



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE LOS
CUADRANTES UTILIZADOS POR CARABINEROS DE
CHILE EN EL PLAN CUADRANTE DE SEGURIDAD
PREVENTIVA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SANDRA LORENA BUSTAMANTE MOSQUERA

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2011



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE LOS
CUADRANTES UTILIZADOS POR CARABINEROS DE
CHILE EN EL PLAN CUADRANTE DE SEGURIDAD
PREVENTIVA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SANDRA LORENA BUSTAMANTE MOSQUERA

**PROFESOR GUÍA:
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
FERNANDO ORDÓÑEZ PIZARRO
CHRISTIAN POTOČNJAK CABRERA**

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2011**

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: SANDRA BUSTAMANTE
FECHA: 25/01/11
PROF. GUIA: SR. JUAN ZANLUNGO

**METODOLOGÍA PARA EL REDISEÑO DE LOS CUADRANTES UTILIZADOS POR
CARABINEROS DE CHILE EN EL PLAN CUADRANTE DE SEGURIDAD
PREVENTIVA.**

En nuestro país ha existiendo desde la década pasada una percepción subjetiva de que la delincuencia aumenta de forma acelerada, es por este motivo que el tema de la seguridad ciudadana y el problema de la delincuencia han adquirido relevancia entre las principales prioridades de las personas, como lo confirma la encuesta CEP del año 2010.

Bajo este contexto nace en el año 1998, el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP), que es la estrategia operativa definida por Carabineros de Chile en sectores urbanos, con el fin de reducir la victimización y la sensación de temor de la ciudadanía por medio de una mayor eficacia y eficiencia del actuar policial. Uno de sus objetivos principales es estrechar la relación de Carabineros con la comunidad para el mejor intercambio de información de interés policial y el actuar coordinado de ambos agentes.

Las comisarias utilizan como base los cuadrantes para la asignación de recursos. Esto lo hace basado en la población, casos y tasas delictuales, y demandas por recursos policiales. Además buscan ofrecer un Índice de Cobertura Policial (oferta/demanda) similar en cada área.

Los cuadrantes respetan las divisiones jurisdiccionales de las comunas, y también de las comisarias dentro de las comunas. Muchos cuadrantes fueron creados al inicio de la implementación de este plan, bajo criterios cualitativos y sugestivos, ya que no se contaba con información geocodificada que pudiera dar apoyo a una mejor división. Muchos cuadrantes no han sido modificados desde entonces. La evolución de la población y los constantes cambios en la actividad criminal, hace que estos límites queden obsoletos.

El objetivo del presente trabajo es definir una metodología objetiva que permita la delimitación de cuadrantes para el PCSP, basándose en modelos matemáticos de localización y asignación. El caso de estudio es la comuna de Ñuñoa, ésta fue dividida en grillas, que fueron caracterizadas por sus demandas e indicadores de inseguridad. Este último indicador se basó en los registros históricos de Carabineros, además de densidades poblacionales, red vial y la actividad comercial en la comuna.

El modelo propone una división basada en igualdad de demandas en los cuadrantes, ya que esto ayuda a la eficiencia y equidad en las labores de prevención, disminución de la congestión de procedimientos, además de hacer más fácil la distribución de los recursos. Se contrastó la configuración entregada por el modelo matemático versus la configuración actual, obteniendo mejores indicadores para la distribución de la demanda y red vial.

Agradecimiento

A mi familia, por creer en mí y darme la posibilidad de desarrollarme tanto personal como profesionalmente, gracias por el apoyo entregado desde siempre.

A Diego, por su compañía y confianza incondicional en estos últimos años de mi vida. Gracias por hacerme feliz cada día, gracias por tu cariño y amor.

A mis profesores, en especial a Fernando Ordoñez, ya que fue un gran guía a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis amigos, por estar conmigo en los momentos difíciles, darme ánimo y alegrías en mi vida universitaria.

A todos los que de alguna forma colaboraron en el desarrollo de este trabajo.

INDICE

1.	Introducción.....	1
1.1	Contexto General.....	1
1.2	Planteamiento del Problema y Justificación.....	7
1.3	Objetivos.....	9
1.4	Alcances.....	9
1.5	Antecedentes Generales.....	10
1.5.1	Carabineros de Chile.....	10
1.5.2	Chile Seguro: Plan de Seguridad Pública 2010-2014.....	11
2.	Marco Conceptual.....	14
2.1	Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP).....	14
2.2	Conceptos sobre vigilancia policial.....	15
2.3	Oferta y Demanda de Vigilancia Policial.....	16
2.4	Optimización.....	17
2.5	Localización.....	17
3.	Metodología.....	19
3.1	Herramientas Computacionales.....	19
3.2	Herramientas GIS.....	19
3.3	Problemas de Programación Lineal Entero Mixto.....	20
3.3.1	Métodos de Solución.....	21
3.4	Métodos de Localización.....	23
3.5	Metodología Utilizada.....	26
3.6	Estimación de Datos.....	29
3.6.1	Distancia.....	29
3.6.2	Demanda.....	30
I.	Componente de Prevención.....	31
II.	Componente de Procedimientos.....	33
III.	Componente de Fiscalización.....	35
IV.	Componente de Órdenes Judiciales.....	36
V.	Componente de Servicios Extraordinarios.....	37
3.6.3	Oferta.....	37

4.	Comuna de estudio “Ñuñoa”	40
4.1	Definición del caso de estudio.....	40
4.2	Caracterización del área de estudio.....	40
4.2.1	Ubicación, Límites y Superficie	40
4.2.2	Topografía y Clima.....	41
4.2.3	Desarrollo Urbano.....	41
4.2.4	Equipamiento Comunal.....	41
4.2.5	Vialidad	43
4.2.6	Antecedentes demográficos.....	44
4.2.7	Villas y Poblaciones Sociales.....	44
4.2.8	Densidad de Población	45
4.2.9	Actividades comerciales y patentes Municipales.....	46
4.2.10	Seguridad Ciudadana.....	46
5.	Desarrollo del Problema	48
5.1	Gráficos de “Nivel de delito” en la comuna.....	48
5.2	Estimación de la Demanda	50
5.2.1	Estimación Componente I.....	50
5.2.2	Estimación Componente II.....	51
5.2.3	Estimación Componente III.....	52
5.2.4	Estimación Componente IV	58
5.2.5	Estimación Componente V	59
5.3	Oferta	59
5.4	Distancia	63
5.5	Programación del Modelo	64
5.6	Definición de Función Objetivo.....	66
5.7	Comparación entre el actual modelo y el propuesto.....	73
5.7.1	Planteamiento de un modelo para realizar comparaciones y asignación de los recursos de vigilancia.	73
5.7.2	Modelo Actual utilizado por Carabineros de Chile	75
5.7.3	Modelo Matemático.....	77
5.7.4	Modelo Suavizado	79
5.8	Análisis de Sensibilidad	82
5.9	Estimación de Recursos Presupuestarios.....	85
6.	Comentarios y Conclusiones.....	90

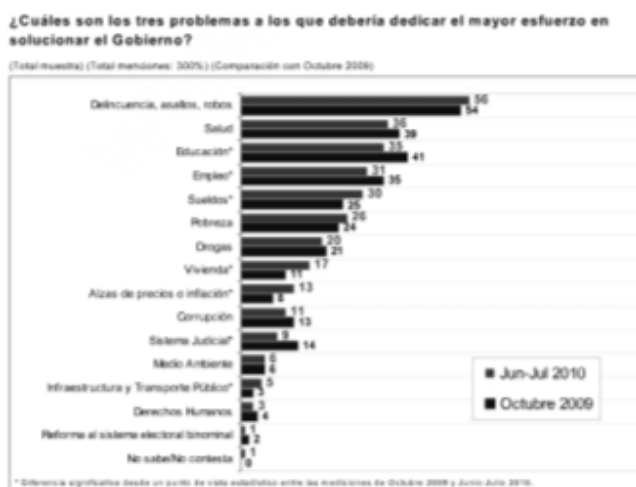
7. Bibliografía y Fuentes de Información	93
Anexo A: El Plan cuadrante de Seguridad Preventiva	96
Anexo B: Función Secuencia de Incorporación II.....	97
Anexo C: Otros antecedentes	97
Anexo D: Críticas al Plan Cuadrante de Seguridad Publica.....	98
Anexo E: Índice de Cobertura de Demanda Policial (ICDP).....	99
Anexo F: Clasificación de Lesiones	99
Anexo G: Reasignación en base al Índice de Cobertura Policial	101
Anexo H: Categorías de delitos.....	101
Anexo I: Parámetros del nivel crítico de vigilancia preventiva (NCVP)	107
Anexo J: Medios de vigilancia	108

1. Introducción

1.1 Contexto General

El tema de la delincuencia en Chile ha sido muy importante para la ciudadanía durante esta última década. Esto lo podemos comprobar gracias a un sin número de estudios y encuestas de opinión pública que periódicamente aparecen publicadas en los distintos medios de difusión. Esto lo ratifica la encuesta CEP [27] en donde la delincuencia ocupa el primer lugar entre los problemas prioritarios para la ciudadanía (50%), le sigue la salud (36%) y educación (35%).

Gráfico 1: CEP, Encuesta Nacional de opinión Pública, Junio-Julio 2010.



Fuente: CEP, Encuestas Nacionales.

La manera en que se trata el tema de la inseguridad en los medios de comunicación en las últimas décadas, en muchos países incluido Chile, ha provocado que el tema se entienda como un problema social de primera prioridad para las agendas políticas[27].

Invariablemente una vez que el incremento de las tasas de criminalidad alcanza elevada difusión social y se generaliza la sensación de peligro, muchas veces por un tratamiento sensacionalista por parte de los medios masivos (Tudela, 1995), y/o interesadamente motivado por ciertos niveles de decisión como también por los denominados “poderes fácticos”, inevitablemente la opinión pública demanda una respuesta eficaz de la autoridad, exigiendo frecuentemente medidas que implican incrementar el control y la represión.

La seguridad se ha diferenciado típicamente en tres tipos: la seguridad externa, la seguridad interna o pública y la seguridad ciudadana.

La seguridad externa es la más antigua y tiene relación con el resguardo de la soberanía a ataques provenientes del exterior, por lo que tiene directa relación con el Estado. La seguridad interna tiene relación con el orden público y el cumplimiento de las leyes, que habitualmente está encargada a fuerzas policiales. La seguridad ciudadana es menos clara en su definición, y relativamente nueva. La idea que promueve esta última es la capacidad que tiene la ciudadanía en ser agentes activos en el resguardo de la seguridad. Es decir, la diferencia entre seguridad pública y seguridad ciudadana son los agentes involucrados que ejercen derechos y tienen deberes ciudadanos.

Puesto que el problema de la delincuencia se presenta en cualquier escala a nivel nacional, las materias de seguridad pueden ejercerse a nivel: regional, comunal, vecinal, etc., y lo fundamental es organizar y promover la participación activa de la ciudadanía para el incremento de los niveles de prevención.

La conceptualización del entorno como riesgo, no necesariamente guarda relación con situaciones objetivas, ya que muchas veces la sensación de inseguridad no está relacionada con la probabilidad empírica de ser víctima, sino más bien con el contexto sociohistórico y las características de los sistemas políticos y económicos.

Cuando se generaliza la sensación de peligro, las personas tienden a realizar acciones que permitan disminuir los riesgos desde su propia perspectiva, ya que buscan en definitiva evitar daños futuros, como robos, agresiones, etc. Con esto se disminuye la sensación de inseguridad, que nunca es nula, ya que no existen conductas o situaciones libres de riesgo.

Los principales actores involucrados en la prevención del delito en las sociedades contemporáneas son: el Estado, que le corresponde el cuidado de los ciudadanos, y que acude a diversos organismos como los Tribunales de Justicia, policías e instituciones carcelarias. Además, la sociedad civil está organizada a través de partidos políticos, corporaciones y organizaciones no gubernamentales.

Organismos descentralizados a nivel local son los municipios, que se subdividen en juntas de vecinos, comités de seguridad, entidades como bomberos o guardias civiles entre otros. Cada uno de estos actúa bajo sus posibilidades y límites operacionales en el proceso de prevención. Es entonces la seguridad ciudadana la que debe articular los discursos, intereses y compromisos para obtener el mayor beneficio frente a una actitud pasiva de parte de los actores.

Diagnóstico de la Delincuencia en Chile.

Solo desde el año 2007 comenzaron a publicarse cifras oficiales sobre las denuncias por delitos de mayor connotación social (DMCS) y violencia intrafamiliar (VIF), recibidas por la policía. Dentro de los delitos DMCS se encuentran: robo con violencia, robo con intimidación, robo por sorpresa, robo con fuerza, hurtos, lesiones,

homicidios y violaciones. Los datos de denuncias provienen principalmente de los registros de Carabineros de Chile y de la Policía de Investigaciones de Chile.

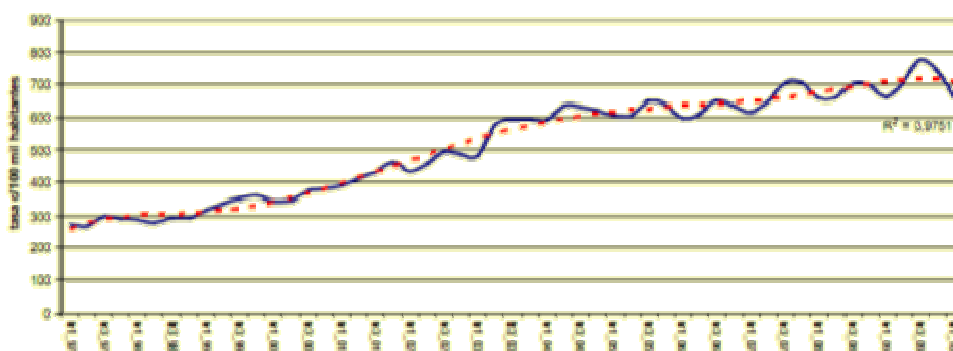
Si se analizan los registros publicados en los informes de Estadísticas Nacionales sobre denuncias y detenciones por DMCS y VIF, se observan las distintas tendencias a través de los años. Antes del año 2004 se ve una clara tendencia del aumento de los delitos que luego pasa a una etapa de estancamiento y posterior decrecimiento.

Al primer trimestre de 2010 [2,26], la tasa de denuncias por DMCS tiene una variación de 0,2% en relación a igual trimestre del año 2009 (de 661,1 a 662,7 casos cada cien mil habitantes). Ella resulta insignificante desde un punto de vista estadístico y tomando en cuenta los últimos diez años, pero no así al observar la composición por tipo de delito.

La variación de 0,2% en la tasa de denuncias por DMCS se debe principalmente al incremento observado en los robos con fuerza (6,0%). En contraste, los robos con violencia o intimidación, las violaciones y las lesiones registran una disminución en su tasa, de -11,2%, -7,3% y -3,4%, respectivamente.

Las tasas de denuncias por los delitos de robos por sorpresa y hurtos permanecen estables.

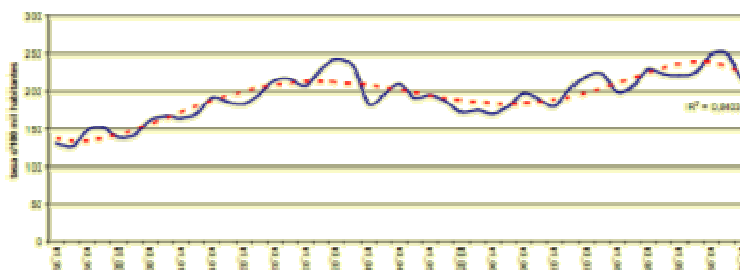
Gráfico 2: Tasa de denuncia por delitos de mayor connotación social serie trimestral 1er trimestre 1997-1er trimestre 2010.



Fuente: División de Seguridad Pública, Ministerio del Interior.

Respecto del primer trimestre de 2009, se observa una disminución de la tasa de denuncias por DMCS de -2,8% (de 221,8 a 215,7 casos cada 100 mil habitantes). De este modo, la disminución de -2,8% observada en la tasa de denuncias contrasta con los crecimientos registrados desde el año 2006. El aumento de delitos no va aparejado a un mayor número de denuncias como respuesta ex post del sistema frente a la delincuencia (ver gráfico N° 2 y 3).

Gráfico 3: Tasa de detenciones por delitos de mayor connotación social serie trimestral 1er trimestre 1999- 1er trimestre 2010.



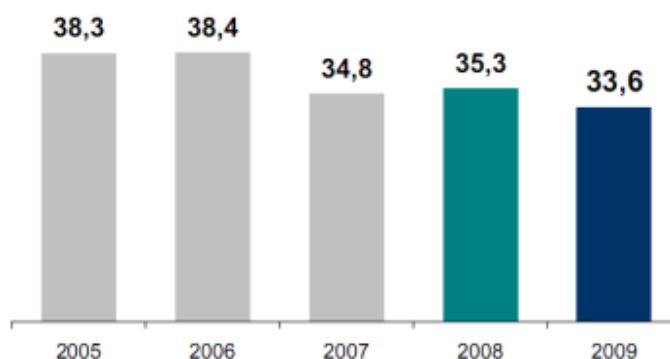
Fuente: División de Seguridad Pública, Ministerio del Interior.

La tasa de denuncia y detención componen una serie de datos a través del tiempo, que cuentan con una buena periodicidad, y entregan indicadores útiles para ver resultados de impacto de programas específicos. No obstante, no entrega un buen indicador de la real actividad delictual que ocurre en el país, ya que tiene un importante sesgo de no denuncia y un sesgo de registro. Según la División de Seguridad Pública, en general, el 60% de los delitos no se denuncia, y existe un porcentaje menor de registros que se pierde por cambios de tecnologías, prácticas de registro y recopilación de datos utilizadas por las policías u otros órganos involucrados.

En este contexto, el indicador internacionalmente utilizado para medir la real actividad delictual en un país es la victimización, obtenida a través de encuestas a la población. Es por esto que el Ministerio del Interior comenzó a realizar la denominada Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (ENUSC) desde el año 2003, la cual se realiza anualmente desde el año 2005 [1,2].

Gráfico 4: Porcentaje de hogares victimizados 2005-2009.

Durante los últimos 12 meses, ¿usted o algún miembro de su hogar fue víctima de algún delito?



Fuente: Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (ENUSC 2009) - Ministerio del Interior, Chile.

Como podemos observar en el gráfico 2, la victimización a nivel nacional ha sufrido una disminución estadísticamente significativa, ya que en el año 2005 fue de

38,3% , y en el año 2009 fue de 33,6%. Este último porcentaje implica que durante los últimos doce meses 1,4 millones de hogares residentes en zonas urbanas fueron víctimas de algún delito.

Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva [28]

De acuerdo a los datos presentados anteriormente se puede deducir que las estadísticas no reflejan un gran aumento de la delincuencia, sin embargo sigue siendo prioridad para la población, ya que existe una percepción subjetiva de que la delincuencia aumenta, es por esto que adquiere relevancia entre las principales prioridades de las personas.

En nuestro país, continuamente se hacen esfuerzos para mejorar el servicio de Carabineros de Chile, es en este contexto nacional que en 1998 nace el Plan Cuadrante de Seguridad Pública. Este innovador sistema de vigilancia partió como plan piloto en la Prefectura Santiago Sur, sus resultados llevaron a extenderlo, primero, a toda la Región Metropolitana y, luego, al resto del país. Durante 2006 su cobertura alcanzó al 65% del territorio nacional con su implementación, en las comunas de La Serena, Coquimbo, Ovalle, Los Andes, San Felipe, Rancagua y San Fernando, beneficiando así a más de nueve millones de personas.

El Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva busca disminuir los índices de criminalidad y reducir la sensación de inseguridad , a través de un sistema de vigilancia territorial, en el cual se estrecha la relación entre el carabinero y la comunidad, ya que se presentan mayores niveles de colaboración.

“Una de las primeras modificaciones que introduce el PCSP al quehacer operacional de Carabineros de Chile, es la incorporación de una nueva metodología de asignación de recursos, que está orientada a la redistribución de los medios que dispone cada Comisaría para atender las necesidades de su población. Esta metodología consiste en estimar la demanda por servicios policiales en base a 5 factores que explican la demanda, medida en Unidades de Vigilancia Equivalente (U.V.E.) y compararla con la capacidad operativa existente en el cuadrante. Lo anterior, permite conocer el déficit o superávit cada cuartel y asignar los recursos de una manera más eficiente.”⁽¹⁾

El plan cuadrante fue diseñado en sus inicios, definiendo límites y recursos a cada sector, pero esta modelación no fue apoyada por un modelo matemático objetivo que contribuyera en su diseño.

Se han hecho evaluaciones por parte del Ministerio de Defensa, donde se establece la necesidad de crear sistemas de control de gestión para el modelo definido por Carabineros.

¹ Informe final de evaluación. Programa Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, Ministerio de Defensa. Subsecretaría de Carabineros. Junio de 2007

“Se establece la necesidad de la Institución de generar modelos de control de gestión que permitan ir integrando correcciones en el tiempo, ya que desde luego, el tiempo y la práctica entregarán los insumos que harán más preciso al PCSP, tanto en su operación como en su gestión.”²

Con respecto a la eficacia y calidad con que opera el Plan Cuadrante se puede citar:

“Las informaciones disponibles no permitan dar cuenta de la eficacia con que opera el Plan Cuadrante en términos de número de actividades o cantidad de servicios prestados, y tampoco el avance del programa en relación al Propósito.”²

Es por eso que este trabajo busca entregar un modelo objetivo que apoye a la planificación y delimitación de las áreas de vigilancia, en que el objetivo intrínseco, es entregar una herramienta que permita facilitar las labores preventivas, con lo que se utilizarán de mejor manera los recursos institucionales de Carabineros de Chile. Se pretende caracterizar las actividades de un sector, la demografía, nivel delictual, etc., para estimar de mejor modo demandas que posiblemente ocurrirán. Además, con ello contribuir a cambiar los patrones conductual por parte de Carabineros de Chile en cada cuadrante.

Además podemos citar algunas impresiones expresadas por un actual ministro referente a una potencial revisión del Plan Cuadrante:

“Hay que rediseñar los límites, porque los delitos ocurren principalmente en los límites comunales, en el sentido de integrar la delimitación geográfica policial con la vecinal. Hay suficientes datos objetivos para entregar a las instituciones policiales en torno a las horas que se demanda”.

“Los programas de alerta temprana de prevención anti delincuencia son mejores cuando son más focalizados”.³

Esto refuerza la necesidad de contar con modelos objetivos para la ayuda de decisiones que ayuden a hacer más eficientes las labores preventivas en todas las comunas de nuestro país.

La ciudadanía al percibir nuevas estrategias por parte de la institución, que contribuyan a la disminución de delitos, se siente más segura y de este modo

² Informe final de evaluación. Programa Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, Ministerio de Defensa. Subsecretaría de Carabineros. Junio de 2007

³ Diputado Felipe Harboe, ex Subsecretario de Carabineros en el Ministerio de Defensa Nacional de Chile durante el gobierno del Presidente don Ricardo Lagos Escobar. Diario El Mercurio, domingo 6 de Junio de 2010.

mejorar los índices de inseguridad. Es por esto que el presente trabajo, hace una propuesta que debería ayudar con estrategia operativa de Carabineros, lo que incidiría directamente a atenuar la mayor preocupación a nivel nacional, que como ya se dijo, es la disminución de la sensación de temor.

1.2 Planteamiento del Problema y Justificación

Dado que el nivel de victimización a nivel país se ha ido incrementando a través de los últimos años -en el año 2000 este índice fue de 30,8% y en el año 2010 fue de 36,5% [3]- se busca entregar una propuesta a Carabineros de Chile de cómo responder de mejor manera a una demanda por recursos policiales que cada día es mayor.

Se trabajó en base al plan cuadrante de seguridad pública, el cual fue puesto en marcha el año 1998 en algunas comunas del sur de Santiago, y con el tiempo se ha ido implementando en más comunas que cumplen con los requerimientos de porcentaje de urbanización y cantidad mínima de habitantes. Cabe señalar que desde su implementación, los límites y formas con que se definió cada cuadrante, han sufrido diversas modificaciones, pero esto no fue elaborado bajo ningún tipo de metodología matemática, sino más bien, bajo percepciones cualitativas, realizadas por los mismos funcionarios de la Institución.

Hoy en día, el tema de la seguridad es de gran importancia para la ciudadanía, por lo que el Presidente de la República quiere mejorar el equipamiento de Carabineros y extender el plan cuadrante a comunas con más de 25 mil habitantes.⁴

Por todo lo anterior, lo que se propuso, fue una alternativa al problema de los límites utilizados por el Plan Cuadrante para dividir las áreas de vigilancia policial, para ver si un rediseño de los límites entrega una mejor configuración (más eficiente y equitativa), con los mismos recursos disponibles por la Institución. Se buscó entregar un apoyo a la toma de decisiones con un modelo objetivo.

Actualmente los cuadrantes poseen distintas características unos de otros, por lo que no son comparables y tampoco se puede medir con que eficiencia actúa la policía. Se propone entonces dividir la ciudad entregando cuadrantes con demandas (nivel de delincuencia, cantidad de procedimientos, etc.) y formas similares, para que, de este modo se puedan realizar algunas comparaciones posterior a un estudio y clusterización de los cuadrantes.

El rediseño de los límites de los cuadrantes, en base a un modelo de optimización, es una opción válida y no evaluada por la Institución, y que está presente en la modelación de tipos de respuesta en el área salud y organismos de

⁴ Reportaje Cooperativa, "Presidente Piñera adelantó medidas para mejorar gestión en Carabineros", 27 de Abril de 2010.

emergencia, como bomberos en Estados Unidos. El rediseño de los límites de los cuadrantes, puede resolver el problema de focalización de la delincuencia en los límites de los cuadrantes, por comuna o intercomunales.

Las comisarias realiza reasignación de recursos, pero la búsqueda de está mejor configuración, no incluye la modificación de los límites de los cuadrantes, esto es, una restricción autoimpuesta que puede no ser la más eficiente (el rediseño de los cuadrantes ésta a cargo de la Dirección General). Se puede entonces analizar, solo variando estos límites, si es posible llegar a una mejor configuración que la entregada y aplicada actualmente por Carabineros.

Se propone realizar este rediseño, para poder entre otras cosas comparar cuadrantes, ya que se pueden definir formas (nivel de delincuencia, servicios prestados, etc.) y tamaños similares. Al ser distintos los cuadrantes, los carabineros trabajan sin una medida de cumplimiento o meta comparable. Esto último puede ir en desmedro del desempeño de los funcionarios, ya que cuando no se fiscalizan las labores, el rendimiento personal puede ser menor. Con un modelo, pueden hacerse comparaciones de la labor ejercida por los funcionarios en periodos representativos (semestral, trimestral, mensual, etc.), comparándose la forma de actuar y observar buenas prácticas. Si esto es posible, sería un punto de partida para realizar mediciones de eficacia y eficiencia de uso de recursos policiales.

Se pretende entonces diseñar un modelo que ayude a la toma de decisiones al momento de definir los cuadrantes, además de realizar un análisis de sensibilidad y determinar si es posible estimar el tiempo de utilidad de la configuración propuesta. Además, se busca determinar la importancia de variar algunos parámetros presentes en el modelo, específicamente en la estimación de demandas. La idea es entregar una propuesta que ayude en las labores de los Departamentos de Operaciones, que ejerce la coordinación entre los cuadrantes en las comunas.

1.3 Objetivos

Objetivo General

Proponer una metodología que permita el rediseño de los cuadrantes utilizados en el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva de Carabineros de Chile. Lo anterior basado en modelos matemáticos que puedan contrastar la utilización actual de los recursos contra lo propuesto por el modelo.

