

**Universidad de Valparaíso**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Propuesta de Cobertura y Asignación de Emergencias para los cuarteles de Bomberos en la Comuna de San Antonio.**

Por

**Félix Alejandro Fuentes Meza**

Trabajo de Título para optar al Grado de  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de  
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Luis Seccatore Gómez

Junio, 2016

## **Dedicatoria**

*A mi Familia, Esposa, Amigos, Compañeros, Bomberos.....*

## **Agradecimientos**

*Antes que todo, mencionar que no fue un proceso fácil, de muchas anécdotas, alegrías penas, en fin muchas historias.*

*Quisiera comenzar agradeciendo el apoyo incondicional de mi gran familia, incluyendo a los que miran de lo alto, a pesar de todo lo adverso, pudieron sacar adelante lo más importante para un ser humano que es la educación.*

*A mi amada esposa por su apoyo incondicional y ser un pilar fundamental en la finalización de este hermoso trabajo*

*A mis amigos de toda la vida por su apoyo incondicional.*

*A mi querida Institución Bomberos de Chile, en especial al Cuerpo de Bomberos de San Antonio, institución con grandes valores y gran sentido social no remunerado.*

*A mi Profesor guía Luis Seccatore por su vocación y apoyo en lo pedagógico y personal.*

*Agradecer a los profesores de la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Valparaíso, por su contribución al aprendizaje.*

*Cada presencia se encuentra plasmada en este trabajo.*

***Félix Fuentes Meza***

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>7</b>
1.1 Antecedentes del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.....	8
1.2 Sistemas Logísticos en Bomberos de Chile .....	10
1.3 El Cuerpo de Bomberos de San Antonio y su Situación Actual .....	20
1.4 Proceso Atención Emergencia. ....	27
1.4.1 Despachos.....	27
1.4.2 Esquema Procesos Atención de Emergencia.....	30
1.5 Situación Actual de San Antonio .....	30
1.6 Descripción de la situación problema. ....	33
1.7 Objetivo General y Específicos. ....	40
1.8 Resultados Esperados.....	40
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO .....</b>	<b>41</b>
2.1 Problema de Localización P-Mediana.....	47
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA .....</b>	<b>49</b>
<b>EMERGENCIAS DEL TIPO LLAMADOS NO CLASIFICADOS, PERÍODOS 2008-2009 Y 2010.....</b>	<b>55</b>
3.1 Análisis de la Comuna de San Antonio.....	56
3.2 Modelo de Cobertura P-Mediana .....	69
3.3 Procesamiento de los datos .....	70
3.4 Elaboración del Modelo Matemático .....	71
3.5 Resultados Obtenidos Solución.....	71
3.6 Análisis de Sensibilidad .....	74
3.7 Conclusiones y Sugerencias .....	79
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>
Anexo 1: Interfaz del modelo Matemático a través del programa Wolfram Mathematica. ....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Vista Satelital De La Comuna De San Antonio Y Sus Cuarteles De Bomberos. ....	8
Figura 1.2: Organigrama Nacional Bomberos De Chile. ....	10
Figura 1.3: Organigrama Base De Cuerpo De Bomberos De Chile En Cada Ciudad.....	13
Figura 1.5 Fotografía Primer Cuartel De Bomberos De San Antonio De Especialidad Rescate Vehicular. ....	21
Figura 1.6 Ubicación Geográfica Del Primer Cuartel En La Comuna De San Antonio .....	22
Figura 1.7 Fotografía Segunda Compañía De Bomberos De San Antonio Con Especialidad En Rescate En Alturas. ....	23
Figura 1.8 Ubicación Geográfica Del Segundo Cuartel De Bomberos De San Antonio. ....	23
Figura 1.9 Fotografía Tercera Compañía De Bomberos De La Comuna De San Antonio De Especialidad Materiales Peligrosos. ....	24
Figura 1.10 Ubicación Geográfica Tercer Cuartel De Bomberos De San Antonio. ....	25
Figura 1.12 Ubicación Geográfica Del Cuarto Cuartel De Bomberos De La Comuna De San Antonio	26
Figura 1.13 Esquema De Ubicación Y Cuadro De Cobertura Cada Cuartel De Bomberos En San Antonio.....	28
Figura 1.14 Figura Satelital De La Comuna San Antonio Chile. ....	32
Figura 1.15 Fotografía Mall-Casino-Hotel Ciudad San Antonio. ....	33
Figura 1.16: Tendencia De Crecimiento Urbano Comuna De San Antonio. ....	34
Figura 2.1 Sectores De Área De Cobertura .....	43
Figura 2.2: Ejemplo De Localización De Máxima Cobertura.....	45
Figura 3.2: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Estructural, Períodos 2008-2009 Y 2010.....	51
Figura 3.3: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Incendio Vehicular, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	52
Figura 3.4: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Forestal, Períodos 2008-2009 Y 2010.....	52
Figura 3.5: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Rescate En Alturas, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	53
Figura 3.6: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Accidente Vehicular, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	53

Figura 3.7: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Emanación De Gases, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	<b>54</b>
Figura 3.8: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Materiales Peligrosos, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	<b>54</b>
Figura 3.9: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Llamados Eléctricos, Períodos 2008-2009 Y 2010.....	<b>55</b>
Figura 3.10: Figura Satelital Comuna De San Antonio Incluyendo Emergencias Del Tipo Llamados No Clasificados, Períodos 2008-2009 Y 2010 .....	<b>55</b>
Figura 3.11: Figura Satelital De La Comuna De San Antonio Sectorizada. ....	<b>58</b>
Figura 3.12: Paso Para Exportar Datos Desde Goglemaps A Google Earth .....	<b>70</b>
Figura 3.13: Extracción De Coordenadas De Archivo .Kml Mediante Aplicación Java .....	<b>71</b>
Figura 3.14 Importación De Las Coordenadas Soluciones Al Goglemaps. ....	<b>72</b>
Figura 3.15 Ubicaciones De Los Cuarteles Bomberos En Mapa Goglemaps Según Solución Del Modelo .....	<b>72</b>
Figura: 3.16: Ubicación De Cinco Cuarteles De Bomberos .....	<b>74</b>
Figura 3.17: Ubicación De Tres Cuarteles De Bomberos .....	<b>75</b>
Figura 3.18: Ubicación De Cuarteles De Bomberos Sin Emergencias Del Tipo Forestal .....	<b>77</b>
Figura 3.19: Ubicación De 05 Cuarteles De Bomberos Sin Emergencias Del Tipo Forestal .....	<b>78</b>
Figura 3.20: Ubicación De 03 Cuarteles De Bomberos Sin Emergencias Del Tipo Forestal .....	<b>79</b>
Figura 3.21: Zona Inundable De La Comuna De San Antonio Y Ubicaciones Sus Cuarteles De Bomberos .....	<b>80</b>
Figura 3.22: Comparación De La Ubicación Actual De Los Cuarteles De Bomberos De La Comuna De San Antonio Con Las Soluciones Del Modelo (Ver Figura 3.15).....	<b>81</b>

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1.6 Cantidad y tipos de emergencias período 2008 Bomberos San Antonio. ....	35
Tabla 1.7 Cantidad y tipos de emergencia período 2009. ....	36
Tabla 1.8 Cantidad y tipos de Emergencias Período 2010.....	37
Tabla 1.9 Cantidad y tipos de emergencias asistidas por los cuarteles durante el período 2008-2009-2010.....	38
Tabla 3.1: tabla comparativa entre cada sector de la comuna de San Antonio según criterios.....	64

## **RESUMEN**

San Antonio, “Ciudad Puerto”, ha mantenido en últimos años un continuo crecimiento económico, social y comercial. La expansión del radio urbano ha sido una constante y a consecuencia de este crecimiento las emergencias han aumentado en la misma proporción tanto en intensidad como severidad. A lo anterior se suman las catástrofes naturales, como la vivenciada por la comunidad el año 2010, lo cual ha afectado directamente la vulnerabilidad de los habitantes respecto a su calidad de vida y también nos ha planteado la interrogante de cómo la comunidad da respuesta a situaciones de emergencia.

En este sentido, uno de los factores a estudiar dice relación con la ubicación de los cuarteles de bomberos, los cuales actualmente se encuentran en sectores apartados de los centros de mayor densidad poblacional y bajo la cota 30, es decir todos se ubican en zona inundable ante un eventual tsunami, generando un alto riesgo respecto a la seguridad de las personas.

La ubicación de los cuarteles juegan un rol primordial para la atención que bomberos entrega de forma voluntaria a la sociedad, por lo cual es fundamental para dar una respuesta óptima de seguridad a la comunidad indagar respecto a su cobertura y localización de sus instalaciones. Por tanto, fue necesario en este trabajo evaluar si las instalaciones se encontraban en armonía con la ciudad. Por ello se trabajó en un Problema de Localización de Máxima Cobertura (MCLP, por sus siglas en inglés) específicamente bajo el modelo de las P-Medianas, donde considera una situación en que particiona diferentes emergencias y las agrupa en P grupos, y además mantiene que la demanda (emergencias) tiene la misma importancia una que la otra y no toma en cuenta los costos ya que los asume como idénticos de un lugar a otro. Luego de tener definido el modelo se empleó el software de programación llamado Wolfram Mathematica, en la cual procesará los datos y nos entregará la solución.

Como resultado de esta investigación se pudo apreciar la variación de las ubicaciones de los cuarteles de bombero en relación de la configuración actual que poseen, principalmente la reubicación de estos fuera de zonas inundables dando así una mejor cobertura a los sectores alejados y rurales, proponiendo una distribución armónica entre el sector urbano y rural.

## **Introducción**

La localización de instalaciones, ya sea en la industria de productos o servicios, representa un elemento fundamental que se debe tomar en cuenta a la hora de planificar las futuras operaciones de cualquier organización, siendo importante que estas decisiones perduren en el tiempo, sin perjuicio de que se trate de empresas públicas o privadas, de productos o servicios, es aplicable a toda institución, como lo fue en este caso, que se busca un mejoramiento en la asignación de emergencias para lograr una mejor cobertura y potenciar el servicio para el Cuerpo de Bomberos de San Antonio, esto si desde la perspectiva que la institución no percibe ingresos debido al servicio entregado.

Se debe tener en cuenta como antecedente el crecimiento de la ciudad en todo sentido, tanto en el ámbito económico, industrial, social y comercial. El surgimiento de nuevas emergencias, incrementando su complejidad a raíz de las nuevas tecnologías y costumbres.

En la comuna de San Antonio existen varias y nuevas empresas dedicadas al almacenamiento de productos químicos riesgosos para la salud y el medio ambiente, además el ingreso de nuevas empresas a raíz de la ubicación estratégica del Puerto ha provocado un aumento en la circulación vehicular, en especial camiones, impactando directamente en las emergencias del tipo vehicular, lo mismo ocurren con la migración de familias a esta ciudad por opciones de trabajo.

El trabajo logístico para bomberos cada vez debe ser más profesional, en la entrega de sus servicios de atención, a los diferentes tipos de emergencias (rescate, incendios, emergencias químicas y apoyo a catástrofes), es decir, debe estar actualizado con el desarrollo de nuevas costumbres y tecnologías, generando en su todo una servicio eficiente.

Este trabajo presenta una estructura que se configura de la siguiente: el capítulo 1 consta de los antecedentes del problemas y el planteamiento de los objetivos; luego el capítulo 2 explica todo el fundamento teórico en que se basa el modelo presentado; después el capítulo 3, uno de los más relevantes, explica el desarrollo de la metodología para solucionar la problemática; y por último en el capítulo 4 se mencionan las conclusiones y recomendaciones en base a las soluciones de la metodología.

## **Capítulo I: Antecedentes Generales**

*En este capítulo se exponen los antecedentes que dan origen al problema*

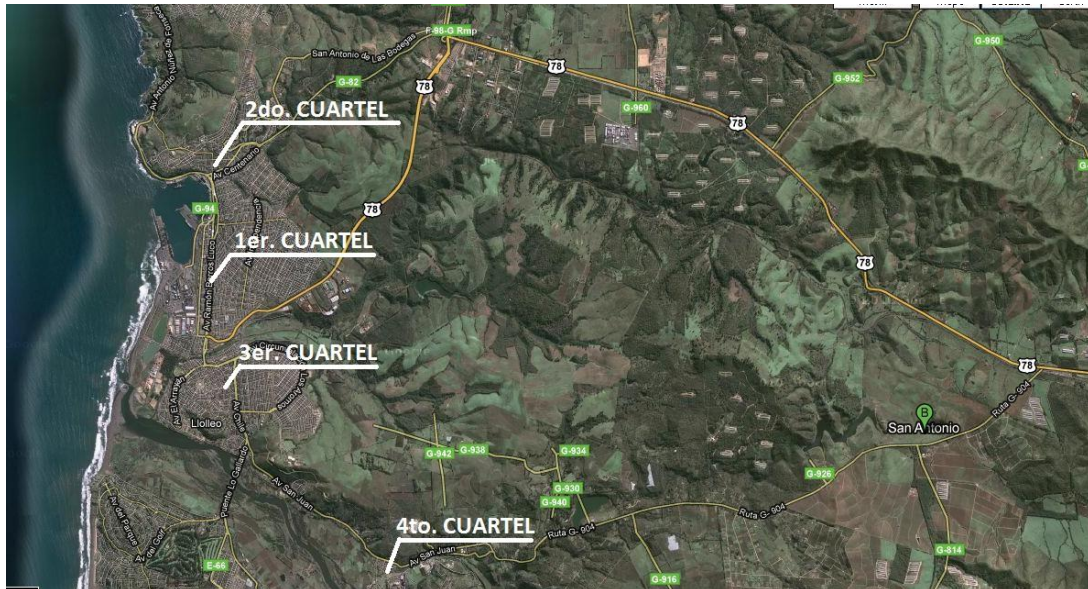
## 1.1 Antecedentes del Cuerpo de Bomberos de San Antonio

El Cuerpo de Bomberos de San Antonio es una corporación de derecho privado, sin fines de lucro, dotados de personalidad jurídica y por mandato del artículo 17° de la Ley N°18.969, tiene el carácter de “servicio de utilidad pública”, rigiéndose por las normas contenidas en el Título XXXIII del libro I del Código Civil, actualmente compuesta por cuatro compañías sectorizadas que tienen como objetivo atender las emergencias ocurridas en San Antonio. El Cuerpo de Bomberos de San Antonio fue fundado el 5 de noviembre de 1913 ante la organización de un grupo de vecinos con la misma necesidad de combatir incendios que afectaban esta localidad.

Estos vecinos se organizan eligiendo un Directorio, formado por un Superintendente, un Director, un Capitán y un Secretario. Es así como un día 2 de febrero de 1929 desde la motonave “Santa Bárbara” es descargada la primera motobomba marca Waterous que fue instalada a un vehículo Ford año 28 sustituyendo a una carreta cargada con bidones de agua y una escala tirada por un par de caballos. Así nace la primera compañía de Bomberos en la localidad de Barrancas.

En 27 de octubre de 1932 al igual que la primera compañía nace la Segunda Compañía de Bomberos ubicada en el sector de San Antonio, catorce años después en 1946 comienza a gestarse una brigada en Llo-Lleo que por el oficio 21 es reconocida el 21 de mayo como la tercera compañía de Bomberos de San Antonio. Por último, el 21 de marzo de 1972 un grupo de vecinos de la localidad de San Juan decide formar una brigada forestal debido al sector donde vivían, y mediante el oficio 36 del 19 de abril de 1976 se constituye la cuarta compañía de San Antonio.

Figura 1.1 Vista satelital de la Comuna de San Antonio y sus cuarteles de bomberos.



Fuente: Google Maps.

El Cuerpo de Bomberos es el encargado de controlar, velar por el buen funcionamiento de cada compañía, administrar fondos económicos, información estadística, gestionar recursos y representar a cada compañía ante la Junta Nacional de Bomberos que regula todos los cuerpos de Bomberos del país y entrega fondos otorgados por el Estado a partir de los presupuestos Estatales destinados para Bomberos.

Actualmente el Cuerpo de Bomberos posee personal rentado conformado por el personal administrativo encargado de contabilizar las estadísticas y funcionar como canal en la entrega de fondos, los radio-operadores encargados de recibir y transmitir las emergencias a los bomberos, para ello trabajan por sistemas de turnos, y cuarteros destinados para que cada cuartel permanezca con conductor todos los días del año, además mantienen la limpieza del cuartel otorgándoseles una casa para ello.

Los cuarteles de Bomberos poseen una especialidad en común que son las emergencias de tipo estructural y su propia especialidad por lo que se implementan de acuerdo a las necesidades de las emergencias con el objetivo de estar preparados de una mejor forma para enfrentar un siniestro, clasificándolas según a lo que se esté afectando con el fin de obtener una visión relativamente clara de lo que se van a enfrentar, estas emergencias son las siguientes:

1. Incendio Estructural: es una emergencia en donde la superficie afectada puede ser una casa, locales comerciales, edificios, industrias, etc.
2. Incendio vehicular: emergencia en donde se vea siniestrado un vehículo.
3. Incendio Forestal y/o basura: emergencia que involucre pastos, bosques, basuras, etc.
4. Rescate de personas atrapadas: esta emergencia involucra a personas que estén atrapadas en edificios, ascensores, pozos, lecho de un río, etc.
5. Incendio de Materiales Peligrosos o HAZMAT: emergencia que involucre cualquier material o sustancia peligrosa.
6. Rescate vehicular: emergencia en donde se encuentren personas atrapadas debido a un accidente vehicular.
7. Emergencia de Emanación de Gases: emergencias asociadas a fugas de gas licuado o a cañería.
8. Emergencia Eléctrica: emergencia que se vean involucrado subestaciones eléctricas y accesorios eléctricos como por ejemplo transformadores.
9. Emergencia No Clasificada: esta emergencia no cabe en ninguna de las clasificaciones anteriores como por ejemplo; basura que se quema en un patio de una casa.
10. Emergencia en apoyo a otros cuerpos: estas emergencias ocurren fuera de la jurisdicción y bomberos de otros cuerpos solicita apoyo para enfrentar la emergencia.

## 1.2 Sistemas Logísticos en Bomberos de Chile

Las actividades logísticas para el funcionamiento de Bomberos de Chile están compuesto por un directorio a nivel nacional encargados de distribuir los fondos Estatales para cada Cuerpo de Bomberos a nivel nacional, según figura 1.2.

Figura 1.2: Organigrama Nacional Bomberos de Chile.



**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura 1.2 muestra la organización de Bomberos a nivel nacional quienes velaran por las gestiones económicas y administrativas que el directorio nacional les delegue.

El presidente nacional encabeza este mando cuyas funciones son las siguientes:

- Presidir las reuniones del Directorio Nacional y el Consejo Ejecutivo, convocar a sesiones al Directorio y al Consejo Ejecutivo cuando lo estime conveniente o cuando lo solicite el número reglamentario de miembros.
- Velar porque se cumplan las leyes y se ejecuten los acuerdos del Directorio, del Consejo Ejecutivo y de las Asambleas y se cumplan los estatutos, los reglamentos y demás normas internas de la Junta.
- Representar judicialmente a la junta con facultades ordinarias inmediatamente al recibir una notificación poniéndola en conocimiento al Directorio.

- Representar Extrajudicialmente a la Junta cuando no se hubiere designado expresamente a otra persona para hacerlo.
- Proponer al Directorio el nombramiento, remoción y remuneración del personal rentado y vigilar su conducta.
- Hacer ejecutar el plan anual de actividades de la Junta que haya sido aprobado por el Directorio.
- Firmar la memoria y el balance que el Directorio debe presentar a la asamblea Ordinaria.

Las funciones del Vicepresidente Nacional son las siguientes:

- Reemplazar al Presidente Nacional en todas sus funciones y atribuciones en caso de ausencia o imposibilidad temporal de éste. El Presidente Nacional no podrá delegar en el Vicepresidente Nacional otras atribuciones que las relacionadas con la gestión económica y de administración interna de la institución, sea que le correspondan directamente o que a su vez las haya obtenido por delegación de funciones del Directorio. El Vicepresidente Nacional será subrogado por el Vicepresidente Nacional que le siga en antigüedad en el cargo y así sucesivamente.

Las funciones del Secretario General son las siguientes:

- Actuar como Secretario del Directorio, del Consejo Ejecutivo y de las Asambleas, redactar las actas de las sesiones de estos organismos y firmarlas junto con el Presidente Nacional una vez que estén aprobadas.
- Llevar los libros y documentos de la Junta y redactar la correspondencia.
- Servir de Ministro de Fe respecto de los acuerdos adoptados por el Directorio, el Consejo Ejecutivo o las Asambleas.
- Organizar las oficinas de la Junta.
- Preparar la Memoria que el Directorio debe presentar a la Asamblea Ordinaria, cuando se lo ordene el Directorio.
- Comunicar a todos los Cuerpos de Bomberos los resultados de las elecciones de Directorio Nacional, y las demás que le encomiende expresamente el Reglamento, el Directorio y el Consejo Ejecutivo.

Las funciones del Tesorero Nacional son las siguientes:

- Organizar la contabilidad de la Junta y cautelar sus bienes y fondos.

