

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE VERIFICACIÓN
DE SUPERVIVENCIA DE PENSIONISTAS DE RENTA VITALICIA
EN UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el
bachiller:

Daniel Víctor Antonio Gonzales Meléndez

ASESOR: Walter Silva Sotillo

Lima, Diciembre del 2011



A Dios, mis padres
y mi asesor.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE GRÁFICOS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1: MARCO TEORICO	3
1.1. Investigación de Operaciones.....	3
1.1.1. Modelo de Programación Lineal	3
1.1.2. Formulación de un Modelo de Programación Lineal.....	5
1.2. Estimación de Parámetros.....	8
1.2.1. Estimación de Parámetros por Intervalos.....	8
1.2.2. Intervalo de Confianza para la media μ : Varianza σ^2 conocida.....	8
1.3. Heurística para Problemas de Ruteo	11
1.3.1. El Problema del Agente Viajero (TSP)	11
1.3.2. El Problema de los m Agentes Viajeros (m – TSP)	13
1.3.3. Heurística de Barrido o Sweep	14
CAPITULO 2: INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA PRIVADO DE ADMINISTRACION DE FONDOS DE PENSIONES EN EL PAIS	16
2.1. Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones (SPP).....	16
2.1.1. Incorporación al SPP.....	16
2.1.2. Los Afiliados.....	17
2.1.3. Los Beneficiarios.....	18
2.1.4. Fondo de Pensiones.....	19
2.1.5. Cuenta Individual de Capitalización (CIC).....	20
2.1.6. Encaje Legal	20
2.1.7. Rentabilidad Nominal Anual de la Cartera Administrada	20
2.1.8. Rentabilidad Real Anual de la Cartera Administrada.....	20
2.1.9. Administradores de Fondo de Pensiones (AFP` s).....	21
2.1.10. Los Aportes	22
2.2. Prestaciones del Sistema Privado de Pensiones	25
2.2.1. Pensión de Jubilación.....	26
2.2.2. Modalidades de Pensión de Jubilación	26
2.2.3. Tipos de Pensión de Jubilación	29
2.2.4. Pensión de Supervivencia, Invalidez y Gastos de Sepelio.....	33
2.3. Constatación de la condición de supérstite de pensión en el SPP.....	36
2.3.1. Responsabilidad de la AFP y de la Empresa de Seguros.....	38
CAPITULO 3: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO.....	39
3.1. Procedimiento del Sistema de Verificación de Supervivencia.....	39
3.2. Desempeño del Sistema Actual.....	41

CAPITULO 4: DESARROLLO DEL MODELO	47
4.1. Procedimiento y Criterios para el armado de Clusters.....	47
4.2. Supuestos.....	49
4.3. Desarrollo del Modelo Matemático.....	50
4.3.1. Red Potencial Inicial.....	51
4.3.2. Formulación Matemática	52
4.3.3. Solución del Modelo Matemático	55
4.3.4. Interpretación gráfica de la Solución.....	55
4.3.5. Mejoramiento de la Solución.....	56
4.3.6. Solución Gráfica Mejorada	59
CAPITULO 5: EVALUACION DE LA METODOLOGIA.....	61
CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
6.1. Conclusiones	74
6.2. Recomendaciones.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Número de Afiliados Activos por Tipo de Fondo y AFP (Setiembre 2011).....	19
Tabla 2.2: Número de Afiliados Activos por AFP, Sexo y Edad (Setiembre 2011)	21
Tabla 2.3: Rentabilidad de los Aportes Obligatorios por Tipo de Fondo y AFP - Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)	23
Tabla 2.4: Aportes Voluntarios con fin Previsional por Tipo de Fondo y AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)	23
Tabla 2.5: Aportes Voluntarios sin fin Previsional por Tipo de Fondo y en la misma AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)	24
Tabla 2.6: Aportes Voluntarios sin fin Previsional por Tipo de Fondo y en diferente AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)	24
Tabla 2.7: Número de pensionistas por Prestación y AFP (Setiembre 2011).....	25
Tabla 2.8: Pensiones de Jubilación por AFP y Modalidad de Pensión (Setiembre 2011).....	28
Tabla 2.9: Número de Pensionistas de Jubilación por AFP y Tipo de Jubilación (Setiembre 2011)	32
Tabla 2.10: Número de Pensionistas de Sobrevivencia por AFP y Tipo de Beneficiario y Edad actual (Setiembre 2011)	34
Tabla 2.11: Número de Pensionistas de Invalidez por AFP y Edad actual (Setiembre 2011) ...	35
Tabla 2.12: Tasa bruta de mortalidad por rango de años	36
Tabla 3.1: Número de Pensionistas en Lima por zona	42
Tabla 3.2: Número de Pensionistas en Provincias por zona	42
Tabla 3.3: Distribución de zonas en Lima	44
Tabla 3.4: Distribución de zonas en Provincias.....	44
Tabla 3.5: Productividad de los visitantes actual de la zona L-02.....	45
Tabla 4.1: Matriz de distancias.....	52
Tabla 5.1: Resultados Obtenidos	61
Tabla 5.2: Cálculo Factor de Linealidad.....	64
Tabla 5.3: Cálculo Distancia Real OP.....	65
Tabla 5.4: Cálculo Distancia Real Total	66
Tabla 5.5: Penalizaciones de Velocidades.....	67
Tabla 5.6: Tiempos de Recorrido en cada Tramo	68
Tabla 5.7: Tiempo Total Recorrido por Cluster	69
Tabla 5.8: Intervalo de Confianza para las horas de recorrido	70
Tabla 5.9: Escenario Optimista.....	70
Tabla 5.10: Escenario Pesimista	71
Tabla 5.11: Intervalo de Confianza para Escenario Optimista	71
Tabla 5.12: Intervalo de Confianza para Escenario Pesimista.....	72
Tabla 5.13: Cuadro General de Resultados (Escenario Normal)	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.1: Intervalo de Estimación para μ (con estadística Z).....	10
Figura 1.2: Una solución formada por 2 sub-tours	13
Figura 1.3: Una solución obtenida con el Algoritmo de Barrido	16
Figura 3.1: Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación Lima y Callao	39
Figura 3.2: Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación en Provincias	40
Figura 3.3: Flujo de Pensionistas de Renta Vitalicia	41
Figura 1.7: Una solución obtenida con el Algoritmo de Barrido	17
Figura 1.8: Dos rutas antes y después de ser unidas.....	17
Figura 3.1: Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación en Lima y Callao	26
Figura 3.2: Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación en Provincias	27
Figura 3.3: Flujo de Pensionistas de RV	28
Figura 3.4: Agrupamiento de Pensionistas en la Zona L-02	43
Figura 4.1: Zona de Distribución de Clusters	49
Figura 4.2: Red Potencial Inicial	51
Figura 4.3: Primera Solución Gráfica del Modelo	56
Figura 4.4: Segunda Solución Gráfica del Modelo	57
Figura 4.5: Solución Gráfica Mejorada.....	59
Figura 4.6: Solución Gráfica Mejorada Real	60
Figura 5.1: Descripción Gráfica de Distancias	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Dirección Domiciliaria de los Afiliados y Beneficiarios de Renta Vitalicia.....	CD
Anexo 2: Desarrollo del modelo en cada cluster.....	CD
Anexo 3: Solución Gráfica de cada cluster.....	CD



INTRODUCCIÓN

En el mundo real se observa que en cualquier empresa, ya sea de servicios o de manufactura, se presentan problemas con el manejo adecuado de los recursos. Para esto es importante conocer las herramientas adecuadas para realizar un mayor control sobre las operaciones de la compañía. En esta tesis se estudiará el caso de una compañía de seguros que presenta problemas con un sistema que consiste en el control de verificación de supervivencia de pensionistas que optaron por una renta vitalicia, el cual consiste en asegurarse si es que dicho pensionista está vivo o no.

Ante este problema, se aplicarán métodos y herramientas de la investigación de operaciones como la programación lineal entera/binaria, para llegar a optimizar el proceso y de esta manera evitar posibles complicaciones económicas no solo para la compañía de seguros sino para cualquier entidad que es responsable de una Renta Vitalicia en este país.

En la presente tesis se desarrollará un modelo matemático para buscar optimizar la productividad de los visitantes de Renta Vitalicia, buscando obtener un ruta ideal para realizar el recorrido y de esta manera mejorar el tiempo total que demora en hacer todas las visitas al domicilio de los afiliados y beneficiarios para verificar su condición de supérstite.

El capítulo 1 está conformado por toda la base teórica utilizada en esta investigación, donde el tema más importante es la Heurística para los problemas de ruteo el cual comprende la base para el desarrollo del modelo. Además se utilizaron temas de investigación de operaciones los cuales complementaron el estudio realizado en esta tesis.

En el capítulo 2 se explica toda la información necesaria para entender cómo opera el sistema privado de administración de fondo de pensiones en el Perú y de esta manera comprender toda la nomenclatura básica que se utiliza en el tema de Rentas Vitalicias.

El capítulo 3 muestra como está operando actualmente la compañía de seguros en el tema de verificación de supervivencia. Aquí se demuestra que el visitador no tiene ningún apoyo para realizar el recorrido de sus visitas, es decir, el decidirá solo por donde comenzar y terminar sin tener un orden establecido.

En el capítulo 4 y 5 se desarrolló y evaluó todo el modelo matemático explicando los procedimientos criterios y supuestos para su respectiva formulación obteniendo finalmente la ruta ideal para cada cluster y optimizando el tiempo de visita el cual está comprendido, bajo un escenario normal, entre 5.45 horas y 6.78 horas, lo cual es menor al tiempo que normalmente les demandaba por día.



CAPITULO 1: MARCO TEORICO

1.1. Investigación de Operaciones

A lo largo de la historia, desde la revolución industrial, la investigación de operaciones ha tendido a inclinarse por la toma de decisiones que busca la manera más óptima para realizar cualquier actividad, por lo regular en condiciones que requieren la asignación de recursos escasos. En este enfoque se requiere el uso de uno o más modelos matemáticos, que son representaciones matemáticas de situaciones reales que se podrían usar para tomar mejores decisiones o simplemente para entender mejor la situación real. Esta optimización se logra, en la mayoría de los casos, a través de una herramienta llamada Programación Lineal.

1.1.1. Modelo de Programación Lineal

Un modelo de Programación Lineal (PL) considera que las variables de decisión, cuyos valores estarán bajo control e influyen en el desempeño del sistema, tienen un comportamiento lineal, tanto en la función objetivo como restricciones del problema. En este sentido, la Programación Lineal es una de las herramientas más utilizadas en la Investigación Operativa debido a que por su naturaleza se facilitan los cálculos y en general permite una buena aproximación de la realidad. Además es aplicable a diversas industrias como bancos, transportes, etc.

Los Modelos Matemáticos se dividen básicamente en Modelos Determinísticos (MD) o Modelos Estocásticos (ME). En el primer caso (MD) se considera que los parámetros asociados al modelo son conocidos con certeza absoluta, a diferencia de los Modelos Estocásticos, donde la totalidad o un subconjunto de los parámetros tienen una distribución de probabilidad asociada.

Un modelo de programación lineal está compuesto por diferentes partes, estas se deben de colocar según este orden:

- Variables de Decisión, pueden ser dependientes o independientes. En cualquier modelo de programación lineal, deben describir por completo las decisiones que se tienen que tomar.
- Función Objetivo, expresa la relación entre las variables de decisión, de forma lineal. Esta función se puede maximizar o minimizar.
- Restricciones, estas son funciones de las variables de decisión, también de forma lineal que permiten limitar los recursos. Estas restricciones pueden ser ecuaciones o inecuaciones, binarias, enteras o mixtas.
- Rango de Existencia, indica el rango de valores que pueden tomar las variables de decisión. Estas pueden ser Reales, Binarias, Enteras, etc.

Existen diversas soluciones que ofrece esta programación lineal, entre ellas se tiene:

- Solución, es el conjunto de valores que pueden tomar las variables de decisión.
- Solución Factible, es la solución tomando en cuenta las restricciones del modelo, satisfaciendo cada una de ellas.

- Solución Óptima Factible, es la solución que optimiza la función objetivo.

1.1.2. Formulación de un Modelo de Programación Lineal

Dado un conjunto de “ m ” desigualdades lineales o ecuaciones lineales con “ n ” variables, se requiere hallar valores no negativos de estas variables que satisfagan las restricciones y maximicen o minimicen alguna función lineal de las variables llamada función objetivo, matemáticamente:

Variables de Decisión

Hallar: $X_j \quad j = 1, 2, \dots, n$

Función Objetivo

Para maximizar o minimizar,

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Restricciones

Con: $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m$$

Rango de Existencia

Y: $X_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$

Esta programación lineal es utilizada en diversos casos como inventarios, transporte, inversiones, transbordo, producción, asignación de recursos, flujo máximo, y ruta más corta.