Objetivos Específicos

Proveer una metodología para estimar la oferta y demanda por sector territorial, basada en los parámetros definidos por Carabineros de Chile como relevantes.

Realizar análisis de sensibilidad respecto a parámetros y ponderaciones que afecten el crecimiento o decrecimiento de las magnitudes de la demanda.

Entregar propuestas para el mejoramiento del modelo de asignación de recursos policiales y estimación de demanda.

Estimar los recursos presupuestarios requeridos para la operación del modelo, extrapolando el caso de estudio a nivel nacional.

1.4 Alcances

El presente trabajo pretende entregar una metodología para la formulación de un modelo que entregue una nueva configuración de los límites de los cuadrantes utilizados en el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, donde el caso de estudio será la comuna de Ñuñoa.

Se utilizaron los parámetros definidos como relevantes por la Institución de Carabineros de Chile. Es decir, se entregará una configuración para los cuadrantes de la comuna y sus respectivas ofertas de recursos policiales en la unidad de medición utilizada por esta institución, que es la denominada unidad de vigilancia equivalente (U.V.E).

Se trabajó principalmente con datos reales, no obstante, para los datos que no se tuvieron disponibles, se realizaron estimaciones, utilizando diversas metodologías que son debidamente señaladas para su futuro análisis y estudio de precisión.

Este estudio entregó críticas y sugerencias al modelo utilizado, pero no se entregaron valores numéricos a parámetros específicos, sólo se señaló cuáles son los que afectan en mayor grado, a los resultados obtenidos, por lo que deben ser estimados con mayor precisión.

No es foco de este trabajo medir el nivel de efectividad del Plan Cuadrante, pero sí ayudar a la mejoría de la eficiencia y equidad en la distribución de las cargas de trabajo. Tampoco se estudió la manera en que se deberían distribuir los recursos a lo largo del tiempo, sólo se pretende entregar en términos de U.V.E., el personal que debería tener disponible a lo largo de un mes, un área específica, y cuantificar el costo de operación del modelo en su totalidad, extrapolando el caso de estudio a nivel país.

1.5 Antecedentes Generales

1.5.1 Carabineros de Chile [5]:

Fuerza Pública que existe para dar eficacia al Derecho, garantizar el orden público y la seguridad pública interior. Es además un cuerpo armado esencialmente obediente y no deliberante, profesional, jerarquizado y disciplinado. Es una Institución Policial, técnica y de carácter militar.

Principios Institucionales

Carabineros cuenta con diez principios inexcusables, los cuales están basados en su doctrina, misión e identidad institucionales:

1. El Carabinero es un servidor público y un patriota.
2. El cumplimiento del deber como motivación primera y última de nuestros actos.
3. Legalidad: respeto a la Constitución Política de la República y actuaciones apegadas a Derecho.
4. Protección de la vida y dignidad humanas.
5. Actuaciones imparciales, apolíticas, transparentes y veraces.
6. Respeto a las autoridades nacionales.
7. Capacidad profesional que permita ejercer el principio de la autoridad que la ley entrega a Carabineros y legitimidad social para exigir su respeto y cumplimiento.
8. Disciplina de carácter militar.
9. Ejercicio de los Roles Institucionales; esencialmente, el preventivo.
10. Solidaridad, auxilio y consuelo para el que sufre.

Ejes Estratégicos

Carabineros cuenta con 4 ejes estratégicos derivados de su visión, los que dan cuenta de sus aspiraciones y formas en que pretenden lograrlas:

- 1) “Ser una institución policial de primer orden a nivel nacional e internacional”: Esto se ve validado a través del reconocimiento de la comunidad en la labor desempeñada por Carabineros y es medido a través de encuestas de opinión (ENUSC, ALTUS, COLLECT, etc.).

- 2) “Contar con personal profesional”: Las autoridades y el alto mando institucional de Carabineros pretende profesionalizar a sus miembros, los que deben poseer un alto respeto por las personas y contar con equipamiento de alta generación para asumir la protección de ellas.
- 3) “Ser innovadores, incorporando las más avanzadas tecnologías”: Carabineros ha incorporado tecnologías de punta para desarrollar de manera más eficiente su labor, dentro de las cuales destacan la red IP que permite transferir datos e imágenes entre todos los cuarteles del país, la red de emergencia policial que conecta 27 centrales de comunicaciones, redes de administración Trunking en todos los planes cuadrantes a nivel nacional con comunicación de voz y datos y red GPS instaladas en unidades operativas y tenencias carreteras.
- 4) “Ser una institución integrada con la comunidad que cuida de los suyos y se esmera en entregar un servicio de calidad”: El trabajo con la comunidad es uno de los factores que permitirá a Carabineros tener un mejor desempeño dentro del marco de la prevención de delitos. Además, la institución pretende cuidar a los miembros de su equipo y a sus familias; y considera muy relevante la calidad del servicio entregada.

Estrategia Corporativa [6]

Es la diferenciación por calidad de servicio, la cual es medida a través de indicadores de Oportunidad (satisfacer la demanda en el lugar y momento preciso), Trato Amable (amabilidad en el trato entregado a los ciudadanos) y Respuesta (respuesta apropiada de acuerdo al servicio por el cual es requerido)

Estrategia Operacional [6].

Se basa en 3 líneas de acción: Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, Unidades y Destacamentos Rurales y Servicios Especializados.

1.5.2 Chile Seguro: Plan de Seguridad Pública 2010-2014 [7]

Dentro de las principales preocupaciones y ámbitos de interés del Gobierno actual, se encuentra la delincuencia. En este sentido, el Plan Chile Seguro da cuenta de la estrategia del Gobierno para los próximos 4 años.

Las 2 metas principales del Plan Chile Seguro son:

- 1) Reducir el porcentaje de hogares víctimas de delitos: Esperan bajar la cifra de victimización de los hogares de un 33,6% (ENUSC 2009) a un 29% para el 2013. Esto equivale a decir que 118 mil hogares dejen de ser víctimas de la delincuencia.

- 2) Reducir la cantidad de delitos en espacios públicos: espera que para los delitos de robo por sorpresa, robo con violencia o intimidación y robo de vehículos o de accesorios de vehículos descendan en un 29% con respecto al 2009, es decir, que se cometan 320 mil delitos menos en espacios públicos.

Dentro de los principales ejes de acción, se espera poner fin a la sensación de impunidad de los delincuentes, resguardar el orden y la seguridad pública y reducir el consumo excesivo de alcohol y drogas. El Plan de Seguridad Pública contempla de forma más específica los siguientes tópicos:

I. Prevenir:

- Programa Vida Sana.
- Estrategia de prevención de alcohol y drogas.
- Programa “Después de clases” de jornada alterna a la escolar.
- Prevención de la violencia intrafamiliar.
- Programa Abriendo Caminos.
- Laboratorio de proyectos piloto de prevención.

II. Proteger:

- Prevención del delito mediante el diseño del ambiente físico.
- Mayor y mejor presencia policial.
- Seguridad privada.
- Reducir el atractivo de los bienes susceptibles de robo.
- Víctimas potenciales menos vulnerables.

III. Sancionar:

- Persecución Penal Estratégica.
- Estrategia de control del tráfico de drogas.
- Creación de Fiscalías Especializadas para Delitos de Alta Complejidad.
- Control de medidas y sanciones que se cumplen en libertad.
- Perfeccionamientos legislativos.

IV. Apoyar:

- Política Nacional de Atención a Víctimas de Delitos.
- Nuevo estándar de atención.

V. Rehabilitar:

- Programa Vida Nueva.
- Fortalecimiento del Programa de Seguridad Integrada 24 Horas.
- Perfeccionar el sistema de justicia para menores y adolescentes infractores.
- Ampliar el tratamiento de consumo de drogas en el proceso penal.
- Mejorar la calidad de programas de reinserción social y laboral.

- Construcción de infraestructura penitenciaria.

VI. Ejes Transversales

Corresponden a áreas de información y ejecución territorial. Son 2 ejes transversales:

1. Centro Estratégico de Análisis del Delito (CEAD)

Tiene relación con la gestión eficiente de la información que nutre al Plan Chile Seguro, y le permite medir las variables asociadas al fenómeno delictivo, y por lo tanto evaluar los programas de seguridad ciudadana, coordinar labores de control y prevención, generar innovaciones tecnológicas o de procesos y anticipar tendencias.

Contempla un Banco Unificado de Datos Criminales y un Observatorio Nacional de Seguridad Pública, un grupo de analistas especializados del Ministerio del Interior y de cada Institución que comprende el sistema de justicia criminal: Carabineros, Policía de Investigaciones, Ministerio Público, Poder Judicial y Gendarmería.

Los principales objetivos del CEAD son:

- Medir en profundidad el fenómeno delictivo
- Desarrollar programas con eficacia comprobable
- Potenciar la acción penal y lograr mayores tasas de condena
- Gestionar eficientemente la información y la evidencia disponible
- Monitorear y evaluar los programas del Plan.

2. Marco Conceptual

2.1 Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP) [8]

El Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva es la estrategia operativa definida por Carabineros de Chile en sectores urbanos, con el fin de reducir la victimización y la sensación de temor de la ciudadanía por medio de una mayor eficacia y eficiencia del actuar policial. Uno de sus objetivos principales es estrechar la relación de Carabineros con la comunidad para el mejor intercambio de información de interés policial y el actuar coordinado de ambos agentes.

Debido a que el PCSP se establece para comunas con al menos una composición urbana-rural de 70% y 30%; la población objetivo de este plan pretende abarcar 158 comunas en la actualidad. Esto comprende el 85% de la población total del país.

Con el objeto de una mayor focalización de los recursos policíacos y el desarrollo de una relación más estrecha con la población, las unidades policiales (comisarías) se subdividen en regiones menores (cuadrantes) de modo que cada cuadrante posea servicios policiales permanentes que puedan cubrir de forma eficaz dicho sector. La división del territorio se define por la medición de variables asociadas a la capacidad de cobertura y restricciones de los medios de vigilancia, características geográficas, viales y de organización de las actividades del sector. Lo anterior se traduce en una estimación de la oferta y la demanda (medida en Unidades de Vigilancia Equivalentes o UVE) de un área por recursos policiales, lo que a su vez genera el Índice de Cobertura Policial (IDCP) que cada cuartel entrega a la población de la que es responsable.

El PCSP otorga los siguientes servicios a la comunidad:

- a) Patrullajes preventivos focalizados: Consiste en uno o más medios de vigilancia policiales en terreno con el objetivo de impedir la ocurrencia de ilícitos. La focalización tiene relación con el análisis de las tendencias delictuales del cuadrante (hot spots) y su consideración al momento de realizar el patrullaje.
- b) Atención de procedimientos: Consiste en el actuar de Carabineros en un sector producto de la solicitud de quien lo requiere o de alguien en su representación.
- c) Fiscalización de establecimientos: Consiste en la verificación del cumplimiento de determinadas obligaciones establecidas en leyes y reglamentos, como por ejemplo la Ley de Alcoholes, Ley de Tránsito, Ley de Vigilantes Privados, Ley de Control de Armas, etc. a las que están sometidas personas y establecimientos.
- d) Cumplimiento de órdenes judiciales: Consiste en dar cumplimiento a las órdenes emanadas de los tribunales tales como arresto, citación, detención, etc., además del cumplimiento de medidas cautelares.

Estos servicios responden a necesidades que no solo se encuentran en regiones urbanas. Sin embargo, la metodología del Plan Cuadrante se distingue por la forma de entregar dichos servicios (zonificación y focalización) y por la forma de registrar y sistematizar la información recabada. Más información, ver Anexo A.

2.2 Conceptos sobre vigilancia policial [28]

Carabineros define los servicios de vigilancia policial a los servicios entregados a la comunidad, donde se cumplen las funciones operativas, es decir: “preventivas e investigativas”, “cubrir procedimientos”, “ejercer fiscalización selectiva”, “cubrir servicios extraordinarios” y “dar cumplimiento a órdenes judiciales”.

Debemos caracterizar además las funciones y las estructuras básicas en las cuales finalmente se entregan estos servicios policiales.

El territorio nacional se ha dividido en áreas jurisdiccionales, en las cuales se asignan los recursos de vigilancia policial. Estas áreas son dependientes de un cuartel operativo el cual tiene asignada su dotación de personal y recursos para su funcionamiento. Estas zonas también las definen como “microzonas”.

Se entiende por *funciones operativas* a los servicios entregados a la población por personal uniformado, esto consiste en patrullajes al área jurisdiccional a cargo con fines preventivos, diligencias donde se atienden procedimientos policiales y fiscalización de puntos específicos. Estos servicios se entregan mediante los medios de vigilancia (Ver Anexo J), que se definen en base a los diferentes componentes que lo forman.

Los *sistemas de vigilancia* tienen relación con los tipos de medios de vigilancia disponibles en un determinado sector. Estos dependen de la adecuación técnica entre aptitudes y las características demográficas, físicas, climáticas, etc.

La Institución clasifica a los procedimientos policiales de la siguiente forma:

Procedimiento con Resultado de Detenido (PRDet), si hay una detención y traslado de personas al cuartel correspondiente y para ponerlas a disposición del Tribunal.

Procedimientos con Resultado de Denuncia al Tribunal (PRDT), si es que generan diligencias anteriores y posteriores ligadas a un parte al Tribunal;

Procedimientos de Solución en el Lugar (PSL), en donde la situación del afectado es solucionada en el lugar de los hechos, sin necesidad de informar al Tribunal.

Los *servicios extraordinarios* son aquellos servicios que cubren demandas de recursos no contemplados en los servicios habituales entregados a la población, como por ejemplo encuentros deportivos, espectáculos artísticos, etc.

También están los servicios que dar *cumplimiento a las órdenes judiciales* emanadas por los distintos tribunales de justicia, Juzgados de Garantía y Fiscalías.

El *nivel de vigilancia (NV)* que se ejerce en un área territorial, es obtenido mediante equivalencias entre los distintos medios disponibles en ese lugar y la capacidad de éstos a disuadir ilícitos y reaccionar frente a su ocurrencia. Este concepto se expresa en unidades de vigilancia (UV).

El *nivel de delitos* tiene relación con la cantidad de ilícitos por unidad de tiempo que se perpetran en una determinada área. Cada delito es clasificado por su tipo y ponderado por la magnitud de perjuicio. Además este indicador incluye las secuelas por accidentes de tránsito.

2.3 Oferta y Demanda de Vigilancia Policial [28]

La Institución define a la *oferta de vigilancia* que hay en un área jurisdiccional como el promedio diario de NV (equivalente al promedio de UV) que puede entregar dicho cuartel a su jurisdicción. Esta se estima en base al personal en el cuartel, los turnos y duración de estos y los medios de vigilancia disponibles. Además existe un efecto de vigilancia por el cuartel dijo que depende de la dotación del personal en éste.

Se sostiene que el nivel de Seguridad Ciudadana tiene una relación inversa con el indicador *nivel de delitos*, por lo que la demanda o requerimientos por vigilancia policial aumentarán en tanto crezca el ND en un área determinada.

En la Constitución Política del Estado se consagra el derecho igualitario de todos los habitantes del país a ser protegidos sin discriminación de ninguna especie. Es por esto que se busca un método que se ajuste a este concepto, y que por ende distribuya consecuentemente los recursos de vigilancia entre los cuarteles.

Por lo anterior, la Institución analizó situaciones como la siguiente: dos regiones con el mismo nivel de delito y población, pero una de estas áreas, es mucho más extensa que la otra. En ese caso, se afirma que al asignar igual cantidad de recursos policiales, no se tendrá el mismo efecto disuasivo, ya que en lugares más densos se hace más visible la presencia policial.

El *Nivel Crítico de Vigilancia (NCV)* es el formulado a través de la experiencia de Carabineros, donde se identifica el nivel de vigilancia en sectores urbanos bajo el cual no se aprecia una relación inversa ente nivel de vigilancia (tiene un efecto escaso) y nivel de delitos. Es con este índice que se definen las cotas mínimas de recursos asignados para ejercer las labores de vigilancia (vigilancia preventiva, atención de procedimientos, fiscalización selectiva, etc.) en áreas urbanas.

Se define también el *nivel crítico de vigilancia preventiva* a lo que transita por turno un radio patrulla frente a cada inmueble del sector, siempre que se cumpla (Ver Anexo I):

- no se superan los 82 Km. de vías públicas
- la población presente en el sector no excede las 50.000 personas; y
- su indicador ND no supera el valor 23.500

2.4 Optimización

La optimización se define como la mejor manera de realizar una actividad, y es lo que hacemos al resolver un problema que minimiza o maximiza el valor de una variable. Es decir, dada una función dependiente de una variable, se busca el valor mínimo o máximo de esta función. La variable estudiada debe relacionarse con otras variables relacionadas con el problema.

Las restricciones que tenga el problema se pueden relacionar bajo igualdades o desigualdades, lo que ayuda a la obtención de la función de la variable que se busca optimizar.

En la Optimización se deben responder las siguientes preguntas:

¿Qué se requiere en el problema?

Con esto determinamos si queremos maximizar o minimizar un problema.

¿Qué restringe al problema?

Esta pregunta da origen a las ecuaciones auxiliares que expresan la función deseada.

Para la comprensión de la teoría de la optimización se puede profundizar en diversas áreas matemáticas como la programación lineal y no lineal, la teoría de juegos, la cibernética y la teoría de control.

2.5 Localización [14]

Se puede decir que la teoría de la localización es básicamente un conjunto de métodos, modelos y técnicas que permiten determinar, bajo distintos criterios donde ubicar una unidad de producción. El lugar óptimo será aquel que entregue el máximo beneficio.

Las teorías de la localización nacen en la revolución industrial al hacerse cada vez más importante la pregunta de dónde construir una fábrica. A comienzos del siglo XX, es el alemán Alfred Weber quien desarrollo una teoría de la cual aún sus bases permanecen vigentes. Weber estudia el problema de donde localizar una industria considerando la distancia al mercado y al lugar de producción de los

recursos como lugares que se encuentran fijos en el espacio, por lo que se debe encontrar un punto de mínimo costo de transporte.

La gran cantidad de factores que influyen en la localización de una industria, ha provocado que a lo largo de los últimos siglos, un gran número de investigadores construyan teorías y modelos, pero que necesariamente simplifican la realidad. Los modelos se basan en los principios de la Teoría Económica General, donde se considera a un hombre racional, que busca maximizar los beneficios.

3. Metodología

Como ya se ha expuesto anteriormente, la idea de proponer una metodología para el rediseño de los cuadrantes, utilizados en el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva se basó en la utilización de metodologías de localización y asignación utilizados en diversas áreas como en tiempo de respuesta de las ambulancias, bomberos, instalación de colegios, problemas de planificación en la tala de bosques, por nombrar algunos.

Este trabajo propone una metodología de asignación y localización para la creación de los cuadrantes, lo que estandariza el proceso de configuración de los cuadrantes y contribuirá a la mejor eficiencia y equidad de la utilización de los recursos.

3.1 Herramientas Computacionales

Durante el desarrollo de este trabajo se utilizaron las siguientes herramientas computacionales:

- Microsoft Office Excel 2007: Para manejo de las bases de datos de denuncias y su consolidación.
- ArcGis Desktop10 Fue utilizado para visualizar y trabajar los datos georreferenciados de delito, además de la georreferenciación de puntos de interés, donde deben realizarse patrullajes preventivos.
- C++: Se utilizó el lenguaje C++ para la programación del algoritmo Dijkstra.
- Java: Se programó la asociación de calles a manzanas, y manzanas a grillas.
- GAMS 23.0: Fue utilizado para resolver el problema de optimización. Se usó CPLEX como solver.

3.2 Herramientas GIS

Las herramientas de información geográficas fueron utilizadas para ubicar espacialmente todas las características que se consideraron importantes y que se encontraron a disposición en el desarrollo de este trabajo. Esta caracterización abarca diversas áreas y va desde la ubicación de locales comerciales, a la población, o la ocurrencia de los delitos en una manzana del lugar de estudio.

3.2.1 Sistema de información Geográfica [11]

Es muy difícil definir el significado de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que engloba una gran cantidad de áreas diversas. Una definición aceptada mayoritariamente es:

Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y

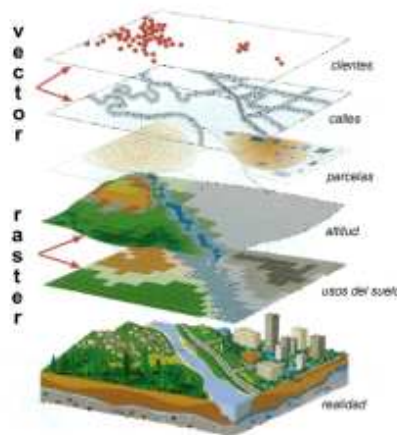
salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (National Centre of Geographic Information and Analysis).

Los SIG son una herramienta esencial en estos días para la gestión de recursos y planteamientos urbanos, ya que poseen una gran capacidad de almacenar, analizar, modelar y esquematizar grandes extensiones de territorio.

Algunos de sus usos se presentan en la planificación de usos de suelos, servicios, transporte, marketing, análisis de inmuebles entre muchos otros.

Los SIG asocian la información de un conjunto de datos mediante capas, es decir, es una serie de mapas de la misma porción de terreno, donde un punto, tiene las mismas coordenadas en todas las capas. De este modo entrega una visión global del terreno en estudio.

Ilustración 1: Concepto de capas.



Fuente: Manual ESRI

3.3 Problemas de Programación Lineal Entero Mixto [12, 13, 14]

La programación lineal basada en variables enteras es la base con que se modela el problema tratado. Con esto se busca encontrar una buena configuración para la delimitación de las áreas de seguridad, ya que este tipo de método permite entregar una configuración cercana al óptimo buscado, dadas las restricciones que se le impongan.

Un problema de programación lineal entero mixto (MIP) es un método matemático en que el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado, dado que se ha definido un conjunto de variables de decisión, donde se respetan restricciones como las de especificaciones técnicas, disponibilidad de recursos o alguna otras condicionantes que limite la elección. Un problema MIP es un problema lineal (PL) con algunas variables enteras.

Una variable de decisión binaria puede tomar valores 0 o 1. Una variable entera puede tomar cualquier valor mientras este sea entero.

El procedimiento Simplex es de difícil resolución. Además, el problema al ser de tipo entero, pierde la posibilidad de entregar información sobre el costo oportunidad de los recursos y el costo de sustitución de las actividades.

En problema de variables enteras, posee un número finito de soluciones posible, aunque no todas son factibles y éstas son acotada siempre que el problema de la relajación lineal lo sea. Estos problemas pueden modelarse mediante un diagrama de árbol. No es necesario evaluar todas las soluciones, ya que hay “ramas dominantes” en la que puede demostrarse que no hay una mejor solución que una encontrada previamente.

Existe una gran cantidad de literatura al respecto, muy difundida luego de la Segunda Guerra Mundial. Además, la aplicación de este tipo de metodología es aplicada en diversas áreas, a nivel internacional. Algunas casos de aplicación son: salud (instalación de hospitales, distribución de ambulancias, etc.), educación (instalación de colegios), planificación de tala de bosques, emergencias, entre otros. Es por esto que a continuación solo profundizaremos en los métodos de solución.

3.3.1 Métodos de Solución

Relajación lineal y discretización

Este es el problema relajado, es decir, es aquél donde a las variables enteras se les permite tomar valores reales. Si la solución cumple las condiciones de integralidad entonces es óptimo del problema entero (problemas de transporte, asignación, flujo de coste mínimo).

- Polítopo entero: todos los puntos extremos son enteros.
- Coincide con la envoltura convexa de las soluciones.
- Es entero si la matriz A es totalmente unimodular (toda submatriz cuadrada tiene determinante 1,0 ó -1).

La solución de un problema entero no es necesariamente la solución del problema relajado discretizada heurísticamente, donde se redondea a los valores enteros más próximos, y es posible una pérdida de la optimalidad y factibilidad.

Los métodos metaheurísticos son una alternativa a los de programación matemática (algoritmos genéticos, búsqueda heurística, etc).

Enumeración exhaustiva

Este tipo de método es inviable. Debido a que el número de soluciones crece exponencialmente. Por ejemplo, en un problema de programación binaria (BIP) de n variables hay 2^n posibilidades.

Ramificación y acotamiento (branch and bound)

En este método se enumeran implícitamente las soluciones enteras factibles. La técnica es dividir el conjunto de soluciones enteras en subconjuntos disjuntos cada vez menores. Se determina el valor de la mejor solución del subconjunto.

En un problema MIP, donde se busque maximizar, una cota inferior de la solución óptima es la mayor solución entera factible encontrada hasta el momento. Del mismo modo, es una cota superior para el problema MIP, la solución óptima del problema lineal relajado RMIP o LP.

Luego comienza la etapa denominada ramificación, a partir de la solución de la programación lineal, se designa una variable como entera y se selecciona, luego partir de los posibles valores enteros que pueda tomar, se determina una rama para investigarla.

Luego, para finalizar, se encuentra una cota para el problema definido por la rama seleccionada. Esta cota o límite está dado por el valor de la mejor solución factible de enteros encontrada hasta el momento, y domina a todos los otros posibles resultados de la rama. Entonces, esto quiere decir, que se compara la solución obtenida en la rama con el límite de referencia obtenido hasta ese momento, si el valor de la solución es menor que el límite actual, se elimina toda la nueva rama.

Se prosigue evaluando todas las ramas que no han sido analizadas aún. Si el valor de la solución es mejor que el obtenido hasta ese momento y si la solución es entera, por ende factible, entonces se convierte en el nuevo límite de referencia. Si el valor de la solución es más cercano al óptimo que la cota vigente, pero la solución no es entera, es decir, es infactible como solución a nuestro problema, deben explorarse las ramificaciones de niveles inferiores en la misma rama.

El algoritmo se detiene cuando se determina la mejor solución factible, una vez examinadas todas las ramificaciones.

Método de los planos de corte

El método de los planos de corte introduce una restricción que reduce las posibles soluciones sin eliminar soluciones factibles de problema entero (IP).

Inicia la búsqueda resolviendo el problema relajado (LP), para luego obtener un plano de corte (1) que viole la solución óptima actual, de este modo añade el plano de corte a las restricciones y reoptimiza, vuelve a (1) hasta encontrar el óptimo.

Este método considera restricciones del tipo \leq con variables binarias con todos los coeficientes no negativos.

Ramificar y Corte (branch and cut)

Este método utiliza el método de ramificación y acotamiento más el método de planos de corte en los nodos. De esta manera disminuye el tiempo de resolución.

El procedimiento se puede resumir en los siguientes pasos: elección de un nodo para evaluar (inicialmente el nodo raíz es el problema original relajado) y resolución. Se decide sobre generar o no planos de corte. Si se obtienen, se añaden al problema y se resuelve. Podar y ramificar con los criterios del método de ramificación y acotamiento.

3.4 Métodos de Localización [4]

Este punto comenzamos con una revisión de dos modelos básicos de localización de donde derivan la mayoría de los modelos: el modelo de cobertura, el modelo de cobertura máxima, y el modelo P-media. Nuestro propósito no es proporcionar un estudio completo, sino que nuestro objetivo es dar al lector una idea de los modelos que se han propuesto y los problemas a los que se han aplicado. Todos estos son la base de los modelos utilizados en seguridad.