- Preparar el balance que el Directorio debe presentar a la Asamblea Ordinaria.
- Llevar un registro al día de los recursos que hubiere aportado la Junta Nacional a cada uno de los Cuerpos de Bomberos.
- Llevar un registro al día de la deuda de la Junta Nacional.
- Proporcionar libros, registros y antecedentes que le solicite la Comisión Revisora de Cuentas en cumplimiento de las funciones encomendadas a ésta.
- Las demás que le encomiende expresamente el Reglamento o el Directorio.

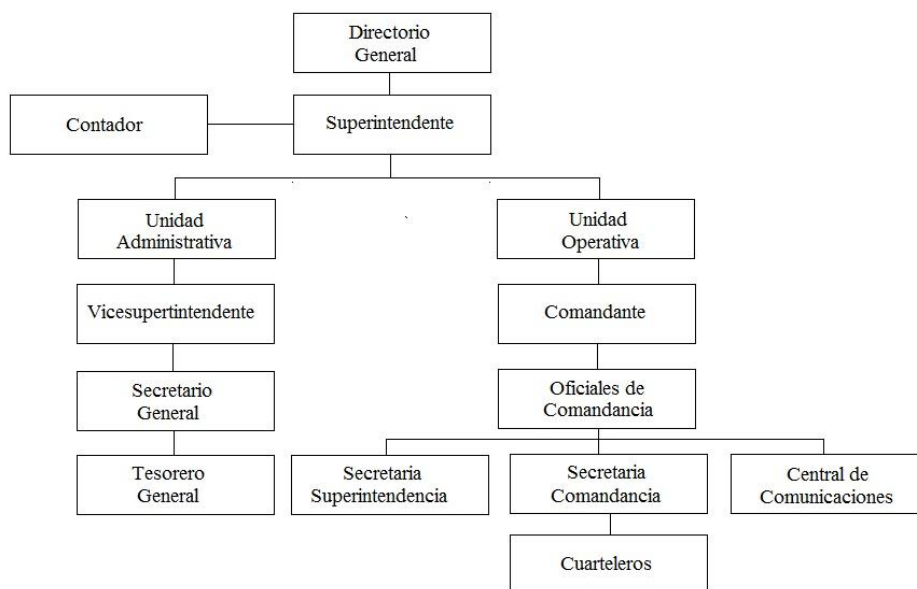
Las funciones de los directores Regionales son las siguientes:

- Comunicar al Directorio de la Junta Nacional todo reclamo u observación que reciba referente a los Cuerpos de Bomberos de la Región y que no haya sido resuelta por el Consejo Regional.
- Representar al Consejo Regional y Cuerpos de Bomberos que lo conforman ante las Autoridades Regionales para coordinar y resolver, de las acciones que sean pertinentes en caso de siniestro o catástrofe que afecte a la seguridad de la población, informando de ello a la Junta Nacional.
- En general, llevará a efecto los acuerdos adoptados por el Directorio de su Consejo Regional y cumplirá con las funciones que les asigne el Reglamento General.

Lo señalado y descrito de la figura 1.2 tiene como fuente el “Estatuto de la Junta Nacional de Bomberos de Chile.”

Luego de establecerse la organización a nivel nacional el siguiente eslabón corresponde a la organización de cada Cuerpo de Bomberos de Chile, representado de la siguiente manera:

Figura 1.3: Organigrama base de Cuerpo de Bomberos de Chile en cada ciudad.



**Fuente: Elaboración Propia.**

La figura 1.3 muestra la organización tipo de los cuerpos de bomberos en el territorio nacional, es importante aclarar que en algunas organizaciones existen variaciones y cambios de acuerdo a las características y realidades propias de cada ciudad, como por ejemplo: tipos de emergencias, frecuencias, tamaño de la ciudad, entre otros.

Los Cuerpos de Bomberos se organizan a base de dos principios fundamentales; por un lado, la democracia, todos los cargos directivos tienen su origen en votaciones de sus bomberos, y junto a ella, la jerarquía, para cumplir con las duras exigencias del servicio de emergencia.

La autoridad máxima de un Cuerpo de Bomberos como lo muestra la figura 1.3 lo constituye el Directorio General compuesta por oficiales generales designados en su mayoría por votación popular dentro del cuerpo de bomberos, estos son: El Superintendente; quien preside este Directorio, El Comandante o Comandantes si hubiese más de uno, Secretario, Tesorero, Directores de cada cuartel de bombero y los Directores Honorarios quienes son bomberos con al menos 20 de servicio reconocido y que hayan integrado el directorio al menos cinco años. Cabe señalar que los cargos a nivel de Cuerpos de Bomberos, como se describe su mandato, es a nivel comunal.

Las funciones de cada integrante del Cuerpo de Bomberos son las siguientes:

#### Directorio General (Comunal).

- Velar por los intereses generales del cuerpo, otorgarle recursos y administrar sus bienes y rentas.
- Aprobar, modificar o derogar Acuerdos de Carácter Permanente del Directorio.
- Acordar la adquisición, la construcción y enajenación de toda clase de bienes inmuebles, constituir garantías, hipotecarlos y gravarlos a proposición del Consejo de Oficiales Generales.
- Acordar la adquisición y enajenación del Material Mayor a consulta del Consejo de Oficiales Generales.
- Pronunciarse sobre los estados de Tesorería, previo informe del Consejo de Oficiales Generales.
- Ejercitar todos los actos de fiscalización que estimare conveniente.

#### Superintendente (Comunal)

- Es el jefe superior de la Institución a nivel comunal.
- Velar por el prestigio de la institución.
- Dirigir y administrar la Institución de acuerdo con las disposiciones de los Estatutos y reglamentos.
- Representar al Cuerpo tanto judicial como extrajudicialmente.
- Presidir las Sesiones del Directorio y cuidar del cumplimiento de los acuerdos que se generen.
- Delegar temporalmente y en algunas materias sus obligaciones y atribuciones en el Vicesuperintendente.

Vicesuperintendente.

- Subrogar al Superintendente con todos sus deberes y atribuciones, como asimismo, cumplir las obligaciones y ejercer las atribuciones que le delegue el Superintendente.

Comandante (Comunal).

- Mantener la disciplina del Cuerpo, y en el servicio cuidar de la eficiencia y seguridad de los Voluntarios.
- Velar por la conservación del material.
- Atender a la técnica de extinción e investigación de incendios.
- Inspeccionar o hacer inspeccionar por los comandantes que hubiesen los Ejercicios de las Compañías.
- En las emergencias el comandante tendrá las siguientes atribuciones: disponer del personal y material del cuerpo, dar órdenes para romper puertas y ventanas o derribar total o parcial un edificio incendiado cuanto lo estime necesario, requerir el auxilio de la fuerza pública para despejar el recinto de los incendios y de los sitios que se encuentre el material del cuerpo de bomberos u objetos salvados.

Secretario General (Comunal).

- En su calidad de Ministro de Fe, debe dar cuenta de sus reparos a quien presida las reuniones del Directorio, Consejos y a las comisiones que le corresponda.
- Debe dar cuenta al Consejo de Oficiales Generales, de las irregularidades que detectare en sus funciones administrativas.
- Extender y firmar las Actas de las Sesiones del Directorio, del Consejo de Oficiales Generales y del Consejo Superior de Disciplina y comunicar los acuerdos correspondientes.

#### Tesorero General (Comunal).

- A cargo del sistema contable del Cuerpo de bomberos a nivel comunal, en la forma que determine el Consejo de Oficiales Generales y presentar anualmente a este organismo y en la debida oportunidad el proyecto de presupuesto de entradas y salidas del Cuerpo para el año venidero. Llevar un control de las acciones de propiedad del Cuerpo.
- Representar al Superintendente en pagos en las que no se ajusten al reglamento o que en cada ítem estuviesen agotadas.
- Recaudar los fondos del Cuerpo y depositarlos a la orden de éste en los bancos e instituciones que el Consejo de Oficiales Generales haya acordado.
- Dar cuenta al directorio general de los movimientos generados en los meses anteriores por un estado de entradas y salidas con relación al presupuesto y de un estado de crédito y deudas.
- Entregar a los Tesoreros de Compañías la subvención fijada en el Presupuesto anual.
- Rendir oportunamente a las autoridades administrativas la cuenta de inversión y gastos previamente documentada.

#### Oficiales de Comandancia.

- Encargados de velar por el buen funcionamiento de las actividades operativas del cuerpo de bomberos.
- Inspeccionar los inventarios, asistencias de cada cuartel de bomberos, inspeccionar los carros bombas.
- Determinar la investigación de incendios en las que el cuerpo de bomberos asiste, además de inspeccionar locales comerciales, públicos y privados para el buen funcionamiento y cumplir con las exigencias legales.

Personal Rentado.

Secretarias.

- Encargadas de realizar todo el trabajo administrativo de un cuerpo de bomberos, tales como correspondencia, gestión administrativa, de contabilidad, compras e inventarios.

Centralistas de comunicaciones.

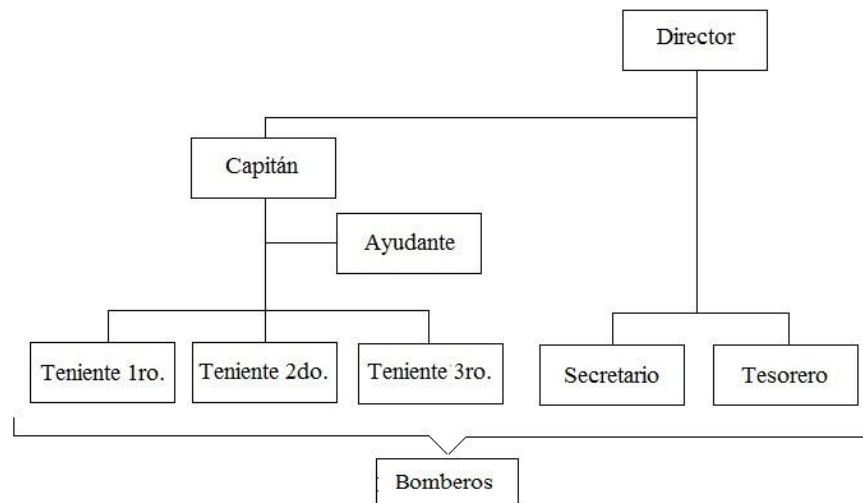
- Encargadas de recibir las llamadas de emergencias y despachar las unidades.
- Tener turnos rotativos las 24 horas.
- Llevar un registro detallado de cada emergencia.

Cuarteleros

- Se les dispone casa-habitación dentro del cuartel de bomberos en donde su función principal es la conducción de los carros bombas, con disponibilidad inmediata
- Manipular los cuerpos bombas de cada unidad de bomberos.
- Velar por el orden y aseo del cuartel de bomberos y la limpieza de los carros bombas.

Cada Cuerpo de Bomberos de una ciudad está compuesto por diversos cuarteles de bomberos encargados de dar mejor cobertura a las emergencias, estos cuarteles se organizan de la siguiente manera:

**Figura 1.4: Organigrama de los cuarteles de Bomberos.**



**Fuente: Elaboración propia.**

La existencia de los cuarteles de bomberos depende de las necesidades de las ciudades, en donde puedan tener la mayor cantidad de cobertura, por eso entre más grande sea una ciudad tendrá una mayor cantidad de cuarteles. Un cuartel tendrá distintos cargos los cuales se dividirán entre administrativos y operativos, estos personeros son lo que actúan directamente en las emergencias, los cargos son los siguientes:

#### Director.

- Jefe superior del cuartel, quien debe velar por su disciplina, además de representarlo en el Directorio.
- Comunicar al secretario general las elecciones de oficiales de compañía, las altas y bajas que ocurriesen y las suspensiones a bomberos.

#### Capitán.

- Es el jefe de la compañía en el servicio activo.
- Debe velar por la disciplina, otorgar a los bomberos la instrucción teórica y práctica que requiere el buen servicio.
- Vigilar el aseo del cuartel, del mobiliario y velar por la conservación de los materiales.
- Enviar mensualmente un resumen del gasto de combustible.
- Llevar el control del material menor y equipos de comunicación entregados por la comandancia.
- Dar aviso a la comandancia cuando el material de cuartel quede fuera de servicio.

#### Secretario.

- Depende jerárquicamente del Director.
- Actúa como ministro de fe, deberá citar a quien corresponda, sesiones, consejos, formaciones y otros.
- Firmar actas, presentar la memoria anual una vez aprobada presentarla al secretario general.
- Otorgar información a cualquier oficial de compañía,
- Puede ser subrogado por el tesorero.

Tesorero.

- Depende jerárquicamente del Director.
- Llevar la contabilidad de la compañía.
- Recaudar los fondos y depositarlos en la institución financiera que la Compañía acuerde, en cuentas corrientes bancarias, de depósito o de inversión, las que deberán abrirse necesariamente a nombre del Cuerpo de Bomberos de Santiago, especificando a continuación el número de la Compañía. No obstante lo anterior, cualquiera sea la modalidad de depósito, todo dinero que ingrese a la Compañía deberá depositarse inicialmente en la cuenta corriente bancaria.
- Rendir cuenta al Tesorero General, los movimientos de fondo, acompañado del estado de deudas y créditos, y además documentos que el Consejo de Oficiales Generales determinase. Todo deberá llevar el visto bueno del Director.

Teniente 1ro.

- Hacer guardia semanal de cuartel.
- Instruir al personal en el uso y manejo del material menor.
- Llevar el control del uniforme de trabajo, de los carros bomba y carné, debiendo dar cuenta al Capitán de cualquier novedad que tenga.
- Velar por el orden del Cuartel y por la conservación de sus muebles y útiles, dando cuenta de todo ello al Capitán.

Teniente 2do.

- Hacer guardia semanal del cuartel.
- Mantener en parte visible de cada dependencia del cuartel, el inventario de los bienes que existan dentro de ellas y comunicar por escrito al Capitán las irregularidades se encuentren.
- Por lo menos una vez al mes, revisar el inventario de una de las dependencias del cuartel y dejar de ello constancia en el libro de guardia, indicando la conformidad o novedades encontradas; estas mismas novedades se las dará a conocer al Capitán por nota separada.

Teniente 3ro.

- Hacer guardia semanal de Cuartel.
- Mantener al día, un cuadro con el domicilio del personal y, número telefónico e indicaciones que anualmente le dé el Capitán.
- Llevar al día un libro de atenciones médicas de los Cirujanos al personal, debiendo pasar al Capitán, dentro de los tres primeros días de cada trimestre, una nómina de las atenciones que se hubieren efectuado.
- Por lo menos una vez al mes, revisar el inventario de una de las dependencias del Cuartel y dejar constancia de ello en el libro de guardia, indicando la conformidad o novedades encontradas; estas mismas novedades se las dará a conocer al capitán por nota separada.

Ayudante.

- Encargados de transmitir en todos los actos de servicio, las órdenes que imparta el Capitán o quién lo reemplace. No tienen mando en los actos de servicio.
- Hacer las citaciones que le ordenare el Capitán y colocarlas en la tabla.
- Hacer los partes de asistencia de los actos del servicio.
- Comunicar a los Voluntarios las licencias otorgadas y las rechazadas por el Capitán.
- Llevar al día un cuadro mensual de los Voluntarios Honorarios y Activos, por orden alfabético, con las asistencias a los actos de servicio.

### **1.3 El Cuerpo de Bomberos de San Antonio y su Situación Actual**

El Cuerpo de Bomberos tiene tres unidades ubicadas en las oficinas administrativas de bombero llamado Cuartel General.

Los cuarteles de bomberos de San Antonio poseen diferentes especialidades como lo son de rescate vehicular y en alturas, de material peligroso y forestal ubicados en diferentes sectores de la comuna de San Antonio con el objeto de cubrir la mayor cantidad de población.

Es importante mencionar que San Antonio el año 2010 se vio mermado por un gran movimiento telúrico grado 8.3 en la escala de Richter y un posterior tsunami afectando directamente la población de San Antonio, activando rápidamente los organismos de emergencias bomberiles, lo cual obligó a los voluntarios a presentarse en su cuartel para

efectuar con las unidades rondas con el objeto de verificar el estado de la población y actuar ante eventuales emergencias provocadas por el siniestro. Se realizaron labores de rescate a personas atrapadas por causas de derrumbes, se atendieron llamados por emanaciones de gases debido a la rotura de cañerías y se calmó a la población ante falsas alarmas de nuevos tsunamis. Posteriormente se trabajó en el abastecimiento a la población de agua debido a que el suministro no se encontraba en funcionamiento. El terremoto afectó a los cuarteles de bomberos destruyendo parte de sus instalaciones.

### **Primera Compañía.**

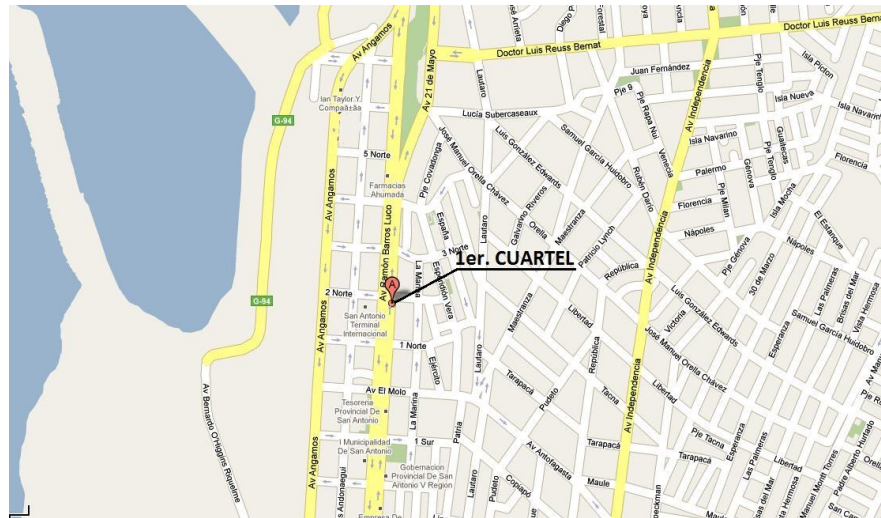
Figura 1.5 Fotografía Primer Cuartel de Bomberos de San Antonio de especialidad Rescate Vehicular.



**Fuente: Elaboración propia.**

Ubicado en Avenida Ramón Barros Luco N°170 sector Barrancas, como lo indica la figura en el punto “A”.

Figura 1.6 Ubicación geográfica del Primer Cuartel en la Comuna de San Antonio



**Fuente: Elaboración propia.**

La especialidad de esta dependencia son los rescates vehiculares. Actualmente está conformada por 58 voluntarios; un carro bomba marca Renault Camiva año 2000, teniendo como función acudir a todo tipo de emergencias a excepción a las que involucre alguna especialidad; un carro bomba marca Renault Camiva año 1987, teniendo como funcionalidad brindar apoyo a emergencias en donde se requiera una unidad adicional además de relevar al otro carro bomba en caso de que estuviese en panne, ambas unidades tienen capacidad de 3000 Litros de agua; y una camioneta de rescate marca Renault año 1994 cuya función es asistir a las emergencias de tipo rescate vehicular.

La dotación para combatir las emergencias montadas en sus unidades se priorizan primero elementos para la protección personal, luego materiales para el combate de incendio estructurales y lo correspondiente a la especialidad de éste cuartel como lo son los Accidentes Vehiculares.

## Segunda Compañía.

Figura 1.7 Fotografía Segunda Compañía de Bomberos de San Antonio con especialidad en Rescate en Alturas.



**Fuente: Elaboración propia.**

Ubicada en Avenida Pedro Montt N°369 San Antonio centro, como lo indica la figura 1.8 en el punto “A”.

Figura 1.8 Ubicación geográfica del Segundo Cuartel de Bomberos de San Antonio.



**Fuente: Elaboración propia.**

Su especialidad es el rescate de personas en alturas o desniveles, posee un carro bomba marca Renault Camiva año 2009 con capacidad para 5000 Litros cuya funcionalidad es hacer frente a todo tipo de emergencias a excepción de las que involucre alguna especialidad; un carro elevador tipo snorkel marca Renault Saviem año 1980 cuya función es desplegar su brazo telescópico y atacar incendios en alturas; una camioneta de rescate marca Mercedes Benz año 2006 cuya función es enfrentar emergencia en donde se deba rescatar un ser vivo en algún edificio, lecho de un río en general o en un desnivel. Actualmente la conforman 46 voluntarios y su dotación para combatir las emergencias dispuestas en sus unidades se prioriza en equipos de protección personal, luego en materiales y herramientas para combatir incendios del tipo estructural y de especialidad, como lo es en este cuartel los de tipo Rescate de Personas en Alturas.