En esta tesis se utilizará una categoría de los problemas de programación lineal entera, la llamada programación lineal binaria, en la cual las variables deben asumir valores 0 o 1. Por lo general no existe una estructura especial para este tipo de problemas por lo cual se explicará un caso frecuente del uso de la programación entera/binaria.

Problema para la asignación de recursos

Frecuentemente, los problemas de asignación de la fuerza de trabajos ocurren cuando los gerentes deben tomar decisiones que impliquen requerimiento de personal para un periodo de planeación dado. Es común que las asignaciones de las fuerzas de trabajo tengan alguna flexibilidad y al menos parte del personal pueda asignarse a más de una operación o actividad, como cuando se capacita a los empleados en forma cruzada en dos o más tareas o, por ejemplo, cuando el personal de ventas puede transferirse entre tiendas. En este caso las variables de decisión son binarias (0 ó 1), si toman valor cero, el recurso no ha sido asignado, caso contrario, ha sido asignado.

Asimismo, no solo es posible aplicar la PL para elaborar los horarios de trabajo en un entorno estático, sino también se puede aplicar en un entorno donde la demanda cambia con el tiempo, que es el más común en la realidad y es lo que se va aplicar en esta tesis. De la misma manera, también se busca que no solo un agente se asigna a una y solo una tarea sino se busca específicamente un conjunto de asignaciones que optimizara un objetivo planteado, como minimizar costo, minimizar tiempo o maximizar ganancias.

Modelo Genérico para asignación de recursos:

Sea:

m : el número de trabajadores.

n : el número de tareas.

c_{ij} : el costo generado por el trabajador i al realizar la tarea j .

a_{ij} : la cantidad del recurso del trabajador i necesario para realizar la tarea j .

b_i : la cantidad de recursos disponible para el trabajador i .

Variables de Decisión

X_{ij} : decisión de que el trabajador i realice la tarea j o no.

Función Objetivo

Minimizar los costos

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1,2,\dots,m} \sum_{j=1,2,\dots,n} c_{ij} x_{ij}$$

Restricciones

Disponibilidad de recursos

$$\sum_{j=1,2,\dots,n} a_{ij} x_j \leq b_i$$

Cada trabajo lo realiza un trabajador

$$\sum_{i=1,2,\dots,m} x_{ij} = 1$$

Rango de Existencia

$$X_{ij} = 0 \vee 1$$

1.2. Estimación de Parámetros

A menudo, en los problemas de investigación estadística se sabe que la muestra aleatoria obtenida de una población discreta o continua tiene una forma funcional específica $f(x)$ cuyo(s) parámetro(s) se intenta determinar. Para estimar un parámetro se debe de aplicar uno de dos métodos, puntual o por intervalo. En el primer caso, la estimación del parámetro es un número, mientras que en el segundo caso la estimación incluye un intervalo en el que están comprendidos los valores del parámetro.

1.2.1. Estimación de Parámetros por Intervalos

La estimación por intervalo de confianza es la estimación de un parámetro θ dentro de un intervalo de extremos cerrados $[a, b]$, donde los números a y b se obtienen a partir de la distribución de la estadística que estima puntualmente el parámetro y de los valores de la muestra.

Entonces si a partir de los datos de una muestra aleatoria de tamaño n se construye el intervalo $a \leq \theta \leq b$ con grado de confianza, por ejemplo, 95% para el parámetro θ , entonces se puede decir que si se seleccionara repetidamente 100 muestras del mismo tamaño n , se tendrá 100 intervalos semejantes al intervalo $[a, b]$, confiando que 95 de estos 100 intervalos contenga al parámetro θ .

1.2.2. Intervalo de Confianza para la media μ : Varianza σ^2 conocida

Sea X_1, X_2, \dots, X_n una muestra aleatoria de tamaño n seleccionada de una población X cualquiera con media μ y varianza σ^2 supuestamente conocida, y se sabe que el mejor estimador puntual del parámetro μ es la media muestral \bar{X} .

Se puede utilizar, entonces, la distribución muestral de la media \bar{X} para determinar el intervalo de confianza del parámetro μ .

Si la población X es normal $N(\mu, \sigma^2)$, entonces, la distribución del estadístico \bar{X} es normal $N(\mu, \sigma^2/n)$ para cualquier valor de n ($n \geq 2$).

Si la población X no es normal, pero tiene media μ y varianza σ^2 finitas, entonces, siempre que el tamaño de la muestra sea suficientemente grande ($n \geq 30$) y por el teorema del límite central, la distribución de \bar{X} es aproximadamente normal $N(\mu, \sigma^2/n)$.

Por tanto, según sea el caso, la distribución de la variable estandarizadora de \bar{X} es aproximadamente normal estándar $N(0,1)$, y se calcula de la siguiente forma:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

La estadística Z se utiliza como variable pivote para obtener el intervalo de estimación de la media μ .

Luego, dado el valor $1 - \alpha$ (o en %), en la distribución de Z , se pueden determinar los valores $\mp z_{1-\alpha/2}$ (figura 1.1) tales que:

$$P[-z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq z_{1-\alpha/2}] = 1 - \alpha$$

Sustituyendo Z , se tiene:

$$P\left[-z_{1-\alpha/2} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq z_{1-\alpha/2}\right] = 1 - \alpha$$

De donde resulta,

$$P\left[\bar{X} - z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha$$

Entonces, si \bar{X} es un estimador de μ , se tiene la probabilidad $1 - \alpha$ de que el intervalo contenga al parámetro μ .

Luego, si \bar{x} es el valor de la media \bar{X} para una muestra aleatoria de tamaño n escogida de una población con varianza σ^2 supuesta conocida y $(1 - \alpha) \times 100\%$ es el grado o nivel de confianza, entonces el intervalo de confianza es:

$$\bar{x} - z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z_{1-\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde el valor $z_{1-\alpha/2}$ se busca en la tabla normal $N(0,1)$ tal que $P[Z \leq z_{1-\alpha/2}] = 1 - \alpha/2$. Se muestra con más claridad en la figura 1.1.

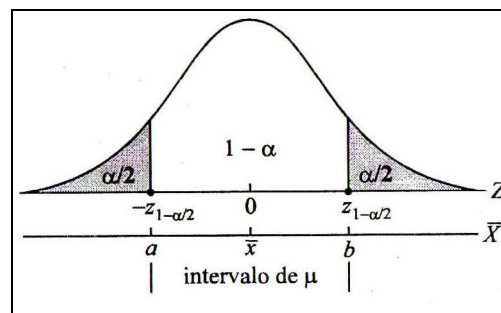


Figura 1.1. Intervalo de Estimación para μ (con estadística Z)
Fuente: Córdova (2008)

En la figura 1.1 se muestra que los valores $a = \bar{x} - z_{1-\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$ y $b = \bar{x} + z_{1-\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$ son los límites de confianza de μ , inferior y superior, respectivamente.

1.3. Heurística para Problemas de Ruteo¹

Los problemas de distribuir productos o servicios a sus usuarios finales juegan un papel importante en la gestión de algunos sistemas y su adecuada planificación puede significar importantes ahorros para la compañía. Por tal motivo durante todas estas últimas décadas se han venido desarrollando una serie de modelos matemáticos buscando una solución a estos problemas de manera eficiente, tratando que los modelos incorporen cada vez más características de la realidad. Así, se han desarrollado una serie de modelos aplicados a este problema. En esta tesis se aplicarán algunos de estos modelos como:

- El Problema del Agente Viajero (TSP: Travelling Salesman Problem).
- El Problema de los m agentes viajeros (m – TSP).
- Heurística de Barrido o *Sweep*.

1.3.1. El Problema del Agente Viajero (TSP)

Este problema consiste en que un solo vehículo debe visitar a todos los clientes en una sola ruta y a costo mínimo.

La red de transporte por la que circulan los vehículos se modela mediante un grafo ponderado $G = (V, E, C)$. Los nodos del grafo representan a los clientes y depósitos. En problemas con un depósito y n clientes, el nodo 0 representa al depósito y los nodos $1, \dots, n$ a los clientes. Cada arco $(i, j) \in E$ representa el mejor

¹ OLIVERA, Alfredo. 2004 "Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos". *Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería*. Universidad de la República. Montevideo, p.4

camino para ir desde el nodo i hacia el nodo j en la red de transporte y tiene asociado un costo C_{ij} y un tiempo de viaje t_{ij} . Puede suponerse que G es completo, pues entre todo par de lugares de una red de transporte razonable, debería existir algún camino. Sin embargo, por una cuestión de flexibilidad, los modelos serán planteados sin realizar dicha hipótesis. Denotaremos por $\Delta^+(i)$ y $\Delta^-(i)$ al conjunto de nodos adyacentes e incidentes al nodo i , es decir, $\Delta^+(i) = \{j \in V / (i, j) \in E\}$ y $\Delta^-(i) = \{j \in V / (j, i) \in E\}$.

Se formula de la siguiente forma:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} \dots\dots\dots(1)$$

$$s.a. \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \dots\dots\dots \forall i \in V \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \dots\dots\dots \forall j \in V \dots\dots\dots(3)$$

$$\sum_{i \in S, j \in \Delta^+(i) \setminus S} x_{ij} \geq 1 \dots\dots\dots \forall S \in V \dots\dots\dots(4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \qquad \qquad \forall (i, j) \in E$$

Las variables binarias x_{ij} indican si el arco (i, j) es utilizado en la solución. La función objetivo (1) indica que el costo total de la solución es la suma de los costos de todos los arcos utilizados. Las restricciones (2) y (3) indican que se debe visitar cada nodo una sola vez, y la última, llamada *restricción de eliminación de sub-tours*, indica que todo subconjunto de nodos S debe ser abandonado al menos una vez. Se debe tomar en cuenta que si no se impusieran estas restricciones la solución podría tener más de un ciclo, como se muestra en la figura 1.2.

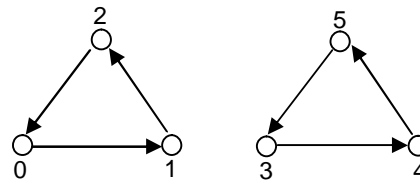


Figura 1.2. Una solución formada por 2 sub-tours
Fuente: Olivera (2004)
Elaboración propia

En la figura 1.2 se observa una solución, la cual muestra dos rutas o ciclos (0, 1, 2) y (3, 4, 5), las cuales deberán unirse utilizando la restricción (4).

1.3.2. El Problema de los m Agentes Viajeros ($m - TSP$)

Este modelo consiste en que se tiene un punto, el cual puede ser un depósito, un almacén, una oficina, etc., y m vehículos, donde el objetivo es construir exactamente m rutas, una para cada vehículo, de modo que cada cliente sea visitado una vez por uno de los vehículos. Cada ruta debe comenzar y finalizar en el punto y puede contener a lo sumo p clientes.

Se formula de la siguiente forma:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} \dots\dots\dots(5)$$

$$s.a. \sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j} = m \dots\dots\dots(6)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij} = 1 \dots\dots\dots \forall i \in V \setminus \{0\} \dots\dots\dots(7)$$

$$\sum_{j \in \Delta^-(j)} x_{ij} = 1 \dots\dots\dots \forall j \in V \setminus \{0\} \dots\dots\dots(8)$$

$$u_i - u_j + px_{ij} \leq p - 1 \dots\dots\dots \forall (i, j) \in E, i \neq 0, j \neq 0 \dots\dots\dots(9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \dots\dots\dots \forall (i, j) \in E$$

$$u_i \geq 0 \dots\dots\dots \forall i \in V \setminus \{0\}$$

La función objetivo (5) establece que el costo total de la solución es la suma de los costos de los arcos utilizados. La restricción (6) indica que exactamente m vehículos salen del de un punto y las (7)

y (8) aseguran que cada cliente es un nodo intermedio en exactamente una ruta. Finalmente, con (9) se eliminan los subtours y se impone que en cada ruta no haya más de p clientes.

1.3.3. Heurística de Barrido o Sweep

Esta heurística procede de los métodos asignar primero y rutear después (*cluster first – route second*), en donde primero se busca generar grupos de clientes (*cluster*) los cuales estarán en una misma ruta en la solución final. Luego, utilizando un TSP, se crea una ruta que visite a todos sus clientes para cada clúster que, dependiendo de la cantidad de clientes en el clúster, se puede resolver en forma exacta o aproximada.