Los tres modelos son de asignación discreta. La ubicación discreta asume que las demandas se pueden agregar a un número finito de puntos discretos. Por lo tanto, podríamos representar una ciudad de varios cientos o incluso varios miles de puntos o nodos (por ejemplo, secciones censales o incluso bloques de censo). Del mismo modo, los modelos discretos asumen que existe un conjunto finito de lugares o nodos candidatos en los que pueden ser instalados los centros. Los modelos de localización continua suponen que las demandas se distribuyen de forma continua a través de una región.

Estos modelos no necesariamente suponen que las demandas son uniformemente distribuidas, aunque esto es una suposición común. Del mismo modo, las instalaciones generalmente se encuentran en cualquier lugar de la región en los modelos de localización continua. A lo largo del estudio, centraremos nuestra atención en los modelos de localización discreta.

La base de los primeros dos modelos es la noción de cobertura. Las demandas de un nodo pueden ser satisfechas siempre que la distancia entre el nodo y el centro sea menor o igual a una distancia dada. Típicamente la distancia máxima

de cobertura es la misma para todos los centros, aunque pueden agregarse restricciones por tipo de demandas y cobertura. Estas restricciones podrían reflejar la facilidad de acceder desde algún lugar candidato a los nodos demandantes.

Se definen entonces un indicador como el siguiente:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda en } i \text{ puede ser cubierta desde el centro } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

Además necesitamos el siguiente set de datos:

$$\begin{aligned} I &= \text{set de nodos demandantes} \\ J &= \text{set de centros candidatos a instalar} \\ f_j &= \text{costo de instar un centro en } j \end{aligned}$$

Necesitamos la siguiente variable de decisión:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si localizamos un centro en el nodo } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

Con estas definiciones, nosotros podemos escribir el problema de cobertura como sigue:

Mínimo

$$\sum_{j \in J} f_j X_j \quad (1)$$

sujeto a

$$\sum_{j \in J} a_{ij} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (3)$$

La función objetivo (1) minimiza el costo de instalar todos los centros. La restricción (2) indica que cada nodo debe ser cubierto por al menos un centro. Además, la restricción (2) puede representar una restricción de capacidad, sobre cuántos nodos i pueden ser atendidos en ese lugar. Finalmente la restricción (3) es la naturaleza de nuestras variables binarias.

En problemas de localización, a menudo se está interesado en minimizar el número de lugares donde localizarse, y no el costo de localizarse allí. Esta situación puede darse cuando los costos de instalación son similares, y los costos de operación son muy altos, y dependen de la cantidad de instalaciones. En ese caso, la función objetivo es:

Mínimo

$$\sum_{j \in J} X_j \quad (4)$$

El primer problema (1), es el denominado problema de cobertura, y cuando la función objetivo es (4), el problema se llama modelo de mínimo número de centros. Existen una serie de normas para reducir el problema del tamaño del problema, que serán discutidas más adelante.

En la práctica, el segundo modelo es más usado, ya que el primer modelo a menudo, es prohibitivo por los altos costo que tiene cubrir todos los nodos. Además, los modelos no distinguen entre variaciones de demanda, donde podría haber una gran cantidad por unidad de tiempo y en otros instantes relativamente poca.

Si no es posible cubrir el costo de cubrir todas las demandas, se podría preferir aquellos lugares donde hay una demanda relativamente alta. Este tipo de restricciones generan el modelo de cobertura máxima. Este modelo requiere de las siguientes entradas:

$$h_i = \text{demanda del nodo } i$$

$$P = \text{número de centros a ubicar}$$

Con la siguiente variable de decisión adicional:

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda del nodo } i \text{ es cubierta} \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

Al incluir estas definiciones, podemos escribir el problema cobertura máxima de la siguiente manera:

Máximo

$$\sum_{i \in I} h_i Z_i \quad (5)$$

Sujeto a:

$$Z_i - \sum_{j \in J} a_{ij} X_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (7)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (8)$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (9)$$

La función objetivo (5) maximiza la cantidad de demanda cubierta, y no simplemente los nodos cubiertos. La restricción (6) nos muestra que la demanda del nodo i solo se puede cubrir dado que al menos una instalación pueda cubrirlo. La restricción (7) nos indica que hay solo P centros a instalar y las restricciones (8) y (9) nos muestra la naturaleza binaria de las variables.

Los tres modelos anteriormente planteados tratan los servicios con una variable binaria: un nodo demandante es cubierto o no. Si bien, la noción de cobertura está claramente establecida, en muchos casos estamos interesados en la

distancia promedio que algún agente debe recorrer para llegar al servicio. Es por esto que también presentamos el problema P-media, el cual reduce al mínimo la demanda total ponderada(o promedio) por la distancia. Para formular este problema, necesitamos definir lo siguiente:

$$d_{ij} = \text{distancia desde el nodo } i \text{ al centro } j$$

con la siguiente variable de decisión:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda del nodo } i \text{ es cubierta por } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

Con esta notación, el problema P-media puede plantearse como sigue:

Min

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (10)$$

Sujeto a

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (11)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (12)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (13)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (14)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I; \forall j \in J \quad (15)$$

La función objetivo (10) minimiza la demanda ponderada por la distancia total. Esto es equivalente que minimizar la demanda media ponderada por la demanda, ya que la demanda total es una constante. La restricción (11) establece que cada nodo debe ser atendido por un solo centro. La restricción (12) nos dice que solo puede asignarse un nodo si es que j es un centro. La restricción (13) como ya dijimos, indica que solo se pueden abrir P centros. Y las restricciones (14) y (15) son de la naturaleza de las variables, las cuales son binarias.

3.5 Metodología Utilizada

A continuación se revisa el modelo de localización que se planteó para resolver el problema.

Se asume que las demandas pueden ser modeladas como un número finito de puntos discretos. Es así, como se modela la comuna como varios cientos de

puntos o nodos, los cuales en su demanda incluirán aspectos como población, nivel de delincuencia, kilómetros lineales del nodo etc.

Del mismo modo, se asumió que existe un conjunto finito de lugares que son candidatos a ser instalados los centros, que en nuestro caso serán ficticios (centros de cada cuadrante).

Se comienza por definir los siguientes parámetros:

$$d_{ij} = \text{Tiempo de desplazamiento desde el nodo } i \text{ al centro } j$$

El modelo intenta minimizar el tiempo necesario para cubrir todos los nodos demandantes. Para formular el problema necesitamos los siguientes conjuntos de adicionales:

$$\begin{aligned} I &= \text{Set de nodos demandantes} \\ J &= \text{Número de centros de cuadrantes a instalar} \\ dm_i &= \text{Demanda del nodo } i \end{aligned}$$

Además necesitaremos la siguiente variable de decisión:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si localizamos un centro en el nodo } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (16)$$

Debemos asignar cada nodo a un centro o cuadrante:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda del nodo } i \text{ es asignada al centro } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (17)$$

Las restricciones del problema podemos escribirlas de la siguiente manera:

El número de cuadrantes es conocido e igual a P:

$$\sum_{j \in J} X_j = P \quad (18)$$

Todo nodo es asignado a algún cuadrante:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad (19)$$

Solo puede cubrirse un nodo si es asignado a un cuadrante:

$$Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i, j \quad (20)$$

Además para que los cuadrantes sean similares en demanda (U.V.E.) agregamos la restricción:

$$\alpha * X_j \leq \frac{\sum_i Y_{ij} * dm_i}{\frac{\sum_i dm_i}{P}} \leq (2 - \alpha) * X_j \quad \forall j \quad (21)$$

Donde por el lado izquierdo acotamos el mínimo de oferta que debe tener un cuadrante, multiplicando por un ponderador, que es $\alpha = 0,95$. En el centro, sumamos la demanda en el cuadrante j , y lo dividimos por la suma de la demanda de la comuna partido por el número de cuadrantes en la comuna, con lo que encontramos, el promedio de demanda por cuadrante. Notemos que si todos los cuadrantes tuvieran la misma demanda, esta expresión sería uno. Del mismo modo, que en el lado izquierdo, la expresión de la derecha acota el máximo que puede exceder porcentualmente la demanda de un cuadrante, al resto.

Además se debe considerar que Carabineros de Chile estimo que un radio patrulla (unidad básica para estimar su oferta), no recorre más de 82Km lineales:

$$Km_i = \text{Kilómetros lineales de la grilla } i \quad (22)$$

$$\sum_{i \in I} Km_i * Y_{ij} \leq 82 \quad \forall j$$

Entonces podemos escribir la siguiente expresión tentativa para la función objetivo:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} d_{ij} Y_{ij} \quad (23)$$

La función objetivo expresa que se buscar asignar cada nodo al centro más cercano, y que se quiere minimizar la diferencia de déficit o sobreoferta de todos los tipos de vigilancia en los cuadrantes.

3.6 Estimación de Datos

3.6.1 Distancia

La matriz de distancia será estimada en base a la cartografía con la que se dispone de la comuna de Ñuñoa. Se calculará el tiempo de desplazamiento entre esquinas en base al modelo Dijkstra.

3.6.2 Problema del camino más corto [19]

Gracias a que la matriz de incidencia de este problema es totalmente unimodular, se puede relajar la condición de las variables binarias (porque los vértices del poliedro factible son enteros), resultando el siguiente modelo lineal continuo:

$$\begin{aligned} & \text{mín} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.a.} \quad & \sum_{j:(s,j) \in A} x_{sj} - \sum_{k:(k,s) \in A} x_{ks} = 1 \\ & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{k:(k,i) \in A} x_{ki} = 0 \quad i \neq s, t \\ & \sum_{j:(t,j) \in A} x_{tj} - \sum_{k:(k,t) \in A} x_{kt} = -1 \\ & 0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad \forall (i,j) \in A \end{aligned}$$

Este problema es un flujo de costo mínimo donde el flujo exógeno tanto en el nodo origen como en el destino es 1 y la capacidad en cada arco es 1 también.

3.3.3 Dijkstra [20]

Un algoritmo existente para resolver el problema de la ruta más corta es el algoritmo Dijkstra.

El algoritmo necesita un grafo orientado y el valor de los costos positivo para entregar un árbol de caminos mínimos de modo de ir el nodo inicial a cualquier otro nodo.

Algoritmo:

Sea el grafo orientado $G = [N, A]$ y la función de costos $l: A \rightarrow R^+$

1. Se define el conjunto S , junto con
 2. Repetir hasta
- Encontrar v no perteneciente a S tal que

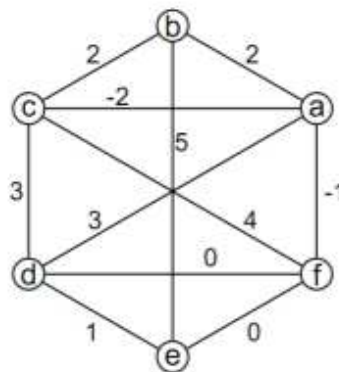
Luego

Para cada v tal que existe un arco de u a v , con v no perteneciente a S , se sigue:

Si

A partir de los $l(u)$ se puede saber que nodo antecede al nodo v en la ruta más corta.

Ilustración 2: Ejemplo de grafo.



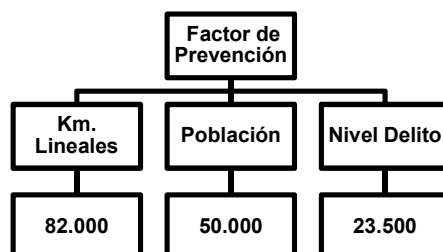
3.6.2 Demanda [8]

Para determinar la demanda se utilizarán las siguientes variables relevantes definidas por la institución que se resumen en los cinco factores descritos a continuación. Cabe mencionar que este procedimiento fue obtenido de la Metodología Proyectos de Vigilancia Policial, pero los valores no están validados por la institución, por lo que son valores aproximados que deben tener algún grado de correlación por los manejados por Carabineros de Chile.

I. Componente de Prevención

Este es el denominado componente de prevención. Depende de los kilómetros lineales que tengan los cuadrantes, población y nivel de delito.

Carabineros estimó un factor para cada uno de estos puntos (ver Anexo H):



El nivel de delito se estima de la siguiente manera:

Tabla 1: Delitos de mayor connotación social asociados a su valoración en U.F. y ponderación.

Tipo de evento	Valoración (UF)	Ponderación
Delitos		
Homicidio	3.824	637
Violación	174	29
Lesión Grave	174	29
Lesión menos grave	31	5
Lesión leve	6	1
Robo o hurto	92	15
Secuelas accidentes del tránsito		
Muerte	3.824	637
Herido grave	174	29
Herido menos grave	31	5
Herido leve	6	1

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

Donde

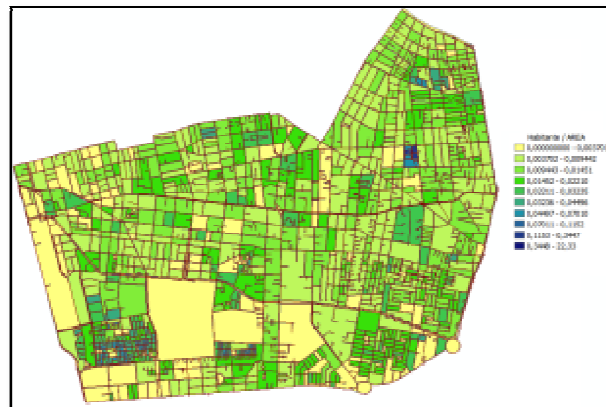
Es la cantidad de delitos del tipo .

Es la ponderación del delito, la cual es sacada de la tabla 1.

Cabe destacar que se consideraron las lesiones producidas por violencia intrafamiliar en este cálculo, ya que por información entregada por carabineros, este tipo de incidente también se incluyó dentro de los delitos de mayor connotación social (ver Anexo G).

La población fue estimada en base a los resultados del Censo del año 2002 entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas. Se hicieron correcciones basadas en el Censo del año 2007 realizado por la comuna de Ñuñoa a residentes de nuevos edificios. Cada manzana de la comuna tiene asociada la población residente en esa área, por lo que cada manzana será posteriormente representada por un punto, que tendrá datos relevantes como población, kilómetros de red vial, área entre otros.

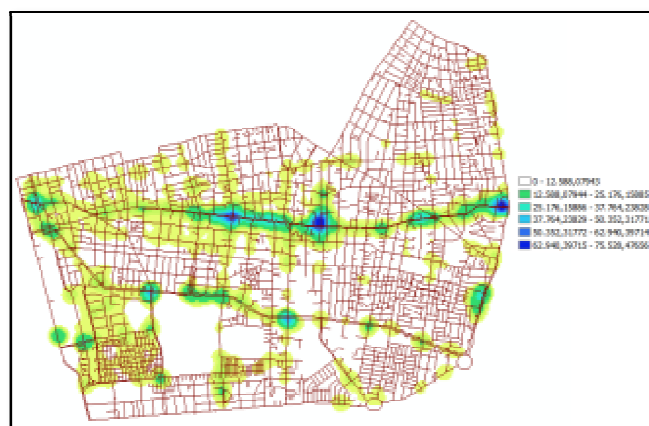
Ilustración 3: Población comuna de Ñuñoa (Habitantes/Área)



Fuente: Elaboración propia.

Los kilómetros de red vial son obtenidos desde una cartografía de la comuna. El nivel de delito será estimado en base a los delitos de mayor connotación social ocurridos desde el año 2007 en la comuna, tomando como base parámetros determinados por el Ministerio de Planificación y Cooperación, División de Planificación, Estudios e Inversión, en su “Metodología: Proyectos de Vigilancia Policial”.

Ilustración 4: Procedimientos y denuncias realizadas en la comuna de Ñuñoa (2007-2010)



Fuente: Elaboración propia.

II. Componente de Procedimientos

a. Procedimientos con Resultado de Denuncia al Tribunal (PRDT)

Se clasifican en función del tipo de evento que los origina, y se han considerado los minutos requeridos por un Radio Patrullas (RP) requeridos para atenderlo:

Tabla 2: Tiempo por procedimiento, clasificado por eventos que origina resultado de denuncia al tribunal

Clasificación de eventos que originan PRDT	Minutos por procedimiento
Robos	102
Lesiones	102
Muertes	255
Daños	93.5
Vehículos abandonados y/o mal estacionados	68
Incendios	144.5
Infracciones notificadas a los juzgados de policía local	34
Otros eventos (no clasificados en las categorías anteriores)	34

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

Con base en estadísticas de Carabineros, se ha determinado que:

- La cantidad de *PRDT* originados en Robos, Lesiones, Muertes, Vehículos abandonados y/o mal estacionados y Daños, corresponden al 20% de las denuncias por sus eventos asociados.
- La cantidad de Otros Eventos corresponde al 10% del total de *PRDT*.

Entonces, según lo anterior, se aproximó este componente de la siguiente manera:

$$M1 = \frac{2}{10} * \sum_{i=1}^7 Q_i * m_i + \frac{2}{100} * \sum_{i=1}^7 Q_i * 34$$

b. Minutos de Radio Patrulla (RP) requeridos para cubrir Procedimientos con Resultado de Detenidos (*PRDet*).

Tabla 3: Tiempo por procedimiento, clasificado por eventos que origina detenidos.

Clasificación de eventos que originan PRDT	Minutos por procedimiento
Robos	85
Lesiones	76.5
Daños	76.5
Ley de Alcoholes	59.5
Desorden en la vía pública	59.5
Drogas	59.5
Accidentes del Tránsito	119
Otros eventos (no clasificados en las categorías anteriores)	68

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

Estadísticamente, Carabineros ha determinado que la cantidad de Otros Eventos corresponde al 10% del total de *PRDet*. Entonces, según lo anterior, al no tener el total de *PRDet*, este componente se aproximó de la siguiente manera:

$$M2 = \sum_{j=1}^7 Q_j * m_j + \frac{1}{10} * \sum_{j=1}^7 Q_j * 68$$

- c. Minutos de RP requeridos para cubrir un procedimiento sin resultado de detenidos o denuncia (*PSL*).

Con base en estadísticas de Carabineros, se ha determinado que la cantidad de *PSL* equivale a cuatro veces la cantidad de *PRDT* más la cantidad de *PRDet*, y que el tiempo promedio por *PSL* es de 40 minutos.

De donde:

$$PSL = 40 * (4 QPRDT + QPRDet)$$

Carabineros ha comprobado estadísticamente que, en promedio, el tiempo requerido por las patrullas para constituirse en los lugares de los procedimientos desde que recibe el llamado, equivale a un tercio del tiempo para atender los procedimientos propiamente tales. De donde:

$$NVPr = \frac{4/3 * (M1 + M2 + M3)}{525.600}$$

↓
(Min del año)

$$NVPr = \frac{M1 + M2 + M3}{394.200}$$

III. Componente de Fiscalización

Minutos de RP requeridos mensualmente para fiscalización selectiva de establecimientos.

Tabla 4: Establecimientos del tipo “A” asociados a su tiempo y frecuencia de fiscalización.

Tipo de Establecimiento	Característica	Tiempo promedio por fiscalización (min)	Frecuencia mensual mínima de fiscalización por establecimiento (N° de veces)
1	Botillerías, restaurantes, quintas de recreo, bares.	20	1
2	Armerías y empresas autorizadas para mantener armas de fuego en general.	20	0,5
3	Centros de enseñanza y práctica de artes marciales.	10	1
4	Bancos, financieras y establecimientos del mercado de capitales en general.	15	20
5	Entidades con guardias de seguridad.	20	1
6	Servicentros y locales que con más de 500 UF en caja, normalmente.	15	30
7	Enclaves con situaciones de tránsito vehicular de alta complejidad.	240	30
8	Prostibulos	25	8
9	Ferías libre	60	Ferías/mes
10	Juntas de vecinos	15	4

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

Tabla 5: Establecimientos del tipo “B” asociados a su tiempo y frecuencia de fiscalización.

Tipo de evento	Característica	Tiempo promedio por fiscalización (min)	Frecuencia mensual de fiscalización (por cada establecimiento de educación básica)
A	Fiscalización cumplimiento Ley de Instrucción Primaria	20	1
B	Vigilancia de ingreso y salida de escolares de los colegios	70	40

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

Este componente se calcula en 3 etapas descritas a continuación:

Etapas I

Minutos (M_4) de RP requeridos mensualmente para fiscalización selectiva de establecimientos.

$$M_4 = \sum_{h=1}^{10} QE_h * T_h * FM_h$$

QE_h : Cantidad de establecimientos del tipo “h”

T_h : Minutos de RP requeridos para cubrir una fiscalización a establecimiento del tipo "h"

FM_h : Frecuencia mensual de fiscalización de cada establecimiento tipo "h"

Etapa II

Minutos (M_5) de RP requeridos mensualmente para fiscalización selectiva de eventos tipo "A".

$Qeeb_a$: Cantidad de establecimientos de educación primaria.

T_a : Minutos de RP requeridos para la fiscalización de un evento tipo "A"

FM_a : Frecuencia mensual de fiscalización de cada evento tipo "A"

Entonces: $M_5 = Qeeb * T_a * FM_a$

$$M_5 = 20 * Qeeb_a$$

Etapa III

Minutos (δ) de infantes requeridos mensualmente para fiscalización selectiva de eventos tipo "B".

$Qeeb_b$: Cantidad de establecimientos de educacionales.

T_b : Minutos de RP requeridos para la fiscalización de un evento tipo "B"

FM_b : Frecuencia mensual de fiscalización de cada evento tipo "B"

Entonces: $\delta = Qeeb * T_b * FM_b$

$$\delta = 2800 * Qeeb_b$$

IV. Componente de Órdenes Judiciales

Las diferentes órdenes judiciales emanadas por los tribunales, que son cumplidas por personal que efectúa servicios en la población, son cuantificadas y parametrizadas para calcular su equivalencia en UVE.

$$UVE = \frac{1}{365} * \frac{1}{3} * \frac{1}{360} * \sum_i^n t_i * O_i$$

El primero cociente tiene relación con los días del año, el según con la cantidad de turnos en el día, y el tercero es el factor definido por Carabineros para el componente de Órdenes Judiciales.

Tabla 6: Tipo de Orden Judicial asociada a su tiempo de ejecución.

TIPO	Tiempo (minutos)
Arresto	50.3
Detención	27.7
Notificación	47.8
Citación	53.8
Clausura	8.5
Otras	58.7

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial.

V. Componente de Servicios Extraordinarios

Este componente es el que se estima basado en el historial de Servicios Extraordinarios que la dotación del cuarte debe cumplir a lo largo del año.

Los servicios extraordinarios son aquellas actividades que ejecutan las unidades operativas que demandan recursos extras no contemplados en los servicios de población habituales. Los servicios implementados en los encuentros deportivos de concurrencia pública y en los espectáculos artísticos representan ejemplos típicos de esta demanda.

Para cuantificar este requerimiento se utiliza la base de datos de los servicios extraordinarios que cada cuartel policial registra, correspondiente a un año calendario. Posteriormente, se contabiliza la cantidad de horas que fue prestado un determinado tipo de servicio durante cada mes, evaluando los recursos humanos y logísticos utilizados en promedio a través de las equivalencias entre los diferentes modos de vigilancia.

El algoritmo de cálculo para determinar la demanda de un servicio extraordinario acumulado en un mes, para un promedio diario distribuido en las 24 horas del día, es el siguiente:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{HS_i}{24} \right] \times [0,2 \cdot NMA_i + 0,3 \cdot (NMB_i + NMC_i) + 1 \cdot MA_i + 0,8 \cdot MB_i + 0,45 \cdot MC_i] \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{30}$$

m : corresponde al número de meses contenidos en los datos. Normalmente 12.

$1/30$: coeficiente para determinar el cálculo para cada día del mes

i : Indicador de cada tipo de servicio mensual

HS_i : horas acumuladas mensuales para el servicio "i"

NMA_i : Servicio no motorizado, personal de infantería promedio que en el mes efectuó el servicio "i".

NMB_i : Servicio no motorizado, personal de infantería con can promedio que en el mes efectuó el servicio "i".

NMC_i : Servicio no motorizado, personal montado promedio que en el mes efectuó el servicio "i".

MA_i : Servicio motorizado, furgones policiales promedio por servicio "i", que se efectuó en el mes.

MB_i : Servicio motorizado, radiopatrullas policiales promedio por servicio "i", que se efectuó en el mes.

MC_i : Servicio motorizado, motos policiales promedio por servicio "i", que se efectuó en el mes.

3.6.3 Oferta [8]

Para poder cuantificar cual es el nivel de vigilancia que ejerce una cantidad y tipo de medio de vigilancia ejercida por Carabineros en un momento y lugar, se creó un tabla de conversión para poder expresar cuando un lugar tiene el mínimo de recursos para ejercer labores preventivas.

De esta manera, se define como oferta de vigilancia existente en un área jurisdiccional cualquiera, al promedio diario de U.V.E que puede entregar dicho cuartel en su jurisdicción, concepto que será simbolizado como NVo .

Los servicios de vigilancia se los organizan en base a “n” turnos diarios, y considerando que en un mismo turno el NV es constante, se tendrá que la oferta de vigilancia o NVo es:

$$NV_o = \frac{\sum_{i=1}^n NV_i * T_i}{24} + EVCF$$

En que:

NV_i : UV suministradas por los medios de vigilancia en el turno “i”.

T_i : Duración del turno “i”, en horas.

$EVCF$: Efecto vigilancia cuartel fijo → Dotación de personal del cuartel x 0.898 x 0,008

El cálculo de la oferta será estimado en base al denominado “Cálculo simplificado del NVo ”.

Donde el factor de NVo de cada recurso de vigilancia no humano se cuantifica en la siguiente tabla.

Tabla 7: Calculo del factor de Nivel de Vigilancia Operativa.

Recurso	RE(UV)	Hrs. Día uso/24	Factor NVo
Radio patrulla	1	0,333	0,333
Furgón Z	1	0,333	0,333
Moto todo terreno	0,45	0,5	0,225
Cuartel Móvil Simple	1,2	0,333	0,4
Carabinero Montado	0,3	0,5	0,15
Guía con perro policial	0,3	0,333	0,1
Móvil Municipal	0,3	0,333	0,1

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial

La dotación requerida para cubrir cada recurso no humano, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8: Dotación operativa para vigilancia requerida.

Recursos destinado a:	RE (UVE)	Qcx (Dotación)	x Hrs. Día uso /24	x Personal Operativo	= Dov requerida
Radiopatrulla (RP)	1,00	3,00	1/3	4,00	4 *Q
Furgón Z (FZ)	1,00	3,00	1/3	4,00	4 *Q
Moto todo terreno (MTT)	0,45	1,00	1/2	3,00	1,5*Q
Cuartel Móvil Simple (CMS)	1,20	4,00	1/3	3,00	4 *Q
Carabinero montado (CM)	0,30	1,00	1/2	4,00	2*Q
Guía con perro policial (GPP)	0,30	1,00	1/3	3,00	1*Q
Móvil Municipal (MM)	0,30	1,00	1/3	4,00	1,33*Q
Infante	0,20	2,00	1/2	3,00	1,5*Q
Punto Fijo	0,10	1,00	1/2	3,00	1,5*Q

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial

Dotación Operativa = 89,8% de dotación total

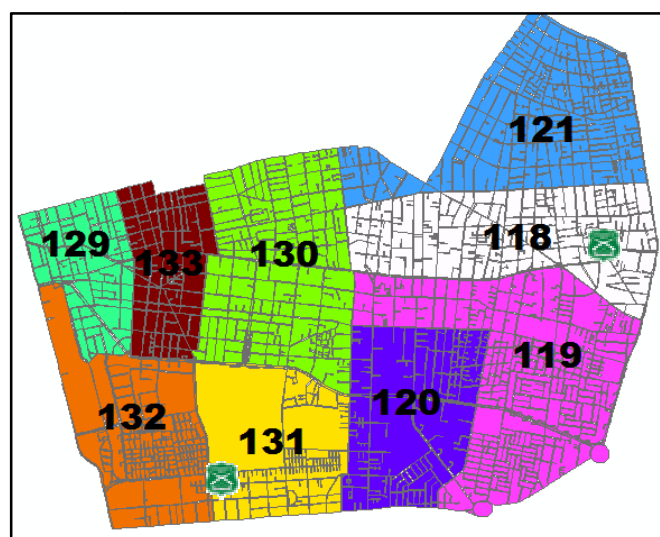
Relación entre Dotación Operativa para funciones de vigilancia (*Dov*) y para funciones administrativas (*Doa*): $Doa = 0,682 + 0,169 Dov$

4. Comuna de estudio “Ñuñoa”.

4.1 Definición del caso de estudio

Por medio de entrevistas con Carabineros, se determinó que el área de estudio debía ser una comuna residencial, lo que excluía a la comuna de Santiago, que inicialmente era donde se pretendía trabajar. Se sugirió revisar los cuadrantes donde se implementó el Plan Cuadrante de Seguridad en el año 2000 (comienzos de implementación del PCSP). Fue así que por inspección, discriminando por la forma de los cuadrantes, se decidió estudiar a la comuna de Ñuñoa.