### **Tercera Compañía.**

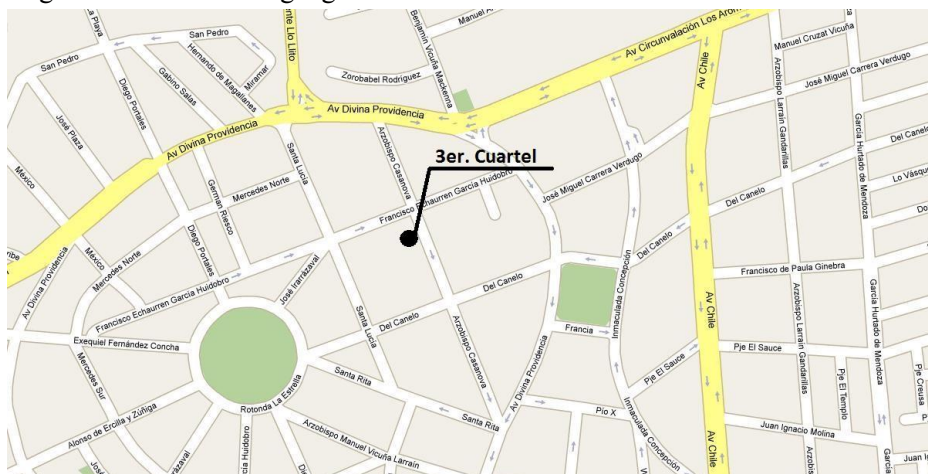
Figura 1.9 Fotografía Tercera Compañía de Bomberos de la comuna de San Antonio de especialidad Materiales Peligrosos.



**Fuente: Elaboración propia.**

Ubicada en calle Arzobispo Casanova N° 430, Llo-Lleo, como lo indica la figura 1.10.

Figura 1.10 Ubicación geográfica Tercer Cuartel de Bomberos de San Antonio.



**Fuente: Elaboración propia.**

Su especialidad son las emergencias relacionadas con los materiales peligrosos llamados “Hazmat”, está dotada con 53 Voluntarios, posee un carro bomba marca Renault Camiva año 2009 con capacidad de 5000 Litros con el fin de combatir todas las emergencias a excepción de las que involucre alguna especialidad; un carro Hazmat especialmente para combatir emergencias con materiales peligrosos y un carro marca Renault Camiva año 1994 con capacidad de 3000 litros. Su dotación ubicada en las unidades priorizan lo equipos de protección personal, materiales y herramienta para el combate de incendios y herramientas para cubrir la especialidad del cuartel que son las emergencias que involucren materiales peligrosos (HAZMAT).

**Cuarta Compañía.**

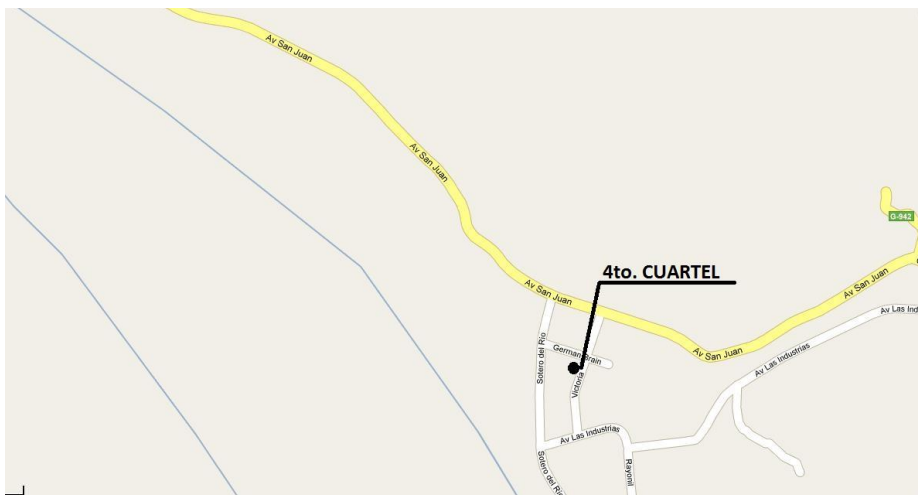
Figura 1.11 Fotografía Cuarta Compañía de Bomberos de San Antonio de especialidad en Incendios Forestales.



**Fuente: Elaboración propia.**

Situada en calle Victoria S/N San Juan, como se muestra en la figura 1.12.

Figura 1.12 Ubicación geográfica del Cuarto Cuartel de Bomberos de la Comuna de San Antonio



**Fuente: Elaboración propia.**

Se especializa en las emergencias de tipo forestal, está conformada por 46 voluntarios, asienta un carro bomba marca Berliet Camiva año 1981 con capacidad para 3000 Litros destinado para combatir todo tipo de emergencias a exceptuando las que se requiera una unidad especial, un carro bomba forestal 4x4 marca Renault Camiva año 1996 con capacidad para 3000 Litros destinado para asistir a las emergencias de tipo forestal. El material apostado en sus unidades es priorizada con elementos de protección personal, luego herramientas y materiales para el combate de incendios y en efecto para la especialidad forestal.

#### **1.4 Proceso Atención Emergencia.**

##### **1.4.1 Despachos**

El cuerpo de Bomberos de San Antonio mantiene una política de despachos para cubrir las emergencias, primero, cada cuartel cubre un sector específico con el objetivo de obtener el mejor tiempo de respuesta y cobertura. Así como lo muestra la figura 1.13, El Cuartel N°2 cubre el sector que va desde el límite con la comuna de Cartagena hasta el límite con el Sector de Primera Compañía en Avenida Luis Reuss.

Figura 1.13 Esquema de ubicación y cuadro de cobertura cada cuartel de bomberos en San Antonio



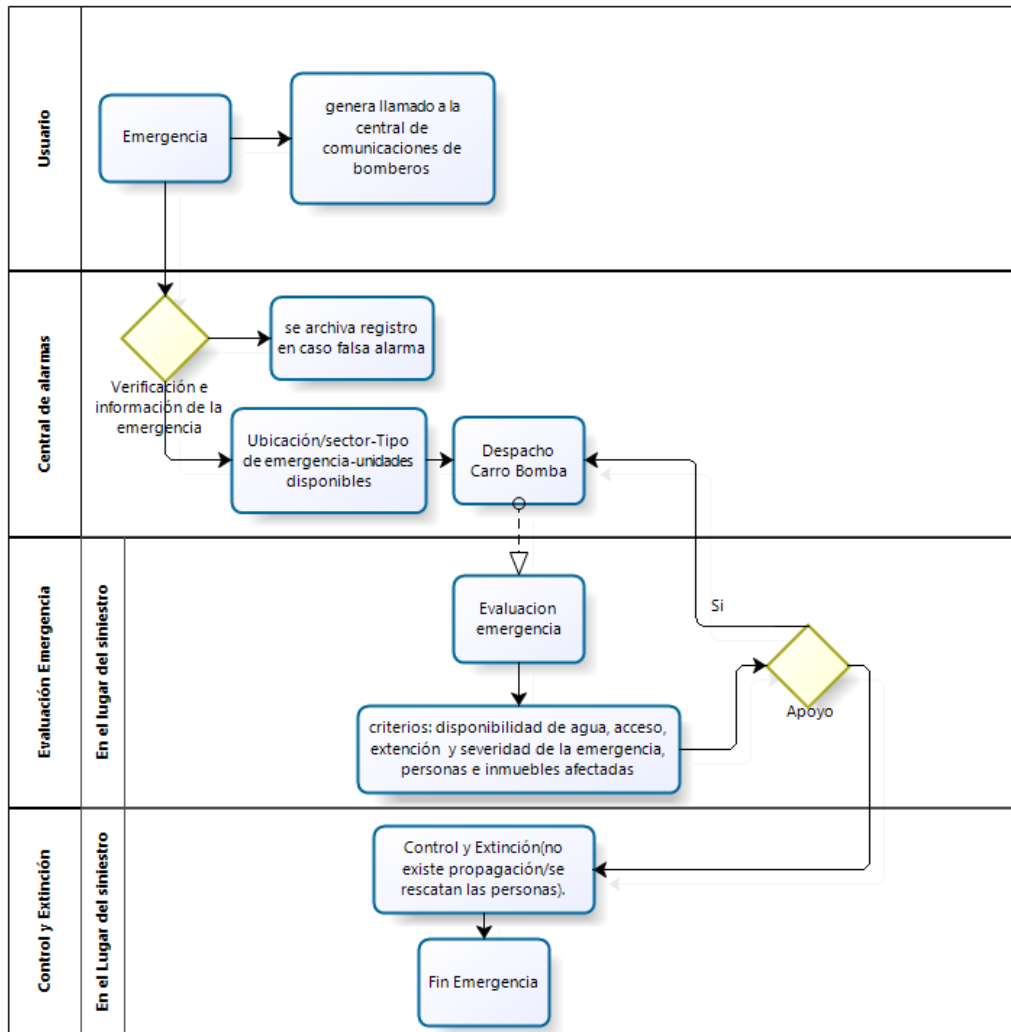
Fuente: Elaboración propia.

El Cuartel N° 1 cubre desde la avenida Luis Reuss hasta el Sector del Puente de Lollole. El Cuartel N°3 cubre desde el Puente de Lollole hasta el Puente de Lo Gallardo. El Cuartel N°4 cubre desde el Puente de Lo Gallardo hasta el fin de la localidad de San Juan.

Detallando la pauta de despacho se traduce en: si ocurre un incendio en un determinado lugar la unidad a despachar será a la que le corresponde cubrir dicho sector, en cambio si la emergencia involucra alguna especialidad se despachará la unidad que corresponda sin importar el sector en que se encuentre. Si ocurriese un incendio de tipo estructural la política de despacho dice que se deben enviar si o si dos unidades al lugar, es decir la unidad del sector apoyado por otra unidad del sector vecino que más se aproxime a la emergencia.

Por último, en el caso de que existiese una emergencia que involucre colegios, edificios, mall, pub, discos, la política de despacho indica que deben despacharse todas las unidades a la emergencia debido a que en estos lugares existe una gran cantidad de personas y con una gran cantidad de unidades y bomberos se simplifican las medidas de evacuación y el trabajo de la emergencia propiamente tal.

### 1.4.2 Esquema Procesos Atención de Emergencia



### 1.5 Situación Actual de San Antonio

San Antonio es una localidad ubicada en la Quinta región de Valparaíso con una superficie de 405 Km<sup>2</sup> y es una de las seis comunas que componen la provincia de San Antonio junto con Santo Domingo, Cartagena, El Tabo, El Quisco y Algarrobo. Según el

censo del 2002 la población de la comuna corresponde a 87.205 habitantes, de los cuales 83.435 representan a la población urbana dividida en las siguientes áreas: San Antonio centro, Barrancas y Llo-Lleo. Por otro lado, 3.770 habitantes se ubica en la población rural determinados por los sectores de Leyda, Malvilla, Lo Gallardo, el Tranque y Cuncumén. Se destaca que en esta comuna su actividad económica principal es portuaria, siendo el puerto principal de la V Región.

El crecimiento poblacional de San Antonio según el INE se proyecta desde el año 2000 hasta el año 2020 obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 1.5 Proyección Habitantes de la Comuna de San Antonio, año 2009 a 2020.**

Comuna San Antonio		
Año	Total	Variación Anual
2009	97.467	-----
2010	98.365	0,9213%
2011	99.120	0,7675%
2012	99.868	0,7546%
2013	100.612	0,7450%
2014	101.363	0,7464%
2015	102.108	0,7350%
2016	102.666	0,5465%
2017	103.213	0,5328%
2018	103.773	0,5426%
2019	104.322	0,5290%
2020	104.877	0,5320%

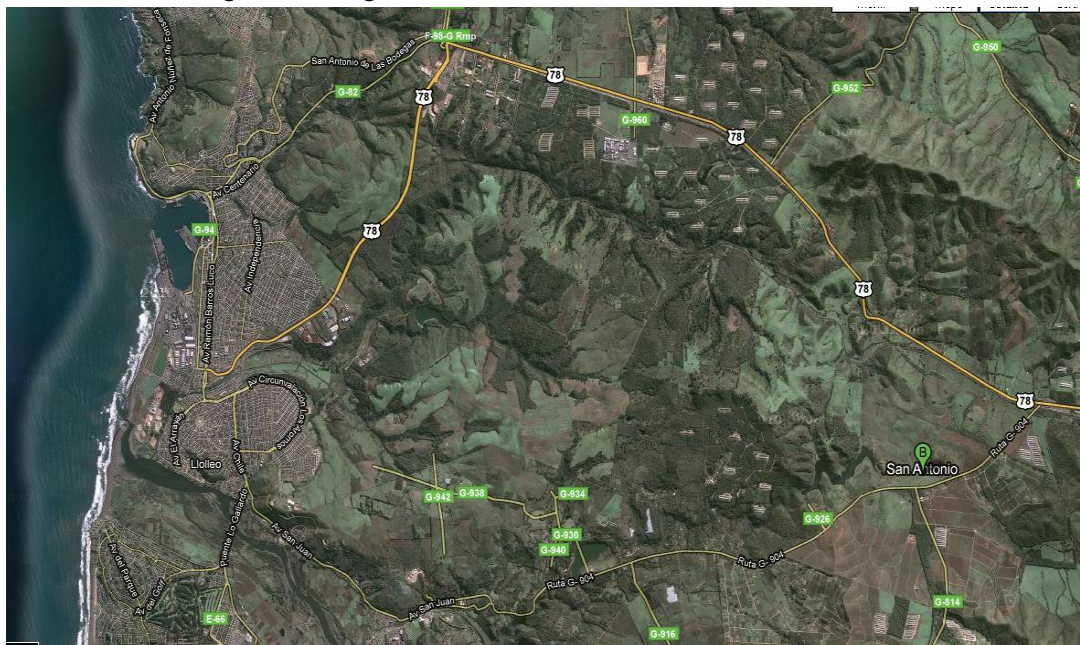
**Fuente: Instituto Nacional de Estadística censo 2002.**

Se debe tomar en cuenta que en San Antonio la actividad industrial ha estado en un constante desarrollo gracias a los nuevos proyectos comerciales como lo son: el mall-casino Hotel, la actividad portuaria, empresa *Maersk* y el proyecto comercial internacional. Lo que ha provocado inmigración a la ciudad y en general ha creado grandes expectativas en las personas del territorio de San Antonio.

Gracias a estos antecedentes el radio urbano se ha expandido constantemente y se espera que el crecimiento de la población tienda a crecer en una mayor tasa a la pronosticada según el censo del 2002.

Se aprecia en la figura 1.14 la ciudad Actual de la Comuna de San Antonio.

Figura 1.14 Figura satelital de la Comuna San Antonio Chile.



**Fuente: Google Maps.**

Esta ciudad al norte limita con la comuna de Cartagena al sur con la comuna de Santo Domingo al oriente con la comuna de Melipilla y al poniente con el Océano Pacífico. Debido al gran número de empresas portuarias en la zona es catalogada como la “ciudad puerto”. El puerto de San Antonio es el puerto con mayor transferencia de carga del país caracterizado por poseer cuatro terminales diferentes; uno para carga general, denominado Espigones, otro para carga a granel, un terminal para químicos administrado *QS Terminals* y uno altamente especializado en transferencia de contenedores y ácido sulfúrico administrado por la empresa TERQUIM, por último CODELCO instalará su base para el almacenaje de ácido sulfúrico y que abastecerá al sector minero. Se debe tomar en cuenta que todos los cuarteles atenderán potenciales emergencias en este sector debido a la envergadura de las instalaciones portuarias. Además, en el sector de Malvilla recientemente se ha instalado la empresa *Maersk* dedicada a la fabricación de contenedores con un requerimiento de mano de obra de más de 2.000 trabajadores, generando gran impacto para la ciudad, en cuanto al tamaño de sus instalaciones, el movimiento de personas y vehículos en la zona. Por otra parte, en el mismo sector se encuentra en avance del megaproyecto de ciudad comercial internacional de 700 mil metros cuadrados de almacenaje automatizado, salas de exhibición y servicios relacionados, cubriendo un área de 350 hectáreas de superficie en donde se realizarán negocios entre Latinoamérica y Asia Pacífico con el objetivo de convertir a Chile en una plataforma de negocios internacionales de más de 5 mil millones de dólares por año. La ciudad comercial internacional contempla una inversión total de US\$ 400 millones otorgando empleos directos a más de 6.000 personas de forma permanente y otras 10.000 en trabajos relacionados. También es importante señalar las nuevas instalaciones de plantas cementeras ubicadas en el sector de San Juan con nombre cementos “La Unión” y en el sector del Fundo Miramar cementera

“Biobío”, teniendo en común estas plantas que se encuentran situadas en deslinde con la zona urbana en especial con sectores de alta densidad poblacional.

En Cuanto al desarrollo comercial en el centro de San Antonio, recién el año 2009 se inauguró un proyecto de varios años de duración en los que contempla un Mall, casino y un hotel de cinco estrellas.

Figura 1.15 Fotografía Mall-Casino-Hotel Ciudad San Antonio.



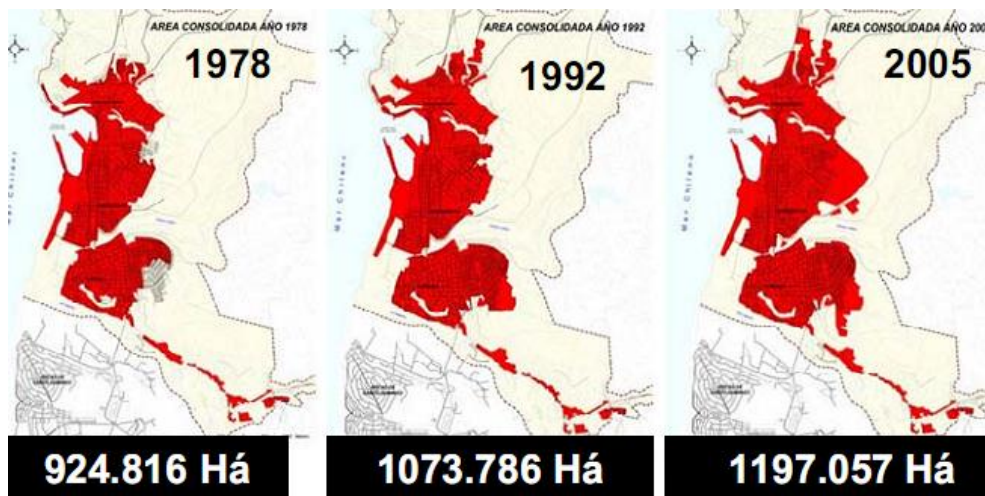
**Fuente: Ilustre Municipalidad de San Antonio.**

#### **1.6 Descripción de la situación problema.**

Los antecedentes del problema se originan fundamentalmente en el aumento y distanciamiento de las emergencias respecto de los cuarteles de bomberos de la comuna de San Antonio, ya que estos se ubican principalmente en el plan de la ciudad, además de encontrarse en zona inundable por un potencial tsunami, de acuerdo al Plan Comunal de Protección Civil y Emergencias de la I. Municipalidad de San Antonio. Por otra parte, éste alejamiento provoca un aumento de los tiempos de respuestas para cada cuartel de bomberos. En este contexto, es de importancia mencionar diferentes áreas de desarrollo en la comuna como lo son: el aumento de proyectos habitacionales ampliando el radio urbano de la comuna; el crecimiento industrial en desarrollo de nuevas instalaciones como lo son las plantas de cemento, plantas de almacenamiento de materiales químicos, la expansión del puerto y la creación de nuevos proyectos como la sociedad comercial internacional; por último, el crecimiento comercial que presenta la ciudad ante la construcción de un mall, hotel y casino, concentrando gran afluencia de personas.

A continuación podremos ver en la siguiente figura la tendencia de crecimiento de la comuna:

Figura 1.16: Tendencia de crecimiento urbano Comuna de San Antonio.



Fuente: Habiterrra S.A. asesores

Según la figura anterior se aprecia tres puntos de tendencia al crecimiento de la comuna de San Antonio a través del tiempo, al norte de la ciudad, específicamente en el sector de Bellavista, existe un crecimiento urbano habitacional colindante hacia la comuna de Cartagena en tendencia de integrar un continuo radio urbano. Por el sector sur, en Llolleo, específicamente en el cerro La Viuda y La Campiña. Finalmente, en el sector oriente, sector Malvilla y Aguas Buenas en la parte alta de Barrancas se marca una tendencia al crecimiento industrial asociada directamente a actividades portuarias, ya sean, espacios para acopio de contenedores y apoyo al terminal portuario en general.

El consumo de suelo en el área urbana ha sido a un ritmo de 10Há promedio por año, durante los períodos 1978 a 2006, tasas demográficas bajas con respecto al promedio nacional.

Este crecimiento genera potenciales sitios de riesgos y de emergencias quedando la población vulnerable ante cualquier siniestro, poniendo inseguro los bienes y vidas de las personas a causa de la rápida propagación que tiene el descontrol del fuego y los tramos de cobertura que se expanden, generando un aumento en las distancias entre cuarteles y la población.

San Antonio es una ciudad que se encuentra en pleno crecimiento, especialmente en sus áreas periféricas, además sus cuarteles de bomberos se encuentran ubicados en la parte baja de la ciudad, afectando con ello la distancia de los focos de siniestros, sumado a la cantidad y nivel de complejidad de las emergencias.

