

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	4
1.2.1. Objetivo General . . . . .	4
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
1.3. Alcances y Limitaciones . . . . .	5
1.4. Estructura de la Tesis . . . . .	6
<b>2. Antecedentes y Marco Teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Modelos de Localización . . . . .	7
2.1.1. Modelo Discreto . . . . .	7
2.2. Grafo y Árboles . . . . .	8
2.2.1. Grafo . . . . .	8
2.2.2. Árbol . . . . .	8
2.3. Chinese Postman Problem . . . . .	9
2.4. Clusterización . . . . .	10
2.4.1. Métodos de particionamiento . . . . .	11
<b>3. Descripción de la Heurística</b>	<b>13</b>
3.1. Árbol de Conexión de Códigos Postales . . . . .	13
3.2. Clustering . . . . .	17
3.2.1. . . . .	17
3.2.2. Generador de Cuarteles . . . . .	19
3.2.3. Polishing . . . . .	21
<b>4. Resultados</b>	<b>26</b>
4.1. Caso de estudio: Comuna Viña del Mar y Concón . . . . .	27
4.1.1. Generación del grafo . . . . .	27
4.1.2. Función de Carga . . . . .	29
4.1.3. Generador de Cuarteles . . . . .	30
4.2. K-Means . . . . .	35
4.3. Carga según Número de Puertas . . . . .	36
4.4. Análisis de sensibilidad . . . . .	38
<b>5. Conclusiones</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>45</b>

A. Set Covering Model	46
B. P-Median	47
C. Max Covering Model	48
D. Cuarteles con K-Means	49
E. Cuarteles con carga igual al número de puertas	50

# Índice de Ilustraciones

1.1.	Se muestran los cuarteles del centro de Viña del Mar, con sus respectivas manzanas y códigos postales. . . . .	3
1.2.	En el eje X se muestran los 63 cuarteles de la comuna Viña del Mar y Concón, y en el eje Y se muestra la carga total del cuartel, proveniente de una función de carga de trabajo recibida. Fuente: Elaboración propia. . . . .	5
2.1.	Grafo con 5 nodos y 5 aristas. . . . .	8
3.1.	Se muestran los 5 pasos de construcción de un grafo que cumple criterios de distancia y que solo rompe planaridad dentro de las manzanas, ya que de esta manera quedan todos los códigos postales pertenecientes a la misma manzana conectados entre sí. Paso 1: los códigos postales iniciales, Paso 2: división de los códigos postales en cuadrantes, Paso 3: árbol de expansión en cada cuadrante, Paso 4: agregar aristas por cuadrante sin romper planaridad, Paso 5: conexión entre cuadrantes sin romper planaridad. . . . .	14
3.2.	Izquierda: cuatro códigos postales unidos con arcos no planares. Derecha: solución deseable de planaridad . . . . .	15
3.3.	Ejemplo de solución no deseable de cuarteles disconexos. Cada celda corresponde a un código postal con su respectiva carga (número de la celda). El cuartel azul no cumple el requerimiento de conectividad deseado. . . . .	17
3.4.	Ejemplo de solución no deseable de cuarteles, cuyas manzanas pertenecen a dos zonas de reparto diferentes. . . . .	18
3.5.	Transformación de CPs a manzanas: En la imagen de la izquierda se encuentran las manzanas con sus códigos postales (círculos azules), y los arcos que los conectan. En la imagen de la derecha se encuentran las manzanas representadas por su centro de gravedad (círculos rojos), y los arcos que las conectan entre ellas. . . . .	19
3.6.	En la imagen se muestra un cuartel no deseable (cóncavo), ya que el cartero podría preferir ir del punto A al punto B a través del punto C, el cual pertenece a otro cuartel, y por lo tanto, a otro cartero. . . . .	20
3.7.	Se muestra el cuartel con mayor carga (0) y sus cuarteles vecinos con el indicador de la cercanía con él. . . . .	22
3.8.	Se muestra como se va propagando la carga, desde el cuartel de mayor carga hacia afuera. . . . .	23
4.1.	Fuente: Censo 2002. <a href="http://www.vinadelmarchile.cl">http://www.vinadelmarchile.cl</a> . . . . .	26
4.2.	Fuente: Censo 2002. <a href="http://www.vinadelmarchile.cl">http://www.vinadelmarchile.cl</a> . . . . .	27

