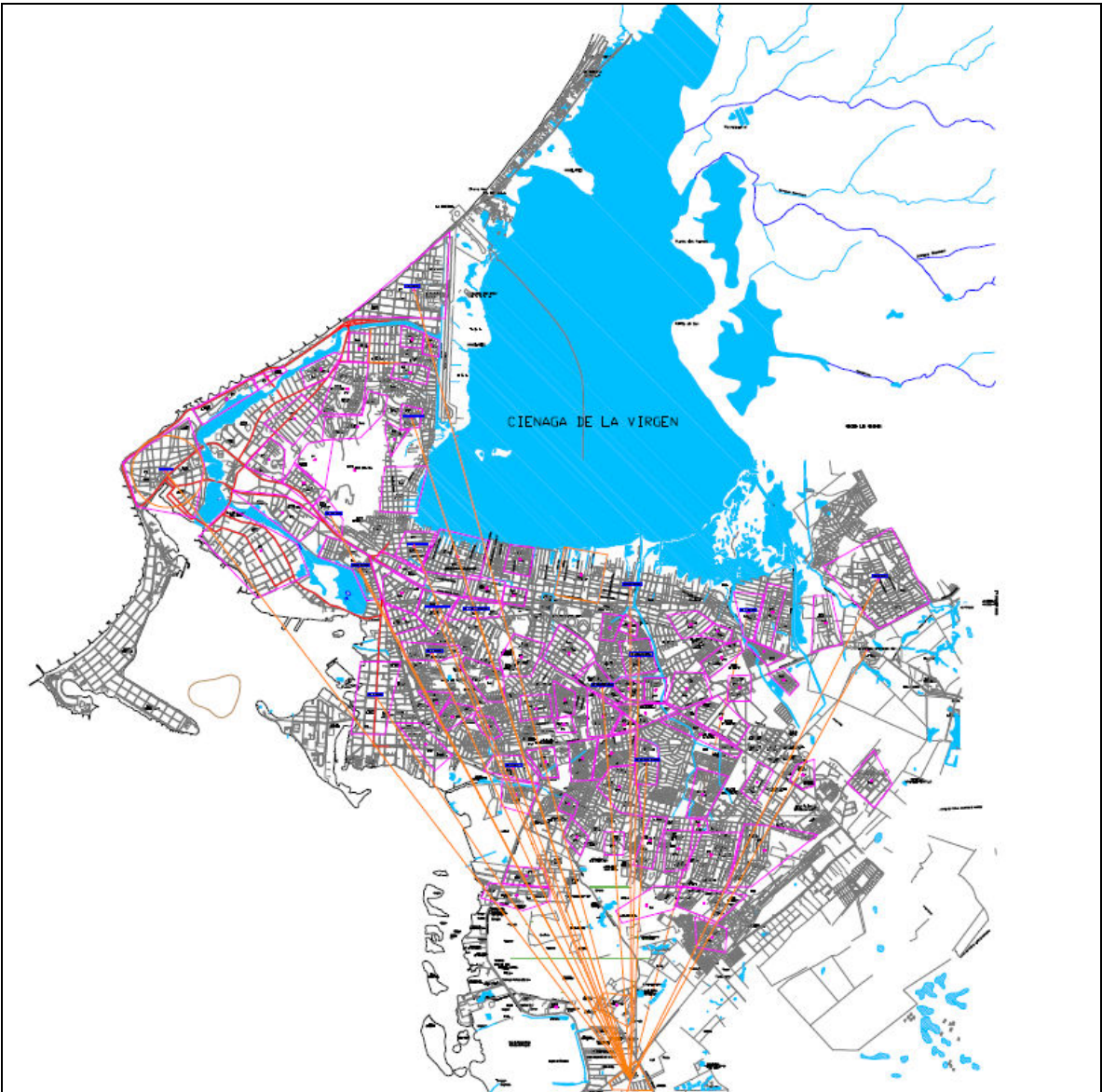
De esta forma se obtuvo el cálculo de la Unidad Agregada de Delitos por barrios, base para el desarrollo de la Matriz de Costo, objetivo del problema (ver Anexos 2, 3, 4, 5).

8 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE COSTOS ASOCIADA AL PROBLEMA.

La matriz de costos es la herramienta principal para lograr la obtención de resultados, a través de ésta se pueden observar el engranaje de los datos e información recopilada en un periodo de tiempo; la matriz de costos correspondiente a este proyecto, se encuentra en función de una unidad agregada de delitos (UAD) y la distancia lineal, inspirada en el concepto del Métrico Euclidiano.

Con la primera variable de la matriz de costos funcionando (UAD) se procede a obtener la segunda variable, la distancia equivalente al trayecto rectilíneo encontrado entre el centro geométrico o centroide de los barrios de la ciudad de Cartagena hasta cada uno de los CAI localizados en la ciudad; estos CAI, se encuentran ubicados en el centro geométrico del barrio que los contiene (ver mapa 3).