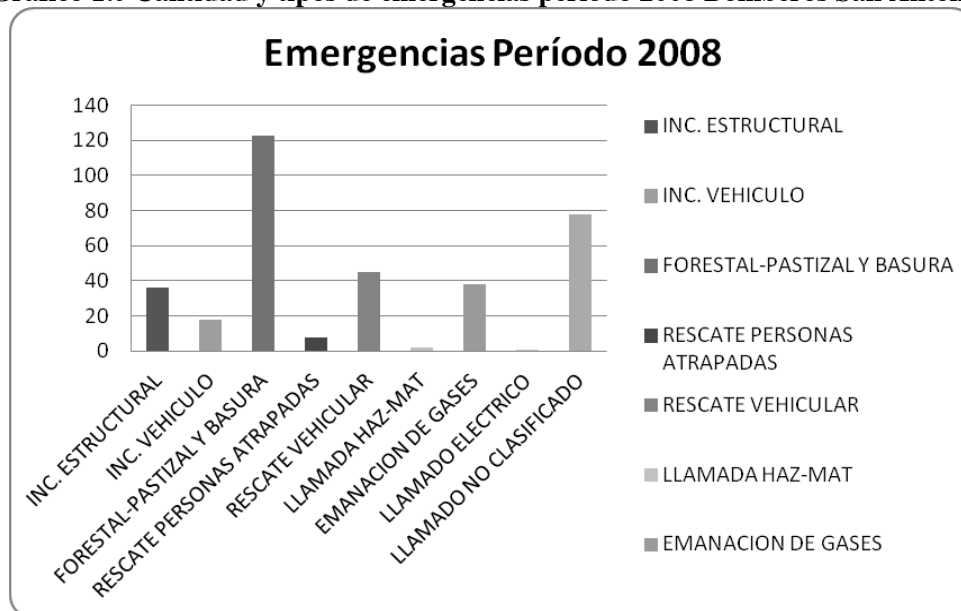
A continuación se muestran tablas correspondientes a la cantidad y el tipo de emergencia asistidas mensualmente por los bomberos de San Antonio durante los períodos 2008, 2009 y 2010.

**Tabla 1.6 Cantidad y tipos de emergencias período 2008 Bomberos San Antonio.**

EMERGENCIAS	2008												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
INCENDIO ESTRUCTURAL	4	3	2	8	2	5	2	1	0	2	4	3	36
INCENDIO DE VEHICULO	1	2	2	1	3	1	2	2	3	1	0	0	18
FORESTAL-PASTIZAL Y BASURA	28	21	5	10	0	0	0	0	0	5	12	42	123
RESCATE PERSONAS ATRAPADAS	1	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	3	8
RESCATE VEHICULAR	3	5	2	3	3	6	5	6	6	4	1	1	45
LLAMADA HAZ-MAT	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
EMANACION DE GASES	1	4	0	0	3	4	7	9	5	2	2	1	38
LLAMADO ELECTRICO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
LLAMADO NO CLASIFICADO	7	9	7	3	3	1	9	8	6	9	7	9	78
<b>EMERGENCIAS EN EL MES</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>59</b>	
<b>TOTAL EMERGENCIAS 2009</b>	<b>349</b>												

Fuente: Departamento Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.

**Gráfico 1.0 Cantidad y tipos de emergencias período 2008 Bomberos San Antonio.**



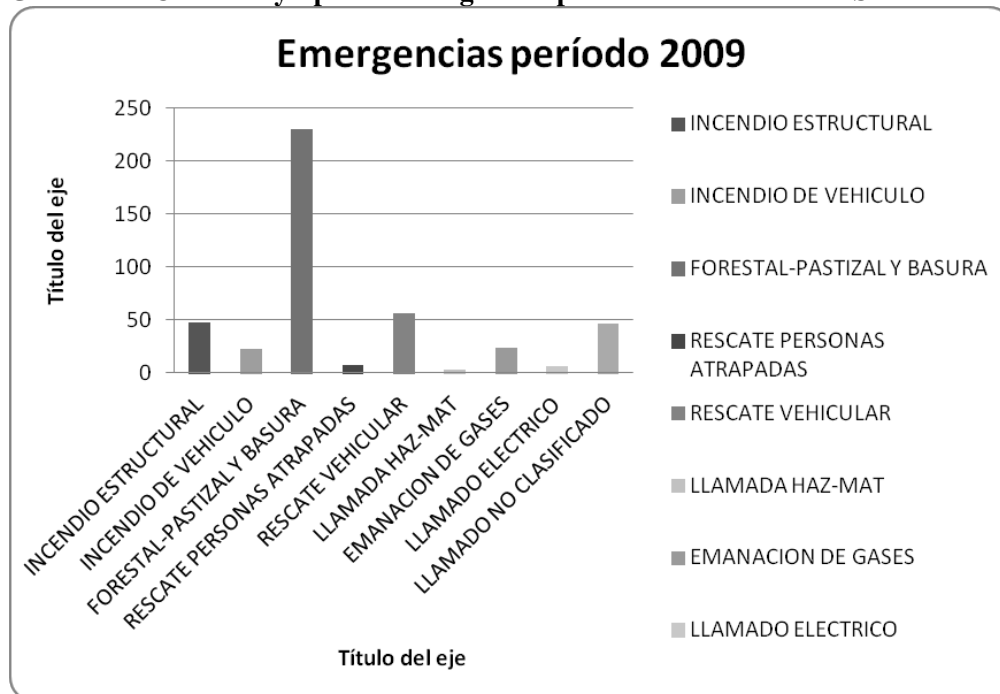
Fuente: Departamento Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.

**Tabla 1.7 Cantidad y tipos de emergencia período 2009.**

EMERGENCIAS	2009												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
INCENDIO ESTRUCTURAL	4	6	3	3	3	5	4	4	2	7	2	5	48
INCENDIO DE VEHICULO	1	4	1	2	2	2	1	1	2	2	5	0	23
FORESTAL-PASTIZAL Y BASURA	44	29	18	24	6	2	1	0	3	13	17	73	230
RESCATE PERSONAS ATRAPADAS	0	0	0	0	1	2	2	1	0	1	1	0	8
RESCATE VEHICULAR	6	4	4	8	7	3	5	5	3	4	1	6	56
LLAMADA HAZ-MAT	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
EMANACION DE GASES	1	3	1	2	1	1	5	7	1	2	0	0	24
LLAMADO ELECTRICO	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	1	7
LLAMADO NO CLASIFICADO	4	5	4	4	5	3	6	2	3	6	5	6	47
<b>EMERGENCIAS EN EL MES</b>	<b>62</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>44</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>91</b>	
<b>TOTAL EMERGENCIAS 2009</b>	<b>446</b>												

**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

**Gráfico 1.2 Cantidad y tipos de emergencias período 2009 Bomberos San Antonio.**



**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

**Tabla 1.8 Cantidad y tipos de Emergencias Período 2010**

EMERGENCIAS	2010												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
INCENDIO ESTRUCTURAL	4	8	1	6	5	3	8	5	4	5	4	3	56
INCENDIO DE VEHICULO	4	0	3	1	4	0	2	2	2	1	1	2	22
FORESTAL-PASTIZAL Y BASURA	66	46	17	20	2	1	1	1	1	5	13	34	207
RESCATE PERSONAS ATRAPADAS	1	1	3	1	2	1	5	0	2	2	1	1	20
RESCATE VEHICULAR	7	3	4	2	6	7	2	6	1	5	0	3	46
LLAMADA HAZ-MAT	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	6
EMANACION DE GASES	2	5	7	3	2	2	2	6	2	2	2	0	35
LLAMADO ELECTRICO	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	5
LLAMADO NO CLASIFICADO	5	7	6	5	8	5	9	3	3	2	5	8	66
<b>EMERGENCIAS EN EL MES</b>	<b>90</b>	<b>71</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>31</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>52</b>	
<b>TOTAL EMERGENCIAS 2009</b>	<b>463</b>												

**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

**Gráfico 1.3 Cantidad y tipos Emergencias Período 2010 Bomberos San Antonio.**



**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

En estas tablas se puede apreciar un constante aumento de las emergencias de un año a otro. La variación anual en el período 2009 fue de un 12,89%, es decir, existe un incremento de aproximadamente un 13% de las emergencias en el 2009 con respecto al año anterior. En primavera- verano se aprecia un aumento considerable de las emergencias, en especial las de tipo forestal.

Por último, las emergencias en donde se ven involucradas las vidas y los bienes de las personas, como lo son las emergencias de tipo estructural, se han visto incrementadas a medida que transcurren los años.

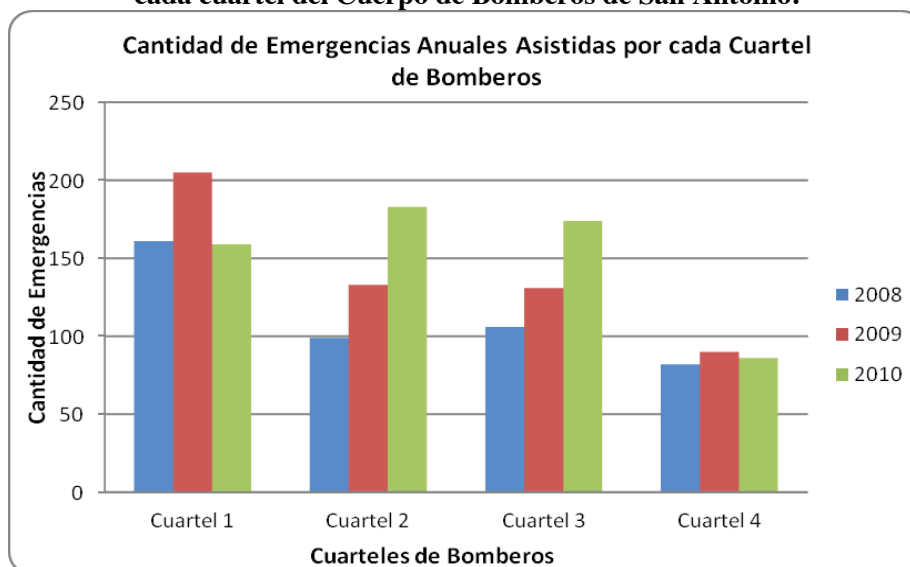
A continuación se presenta una tabla en donde podremos conocer la cantidad de emergencias anuales que se han producido en San Antonio.

**Tabla 1.9 Cantidad y tipos de emergencias asistidas por los cuarteles durante el período 2008-2009-2010.**

Tipo de Emergencia	Cuartel 1			Cuartel 2			Cuartel 3			Cuartel 4		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Incendio Estructural	34	43	53	27	35	42	23	26	43	17	11	21
Incendio de Vehículo	10	8	10	5	5	5	3	2	7	1	0	1
Incendio Forestal	20	66	17	27	50	69	23	48	79	61	74	58
Rescate Personas Atrapadas	2	0	1	11	8	20	0	0	0	1	0	0
Rescate Vehicular	42	52	46	2	10	9	2	15	2	0	0	1
Llamado Haz-Mat	5	1	0	0	3	0	0	2	6	0	0	0
Emanación de Gases	2	8	11	0	1	10	35	15	16	1	2	0
Llamado Eléctrico	5	3	3	0	6	0	0	0	2	0	0	0
Llamado No Clasificado	41	24	18	27	15	28	20	23	19	1	3	5
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>205</b>	<b>159</b>	<b>99</b>	<b>133</b>	<b>183</b>	<b>106</b>	<b>131</b>	<b>174</b>	<b>82</b>	<b>90</b>	<b>86</b>

**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

**Gráfico 1.4: Cantidad de emergencias asistidas durante los años 2008-2009-2010 por cada cuartel del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**



**Fuente: Departamento de Estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.**

Como se muestra en las tablas y gráficos anteriores, la cantidad de emergencias de un año a otro se han incrementado significativamente, así lo muestra la tabla 1.9 en donde los cuarteles han aumentado su actividad en la mayoría de sus tipos de emergencias, específicamente el “cuartel 1” es el que posee la mayor actividad y el “cuartel 4” es el que tiene la menor salidas a emergencias. El aumento de emergencias de tipo estructural es la que posee un importante crecimiento de un 27,08% correspondiente al período 2009 respecto del año anterior (ver tabla 1.9); la importancia radica en que en este tipo de emergencias se pone directamente en peligro la vida y los bienes de las personas. Además se puede apreciar la tendencia y la estacionalidad de las emergencias quedando en evidencia que éstas van en aumento a medida que transcurre el tiempo y se puede observar que en el período de aumento significativo de emergencias es entre los meses de Julio de 2008 hasta el mes de Febrero de 2009 haciendo mención las emergencias de tipo forestal en donde tienen un gran incremento, en especial el “cuartel 4” que su principal actividad son este tipo de emergencias a raíz de su especialidad teniendo un aumento de 17,56%, como lo es el primer cuartel con su especialidad de emergencias de tipo rescate vehicular en donde el incremento según la tabla 1.9 fue de un 19,23% en el período 2009 con respecto al año anterior, “el cuartel 2” en el tipo de emergencia que se especializan las de rescate de personas atrapadas tuvo una disminución de un 27,27% en el año 2009 con respecto al año anterior y por último el “cuarte 3” en emergencias de su especialidad materiales peligrosos tuvo un aumento de un 50% y en emanación de gases una disminución de aproximadamente un 50% en el año 2009 con respecto al año anterior.

Se debe hacer mención en que emergencias de tipo estructural en el año 2010 hasta el mes de Julio con respecto hasta Julio del año anterior existe un incremento de éstas emergencias en tres puntos es decir con una variación de un 9,67%, según las tablas 1.7 y 1.8, lo mismo sucede con las emergencias de tipo forestal donde la variación positiva fue de un 16,77% en el año 2010 y con las emergencias de personas atrapadas; que a la fecha de Julio ya existen trece llamados de este tipo en comparación con los siete de todo el período 2009, aumentando significativamente este tipo de emergencias, específicamente en el mes de febrero y Marzo donde se debe tener en cuenta que en ese período sucedió un gran terremoto, afectando en gran medida a esta ciudad.

Finalmente se observa en el gráfico 1.4 las diferencias en la distribución en la atención de emergencias, en donde, claramente el Cuartel 1, 2 y 3 posee la mayor participación con gran variación de un año al otro, en cambio el Cuartel 4 presenta menor participación con mayor regularidad de atención respecto de una año a otro, según datos presentados.

### **1.7 Objetivo General y Específicos.**

Desarrollar una propuesta de Cobertura y Asignación de Emergencia para los Cuarteles de Bomberos de la Comuna de San Antonio que responda al crecimiento de la Población y su relación con la demanda de Emergencias de la ciudad.

Los Objetivos específicos de esta memoria son:

- Identificar la situación presente de cobertura de los cuarteles de Bomberos y asignaciones de emergencias de la Comuna de San Antonio.
- Diseñar de un plan de cobertura y asignaciones de emergencias adecuada a la realidad de los cuarteles de bomberos de San Antonio, que permitan mejorar el servicio entregado.
- Evaluar operacionalmente el plan de cobertura de cuarteles y asignaciones de emergencias diseñado.

### **1.8 Resultados Esperados**

Los resultados esperados son encontrar el adecuado plan de ubicación y cobertura de cuarteles y asignaciones de emergencias para bomberos de la comuna de San Antonio, con la intención en primera instancia, generar un diagnóstico de la situación actual de la labor de bomberos en tal Comuna y a la vez conocer el comportamiento de las emergencias en el territorio, luego generar un apoyo a las autoridades para la toma de decisiones a largo plazo en el contexto de la planificación de un territorio, de acuerdo al crecimiento (urbano, comercial, industrial, turismo, en general cambios del entorno) y contribuir en el desarrollo de una base aprobada para realizar este trabajo en cualquier ciudad del país.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

*En este capítulo se presentan los aspectos teóricos que sustentan el desarrollo del trabajo*

## **2. Modelos de Cobertura y Localización de Servicios de Emergencias**

Los problemas de coberturas tiene como objetivo seleccionar cierto número de instalaciones, de modo de satisfacer los requerimientos de un conjunto de clientes, sin exceder la capacidad de las instalaciones seleccionadas y asumiendo que cada instalación tiene un radio de cobertura. Es decir, la demanda solo puede asignarse a una instalación si los clientes o usuarios están dentro del radio de cobertura de la misma<sup>1</sup>. [Seccatore16]

Para ubicar un cierto número de cuarteles de bomberos en un emplazamiento, es necesario que estas localizaciones posean la mayor cobertura posible, excluyendo el criterio de costos, debido al funcionamiento voluntario de ésta institución en nuestro país.

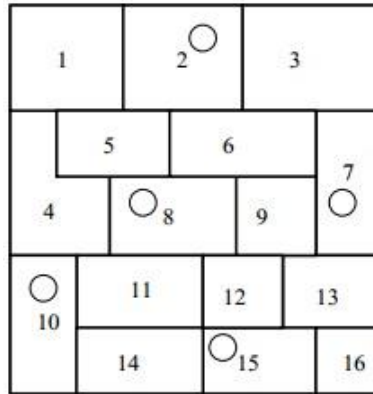
Existe una gran variedad de problemas de localización de facilidades. Entre los clásicos están el problema de la p-mediana, el problema de p-centro, y el problema de cobertura. Éste último se aplica al servicio que depende de la distancia entre las emergencias y al cuartel que son asignadas.

En este trabajo de título, dado el comportamiento del problema, que consiste en encontrar la cobertura de cuarteles de bomberos, para la comuna de San Antonio, nos refiere a un problema de tipo “Conjunto de Cobertura”

### **2.1 El problema de Conjunto de Cobertura**

Es un método discreto de localización de instalaciones que está relacionado con el proceso de toma de decisiones estratégicas, que busca recubrir a todos los clientes, en este caso las emergencias, ubicando el mínimo de instalaciones o cuarteles. Además le otorga la misma relevancia a todas las emergencias que existan en el territorio cubierto por bomberos, exceptuando las especialidades de cada cuartel, es decir: para ciertos tipo de emergencias el cuartel de la especialidad la cubrirá, es decir, la emergencia del tipo “X”, el cuartel que posea la especialidad del tipo “X” será quien tenga la prioridad de atender tal emergencia. El modelo representativo para resolver problemas mediante el Conjunto de Cobertura es el siguiente:

**Figura 2.1 Sectores de área de cobertura**



**Fuente: Documento Clases Docente ingeniería Civil Industrial Universidad Valparaíso, Don Luis Seccatore.**

En la figura 2.1, se sectoriza el área de cobertura con la finalidad de encontrar la mejor ubicación de cuarteles de bomberos en cuanto a cobertura, en este caso se define un conjunto de 16 sectores. El conjunto  $S = \{1, \dots, m\}$  de elementos a cubrir, sectores específicamente que debe tener un cuartel. “n” es un subconjunto de S, para cada posible ubicación “j” de un cuartel, el subconjunto es el sector “j” más la lista de sectores adyacentes a “j”.  $a_{ij}=1$  si el sector “i” es adyacente al sector “j” o si  $i=j$ .

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n X_j$$

Sujeto a:

$$\sum a_{ij} x_j \geq 1 \quad \text{por cada } i$$

$$X_i \begin{cases} 1 & \text{Se ubica un cuartel de bomberos en el sector } i \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

La función objetivo de este modelo busca minimizar ubicaciones de cuarteles de bomberos, de acuerdo a sectores previamente definidos como potenciales ubicaciones, dentro de un área de cobertura.

Es decir,  $X_i=1$ , si un cuartel está ubicado en el sector “i”,  $X_i=0$ , en el caso contrario.

Podemos encontrar el **MCLP**, por sus siglas en inglés se refiere a: el problema de máxima cobertura, este método restringe el número de cuarteles a localizar a un número finito de ubicaciones, maximizando la cantidad de demanda cubierta. En este modelo el grupo de cuarteles candidatos es el mismo que los puntos de demanda o emergencias, por lo tanto, el MCLP permite que los cuarteles puedan ser ubicados en cualquiera de esos puntos.

El MCLP tiene aplicaciones tanto en el sector privado como en el sector público: localización de antenas de telecomunicación, escuelas, bibliotecas, paradas de autobuses, servicios médicos de emergencias, servicio de ambulancias, cuarteles de bomberos y policías, centro de salud rurales, localización de sucursales de bancos, centros comerciales, parques, etc.

En este caso se busca encontrar un conjunto de ubicaciones (denominados con la letra “p”) que consiga maximizar la cantidad de demanda que recibirá la instalación.

Como resultado, en general quedará una parte de la demanda sin acceder a los servicios.