Ilustración 5: Cuadrante con los que opera el Plan cuadrante de Seguridad Pública en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, septiembre 2009.

4.2 Caracterización del área de estudio [9,10].

4.2.1 Ubicación, Límites y Superficie

La comuna de Ñuñoa se ubica, al oriente de la ciudad de Santiago, formando parte del área urbana de la ciudad, con una extensión aproximada de 1.690 Há (16,9 km²).

Limita al norte con la comuna de Providencia, por las calles Eliecer Parada, Jaime Guzmán Errázuriz, Dr. Pedro Lautaro Ferrer, Manuel Montt, Rengo, J.M. Infante, Caupolicán y Malaquías Concha; al sur con la comuna de Macul, por el eje de la calle Rodrigo de Araya; al este con las comunas de La Reina y Peñalolén, por el eje de la Av. Américo Vespucio y las Aguas del Canal San Carlos y al oeste con la comuna de Santiago y San Joaquín, siguiendo el eje de la Av. Vicuña Mackenna.

4.2.2 Topografía y Clima

El área comunal de Ñuñoa forma parte del valle del río Mapocho asentada en terreno plano de origen aluvial. El territorio comunal no presenta accidentes geográficos de importancia, a excepción de un corto tramo del canal San Carlos que corre de oriente a poniente paralelo al límite norte de la comuna, entre la Av. Américo Vespucio y Av. Eliecer Parada.

Si bien la topografía no presenta pendientes que superen el 5% en dirección sur poniente se debe destacar la presencia visual, por el oriente, de la cordillera de Los Andes y, por el norte, la de los cerros que conforman el cordón del cerro San Cristóbal y el Manquehue.

El clima corresponde a un clima mediterráneo, que se caracteriza por presentar un período seco y caluroso en los meses de verano y un período invernal frío y lluvioso con temperaturas medias moderadas, con un régimen de vientos con dirección predominante de poniente a oriente y de velocidad media.

4.2.3 Desarrollo Urbano

La comuna de Ñuñoa posee una amplia gama de equipamientos de todo tipo y nivel, siendo los más relevantes; el educacional, el deportivo, el culto y el cultural. Se destaca la gran cantidad de establecimientos educacionales (escuelas, colegios, institutos, universidades, etc.) e infraestructura deportiva de la comuna, entre las que sobresalen, el Estadio Nacional, el centro Polideportivo Municipal, el Club de Ñuñoa, el Instituto de Educación Física, el Comité Olímpico de Chile, entre otros. Así también una gran cantidad de centros deportivos y recreacionales existentes en casi todos los barrios de la comuna.

Según opinión del Informe de Caracterización Poblacional de la Corporación de Desarrollo Social de la Ilustre Municipalidad de Ñuñoa en el territorio existe una buena estructura vial y de servicios públicos, y una ubicación cercana al centro de la Región Metropolitana.

Ñuñoa en la actualidad posee aproximadamente 1.000.000 m² de áreas verdes, contándose entre éstas, más de 100 plazas y 17 parques distribuidos en el territorio comunal.

La comuna está en un proceso de renovación y cambio en el uso de sus construcciones -principalmente en los sectores antiguos- en donde existen viviendas de gran tamaño.

4.2.4 Equipamiento Comunal

La comuna de Ñuñoa cuenta con un equipamiento y sedes de distintas instituciones y organizaciones.

En el siguiente listado se enumeran los equipamientos más significativos:

1. Organizaciones Territoriales:

- 37 divisiones territoriales (Unidades Vecinales)
- 44 sedes sociales de juntas de vecinos; 33 funcionando con directiva constituida y 11 en receso. Con un total de 10.540 socios.

2. Organizaciones Funcionales vigentes:

- Clubes Adulto Mayor (88)
- Centro de Madres (47)
- Centro de Padres y Apoderados (39)
- Clubes Deportivos (57)
- Centros Juveniles (04)
- Organizaciones Sociales varias (110)

3. Equipamiento de Seguridad:

- 2 Comisarias de Carabineros (N° 18 y N° 33)
- Servicio de Investigación de Accidentes del Tránsito (SIAT)
- Prefectura Santiago Oriente de Carabineros
- Prefectura Santiago Oriente de Investigaciones
- Servicio de Investigación Policial (SIP)
- Brigada Criminal Investigaciones de Ñuñoa (BRICRIM)
- Dirección de Inteligencia de Investigaciones
- Fiscalía Local de Ñuñoa, Providencia y la Reina.
- Cuartel General de Bomberos.
- 5 Compañías de Bomberos
- Cuartel de la Defensa Civil.
- Juzgados de Policía Local
- Defensa Civil de Chile.

4. Equipamiento de Educación:

- 98 Establecimientos Educativos (20 municipalizados, 40 particulares subvencionados y 38 particulares pagados). Aclaremos aquí que en tres colegios existen dos sedes en que funcionan cada uno de ellos (J.T.Medina; Brígida Walker y Colegio Siria).

5. Educación Superior: la comuna alberga una variada cantidad de Institutos y Universidades entre las que se destacan:

- Universidad de Chile. Facultades de “Filosofía y Humanidades” y “Ciencias Sociales”.
- Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Universidad Tecnológica Metropolitana. (UTEM).
- Instituto INACAP. Brown Norte.
- Instituto Profesional y Centro de Formación Técnica ZIPTER.
- Instituto Chileno Británico.

6. Equipamiento de Deportes:

- Estadio Nacional
- Polideportivo de Ñuñoa
- Club de Ñuñoa (Parque Gorostiaga)
- Comité Olímpico de Chile
- 21 Multicanchas
- 8 Canchas Empastadas (interior Estadio Nacional)

7. Equipamiento de Salud:

- 2 Centros de Salud Familiar (CESFAM): Salvador Bustos y Rosita Renard.
- Hospital de Carabineros de Chile
- Centro de atención médica PDI
- 1 Centro de Urgencia (Ex Posta 4)
- 1 Servicio de Atención de Urgencia (SAPU)
- 1 Laboratorio Clínico
- 1 Centro de Salud Mental (COSAM)

8. Equipamiento de Atención al Menor:

- 9 Jardines Infantiles (JUNJI).
- 2 Jardines Infantiles (convenio Junji-Municipalidad) y administrados por la CMDS.
- Servicio Nacional de Menores (SENAME).
- 1 Centro Abierto (INTEGRA).
- 1 Guardería de Menores de Madres Trabajadoras “Naranjitas” (Junji).

4.2.5 Vialidad

En la vialidad de la comuna predomina la de tipo local, con una superficie de 497.650 mt², seguida de la vialidad colectora con 368.390 mt², presentándose en menor número la vialidad de tipo expresa y la de pasajes con 254.735 y

240.510 mt2 respectivamente. En total la comuna posee 1.979.955 mt2 de vialidad con 1,9 km2.

Tabla 9: Tipo de vialidad, asociada a su longitud y metros cuadrados.

Tipo de Vialidad¹.	Longitud (M.L.)	Mt2.
Expresa	15.920	245.735
Troncal	20.940	302.660
Colectora	39.170	368.390
De Servicios	38.470	325.010
Local	71.670	497.650
Pasajes	42.155	240.510
Total	228.325	1.979.955

Fuente: Estadísticas Dirección de Obras Municipales. Elab.: Secpla 2008.

4.2.6 Antecedentes demográficos

Ñuñoa cuenta con una población censal al año 2002 de 163.511 habitantes. Sin embargo, la proyección de población elaborada a partir de estudios hechos por la Ilustre Municipalidad de Ñuñoa y de su “Censo de Nuevos Habitantes”, al año 2008 la población comunal sería de 185.000 habitantes.

Además se destaca que la población de 15 a 64 (para el Censo 2002) es de 109.667. Este dato es concluyente en el sentido de sostener que la comuna está conformada mayormente por población adulta.

Tabla 10: Población según grupo etario.

AÑOS	0-14	15-29	30-64	65 y mas	Total
1992	38.094	41.912	62.094	30.475	172.575
2002	29.059	37.701	71.966	24.785	163.511
2005	29.228	37.919	72.381	24.925	164.453
2008	29.429	38.180	72.880	25.093	165.582
2011	29.617	38.425	73.349	25.256	166.647
2015	15.012	18.809	73.970	25.469	168.061

Fuente: I.N.E. Censo 2002

El año 2007 se llevó a cabo en la comuna un Censo interno a los nuevos edificios incorporados en la comuna desde el año 2000, resultados que se suman a los generados por el Censo del año 2002.

4.2.7 Villas y Poblaciones Sociales.

En la comuna se pueden identificar 14 villas y 4 poblaciones sociales, que se ubican en su mayoría al sur de Av. Irrarrázaval, destacando por su extensión y

cantidad de habitantes que albergan la de Villa Frei, Villa Los Jardines y Villa Olímpica, entre otras.

Tabla 11: Villas de la comuna de Ñuñoa, asociadas a su número de viviendas y población.

	Nº Viviendas	Nº de Población
Villa Amapolas	819	2936
Villa Frei	3698	12539
Villa Los Jardines	1610	6368
Villa lo Plaza	402	2536
Villa Los Presidentes	1811	4985
Villa Los Alerces	452	2283
Villa Grecia	658	1182
Villa Yugoslavia	571	2320
Villa México	108	336
Villa Alemana	1078	1394
Villa Olímpica	2660	5643
Villa Canadá	702	1895
Villa Salvador Cruz Gana	969	3314
Población Exequiel González Cortes	655	3382
Población Rebeca Matte	477	2037
Población Isabel Riquelme	380	689
Población Rosita Renard	619	2648

Fuente: Caracterización Poblacional Corporación de Desarrollo Social Ilustre Municipalidad de Ñuñoa.

La Comuna de Ñuñoa está dividida administrativamente en 37 Unidades Vecinales, 44 Juntas de Vecinos (de las cuales 11 se encuentran en receso y 33 se encuentran vigentes al día), 11 distritos censales y 3 circunscripciones electorales.

Las Juntas de Vecinos agrupan un total aproximado de 11.000 socios inscritos (según el Censo del 2002).

4.2.8 Densidad de Población

Las mayores densidades poblacionales se encuentran en las Unidades Vecinales N° 35, 34, 33, 21, 32 y 30, en donde las densidades más altas las presentan la población Exequiel González Cortés, Rebeca Matte y Villa Salvador Cruz Gana con 32.101 hb/km², 27.384 hb/km² y 23.418 hb/km² respectivamente.

Respecto a la densidad poblacional habría que señalar que ésta se ha mantenido casi estable los últimos 20 años, es así como según los datos

censales, la densidad poblacional de la comuna al año 1982 era de 99,95 hab./ha., la del año 1992 ascendió levemente a 102,12 hab./ha., mientras que la del último Censo del año 2002, descendió a 96,75 hab./ha. Esto puede no estar rescatando la edificación de grandes edificios en la principal arteria de la comuna, lo que ha incrementado la densidad poblacional considerablemente en estos últimos años.

Tabla 12: Densidad poblacional de la comuna de Ñuñoa.

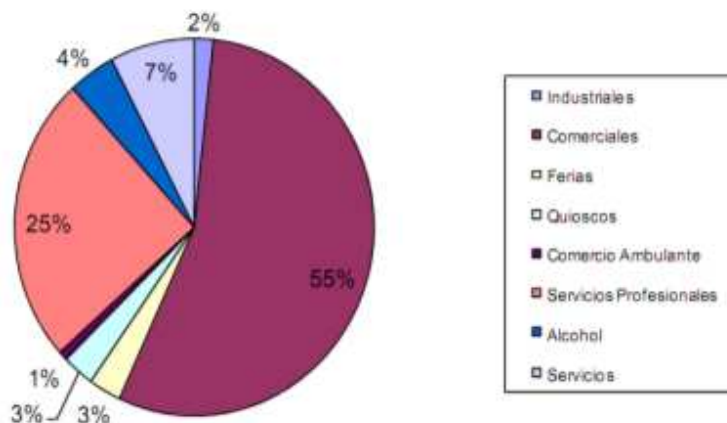
AÑO	1992	2002	2006	2010	2015
HAB/KM2	10.212	9.675,2	9.756	9.839	9.944

Fuente: Censo 2002.

4.2.9 Actividades comerciales y patentes Municipales.

La cantidad de patentes otorgadas y vigentes al primer semestre de 2009, es de 10.599, siendo la actividad laboral predominante en la comuna la comercial con un total de 5.844, lo que incluye a los microempresario de la comuna, seguida por los Servicios Profesionales con 2.622 patentes, Otros con 1.326 patentes y finalmente Servicios Generales con 807 patentes equivalentes a un 8,94 %.

Gráfico 5: Actividad económica predominante en la Comuna de Ñuñoa.



Fuente: Departamento de Rentas, Municipalidad de Ñuñoa. Elab.: Secpla 2008.

4.2.10 Seguridad Ciudadana.

La Dirección de Seguridad Ciudadana e Inspección, creada el año 1996, mediante Decreto 169 del 01.02.1996, está destinada a mantener un servicio permanente de atención a la comunidad en relación a la prevención de riesgos y la prestación de auxilio en situaciones de emergencias, colaborando y apoyando a los organismos encargados de la Seguridad Ciudadana.

Entre las acciones de seguridad ciudadana debemos destacar el trabajo mancomunado entre Bomberos, Carabineros, Defensa Civil, médicos y paramédicos, dispuestos y coordinados para entregar una respuesta inmediata y eficaz ante cualquier accidente o denuncia.

En esta comuna, al Plan Cuadrante de Carabineros, se le agregó el Plan Cuadrante de Seguridad Ciudadana, con cinco sectores o áreas de la Comuna. Así, la Municipalidad con su plan da una respuesta más rápida según las llamadas de vecinos y absorbiendo la demanda de emergencias y aquellos procedimientos menores, pero que apoyan las labores de Carabineros. De esta manera, se dejan a los Carabineros los delitos y crímenes mayores, pudiendo entonces desarrollar la labor preventiva e investigativa.

Tabla 13: Cantidad de Procedimientos por tipo efectuados por la Seguridad Ciudadana de Ñuñoa.

Procedimiento	Total
Vigilancias Domiciliarias	84.567
Abandono de animales en la vía pública	4
Alarmas activadas	224
Alcantarillas colapsadas	45
Anegamientos de calle y/o paso niveles	4
Anegamientos de domicilios	5
Animales muertos en la vía pública	31
Árboles caídos	143
Chimeneas encendidas	50
Circuitos y/o luminarias defectuosas	167
Comercio ambulante	9
Contaminación por chimeneas	0
Cortes de agua potable	5
Cortes de energía eléctrica	41
Escolta de valores municipales	1
Escombros en la vía pública	71
Filtraciones de gas	48
Filtraciones de cañerías de agua	125
Hoyos en la vía pública	66
Lavado de vehículos en la vía pública	8
Micro basurales	64
Mordeduras de perros	7
Ordenes judiciales	0
Postes dañados	23
Quema de basuras	25
Ramas	213
Retiro de indigentes	1
Rol de comunidad pública	28
Ruidos molestos	2.111
Semáforos deteriorados	715
Señalizaciones defectuosas	232
Trabajos de construcción fuera de horario	378
Trabajos de construcción no autorizados	6
Vehículos abandonados	104
Reclamos varios	199
Total de procedimientos	89.720

Fuente: Elab.: Servicio Seguridad Ciudadana Municipalidad de Ñuñoa.

5. Desarrollo del Problema

5.1 Gráficos de “Nivel de delito” en la comuna.

Se comenzó por realizar un mapa Kernel, para observar la distribución a lo largo del tiempo de los delitos de mayor connotación social cometidos en la comuna. Se observa una clara correlación entre los delitos año tras año, además de que el nivel de delito en la comuna no ha variado más de 10% en términos absolutos, en estos últimos periodos, tomando como base, el año 2007.

Una de las bases del modelo propuesto, es que la demanda por recursos policiales se mantiene constante en una ventana de tiempo a estimar. Hay que recordar que tanto el nivel de delito como el crecimiento de la población son factores determinantes al cuantificar la U.V.E de un determinado sector. Es por esto que se debe determinar con datos de larga data (idealmente tiempo mayor a 10 años), cual es el período en donde se requeriría una nueva evaluación para el rediseño de los cuadrantes.

Tabla 14: Resumen del “Nivel de Delito” en la comuna de Ñuñoa. Año 2007-2010.

Año	Nivel Delito	Delitos	Variación (Base 2007)
2007	33188	2562	0,00%
2008	30155	2269	-10,06%
2009	34905	2591	4,92%
Sep-10	31546	2384	-5,21%

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6: Mapa Kernel delitos de mayor connotación social año 2007, ponderados por su nivel de valoración.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 7: Mapa Kernel delitos de mayor connotación social año 2008, ponderados por su nivel de valoración.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 8: Mapa Kernel delitos de mayor connotación social año 2009, ponderados por su nivel de valoración.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9: Mapa Kernel delitos de mayor connotación social año 2010, ponderados por su nivel de valoración.



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Estimación de la Demanda

5.2.1 Estimación Componente I

Se trabajó en base a las manzanas de la comuna de Ñuñoa, que según la cartografía con la que se trabajó, tiene 1266 polígonos. Además se consideró como buena aproximación, que el perímetro de cada manzana, es igual al doble de los kilómetros de red vial que aporta esta misma.

Se corrigió la población por el cálculo hecho por la Municipalidad de Ñuñoa, la cual se basó al Censo 2002, entregado por el I.N.E., y un Censo realizado por la Municipalidad el año 2007 a los nuevos edificios.

Tabla 15: Cantidad de habitantes en base a distintas fuentes.

Año	Censo INE (habitantes)	Censo Ñuñoa (habitantes)	Proyección propia (habitantes)
2002	⁵ 136.166		
2007		185.000	
2008	⁶ 165.582		
2011	³ 166.647		186.189

Fuente: Elaboración Propia

⁵ Valor entregado por la base de datos obtenida desde el Instituto Nacional de Estadísticas. El valor oficial en su página es de 163.511 habitantes.

⁶ Valores proyectados. I.N.E Censo 2002.

Para el valor del componente “Nivel de Delito”, se ocupó el promedio anual en la comuna, considerando un período de evaluación entre el año 2007 hasta septiembre del año 2010.

Puede ser interesante ver que determina mayoritariamente este componente, a continuación, una tabla resumen sobre los resultados que determinan cada manzana.

Tabla 16: Resultado tipo determinante de la demanda.

Tipo	Nro. De Manzanas	UVE	Porcentaje del total de manzanas
Nivel de Delito	264	2,392	21%
Km. lineales	545	1,722	43%
Población	457	2,893	36%
Total	1266	7,001	100%

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que todos los componentes son relevantes para el cálculo de este componente, siendo la red vial la menos significativa en relación a la U.V.E. que aporta, seguido del Nivel de Delito. Debemos notar que esto no tiene relación con la cantidad de manzanas, ya que existen algunas muy pequeñas, que no poseen ni población, ni antecedentes delictuales anteriores.

La más relevante es la población por manzana, lo que es coherente, ya que Ñuñoa es una comuna de gran densidad. Esta última desigualdad confirma las encuestas que dan a Ñuñoa, una de las comunas con menor índice de victimización.

5.2.2 Estimación Componente II

Para estimar este componente, al igual que con las otras, se utilizó una base de datos histórica de las denuncias y procedimientos ocurridos en la comuna. Los datos con los que se cuenta para el estudio están entre el año 2007 y septiembre de 2010. Se sacó una proporción equivalente a un año para la estimación

Tabla resumen del valor de componentes de:

M1: Procedimientos con Resultado de Denuncia al Tribunal (*PRDT*).

M2: Minutos de Radio Patrulla (*RP*) requeridos para cubrir Procedimientos con Resultado de Detenidos (*PRDet*).

M3: Minutos de RP requeridos para cubrir un procedimiento sin resultado de detenidos o denuncia (*PSL*).

Tabla 17: Minutos requeridos por tipo de procedimientos anualmente.

Componente	Valor (min)
M1	167115
M2	75859
M3	1390827

Fuente: Elaboración Propia

Por lo que utilizando la expresión:

$$NVPr = \frac{M1 + M2 + M3}{394.200}$$

$$NVPr = 4,145$$

Tabla 18: Tabla resumen de U.V.E. requeridos por tipo de procedimientos.

Componente	Valor (UVE)	Porcentaje
M1	0,424	10,23%
M2	0,192	4,64%
M3	3,528	85,13%
Total	4,145	100%

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados son esperables, ya que por construcción, los procedimientos sin resultado de denuncia o detenidos representan un gran porcentaje del total de procedimientos realizados en todas las comunas.

5.2.3 Estimación Componente III

El nivel de vigilancia para ejercer fiscalización selectiva requerida para cubrir el total de procedimientos del mes, se calcula de la siguiente manera.

Se considera que cada mes tiene en promedio $30,42 \times 24 \times 60 = 43.805$ minutos, al igual que para la cobertura de los procedimientos, se estima que el tiempo promedio para constituirse en el lugar a fiscalizar equivalente a un tercio del tiempo para efectuar la fiscalización, entonces la cantidad de UV requerida para la fiscalización es:

$$NVFS_z = \frac{\frac{4}{3} * (\sum Q_i * f_i * t_i)}{43.805}$$

Con:

Q_i = Cantidad de establecimientos del tipo i.

f_i = Frecuencia de fiscalización al establecimiento del tipo i.

t_i = Duración de la fiscalización al establecimiento i.

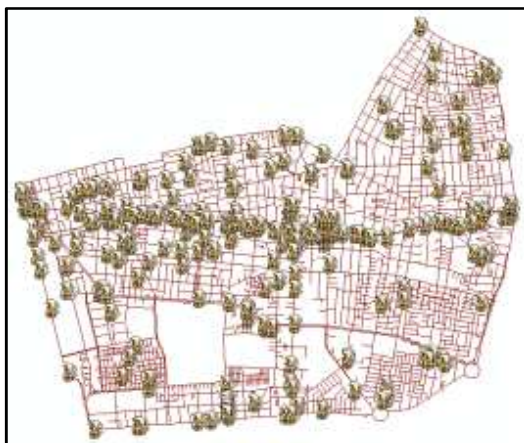
Se comenzó por identificar los lugares donde había botillerías, restaurantes, quintas de recreo y bares. Todos estos locales cuentan con patentes de alcohol, por lo que fue de esta base con la que se geo-referenciaron los locales de expendio de bebidas alcohólicas que Carabineros debe fiscalizar. Este tipo de locales, individualmente no representan una gran demanda de recursos policiales, ya que solo se deben fiscalizar una vez al mes y por 20 minutos, pero el gran número de locales de este tipo, hacen que sea un componente importante. Además este tipo de locales, puede contextualizar algunos perfiles de la zona en estudio.

Ilustración 10: Lugares de expendio de bebidas alcohólicas, ejemplo de lugares a fiscalizar graficados por aglutinamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 11: Lugares de expendio de bebidas alcohólicas.



Fuente: Elaboración Propia

A través de personal policial operativo de la comuna de Ñuñoa, se tiene el antecedente, de que no existen armerías. Tampoco se cuenta con los antecedentes de empresas que puedan contar con armas de fuego.

Los nudos o enclaves con situaciones de tránsito vehicular de alta complejidad fueron obtenidos a través de la Municipalidad de Ñuñoa, a través del Plan de Desarrollo Comuna 2009- 2015. Este tipo de lugar a fiscalizar debería ser uno de los de mayor sensibilidad, ya que representa un gran porcentaje del total de U.V.E. aportada por este componente

Ilustración 12: Nudos de congestión vehicular.



Fuente: Datos: Dirección de Tránsito, Municipalidad. Imagen: Elaboración propia.

Existe una gran actividad económica en la principal arteria de la comuna: Irarrázaval. Además es en esta misma avenida donde se encuentra la mayoría de las entidades financieras.

Ilustración 13: Bancos y financieras de la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Elaboración Propia

Los locales que se registraron en la categoría de “Entidades con guardias de seguridad”, fueron solamente las farmacias, ya que no se cuenta con más información para estimar de mejor manera este componente.

Para estimar el componente de “Servicentros y locales que cuenta con más de 500 UF en caja, normalmente.” se registraron los supermercados que operan en

la comuna, además de bombas de bencina donde se encuentran cajeros automáticos.

Ilustración 14: Supermercados y bencineras en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Elaboración Propia

No se cuenta con información sobre prostíbulos y ferias libres que operen en la comuna, por lo que estos componentes no fueron incluidas.

Para incluir las visitas rutinarias a las Juntas Vecinales, se consideró la información entregada por la Municipalidad, excluyendo las Juntas que se proclamaban en receso, o que no tenían dirección registrada para su funcionamiento.

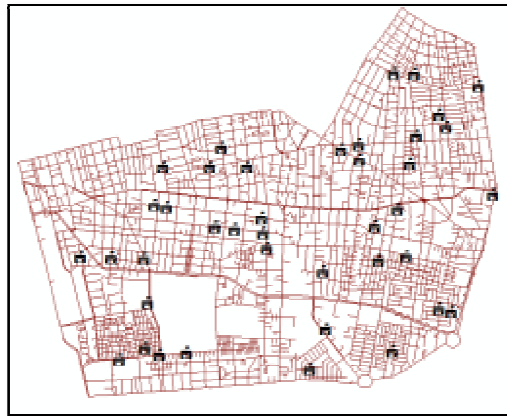
Ilustración 15: Juntas de Vecinos que registran direcciones de funcionamiento.



Fuente: Elaboración Propia

Como vimos en la tabla (10), Carabineros debe fiscalizar también las salidas y entradas de los colegios, además de fiscalizar la ley de instrucción primaria. Es por esto que se geo-referenciaron también los establecimientos de educación primaria y los establecimientos escolares, en base a la información entregada por la Policía de Investigaciones de Chile.

Ilustración 16: Establecimientos de educación primaria.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 17: Establecimientos escolares.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, una tabla resume de la cantidad de locales geo-referenciados, y que ayudan a caracterizar la comuna, los cuales tienen asociado su demanda por recursos policiales (UVE):

Tabla 19: Tabla resumen de resultados de U.V.E. requerida para fiscalización de establecimientos del tipo "A".