En esta heurística, los cluster se forman girando una semirecta con origen en la sede central e incorporando los clientes “barridos” por dicha semirecta hasta que se viole la capacidad o hasta fijar un máximo de clientes. En este algoritmo cada nodo corresponde a un punto en el plano y las distancias entre ellos está dado por coordenadas polares (p_i, θ_i) . Para el desarrollo del método se sigue los siguientes pasos:

- Inicialización.- ordenar los clientes según θ de manera creciente. Si dos clientes tienen igual valor de θ , colocar primero el de menor valor de p . Luego seleccionar un cliente w para comenzar y hacer $k := 1$ y $C_k := \{w\}$.
- Selección.- Si todos los clientes pertenecen a algún clúster, ir al paso 3. Si no, seleccionar al siguiente cliente w_i . Si w_i puede ser agregado a C_k , hacer $C_k := C_k \cup \{w_i\}$, sino hacer $k := k + 1$ y crear un nuevo clúster $C_k := \{w_i\}$ y empezar nuevamente el paso número 2.

- Optimización.- para cada clúster C_k para $t = 1, \dots, k$, resolver un TS con sus clientes. Un posible resultado se muestra en la figura 1.3.

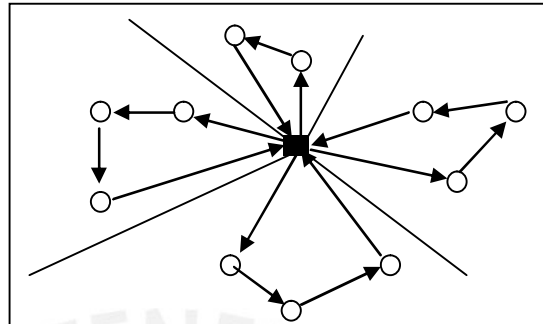


Figura 1.3. Una solución obtenida con el Algoritmo de Barrido
Fuente: Olivera (2004)
Elaboración propia

En la figura 1.3 se observa que por la forma en que se generan los clusters, las rutas obtenidas no se superponen, lo que puede ser bueno en algunos casos.

CAPITULO 2: INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA PRIVADO DE ADMINISTRACION DE FONDOS DE PENSIONES EN EL PAIS

2.1. Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones (SPP)

El Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones (SPP) tiene como objeto contribuir al desarrollo y fortalecimiento del sistema de previsión social en el área de pensiones y está conformado por las Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones (AFP), las que administran los Fondos de Pensiones y otorgan obligatoriamente a sus afiliados, las prestaciones de jubilación, invalidez, sobrevivencia y gastos de sepelio.

Asimismo, el derecho de afiliación corresponde a los trabajadores, cualquiera sea la modalidad de trabajo que realicen, afiliarse a las AFP en los términos establecidos por Ley que dicte la Superintendencia de Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones.

2.1.1. Incorporación al SPP

La incorporación al SPP se efectúa a través de la afiliación a una AFP. Tal afiliación es voluntaria para todos los trabajadores dependientes o independientes.

El trabajador puede elegir libremente la AFP a la cual desea afiliarse. Asimismo, el afiliado puede cambiar de AFP en el momento que así lo decida. Para dicho efecto, presenta ante la AFP a la que desea trasladarse, la solicitud correspondiente. La Superintendencia establecerá las disposiciones reglamentarias sobre la materia.

Las AFP tienen la obligación de afiliar a cualquier trabajador que lo solicite, en las condiciones establecidas en la presente Ley, sus reglamentos y las disposiciones generales que emita la Superintendencia. El incumplimiento de la obligación establecida en el párrafo precedente da lugar a la cancelación de la licencia de funcionamiento de la respectiva AFP. En tal caso, el Fondo pasa a ser administrado por otra AFP, según como lo determine la Superintendencia.

2.1.2. Los Afiliados

Dentro del Sistema de Pensiones existen 2 tipos de afiliados:

a) Afiliados Activos

Son las personas incorporadas al Sistema Privado de Pensiones que no se encuentran percibiendo ninguna pensión en el SPP.

b) Afiliados Pasivos

Son las personas que se encuentran percibiendo una pensión bajo cualquiera de los productos previsionales que otorga el SPP. Para dicho efecto, se entenderá que el derecho a la percepción del beneficio –en el caso de jubilación- queda perfeccionado con la suscripción de la sección I de la solicitud de pensión, siempre y cuando se otorgue la conformidad de la misma. En el caso de invalidez, el derecho a la pensión queda perfeccionado con la existencia de un dictamen de invalidez, parcial o total, consentido o emitido por el Comité Médico de la Superintendencia (COMEC).

2.1.3. Los Beneficiarios

Son las personas que tienen derecho a pensión de sobrevivencia al fallecimiento del afiliado activo o pasivo. Las normas del SPP contemplan como beneficiarios a los hijos menores de dieciocho (18) años, o mayores de dieciocho incapacitados de manera total y permanente para el trabajo; al cónyuge o concubino; y a los padres inválidos total o parcialmente o mayores de sesenta (60) años y que hayan dependido económicamente del causante.

Asimismo existen dos tipos de beneficiarios:

a) Beneficiarios de afiliados activos

Son las personas que tienen derecho a pensión de sobrevivencia al fallecimiento de un afiliado activo. Los beneficiarios de afiliados activos pasan por un proceso de elección de modalidad de pensión para el grupo familiar.

b) Beneficiarios de afiliados pasivos

Son las personas que tienen derecho a pensión de sobrevivencia al fallecimiento de un afiliado pasivo. Los beneficiarios de afiliados pasivos reciben pensión de sobrevivencia bajo la misma modalidad que estuvo percibiendo el afiliado, en los casos de Renta Vitalicia Familiar o Renta Temporal con Renta Vitalicia Diferida. En caso el afiliado haya estado percibiendo una pensión bajo Retiro Programado, los beneficiarios pueden continuar percibiendo pensión bajo dicha modalidad o contratar otra modalidad, de acuerdo a las disposiciones establecidas al respecto en el Título VII del Compendio de Normas Reglamentarias del SPP.

2.1.4. Fondo de Pensiones

El fondo de pensiones es el conjunto de Cuentas Individuales de Capitalización (CIC) administradas bajo los criterios determinados por el Plan de Inversiones de cada Tipo de Fondo del que se trate.

A nivel general, el Fondo de Pensiones es el conjunto de Fondos que una AFP administra con excepción de los Fondos Voluntarios para personas jurídicas.

Los tipos de Fondo son tres: Fondo 1, o de preservación del capital, el cual presenta una baja volatilidad; Fondo 2, o mixto, de una volatilidad media; y Fondo 3, o de crecimiento, de una alta volatilidad. En la tabla 2.1, se muestra como están distribuidos estos fondos por cada AFP y por afiliado activo.

Tabla 2.1. Número de Afiliados Activos por Tipo de Fondo y AFP
(Setiembre 2011)

	Fondo Tipo 1	Fondo Tipo 2	Fondo Tipo 3
Horizonte	43 832	1 237 325	51 928
Hombres	33 191	779 454	36 735
Mujeres	10 641	457 871	15 193
Integra	39 027	1 125 080	94 918
Hombres	28 491	681 321	62 435
Mujeres	10 536	443 759	32 483
Prima	38 950	1 055 994	88 143
Hombres	30 210	668 987	57 645
Mujeres	8 740	387 007	30 498
Profuturo	43 880	974 094	59 780
Hombres	34 074	663 323	42 654
Mujeres	9 806	310 771	17 126
Total SPP	165 689	4 392 493	294 769
Hombres	125 966	2 793 085	199 469
Mujeres	39 723	1 599 408	95 300

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

En la tabla 2.1 se observa que existen más personas en el fondo tipo 2, lo cual es esperable ya que es el fondo que ofrece una volatilidad media.

2.1.5. Cuenta Individual de Capitalización (CIC)

Es la cuenta conformada por la libreta de capitalización AFP y libreta complementaria de capitalización AFP donde se registran los aportes obligatorios y voluntarios, y las ganancias derivadas de tales aportes.

2.1.6. Encaje Legal

Son los recursos de propiedad de la AFP conformado por un porcentaje de las inversiones del Fondo de Pensiones. Se determina de acuerdo con la categoría de riesgo de los valores en los que se encuentra invertido el Fondo de Pensiones. Sirve como garantía de la rentabilidad mínima en caso que la rentabilidad caiga por debajo.

2.1.7. Rentabilidad Nominal Anual de la Cartera Administrada

Mide el rendimiento nominal de las inversiones realizadas con los recursos del Fondo de Pensiones y del Encaje Legal durante un año. Se construye como la variación porcentual entre el valor cuota promedio de un mes específico y el valor cuota promedio del mismo mes del año anterior.

2.1.8. Rentabilidad Real Anual de la Cartera Administrada

Mide el rendimiento real anual de las inversiones realizadas con los recursos del Fondo de Pensiones y del Encaje Legal. Se construye como la rentabilidad nominal anual deflactada por la inflación del período.

2.1.9. Administradores de Fondo de Pensiones (AFP's)

Las AFP deben constituirse como sociedades anónimas. Son de duración indefinida y tienen como único objeto social administrar un determinado Fondo de Pensiones y otorgar las prestaciones definidas por el sistema de pensiones, por otro lado, las AFP recaudan por sí mismas o a través de terceros, los recursos destinados al Fondo de pensiones. En cualquier caso, todo fondo de pensiones administrado por las AFP's es inembargable. En la actualidad, el Perú cuenta con 4 AFP's, las cuales son:

- AFP Horizonte
- Prima AFP
- AFP Integra
- Profuturo AFP

Cada una de ellas cuenta con un número determinado de afiliados activos, tal como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Número de Afiliados Activos por AFP, Sexo y Edad (Setiembre 2011)

	Rango de Edad					Total	Part. por sexo (%)	Part. por AFP (%)
	< 21	21-35	36-50	51-65	> 65			
Horizonte	28 759	599 953	526 976	162 285	15 112	1 333 085	100.0	27.5
Hombres	18 337	370 264	334 134	114 741	11 904	849 380	63.7	
Mujeres	10 422	229 689	192 842	47 544	3 208	483 705	36.3	
Integra	30 769	557 863	496 498	162 184	11 711	1 259 025	100.0	25.9
Hombres	17 564	331 845	303 722	110 212	8 904	772 247	61.3	
Mujeres	13 205	226 018	192 776	51 972	2 807	486 778	38.7	
Prima	23 139	556 881	443 615	146 021	13 431	1 183 087	100.0	24.4
Hombres	13 685	328 886	295 905	107 488	10 878	756 842	64.0	
Mujeres	9 454	227 995	147 710	38 533	2 553	426 245	36.0	
Profuturo	14 353	442 169	446 025	156 702	18 505	1 077 754	100.0	22.2
Hombres	9 395	294 569	305 997	115 816	14 274	740 051	68.7	
Mujeres	4 958	147 600	140 028	40 886	4 231	337 703	31.3	
Total SPP	97 020	2 156 866	1 913 114	627 192	58 759	4 852 951	100.0	
Hombres	58 981	1 325 564	1 239 758	448 257	45 960	3 118 520	64.3	
Mujeres	38 039	831 302	673 356	178 935	12 799	1 734 431	35.7	
Distri. por Rango de Edad (%)	2.0	44	39	13	1.2	100.0		

Fuente: SBS (2011)

Elaboración propia

El número de afiliados es variable en el tiempo, (varia mensualmente) por la cantidad de clientes activos y pasivos, y por la cantidad de clientes fallecidos.

Cada uno de estos pensionistas cuenta con un fondo de pensiones, el cual es un Patrimonio compuesto por las participaciones adquiridas por los fondistas de un Plan de Pensiones, más los intereses y rentas que adquiera dicho capital, y está constituido por la suma correspondiente de las Cuentas Individuales de Capitalización de los afiliados que optaron por el mismo. Estas cuentas individuales pueden ser de aporte obligatorio o de aporte voluntario y están constituidas por los aportes de cualquier trabajador dependiente o independiente.

2.1.10. Los Aportes

El origen de los aportes al fondo puede provenir de los trabajadores dependientes, independientes o de los empleadores. En el primer caso, los empleadores actúan como agentes retenedores.

Los aportes de los trabajadores dependientes pueden ser de dos tipos:

- Aportes Obligatorios

Son los pagos mensuales efectuados por cada afiliado sobre sus remuneraciones asegurables y destinadas a su Cuenta Individual de Capitalización. Dichos aportes generan una rentabilidad de acuerdo al tipo de fondo destinado, un ejemplo de ello se observa en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Rentabilidad de los Aportes Obligatorios por Tipo de Fondo y AFP - Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)

	Fondo Tipo 1		Fondo Tipo 2		Fondo Tipo 3	
	Nominal	Real	Nominal	Real	Nominal	Real
Horizonte	6.74	2.91	0.62	-3.00	1.62	-2.03
Integra	5.56	1.77	1.72	-1.93	1.75	-1.90
Prima	6.28	2.46	3.00	-0.70	-0.70	-4.27
Profuturo	4.44	0.69	2.90	-0.80	0.88	-2.75
Promedio	5.92	2.12	2.01	-1.65	0.82	-2.80

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

La tabla 2.3 muestra una aparentemente mejor rentabilidad en el mes de setiembre de los fondos tipo 1, sin embargo como se sabe, esta rentabilidad también es volátil y depende de varios factores.