### Definimos

$h_i$  : población que requiere servicio en el sector  $i$ .  
 $P$  : número de cuarteles a localizar.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si el cuartel } j \text{ cubre la demanda del sector } i. \\ 0 & \text{En el caso contrario.} \end{cases}$$

### Variables de decisión

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{Si el sector } i \text{ es cubierto por el cuartel } j. \\ 0 & \text{En el caso contrario.} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{Si ubicamos el cuartel en el sitio } j. \\ 0 & \text{En el caso contrario.} \end{cases}$$

$$\text{Maximizar } \sum_{i \in I} h_i Z_i \quad (1)$$

### Sujeto a:

$$Z_i \leq \sum_{j \in N_i} a_{ij} X_j \quad \forall_i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \leq P \quad (3)$$

$$X_j = (0,1) \quad \forall_j \in J \quad (4)$$

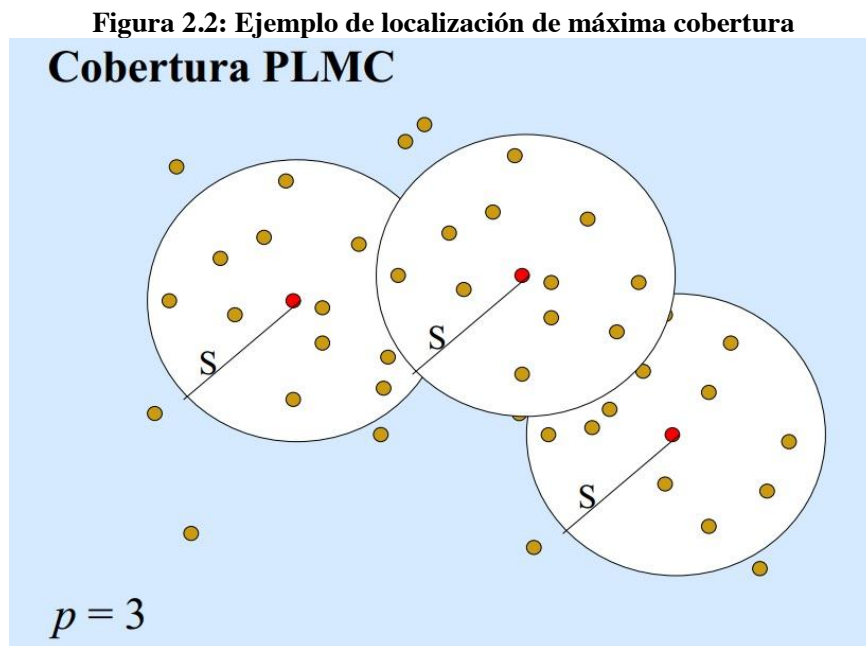
$$Z_i = (0,1) \quad \forall_i \in I \quad (5)$$

Donde la función objetivo maximiza la población cubierta por al menos un cuartel de bomberos (1).

Sujeto a:

- (2) Establece uno o más cuarteles  $j$  que estarán localizados, a partir del sector de demanda  $i$ .
- (3) Limita a "P" el número de cuarteles a localizar.
- (4) y (5) Establecen el carácter binario de las variables.

Lo anterior se puede graficar mediante la siguiente figura,



**Fuente: Documento Clases Docente ingeniería Civil Industrial Universidad Valparaíso, Don Luis Seccatore.**

Maximizar la cantidad de población que tiene acceso a un cuartel es de suma importancia, en los métodos descritos anteriormente no se consideran capacidades limitadas para cuarteles. Para muchos tipos de servicios, en particular aquellos relacionados con servicios de emergencia, existen cargas de trabajo que limitan la capacidad para la prestación de los servicios. De acuerdo a lo anterior surge el problema de *localización de máxima cobertura capacitado* (CMCLP, por sus siglas en inglés).

Para formular el problema de máxima cobertura capacitado, se considera una capacidad  $b_i$  de cada cuartel  $j$  y las siguientes variables de decisión:

**Definimos:**

$h_j$ : demanda del cuartel  $j$ .

$b_i$ : capacidad del cuartel  $j$ .

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si el cuartel } j \text{ cubre la demanda del sector } i. \\ 0 & \text{En el caso contrario.} \end{cases}$$

### Variables de Decisión

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la demanda del sector } i \text{ está cubierto por un cuartel ubicado en } j. \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

y

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{Si se selecciona un cuartel en el sector } j. \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

El problema de máxima cobertura capacitado se formula de la siguiente manera:

$$\text{Maximizar } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_{ij} h_j x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} h_j x_{ij} \leq b_i y_i \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \leq P \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5)$$

La función objetivo maximiza la distancia cubierta de los cuarteles abiertos y respecto a su capacidad. La restricción (1) asegura que la demanda sea asignada a un solo cuartel. El conjunto de restricciones (2) garantiza que se respete la capacidad de las instalaciones seleccionadas y, además, prohíbe la selección a cuarteles cerrados. La restricción (3) permite seleccionar a lo más  $P$  cuarteles y las condiciones de variable binaria están dadas por las restricciones (5) y (6).

## 2.1 Problema de Localización P-Mediana

Consiste en determinar la ubicación de “P” estaciones de bomberos. Para atender los requerimientos de  $N$  clientes o puntos de demanda. Se tiene  $M$  lugares donde es posible instalar una estación, denominados *ubicaciones candidatas*. [Seccatore16]. Cada grupo estará definido no sólo por el conjunto de clientes que lo forman, sino también por la ubicación de su *mediana o cuartel* (i.e. que le proporciona el servicio). Las medianas o cuarteles, a su vez determinan el costo del grupo. No se especifican restricciones de capacidad para las instalaciones y por tanto, cada cliente puede ser asignado a un cuartel más cercano. Se puede utilizar una representación espacial discreta o de red. Se asume que los costos fijos para el emplazamiento de las instalaciones son idénticos y por lo tanto no son tomados en cuenta en la formulación del problema. El objetivo consiste en encontrar una partición de costo mínimo del conjunto de clientes.

Formulación matemática para el problema de la p- mediana

Sea  $N = \{1, \dots, n\}$  el conjunto de índices para los clientes y  $J = \{1, \dots, m\}$  el conjunto de índices para las localizaciones potenciales de las instalaciones. Típicamente  $N=J$ . para cada  $(i,j)$ ,  $i \in N$ ,  $j \in J$ , sea  $C_{ij}$  el costo de asignación del cliente  $i$  a la mediana ubicada en la localización  $j$ .

Definiéndose las siguientes variables de decisión:

$$Y_j = \begin{cases} 1: & \text{Si se ubica el cuartel en la localización } j \in J. \\ 0: & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1: & \text{Si el cliente } i \in N \text{ se asigna al cuartel ubicado en la localización } j \in J. \\ 0: & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

El problema se formula de la siguiente manera:

$$\text{Min } \sum_{i \in N} \sum_{j \in J} C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} Y_j = P \quad (3)$$

$$X_{ij} \leq Y_j \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, Y_j \in \{0,1\} \forall i \in N, j \in J \quad (5)$$

Las restricciones (2) aseguran que cada cliente es asignado a un cuartel. La restricción (3) garantiza que se seleccionen exactamente “P” localizaciones para las instalaciones. Las restricciones (4) aseguran que los clientes se asignen a una instalación sólo si ésta ha sido seleccionada. Finalmente el conjunto de restricciones (5) especifica que todas las variables de decisión son binarias.

El modelo seleccionado para este trabajo de título es: Localización de las P-medias si bien con modificaciones donde asumiremos que los costos para instalar un cuartel de bomberos equivale a cero, puesto a la realidad del país la institución es financiada por el Estado y la solidaridad de las personas, por tanto se enfocará en buscar las mínimas distancias que existan entre la ubicación de cuarteles de bomberos y las emergencias.

Para desarrollar el modelo matemático se utilizará el software de programación Wolfram Mathematica. Este programa será el responsable de procesar la gran cantidad de datos y variables del problema, será capaz de realizar el análisis en diferentes escenarios con la finalidad de obtener la resolución a la problemática.

### **CAPITULO III: METODOLOGIA**

En este capítulo se describirá la metodología de trabajo para la resolución del problema. Junto a esto, también se muestra el modelo propuesto para su resolución

### **3. METODOLOGIA PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

El trabajo de título presentado muestra la mejor forma de cubrir, asignar las emergencias y mejorar la ubicación de cuarteles de bomberos de la Comuna de San Antonio.

Los Bomberos de San Antonio están conformados por cuatro cuarteles en donde cada uno lleva a cabo una especialidad pero si todas tienen un conocimiento en común que es la atención de incendios estructurales. Estos cuarteles de bomberos son coordinados por una oficina central llamado Cuartel General, en donde se encuentra el personal rentado quien canaliza todos los recursos y materias administrativas con la Secretaría Regional y Junta Nacional de Bomberos.

La ubicación de los cuarteles de bomberos en la comuna de San Antonio, algunos siguen en el mismo sector hace más de un centenar de años, en sentido contrario al desarrollo urbano de la ciudad, que se dirige principalmente al sector oriente de la comuna.

La metodología como se explicó en el capítulo anterior es a base de Conjunto de Cobertura

En la figura 3.1 se muestra figura satelital de la Comuna de San Antonio:

**Figura 3.1: Figura Satelital comuna de San Antonio**



**Fuente: Google Earth<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Programa Informático similar a un sistema de información geográfica, creado por la empresa Keyhole Inc. El cual permite visualizar imágenes en 3d del planeta.

La figura 3.1 muestra la comuna de San Antonio mediante una vista satelital, en aquella figura se muestra el área urbana y sus alrededores, donde ocurren las emergencias.

Para desarrollar nuestro modelo de cobertura es necesario como primer paso localizar cada evento (emergencias) con sus respectivas coordenadas. En la aplicación Google Earth, esta información estadística se refiere a los años 2008-2009 y 2010, clasificándolas según su tipo en diferentes colores de tal manera de diferenciarlas, aunque es necesario dejar en claro que solo nos interesa la reubicación de cuarteles de bomberos y no su capacidad, por tanto para efectos del modelo matemático todas las emergencias tienen la misma importancia.

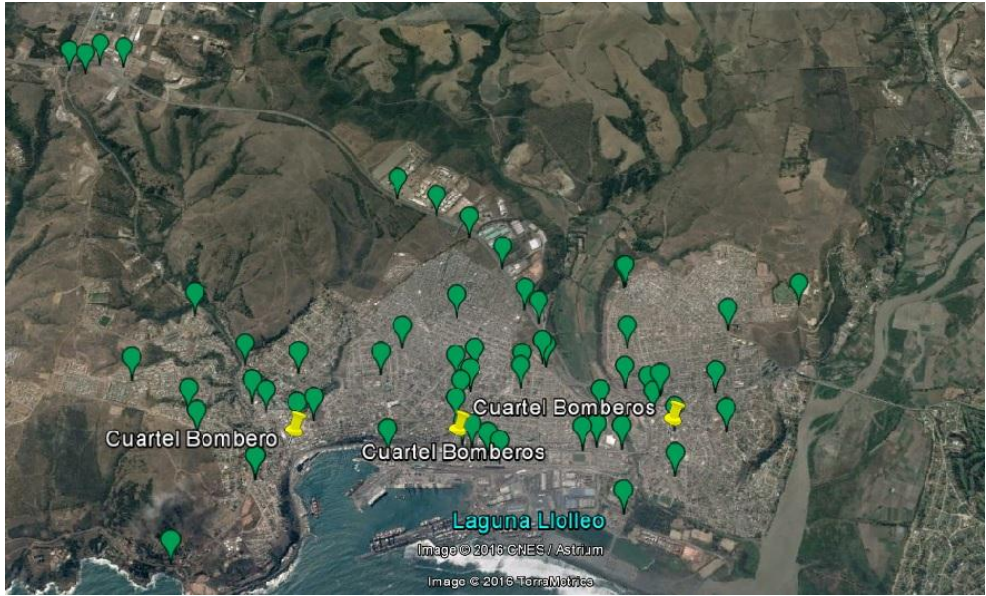
Las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 muestran la vista satelital de la comuna de San Antonio con las emergencias ocurridas por su tipo durante los años 2008, 2009 y 2010, atendidas por bomberos:

**Figura 3.2: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo Estructural, períodos 2008-2009 y 2010**



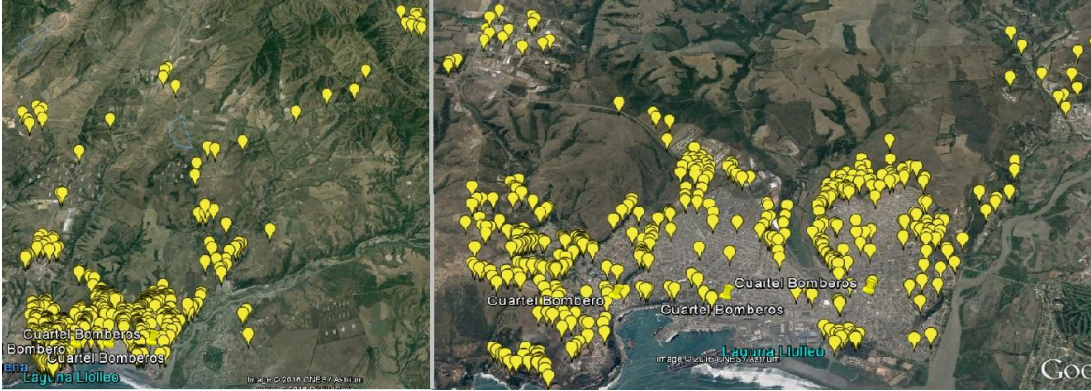
**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.3: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo incendio vehicular, períodos 2008-2009 y 2010**



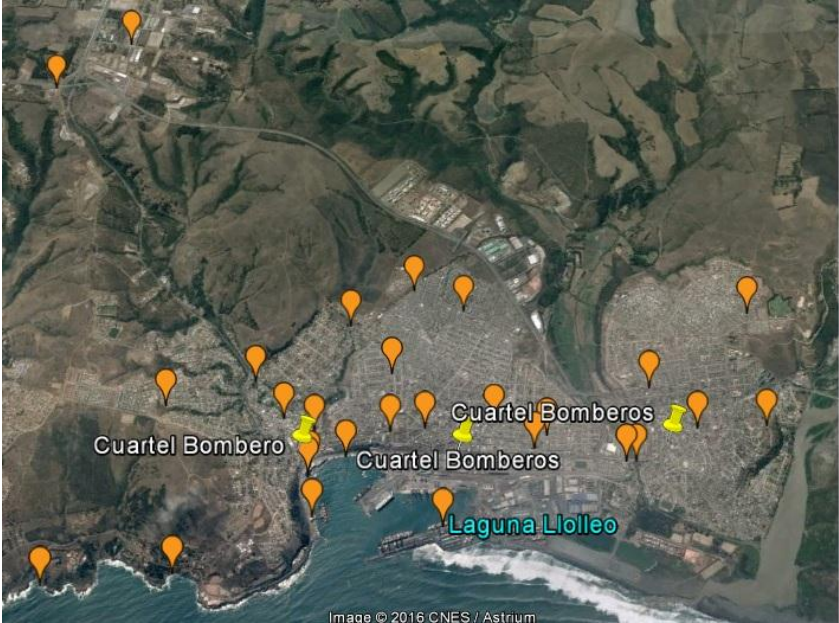
**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.4: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo forestal, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.5: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo rescate en alturas, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.6: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo accidente vehicular, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.7: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo emanación de gases, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.8: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo materiales peligrosos, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.9: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo llamados eléctricos, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

**Figura 3.10: Figura satelital comuna de San Antonio incluyendo emergencias del tipo llamados no clasificados, períodos 2008-2009 y 2010**



**Fuente: elaboración propia.**

Las figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 muestran las marcas de posición o ubicaciones exactas del tipo de emergencias ocurridas y atendidas por el Cuerpo de Bomberos de San Antonio, por los tres años consecutivos antes mencionados. Los colores de estas ubicaciones se caracterizan de la siguiente manera:

- a) Azul: Incendio Estructural.
- b) Verde: Incendio Vehicular.
- c) Amarillo: Incendio Forestal.
- d) Naranja: Rescate en Alturas.
- e) Rojo: Accidentes Vehiculares.
- f) Marrón: Emanación de Gases.
- g) Lila: Materiales Peligrosos.
- h) Morado: llamados Eléctricos.
- i) Celeste: llamados No Clasificados

Se aprecia fuertemente el amarillo como color predominante, que son las emergencias del tipo forestal, si bien éstas aumentan en periodos de primavera y verano. Los sectores que muestran mayor densidad de emergencias de este tipo son: zona norte de la comuna; el sector de Bellavista, cercano al límite con la comuna de Cartagena, luego en medio de la comuna el sector del fundo Miramar y por último el sector de Llolleo, en fundo del mismo nombre, en resumen en la periferia de la ciudad. Luego las emergencias de tipo incendio vehicular caracterizadas de color verde, aumentando su densidad de este tipo de eventos en autopista nuevo acceso al puerto, lugar donde el tránsito de automóviles y camiones es de constante afluencia, y por último las emergencias de color azul de tipo estructural. Emergencias de las más destructivas debido a que pone en gran riesgo la vida y los bienes de las personas, este tipo de siniestro.

### 3.1 Análisis de la Comuna de San Antonio

Para desarrollar la propuesta de cobertura y asignación de emergencias debemos realizar un análisis riguroso de la Comuna y así conocer donde se concentran la mayor cantidad de emergencias y de que tipos de emergencias son las más recurrentes, su topografía, etc, por tanto es necesario dividir en sectores la Comuna para facilitar el análisis de la demanda (emergencias) y comparaciones de sectores más vulnerables que otros. Para realizar éstas sectorizaciones es necesario fijar parámetros que nos ayuden a identificar sectores relevantes, como primera instancia del análisis, definiremos los siguientes criterios para sectorizar la Comuna, donde el objetivo principal es ubicar de la mejor manera un cuartel de bomberos, definidos a continuación:

### 3.1.1 Ocurrencia.

De acuerdo a la estadística, se analizarán los sectores que mayor cantidad de ocurrencia de emergencias han tenido en el período analizado.

### 3.1.2 Infraestructura.

Sectores en las cuales la Comuna de San Antonio presenta construcciones tanto inmobiliarias como industriales, debido a que estos aumentan la probabilidad de ocurrencia de una emergencia.

### 3.1.3 Accesibilidad.

Este criterio se basa en las características de los caminos, medios de transporte ya sea públicos o privados.

### 3.1.4 Cobertura.

La ubicación del cuartel de bombero pueda cubrir la mayor cantidad de área de la Comuna.

### 3.1.5 Tendencia de crecimiento.

Se fundamenta en la tendencia de crecimiento urbano e industrial, con el objeto que la ubicación del cuartel sea sustentable en el tiempo.

### 3.1.6 Ubicación de los suministros básicos.

Para la localización del cuartel es indispensable contar con los suministros básicos en su instalación, como por ejemplo: agua potable, energía eléctrica, telefonía, tecnología en general.

### 3.1.7 Condición Socioeconómica.

Esta condición nos reflejará el tipo de construcción de las viviendas, el comportamiento con respecto al aseo y limpieza de sus alrededores. Así nos permitirá diferenciar los sectores de con mayor potencial de riesgo.

De acuerdo a los parámetros presentados anteriormente, podemos realizar una sectorización de la Comuna para la cual las líneas límites entre cada sector las definen las avenidas principales, límites urbanos, topografía y concentración de emergencias, lo que resulta la ubicación de 26 sectores, tal como se muestra en la Figura 3.11.

Figura 3.11: Figura satelital de la comuna de San Antonio sectorizada.



**Fuente: Elaboración Propia.**

Los sectores mostrados en la Figura 3.11 están compuestos y caracterizados por diferentes unidades vecinales, avenidas, cantidad de emergencias, descritas a continuación:

- Sector 1: ubicado al norte-poniente de la comuna, sector de Pelancura, donde limita con la comuna de Cartagena, la avenida principal es Antonio Núñez de Fonseca, habitada principalmente por cabañas turísticas, este sector se caracteriza por la ocurrencia de emergencias del tipo accidente vehicular.
- Sector 2: límite con la comuna de Cartagena, área completamente forestal, sin viviendas, riesgo constante de incendios forestales, además límite con sector 1 y 4 donde se encuentra la presencia de viviendas, aumentando el riesgo de potenciales emergencias.
- Sector 3: llamado cerro la virgen, se caracteriza por su superficie de pastizal, arbustos y por incendios forestales, límite con el sector 3 y 7, éste último con gran cantidad de viviendas, riesgoso por la propagación de emergencias del tipo forestal.
- Sector 4: está compuesto por las siguientes poblaciones: Miguel Stuvens, Vista Hermosa, René Schneider, Víctor Domingo Silva, Bellavista San Antonio de Las Bodegas, Félix Vergara, Villa Holanda, Bello Horizonte II, Bellavista San Antonio de Las Bodegas, San Antonio de Las Bodegas, Brasil, Padre Joseph, Estrella de Belén, Villa Padre Angel, Bruselas I, Bruselas II, Planicies de Bellavista, Horizontes de

Bellavista, Los Llanos de Bellavista, Aguas Saladas I y II, Copihues Blancos, El Bosque, Conquistadores y Villa El Sol. Viviendas construidas en su mayoría de tabiquería y madera, sector ubicado en la parte alta de la ciudad, desventaja en cuanto a que el cuartel de bomberos más cercano ubicado en la parte baja de la ciudad, esta división se caracteriza por incendios de tipo estructural, además de poseer una franja forestal en la quebrada de Holanda también es afectada por incendios del tipo forestal, condición riesgosa para este sector debido al tipo de viviendas , quebradas propensas para la propagación de incendios a viviendas.