Tipo de Establecimientos	Cantidad	UVE
Botillerías, restaurantes, quintas de recreo, bares.	293	0,1338
Armerías y empresas autorizadas para mantener armas de fuego en general.	0	0
Centros de enseñanza y práctica de artes marciales.	1	0,0002
Bancos, financieras y establecimientos del mercado de capitales en general.	35	0,2397
Entidades con guardias de seguridad.	43	0,0196
Servicentros y locales que con más de 500 UF en caja, normalmente.	16	0,1644
Enclaves con situaciones de tránsito vehicular de alta complejidad.	19	3,1229
Prostíbulos (sin información)	-	-
Ferías libre (sin información)	-	-
Juntas de vecinos	26	0,0356
Total		3,7162

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Tabla resumen de resultados de U.V.E. requerida para fiscalización de establecimientos del tipo "B".

Tipo de Establecimiento Educativo	Cantidad	UVE
Fiscalización cumplimiento Ley de Instrucción Primaria	40	0,018
Vigilancia de ingreso y salida de escolares de los colegios	73	4,666
UVE		4,684

Fuente: Elaboración Propia

Con esto, la oferta requerida para la fiscalización de establecimientos es de:
8,4 U.V.E.

5.2.4 Estimación Componente IV

Este componente solo se cuenta para el año 2008, y a nivel agregado, por lo que se harán aproximaciones, basadas en estos valores y que serán distribuidas proporcionalmente a la población de cada manzana, para encontrar un valor que estime de esta forma la U.V.E. de este componente.

Tabla 21: Diligencias por órdenes judiciales en la comuna de Ñuñoa, año 2008.

Cantidad de órdenes judiciales	
Tipo	Año 2008
Aprehensiones	8
Arrestos	1097
Citaciones	1426
Detenciones	339
M. Cautelares	628
M. Protección	1199
Notificaciones	551
Orden de Investigar	429
Total	5677

Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, septiembre 2009.

Tabla 22: Tabla resumen de resultados de oferta requerida por procedimientos por órdenes judiciales.

Cantidad de órdenes judiciales (año 2008)			
Tipo	Q_i	t_i	$Q_i * t_i$
Aprehensiones	8	58,7	470
Arrestos	1097	50,3	55179
Citaciones	1426	53,8	76719
Detenciones	339	27,7	9390
M. Cautelares	628	58,7	36864
Protección	1199	58,7	70381
Notificaciones	551	47,8	26338
Orden de Investigar	429	58,7	25182
Total UVE			0,762

Fuente: Elaboración Propia

5.2.5 Estimación Componente V

Este componente no es considerado dentro de la demanda. No obstante, se presenta una tabla con los valores asociados a este componente durante el año 2008, de este modo se documenta su magnitud.

Tabla 23: Servicios Extraordinarios en la comuna de Ñuñoa, año 2008.

Servicios Extraordinarios		2008			
Comuna	Cuartel	Cantidad de Servicios	Total Horas	Total Personal	Personal Promedio x Servicio
Ñuñoa	18A. Comisaria de Ñuñoa	439	4183	6354	14
	33A. Comisaria de Ñuñoa	786	6240	9931	12
Total Comuna Ñuñoa		1225	10423	16285	26

Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, septiembre 2009.

5.3 Oferta

Este componente fue estimado en base a los datos publicados por Carabineros en su página oficial, lamentablemente estos datos se encuentran agregados, por lo que no se cuenta con información detallada de los reales valores para su cálculo, el resultado es una aproximación que puede estar medianamente cercana al valor real.

Tabla 24: Oferta policial en la Comuna de Ñuñoa.

Recurso Humano	18A. Comisaria De Ñuñoa	33A. Comisaria De Ñuñoa	Total
Operativo	122	131	253
Administrativo	8	8	16
Total General	130	139	269

Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, septiembre 2009.

La oferta de recursos no humanos es la siguiente:

Tabla 25: Oferta de recursos no humanos en la Comuna de Ñuñoa.

Vehículos	18A.COMISARIA DE ÑUÑO A	33A. COMISARIA DE ÑUÑO A	TOTAL
Radio Patrulla (RRPP)	6	4	10
Furgones (Z)	2	5	7
Motos todo terreno (MTT)	4	8	12
Retenes Móviles	2	3	5
Total General	14	20	34

Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, septiembre 2009.

Además el documento dice que se poseen 6 camionetas civiles, con lo que habría un total de 40 vehículos en la comuna.

Lo primero que se hizo fue calcular el factor de conversión a U.V.E que es el denominado “Factor de Vigilancia Operativa”. No se sabe si en la comuna hay Carabineros con perros policiales, por lo que sólo se supone que existen parejas de infantes y puntos fijos. Se sabe que no existen carabineros montados en la comuna y que hay un número considerable de Móviles Municipales, pero no se cuenta con la información de este tipo de vigilancia.

Tabla 26: Calculo del factor de Nivel de Vigilancia Operativa.

Recurso destinado a:	RE (UV)	HDr. día uso/24	Factor NVo
Radio Patrulla (RRPP)	1	0,33	0,33
Furgones (Z)	1	0,33	0,33
Motos todo terreno (MTT)	0,45	0,50	0,23
Retenes Móviles	1,2	0,33	0,40
Infante	0,2	0,50	0,10
Punto Fijo	0,1	0,33	0,03
Móvil Municipal	0,3	0,33	0,10

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial

RE(UV): Capacidad de vigilancia en unidades de vigilancia.

HDr/24: Tiempo de uso de cada tipo de recurso “r” según estándar, expresado en “horas diarias / 24”.

Factor NVo: Factor de nivel de vigilancia operativa, que finalmente es, la capacidad de vigilancia ejercida por un tipo de guardia, ponderada por la cantidad de horas que se utiliza.

Luego del cálculo hecho en la tabla anterior, necesitamos la cantidad de personal operativo empleado para realizar tales labores de vigilancia.

Tabla 27: Factor de dotación operativa de vigilancia.

Recurso destinado a:	Qcx	HDrs. día uso/24	DOx	Factor DOv
Radio Patrulla (RRPP)	3	0,33	4,00	4,0
Furgones (Z)	3	0,33	4,00	4,0
Motos todo terreno (MTT)	1	0,50	3,00	1,5
Retenes Móviles	4	0,33	3,00	4,0
Infante	1	0,50	3,00	1,5
Punto Fijo	1	0,33	4,00	1,3
Móvil Municipal	1	0,33	4,00	1,3

Fuente: SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial

Dónde:

- Qcx*: Cantidad de carabineros para constituir una unidad del medio de vigilancia "x".
- HDr/24*: Tiempo de uso de cada tipo de recurso "r" según estándar, expresado en "horas diarias / 24".
- DOx*: Dotación operativa para cubrir 24 hrs-día de cada Carabinero requerido para conformar el medio de vigilancia "x".
- Factor Dov*: Factor de dotación operativa para constituir un medio de vigilancia "x".

Con los datos que se tienen, podemos saber cuánto personal se necesita para radio patrullas, furgones, motos y retenes. Suponemos que existen 10 puntos fijos en la comuna (Hospital de Carabineros, Fiscalía, embajadas, etc.) y que hay 20 carabineros que cumplen labores de infante. Recordemos también que:

Dotación Operativa = 89,8% de dotación total = 242 funcionarios

Con esto llegamos a la siguiente tabla resumen:

Tabla 28: Personal requerido por tipo de vigilancia.

Tipo de Vigilancia	Q	DOx	Personal Total
Radio Patrulla (RRPP)	10	4	40
Furgones (Z)	7	4	28
Motos todo terreno (MTT)	12	3	36
Retenes Móviles	5	3	15
Infante	20	3	60
Punto Fijo	9	3	27
Móvil Municipal	-	4	-
TOTAL			206

Fuente: Elaboración Propia.

- Q*: Cantidad "q" disponible del medio "x".
- DOx*: Dotación operativa para cubrir 24 hrs-día de cada Carabinero requerido para conformar el medio de vigilancia "x".

Además suponemos que para labores de Jefatura hay 8 funcionarios, 3 en cada turno diario y uno en la noche, el personal de guardia se compone de 5 carabineros en los turnos diurnos y de 1 en el turno vespertino, el personal administrativo es el publicado, es decir, 16 funcionarios.

Tabla 29: Personal por tipo de labor.

Funciones	Cantidad
Jefaturas	8
Personal operativo para funciones de Guardia (<i>DOg</i>)	12
Personal operativo para funciones Administrativas (<i>DOa</i>)	16
Personal operativo para funciones de Vigilancia (<i>DOv</i>)	206
Total	242

Fuente: Elaboración Propia.

Con todo lo anterior, podemos estimar las unidades de vigilancia equivalente de los recursos que se disponen en la comuna. Hay que recalcar, que no se cuenta con toda la información necesaria para calcular este componente, y que la comuna cuenta con un gran número de móviles municipales, que contribuyen con la labor de Carabineros. Además, el cálculo realizado tiende a subestimar en cierta medida los recursos no humanos, ya que por conversaciones con funcionarios operativos, los carros policiales se utilizan en más de un turno, aunque no necesariamente, esté el número de vehículos publicad disponible para su uso (existe un porcentaje con desperfectos y en desuso que es considerable).

Tabla 30: Valor total U.V.E. ofrecido en la Comuna de Ñuñoa.

Recurso	Factor Nvo	Q	Q x Factor NVo
Radio Patrulla (RRPP)	0,333	10	3,33
Furgones (Z)	0,333	7	2,33
Motos todo terreno (MTT)	0,225	12	2,70
Retenes Móviles	0,4	5	2,00
Infante	0,1	10	2,00
Punto Fijo	0,05	9	0,45
Móvil Municipal	0,1	-	-
EVCF	0,13	2	0,26
Total (UVE)			13,12

Fuente: Elaboración Propia.

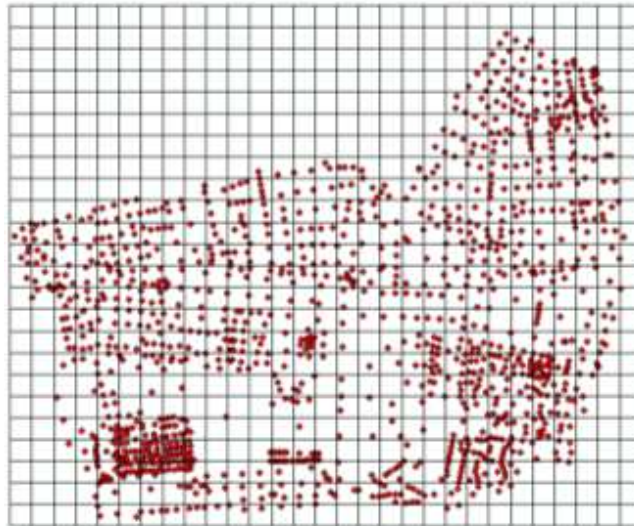
toma desplazarse entre las “n” esquinas de la manzana “i”, además de tomar como supuesto que es igualmente probable estar parado en cualquier esquina de la manzana.

5.5 Programación del Modelo

Para resolver el modelo de asignación, el primer desafío enfrentado fue el gran tamaño del problema de asignación, el cual es de tipo *NP-hard*. Es por esto que para encontrar una solución cercana a la óptima, se formularon restricciones que facilitaban al algoritmo acercarse a una solución factible.

Lo primero que se hizo fue agrupar las manzanas de la comuna, ya que es en esta unidad, que se cuenta con toda la información relevante que es entregada al modelo, es decir, es la unidad más básica de división de la comuna.

Ilustración 19: Manzanas de la Comuna de Ñuñoa distribuidas en una grilla de 200x200 metros.



Fuente: Elaboración propia.

Se consideraron grillas de distintos tamaños, siendo elegida finalmente la grilla de 200x200 metros. Esto, ya que la comuna se transforma en 408 grillas que deben ser asignadas, y con esto el problema de asignación se resuelve mucho más rápido.

Además de lo anterior, se incorporó una restricción de distancia, donde se imponía que una grilla no puede ser asignada a un centro que este a muy lejano a ella.

$$Y_{ij} * d_{ij} \leq \frac{\text{Máxima Distancia}}{2,5} * Y_{ij}$$

Dónde:

Máxima Distancia = Máxima distancia entre una grilla *i* y una grilla *j*

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda del nodo } i \text{ es asignada al centro } j \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

d_{ij} = Tiempo de desplazamiento desde el nodo i al centro j

Además se incorporó una restricción de distancia entre centros, la cual debía ser mayor a una constante.

$$X_i * d_{ij} \geq \frac{\text{Máxima Distancia}}{15} * (X_i + X_j - 1) \quad \text{con } i \neq j$$

Dónde:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si localizamos un centro en el nodo } j \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Entonces, el lado izquierdo de la ecuación muestra la distancia entre grillas, la cual obviamente siempre es positiva, y el lado derecho muestra la mínima distancia entre centros, que se hace activa, sólo cuando ambas grillas, son centros, ya que al no ser centros, el lado derecho es negativo, y al ser una grilla centro y la otra no, la expresión se hace cero.

Otra restricción que se agregó, fue que grillas con muchas manzanas pequeñas, no pueden ser centros. Es así que todas las manzanas que estén en el 70% menor de red vial, pueden ser centros.

$$X_i * Km_i \leq 0,7 * X_i * \frac{\sum_i Km_i}{\text{card}(i)}$$

Con:

$$Km_i = \text{Kilómetros lineales de la grilla } i \\ \text{Card}(i) = \text{cardinalidad del conjunto } I$$

Además de lo anterior, se definió una nueva variable, que ayudara a relajar la restricción (21), la cual impone igualdad entre las demandas de los cuadrantes.

$$0,9 * X_j - \varepsilon_j \leq \frac{\sum_i Y_{ij} \cdot dm_i}{\frac{\sum_i dm_i}{P}} \leq 1,1 * X_j + \varepsilon_j$$

5.6 Definición de Función Objetivo

Se estudiaron varias funciones objetivos, teniendo como principal objetivo, minimizar el tiempo de respuesta dentro de los cuadrantes.

A continuación las funciones objetivo propuestas:

Tabla 32: Funciones Objetivo estudiadas.

Función Objetivo	
A	$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij}$
B	$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij}(**)^7$
C	$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij} + \sum_j 1000 * \varepsilon_j(**)^7$
D	$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij} * dm_i(**)^7$
E	$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij} * dm_i$

Fuente: Elaboración propia.

La función (A) busca entregar el tiempo de mínima respuesta en la comuna, sin restricciones de igualdad entre las demandas, por lo que el único parámetro relevante será el tiempo de desplazamiento entre las calles del área de estudio. Es decir, se modificaron las restricciones del Modelo Propuesto.

La función (B) incluye todas las restricciones anteriormente descritas, y minimiza el tiempo de desplazamiento entre el centro del cuadrante y las grillas asignadas a este. Es decir, exige que la demanda entre los cuadrantes sea similar y minimiza tiempos de desplazamiento.

La función (C) busca relajar la restricción de igualdad entre las demandas, por lo que se incorpora un ε_j por cada cuadrante, que puede tomar un valor distinto de cero, pero en desmedro del valor de la función objetivo.

La función (D) pondera el tiempo de respuesta en el cuadrante por la demanda en cada manzana del cuadrante. Lo que se busca con esto, es que los centros de los cuadrantes estén cerca de las zonas más conflictivas, donde ocurre el mayor número de delitos de mayor connotación social o procedimiento, aunque esto

⁷ ** Esto significa que en estas restricciones se incluyó la restricción de igualdad entre las demandas de los cuadrantes.

no asegura que el carro se ubique en este centro, durante un llamado cualquiera. De todos modos, es un dato interesante conocer en qué sector le conviene estar detenida una patrulla.

La función (E) muestra la función objetivo de minimizar los tiempos dado un número de cuadrantes, ponderado por el nivel de delincuencia, sin considerar igualdad de demanda en los grupos.

Además de lo anterior, resulta interesante evaluar un número distinto de cuadrantes en la comuna de estudio, ya que la mayor restricción para limitar la cantidad mínima de cuadrantes son los kilómetros de red vial que posee la comuna. Haciendo un cálculo sencillo, donde tomamos la cantidad total de red vial y la dividimos por el parámetro establecido por la Institución que dice que un radio patrulla no recorre más de 82km en un turno, llegamos al siguiente resultado:

$$\frac{\text{Red Vial Comuna de Ñuñoa}}{82 \text{ Kilometros}} = \frac{306671 \text{ mt}}{82000 \text{ mt}} = 3,74 \text{ cuadrantes}$$

Con este resultado, se planteó nuestro modelo para distintas configuraciones, desde 7 cuadrantes, esto dada la elección hecha por parte de Carabineros de dividir a Ñuñoa en 9 cuadrantes.

Como se dijo anteriormente, el tiempo fue un factor relevante al momento de elegir como abordar el modelo. Se incorporó una grilla, que finalmente fue de 200x200 metros. Con esto, se asociaban manzanas, y se transforma una comuna de 1266 manzanas, en una de 408 grillas. El tiempo de ejecución de este modo, es relativamente bajo (el tiempo de ejecución a medida que crece el problema crece al menos, en un orden 3). Para realizar los análisis de sensibilidad, se corrió el modelo para un tiempo máximo de 25 minutos, para las distintas configuraciones posible, encontrando las siguientes características.

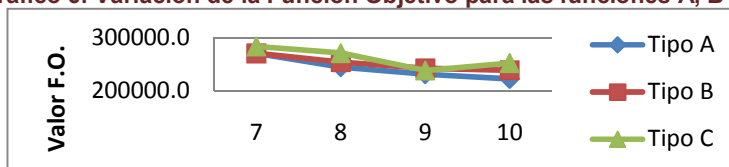
Tabla 33: Resultados obtenidos del modelo programado en GAMS, para distintas F.O. y cantidad de cuadrantes para un tiempo de ejecución máximo de 25 minutos.

N° de Cuadrantes	Tipo F.O.	Valor F.O.	Promedio Épsilon	Iteraciones	GAP	Tiempo de Ejecución (mm:ss)
7	A	256.248	-	36.699	0,0%	2:30
	B	263.430	-	183.050	0,29%	25:06
	C	263.309	0,004	104.189	0,0%	21:20
	D	12.271	-	178.392	0,16%	25:06
	E	11.799	-	41.442	0,0%	1:52
8	A	243.305	-	65.175	0,0%	2:09
	B	251.898	-	110.082	0,75%	25:06
	C	251.265	0,001	91.525	0,52%	25:06
	D	11.880	-	86.448	2.10%	25:06
	E	11.107	-	35.863	0,0%	1:37
9	A	231.436	-	56.445	0,0%	2:04
	B	247.806	-	91.757	3,71%	25:06
	C	240.767	0,011	97.023	1,93%	25:06
	D	11.701	-	93.262	5,9%	25:06
	E	10.569	-	31.706	0,0%	1:22
10	A	222.109	-	71.308	0,0%	5:29
	B	234.824	-	71.742	2,45%	25:06
	C	232.237	0,009	68.298	1,96%	25:06
	D	10.549	-	103.040	1,61%	25:06
	E	10.152	-	30.320	0,0%	1:26

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que al aumentar la cantidad de cuadrante, se hace más difícil acercarse a una solución óptima en el tiempo dado. Además se pudo observar, que al incluir una nueva variable al problema “ ϵ ”, el problema no mejora sustancialmente su rapidez, y la solución encontrada empeora (recordemos que queremos encontrar configuraciones con cuadrantes de demandas similares). Cabe mencionar, que también fue probada ponderar la función objetivo por la distancia al cuadrado (distancia desde el centro a cada grilla asignada a este centro), pero esto hace más lenta su ejecución, y no entrega resultados que difieran de manera sustancial por lo menos al evaluar la función objetivo (B).

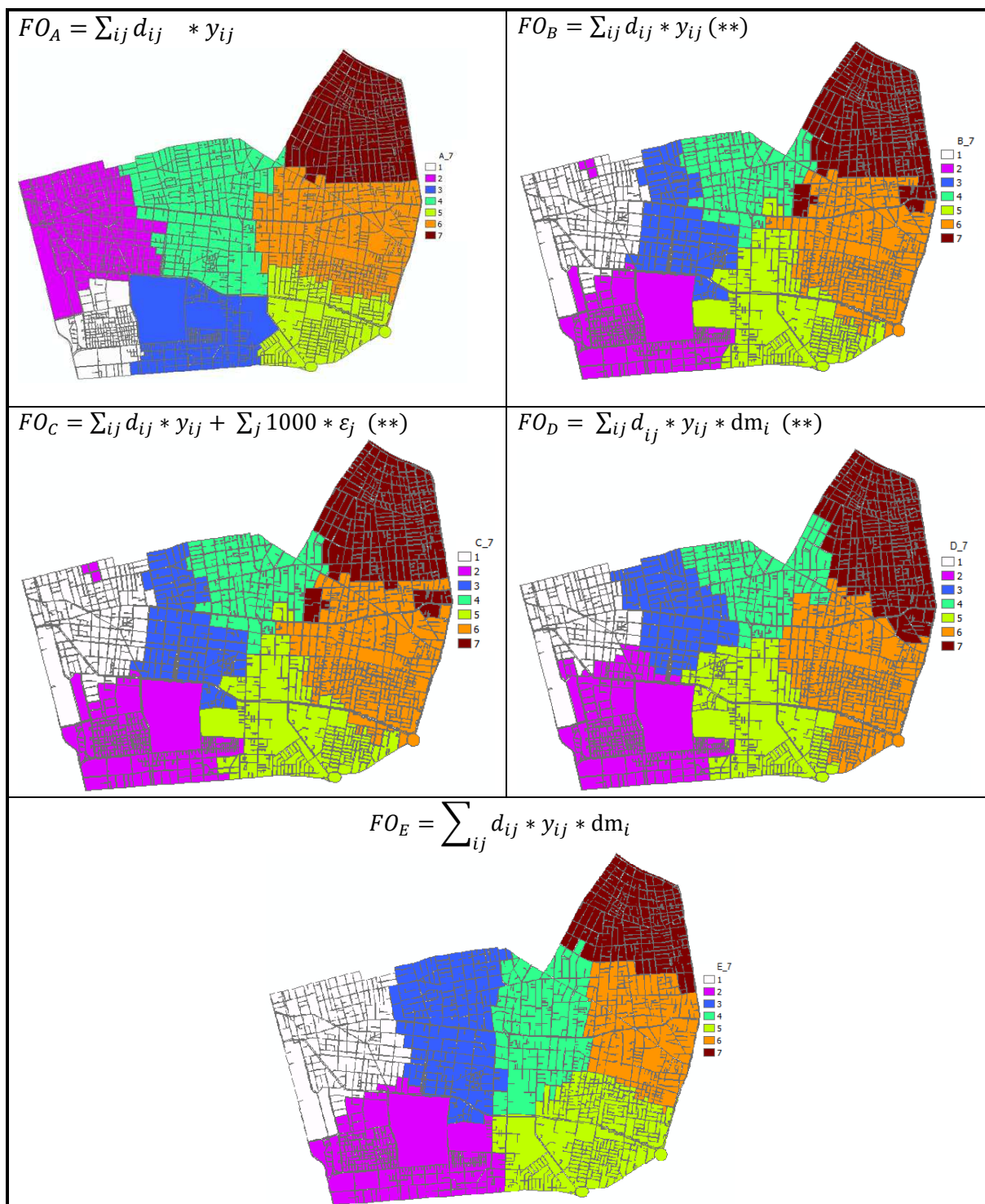
Gráfico 6: Variación de la Función Objetivo para las funciones A, B y C.



Fuente: Elaboración propia.

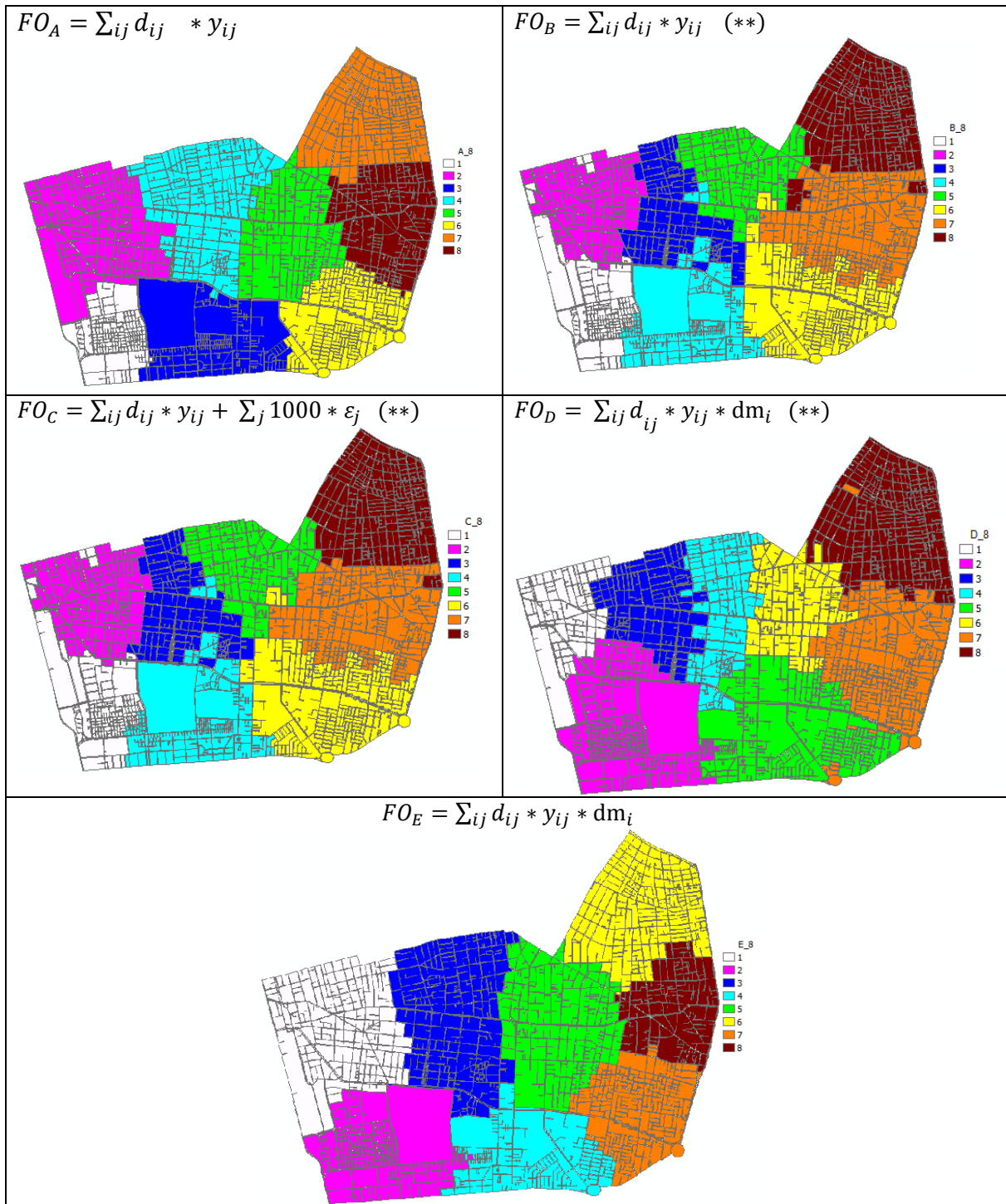
Resulta interesante ver que los resultados de las distintas configuraciones anteriormente descritas. A continuación, tablas resumen de configuraciones para las distintas funciones objetivo.

Ilustración 20: Configuraciones para las distintas F.O. para 7 cuadrantes, en la comuna de Ñuñoa.