- Aportes Voluntarios

Son los aportes que pueden realizar los afiliados o sus empleadores para complementar sus aportes obligatorios con la finalidad de incrementar su pensión y pueden ser de dos tipos: aportes voluntarios con fin previsional y sin fin previsional.

Los aportes voluntarios con fin previsional pueden ser realizados por el afiliado o su empleador, son inembargables, y pueden ser retirados al final de la etapa laboral activa del trabajador. En la tabla 2.4 se muestra la rentabilidad de estos aportes por cada tipo de fondo y AFP.

Tabla 2.4. Aportes Voluntarios con fin Previsional por Tipo de Fondo y AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)

	Fondo Tipo 1		Fondo Tipo 2		Fondo Tipo 3	
	Nominal	Real	Nominal	Real	Nominal	Real
Horizonte	6.13	2.31	-0.15	-3.74	0.63	-2.98
Integra	4.35	0.60	-0.17	-3.76	-0.73	-4.30
Prima	5.00	1.23	1.39	-2.25	-2.60	-6.10
Profuturo	3.18	-0.53	0.74	-2.88	-1.41	-4.95

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

Los aportes voluntarios sin fin previsional pueden ser realizados por los afiliados con al menos cinco años de incorporación al SPP, o tener 50 años de edad, son embargables, se pueden retirar total o parcialmente, y pueden llegar a convertirse en aportes con fin previsional. A continuación en la tabla 2.5 y 2.6 se aprecian 2 casos de este tipo.

Tabla 2.5. Aportes Voluntarios sin fin Previsional por Tipo de Fondo y en la misma AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)

	Fondo Tipo 1		Fondo Tipo 2		Fondo Tipo 3	
	Nominal	Real	Nominal	Real	Nominal	Real
Horizonte	5.75	1.95	-0.75	-4.31	-0.20	-3.79
Integra	4.35	0.60	-0.17	-3.76	-0.73	-4.30
Prima	5.00	1.23	1.39	-2.25	-2.60	-6.10
Profuturo	3.18	-0.53	0.74	-2.88	-1.41	-4.95

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

Tabla 2.6. Aportes Voluntarios sin fin Previsional por Tipo de Fondo y en diferente AFP – Set 2011/Set 2010 (en porcentaje)

	Fondo Tipo 1		Fondo Tipo 2		Fondo Tipo 3	
	Nominal	Real	Nominal	Real	Nominal	Real
Horizonte	5.49	1.70	-1.04	-4.60	-0.56	-4.13
Integra	4.35	0.60	-0.17	-3.76	-0.73	-4.30
Prima	4.36	0.61	-0.07	-3.66	-3.66	-7.12
Profuturo	3.18	-0.53	0.74	-2.88	-1.41	-4.95

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

En las tablas 2.5 y 2.6 se muestra la rentabilidad de estos aportes en dos casos, en el primer caso se tiene la rentabilidad de un aporte obligatorio y sin fin previsional obtenido por una comisión dada por la misma AFP, sin embargo en el segundo caso se tiene una rentabilidad diferente ya que las comisiones varían por ser un aporte a una AFP diferente. Esto se da solo en el caso de Prima ya que las demás AFP's cobran la misma comisión para sus afiliados y no afiliados.

2.2. Prestaciones del Sistema Privado de Pensiones

Las prestaciones en favor de los trabajadores incorporados al SPP son exclusivamente las de jubilación, invalidez, sobrevivencia y gastos de sepelio, y no incluyen prestaciones de salud ni riesgos de accidentes de trabajo.

Los pensionistas de jubilación, invalidez y sobrevivencia del SPP, se encuentran comprendidos como asegurados obligatorios del Régimen de Prestaciones de Salud, en las mismas condiciones respecto a la tasa de las aportaciones y a las prestaciones de salud que corresponden a los pensionistas del SNP.

En la tabla 2.7 se muestra como están conformadas las AFP's de acuerdo al tipo de prestación ofrecida.

Tabla 2.7. Número de pensionistas por Prestación y AFP (Setiembre 2011)

	Jubilacion	Invalidez	Sobrevivencia
Horizonte	11 884	1 587	10 669
Integra	17 888	2 050	13 226
Prima	16 082	1 791	10 538
Profuturo	9 401	1 555	9 935
Total SPP	55 255	6 983	44 368

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

Cada uno de estos pensionistas recibe una pensión de la AFP o Empresa de Seguros afiliada, la cual actúa como agente retenedor, procediendo a efectuar la retención y el pago de dicha aportación al Régimen de Prestaciones de Salud, salvo que exista una solicitud por escrito del asegurado, la cual debe acompañar la documentación que acredite fehacientemente que éste se encuentra cubierto por algún programa o régimen de salud privado.

2.2.1. Pensión de Jubilación

El afiliado tiene derecho a percibir una pensión de jubilación cuando cumpla los 65 años de edad. Sin embargo, puede existir una jubilación anticipada cuando el afiliado así lo disponga, siempre que obtenga una pensión igual o superior al 50% del promedio de las remuneraciones percibidas y rentas declaradas durante los últimos 120 meses, debidamente actualizadas. En ambos casos la pensión de jubilación es calculada en base al saldo que arroje la Cuenta Individual de Capitalización (CIC) del afiliado al momento que le corresponde la prestación.

2.2.2. Modalidades de Pensión de Jubilación

Para hacer efectiva la pensión de jubilación, el afiliado o sus sobrevivientes, según sea el caso, pueden optar por cualquiera de las modalidades siguientes:

a) Retiro Programado

Es la modalidad de pensión mediante la cual el afiliado, manteniendo la propiedad sobre los fondos acumulados en su Cuenta Individual de Capitalización, efectúa retiros mensuales contra el saldo de dicha cuenta hasta que la misma se extinga.

Los retiros mensuales se establecen de acuerdo al programa de retiros predeterminado por las partes, teniendo en consideración las condiciones establecidas por la Superintendencia de Banca y Seguros. El saldo que quedará en la Cuenta Individual de Capitalización en el momento del fallecimiento del afiliado pasa a sus herederos. A falta de herederos, el saldo pasa a integrar el Fondo, distribuyéndose en montos iguales entre la totalidad de Cuentas Individuales de Capitalización de la correspondiente AFP.

b) Renta Mixta

Es la modalidad de pensión por la cual el afiliado o beneficiario –con una parte del saldo de la Cuenta Individual de Capitalización (CIC)- contrata el pago de una renta mensual a cargo de una empresa de seguros bajo la modalidad de renta vitalicia familiar en dólares americanos, en tanto que con el fondo que permanezca en la CIC se otorgará una pensión bajo la modalidad de retiro programado. En este caso, la pensión total corresponde a la suma de los montos de pensión percibidos por cada una de las modalidades. Sólo pueden acogerse a esta modalidad los afiliados que, en el proceso de cotizaciones de esta modalidad puedan obtener una renta vitalicia inmediata en dólares americanos equivalente –cuando menos- al valor de la pensión mínima anualizada que garantiza el Estado a los afiliados del SPP.

c) Renta Vitalicia Familiar

La Renta Vitalicia Familiar es la modalidad de pensión mediante el cual el afiliado contrata directamente con la Empresa de Seguros de su elección el pago de una renta mensual hasta su fallecimiento y el pago de pensiones de sobrevivencia en favor de sus beneficiarios. La Renta Vitalicia Familiar procede desde el momento en que el afiliado le cede a la Empresa de Seguros el saldo de su Cuenta Individual de Capitalización.

d) Renta Temporal con Renta Vitalicia Diferida

La Renta Temporal con Renta Vitalicia Diferida es la modalidad de pensión por la cual un afiliado contrata una Renta Vitalicia Personal o Familiar, con el fin de recibir pagos mensuales a partir de una fecha determinada, reteniendo en su Cuenta Individual de Capitalización los fondos suficientes para obtener de la AFP una Renta Temporal durante el período que medie

entre la fecha que ejerce la opción por esta modalidad y la fecha en que la Renta Vitalicia Diferida comienza a ser pagada por la AFP o por una Empresa de Seguros, según sea el caso. Esta Renta no puede ser inferior al 50% del primer pago mensual de la Renta Temporal ni superior al 100% de dicho primer pago.

e) Renta Bimoneda

Es la modalidad de pensión por la cual el afiliado contrata dos Rentas Vitalicias de manera simultánea: una en moneda nacional y la otra en dólares americanos, ambas otorgadas por la misma empresa de seguros. En este caso, la pensión total corresponderá a la suma de los montos percibidos por cada una de las monedas.

En la tabla 2.8 se muestran las cantidades y los montos promedios de las pensiones de cada modalidad de pensión de jubilación.

Tabla 2.8. Pensiones de Jubilación por AFP y Modalidad de Pensión (Setiembre 2011)

	Horizonte		Integra		Prima		Profuturo	
	N°	Monto Promedio	N°	Monto Promedio	N°	Monto Promedio	N°	Monto Promedio
Renta Vitalicia Familiar	51	830	102	1 021	78	883	58	845
Renta Temporal con Renta Vitalicia Diferida								
Renta Vitalicia Diferida	185	601	424	805	292	628	243	633
Renta Temporal	2 009	2 197	362	1 682	382	1 876	161	1 337
Retiro Programado	2 710	820	3 319	771	2 697	830	2 555	553
Renta Mixta	-	-	2	2 159	1	1 466	-	-
Renta Bimoneda	-	-	3	1 175	4	286	2	515

Fuente: SBS (2011)

Elaboración propia

En la tabla 2.8, el monto promedio de la Renta Mixta considera la suma de la parte pagada como Renta Vitalicia (convertida a soles) y la parte pagada como Retiro Programado. Asimismo, en la Renta Bimoneda, el monto promedio considera la suma de la parte pagada como Renta Vitalicia en Dólares (convertida a soles) y la parte pagada como Renta Vitalicia en nuevos soles.

2.2.3. Tipos de Pensión de Jubilación

Existen 2 tipos de jubilación, los cuales son los diferentes regímenes mediante los cuales puede accederse al beneficio de pensión de jubilación en el SPP:

a) Jubilación por edad legal

Es la jubilación que procede cuando el afiliado alcanza los 65 años de edad, cumplidos en meses y días, al momento de presentar la solicitud de pensión de jubilación.

b) Jubilación anticipada

Esta se divide en 5 clases:

- Régimen ordinario.- Beneficio al que tiene derecho el afiliado que, no habiendo cumplido con los requisitos establecidos para percibir pensión de jubilación por edad legal, obtenga una pensión igual o superior al 50% del promedio de las remuneraciones percibidas y rentas declaradas durante los últimos 120 meses anteriores al mes de la presentación de la solicitud de pensión de jubilación, actualizadas sobre la base del Índice de Precios al Consumidor de Lima Metropolitana, o el indicador que lo sustituya.
- Régimen extraordinario.- Régimen de carácter transitorio por el cual el Estado reconoce al trabajador un beneficio extraordinario por los aportes efectuados durante su permanencia en el SNP realizando trabajo de riesgo para su vida o salud. La Jubilación por este Régimen procede para los trabajadores que cumplen las condiciones establecidas en el acápite I del artículo 4° del Reglamento de la Ley N° 27252, aprobado por Decreto Supremo N° 164-2001-EF.

- Régimen Genérico.- Establece la jubilación anticipada para los afiliados que realizan trabajos que implican riesgo para su vida o salud y que no cumplen con los requisitos señalados en el Régimen Extraordinario. En este caso, el empleador y el afiliado realizan aportes complementarios a su (CIC), determinados en función de su edad de jubilación. Podrán acceder a este Régimen los trabajadores que cumplen las condiciones establecidas en el acápite II del artículo 4° del Reglamento de la Ley N° 27252, aprobado por Decreto Supremo N° 164-2001-EF.
- Régimen especial para desempleados – Ley N° 27617 (REJ).- Régimen transitorio que permite la jubilación a los afiliados mayores de 55 años, desempleados por 12 o más meses, siempre que cumplan los requisitos establecidos en el artículo 9° de la Ley N° 27617, que incorpora la Decimotercera Disposición Final y Transitoria al Texto Único Ordenado de la Ley del Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones. Este régimen tuvo vigencia hasta el 1° de diciembre de 2005.
- Régimen especial para desempleados – Ley N° 28991 (REJ).- Régimen transitorio que permite la jubilación a los afiliados mayores de 55 años, desempleados por 12 o más meses, siempre que cumplan los requisitos establecidos en el artículo 17° de la Ley N° 28991, que incorpora la Decimotercera Disposición Final y Transitoria al Texto Único Ordenado de la Ley del Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones. Este régimen tuvo vigencia hasta el 31° de diciembre de 2008.
- Régimen de Jubilación Adelantada del Decreto Ley 19990.- Régimen que establece la jubilación adelantada para los

afiliados que al momento de su incorporación al SPP cumplieran con los requisitos para acceder a Jubilación Adelantada en el SNP. Dichos afiliados pueden jubilarse adelantadamente en el SPP, siempre que cumplan con lo establecido en el artículo 9° de la Ley N° 27617, que incorpora la Decimoquinta Disposición Final y Transitoria al Texto Único Ordenado de la Ley del Sistema Privado de Administración de Fondos de Pensiones.