- Sector 5: comprende la localidad de agua buena y el turco, área con predominancia forestal donde limita con la comuna de Cartagena, en este sector se encuentran predios de empresa agrícola “Aristía”, Moteles, entre otras empresas de pequeña envergadura, y algunas viviendas, sector que predominan las emergencias del tipo forestal y como colinda con la autopista el sol, se debe contabilizar la presencia de emergencias del tipo incendios vehiculares y accidentes.
- Sector 6: área completamente forestal, pastizales, arbustos y una pequeña franja de bosque de pino, sector donde se ubica el fundo Miramar, conocido por la afectación de incendios forestales.
- Sector 7: esta área limita con el sector 4 por la quebrada de Holanda, con el sector 3 el cerro la virgen y con el sector 8 y 12 con las avenidas centenario y Antonio Nuñez de Fonseca respectivamente. En este tramo se encuentra el cerro el Carmen, Cerro Alegre principalmente y las poblaciones; Hermanos Carrera, El Carmen, Villa Mirador San Antonio, Santa Laura, Bernardo O’Higgins. En el lugar se encuentran quebradas, tramos forestales, colegios, consultorios, viviendas sociales y clase media mayormente construcciones del tipo madera, accesos dificultosos al ser un sector de cerro. Predominan las emergencias del tipo estructural con alto riesgo de propagación a viviendas colindantes, luego emergencias del tipo forestal con peligro de riesgo de propagación del fuego a casas, como lo es el caso del cerro el Carmen, que limita con el sector 3.
- Sector 8: principalmente se ubica la localidad de Placilla, limita al oriente con el “sector 9 y 10” el fundo Miramar, al sur con el “sector 14” en la avenida Luis Reuss, al norte con los “sectores 4 y 7” en avenida Centenario y por último al poniente con el “sector 12” con avenida Barros Luco. Ésta área la comprenden las siguientes poblaciones: Sector Cerro Arena, Quinta Placilla, Los Olivos, San Miguel, Miraflores, Nueva Dolores, El Salvador, 12 de Noviembre, Montemar Arena, Damiana Carrera, Miramar, Barrio Residencial Miramar, Vivero Forestal, Diego Portales, Movilizadores Portuarios, Villa El Litoral, Villa Las Rosas, Obreros Portuarios, Augusto Elgueta, Condominio Santa Lucía, Condominio El Bosque, Altos de Miramar. Dentro de estas poblaciones se encuentran colegios, consultorios, departamentos y viviendas de todo tipo, desde construcciones de material ligero hasta hormigón, los sectores más vulnerables se ubican en la periferia del sector, esto es en Cerro Arena y las viviendas

que colindan con el fundo Miramar. Las emergencias predominantes son las de tipo estructural y forestal.

- Sector 9: predomina en su topografía el área forestal, es parte del fundo Miramar, si bien limita al norte con la autopista el sol, es ahí donde se pueden encontrar viviendas construidas principalmente de madera. Este sector es afectado principalmente con emergencias del tipo forestal, como se encuentra al costado de la carretera, también se aprecias emergencias del tipo accidente vehicular.
- Sector 10: lugar donde se concentra la mayor actividad de emergencias del tipo forestal, parte del fundo llamado Miramar, este limita con los sectores; 8, 9, 14, y 15, que pertenecen a poblaciones del sector de Placilla, mientras que el sector 6 y 9 limita con el mismo fundo.
- Sector 11: lugar donde se encuentra el océano pacífico, zona de tráfico de buques con directa relación con el puerto de San Antonio, si bien el sector no ha presentado emergencias, es de alto riesgo debido a la cantidad de movimientos y cargas peligrosas que transitan por aquel lugar. Teniendo en cuenta que en los sectores 12 y 13 se ubican terminales químicos con cargas peligrosas.
- Sector 12: lugar utilizado exclusivamente como zona portuaria, sector de espigones, donde se trabaja en la descarga de buques cargados con vehículo y otras cargas, además se encuentra puerto Panul, dedicado a la descarga de buques graneleros y por último un sitio donde se encuentra una planta química que recibe buques con productos químicos. Sector riesgoso en cuanto a emergencias químicas y al trabajo portuario propiamente tal, si bien ya se registra un gran incendio estructural en el sector de Puerto Panul.
- Sector 13: tramo de uso portuario, en este lugar existe el movimiento de carga de containers más grande del país, dentro de ello se encuentra un terminar de productos químicos, específicamente de ácido sulfúrico. Si nos acercamos hacia el límite con el sector 14, encontramos un edificio de 16 pisos, locales comerciales, un supermercado, el edificio consistorial, almacenes portuarios, estadio municipal y viviendas. Otra característica de este sector es el alto flujo de camiones, producto del movimiento portuario.
- Sector 14: Centro de la Comuna, esta área cubre el sector de Barrancas, las Dunas y parte con el sector de Placilla. Limita al norte con la Avenida Huallipen, “sector 8”, al sur con la ruta Nuevo Acceso al puerto “sector 20”, al oriente con avenida Manuel Montt y “sector 15” y al poniente con la avenida Barros Luco y los “sectores 12 y 13”.

Tramo donde se encuentra la mayor cantidad de poblaciones a nivel comunal, tales son: Villa Italia, Los Pinos, Las Cooperativas, Barrio Miramar, Villa Litoral, Villa Las Rosas Movilizares Portuarios, Obreras Portuarios, Montemar II, Mirador del Pacifico, Mirador del pacifico I, Mirador del pacifico II, Mirador del Pacifico III, Alto mirador I, Alto Mirador II, , Villa del Mar, Vicente Huidobro, Colinas del Mar, Población 30 de Marzo, Villa Sor Teresa, Villa Primavera, Ampliación Capitán Orella, Los 15, Montemar, Victoria, Capitán Orella, Capremer, Empleados de la Cárcel, San Luis, Francisco Fernández, La Gruta, García Huidobro, Caja de la Habitación Popular, Raúl Branez Farmer, Empleados Ferroviarios, Población San Antonio, Villa Esperanza, Juan Oviel, Villa Nueva Esperanza, Villa Las Araucarias, Obreros Municipales, RanoKao, Empleados Municipales, Villa Las Dunas, Los Delfines, Mar de Chile y Villa Arauco. Además encontramos colegios, jardines infantiles, supermercados, departamentos y el Hospital Claudio Vicuña. Como se puede apreciar la existencia de diversas poblaciones y edificaciones, donde el riesgo potencial de incendios de tipo estructural es alto, accidentes vehiculares y emanación de gases principalmente.

- Sector 15: área que limita con el fundo Miramar “sector 10”, con la ruta nuevo acceso al puerto; sector “20”, con el “sector 14”, calle Manuel Montt, la componen las siguientes poblaciones: Villa Miramar I, II, III y Villa Miramar 4º etapa, en este sector se ve vulnerado y riesgoso en cuanto a emergencias del tipo forestal por delimitar con el fundo de pastizales como también un sitio eriazo en la punta sur poniente del sector, además de incendios estructurales y su fácil propagación a viviendas aledañas por la condición de casas pareadas, y por último emanación de gases, como así la estadística lo reafirma.
- Sector 16: sector industrial de la Comuna, en este lugar se ubica una planta de cementos y varios depósitos de contenedores, el sector se encuentra emplazado en un área forestal por ende el riesgo es alto en la propagación de incendios a este sector, por otra parte en la industria siempre existe el potencial riesgo de incendio estructural.
- Sector 17: es un área que se utiliza principal mente como aparcadero de camiones y depósitos de contenedores, acá se encuentran dos lagunas tradicionales llamado “Los Ojos de Mar”, también aprecia un cordón boscoso de pino lugar llamado “Parque DyR” y la playa de Llolleo. En cuanto a emergencias en este sector se ubican tomas con viviendas de material ligero en condición de tomas, al borde de una extensión del río Maipo, sector tejas verdes, con riesgo de inundarse e incendiarse debido a que presentan arranque improvisado a la distribución domiciliaria, y las comunes emergencias de tipo emanación de gases domiciliarios. Además en el sector del parque DyR es un constante riesgo de emergencias de tipo forestal y por ser un sector portuario, el peligro latente que genera la circulación de camiones en el sector. Para finalizar, es importante señalar que en este tramo se ubica la desembocadura del río Maipo y parte de él, lo que pudiese ser riesgoso para las viviendas aledañas al sector.
- Sector 18: se ubican principalmente viviendas al costado del Río Maipo, además de la escuela de Ingenieros Militares de Tejas Verdes que en su interior se ubica una franja

de bosque de Eucaliptus. Otra característica es la existencia de un complejo deportivo y departamentos habitacionales. Esta zona limita con la comuna de Santo Domingo y el riesgo asociado es de emergencias de tipo estructural, emanación de gases e inundaciones.

- Sector 19: tramo céntrico de la localidad de Llolleo, se encuentran colegios, locales comerciales, bombas de bencinas, supermercados, puente de Llolleo y lo gallardo y viviendas en su mayor cantidad. Si bien es un área riesgosa en cuanto a emergencias del tipo estructural, emanación de gases y accidentes vehiculares y así estadísticamente se presenta, en avenida Chile, área límite con el “sector 21” es un tramo con amplia circulación tanto de automóviles como de camiones, aumentando el riesgo de accidentes.
- Sector 20: es el nuevo acceso al puerto de San Antonio, donde es una de las vías pertenecientes a la concesión de la Autopista el Sol, además es una de las principales entradas y salidas a la comuna. Presenta un alto tránsito de vehículos mayores, es decir camiones y vehículos menores. Debido a lo anterior existe una gran cantidad de emergencias tipo accidentes e incendios vehiculares, el riesgo es alto debido a estos tipos de eventos, si bien el movimiento portuario cada vez aumenta su producción.
- Sector 21: se ubican gran cantidad de poblaciones mencionadas a continuación: Los Aromos, Cristo Rey, Cooperativa El Carmen, Cooperativa Juan XXIII, Obreros Rayonil, Cooperativa Los Yuyos, Cooperativa El Retiro, Empleados Particulares, Cristo del Maipo, Mirador del Río, General Manuel Baquedano II, Las Dalias, Condominio Rocas del Valle I y II. Viviendas de estratos medios, donde se encuentran consultorios y colegios. El riesgo principal de este sector son las emergencias del tipo estructural y emanación de gases.
- Sector 22: donde se ubican poblaciones tales como: Cerro La Viuda, Cerro La Viuda I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, Las Lomas, Las Alpacas I y II, Reina del Mar, Llolleo Alto I y II, Cerro La Viuda X, Mirador de La campiña I, Los Álamos, General Manuel Baquedano, I, Los Alerces, Los Nogales, Mirador de La Campiña II, Las Acacias, Colinas de Llolleo I y II. Ubicada en zona de expansión urbana, limitando con el fundo de Llolleo, sector 23, 25 y 26. La principal característica de este tipo de viviendas que son pareadas, y pasajes angostos, el potencial riesgo de incendio de tipo estructural es alto, como también del tipo emanación de gases, también se debe tener presente que al encontrarse en límite con un área forestal aumenta el riesgo de propagación a viviendas una emergencias del tipo forestal. Por ultimo en este lugar existen colegios y departamentos habitacionales.
- Sector 23: área forestal donde se ubica el fundo de Llolleo, característico por el paso de tren de ácido sulfúrico para el sector portuario, además una franja de bosque de

eucaliptus, matorral y arbolado en su sector y algunas viviendas. Este tramo se caracteriza por emergencias del tipo forestal donde el riesgo es evidente, además limita con sectores poblados por lo que aumenta su nivel de riesgo en propagación.

- Sector 24: de la misma manera que el sector anterior, es un área forestal característica por la cantidad de bosque de eucaliptus, matorrales, arbolado y también por su topografía donde es un terreno irregular con pequeñas quebradas, en este lugar el principal riesgo son las emergencias del tipo forestal y la principal propagación sería para las industrias ubicadas en el “sector 16” y la localidad de Agua Buena ubicada en dirección oriente de la Comuna.
- Sector 25: fundo de Llolleo, área predominante forestal, contiene pastizales, bosque de eucaliptus, pino y matorral, el riesgo principal son emergencias del tipo forestal y la propagación a sectores poblados, esta área cubre el sector rural de san juan donde se ubican algunas viviendas.
- Sector 26: comprende la localidad rural de Lo Gallardo y San Juan, sector ampliamente poblado en medio de áreas forestales; matorrales, bosques de eucaliptus y pino, con topografías abruptas, los une la ruta G-904 que enlaza con la autopista El Sol (ruta 78). En lo Gallardo se ubican viviendas en zonas de quebradas y ubicadas en condición de toma, con accesos complicados, en un tramo existe la explotación minera y la ubicación de un colegio jardines y consultorios. Por otra parte limita al sector sur con el río Maipo. El riesgo comprometido son las emergencias del tipo estructural, emanación de gases domiciliarios, derrumbes e inundación por una eventual crecida del río y accidentes vehiculares. En la localidad de San Juan ubicado al sector sur oriente también se encuentran viviendas en medio de sectores forestales, acá podemos encontrar industrias de extracción de áridos, planta de cemento y una planta de productos plásticos. El riesgo asociado a esta localidad es: emergencias del tipo forestal, estructural, emanación de gas, accidentes vehiculares e incendios vehiculares.

Como se muestra en la figura 3.11 cada sector tiene una particularidad y comportamiento, por tanto es relevante realizar un cuadro comparativo entre cada uno de ellos y conocer su relevancia, por lo que se realiza una matriz comparativa entre cada sector, reflejado en la tabla 3.1

**Tabla 3.1: tabla comparativa entre cada sector de la comuna de San Antonio según criterios.**

SECTORES		Ocurrencia	Accesibilidad	Cobertura	Tendencia Crecimiento	Ubicación Suministros
	1	Baja ocurrencia en emergencias, de las de tipo accidente vehicular es el evento que se tiene registro.	camino Principal Antonio Núñez de Fonseca, y calles aledañas en buenas condiciones	baja cobertura para un potencial cuartel quedando alejado de sectores de alta población	baja tendencia debido a que no existen proyectos habitacionales, principalmente son viviendas de verano	Disponibilidad de suministros básicos, sector urbanizado.
	2	ocurrencia de emergencias del tipo forestal, en bajo registro	difícil acceso debido a que no es un sector urbano	alejado del centro de la ciudad	Baja tendencia, por ser un área forestal, no poblada.	área no urbanizada
	3	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal	acceso complicado por ubicarse en la parte alta del cerro	cobertura para la parte alta de ese sector, perdiendo alcance hacia el otro extremo de la comuna	sector forestal no urbanizado con potencial de instalación irregular de viviendas	sitio no urbanizado, si con potencial de crecimiento de las poblaciones a tal área
	4	alta ocurrencia en cuanto emergencias del tipo estructural principalmente	accesos pavimentados aunque tanto estrechos, dificultosos debido al encontrarse en parte alta de la Comuna	Gran cobertura solo para el sector norte de alto, no así para el resto de la Comuna.	Fuertemente el crecimiento se direccionado a la Comuna de Cartagena.	Disponibilidad de suministros básicos, sector urbanizado.
	5	ocurrencia de emergencias del tipo forestal, de ocurrencia moderada en período estival	calles pavimentadas hacia las viviendas, sin accesos para el área forestal	baja cobertura para la parte alta y también para el resto de la Comuna	fuerte tendencia a desarrollar nuevos complejos habitacionales abarcando a la Comuna de Cartagena	Disponibilidad de suministros básicos, a excepción de servicio internet por cable.
	6	Ocurrencia alta de emergencias del tipo forestal	accesos dificultosos por tener quebradas y sin camino establecidos	baja cobertura al estar en el extremo de la Comuna	la tendencia es la expansión industrial dedicada al depósito de contenedores	espacio no urbanizado

7	alta demanda de emergencias del tipo: estructural, accidente vehicular, emanación de gases	caminos con amplios accesos, pavimentados	Buena cobertura solo para el costado centro Norte de la Comuna.	la tendencia es hacia el norte por el Cerro La Virgen, que hasta ahora es área forestal.	Espacios urbanizados don la tecnología está inserta.
8	la ocurrencia de emergencias del tipo: accidente vehicular, Incendios estructurales, incendios forestales y emanación de gases	amplios accesos, calles pavimentadas en buen estado	Amplia cobertura a para la zona norte y centro de la Comuna, acotando trayectos para la zona sur.	su tendencia es hacia el oriente de la Comuna, para el sector forestal	suministros accesibles, debido a lo urbanizado del sector y tecnología de fácil acceso
9	Principalmente son emergencias del tipo forestal y accidentes vehiculares por delimitar con carretera G-82	difícil accesos al tratarse de un área forestal	baja cobertura debido especialmente para el sector sur de la comuna y parte de la zona norte, sector Pelancura	sector potencialmente de ser poblado en el futuro por la expansión del radio urbano	sector no urbanizado
10	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal	se ubica al costado de carretera nuevo acceso al puerto, sin accesos en su interior, sin caminos	cobertura para la zona central y norte de la comuna, no existiría un acceso para el sector sur al dividirlo la carretera	convertirse en sector urbano debido al crecimiento de la Comuna	al ser un área forestal no se encuentra urbanizado
11	baja ocurrencia de emergencias, solo se tienen casos puntuales buques varados	sin accesos por tierra	nula cobertura pertenecer al océano pacífico	sector ocupado en su futuro por la expansión portuaria, el desarrollo del mega puerto	sin instalación de suministros
12	baja ocurrencia, se tiene registro de incendios industriales, rescate de personas atrapadas y emergencias del tipo Hazmat	Accesos expeditos, pavimentados.	amplia cobertura para la zona norte y centro de la Comuna	la tendencia de crecimiento se visualiza solo al sector portuario hacia el poniente	sector urbanizado

	13	Ocurrencia media de emergencias del tipo: emanación de gases, estructural, accidentes vehiculares y rescate de personas atrapadas.	Amplios accesos, caminos en óptimas condiciones.	amplia cobertura al sector céntrico y equidistante para la zona norte y sur de la Comuna	la única parte donde se visualiza un potencial crecimiento es en el sector portuario	sector ampliamente urbanizado
	14	alta ocurrencia de diversos tipos de emergencias: incendios estructurales, emanación de gases, accidentes vehiculares y en menor ocurrencia son las emergencias del tipo forestal	accesos amplios y en óptimas condiciones	al ubicarse en medio de la comuna, posee gran cobertura a todos los sectores que conforman la Comuna	la única tendencia es pequeño tramo dirigido hacia el fundo Miramar ubicado al sector oriente de la ciudad	sector urbanizado, con accesos a servicios tecnológicos como internet principalmente
	15	Baja ocurrencia, si bien las emergencias registradas son del tipo: estructural, emanación de gases y forestal.	Sector con calles pavimentadas de buenos accesos.	Baja cobertura debido al encontrarse alejado del centro de la comuna, además sin acceso rápido para el sector sur de la comuna al encontrarse la carretera.	la tendencia es clara, hacia el sector del fundo Miramar, es la tendencia a continuar la población	Sector urbanizado, con disponibilidad a los suministros básicos de habitabilidad.
	16	principalmente la ocurrencia es de emergencias del tipo forestal	fácil acceso al encontrarse al costado de la carretera	Buena cobertura para el sector alto de la comuna, baja para los extremos norte y sur.	la tendencia es para el sector oriente y sur de la comuna	sector industrial urbanizado, disponible los servicios básicos
	17	Ocurrencia moderada, principalmente incendios del tipo estructural y forestal.	accesos dificultosos especialmente al interior de las viviendas producto a que no se encuentran pavimentadas	baja cobertura al posicionarse en el extremo de la comuna	el desarrollo de este sector tiende a ser parte de la expansión portuaria, convirtiéndose en un sector portuario	sector urbanizado, disponibilidad de servicios básicos para habitabilidad

	18	ocurrencia media de incendios del tipo estructural y emanación de gases	calles pavimentadas, de fácil accesos, la desventaja que limita con el río Maipo donde no existe acceso	baja cobertura al encontrarse al en el límite comunal con Santo Domingo	este sector se encuentra limitado su crecimiento al limitar con el río	sector con suministros básicos disponibles
	19	alta ocurrencia de accidentes vehiculares, incendios estructurales y emanación de gases	sector céntrico, óptimos accesos, calles y avenidas pavimentadas al ser un sector céntrico de Llole	gran cobertura para el sector sur de la comuna donde se ubican gran cantidad de habitantes	La tendencia de crecimiento de este sector es baja por no decir nula al encontrarse en medio de otros sectores.	sector central donde la disponibilidad de servicios es completamente accesible
	20	Alta ocurrencia de emergencias del tipo accidentes vehiculares e incendios vehiculares	amplios accesos debido a que se posiciona la carretera, aunque no posee enlaces directos para cubrir la comuna de lado a lado	Al estar en medio de la Comuna o posee la cobertura necesaria debido a que no existen enlaces directos para cubrir la ciudad.	la tendencia de crecimiento es el ensanchamiento de la pista debido a la empresas que se instalan alrededor	sector industrializado y urbanizado
	21	alta ocurrencia emergencias del tipo incendios estructurales, emanación de gases	amplios accesos, pavimentados en óptimas condiciones	Excelente cobertura al situarse en el sector centro del costado sur de la comuna, donde se visualizan grandes poblaciones y buenos accesos para poder cubrir la zona norte de la comuna.	Su tendencia de crecimiento de conjuntos habitacionales se aprecia de forma clara hacia el sur del sector.	accesible a todas las condiciones de habitabilidad y además a la instalación de tecnologías
	22	alta ocurrencia de emergencias del tipo estructural y emanación de gases	Accesos menos amplios, pavimentados.	cobertura para el sector sur, perdiendo cobertura para otras localidades ubicadas en la zona norte comunal	El crecimiento del radio urbano tiende a ser hacia el fundo de Llole al oriente de la comuna.	Cercano a la ubicación de suministros básicos, sector urbanizado.