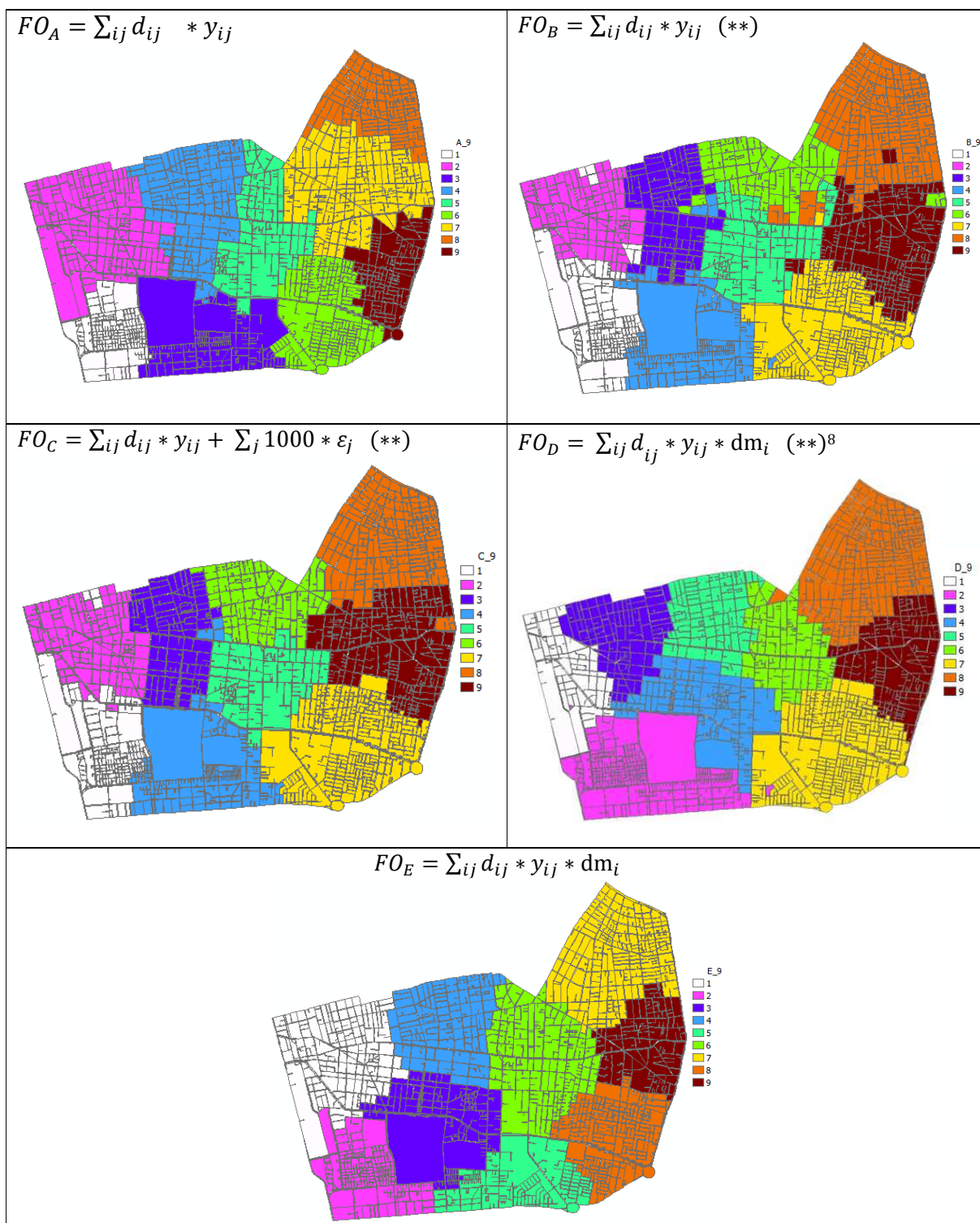
Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 21: Configuraciones para las distintas F.O. para 8 cuadrantes, en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Elaboración Propia.

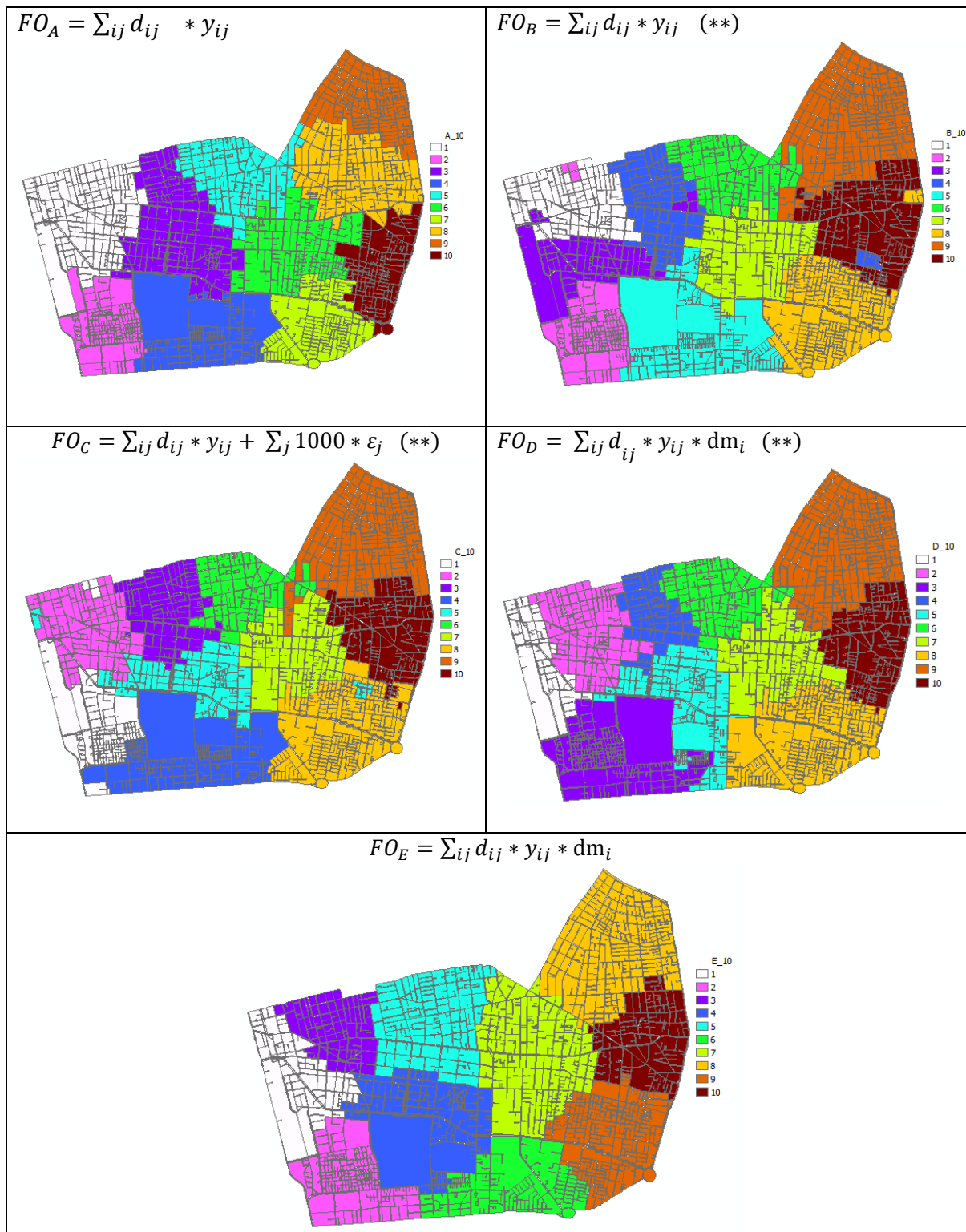
Ilustración 22: Configuraciones para las distintas F.O. para 9 cuadrantes, en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Elaboración Propia.

⁸ Configuración encontrada al exigir una F.O. con GAP del 0,01%.

Ilustración 23: Configuraciones para las distintas F.O. para 10 cuadrantes, en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se ha dicho anteriormente este trabajo, se basa en la idea de que los cuadrantes que se definan, tengan similitud entre sus demandas, ya que con esto se ayuda con el problema de congestión de procedimientos en un cuadrante, además de facilitar distribución del personal e idealmente, igualar cargas de trabajo, lo que hace más eficiente la utilización de los recursos. Recordemos que uno de los principales objetivos de la metodología de Carabineros de Chile es la similitud del índice de cobertura policial, lo cual es una directa consecuencia del modelo propuesto.

Posterior a la definición de cuadrantes, se propone otro problema de optimización, para encontrar los reales centros (se elimina la grilla y se trabaja solo con manzanas), éstos se obtienen al ponderar los tiempos de desplazamiento por la demanda de recursos policiales. De este modo, una patrulla tendrá el antecedente del sector en que conviene tener las detenciones más largas. Además este “Modelo II” entrega indicadores interesantes como: tiempo de respuesta promedio en cada cuadrante, red vial, y por supuesto, su demanda.

Es en este segundo modelo donde se realiza la asignación de recursos, ya que al contar con la demanda de cada cuadrante, este problema es posible plantearlo de forma lineal fácilmente.

Por lo anterior, la función con que se realizarán los análisis de sensibilidad es la Función Objetivo D, ya que esta incluye la restricción de igualdad de demanda e incluye que esta última no está distribuida uniformemente en el espacio.

5.7 Comparación entre el actual modelo y el propuesto.

5.7.1 Planteamiento de un modelo para realizar comparaciones y asignación de los recursos de vigilancia.

Se procedió a modelar una herramienta que ayude a entregar indicadores de desplazamientos y que cuantifiquen la demanda de los cuadrantes.

El modelo es básicamente una modificación del modelo propuesto anteriormente, en donde definimos un centro ficticio, y buscamos el tiempo de desplazamiento a todas las manzanas asignadas a este centro, pero en este nuevo modelo se elimina el uso de la grilla, por lo que entregamos mayor libertad al modelo, y por ende, puede encontrar un óptimo mejor.

Entonces, el modelo en GAMS tiene el siguiente problema de optimización:

Lo primero que necesitamos, es un set de datos que nos indique a qué grupo pertenece cada manzana. Este dato lo entregamos en una tabla con columnas igual al número de cuadrantes (k_1, \dots, k_9 en nuestro caso), la cual tomará un valor 1 si pertenece a ese grupo, y cero en otro caso.

$$GM_{i,k} = \text{si la manzana } i \text{ pertenece al grupo } k$$

Además necesitamos el tiempo de desplazamiento, que en este caso es al centro de la manzana:

$$d_{ij} = \text{Tiempo de desplazamiento desde el nodo } i \text{ al centro } j$$

Con esto, también es interesante calcular la red vial dentro del grupo, y su demanda, por lo que entregamos también:

$$dm_i = \text{demanda del nodo } i$$

$$Km_i = \text{Kilómetros lineales de la grilla } i$$

Y como queremos determinar un centro, que nos entregue el menor tiempo de desplazamiento a todos los integrantes del conjunto, necesitamos definir la siguiente variable de decisión:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la manzana } i \text{ es un centro} \\ 0 & \text{si no.} \end{cases}$$

Con la restricción de cuadrantes igual a "P":

$$\sum_{j \in J} X_j = P$$

Para incluir la asignación de recursos dentro de los cuadrantes, necesitamos la información de los medios de vigilancia disponibles y su equivalente a U.V.E. Entonces modelamos esa información de la siguiente manera:

$$cv_c = \text{cantidad disponible de vigilancia del tipo } c$$

$$eq_c = \text{equivalencia en UVE de la vigilancia } c$$

Necesitamos una variable entera que defina cuanta oferta del tipo c será asignada a cada cuadrante k:

$$Of_{c,k} = \text{oferta del tipo } c \text{ asignada al cuadrante } k$$

Con esto podemos definir una nueva variable, que nos indica el IDCP de la forma siguiente:

$$\frac{\sum_c Of_{c,k} * eq_c}{\sum_i dm_i * G_{ik}} = dif_k$$

Además debemos imponer que lo asignado sea igual a lo disponible:

Con lo anterior, hay que buscar el mínimo y el máximo del valor de la variable :

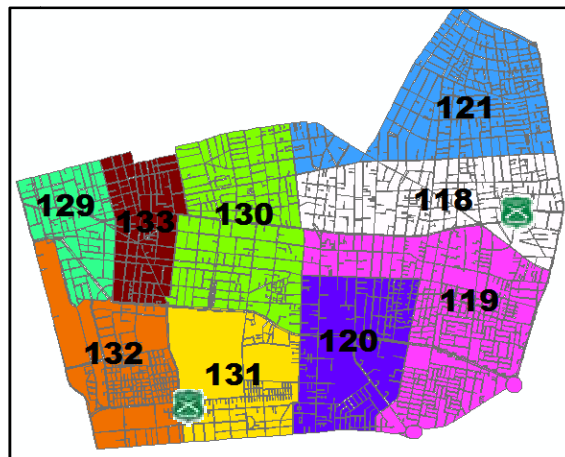
Y cuya función objetivo será:

Con esta última ecuación buscamos rescatar el hecho de que la demanda no se distribuye uniformemente a través del territorio, por lo que es mejor ubicar el centro cerca de donde haya mayor demanda por recursos policiales. Con la expresión buscamos que el IDCP menor y mayor sean lo más parecido posible entre los cuadrantes.

5.7.2 Modelo Actual utilizado por Carabineros de Chile

Recordar la configuración de los cuadrantes actuales:

Ilustración 24: Cuadrante con los que opera el Plan cuadrante de Seguridad Preventiva en la comuna de Ñuñoa.



Fuente: Cuenta Pública Ñuñoa - Carabineros de Chile, Septiembre 2009.

Tabla 34: Tabla resumen de indicadores encontrados para el modelo de Carabineros.

CARABINEROS						
Cuadrante	RED VIAL		Demanda		Tiempo Respuesta	
	Kilómetros	Variación	U.V.E.	Variación	Segundos	Variación
118	39,2	15%	3,232	43%	207	13%
119	62,4	83%	3,258	44%	187	2%
120	25,6	25%	1,367	39%	220	20%
121	47,3	39%	2,110	7%	187	2%
129	19,8	42%	1,983	12%	150	18%
130	40,6	19%	4,004	77%	177	4%
131	18,9	45%	0,981	57%	201	9%
132	34,5	1%	1,961	13%	159	13%
133	18,4	46%	1,419	37%	166	10%
Promedio	34,1	35%	2,257	37%	184	10%
Total	306,7	-	20,315	-	1.654	-

Fuente: Elaboración Propia.

Como podemos observar en la tabla (34), no se ve una agrupación por algún tipo de característica estudiada en este trabajo. Los cuadrantes son muy disimiles en demanda de recursos policiales, tiempo de respuesta, además de tener distintos kilómetros de red vial.

Si vemos cada indicador, encontramos que en cuadrantes de gran tamaño (119), existe igualmente una gran demanda. Y en el cuadrante 130 tenemos una demanda que esta sobre el promedio un 78% y también que su tiempo de respuesta es mayor al 20% sobre la media.

Existe una delimitación clara, hecha por calles de principales, que facilitan la orientación e identidad del cuadrante. Cabe recordar que Carabineros coloca como restricción intrínseca la división por jurisdiccional de las comisarías, cosa que en este estudio no fue considerado. El estudio y la metodología propuesta son perfectamente replicables para realizar la división por área jurisdiccional, igualando cuadrante dentro de comisarías, en vez de comunas, y sugiriendo la cantidad adecuada de cuadrantes dentro de esta área, para una buena configuración bajo las restricciones pedidas.

A continuación, un esquema de la comuna de Ñuñoa, con las demandas por manzanas, agrupadas en 6 grupos, por su valor multiplicado por 1000.

Ilustración 25: Mapa de los cuadrantes de la Comuna de Ñuñoa, más demanda por manzana.



Fuente: Elaboración Propia.

5.7.3 Modelo Matemático

Dado el trabajo realizado hasta este capítulo, se ha decidido hacer los análisis con la configuración entregada por la función objetivo “D”, ya que se considera que esta entrega una completa caracterización del territorio, ya que incluye entre sus objetivos disminuir los desplazamientos, teniendo en cuenta la complejidad de cada manzana. Además, incluye la restricción de igualdad de demanda, con lo que entrega una buena aproximación de la forma que podrían tener los cuadrantes, ya que al contrastarla con la función objetivo “B”, está en muchos casos asigna grillas lejanas de gran complejidad, para distribuir de mejor manera las demandas.

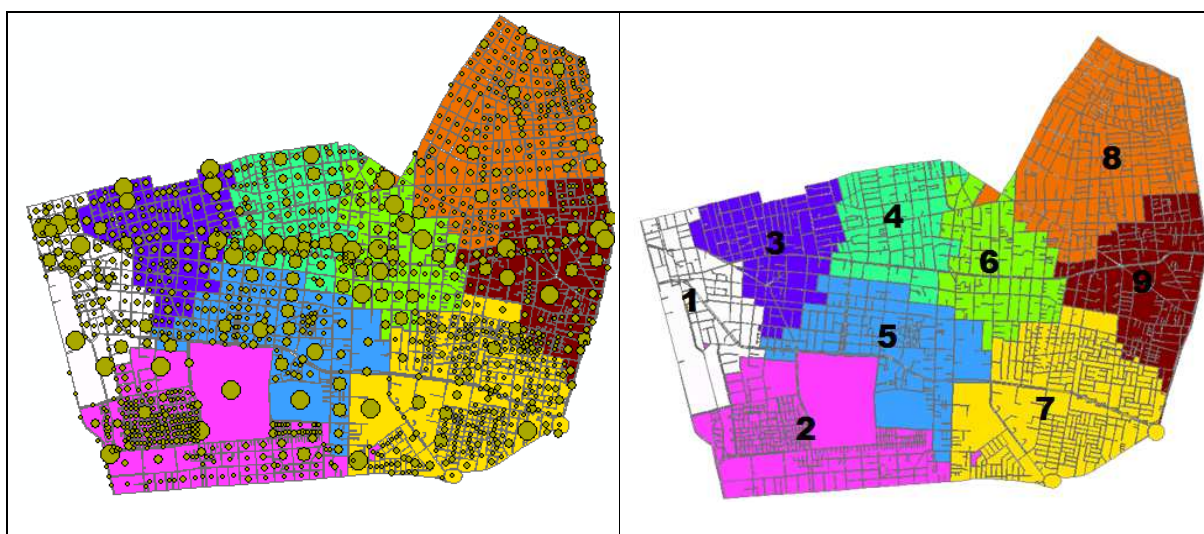
Fue así como que se le exigió al programa iterar hasta llegar a una solución 0,01% mayor al óptimo (recordar que el algoritmo se detiene cuanto el GAP es del orden del 5%). Con lo anterior, se consiguió una configuración más exacta, luego de un tiempo de ejecución de un poco más de 4 horas.

Se sugiere posterior a este análisis, mostrar esta configuración a personal experto del cuerpo de Carabineros que trabajen en el sector, para delimitar de esta manera finalmente, unos buenos cuadrantes para la comuna. Esta etapa, es la que denominaremos “Suavización del Modelo”, donde se pueden relajar algunas restricciones de igualdad, que hacen más fácil la utilización de las áreas de vigilancia.

Notar que la configuración mostrada, no incluye como restricción respetar la división jurisdiccional hecha por las comisarías dentro de la comuna.

A continuación, el modelo entregado por la función objetivo D, y mostrando además un esquema de la demanda por manzana.

Ilustración 26: Configuración entregada por el Modelo al pedir precisión del 0,01%, además de la demanda por manzanas.



Fuente: Elaboración Propia.

Observando el resultado, se ve que se entrega una buena configuración de cuadrantes, en donde la mayoría de las manzanas está rodeada por manzanas del mismo grupo, y límites claros, salvo muy pocas ocasiones. Si observamos el cuadrante que denominamos como “8”, vemos que es el que tiene mayor problema en sus límites, estos son difusos y dispersos. Al analizar los datos, encontramos porque esto es así, ese sector de la comuna tiene poca demanda (comparativamente). Es por eso que el programa asigna manzanas de mayor demanda que están alejadas de su centro. Lo mismo ocurre para el cuadrante denominado como “7”, esto lo podemos concluir gracias a la ilustración (26) y a los resultados de los indicadores en estos cuadrantes. Más detalle de los indicadores del programa se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 35: Tabla resumen de indicadores encontrados para el modelo matemático.

MODELO MATEMATICO						
	RED VIAL		Demanda		Tiempo Respuesta	
Cuadrante	Kilómetros	Variación	U.V.E.	Variación	Segundos	Variación
1	32,1	6%	2,194	3%	200	9%
2	21,8	36%	2,149	5%	156	15%
3	44,5	30%	2,202	2%	166	10%
4	24,4	28%	2,326	3%	163	11%
5	30,3	11%	2,211	2%	195	6%
6	23,3	32%	2,303	2%	182	1%
7	23,82	30%	2,311	2%	219	19%
8	54,34	59%	2,405	7%	183	0%
9	52,2	53%	2,213	2%	187	2%
Promedio	34,1	32%	2,257	3%	183	8%
Total	306,7	-	20,314	-	1.651	-

Fuente: Elaboración Propia.

Podemos observar que la variación respecto al promedio del tiempo de respuesta y de la demanda es muy baja, lo que es un buen resultado, ya que este es uno de los principales objetivos pedidos al modelo.

La red vial es otro indicador interesante que revisar, comparando los resultados obtenidos con el modelo utilizado por Carabineros de Chile, vemos que incluso el promedio de este, es mucho mejor que el del actual modelo, y que un gran número de kilómetros de red vial, va acompañado de un tiempo de respuesta aceptable, y una carga de demanda similares.

5.7.4 Modelo Suavizado

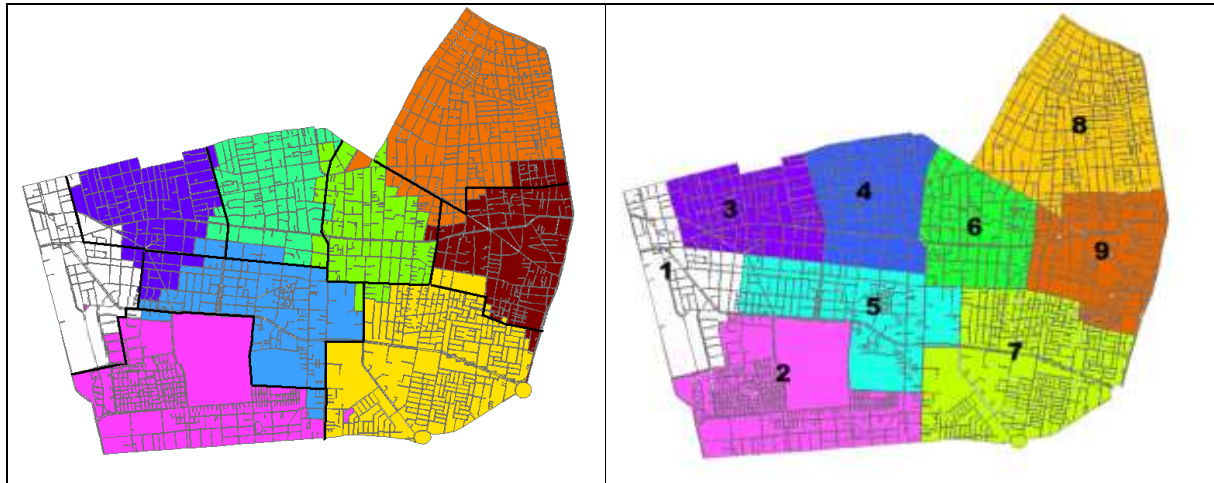
Como se dijo anteriormente, lo que se pretende luego de llegar a una configuración con el programa, donde se obtengan figuras de demandas similares, es suavizar la forma de los cuadrantes, de manera que estos sean amigables con sus usuarios, que en este caso son: los residentes de los cuadrantes y los Carabineros que realizan labores de vigilancia.

Es por esto que se esbozó una configuración intuitiva desde la configuración encontrada inicialmente. Esta podría ser la primera de una par de iteraciones hasta encontrar una configuración que entregue cuadrantes con formas simples, y de similares demandas.

Se comenzó por observar que tipo de demanda tiene cada manzana, además de los resultados de la tabla (35), donde podemos observar que el cuadrante 7 y el

cuadrante 8 cumplen en forma precisa la cota máxima de red vial, es por esto que no se pueden expandir, y se debe relajar la restricción de demandas similares.

Ilustración 27: Segunda iteración de Suavizamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 36: Resumen de indicadores encontrados para el modelo suavizado.

MODELO SUAVIZADO						
Cuadrante	RED VIAL		Demanda		Tiempo Respuesta	
	Kilómetros	Variación	U.V.E.	Variación	Segundos	Variación
1	22,4	34%	2,152	5%	145	21%
2	43,3	27%	2,175	4%	171	7%
3	23,9	30%	2,454	9%	162	12%
4	25,6	25%	2,457	9%	187	2%
5	30,5	10%	2,094	7%	193	5%
6	23,8	30%	2,281	1%	215	17%
7	54,61	60%	2,465	9%	182	1%
8	51,66	52%	2,126	6%	188	2%
9	30,9	9%	2,109	7%	211	15%
Promedio	34,1	31%	2,257	6%	184	9%
Total	306,7	-	20,315	-	1.654	-

Fuente: Elaboración Propia.

Podemos observar, que los indicadores aún están en un rango aceptable, destacando que la variación del tiempo de respuesta al igual que el de kilómetros de red vial disminuye. Esto se debe a que se relaja la restricción de igualdad de demandas, con lo que celdas que estaban lejanas, ya no son incluidas en grupos de gran superficie.

Asignación de Recursos en base al modelo suavizado

Una vez definidos los cuadrantes, el modelo que entrega los indicadores de cada cuadrante entrega también una matriz con los valores de una posible asignación de recursos. Lo que se busca en éste punto, es apoyar con un instrumento matemático la forma de la asignación de recursos, que por su naturaleza entera, puede ser compleja.

Se pueden incluir restricciones adicionales como por ejemplo, que necesariamente en cada cuadrante haya disponible un vehículo, esto no se impuso ya que se recomienda consultar el juicio de personal experto para construir y refinar un modelo final.

Recordemos con datos estimados con los que el modelo entrega una configuración posible:

Tabla 37: Valor total U.V.E. ofrecido en la Comuna de Ñuñoa.

Recurso	Factor <i>Nvo</i>	Q	Q x Factor <i>NVo</i>
Radio Patrulla (RRPP)	0,333	10	3,33
Furgones (Z)	0,333	7	2,33
Motos todo terreno (MTT)	0,225	12	2,70
Retenes Móviles	0,4	5	2,00
Infante	0,1	10	2,00
Punto Fijo	0,05	9	0,45
Móvil Municipal	0,1	-	-
EVCF	0,13	2	0,26
Total (UVE)			13,12

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación la matriz solución entregada por GAMS para la posible distribución de los recursos.

Ilustración 28: Matriz entregada por GAMS para la distribución de los recursos de vigilancia en los distintos cuadrantes del modelo suavizado.

	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
c1			1.000			2.000	2.000	2.000	3.000
c2	1.000			4.000			2.000		
c3	2.000	3.000			6.000				1.000
c4			2.000			2.000		1.000	
c5	6.000	6.000	4.000	2.000			2.000		
c6			1.000	1.000			1.000	6.000	
c7		1.000							1.000

Fuente: Elaboración Propia.

Notemos que se consideró la ubicación de las comisarias que forman parte de los cuadrantes 2 y 9 de esta configuración. Carabineros estimo que solo la presencia de un cuartel aporta a las vigilancias preventivas en los cuadrantes.

Es interesante ver como varia en IDCP (oferta/demanda) en esta configuración, por lo que a continuación se presenta el valor de esta variable que se obtuvo. Notar que las diferencias aparecen en la tercera cifra significativa.

Tabla 38: Resultado de la variable IDCP.