- Régimen Especial de Jubilación Anticipada para Desempleados - Ley N° 29426 (REJ).- Régimen transitorio que permite la jubilación a los afiliados varones de 55 años y mujeres de 50 años, al momento de presentación de la solicitud, que se encuentren desempleados por doce o más meses, siempre que cumplan los requisitos establecidos en el artículo 1° de la Ley N° 29426. Este régimen tendrá vigencia hasta el 31 de diciembre de 2012.
- Pensión Mínima - Ley N° 27617.- Es un beneficio creado mediante la Ley N° 27617 y representa una garantía que brinda el Estado a aquellos trabajadores que cumpliendo con requisitos de años de aporte y requisitos de edad, no alcanzan a tener una pensión que supere el mínimo establecido. Podrán acceder a una pensión mínima aquellas personas que cumplan con los siguientes requisitos: Haber nacido a más tardar el 31/12/1945, contar con un mínimo de 65 años de edad, y que no se encuentren percibiendo una pensión de jubilación al momento de presentar su solicitud ante la AFP; haber realizado un mínimo de veinte (20) años completos de aportaciones efectivas en total, entre el Sistema Nacional de Pensiones (SNP) y/o el SPP y que las mencionadas aportaciones hayan sido calculadas sobre la base de la Remuneración Mínima Vital, en cada oportunidad.

- Pensión Mínima - Ley N° 28991.- Es un beneficio creado mediante la Ley N° 28991 para los afiliados al Sistema Privado de Pensiones (SPP) que pertenecieron al Sistema Nacional de Pensiones (SNP) al momento de la creación del SPP, estos afiliados podrán gozar de una Pensión Mínima de jubilación equivalente en términos anuales a la que reciben los afiliados al SNP. Los afiliados al SPP que accedan a esta pensión deberán cumplir los mismos requisitos del SNP y pagar el diferencial de aportes respectivos, según las condiciones del artículo 7° de la Ley N° 28991.

En la tabla 2.9 se muestra la cantidad de pensionistas de Jubilación por cada tipo de jubilación y AFP.

Tabla 2.9. Número de Pensionistas de Jubilación por AFP y Tipo de Jubilación (Setiembre 2011)

	Horizonte	Integra	Prima	Profuturo	Total SPP
Jubilación Legal	4 500	7 307	7 259	4 013	23 079
Jubilación Anticipada					
Regimen Ordinario	1 559	2 341	1 764	1 285	6 949
Régimen Extraordinario	265	537	285	179	1 266
Régimen Genérico	-	4	-	-	4
Régimen Especial para Desempleados Ley 27617	3 116	3 997	3 558	1 953	12 624
Adelantada del Decreto Ley 19990	9	67	17	15	108
Régimen Especial para Desempleados Ley 28991	50	99	60	30	239
Régimen Especial para Desempleados Ley 29426	1 534	2 097	2 131	634	6 396
Pensión Mínima Ley 27617	851	1 439	1 008	1 292	4 590
Pensión Mínima Ley 28991	-	-	-	-	-
Total AFP	11 884	17 888	16 082	9 401	

Fuente: SBS (2011)

Elaboración propia

En la tabla 2.9 se observa que más pensionistas optan por una jubilación anticipada siendo aproximadamente unos 32,000 jubilados bajo este tipo. Además, las AFP's Integra y Prima tienen la mayor participación.

2.2.4. Pensión de Sobrevivencia, Invalidez y Gastos de Sepelio

Para que un afiliado tenga derecho a los beneficios de invalidez, sobrevivencia y gastos de sepelio bajo la cobertura del seguro, debe realizar el pago de cuatro meses, dentro de los últimos ocho meses anteriores al siniestro. Si se tratara de un trabajador nuevo, el periodo de afiliación no deberá ser mayor de dos meses contados a partir del mes que vence el pago de su primer aporte.

La cobertura del seguro de invalidez, sobrevivencia y gastos de sepelio es para aquellos afiliados que no se encuentran en ninguna de las circunstancias denominadas exclusiones y cumplen con alguna de las condiciones que originan el acceso a cobertura. El afiliado cubierto tiene el beneficio de recibir una prestación de invalidez, o sus beneficiarios una pensión de sobrevivencia, la que mantiene una relación directa y proporcional con la remuneración mensual del afiliado, conforme a las regulaciones establecidas en el Título VII del Compendio de Normas Reglamentarias del SPP. El financiamiento de las pensiones es completado por el Aporte Adicional que efectúe la Empresa de Seguros.

a) Pensión de Sobrevivencia

Es aquella que se otorga a los beneficiarios de un titular afiliado activo o pasivo luego del fallecimiento de este. La pensión por afiliados activos se da cuando al fallecimiento del afiliado éste no se encontraba percibiendo pensión de jubilación ni pensión de invalidez definitiva. Por otro lado, la pensión de afiliados pasivos se da cuando al fallecimiento del afiliado éste si se encontraba percibiendo pensión de jubilación o de invalidez definitiva.

A continuación, en la tabla 2.10 se muestra la cantidad de pensionistas de sobrevivencia.

Tabla 2.10. Número de Pensionistas de Supervivencia por AFP y Tipo de Beneficiario y Edad actual (Setiembre 2011)

	Rango de Edad							Total
	< 18	18 - 25	26 - 35	36 - 50	51 - 55	56 - 60	> 60	
Horizonte	3 437	93	329	1 610	793	829	3 578	10 669
Beneficiarios de Afiliados Activos	3 241	82	319	1 483	699	701	3 000	9 525
Beneficiarios de Afiliados Pasivos	196	11	10	127	94	128	578	1 144
Integra	4 251	114	350	1 920	1 031	979	4 581	13 226
Beneficiarios de Afiliados Activos	4 023	104	330	1 798	910	812	3 683	11 660
Beneficiarios de Afiliados Pasivos	228	10	20	122	121	167	898	1 566
Prima	3 178	106	290	1 640	837	849	3 638	10 538
Beneficiarios de Afiliados Activos	2 933	95	276	1 503	750	699	2 838	9 094
Beneficiarios de Afiliados Pasivos	245	11	14	137	87	150	800	1 444
Profuturo	3 080	96	271	1 542	740	723	3 483	9 935
Beneficiarios de Afiliados Activos	2 966	91	256	1 484	692	632	2 987	9 108
Beneficiarios de Afiliados Pasivos	114	5	15	58	48	91	496	827
Total SPP	13 946	409	1 240	6 712	3 401	3 380	15 280	44 368
Beneficiarios de Afiliados Activos	13 163	372	1 181	6 268	3 051	2 844	12 508	39 387
Beneficiarios de Afiliados Pasivos	783	37	59	444	350	536	2 772	4 981

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

En la tabla 2.10 se observa que Integra es la AFP que más pensionistas de supervivencia tiene, seguido de Horizonte y Prima respectivamente.

b) Pensión de Invalidez

Es aquella pensión que se otorga con carácter transitorio o definitivo a aquellos afiliados que, sin haber optado aún por el goce de una pensión de jubilación, presentan una pérdida mayor o igual al 50% de su capacidad de trabajo. Existen 4 tipos de invalidez:

- Invalidez Parcial.- Grado de invalidez bajo el cual el afiliado registra una pérdida de su capacidad de trabajo en un porcentaje igual o superior al 50% pero inferior a los dos tercios, conforme al dictamen emitido por la Comisión Médica de la Superintendencia (COMEC) o la Comisión Médica de las AFP (COMAFP).
- Invalidez Total.- Grado de invalidez bajo el cual el afiliado sufre la pérdida en su capacidad de trabajo en un porcentaje

igual o superior a dos tercios, conforme al dictamen emitido por la COMEC o la COMAFP.

- Invalidez Temporal.- Naturaleza de invalidez dictaminada por el COMAFP o COMEC bajo la cual el afiliado puede recuperar su capacidad para trabajar.
- Invalidez Permanente.- Naturaleza de invalidez dictaminada por el COMAFP o COMEC bajo la cual un afiliado no puede recuperar su capacidad para trabajar.

En la tabla 2.11 se mostrará la cantidad de pensionistas de invalidez por AFP y edad actual.

Tabla 2.11. Número de Pensionistas de Invalidez por AFP y Edad actual (Setiembre 2011)

	Rango de Edad						Total	
	< 18	18 - 25	26 - 35	36 - 50	51 - 55	56 - 60		> 60
Horizonte	-	3	113	515	264	326	366	1 587
Integra	-	9	159	608	321	378	575	2 050
Prima	-	4	115	523	283	350	516	1 791
Profuturo	-	4	97	460	254	328	412	1 555
Total SPP	-	20	484	2 106	1 122	1 382	1 869	6 983

Fuente: SBS (2011)
Elaboración propia

En esta tabla 2.11 se observa que Integra cuenta con más número de pensionistas.

c) Gastos de Sepelio

Es cuando los beneficiarios, o la persona que haya cancelado los gastos por este concepto, presente la solicitud de beneficios que corresponda. El monto referido al promedio de gastos de sepelio que cubre el SPP ascenderá hasta un límite de S/. 2,500 (dos mil quinientos nuevos soles), el que se actualizará trimestralmente en función al Índice de Precios al Consumidor

(IPC) que elabora el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), o el indicador que lo sustituya, tomando como base para el referido índice el número que arroje para el mes de junio de 1998.

2.3. Constatación de la condición de supérstite de pensión en el SPP

La constatación de la condición de supérstite de un afiliado o beneficiario que perciba pensión en el SPP se realiza de modo semestral bajo cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Acercándose, a su elección, a la agencia de la AFP o de la empresa de seguros que le provea el pago de la pensión, portando su respectivo documento de identidad; o,
- Presentando un Certificado de Supervivencia expedido por la autoridad competente ante la imposibilidad física y debidamente sustentada de no poder concurrir.

La AFP, en el caso de las pensiones de retiro programado o durante el tramo de renta temporal y, la empresa de seguros en el caso de las rentas vitalicias, deberán comunicar a los afiliados o beneficiarios, mediante una carta adjunta a la boleta de pago del penúltimo mes, el plazo con que cuentan para que certifiquen su condición de supervivencia acudiendo a las agencias de las AFP o empresas de seguros, así como de los efectos que se derivan en caso de no concurrir y/o presentar el certificado respectivo. A continuación, en la tabla 2.12, se muestra la tasa bruta de mortalidad de años anteriores y para los próximos años:

Tabla 2.12. Tasa bruta de mortalidad por rango de años

	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
Tasa Bruta Mortalidad	6.4	6.2	6.0	6.0

Fuente: INEI (2010)

Elaboración propia

Para efectos de la constatación de la condición de supérstite de los afiliados o beneficiarios, las AFP o empresas de seguros, según el caso, emitirán un documento (en original y copia) que certifique que los referidos pensionistas han dejado constancia de dicha condición, indicando la fecha correspondiente. Dicho documento deberá incluir, adicionalmente, la firma y huella digital del afiliado o beneficiario. Similar procedimiento se seguirá en caso de menores de edad, con la participación de los tutores o quienes ejerzan la patria potestad.

Tanto los certificados expedidos por la AFP como los Certificados de Supervivencia expedidos por la autoridad competente, deben ser archivados por la AFP por un periodo de seis meses adicionales al periodo de vigencia. Asimismo en el caso de afiliados o beneficiarios que perciban rentas vitalicias, la AFP remitirá copia de las referidas constancias a la empresa de seguros que corresponda, a más tardar, hasta el quinto día útil de cada mes. Asimismo, la AFP o la empresa de seguros podrán realizar las verificaciones que estimen convenientes a fin de constatar físicamente la supervivencia del pensionista. De comprobar lo contrario y contar con la correspondiente partida de defunción, se procederá a comunicar de tal hecho a la Superintendencia, de forma tal que se suspenda la pensión otorgada al pensionista fallecido.

Las empresas de seguros o las AFP, según el caso, estarán en capacidad de suspender la pensión a su cargo en la medida que no se haya verificado la condición de supérstite hasta el último día útil del mes de vencimiento del certificado anterior.

En caso un afiliado o beneficiario se presente ante la AFP o empresa de seguros, o presente el referido certificado con posterioridad al plazo señalado, la entidad responsable del pago de la pensión, según corresponda, deberá reiniciar el pago de la prestación en el mes siguiente al de su presentación, reintegrando el monto de la pensión cuyo pago fue suspendido.