Mapa 3. Distancia desde un CAI a los diferentes barrios



Fuente: Diseñado por el equipo de trabajo.

Estas distancias se tomaron a través del programa Autocad, teniendo como base el plano a escala de la ciudad (ver mapa 3), con la distribución de barrios mencionada en el inciso 6.1. En este punto es importante recordar el supuesto, que cada CAI atiende a su propio barrio por lo que las distancias de los CAI se obtienen hacia los barrios que no poseen un CAI dentro de ellos. De esta forma se obtiene la matriz de distancias (ver Anexo 6), la cual alimenta a la matriz de costos final.

Dado que cada CAI atiende su propio barrio, en la matriz de distancias no se tendrán en cuenta dichos barrios, debido a que la distancia entre el CAI y el barrio sería igual a cero. Para estos barrios se tomará el valor de la unidad agregada de delitos como costo inicial del CAI.

Cada barrio cuenta con una Unidad Agregada de Delitos, como se explico en el ítem 6.4, lo que hace que los barrios que contienen un CAI posean un costo inicial, el cual es atribuido a ese CAI, haciendo referencia al supuesto donde cada barrio es atendido por el CAI que se encuentra dentro de éste. Es por esta razón que los barrios, que contiene CAI no se encuentran en la Matriz final de costos, y su carga delictiva es entregada al CAI al que pertenecen.

Continuando con el ejemplo del capítulo anterior, la matriz de distancias estaría conformada por los siguientes datos:

CAI			
BARRIOS	C1	C2	C3
B2	3,594	4,478	3,624
B3	5,146	3,652	4,066
B4	1,431	6,981	1,835
B6	7,533	2,818	6,169

Estos datos se encuentran en Kilómetros; para este ejemplo no se tomaron los barrios 1 y 5, por tener dentro de ellos un CAI, por el cual son atendidos.

La Matriz de Costos es el producto de la multiplicación entre la matriz de distancia y la UAD correspondiente a cada barrio. Convirtiéndose en el comienzo del desarrollo de una propuesta investigativa, que pretende dar solución al problema de asignación balanceada de clientes a través del balanceo de la carga de trabajo, utilizando un modelo de programación lineal entera y la estimación de los mejores parámetros en un algoritmo genético; lo cual se llevará a cabo en etapas posteriores a esta monografía.

La Matriz de Costos para el ejemplo, queda de la siguiente forma:

CAI			
BARRIOS	C1	C2	C3
B2	54,809	68,290	55,266
B3	27,017	19,173	21,347
B4	28,441	138,747	36,471
B6	82,863	30,998	67,859

COSTO INICIAL	
C1	23,375
C2	UAD Pozón
C3	UAD La Quinta

De esta forma, la matriz de costos se convierte en la información a ingresar en el algoritmo genético desarrollado en la Tesis de Maestría “*Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento*”, con el fin optimizar los niveles de servicio que ofrece la policía nacional a la comunidad en general (ver Anexo 7).

9 CONCLUSIONES.

Basados en la investigación realizada para el diseño y construcción de la Matriz de Costos para una adaptación del problema de Asignación Balanceada de Clientes Aplicado a los Centros de Atención Inmediata CAI de la ciudad de Cartagena, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La información con la que se trabajó es la perteneciente al año 2007, ya que por problemas internos de la Policía Nacional, la información del 2008 de delitos por barrios no fue posible conseguirla y la del 2009 a la fecha aún no está disponible. Para el desarrollo de esta monografía, fue necesario crear supuestos, con el fin de simplificar el problema y que fuera posible adaptar herramientas matemáticas.
- El diagnóstico hecho para el año 2007 para la ciudad de Cartagena, arrojó que hubo 15.675 casos de delito de impacto social, registrándose una disminución del 6% con respecto al año anterior (2006), sin embargo Cartagena fue la ciudad que más atracos en Colombia registró y donde un alto porcentaje de ciudadanos (67%) consideraba a la ciudad insegura, convirtiéndose la calle en un peligro latente para turistas y habitantes en general, según la encuesta anual de la fundación seguridad y democracia, a través de estos datos se concluyó que los CAI no están atendiendo a toda la demanda.
- El factor de ponderación diseñado, fue basado en el impacto social de cada delito, tenido mayor peso de ponderación, el homicidio que es igual a uno; la UAD permitió integrar en una sola unidad, la frecuencia de delitos por barrios, los delitos y el impacto que estos generan en la sociedad.