Cuadrante	IDCP
1	0,643
2	0,646
3	0,645
4	0,644
5	0,645
6	0,643
7	0,642
8	0,642
9	0,642

Fuente: Elaboración Propia.

5.8 Análisis de Sensibilidad

En el análisis de sensibilidad lo que se estudió, es como cambia nuestra función objetivo respecto a variaciones en los parámetros externos, no determinados por el algoritmo. Esto es muy interesante, ya que nos da una idea de cuan sensible es el resultado obtenido, al cambio de estos parámetros.

Recordemos la función objetivo (D) y los valores obtenidos para un número distinto de cuadrantes:

$$\sum_{ij} d_{ij} * y_{ij} * dm_i$$

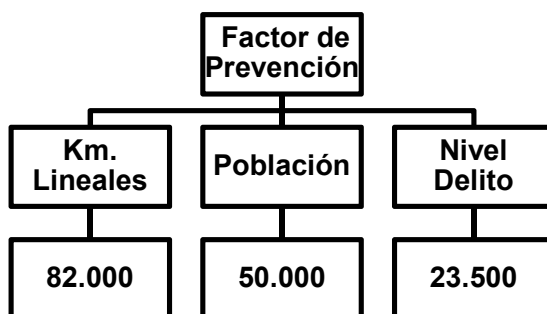
Tabla 39: Resumen de valores de las distintas funciones objetivos.

Cuadrantes	Resultado F.O. obtenido	GAP
7	12.271	0,16%
8	11.880	2.10%
9	11.701	5,9%
10	10.549	0,61%

Fuente: Elaboración Propia.

Como sabemos la configuración utilizada por Carabineros en la comuna de Ñuñoa, es de 9 cuadrantes, por lo que con esa configuración, es hecho el estudio.

Lo primero que haremos es variar los parámetros utilizados para calcular el primer componente que determina la demanda, que es el denominado “Componente de Prevención”. Recordemos sus valores:



Se variaron estos valores desde un 50% a un 150% del valor del parámetro. A continuación una tabla resumen con los resultados obtenidos.

Tabla 40: Resumen análisis de sensibilidad de la función objetivo para el componente I.

Población			Red Vial			Nivel de Delito		
Variación del Parámetro	Valor F.O.	Variación Porcentual	Variación del Parámetro	Valor F.O.	Variación Porcentual	Variación del Parámetro	Valor F.O.	Variación Porcentual
0,5	12.686	8,42%	0,5	12.504	6,86%	0,5	13.012	11,20%
0,8	11.480	-1,89%	0,8	11.400	-2,57%	0,8	11.423	-2,38%
1,2	11.168	-4,56%	1,2	10.976	-6,20%	1,2	10.945	-6,46%
1,5	10.982	-6,14%	1,5	10.955	-1,71%	1,5	10.940	-6,50%

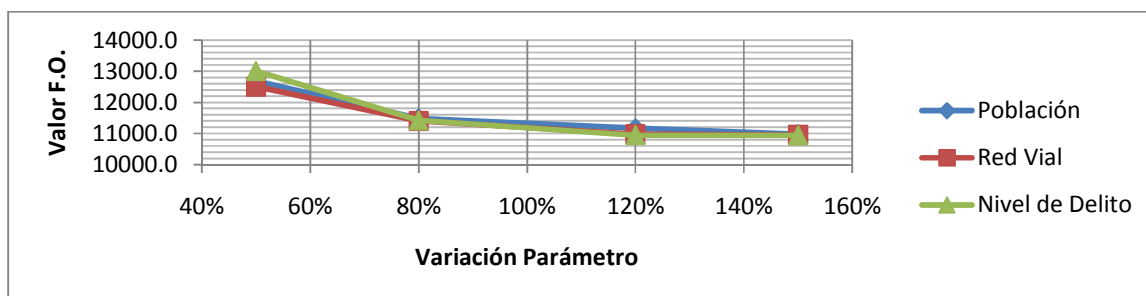
Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que la función objetivo varía mucho más al disminuir los parámetros (aumentar la demanda) que al aumentarlos. Esto se explica porque estamos variando solo el primer componente de la demanda que representa alrededor de un 30% de la demanda total.

Vemos que al aumentar los valor de los parámetros, el que menos afecta, es el de Red Vial. Esto es esperable, ya que este parámetro es de gran magnitud, y es probable que los otros dos componentes contrarresten su disminución.

Al disminuir los valores de los parámetros, vemos que todas las demandas crecen aproximadamente con la misma pendiente, aunque la más sensible es el nivel de delito. Esto se explica, ya que el nivel de delito tiene un parámetro de menor magnitud que la población y la red vial, lo que produce un mayor cambio al disminuirlo en la función objetivo.

Gráfico 7: Variación función objetivo al variar los parámetros del componente I.



Fuente: Elaboración Propia.

Kilómetros de red vial

Es interesante ver cuál es el valor en que los kilómetros de red vial dejan de ser un factor determinante al momento de calcular la demanda. Es por esto que se varió el parámetro a valores extremos. El máximo es cuando todas las manzanas son determinadas por su red vial y el mínimo, cuando no determina ninguna, pero dado que hay manzanas sin delitos, ni habitantes, este valor es distinto de cero.

Tabla 41: Variación parámetro “kilómetros de red vial”.

Kilómetros de Red Vial				
	N° de Manzanas	F.O.	Parámetro	%
Mínimo	63	10.846	32.783.367	39980%
Máximo	1266	220.158	839	1.0%

Fuente: Elaboración Propia.

Población

Este es un factor muy interesante, ya que la población siempre cambiará en las comunas. Al aumentar o disminuir el factor, es también lo inverso a cambiar los valores de la gente que vive en ese lugar.

Tabla 42: Variación parámetro “población”.

Población				
	N° de Manzanas	F.O.	Parámetro	%
Mínimo	0	10.763	4.359.182	8718%
Máximo	828	726.910	148	0.3%

Fuente: Elaboración Propia.

Nivel de Delito

El parámetro que determina el valor de “Nivel de Delito”, en el componente de prevención, es igual de interesante que el anterior, ya que al aumentarlo o disminuir, intrínsecamente estamos variando la cantidad de delitos que ocurren en la comuna.

Tabla 43: Variación parámetro “nivel de delincuencia”.

Nivel de Delincuencia				
	N° de Manzanas	F.O.	Parámetro	%
Mínimo	0	10472	630.747	1261%
Máximo	1081	3.037.301	16	0.0%

Fuente: Elaboración Propia.

5.9 Estimación de Recursos Presupuestarios [26]

Los recursos para implementar esta propuesta se pueden separar en dos grandes grupos: los recursos adicionales y los recursos propios. Los primeros, son los recursos que deberán ser adquiridos por la Institución o que pueden ser o no contrataciones permanentes. Los recursos propios, es el personal o activos que Carabineros tiene y maneja día a día para entregar sus servicios.

Para estimar la implementación del modelo, es necesario saber los costos que tiene para la Institución el cambio de la estructura de las bases de datos donde se registran los delitos. Ahora cada cuadrante tiene códigos con los que se registran los distintos procedimientos que ocurren dentro de él. Estos deberían modificarse para el registro en base a los nuevos cuadrantes.

Además de lo anterior, habría una etapa de validación de los cuadrantes con los oficiales a cargo de cada comisaría, este tiempo se estima en alrededor de 2 días. Es en este punto donde se presentan distintas configuraciones a los Mayores y Capitanes a cargo. Se obtiene de este modo, una configuración amigable, que de identidad al cuadrante y sea fácil de recordar.

Luego vendría una etapa de capacitación de los Carabineros, la cual debe estar a cargo de un expositor. Es aquí donde los funcionarios aprenden cual es la figura del nuevo cuadrante, y la definición de las nuevas rondas que deberán realizar en cada turno.

Simultáneamente a esto, debe prepararse material como afiches e información de difusión, tanto para el personal de la institución, actores activos (juntas de vecinos, servicentros, etc.) y para el resto de la comunidad de la jurisdicción en cuestión. Recordemos que la forma que utilizó carabineros para difundir el Plan Cuadrante, fue través de informativos donde aparecen los celulares asociados a los cuadrantes.

Con lo anterior también se debe modificar la página web de Carabineros, que es una de las principales fuentes de difusión a la comunidad.

A continuación se nombran a todos los agentes que deberían participar en la conformación de los cuadrantes de una comuna.

Equipo Ingeniero Diseñador de Cuadrantes

Definición de las distintas configuraciones que serán propuestas a los Mayores de las comisarías en la comuna de estudio.

Reuniones con el Departamento de Operaciones, Oficiales y Mayores de cada comisaría en estudio, para la validación, y determinación de los cuadrantes finales.

Ingeniero en Computación

Cambio de bases de datos utilizadas en el registro de las laboras policiales ocurrida en los cuadrantes. Este tiempo es estimado por cada cuadrante, y esta labor es posible realizarla, solo después de la validación hecha por el Ingeniero Diseñador de Cuadrantes.

Diseñador Web

Diseño de una página en para el sitio web de Carabineros de Chile, con links interactivos, para que la población acceda a la información de cada uno de los cuadrantes.

Además tiene a cargo la incorporación de nuevas comunas al sistema descrito anteriormente.

Consultor Asesor / Implementador

Encargado de transmitir la nueva información al personal encargado de labores de vigilancia.

Carabinero que cumple con Labores de vigilancia

Capacitación al personal sobre la nueva configuración de los cuadrantes.

Oficiales, Comisarios y Mayores

Reuniones con Ingeniero Diseñador, llevadas a cabo pre y pos diseño de propuestas de cuadrantes.

Encargados del Departamento de Operaciones

Reuniones con Ingeniero Diseñador, llevadas a cabo pre y pos diseño de propuestas de cuadrantes.

La información anterior se puede resumir en las siguientes tablas:

Tabla 44: Estimación de recursos adicionales para la implementación del modelo en la comuna de Ñuñoa.

Recursos Adicionales				
Personal	Cantidad	Tiempo (días)	Costo (mensual)	Total Comuna de Ñuñoa
Ingeniero Diseñador	5	15	\$ 1.500.000	\$ 4.017.857
Consultor Asesor/ Implementador	1	7	\$ 350.000	\$ 87.500
Información actores principales	50	-	\$ 2.000	\$ 100.000
Flyers ciudadanía	37238	-	\$ 150	\$ 5.585.670
TOTAL ⁽⁹⁾				\$ 9.791.027
TOTAL PONDERADO FACTOR 10%				\$ 10.770.130
TOTAL ⁽¹⁰⁾				MM\$10,8

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45: Estimación del costo de utilización de recursos propios por parte de la Institución.

Recursos Propios				
Personal	Cantidad	Tiempo (días)	Costo (mensual)	Total Comuna de Ñuñoa
Ingeniero en Computación	1	7	\$ 1.200.000	\$ 300.000
Programador Web	1	3	\$ 600.000	\$ 64.286
Cartógrafo	1	7	\$ 750.000	\$ 187.500
Geógrafo	1	7	\$ 800.000	\$ 200.000
Personal Labores de vigilancia	206	1	\$ 560.189	\$ 4.121.391
Personal de Jefaturas	8	2	\$ 1.425.772	\$ 814.727
Personal Departamento de Operaciones	5	2	\$ 560.189	\$ 200.068
TOTAL ⁽¹¹⁾				\$ 5.887.971
TOTAL PONDERADO FACTOR 10%				\$ 6.476.768
TOTAL ⁽¹²⁾				MM\$6,5

Fuente: Elaboración Propia.

⁹ Total basado en los valores estimados.

¹⁰ Total aproximado que incluye un factor de seguridad del 10%.

¹¹ Total basado en los valores estimados.

¹² Total aproximado que incluye un factor de seguridad del 10%.

En las tablas anteriores, se ha ponderado el resultado final, por un factor de seguridad de un 10% para gastos no considerados en este estudio, como por ejemplo, los costos de comprar licencias para los programas de modelación.

Los datos ambas tablas son valores estimados, y particularmente los datos de la tabla 44 no han sido validados por Carabineros, este cálculo solo pretende entregar un valor estimado del costo que tendría implementar la propuesta a nivel país.

Para implementar este modelo a nivel país es posible extrapolar la situación de Ñuñoa a nivel nacional, contado con la información de la población a la cual va dirigido el Plan Cuadrante, además de la cantidad de comisarias o retenes que las administran.

Según un informe de estadísticas delictivas de Carabineros de Chile, las comunas se dividen en áreas jurisdiccionales como: reten, tenencia, subcomisarias y comisarias. Recordemos que el Plan Cuadrante se aplica en 100 comunas, y que en el año 2011 se incorporan 15 más. Esto permite abarcar una población del 81,7% de los habitantes a nivel nacional.

Con lo anterior, podemos estimar el costo a nivel nacional de la implementación de este modelo.

Suponemos que existen 1,5 unidades o destacamentos de Carabineros por comuna, y que en cada hogar hay 5 integrantes. Con esto llegamos a las siguientes tablas resumen.

Tabla 46: Costo presupuestario de recursos adicionales de la implementación del modelo extrapolado a nivel nacional.

Recursos Adicionales Extrapolados a Nivel País					
Personal	Cantidad	Tiempo por caso (días)	Costo (mensual) (CLP)	Cantidad de Casos	Total (CLP)
Ingeniero Diseñador	5	15	\$ 1.500.000	115	\$ 462.053.571
Consultor Asesor/ Implementador	1	7	\$ 1.200.000	115	\$ 34.500.000
Información actores principales	5750	-	\$ 2.000	-	\$ 11.500.000
Flyers ciudadanía	2777800	-	\$ 150	-	\$ 416.670.000
TOTAL A NIVEL PAÍS					\$ 924.723.571
TOTAL PONDERADO FACTOR 10%					\$ 1.017.195.929
TOTAL ⁽¹³⁾					MUS\$2.000

Fuente: Elaboración Propia.

¹³ Total aproximado y ponderado por un factor de seguridad del 10%, moneda: dólares estadounidenses.

Tabla 47: Costo presupuestarios de recursos propios necesarios para la implementación del modelo extrapolado a nivel nacional.

Recursos Propios Extrapolados a Nivel País					
Personal	Cantidad	Tiempo por caso (días)	Costo (mensual) (CLP)	Cantidad de Casos	Total (CLP)
Ingeniero en Computación	5	7	\$ 1.200.000	115	\$ 172.500.000
Programador Web	1	30	\$ 600.000	1	\$ 642.857
Cartógrafos	1	3	\$ 750.000	115	\$ 9.241.071
Geógrafos	1	3	\$ 800.000	115	\$ 9.857.143
Personal Labores de vigilancia	206	1	\$ 560.189	115	\$ 473.959.908
Personal de Jefaturas	8	2	\$ 1.425.772	115	\$ 93.693.589
Personal Departamento de Operaciones	5	2	\$ 560.189	115	\$ 23.007.763
TOTAL A NIVEL PAÍS					\$ 782.902.330
TOTAL PONDERADO FACTOR 10%					\$ 861.192.563
TOTAL ⁽⁹⁾					MUS\$ 1.750

Fuente: Elaboración Propia.

Debemos considerar que a nivel nacional se alcanzan economías de escala, y que hay gastos que solo se incurren una vez, al inicio de la implementación, como el diseñador web. Otros, como los flyers, que pueden conseguirse a un valor inferior, dado la gran cantidad que se necesitan.

En este último cálculo, también se consideró un factor de seguridad para gastos no considerados en la estimación, como pueden ser gastos de desplazamiento a regiones por nombrar alguno.

6. Comentarios y Conclusiones

Es un hecho de conocimiento público que Carabineros de Chile tiene un gran déficit de personal y equipamiento, como carros policiales, cuarteles móviles, etc. De este modo, se hace indispensable mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos.

Este trabajo pretende ser un aporte en este ámbito, ayudando a la organización de las rondas de vigilancia preventiva en las distintas comunas del país. Para esto fue indispensable la integración del personal de Carabineros, que entrega su experiencia en materia de prevención y criminología, en el trabajo investigativo, para así llevar a cabo el desarrollo de un modelo que pueda aportar realmente con sus labores.

Se llevaron a cabo distintas entrevistas a funcionarios de la institución. Se conversó con la Dirección de Orden y Seguridad, Departamento de Procesamiento y Análisis de Información Criminológica, Área de Análisis de Información Territorial, además de tener conversaciones con personal de jefatura y de labores preventivas de la 18a Comisaria de Ñuñoa. Gracias a estas conversaciones se pudo validar la idea inicial de realizar una nueva configuración para los cuadrantes de seguridad pública, ya que los mismos agentes realizadores del trabajo preventivo sugerían que era posible una mejor distribución basada en igualdad de carga laboral.

Se propone una metodología que parte por la caracterización del área de estudio, para así rescatar todos los factores relevantes que afectan las labores de vigilancia. Posteriormente, basándose en los criterios establecidos por la institución, se estimó la oferta y la demanda de cada sector de la comuna. Gracias a esto se planteó un modelo que permite diseñar cuadrantes objetivamente mediante el uso de la información de la base de datos de Carabineros. Se utilizó metodología que es replicable en la mayor parte del país. Siempre es bueno lograr metodologías formales, que puedan ser estudiadas y mejoradas.

Se realizó un estudio de los distintos objetivos que se busca rescatar en este tipo de esquemas, y se llegó a la conclusión que lo mejor es combinar tiempo de viajes, demandas e igualdad entre las áreas de vigilancia. Aunque el tiempo de viaje no tiene una mejora representativa, la igualdad de cargas ayuda a la disminución de la congestión producida por la acumulación de procedimientos pendientes dentro de un cuadrante. Al mejorar esto último se logra que sea más probable que un carro del cuadrante atienda sus procedimientos, ya que es igualmente probable que ocurra una cierta cantidad de eventos en cada cuadrante, en ventanas de tiempo mensuales.

El modelo puede ser perfeccionado para lograr una aplicación más fácil y que pueda ser usada a mayores escalas. El refinamiento matemático puede hacerse al definir set dinámicos para la declaración de variables, o a través del planteamiento de una heurística que solucione el problema de manera más rápida y porque no,

introduciendo además algoritmos de suavizamiento. No fue considerado que los medios de vigilancia pueden ser modelados como variables enteras, ya que se sabe el número de infantes, radio patrulla, etc., que forma la oferta en un área jurisdiccional.

No obstante, metodología es replicable a cualquier escala si se escoge correctamente el tamaño de grilla, acorde a las capacidades del computador disponible. La utilización de una grilla ayuda a reducir el tamaño del problema, pero limita en menor medida, encontrar la solución más cercana al óptimo.

Se trabajó con un computador, Athlon ii 445 x3 3200 MG, y 3GB de memoria RAM. Con esto el programa entregaba resultados hasta con 950 grillas, donde se buscaban 9 centros, sin problemas. La larga duración de la búsqueda de una solución óptima, fue determinante al momento de definir el tamaño del problema a resolver. De todos modos, la aplicación de una grilla entrega buenos resultados, ya que junta manzanas que en ciertos casos deben permanecer unidas.

No se cuentan con suficientes datos para determinar el tiempo de caducidad de la configuración entregada por el modelo, pero se estima que esta tiene una aplicabilidad de más de 5 años, ya que se trabajó con datos de 4 años, y se observó que las áreas de mayor demanda, mantienen constantes sus valores a través del tiempo. Es posible determinar con más precisión el periodo de tiempo a reevaluar la estructura de los cuadrantes introduciendo series de tiempo al análisis de los datos.

Aunque el tiempo de viaje finalmente no es mejorado en una porción significativa, lo que hace interesante el trabajo es el aporte en la buena distribución de la demanda, y disminución en la diferencia de tamaño de los cuadrantes que actualmente difieren bastante. Con esto se contribuye a uno de los principales objetivos del modelo de vigilancia utilizado por Carabineros, un Índice de Cobertura Policial similar en todas las zonas de vigilancia, ya que hace más fácil la asignación de los recursos y debería disminuir los tiempos ociosos.

Como resultado, se presentaron distintas configuraciones de cuadrantes para el caso de la Comuna de Ñuñoa. Resulta interesante ver la variación de las configuraciones al variar el número de cuadrantes, ya que luego del análisis de resultados, se deduce que es conveniente proponer una configuración de 10 cuadrantes para la comuna de Ñuñoa, ya que de este modo es posible dividir áreas con demandas similares, respetando la restricción de máximo recorrido de una patrulla en un turno.

Sería interesante que se agregue otro criterio para definir cuantos cuadrantes debe tener cada sector, recordemos que el primero es la cantidad de kilómetros de red vial, y el segundo podría ser una cantidad máxima de demanda, ya que esta última hace una gran diferencia al momento de evaluar el real tiempo disponible para las labores preventivas.

Además, se realizaron análisis de sensibilidad para ver cómo es afectada la propuesta con el cambio de magnitudes de los parámetros definidos por la institución y se llegó a la conclusión que esta no es perturbada en gran medida, y que el más relevante es el factor relacionado con la cantidad de la población en el sector.

Por otro lado, para ayudar a mejorar el modelo de estimación de oferta y demandas, se sugiere mejorar la coordinación entre los distintos departamentos de la Institución, de manera que se rescaten las reales necesidades de los cuarteles por tipos de infraestructura e implementación. Existe una diferencia significativa entre los recursos reales y los que aparecen oficialmente en cada área jurisdiccional. Estos antecedentes pueden estar claros internamente, pero dificultan los estudios a nivel global.

Se propone además diferenciar de mejor manera los tipos de vigilancia que se están ejerciendo por el personal, y cuál es el real impacto que tienen estos sobre la U.V.E. Del mismo modo, se recomienda profundizar en los diferentes tipos de demandas que presenta la comunidad, y contar con planes de contingencia y personal de apoyo para procedimientos de muy larga duración. Es muy probable que la división y especialización en un tipo de labor ayude también a la eficiencia en las labores policiales, para esto es posible replicar este tipo de modelo a cada tipo de demanda divulgada por Carabineros.

Finalmente, el estudio concluyó con una estimación de los recursos presupuestarios necesarios para implementar esta metodología, que para una comuna serían del orden de MM\$17 (CLP) y a nivel nacional de alrededor de MMUS\$4 (USD), donde los principales costos son el de capacitación de personal de vigilancia, colaboración de las jefaturas y publicidad asociada a la difusión del programa.

7. Bibliografía y Fuentes de Información

[1] ENUSC Encuesta de Seguridad Ciudadana. (2001-2010). Principales Resultados. [En línea] http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/encuestas_seguridadciudadana [Consulta: 15 Agosto 2010]

[2] Presentación División de Seguridad Pública - Ministerio del Interior (2003-2009). [En línea] http://www.seguridadpublica.gov.cl/enusc_2009.html [Consulta: 20 Agosto 2010]

[3] Estudio Nacional de Opinión Pública (1986- 2010) [En línea] http://www.cepchile.cl/dms/lang_1/cat_443_pag_1.html [Consulta: 27 Julio 2010]

[4] DASKIN, M. S. AND L. K. DEAN, "Location of Health Care Facilities," chapter 3 in the Handbook of OR/MS in Health Care: A Handbook of Methods and Applications, F. Sainfort, M. Brandeau and W. Pierskalla, editors, Kluwer, 2004. pp. 43-76.

[5] Manual de Doctrina de Carabineros de Chile. Revista Carabineros de Chile. Santiago, Chile. Abril 2010.

[6] CARABINEROS DE CHILE. Cuenta Pública 2009: Santiago. Septiembre 2009. [En línea] www.carabinerosdechile.cl [Consulta: 5 Octubre 2010]

[7] GOBIERNO DE CHILE, Ministerio de Interior. Plan Chile Seguro. [En línea] www.planchileseguro.cl/home/plan-chile-seguro.html [Consulta: 25-10-10]

[8] SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial. [En línea] www.serplacrm.cl. 2002. [Consulta: 13 Octubre 2010]

[9] CARACTERISTICA FISICO TERRITORIAL. Departamento Social Comunal. Sección Organizaciones Comunitarias I.M.Ñ Ilustre Municipalidad de Ñuñoa. Secretaría Regional de Planificación y Cooperación Región Metropolitana. Secretaría Comunal de Planificación y Coordinación I.M.Ñ. Subsecretaría de Desarrollo Regional Ministerio del Interior.

[10] CARACTERIZACION POBLACIONAL Corporación de Desarrollo Social I.M.Ñ Instituto Nacional de Estadísticas Dirección de Desarrollo Comunitario I.M.Ñ Ministerio de Planificación y Cooperación Servicio de Seguridad Ciudadana.

[11] deMers, M.N. (1997) Fundamentals of Geographic Information Systems. John Wiley and Sons.

[12] GASS. S.L. AND HARRIS. C.M.(eds.) (2001) *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*. Centennial Edition. Kluwer Academic Publishers.

- [13] GEORGE NEMHAUSER AND LAURECE WOLSEY. Advisory Editors. Integer and Combinatorial Optimization.(1999) General Algorithms pp.349-381.
- [14] WINSTON. W.L. (1994) *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos*.
- [15] SCHRAGE L. (1997) Optimization Modeling with LINDO. Duxbury Press. Model Building in Mathematical Programming. 4th Edition. John Wiley and Sons.
- [16] Kendrick D., Meeraus A. and Raman. R. (1998) GAMS A Users Guide. GAMS Development Co.
- [17] David Simchi-Levi, Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi, Designing and managing the supplychain: Concepts, strategies, and case studies, TataMcGraw-Hill, 2000.
- [18] ANDRES WEINTRAUBA, ALAN T. MURRAYBA. Review of combinatorial problems induced by spatial forest harvesting planning. Department of Industrial Engineering, University of Chile, Santiago, Chile Department of Geography, Ohio State University, Columbus, OH, USA Received 30 May 2003; received in revised form 20 November 2003; accepted 31 May 2005.
- [19] FLUJO EN REDES, Capitulo 5, Apunte IN34a – Optimización. (2000)
- [20] DIJKSTRA, E. W. (1959). "A note on two problems in connexion with graphs". Numerische Mathematik pp.269–271.
- [21] ESTADISTICAS NACIONALES de Denuncias y Detenciones, Delitos de mayor connotación social y violencia intrafamiliar. Segundo trimestre de 2010. Área de Información y Estudios – División de Seguridad Pública- Ministerio del Interior.
- [22] ESTUDIO NACIONAL de Opinión Pública N°33, Tercera Serie, Junio-Julio 2010. Centro de Estudios Públicos Agosto 2010.
- [23] CARACTERIZACION DE LAS LESIONES EN CHILE, Fundación Paz Ciudadana. Francisca Werth, Francisco Bravo, Martha Sepúlveda. Octubre de 2005 [En línea] http://www.pazciudadana.cl/docs/pub_20090707162957.pdf [Consulta: 10 Noviembre 2010]
- [24] LOS COSTOS DE LA PRISION preventiva en Chile, Fundación Paz Ciudadana. Alejandra Ahumada, Diego Farren, Bernardita Williamson. Santiago de Chile, Diciembre de 2008 [En línea] [Consulta: 15 Noviembre 2010] <http://www.sistemasjudiciales.org/content/jud/archivos/notaarchivo/737.pdf>

[25] SUBSECRETARIA de Carabineros. Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva. Junio de 2010. [En línea] www.offnews.info/downloads/modelochilenoV2.pdf

[26] INFORME TECNICO FINANCIERO. Carabineros de Chile. Subdirección General. Ley de mejoramiento de remuneraciones. Departamento de Presupuesto y Finanzas. Noviembre de 2009.

[27] EMILIO TORRES, PATRICIO DE LA PUENTE LAFOY, Modelos Internacionales y Políticas Públicas de Seguridad Ciudadana en Chile durante la Última Década. Análisis del año 2001, Política – Economía – Sociedad – Temas, Departamento de Sociología, Universidad de Chile, enero 2002, pp. 83-113.