2.3.1. Responsabilidad de la AFP y de la Empresa de Seguros

Las AFP y las empresas de seguros podrán suscribir convenios con terceros, a fin de facilitar los procedimientos de verificación de la condición de supérstite de afiliados o beneficiarios que perciben pensión al interior del SPP.



CAPITULO 3: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

3.1. Procedimiento del Sistema de Verificación de Supervivencia

Este sistema de verificación viene implementándose desde principios del año 2004, realizando las actividades de manera empírica, sin un control respectivo. Sin embargo, desde junio 2007, este sistema pasa a ser asumida por el área de Servicio al Cliente (SAC) en donde se le da una mayor importancia y por ende, una mejor administración y un mayor control, hasta la fecha.

El proceso de verificación, visto de una manera general, se divide en dos partes, un procedimiento para los clientes que residen en Lima y otro procedimiento para los que residen en provincias. Dichos procedimientos se muestran en los siguientes diagramas de flujo, en las figuras 3.1 y 3.2.

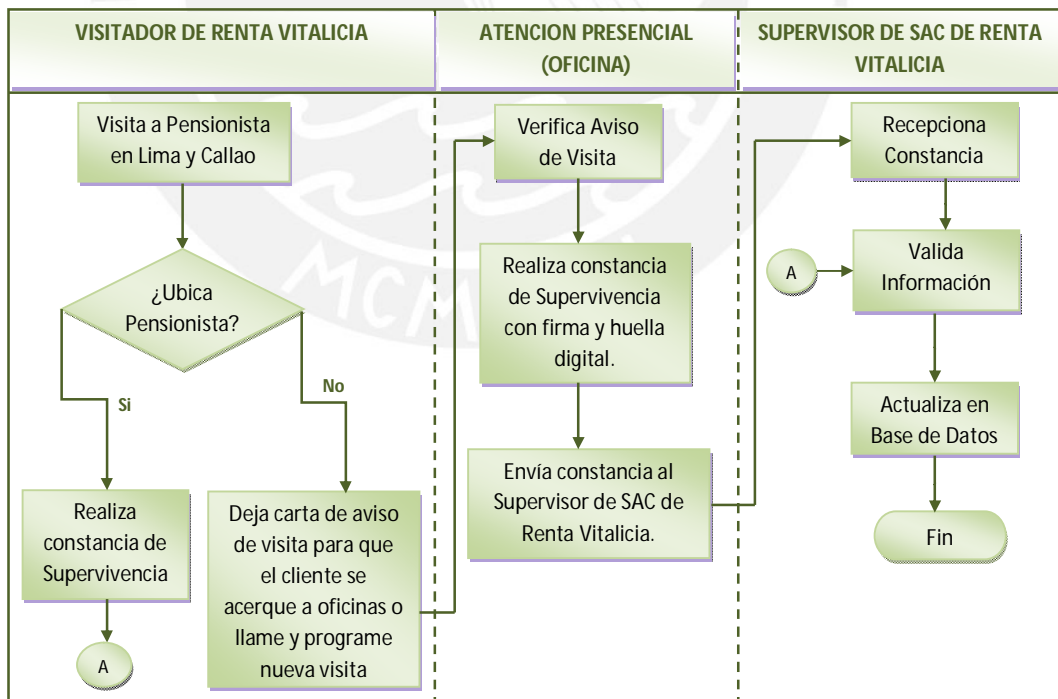


Figura 3.1. Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación Lima y Callao
Elaboración propia

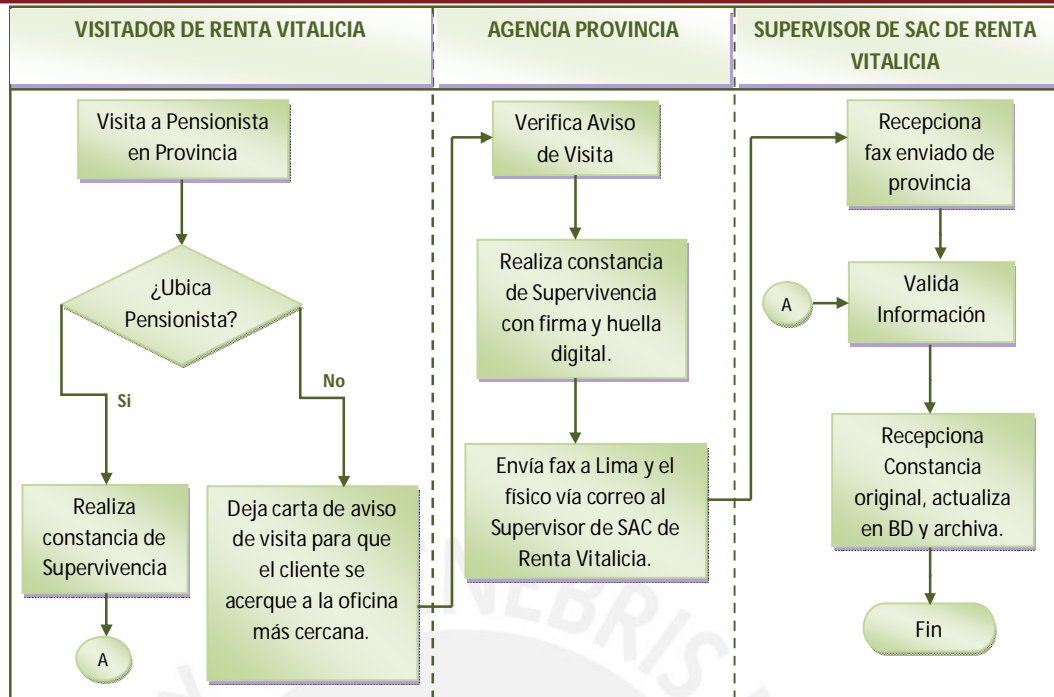


Figura 3.2. Diagrama de Flujo para procedimiento de verificación en Provincias
Elaboración propia

En ambos procesos (figura 3.1 y 3.2), se observa que el visitador solo tiene la misión de cumplir con sus visitas y reportar si ubicó o no al pensionista. Asimismo, se observa que, por otro lado, la gestión administrativa del proceso de verificación esta esquematizada y puede seguir bajo esta estructura sin problemas.

Sin embargo, el procedimiento depende principalmente de lo pueda o no hacer el visitador, es decir, de su habilidad para tratar de ubicar a los pensionistas. Finalmente, se concluye que no se está poniendo énfasis en apoyar al visitador en su desempeño, por tal motivo, el desarrollo de esta tesis pretende enfocarse en la producción del visitador con la finalidad de que realice su trabajo en el tiempo más corto y abarcando la mayor cantidad de pensionistas.

3.2. Desempeño del Sistema Actual

Si bien es cierto que se lleva un mejor control de este sistema de verificación, comparado con la situación inicial (sin indicadores), aún no se logra estandarizar el proceso ya que está afectado por diversos factores, lo que hace que el sistema sea sensible ante cualquier cambio. Asimismo, el sistema de verificación se enfocará en la producción del visitador para maximizar su desempeño actual y de esta manera maximizar el beneficio de todo el sistema.

Actualmente el sistema trabaja con 4 personas que realizan todas las visitas, teniendo un total de 8000 personas en toda la base de datos, aproximadamente. Esta cantidad va variando en el tiempo ya que por un lado ingresarán nuevos pensionistas y por otro se depurarán algunas personas dependiendo de su condición, como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3. Flujo de Pensionistas de Renta Vitalicia
Elaboración propia

En la figura 3.3 se observa que existen 3 motivos por el cual el afiliado o beneficiario deja de pertenecer a la base de datos de Renta Vitalicia de la compañía de seguros, sea por fallecimiento del afiliado o de algún beneficiario, o porque algún beneficiario haya alcanzado la mayoría de edad. También, en casos excepcionales, si alguno de los afiliados o beneficiarios no es ubicado, habiendo sido visitado en reiteradas ocasiones, se opta por cortar la pensión temporalmente para que de esta manera la compañía se asegure del fallecimiento de aquel pensionista.

Por otro lado, los pensionistas están distribuidos casi a la mitad entre Lima y Provincias, teniendo aproximadamente 4 mil pensionistas en cada lugar. Esta distribución se muestra en las siguientes tablas 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. Número de Pensionistas en Lima por zona

ZONA	N° PENSIONISTAS
L-03	873
L-02	760
L-05	592
L-07	477
L-01	474
L-04	472
L-06	415
L-08	114
TOTAL LIMA	4,177
EN %	50.13%

Elaboración propia

Tabla 3.2. Número de Pensionistas en Provincias por zona

ZONA	N° PENSIONISTAS
P-02	720
P-10	525
P-03	470
P-06	456
P-07	434
P-01	357
P-09	339
P-05	299
P-04	291
P-08	265
TOTAL PROV.	4,156
EN %	49.87%

Elaboración propia

En la tabla 3.1 se observa que los pensionistas de Lima han sido agrupados en 8 zonas, donde las zonas L-03 y L-02 tienen la mayor cantidad de pensionistas pero no necesariamente son las que demanden más tiempo. Del mismo modo, en la tabla 3.2 se observa que la zona P-02 es la más poblada, pero no necesariamente es la que requiera de más tiempo, esto dependerá mucho de las distancias entre domicilios. A continuación se muestra la distribución de la zona L-02 en la figura 3.4. Dicha zona será objeto de estudio en esta investigación.

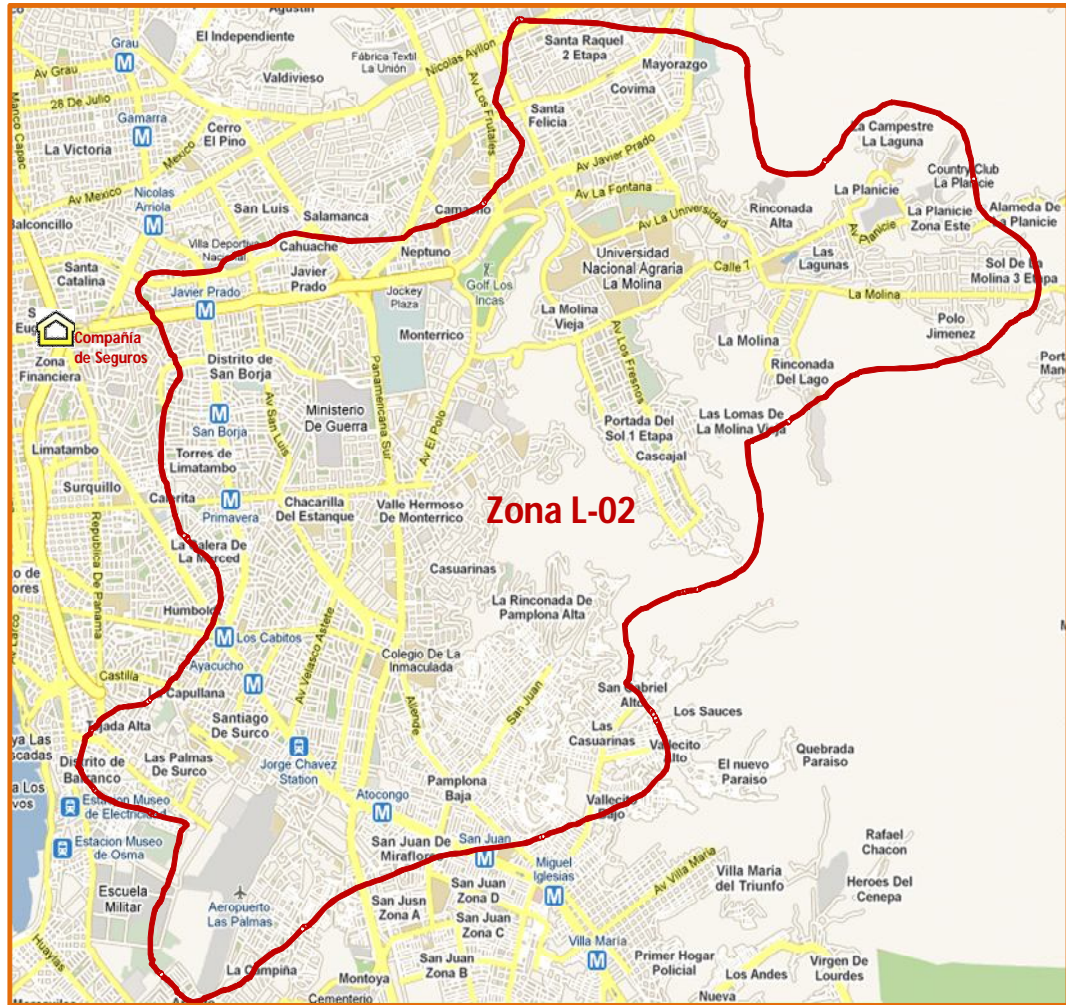


Figura 3.4. Agrupamiento de Pensionistas en la Zona L-02
 Fuente: Google Maps (2011)
 Elaboración propia

En la figura 3.4, se observa que esta zona abarca gran parte de Lima, desde la urbanización de Las Palmas en Santiago de Surco hasta El Sol de La Molina, lo cual dificulta la producción del visitador ya que tiene que recorrer un largo camino para llegar de un domicilio a otro, tomando en cuenta también que la compañía de seguros se encuentra ubicado en San Isidro.