	<b>23</b>	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal	accesos dificultosos al ser caminos rurales no pavimentados	cobertura solo para el sector sur de la comuna al no disponer de accesos directos a la zona centro y norte	la tendencia la instalación de complejos habitacionales en este sector	La ubicación de suministros se encuentra más alejados en comparación con sectores vecinos, sector no urbanizado.
	<b>24</b>	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal	sin accesos pavimentados, al ser un área rural	baja cobertura para los sectores poblados donde se concentran las emergencias	el crecimiento que se visualiza del sector es la instalación de industrias ligadas al almacenaje de contenedores	Sitio no urbanizado, suministros básicos lejanos en su ubicación.
	<b>25</b>	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal	sin accesos pavimentados, al ser un área rural	baja cobertura al ubicarse lejos de la zonas de concentración de emergencias	la tendencia de crecimiento se ve reflejada en la potencial instalación de complejos habitacionales	Sitio no urbanizado, ubicación de servicios básicos lejanos.
	<b>26</b>	alta ocurrencia de emergencias del tipo forestal, estructural y accidentes vehiculares	el acceso principal es la ruta G-904 y accesos aledaño en caminos rurales	baja cobertura para el sector centro y norte de la Comuna	La tendencia de crecimiento es el desarrollo de viviendas en laderas del cerro, principalmente en lo gallardo.	Disponibilidad de ubicación de suministros básicos para las condiciones mínimas de habitabilidad, no ubicación para la inserción de tecnologías.

### 3.2 Modelo de Cobertura P-Mediana

Tomando como base la figura 3.11 donde se encuentra sectorizada la Comuna, aplicaremos la metodología de Conjunto de Cobertura:

#### Definimos:

$D_{ij}$  : distancia ponderada entre el sector  $i$  y las posibles ubicaciones de cuarteles  $j$ .

$P$ : número de cuarteles a ubicar, que para éste caso son 4.

#### Variables de Decisión

$$Y_j = \begin{cases} 1: & \text{Si se ubica el cuartel en el sector } j \in J. \\ 0: & \text{en otro caso.} \\ & j = 1, \dots, 26. \end{cases}$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1: & \text{Si la emergencia } i \in N \text{ se asigna a la mediana (cuartel) ubicada en el} \\ & \text{sector } j \in J. \\ 0: & \text{en otro caso.} \\ & i = 1, \dots, 26; j = 1, \dots, 26. \end{cases}$$

El problema se formula de la siguiente manera:

$$\text{Función Objetivo: } \text{Minimizar } \sum_{i=1}^{26} \sum_{j=1}^{26} D_{ij} X_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} Y_j = p \quad (3)$$

$$X_{ij} \leq Y_j \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, Y_j \in \{0,1\} \forall i \in N, j \in J \quad (5)$$

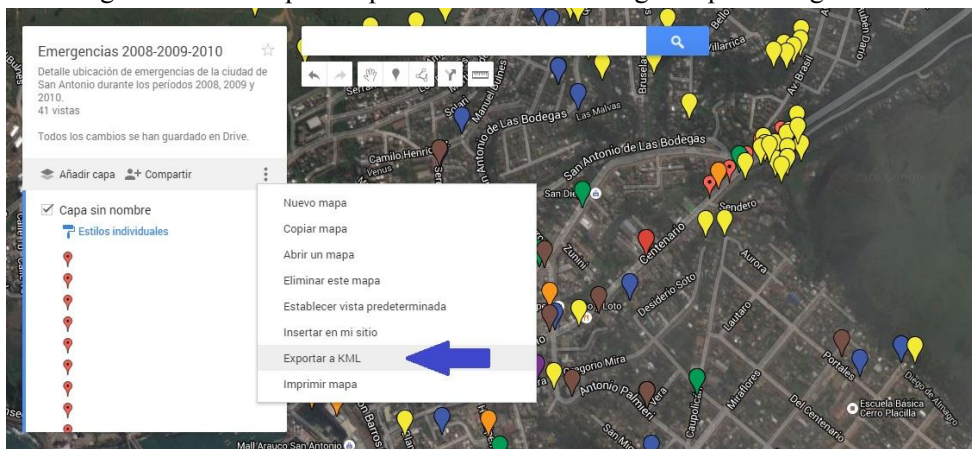
Las restricciones:

- (2) Aseguran que cada emergencia es asignada a un cuartel.
- (3) Garantiza que se seleccionen exactamente “P” localizaciones para las estaciones de bomberos.
- (4) Aseguran que las emergencias se asignen a un cuartel sólo si éste ha sido seleccionado.
- (5) Especifica que todas las variables de decisión son binarias.

### 3.3 Procesamiento de los datos

Antes de trabajar con el Software Wolfram Mathematica, es necesario preparar los datos almacenados (ver punto 3) en la plataforma Google Maps, exportarlos a la extensión  $.kml^2$  tal como muestra en la figura:

Figura 3.12: Paso para exportar datos desde GoogleMaps a Google Earth



**Fuente: Elaboración Propia**

---

<sup>2</sup> es un lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Luego de obtenidas nuestras localizaciones de emergencias en la extensión  $.kml$ , esta podrá ser utilizada con el software Google Earth. Extraemos las coordenadas de los datos con la

aplicación JAVA guardadas en un archivo de texto. Tal como se representa en la siguiente figura 3.13:

Figura 3.13: Extracción de coordenadas de archivo .kml mediante aplicación JAVA



Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Elaboración del Modelo Matemático

Teniendo procesado los datos en archivo de texto comenzaremos a escribir el modelo matemático en el Software Wolfram Mathematica y lo haremos correr (ver anexo)

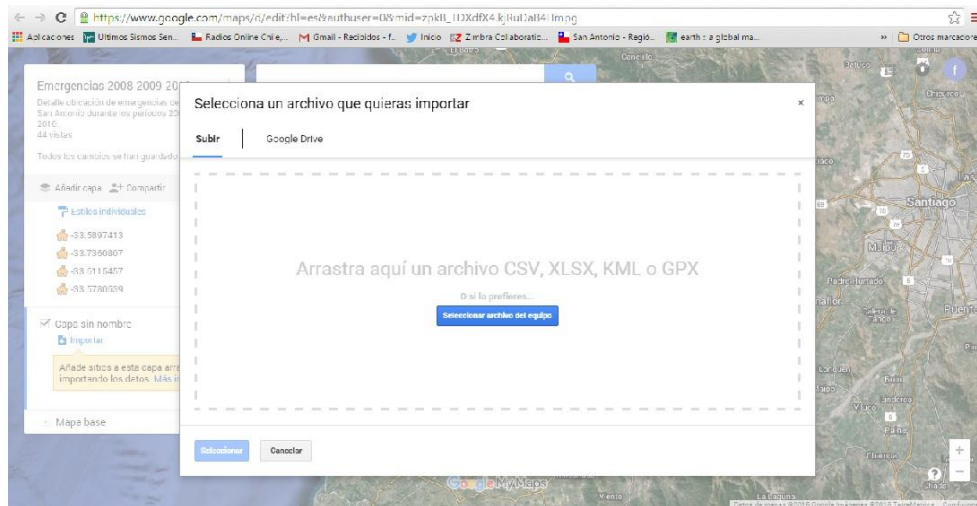
### 3.5 Resultados Obtenidos Solución

Luego de evaluar y procesar los datos el programa nos entrega la solución, es decir, las cuatro ubicaciones de los cuarteles de bomberos, expresados en coordenadas. Las cuales son:

- Cuartel 1 : -33.5897, -71.4872
- Cuartel 2 : -33.7361, -71.426
- Cuartel 3 : -33.6115, -71.6032
- Cuartel 4 : -33.5781, -71.6064

Estas coordenadas se encuentran en nuestro escritorio de trabajo bajo el nombre del archivo “salida.csv”. Por tanto ahora en el mapa donde tenemos los datos estadísticos, importamos el archivo mencionado anterior mente para conocer las ubicaciones de los cuarteles de bomberos. Por efectos del programa es necesario agregar una capa al mapa para importar los datos. Tal como lo muestra la figura 3.14:

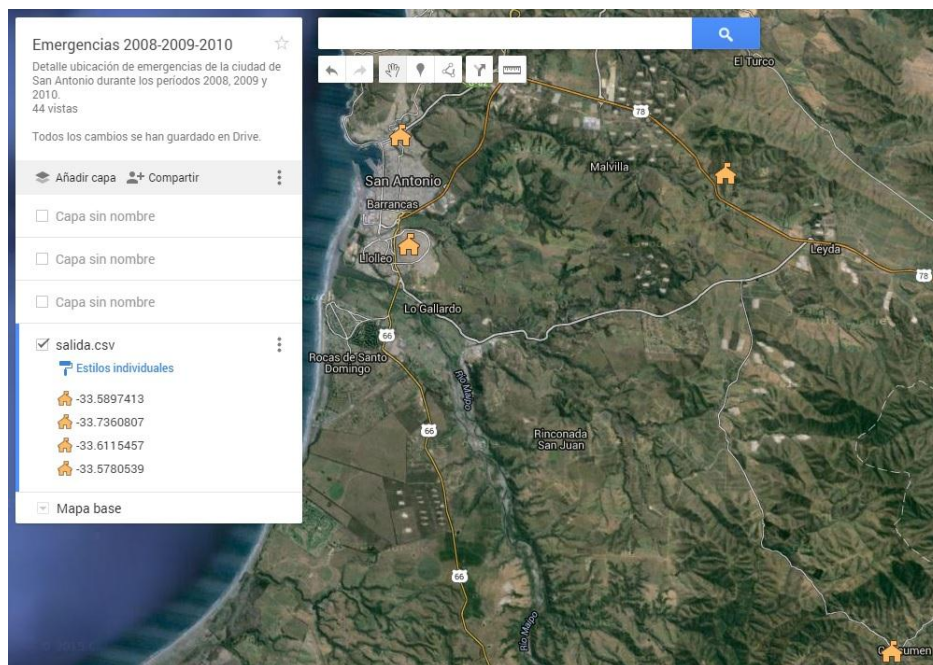
Figura 3.14 Importación de las coordenadas soluciones al GoogleMaps.




Fuente: Elaboración Propia

Según lo descrito anteriormente procedemos a verificar la ubicación de los resultados en el mapa, tal como se muestra en la figura:

Figura 3.15 Ubicaciones de los cuarteles bomberos en mapa GoogleMaps según solución del modelo



Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en la figura anterior en los íconos de la forma:  y color amarillo, son las ubicaciones de cuarteles resuelta por el modelo y se describen en:

- Cuartel 1 (-33.5897, -71.4872)

Este cuartel queda ubicado físicamente en Avenida Centenario a la altura del 442, si bien es un punto estratégico para toda la zona norte donde se ubican los cerros bellavista, el Carmen y cementerio principalmente y la zona oriente ubicándose la carretera que conecta con ruta 78, enlace directo al sector de Agua Buena y Leyda.

- Cuartel 2 (-33.7361, -71.426)

Esta ubicación refleja la posición del cuartel en el sector de Llolleo alto en la intersección de las Calles Francisco de Paula Ginebra con calle Rafael de la Presa. La posición del cuartel cubre toda la parte alta de Llolleo, mejorando aun cobertura para las poblaciones más alejadas al sector céntrico como lo es la población La Campiña y fundo de Llolleo, evitando que los carros bombas dada una emergencias tengan que subir los cerros, con ello respondiendo con un mayor tiempo de respuesta, por tanto la cobertura mejora los sectores periféricos comunales: fundo de Llolleo y población la Campiña.

- Cuartel 3 (-33.6115, -71.6032)

La ubicación de esta instalación se emplaza en el acceso norte a la Comuna de San Antonio, específicamente en la ruta 78 autopista el sol, a la altura del km 95, entre las localidades rurales de Malvilla y Leyda, cubriendo las áreas aisladas del sector urbano donde en la ubicación actual son grandes las distancias que tienen que recorrer para cubrir los sectores anteriormente señalados.

- Cuartel 4 (-33.5781, -71.6064)

Este cuartel se ubica en el sector rural de la Comuna, en la localidad llamada Cuncumen, ésta zona se caracteriza por la cantidad de emergencias de tipo forestal y las condiciones de su topografía, ya que posee una cantidad considerable de viviendas vulnerable a éste tipo riesgo. Por otra parte posee un microclima donde la temperatura ambiente promedio supera a la del sector urbano. Con la instalación de éste cuartel genera una mejora considerable a la cobertura puesto que el cuartel más cercano actualmente queda aproximadamente a 25 kms. de ésta localidad.

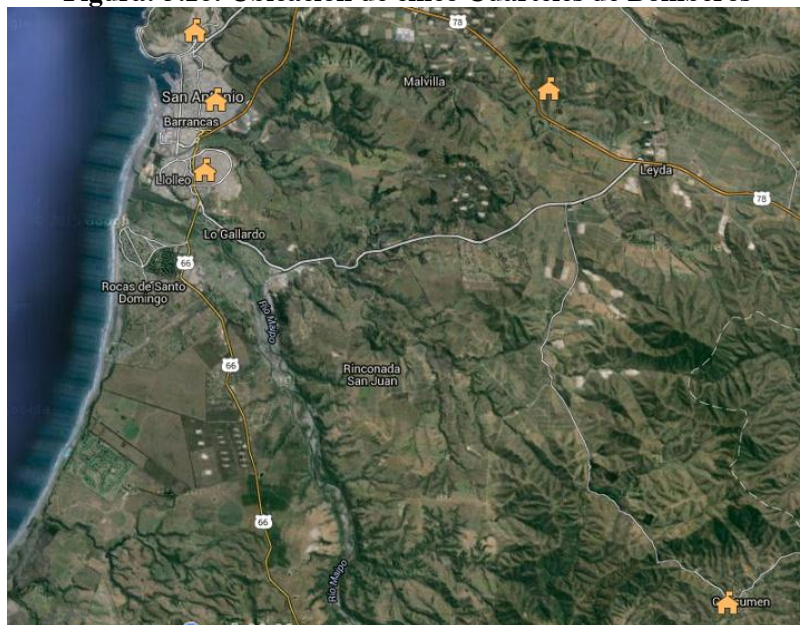
### 3.6 Análisis de Sensibilidad

Una de las ventajas de éste modelo de cobertura es la flexibilidad de su utilización, puesto que podemos analizar diferentes escenarios posibles con la finalidad de analizar el comportamiento de las ubicaciones de cuarteles en la Comuna de San Antonio, a continuación se presentaremos diversos escenarios:

➤ **Escenario 1:** Aumento de cuarteles.

En esta oportunidad evaluamos y analizamos el escenario de aumentar a 5 la cantidad de cuarteles de bomberos para verificar cómo se comporta el modelo a este cambio y la solución es la siguiente:

**Figura: 3.16: Ubicación de cinco Cuarteles de Bomberos**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Según la figura 3.16 se puede apreciar a simple vista que la incorporación de un quinto cuartel el programa entregó una distribución homogénea en el sector urbano, manteniendo la ubicación en los sectores rurales de la comuna.

El Cuartel ubicado en la zona norte de la Comuna se emplaza específicamente en el sector de Bellavista sector Holanda, en la calle San Antonio de las Bodegas a la altura de calle

Quebrada Holanda, esta localidad se encuentra en la zona alta del norte de San Antonio, con sectores ampliamente vulnerables por la configuración del terreno, ya que podemos encontrar viviendas en un interfaz urbano forestal, principal riesgo de incendio de viviendas a partir de una emergencia del tipo forestal, es importante señalar la disposición de las viviendas que son pareadas y la mayoría de material ligero.

En comparación con la ubicación de este cuartel con respecto a la solución anterior, principalmente lo moviliza a la zona alta de la parte norte de la Comuna.

Con respecto a la segunda ubicación, éste se localiza en la calle Nápoles 920, entre las calles Esperanza y Brisas del Mar, en la Población 30 de Marzo. La posición de este cuartel lo ubica en un sector importante para la cobertura de la zona central de la Comuna, especialmente para la parte alta, fuera de la zona inundable y más cercana a las viviendas con vulnerabilidad de incendio del tipo estructural y forestal y con respecto al modelo original, no posiciona un cuartel en este sector y lo agrega.

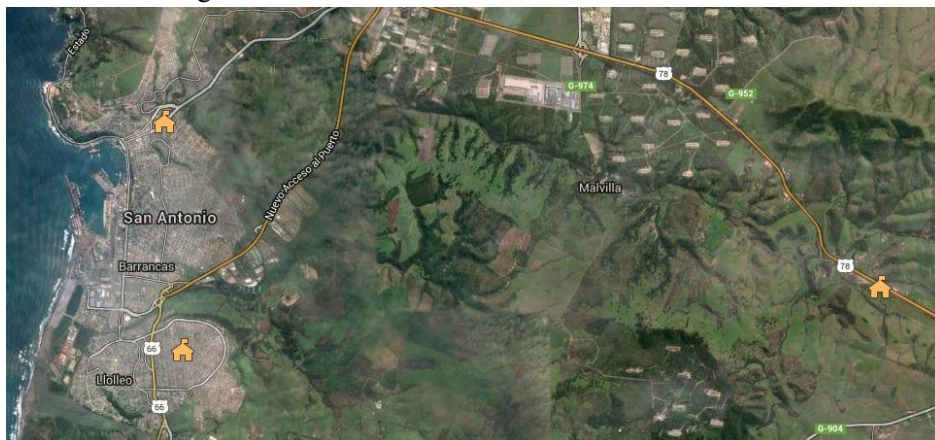
La tercera ubicación corresponde al sector de Llolleo alto en la intersección de las calles Cristo Rey con El Sauce, en este caso la localización de éste cuartel lo posiciona en la parte media del cerro donde nacen todas las poblaciones del sector sur urbano de la Comuna, teniendo acceso y cobertura para todo el tramo de viviendas vulnerables a incendios tanto estructural como forestal.

La cuarta y la quinta ubicación de cuarteles que son en las zonas más alejada del sector urbano, especialmente a localidades rurales donde presenta la mayor cantidad de asentamientos, la solución mantiene las ubicaciones en estos sectores, los deja fijos, ya que tal como se explicó anteriormente, éste modelo minimiza las distancias. Por tanto asegura la cobertura para estas zonas de alta vulnerabilidad por encontrarse en un interfaz urbano forestal y alejado de las ubicaciones actuales de organismos de emergencias.

➤ **Escenario 2:** disminución de la cantidad de cuarteles

Ahora analizaremos el modelo con solo la ubicación de tres cuarteles de bomberos, como lo muestra la figura 3.16:

Figura 3.17: ubicación de tres cuarteles de bomberos



**Fuente: Elaboración Propia.**

La ubicación del cuartel en la zona norte en esta emplaza en Avenida Centenario a la altura del 442, es la misma coordenada que utiliza la solución del cuartel 1, cubriendo toda la zona norte de la Comuna y de acceso directo a los sectores alejados de San Antonio.

Al disminuir la cantidad de cuarteles prioriza la instalaciones urbanas en concordancia con la cantidad de emergencias que ocurren en el sector, por tanto la segunda ubicación es en la intersección de las calles Rafael de la Presa con Ginebra, manteniendo una cobertura para todo el centro sur del sector urbano de la Comuna.

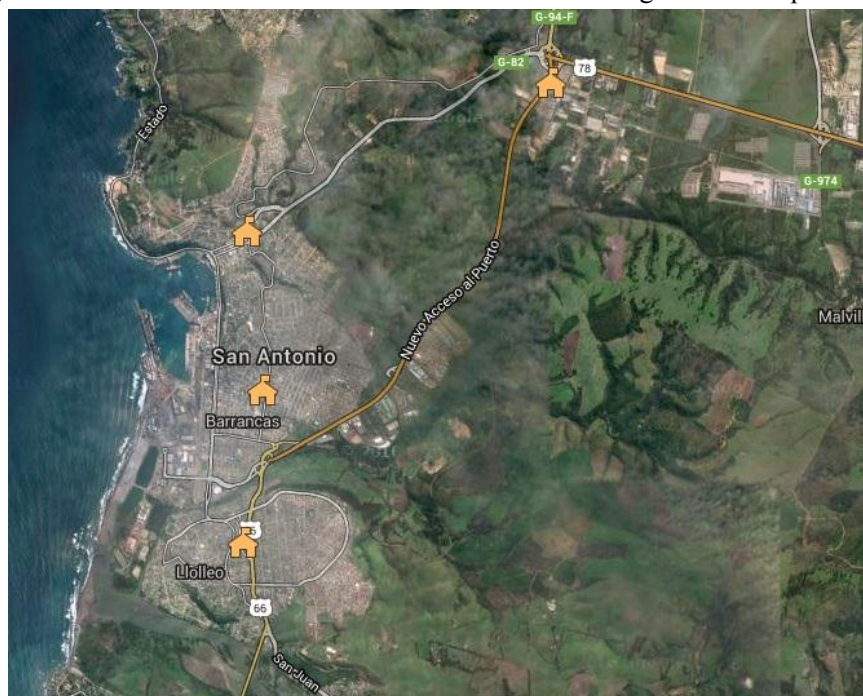
Finalmente la tercera ubicación es en el intermedio del sector urbano y rural, específicamente a un costado de la autopista el sol o ruta 78 a la altura del km 95 entre las localidades de Malvilla y Leyda.