[28] Informe Final de Evaluación, Programa Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, Ministerio de Defensa, Subsecretaría de Carabineros. Junio de 2007. [En línea] [Consulta: 10 Junio 2010]
http://centroestudios.carabineros.cl/docs/Informe_Evaluacion_PCSP_DIPRES.pdf

Anexos

Anexo A: El Plan cuadrante de Seguridad Preventiva [8]

El Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP), es la principal Estrategia operativa definida por Carabineros de Chile, orientada a satisfacer las necesidades de seguridad de la comunidad nacional en el contexto urbano.

Sus principales características:

- Sectorización.
- Determinación de Oferta y Demanda.
- Responsabilidad Territorial.
- Uso eficiente de Sistemas de Información.
- Trabajo integrado con la comunidad.

Objetivos del PCSP es Contribuir a disminuir la Victimización (índice entregado por el Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana, y como consecuencia de esto mejorar la sensación de Seguridad.

Carabineros de Chile cuenta con una función que optimiza la cual es llamada "Función Secuencia de Incorporación", la cual cuenta con las siguientes variables:

- Demanda, medida en Unidad de Vigilancia Equivalente (U.V.E.) con un **10%**.
- Tasa de Desempleo de la comuna, con un **10%**.
- Nivel de Déficit de recursos policiales de la comuna, con un **20%**. (Esta variable no es más que el citado índice de cobertura policial)
- Índice de Victimización (medido a través de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana), con un **40%**
- Prevalencia de Droga (obtenido a partir de la Encuesta efectuada por el CONACE) con un **20%**

Anexo B: “Función Secuencia de Incorporación II [25]



Anexo C: Otros antecedentes [8]

En el año 2006, las comunas de las regiones V y VIII (muestran en general una mejor cobertura de la totalidad de los factores de demanda, que las de la Región Metropolitana.

Para las regiones V y VIII, ninguna comuna opera con IDCP menor a 75%, mientras un tercio de las comunas en la Región Metropolitana, aproximadamente 14 comunas, opera el Plan Cuadrante con IDCP menor a 75%.

Se aprecia un aumento continuo y sostenido del número de habitantes atendidos durante el período de aplicación del plan: un aumento de 2.492.709 beneficiarios nuevos en tres años, correspondiente a la implementación de 18 nuevas comunas.

Para un 75% del total de beneficiarios efectivos, 9.852.102, (aquellos correspondientes a las comunas implementadas con déficit), la demanda por servicios policiales (calculada por la institución), no es cubierta con la oferta de servicios policiales disponibles.

Anexo D: Críticas al Plan Cuadrante de Seguridad Publica [8]

- El PCSP no presenta un diagnóstico sistemático de los problemas que pretende resolver.
- La información disponible no permitan dar cuenta de la eficacia con que opera el Plan Cuadrante en términos de número de actividades o cantidad de servicios prestados, y tampoco el avance del programa en relación al Propósito.
- Los Componentes mencionados (Patrullajes preventivos, Atención de Procedimientos, Fiscalización de Establecimientos y Cumplimiento de Órdenes Judiciales) tienen en conjunto un énfasis de control y mantenimiento del orden público, de modo que la gestión de Carabineros sea lo más expedita y eficiente posible.
- No hay claridad en la definición de los dos problemas claves: victimización y sensación de inseguridad.
- No está clara la relación causas-efecto entre el propósito definido por la Institución y el fin del programa.
- El propósito no expresa cómo los servicios policiales aportan a disminuir la victimización y la sensación de inseguridad, tampoco cuál es el ámbito de intervención del programa en este sentido, además no se sabe qué significa que se logre ese propósito en sí.
- El mejoramiento del nivel de satisfacción de la demanda debe ser resultado de las acciones que genera el Programa.

Anexo E: Índice de Cobertura de Demanda Policial (ICDP) [8]

El cociente entre el Nivel de Vigilancia Operativa que se ejerce en un territorio cualquiera y su respectivo Demanda por Servicios Policiales, determina las veces que está siendo cubierta la demanda de ese sector. Es decir, con base en estas dos magnitudes es posible formular un indicador cuantitativo del grado de respuesta que se entrega a la demanda de protección policial de ese sector y, por lo tanto, comparar objetivamente dicho grado de protección con el de otros sectores cualesquiera.

La denominación que parece más apropiada para tal indicador es la de Índice de Cobertura de Demanda Policial (ICDP).

Así para un sector territorial cualquiera se tendrá que:

$$\text{ICDP} = \frac{\text{NV}}{\text{NCV}}$$

Desde luego, se puede aducir que existirá equidad en la distribución de los recursos de vigilancia policial entre distintas zonas geográficas, si éstos están asignados de forma que las capacidades de vigilancia (en términos de UV) que se puede ejercer con tales recursos en cada una, guardan una proporcionalidad directa con sus correspondientes NCV (en términos de UV). Vale decir, si se cumple que:

$$\text{ICDP}_1 = \text{xxxxxxxxxxxxxxxx} = \text{ICDP}_i = \text{xxxxxxxxxxxxxxxx} = \text{ICDP}_n$$

Estimados

Anexo F: Clasificación de Lesiones [23]

1. El delito de lesiones (artículos 395 a 405 bis del Código Penal)

El delito de lesiones se encuentra regulado en la legislación chilena en el Código Penal en los artículos 395 a 403 bis. Pese a que la ley se refiere a este delito como lesiones corporales, la doctrina está conteste que éste incluye el concepto restringido de integridad corporal como bien protegido, pero también el más amplio, referido a la salud desde un punto de vista fisiológico, y también al equilibrio de las funciones síquicas.

El artículo 395 del Código Penal define el delito de lesiones como la acción en que se hiere, golpea o maltrata de obra a otra persona, aumentando la penalidad asignada al delito de acuerdo a las consecuencias que se derivan de éste.

Para entender la estructura legal que el legislador entrega a este delito, doctrinariamente se ha clasificado de la siguiente manera:

1.1) Lesiones menos graves

Están descritas por el legislador como la acción de herir, golpear o maltratar de obra a otro. En la práctica, los jueces califican a una lesión de menos grave cuando no produce las consecuencias descritas anteriormente y, sobre todo, no produce incapacidad para trabajar por más de treinta días.

1.2) Lesiones graves

Están comprendidas en la figura delictiva descrita en los artículos 397 y 398 del Código Penal, y definidas por los verbos rectores herir, golpear o maltratar de obra a otro, si resultan de ello ciertas consecuencias que no se presentan en la figura genérica. Las lesiones graves admiten una subclasificación:

- Lesiones gravísimas: cuando a consecuencia de las lesiones se deja a la víctima demente, inútil para el trabajo, impedido de miembro importante o deforme. Además, se clasifican también como lesiones gravísimas las figuras descritas en los artículos 395 y 396, es decir, las mutilaciones o castraciones.

- Lesiones simplemente graves: cuando a consecuencia de ellas se produce una enfermedad o incapacidad para el trabajo por más de 30 días. Esta figura suele aplicarse de manera subsidiaria a la de lesiones gravísimas, cuando no se ha podido determinar la naturaleza de éstas o no se cumplen los requisitos para configurarlas. Es necesario resaltar que existen dos agravantes especiales vinculadas con las lesiones simplemente graves por las que la pena se aumenta en un grado. La primera alude a las lesiones graves que se provoquen a alguna de las personas respecto de las cuales se puede cometer parricidio, es decir, padre, madre, hijo, cualquier otro ascendiente o descendiente legítimo, cónyuge, y la segunda agravante se refiere a el que comete delito por premio o promesa remuneratoria.

1.3) Lesiones leves:

Son aquellas que a concepto del tribunal no están incluidas en las clasificaciones anteriores. Es importante resaltar que en la práctica judicial, cuando la lesión no produce enfermedad o incapacidad para el trabajo, se incluye en esta categoría.

1.4) Lesiones en riñas o peleas

Un tratamiento especial reciben en la legislación penal las lesiones que se producen en una riña o pelea. La intención del legislador no fue construir un tipo penal diferente, sino establecer una regla procesal para aquellos casos en que se desconoce al autor del delito.

Anexo G: Reasignación en base al Índice de Cobertura Policial (IDCP).

El índice IDCP es una medida dada por la institución, definida como una relación (cociente: oferta sobre demanda) entre la oferta nominal o potencial de servicios policiales, calculada a partir de los medios disponibles (carabineros, vehículos, furgones Z, retenes móviles, etc.), con la demanda de los mismos, a nivel agregado y descompuesta en los cinco factores que originan demanda (Anexo II).

Lo que aplica actualmente Carabineros de Chile para distribuir sus recursos es discriminar por este índice, para luego reasignar tanto activos físicos como humanos. Este tipo de práctica trae como consecuencia la pérdida del conocimiento adquirido en el cuadrante en que se trabajó anteriormente, que es paradójicamente de las principales razones, de porque se trabaja por cuadrante.

Anexo H: Categorías de delitos. [24]

Categorías de delitos	Delitos específicos
Delitos ley de drogas	Asociaciones Ilícitas Ley De Drogas (Art. 16)
	Consumo De Drogas (Art. 41)
	Cultivo/Cosecha Especies Vegetales Productoras Estupef. (Art. 8)
	Desvío Ilícito De Precursores Y Sustancias Esenciales (Art. 3)
	elaboración/Producción Sustancias Sicotrópicas O Drogas (Art. 1 Inc. 1)
	Otras Faltas A La Ley 19.366
	Otros Delitos De La Ley 20.000
	Porte De Drogas (Art. 41)
	Prescripción Indevida De Sustancias, Drogas Estupefacientes O Sicotrópicas (Art. 6)
	Producción Y Tráfico De Precursores (Art. 6)
	Suministro De Hidrocarburos Aromáticos A Menores (Art. 5)
	Suministro Indevido (Art. 7)
	Tráfico de Pequeñas Cantidades (Art. 4)
	Tráfico Ilícito De Drogas (Art. 3)
Delitos sexuales	Abuso Sexual
	Abuso Sexual Calificado
	Abuso Sexual De 14 Años A Menor De 18 Años
	Abuso Sexual De Mayor De 14 (Con Circunstancias De Violación)
	Abuso Sexual de Menor de 14 Años
	Abuso Sexual Impropio Mayor de 14 Años
	Abuso Sexual Impropio Menor de 14 Años
	Adquisición o almacenamiento de material pornográfico infantil
	Comercialización material pornográfico infantil
	Estupro
	Incesto

	Obtención de Servicios Sexuales de Menores
	Producción de material pornográfico infantil
	Promover o Facilitar Prostitución de Menores
	Sodomía
	Trata De Personas
	Violación
	Violación con homicidio
	Violación De Mayor De 14 Años
	Violación De Menor de 14 Años
Homicidios	Homicidio
	Homicidio Calificado
	Homicidio En Riña O Pelea
	Infanticidio
	Parricidio
	Hurtos Hurto Agravado (Art. 447 Código Penal)
	Hurto De Hallazgo
	Hurto Simple
	Hurto Simple Por Un Valor De 4 A 40 Utm
	Hurto Simple Por Un Valor De Media A Menos De 4 Utm
	Hurto Simple Por Un Valor Sobre 40 Utm
Lesiones	Lesiones Graves
	Lesiones Graves Gravisimas
	Lesiones Leves
	Lesiones Leves 494 N° 5 Código Penal
	Lesiones Menos Graves
	Mutilación
Otros delitos	Cuasidelito De Homicidio
	Cuasidelito De Lesiones
	Otros Libro II Titulo X
	Amenazas De atentados Contra Personas Y Propiedades
	Apertura , Registro O Interceptación De Correspondencia
	Delitos Contra Vida Privada (Art. 161 A-B)
	Detenciones Irregulares
	Interceptación de Telecomunicaciones (Art. 36 b Ley Gral. de Telecomunicaciones)
	Secuestro
	Secuestro con Homicidio, Violación o Lesiones
	Sustracción De Menores
	Tormentos A Detenidos
	Tormentos A Detenidos Por Empleado Público
	Violación De Morada

	At. a vehículo motorizado en circulación con objeto contundente u otro semejante(196 h)
	Atentado A Vehíc.Motoriz. En Circul. Con Objeto Contundente U Otro Semejante (196 H
	Ley 18.29)
	Conducción Bajo La Influencia Del Alcohol (196 C Inc. 1 Ley 18.290 Del Tránsito)
	Conducción Bajo la Influencia del alcohol (Art. 196 C Ley 18.290 del Tránsito)
	Conducción Bajo La Influencia Del Alcohol Causando Lesiones Graves (196 C Inc. 3
	18.290)
	Conducción Bajo La Influencia Del Alcohol Causando Lesiones Graves Gravísimas O
	Muerte (196c)
	Conducción Bajo La Influencia Del Alcohol Causando Lesiones Menos Graves (196 C)
	Conducción en Estado de Ebriedad con Resultados De Muerte
	Conducción Estado de Ebriedad (Art. 196 E Ley 18.290)
	Conducción Estado de Ebriedad con Resultado de Daños
	Conducción Estado de Ebriedad con Resultado de Lesiones
	Infracción Art. 196 D 1 Ley 18.290 (Tránsito)
	Instalación Indebida de Señales de Tránsito o Barreras (Art. 196 A 1 Ley 18.290)
	Otros Delitos Contra la Ley de Alcoholes
	Otros delitos contra la ley de tránsito
	Acceso Indebido
	Adquisición y Venta Indebida de Cartuchos y Municiones
	Apropiación de Cotizaciones Previsionales y Declaraciones Inexactas (Ley 17.322)
	Delitos Contemplados En La Ley Antimonopolios
	Delitos Contenidos En El D.L. 1.094 De Extranjería
	Delitos Contenidos En Leyes De Prenda Especiales
	Delitos Contra La Ley De Bosque Nativo
	Delitos Contra Ley De Propiedad Industrial
	Delitos Contra Ley De Propiedad Intelectual
	Delitos Informáticos Ley 19.233
	Delitos Que Contempla El Código Tributario
	Demás Delitos Contra La Ley De Propiedad Intelectual
	Falsificación De Billetes (Art. 64 Ley Orgánica Banco Central)
	Infracción L. O. C. Del Banco Central
	Infracción Ley N° 18.892 De Pesca
	Infracción Ordenanza Aduanas (Fraude Y Contrabando)
	Infracciones a la Seguridad Social (DL 3.500 y 869; Leyes 18.020, 18.469, 18.933, 19.728)
	Infracciones Tributarias Contempladas En Otras Leyes
	Lavado De Dinero (Art. 12)
	Lotería, Cass De Juego Y Prestamos Sobre Prenda
	Maltrato Habitual (Violencia Intrafamiliar) (Art. 14)
	Otras infracciones a la ley 19.913

	Otras Infracciones A La Ley Del Banco Central
	Otros Delitos Ley General De Bancos
	Porte Ilegal de Arma de Fuego, Municiones y Otros
	Sabotaje Informático
	Uso Fraudulento de Tarjetas de Crédito y Débito (Ley 20.009 sobre tarjetas de crédito)
	Amenaza con Arma (494 N°4 CP)
	Arrojamiento de Piedras u Otros Objetos (496 N°26 CP)
	Consumo De Bebidas Alcohólicas En La Vía Publica
	Consumo/Porte de Drogas en Lugares Calificados (Art. 51)
	Consumo/Porte de Drogas en Lugares Públicos o Priv. con Previo Concierto (Art. 50)
	Daño Falta (495 N°21 CP)
	Dejar Animales Sultos (496 N°17 CP)
	Desordenes En Espectáculos Públicos (494 N° 1 Código Penal)
	Disensiones Domésticas (495 N°6 CP)
	Ebriedad
	Expendio De Bebidas Alcohólicas
	Expendio de bebidas alcohólicas a menores
	Falta De Respeto A La Autoridad Pública (495 N° 4 Código Penal)
	Hurto Falta (494 bis CP)
	Infracción A La Ley Electoral
	Infracción A Reglamento De Carruajes Públicos O De Particulares (496 N° 14 ..
	Malversación, Defraudación E Incendio Por Menos De 1 Utm (494 N° 19 Código Penal)
	Ocultación de Identidad (496 N°5 CP)
	Ofensas al Pudor (495 N°5 CP)
	Otras Faltas Código Penal
	Otras Infracciones Contra La Ley De Alcoholes
	Riña Pública (496 N° 10 Código Penal)
	Ruidos Molestos (495 N°1 CP)
	Abandono De Cónyuge O De Parientes Enfermos
	Abandono De Niños
	Aborto Cometido Por Facultativo
	Aborto Consentido
	Aborto Sin Consentimiento
	Amenazas a Carabinero (Art. 417 Cod. Justicia Militar)
	Apoderamiento O Atentado Al Transporte Publico
	Asociación Ilícita Terrorista
	Asociaciones Ilícitas
	Atentado Contra Jefe De Estado O Autoridad Publica
	Atentado Explosivo O Incendiario
	Atentados Y Desacatos Contra La Autoridad

	Auxilio Al Suicidio
	Bigamia
	Calumnia (Acción Privada)
	Caza y Comercialización de Especies Prohibidas (Art. 31 Ley 19.473)
	Colaboración Evasión de Detenidos
	Comercio Clandestino
	Conducción sin la Licencia Debida (Art. 196 D Ley 18.290 del Tránsito)
	Contra Salud Publica
	Crímenes Y Simples Delitos Seguridad Interior Del Estado
	Daños o apropiación Sobre Monumentos Nacionales (Art. 38-38 bis Ley 17.288)
	Delitos Contemplados En Otros Textos Legales
	Delitos Contenidos En La Ley 19.620 De Adopción De Menores
	Desacato (Art. 240 Cód. Procesal Civil)
	Desordenes Públicos
	Difusión De Material Pornográfico (Pornografía)
	Falsa Alarma a Bomberos u Otros (268 bis)
	Falsificación De Obras Protegidas
	Falsificación De Obras Protegidas. Art.79 C.Ley N° 17.336
	Falsificación De Pasaportes
	Hallazgo De Vehículo
	Incendio
	Incendio
	Incendio Con Resultado De Muerte Y/O Lesiones
	Incendio De Bosques (Art. 476)
	Incendio Solo Con Daños O Sin Peligro De Propagación. Arts 477 y 478
	Inducir A Un Menor A Abandonar El Hogar
	Infracción Art. 196 B Ley 18.290 (Tránsito)
	Infracción Art. 196 C Ley 18.290 (Tránsito)
	Infracción en el Otorgamiento Prestaciones de Isapre (Art. 23 Ley 18.933)
	Infracción Ley 11.564 De Mataderos Clandestinos
	Infracción Normas Inhumaciones Y Exhumaciones
	Infracciones a la Ley Orgánica Constitucional Sobre Votaciones Populares y Escrutinios
	Injuria (Acción Privada)
	Injurias Y Calumnias Por Medio De Comunicación Social
	Interrupción de serv. Eléctrico (Art. 134 DFL 1, 1982, Ley Serv. Eléctricos)
	Loteos Irregulares (Art. 138 DFL 458, 1975, Ley Gral. de Urbanismo y Construcción)
	Maltrato Animal
	Maltrato De Obra A Carabinero (Art. 416 Y 416 Bis Cod. Just. Militar)
	Maltrato De Obra A Personal De Investigaciones
	Muertes Y Hallazgo De Cadáver

	Obstrucción a la Investigación
	Obstrucción a la Justicia (Art. 20 Ley 19.970)
	Oponerse A Acción De La Autoridad Pública O Sus Agentes
	Otorgamiento Irregular de Documentos (Art. 196 A Ley 18.290 del Tránsito)
	Otras Faltas Leyes Especiales
	Otras Faltas y Delitos de la Ley 19.733
	Otras Infracciones Al Código Justicia Militar
	Otros Libro II Título VIII
	Otros Delitos Contemplados En La Ley 17.798
	Otros Delitos Contra La Ley De Propiedad Intelectual
	Otros Delitos Contra Ley De Propiedad Industrial
	Otros Delitos Ley Orgánica De Investigaciones
	Otros Estragos
	Otros Hechos
	Otros Ley 18.314
	Otros Libro II Título VI
	Otros Libro II Título VII
	Otros Libros II Título III
	Porte de Arma Cortante o Punzante (288 bis)
	Presunta Desgracia
	Quebrantamiento
	Reconocimiento Malicioso de Posesión Regular (Art. 9 Decreto Ley 2.695)
	Rotura De Sellos
	Tala, Destrucción o Incendio de Arboles o Arbustos (Art. 21 Dcto.4363, 1931, Ley de Bosques)
	Tenencia Ilegal de Arma de fuego, Municiones y Otros
	Ultraje Público a las Buenas Costumbres
	Ultraje Publico A Las Buenas Costumbres Por Medios De Comunicación Social
	Uso Ilícito del Fuego (Art. 18 y 22 DS 4363 Ley de Bosques)
	Usurpación De Propiedad, Descubrimiento O Producción
	Usurpación De Estado Civil
	Utilización Sin Autorización De Obras De Dominio Ajeno Art. 79 A Ley Nº 17.336
	Venta Ilícita De Obras Protegidas
	Venta Ilícita De Obras Protegidas. Art. 80 B Ley Nº 17.336
	Violación De Secretos De Fabrica (Acción Privada)
	Violencia en los Estadios (Art. 6 Ley 19.327)
Otros delitos contra la propiedad	Abigeato
	Apropiación De Cables De Tendido Eléctrico O De Comunicaciones
	Daños Calificados
	Daños Simples

	Destrucción O Alteración De Deslindes
	Extorsión
	Infracción Artículo 454
	Invasión De Derechos Ajenos (Art. 459 Código Penal)
	Otros Libro II Título IX
	Portar Elementos Conocidamente Destinados A Cometer Delito De Robo
	Receptación
	Usurpación De Aguas
	Usurpación No Violenta (Art. 458 Código Penal)
	Usurpación Violenta
Robo	Robo Con Castración, Mutilación O Lesiones Graves Gravísimas
	Robo Con Homicidio
	Robo Con Retención De Víctimas O Con Lesiones Graves
	Robo Con Violación
	Robo Con Intimidación
	Robo Con Violencia
	Robo En Lugar Habitado O Destinado A La Habitación
	Robos no violentos Robo En Bienes Nacionales De Uso Publico
	Robo De Vehículo Motorizado
	Robo En Lugar No Habitado
	Robo Por Sorpresa

Anexo I: Parámetros del nivel crítico de vigilancia preventiva (NCVP) [8]

1.- Territorio

Dado que el 25% del tiempo de un RP en patrullaje éste permanece detenido, y que en desplazamiento desarrolla una velocidad promedio de 13,67 kms/hr., en un lapso de 8 hrs. recorrerá:

$$8 \times (1 - 0,25) \text{ hrs} \times 13,67 \text{ kms/hr} = 82 \text{ kms.}$$

2.- Población

El parámetro poblacional de 50.000 personas, se determinó considerando una configuración urbana hipotética de $8 \times 8 = 64$ manzanas (de igual dimensión) por km² y de 28 inmuebles por manzana.

Para esa configuración se estimó que se cumpliría el NCVP, si se verificase la condición (necesaria pero no suficiente) de que cada inmueble de la misma generase una presencia promedio permanente no superior a 5,3 personas. Es decir, no superior a $5,3 \text{ personas} \times 28 \text{ inmuebles} \times 64 \text{ manzanas} \approx 9.500 \text{ pers./Km}^2$. A su vez, para cubrir íntegramente el trazado vial de cada Km² de la configuración urbana antes definida, se debe recorrer 16 Km. (ver gráfico).

Si para cubrir 1 km² debe recorrer 16 kms. lineales, en 8 hrs. cubrirá :

$$8 \text{ h} / 16 = 5,25 \text{ km}^2$$

Es decir, puede cubrir una población no superior a:

$$9.500 \text{ pers./ km}^2 \times 5,25 \text{ km}^2 \gg 50.000 \text{ personas}$$

3.- Valor de ND.

Este parámetro corresponde al promedio de estimaciones de cobertura preventiva mínima para situaciones reales efectuadas por la Institución.

Ejemplo:

Según la opinión de expertos de Carabineros, la cobertura mínima para ejercer su función preventiva en la Comuna de Ñuñoa el año 1998, considerando la realidad delictual de ese sector y período, hubiese sido:

1er. Turno	3 RP	5 Inf
2º Turno	2 RP	5 Inf
3er. Turno	1 FZ	1 PF

Lo que en términos de NV equivale aproximadamente a (sin considerar el EVCF):

$$(3 \times 1 + 5 \times 0,20 + 2 \times 1 + 5 \times 0,20 + 1 \times 1 + 1 \times 0,1) / 3 = 2,70 \text{ UV}$$

Por otra parte, el valor del ND para ese sector y período fue de 63.857

De lo anterior se desprende que:

2,70 UV	63.387
1,00 UV	X

$$X = 63.387 \times 1 / 2,70 = 23.650$$

Anexo J: Medios de vigilancia

Los medios con que cuenta Carabineros normalmente en los sectores urbanos son:

- Radiopatrulla (RP): Unidad compuesta de tres funcionarios (jefe de patrulla, acompañante y chofer) que ejercen vigilancia en automóvil de cuatro puertas (sedán) con colores reglamentarios, baliza, sirena, sistema de comunicación radial, en algunos casos con sistema de localización satelital (GPS) y habilitado para el transporte de detenidos.
- Patrulla Americana (PA): Unidad similar al RP, excepto que el automóvil es tripulado sólo por dos funcionarios (jefe de patrulla y chofer).

- Furgón Z: Medio de vigilancia similar al RP excepto en que el vehículo consiste en un furgón, lo que le otorga mayor capacidad para el transporte de detenidos.
- Móvil Municipal: Carabinero que, para el ejercicio de su función policial es transportado en un móvil de propiedad municipal. El móvil, normalmente automóvil o furgón de cilindrada mediana :
 - está caracterizado con baliza y otros distintivos alusivos a su función
 - porta conos, cuerdas y otros elementos de eventual utilidad para el policía, y
 - es conducido por un funcionario del respectivo municipio.
- Infante: Funcionario que ejerce vigilancia a pie, con tenida y bastón de servicio, armamento, esposas de seguridad y radio de comunicación portátil.
- Punto Fijo: Infante que ejerce vigilancia sin desplazamiento físico, de forma de mantener presencia continua en un determinado emplazamiento específico.
- Carabinero Montado: Funcionario con tenida reglamentaria e implementos de seguridad, que realiza servicio a caballo.
- Guía con Perro Policial: Funcionario que tiene la especialidad de adiestrador de perros policiales, acompañado de perro policial para brindarle apoyo al funcionario en tareas de registro de detenidos, de seguimiento de personas sospechosas y de intimidación.
- Moto Todo Terreno (MTT): Funcionario con tenida estilo comando (botas, chaleco antibalas y tenida de fatiga, es decir, acondicionada para mayor agilidad de movimientos), revólver o armamento automático, que ejerce vigilancia en motocicleta enduro de 250 cc., para transitar en todo tipo de superficies, con baliza y sistema de comunicación radial.
- Cuartel móvil simple: Vehículo tipo furgón, con sirena, baliza, sistema de comunicación, habilitaciones para detenidos, equipado con asiento y máquina de escribir para atención del público que concurre a efectuar denuncias u otro tipo de trámites. Tripulado por cuatro funcionarios, uno de los cuales cumple las funciones de conducción del vehículo y atención de público, en tanto los tres restantes efectúan patrullaje en el área circundante al lugar de estacionamiento temporal del móvil.
- Cuartel móvil compuesto: Con iguales especificaciones que el anterior, al cual se agrega dos unidades de vigilancia MTT para efectuar patrullaje en un anillo de circunvalación externo al área de patrullaje a pie.