En las tablas 3.3 y 3.4 se mostrarán los distritos que conforman dichas zonas, en el caso de Lima. Por otro lado, en el caso de provincias, se mostrarán los departamentos y las provincias propiamente dichas.

Tabla 3.3. Distribución de zonas en Lima

DISTRITOS LIMA	COD_ZONA	DISTRITOS LIMA	COD_ZONA
San Juan de Lurigancho	L-01	Comas	L-05
Santa Anita	L-01	Los Olivos	L-05
El Agustino	L-01	Ancon	L-05
Ate	L-01	San Martin de Porres	L-05
San Borja	L-02	Independencia	L-05
Santiago de Surco	L-02	Carabaylo	L-05
La Molina	L-02	Puente Piedra	L-05
Pueblo Libre	L-03	Callao	L-06
Lince	L-03	Villa El Salvador	L-07
Barranco	L-03	Villa Maria del Triunfo	L-07
Miraflores	L-03	San Juan de Miraflores	L-07
Surquillo	L-03	Chorrillos	L-07
San Isidro	L-03	Cieneguilla	L-07
San Miguel	L-03	Lurin	L-07
Jesus Maria	L-03	San Bartolo	L-07
Magdalena	L-03	Punta Negra	L-07
Cercado	L-04	Chosica	L-08
San Luis	L-04	Chaclacayo	L-08
Breña	L-04	Santa Eulalia	L-08
La Victoria	L-04		
Rimac	L-04		

Elaboración propia

Tabla 3.4. Distribución de zonas en Provincias

ZONAS PROVINCIAS	COD_ZONA	ZONAS PROVINCIAS	COD_ZONA
Amazonas	P-01	Ica	P-07
Lambayeque	P-01	Chincha	P-07
Cajamarca	P-01	Cañete	P-07
Tacna	P-02	Huancavelica	P-07
Arequipa	P-02	Ayacucho	P-07
Moquegua	P-02	Loreto	P-08
Cuzco	P-03	Barranca	P-09
Puno	P-03	Huacho	P-09
Madre de Dios	P-03	Huaura	P-09
Apurimac	P-03	Paramonga	P-09
Huanuco	P-04	Chancay	P-09
San Martin	P-04	Cajatambo	P-09
Pucallpa	P-04	Ancash Sur	P-09
Ucayali	P-04	Trujillo	P-10
Cerro de Pasco	P-05	Ancash Norte	P-10
Junin	P-05	La Libertad	P-10
Piura	P-06		
Tumbes	P-06		

Elaboración propia

En la tabla 3.3 se observa que existen zonas con más distritos que otros, además las cuales parecen estar agrupadas por cercanía, sin embargo este no es el único factor a tomar en cuenta, ya que también debe considerarse la extensión de cada distrito, la cantidad de pensionistas, entre otros. Asimismo, en la tabla 3.4 se observa que también existe un agrupamiento por cercanía, sin embargo aquí se debe tener en cuenta no solo la extensión de las provincias sino también la disponibilidad de transporte que existe para llegar a determinado lugar.

Otro punto a tomar en cuenta en este capítulo es la productividad del visitador, el cual tiene como misión ir al domicilio de los pensionistas de su zona asignada teniendo como plazo un tiempo determinado (tabla 3.5), el cual fue establecido estadísticamente, con el rendimiento de otros visitadores que ya visitaron dicha zona anteriormente. Este plazo, no se cumple regularmente, ya que cada visitador tiene su forma de trabajo.

Otro factor importante es el horario de trabajo que maneja el visitador, ya que se le da la libertad de visitar a los pensionistas a cualquier hora, no tienen la obligación de reportarse personalmente a la oficina sino que pueden iniciar las visitas saliendo de sus domicilios, lo cual conlleva a que puedan confiarse en el tiempo que les demandará, lo que implicaría un factor más de retraso. Para una mejor explicación, se muestra la siguiente tabla 3.5.

Tabla 3.5. Productividad de los visitadores actual de la zona L-02

Visitador	Mes	Días Programados	Días Realizados	Total Visitas Efectivas	Productividad (visitas/día)
Visitador 1	Julio 2007	30	32	280	8.75
Visitador 2	Abril 2008	30	33	98	2.97

Elaboración propia

En la tabla 3.5 se observan los 2 periodos en el que fue visitada la zona L-02 (cabe señalar que en Junio 2007 la compañía de seguros comienza a tomar un mejor control de este sistema con indicadores de gestión).

Además, se observa que el visitador 1 fue más productivo que el visitador 2, ya que este último era un nuevo trabajador, con cierto conocimiento de las calles. Aún así, el visitador 1 no logra culminar satisfactoriamente el recorrido de la zona en el plazo establecido. Esto demuestra que el conocimiento de calles y avenidas no es fundamental, pero si preferible, para el trabajo de un visitador.



CAPITULO 4: DESARROLLO DEL MODELO

Este desarrollo de optimización propone un modelo para el problema de las visitas de los procuradores quienes se encargan de ir al domicilio del pensionista para verificar su condición de supérstite. Para esto se ha decidido crear un modelo de programación matemática, que responda a la pregunta de cómo realizar la ruta para las respectivas visitas, desde un punto denominado depósito, el cual viene a ser la oficina principal hasta los lugares de destino, buscando minimizar los tiempos en el traslado o transporte.

En un principio, el desarrollo del modelo se estaba realizando en base al algoritmo de los ahorros, los cuales se aplicaron en los primeros 2 clusters dando como resultado una ruta no óptima ya que al ser aplicado el modelo matemático este último resultaba más eficiente. Por tal motivo se procedió al desarrollo bajo la metodología del modelo matemático.

4.1. Procedimiento y Criterios para el armado de Clusters

Para la ubicación del domicilio de cada pensionista, se utilizaron las herramientas (Software) llamadas Google Earth y Google Maps, en las cuales se ubicaban la dirección y se marcaba el respectivo destino o punto en el mapa. De esta manera se procedió a ubicar las 355 direcciones, conformadas por los 3 distritos, las cuales forman parte de una de las 8 zonas de Lima que maneja la compañía aseguradora, las cuales abarca los distritos ya mencionados anteriormente.

Luego de ubicar todos los puntos en el mapa se procedió a la agrupación de los mismos tomando en cuenta los siguientes criterios:

- La cercanía entre puntos; se unieron los puntos más cercanos entre sí cuidando de no exceder el número de visitas que un visitador puede realizar por día.

- El promedio de visitas por día; un visitador realiza entre 20 a 25 visitas por día de las cuales obtiene una efectividad del 60% a 70%, es decir entre 12 o 15 visitas.

Este método de armado de clúster se desencadena del método Asignar Primero Rutear Después, sin embargo, no incluye la Heurística de Barrido ya que los puntos no están alrededor del origen, que es la sede principal de la compañía de seguros, sino que se encuentran muy alejados de ella lo cual ocasionaría que se agrupe una gran cantidad de puntos que supera el límite permitido para las visitas.

Otros métodos de armados de Clúster, que fueron descartados por no adaptarse al proceso de visitas son:

- Heurística de Asignación Generalizada de Fisher y Jaikumar, ya que no toma en cuenta las distancias sino la capacidad de cada cluster y el costo de la asignación.
- Heurística de Localización de Bramel y Simchi-Levi, ya que resuelve el problema realizando un algoritmo de Localización de Concentradores con Capacidades que incluye capacidades y costos de cada concentrador.

Luego de la agrupación se obtuvo como resultado 20 clusters en toda la zona, como se muestra en la figura 4.1, sin embargo, existen cuatro clusters, el N° 6, 8, 10 y 14, que contienen 7, 14, 12 y 13 puntos respectivamente sin contar el origen, los cuales han sido agrupados de esta forma porque se encontraban alejados de los demás grupos y porque ya no podían ser tomados en cuenta por el límite de puntos, sin embargo estos cuentan con un recorrido considerable principalmente por la distancia que las separa de la compañía de seguros (origen). Además se pueden considerar como rutas que pueden ser anexadas luego de culminada alguna otra.

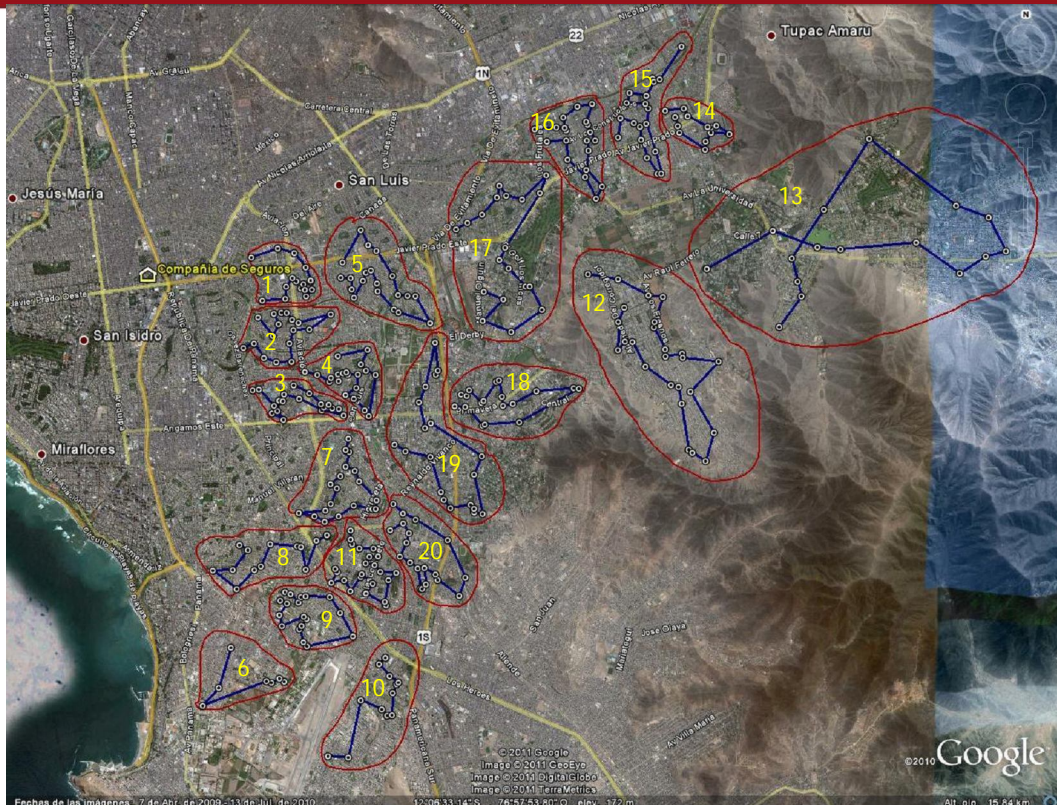


Figura 4.1. Zona de Distribución de Clusters
Fuente: Google Earth (2010)
Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestra la zona donde están distribuidos todos los clusters, cabe resaltar que dicha zona es una de las más extensas ya que, como se observa, abarca gran parte de la ciudad de Lima.

4.2. Supuestos

La solución del modelo matemático estará basada en los siguientes supuestos:

- En el recorrido de un visitador la penalización por efectos del tráfico, horas punta, calles cerradas, semáforos malogrados, etc., es constante durante todo el recorrido.
- El cálculo para la distancia real del origen al punto más cercano de cada cluster se halla, en términos reales, a partir del factor de linealidad calculado en todos los clusters (1.47).

- Se han asumido cantidades moderadas en las penalizaciones para los datos del escenario normal.

4.3. Desarrollo del Modelo Matemático

Para el desarrollo del modelo de ruteo se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- No existe la posibilidad de regresar a un punto después de haberlo visitado (revisitas).
- No se está considerando las rutas del transporte público dentro del cluster, todo el recorrido se realizará caminando siguiendo la ruta ideal euclidiana, la cual servirá para conocer el orden de visitas y luego de esto, considerar la dirección y sentido de las calles.
- Cada clúster está asociado al origen, es decir, cada uno tiene como punto de inicio y final a la sede principal de la compañía de seguros.
- Cada visitador comenzará su recorrido en cada cluster en el punto más cercano al origen (Compañía de Seguros).
- Solo se está mostrando el ruteo dentro del clúster, más no el ruteo desde el origen a los clusters. En este punto si se consideran las rutas de transporte público.
- En el transcurso de la metodología se decidió, para resolver más rápido el modelo en los clusters, unir los puntos cuya distancia es mínima con la finalidad de evitar la cantidad de creación de sub-tours.