El modelo trata de presentar la mejor distribución de cuarteles para minimizar las distancias de los datos presentados.

➤ **Escenario 3:** Ubicación de Cuarteles sin Emergencias del Tipo Forestal.

En este caso analizaremos como afectan la ubicación de los cuarteles al utilizar un mapa sin contabilizar las emergencias del tipo forestal, por tanto eliminamos todas las coordenadas de éste tipo de emergencias que están caracterizadas de color amarillo y la agregamos como datos de entrada al modelo, por tanto la solución tiene los siguientes resultados en ubicaciones:

Figura 3.18: Ubicación de Cuarteles de bomberos sin emergencias del tipo forestal



**Fuente: Elaboración Propia.**

Como se puede apreciar en la figura anterior la ubicación de los cuarteles se centra principalmente en el sector urbano de la Comuna aunque levemente desplazados hacia el sector poniente, esto es porque la ubicación de las emergencias del tipo forestal tiene la ocurrencia en la zona rural o el interfaz urbano forestal. El Cuartel que cubre la zona norte de la Comuna se localiza en la intersección de las calles Hermanos Carrera con Lauro Barros, ubicación con accesos para diversos puntos de la comuna; cerros, sector rural y zona centro.

La segunda ubicación se encuentra en medio de la zona urbana de la Comuna en calle Tacna entre las avenidas República e Independencia, en la parte alta de Barrancas con amplia cobertura tanto para la zona norte como para la zona sur.

La tercera localización es la zona sur de la ciudad en el centro de Llole en calle Inmaculada Concepción, entre las calles Del Canelo y el Sauce, proporcionando cobertura para toda la zona sur de la comuna, zona de mayor cantidad de población de la Comuna.

Por último la cuarta localización se emplaza en la ruta Nuevo Acceso al Puerto, a la altura del cruce de Cartagena, sector que conecta la zona urbana con el sector rural y con otras ciudades de la Provincia, la cobertura y por los accesos en que se ubica le permite acceder rápidamente a cualquier punto de la Comuna.

➤ **Escenario 4:** Aumento a 05 cuarteles de bomberos sin Emergencias Forestales.

A continuación se grafica la ubicación de los cuarteles de bomberos agregando una posición con el objeto de verificar cómo reacciona el modelo.

Figura 3.19: Ubicación de 05 cuarteles de Bomberos sin Emergencias del tipo Forestal



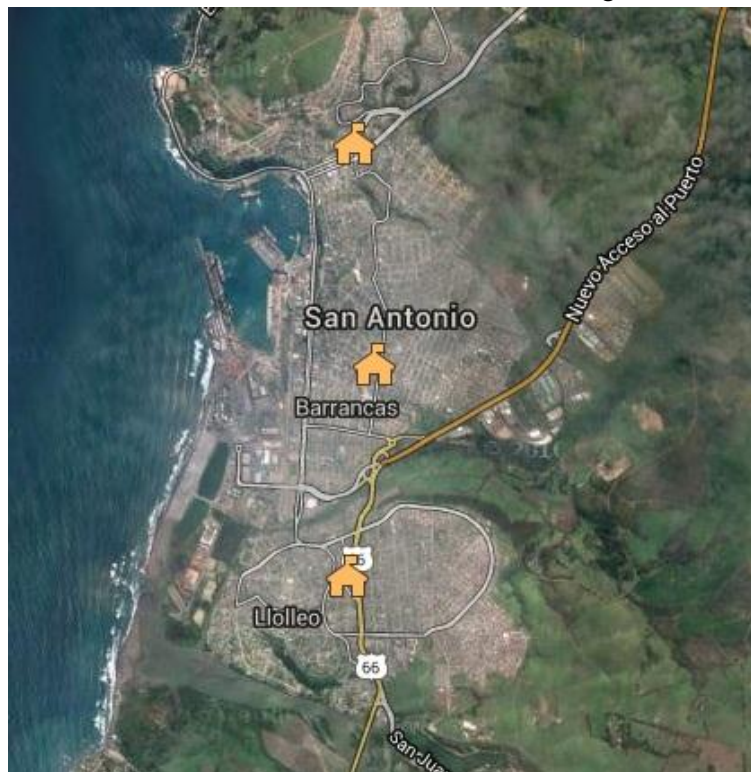
**Fuente: Elaboración Propia.**

En esta oportunidad en la solución del modelo matemático, la ubicación de los cuarteles ubicados en la zona sur de la ciudad, específicamente en el sector de Lollole, se distribuyó en los siguientes puntos: el cuartel ubicado en la intersección de las calles Arzobispo Casanova con Echaurren, mientras que el otro cuartel se ubica en la para alta de Lollole cercana al interfaz urbano forestal, en la intersección de la calle Parinacota con Las Alpacas. Esto quiere decir que el modelo refuerza la zona donde existe la mayor cantidad de ocurrencias de emergencias sin las del tipo forestal.

➤ **Escenario 5:** Ubicación de 03 Cuarteles de Bomberos sin Emergencias Forestales

Ahora podremos apreciar cómo se comporta el modelo al disminuir la cantidad de cuarteles de bomberos según figura 3.19.

Figura 3.20: Ubicación de 03 cuarteles de Bomberos sin Emergencias del tipo Forestal



**Fuente: Elaboración Propia.**

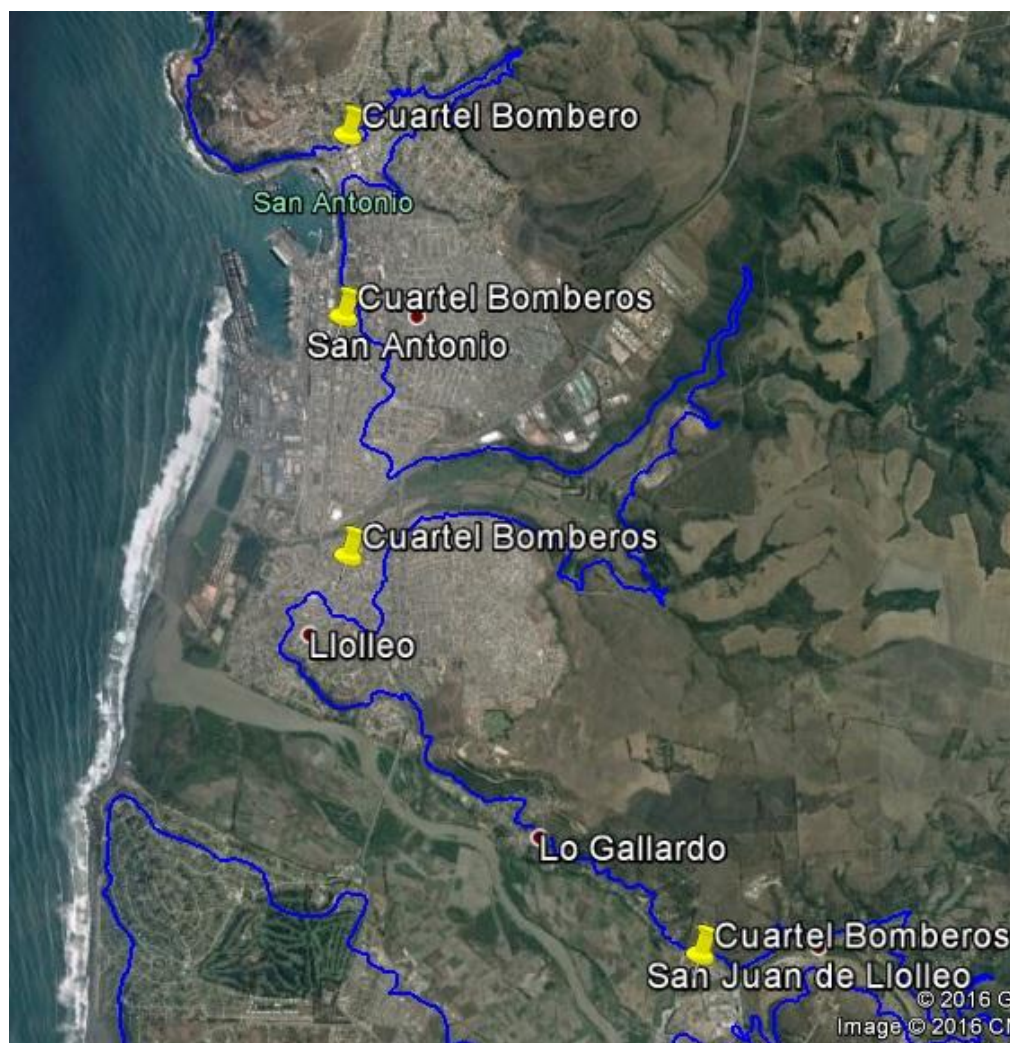
En este caso el modelo solo suprime la ubicación del cuartel que se emplaza en la ruta nuevo acceso al puerto, solo asegura la cobertura para el sector urbano. Ubicando cuarteles en: zona norte en las intersecciones de las calles Hermanos Carrera con Lauro Barros, en la zona centro, en la Intersección de las avenida Independencia con República y en la Zona sur en Lollole en calle Inmaculada Concepción entre las calles El Sauce y El Canelo.

### 3.7 Conclusiones y Sugerencias

Tomando como referencia la información proporcionada en el análisis de sensibilidad podemos decir lo siguiente:

- De acuerdo a la localización actual de los cuarteles de bomberos todas las instalaciones se ubican en la zona inundable por lo que sería un riesgo latente para la institución los actuales emplazamientos, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3.21: Zona Inundable de la Comuna de San Antonio y Ubicaciones sus Cuarteles de Bomberos

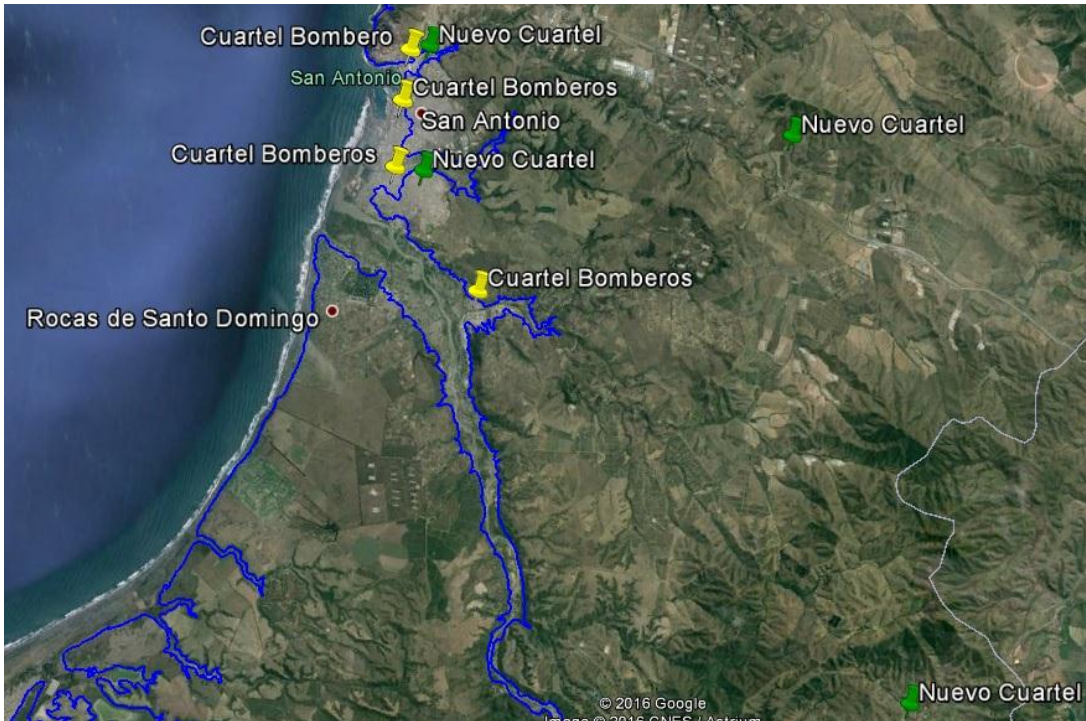


**Fuente: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.**

Por tanto es necesario evaluar la posición de estas actuales instalaciones, además agregando que el crecimiento de la población y del sector urbano crece levemente hacia el sector oriente de la Comuna, así a medida que avanza el tiempo las emergencias se irán alejando de los cuarteles. Ahora si nos referimos al modelo propuesto ratifica esta información ya que todas las ubicaciones las desplaza a la zona oriente de la comuna y refuerza las zonas aisladas como lo son el Sector de Malvilla, Leyda y Cuncumen, puesto que en estos lugares están aumentando su población.

De acuerdo a la propuesta de reubicación de cuarteles afecta positivamente en la entrega del servicio que ofrece bomberos al generar una disminución de los tiempos de respuestas a las emergencias especialmente en sectores más alejados, como se muestra en la figura 3.21.

Figura 3.22: Comparación de la Ubicación actual de los Cuarteles de bomberos de la Comuna de San Antonio con las Soluciones del modelo (ver figura 3.15).



**Fuente: Modelo Matemático**

- Es importante señalar que el modelo prioriza minimizar las distancia entre diferentes puntos, por tanto es relevante mencionar que actualmente los cuarteles se encuentran alejados de los sectores: Malvilla, Leyda y Cuncumen, principalmente áreas rurales que se encuentran pobladas y cuentan con alta estadística de emergencias del tipo forestal (ver capítulo 1), teniendo en cuenta que las unidades de emergencias más cercanas se encuentran a una distancia no menor de 25 kms. Sin embargo para el período estival, donde la ocurrencia de incendios del tipo forestal aumenta considerablemente se

recomienda ubicar cuartel de bomberos de manera provisoria entre septiembre de un año hasta abril del próximo año, en la localidad de Cuncumen por la alta frecuencia de emergencias del tipo forestal y la lejanía del cuartel más cercano con el objeto de mejorar la cobertura del servicio en los sectores más alejados del sector urbano

- Con el pasar del tiempo, la ciudad crece tanto en lo urbano, inmobiliario, comercial, estructural, etc. sin embargo analizar la instalación de un quinto cuartel para la Comuna de San Antonio deberá ser una interrogante constante de las autoridades, tanto locales como gubernamentales, puesto que es un servicio voluntario, que no existe rentabilidad económica y tales inversiones son subsidiadas netamente por fondos públicos.
  
- Implementar tecnología digital para el almacenamiento y procesamiento de datos estadísticos del cuerpo de Bomberos de San Antonio para generar análisis y apoyar la toma de decisiones.
  
- Si bien este modelo de cobertura toma la demanda, en este caso las emergencias como todas iguales, es decir, les da el mismo nivel de importancia, es importante señalar que se deja abierta la posibilidad de desarrollar un nuevo estudio donde se incluyan nuevas variables como el tipo de emergencia y la capacidad de los cuarteles de bomberos para hacer frente la demanda.

## BIBLIOGRAFIA

- André Langevin, Diane Riopel, *Logistics systems: Design and Optimization*, Springer 2005.
- Luce Brotcorne, Gilbert Laporte, Frédéric Semet, *European Journal of Operational Research: Ambulance location and relocation models*. 2002.

- Gonzalo Hernandez Oliva. Clases: Decisiones sobre Instalaciones, Universidad de Valparaíso, Chile. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. 2008.
- Perla Acevedo, Andrés Adell, Valentina Bórquez, Cristian Cefatti, Valentina Espinoza. *Evaluación de Proyecto Turístico del Maipo, San Antonio*. Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2009.
- M.L. Brandeau and S.S. Chiu. An overview of representative problems in location research. *Management Science*.
- Departamento de estadísticas del Cuerpo de Bomberos de San Antonio.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Censo 2002.
- Fire Chief, Keith Bryant, *Oklahoma City Fire Departament: Fire Station Location Study*. 2006.
- HABITERRA S.A. Asesores, *Estudios de Análisis de Tendencias de Localización 2006-2007 de la Comuna de San Antonio*.2007.
- Manual Wolfram Mathematica Software v.10.2
- Programa Bizagi Process Modeler

## **Anexos.**

## Anexo 1: Interfaz del modelo Matemático a través del programa Wolfram Mathematica.

```

Archivo Edición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda

(A) In[21]:= AppendTo[$Path, "C:\\Users\\Félix\\Documents\\Tesis 2015\\Mathematica"];
           añade al final |lista de directorios

(B)   coordenadas := ReadList["coordenadas.txt", {Real, Real}];
           lee lista |real |real

(C)   Resultado[pts_, k_] := With[{n = Length[pts]},
           con |longitud

(D)   var = Flatten@Join[Table[x[i, j], {i, 1, n}, {j, 1, n}], Table[y[j], {j, 1, n}]];
           aplana |junta |tabla |tabla

(E)   objective = Sum[EuclideanDistance[pts[[i]], pts[[j]]*x[i, j]], {i, 1, n}, {j, 1, n}];
           suma |distancia euclídea

(F)   cons2 = Thread[0 ≤ var ≤ 1];
           atraviesa

(G)   cons3 = Thread[var ∈ Integers];
           atraviesa |números enteros

(H)   cons5 = Table[x[i, j] ≤ y[j], {i, n}, {j, n}];
           tabla

(I)   cons6 = Sum[y[j], {j, 1, n}] ≤ k;
           suma

(J)   cons7 = Table[Sum[x[i, j], {j, n}] == 1, {i, n}];
           tabla |suma

(K)   sol = NMinimize[{objective, Flatten@{cons2, cons3, cons5, cons6, cons7}}, var]; cc = Cases[sol[[2]], HoldPattern[y[_] → 1]];
           minimiza aproximadamente |aplana |casos |patrón sin evaluación

(L)   hosts = First/@cc /. y[z_] → z; pts[hosts];
           primero

(M)   ubicaciones = Join[{"latitud", "longitud"}, Resultado[coordenadas, 4]];
           junta

(N)   Export[NotebookDirectory[] <> "salida.csv", ubicaciones, "CSV"]; Print[ubicaciones];
           exporta |directorio de cuaderno |escribe

(O)   {{latitud, longitud}, {-33.5897, -71.4872}, {-33.7361, -71.426}, {-33.6115, -71.6032}, {-33.5781, -71.6064}}

```

**Fuentes: Elaboración Propia.**

A continuación se definen los siguientes argumentos a partir del anexo 1:

- (A), este argumento se refiere a los datos de entrada para poder trabajar el modelo, se especifica la ruta de los archivos a utilizar en el computador.
- (B), se especifica que los datos de entrada, en este caso el archivo “coordenadas.txt” que contiene las coordenadas de las ubicaciones de emergencias, pertenece al conjunto de números reales.
- (C), el resultado del modelo debe estar en función de los puntos o coordenadas y las “k” posiciones posibles, o bien como las “P-Medianas”, pertenecientes al conjunto “n” y la función “with” reemplaza los “n” valores por los puntos en coordenadas (pts.).
- (D), se definen las variables de decisión binarias, tales como  $X_{ij}$  que van desde “1” a “n” posibilidades, además de  $Y_j$  definida de igual manera desde “1” a “n” posibilidades.
- (E), este argumento definimos nuestra función objetivo que es la suma de las distancias euclidianas desde el nodo “i” hasta el nodo “j”, por la variable binaria de decisión  $X_{ij}$  que puede tomar dos valores: 1, si la mediana opera en ese punto y 0, en caso contrario. Además se agregan las descripciones de las variables que van desde 1 a “n” interacciones.
- (F) “cons2” aquí describimos las restricciones al modelo, ésta en particular detalla que las variables de decisión descritas en (C) son binarias y toman valores 0 y 1.
- (G) “cons3” esta restricción explica que las variables (“var”) puede tomar solo valores enteros.
- (H) “cons5” restricción que asegura que las emergencias se asignen a un cuartel, solo si éste ha sido seleccionado.
- (I) “cons6” restricción que indica que se seleccionen una cantidad igual o menor a las “k” medianas, es decir la cantidad de cuarteles que queremos localizar.
- (J) “cons7” restricción que asegura que cada emergencia sea asignado a un cuartel o mediana.
- (K) este argumento describimos la solución del problema, lo que queremos que haga el modelo, es decir minimizar la función objetivo, en función de las restricciones y las variables descritas y las soluciones serán en dos valores (coordenadas).
- (L) asegura que los valores de solución puedan ser negativos y positivos.
- (M) este argumento se refiere a la salida o resultados de los datos, y la cantidad de ubicaciones de cuarteles “k” que el modelo resuelva, descritos en puntos de coordenadas: latitud y longitud, con el objeto de poder marcarlas en nuestro mapa.

- (N) argumento de los datos de salida de nuestro modelo para que el programa exporte en coordenadas las soluciones a nuestra carpeta de trabajo en un archivo que lo llamaremos “salida” con extensión .csv<sup>5</sup>, elegimos este formato de archivo ya que puede importarse este archivo con las coordenadas al programa de georeferenciación y así marcar las posiciones de los cuarteles de bomberos en nuestro mapa.
- (O) este son los puntos que resultaron en soluciones del modelo anteriormente descrito, en coordenadas. Que a la vez fueron exportadas a un archivo con extensión .csv.

---

<sup>5</sup> son un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas.