- Se construyó una Matriz de Costos en función de la distancia lineal recorrida entre cada CAI y cada barrio, que permitirá aplicar un Modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético, para balancear las cargas de trabajo de los CAI, dando una posible solución a la distribución de los mismos, con el fin de abastecer a la demanda.
- En este estudio se explicó la metodología para continuar el proyecto *“Balanceo de la carga de trabajo de los Centros de Atención Inmediata CAI en la ciudad de Cartagena a través de un modelo de Programación Lineal y Algoritmo Genético”* y se realizó la matriz de costo de tal manera que fuera posible adaptar el modelo de Algoritmo Genético desarrollado en la Tesis de Maestría *“Asignación Balanceada de Clientes a Múltiples Centros de Distribución en una Cadena de Abastecimiento”*.

10 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS.

Por ser este una parte de la metodología a tratar en un proyecto mayor; quienes lo desarrollen, deben tener en cuenta los cambios que puedan presentarse en los diferentes tipos de conducta punible, la localización de los nuevos CAI fijos en la ciudad, y como ha influido esta decisión en los índices delincuenciales de las calles de Cartagena.

Se debe tener en cuenta la información contenida en el marco teórico, con relación a la programación lineal y algoritmos genéticos ya que será de mucha importancia para la solución de la Matriz de Costos, planteada en esta monografía.

Proponer una instancia de problema, aplicado a una ciudad simétrica, tomando como referentes los valores históricos de la ciudad de Cartagena, con el fin de evaluar el comportamiento del modelo de Programación Lineal y el del Algoritmo Genético.

Es importante incluir el Costo inicial que poseen los CAI, al plantear el modelo de programación lineal al igual que las variables que lo contienen; de igual forma para el Algoritmo genético.

Se debe tener en cuenta que el algoritmo desarrollado en la tesis de maestría, en la cual se basa el proyecto, tiene una eficiencia del 99%, atendiendo un máximo de 85 clientes (barrios); por lo que se recomienda ampliar los parámetros del algoritmo, para el problema objeto de estudio.

Se recomienda hacer un análisis de sensibilidad, con el fin de mantener la matriz de costos vigente, y el balanceo de las cargas de trabajo de los CAI actualizado, según los niveles delincuenciales para la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ, Concepción; ALCARAZ S. Javier y RUIZ G. Rubén. Investigación operativa: Modelos y técnicas de optimización. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2002.

ARREOLA RISA, Antonio. Programación Lineal/Linear programming. Cengage Learning Editores, 2003. 502 p.

CABALLERO VILLALOBOS, Juan Pablo; MEJÍA, Gonzalo. Redes de Petri y Algoritmos Genéticos, una propuesta para la Programación de Sistemas de Manufactura Flexible. Ingeniería y Universidad; 2006, Vol. 10 Issue 1, p1-27, 27p. [Consultado el 7 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <<http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=6&hid=2&sid=e766cbaa-b390-4094-93c8-252325657d06%40sessionmgr4>>.

COLOMBIA. Código de procedimiento penal. Decreto numero 2700. (30,Noviembre,1991). Por el cual se expiden las normas de Procedimiento Penal.

Constitución Política de Colombia de 1991.

HERRERA F; LOZANO M y VERDEGAY J.L. Algoritmos Genéticos: Fundamentos, extensiones y aplicaciones: Department of Computer Science and Artificial Intelligence. Universidad de Granada. Granada, España. 1994. 23 p. [Consultado el 7 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <<http://66.102.1.104/scholar?q=cache:Mok7J-65yaQJ:scholar.google.com/+author:%22Herrera%22+intitle:%22Algoritmos+Gen%C3%A9ticos:+Fundamentos,+Extensiones+y+...%22+&hl=es>>.

HOLLAND, J. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor. MIT Press. 1992. 211 p.

KLEVENS, Joans; RESTREPO O, ROCA J, MARTÍNEZ A. Epidemiología de la delincuencia en Colombia. Bogotá: Informe técnico presentado a Colciencias. 1997.

LOPEZ CASUSO, Rafael. Programación lineal y decisiones económicas. Colección Economía UCAB.

MENDEZ SAYAGO, Jhon A. Adaptación de algoritmos genéticos en la simulación del comportamiento estratégico de los agentes contaminadores ante el cobro de tasas retributivas. Cuad. Adm. Bogotá. 21(35). 161-187. Enero-junio 2008. P 171. [Consultado el 7 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <<http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=10&hid=6&sid=6c430c5d-0810-4cb0-9f1a-900ffac26da7%40sessionmgr4>>.

POLICÍA NACIONAL. Grl. Oscar A. Naranjo Trujillo. Reflexiones sobre el delito callejero. Bogotá. 2006.

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Policía Nacional se reorganiza en ocho regiones. Bogotá. Jueves, 20 de Agosto de 2006.

RIOS INSUA, Sixto. Investigación Operativa: Programación lineal y aplicaciones. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces , S.A. 1996.

TAHA, Hamdy A. Investigación de Operaciones. 7° ed. Mexico. Prentice Hall editores. México. 2004. 848 p.

WINSTON, Wayne L. Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. 4 ed. Cengage Learning Editores. 2006. 1418 p.

ANEXOS