4.3.	A la izquierda están los códigos postales de Viña y Concón, y a la derecha se encuentran los mismos códigos postales y el color representa el cuadrante al que pertenecen. . . . .	28
4.4.	Árbol de expansión en cada cuadrante (imagen de la izquierda), y conexiones entre ellos (imagen de la derecha). . . . .	29
4.5.	Distribución de carga (eje Y) de los cuarteles (eje X) de las comunas de Viña del Mar y Concón. Tiene un GAP del 131 %, un promedio de carga de trabajo equivalente a 188,7 y una desviación estándar de 62,3. . . . .	30
4.6.	En gris se encuentran los códigos postales de las comunas de Viña del Mar y Concón, y en verde están las semillas utilizadas en la heurística. . . . .	31
4.7.	Distribución de carga de los cuarteles generados con el algoritmo. GAP de 24 %, promedio de carga de trabajo igual a 212,3 y con una desviación estándar de 7,4. . . . .	32
4.8.	Cuarteles generados con algoritmo. Hay conexidad de cuarteles, y todos los CP de una manzana pertenecen al mismo cuartel. . . . .	32
4.9.	Evolución del GAP de la solución a través de las 33 iteraciones del <i>Polishing</i> . . . . .	33
4.10.	Cuarteles generados en la comuna de Viña del Mar y Concón. Se pueden ver cuarteles de área muy grande y otros de área pequeña, esto ocurre debido al equilibrio de cargas de trabajo y no a la cantidad de CPs de cada cuartel, razones por la que K-Means no funciona, ya que no se busca minimizar la distancia entre cada CP al centroide de su cuartel. . . . .	34
4.11.	Distribución de carga (eje Y) de los cuarteles generados (eje X) en la comuna de Viña del Mar y Concón, mediante el método de particionamiento K-Means. Se obtuvo un GAP del 88,3 %, un promedio de 107,9 y una desviación estándar igual a 47,5 . . . . .	35
4.12.	Distribución de carga de los cuarteles actuales con la carga de cada código postal igual al número de puertas que contiene. Eje Y corresponde a la cantidad de puertas que contiene cada cuartel del eje X. GAP igual a 206,6 %, promedio de 1.928 y desviación de estándar 862,8. . . . .	37
4.13.	Distribución de carga de los cuarteles generados con la heurística y carga de cada código postal igual al número de puertas que contiene. GAP de 30 %, promedio de 1.928 puertas y desviación estándar de 119. . . . .	38
4.14.	Evolución del GAP de dos instancias con semillas aleatorias, a lo largo de las iteraciones del <i>Polishing</i> . . . . .	39
4.15.	Distribución de las semillas aleatorias y los cuarteles obtenidos a partir de ellas. GAP del 23 % obtenido en 13,4 minutos. . . . .	40
4.16.	Distribución de las semillas aleatorias y los cuarteles obtenidos a partir de ellas. GAP del 22 % obtenido en 14,2 minutos. . . . .	40
4.17.	Distribución de carga de trabajo de los 63 cuarteles para ambas instancias de semillas aleatorias. . . . .	41
5.1.	Cuarteles del centro de Viña generados en las 3 instancias descrita, y con sus cargas respectivas. El de la izquierda corresponde al generado con la heurística y con función de carga continua entre 1 y 10. El de arriba a la derecha corresponde a los cuarteles generados con K-Means e igual carga que el anterior. El de abajo a la derecha corresponde a los cuarteles generados con la heurística y carga igual al número de puertas del CP. . . . .	43

D.1. Cuarteles generados en la comuna de Viña del Mar y Concón mediante el método de particionamiento K-Means. . . . .	49
E.1. Cuarteles generados en la comuna de Viña del Mar y Concón mediante con la carga de los código postales igual al número de puertas que contienen. . . . .	50