Se explicará todo el proceso de desarrollo de la solución en un solo cluster (cluster 2) y de la misma forma se aplicarán a todos los demás, como se puede apreciar en el anexo 1 de esta investigación.

4.3.1. Red Potencial Inicial

Aquí se mostrarán todas las rutas posibles desde cada punto de visita (domicilio) hasta el siguiente más cercano, considerando el origen (compañía de seguros) creando así una red de rutas de visitas, la cual se solucionará con el modelo matemático obteniendo la mínima distancia recorrida para todo el cluster.

Para cada distancia entre punto y punto se consideró una distancia euclidiana, la cual es una longitud del segmento de recta que tiene por extremos dos puntos del plano.

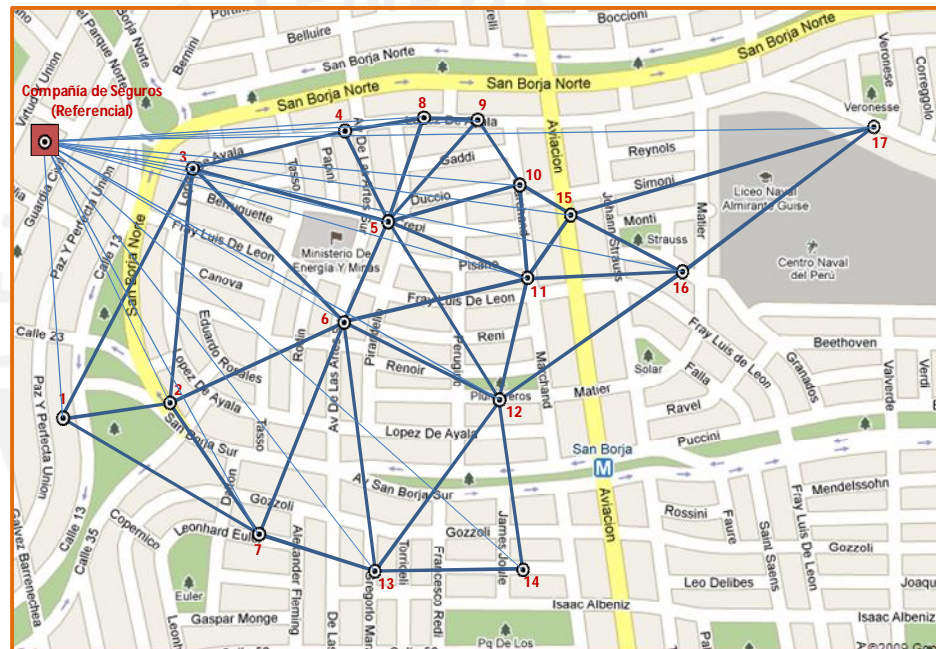


Figura 4.2. Red Potencial Inicial
Elaboración propia

La figura 4.2 nos muestra todas las rutas posibles cercanas de un punto de visita hacia otro punto de visita, creando así una red de múltiples rutas.

Luego se procedió a tabular las distancias de los nodos en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Matriz de distancias

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	2005	2119	2000	2244	2375	2351	2393	2368	2460	2579	2648	2665	2611	2835	2695	2909	3208
1			195	580			387										
2	2119	195		448		348	298										
3	2000	580	448		277	371	398										
4	2244				277	193		131									
5	2375			371	193		222	203	239	244	271						
6	2351		348	398		222	405				366	312	450				
7	2393	387	298			405							221				
8	2368				131	203			89								
9	2460					239		89		150							
10	2579					244			150		172					117	
11	2648					271	366				172		235		147	274	
12	2665						312					235		396	318		413
13	2611						450	221					396		265		
14	2835												318	265			
15	2695									117	147					216	575
16	2909									274	413					216	450
17	3208														575	450	

Elaboración propia

La tabla 4.1 nos muestra la matriz de distancias, en metros, de los arcos activos. Los espacios en blanco significan que no se consideran dichas longitudes por la lejanía de los puntos o porque existen otros puntos en medio de ellos.

4.3.2. Formulación Matemática

Para resolver el problema de modelo matemático que permitirá obtener la ruta más corta en la red, se formuló un modelo de programación lineal utilizando variables binarias (modelo del agente viajero TSP).

A continuación se presenta la formulación del modelo de PL:

Variables de decisión

X_{ij} : Decisión de tomar la distancia de i a j .

Donde, ($i = 1, 2, \dots, 17, j = 1, 2, \dots, 17$)

Función Objetivo

$$\text{Min } Z = \sum C_{ij} X_{ij}$$

$$Z = 2005x_{01} + 2119x_{02} + 2000x_{03} + 2244x_{04} + 2375x_{05} + 2351x_{06} + 2393x_{07} + 2368x_{08} + 2460x_{09} + 2579x_{010} + 2648x_{011} + 2665x_{012} + 2611x_{013} + 2835x_{014} +$$

$$\begin{aligned}
 &2695x_{015} + 2909x_{016} + 3208x_{017} + 195x_{12} + 580x_{13} + 387x_{17} + 448x_{23} + 348x_{26} + \\
 &298x_{27} + 277x_{34} + 371x_{35} + 398x_{36} + 193x_{45} + 131x_{48} + 222x_{56} + 203x_{58} + \\
 &239x_{59} + 244x_{510} + 271x_{511} + 405x_{67} + 366x_{611} + 312x_{612} + 450x_{613} + 221x_{713} + \\
 &89x_{89} + 150x_{910} + 172x_{1011} + 117x_{1015} + 235x_{1112} + 147x_{1115} + 274x_{1116} + 396x_{1213} + \\
 &318x_{1214} + 413x_{1216} + 265x_{1314} + 216x_{1516} + 575x_{1517} + 450x_{1617}
 \end{aligned}$$

Donde:

(i, j) : indica el arco utilizado.

C_{ij} : es la longitud del arco (distancia rectilínea entre dos puntos).

X_{ij} : es la variable binaria.

Restricciones

Cada nodo debe tener únicamente dos rutas:

$$\sum X_{ij} = 2$$

Para el nodo 0

$$x_{01} + x_{02} + x_{03} + x_{04} + x_{05} + x_{06} + x_{07} + x_{08} + x_{09} + x_{010} + x_{011} + x_{012} +$$

$$x_{013} + x_{014} + x_{015} + x_{016} + x_{017} = 2$$

Para el nodo 1

$$x_{01} + x_{12} + x_{13} + x_{17} = 2$$

Para el nodo 2

$$x_{02} + x_{12} + x_{23} + x_{26} + x_{27} = 2$$

Para el nodo 3

$$x_{03} + x_{13} + x_{23} + x_{34} + x_{35} + x_{36} = 2$$

Para el nodo 4

$$x_{04} + x_{34} + x_{45} + x_{48} = 2$$

Para el nodo 5

$$x_{05} + x_{35} + x_{45} + x_{56} + x_{58} + x_{59} + x_{510} + x_{511} = 2$$

Para el nodo 6

$$x_{06} + x_{26} + x_{36} + x_{56} + x_{67} + x_{611} + x_{612} + x_{613} = 2$$

Para el nodo 7

$$x_{07} + x_{17} + x_{27} + x_{67} + x_{713} = 2$$

Para el nodo 8

$$x_{08} + x_{48} + x_{58} + x_{89} = 2$$

Para el nodo 9

$$x_{09} + x_{59} + x_{89} + x_{910} = 2$$

Para el nodo 10

$$x_{010} + x_{510} + x_{910} + x_{1011} + x_{1015} = 2$$

Para el nodo 11

$$x_{011} + x_{511} + x_{611} + x_{1011} + x_{1112} + x_{1115} + x_{1116} = 2$$

Para el nodo 12

$$x_{012} + x_{612} + x_{1112} + x_{1213} + x_{1214} + x_{1216} = 2$$

Para el nodo 13

$$x_{013} + x_{613} + x_{713} + x_{1213} + x_{1314} = 2$$

Para el nodo 14

$$x_{014} + x_{1214} + x_{1314} = 2$$

Para el nodo 15

$$x_{015} + x_{1015} + x_{1115} + x_{1516} + x_{1517} = 2$$

Para el nodo 16

$$x_{016} + x_{1116} + x_{1216} + x_{1516} + x_{1617} = 2$$

Para el nodo 17

$$x_{017} + x_{1517} + x_{1617} = 2$$

De esta forma se asegura que cada nodo tenga solamente una ruta de entrada y otra de salida.

Rango de Existencias

$$x_{ij} = 0 \text{ ó } 1$$

4.3.3. Solución del Modelo Matemático

Una vez definido el modelo se procedió a correrlo utilizando el programa Microsoft Excel, el cual incluye un complemento llamado “Solver”, que permite resolver modelos de programación lineal. Por lo tanto se planteo el modelo en un Libro Excel según la estructura requerida por “Solver”. La descripción detallada de los todos los clusters se puede apreciar en el Anexo 1.

A continuación se muestra la solución del modelo:

(i,j)	C _{ij}	X _{ij}	(i,j)	C _{ij}	X _{ij}	(i,j)	C _{ij}	X _{ij}
0-1	2005	1	1-3	580	0	6-13	450	0
0-2	2119	0	1-7	387	0	7-13	221	1
0-3	2000	1	2-3	448	0	8-9	89	1
0-4	2244	0	2-6	348	0	9-10	150	1
0-5	2375	0	2-7	298	1	10-11	172	1
0-6	2351	0	3-4	277	0	10-15	117	0
0-7	2393	0	3-5	371	0	11-12	235	1
0-8	2368	0	3-6	398	1	11-15	147	0
0-9	2460	0	4-5	193	1	11-16	274	0
0-10	2579	0	4-8	131	1	12-13	396	0
0-11	2648	0	5-6	222	1	12-14	318	1
0-12	2665	0	5-8	203	0	12-16	413	0
0-13	2611	0	5-9	239	0	13-14	265	1
0-14	2835	0	5-10	244	0	15-16	216	1
0-15	2695	0	5-11	271	0	15-17	575	1
0-16	2909	0	6-7	405	0	16-17	450	1
0-17	3208	0	6-11	366	0			8133
1-2	195	1	6-12	312	0			

Con esta solución se obtienen las siguientes rutas:

Ruta 1: 0-1-2-7-13-14-12-11-10-9-8-4-5-6-3-0

Ruta 2: 16-17-15-16

Obteniendo una distancia de 8,133 metros.

Se observa que el programa muestra una solución con 2 rutas (subtours) las cuales forman parte de ella, sin embargo, no es una solución óptima ya que lo que se busca es una sola ruta que contenga a todos los puntos del cluster.

4.3.4. Interpretación gráfica de la Solución

La solución gráfica del modelo se aprecia de la siguiente manera en la figura 4.3.

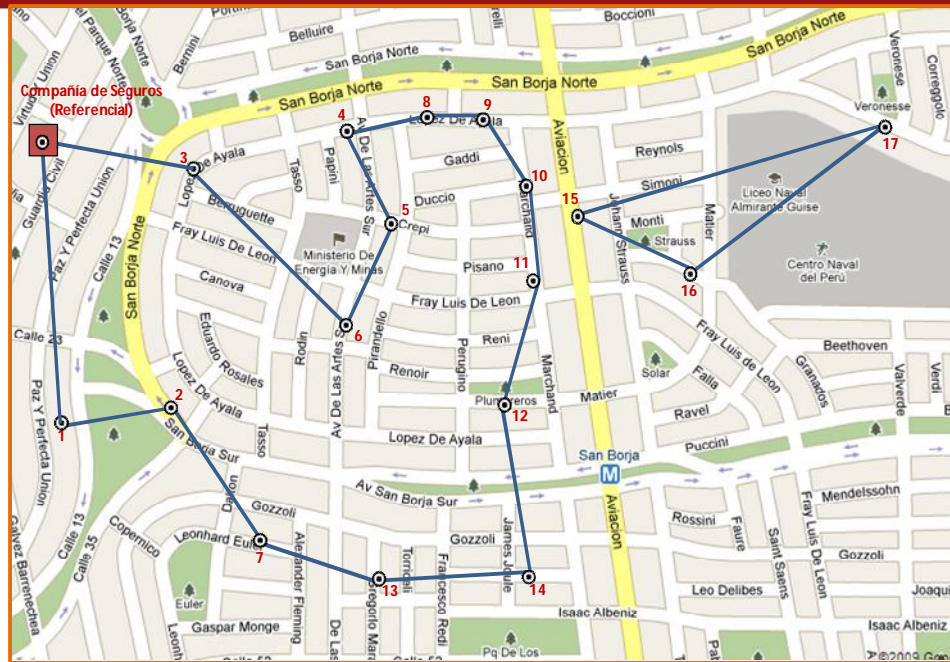


Figura 4.3. Primera Solución Gráfica del Modelo
Elaboración propia

La figura 4.3 muestra la primera solución del modelo, donde se observa que se han formado dos rutas (subtours), las cuales se buscará eliminar uniendo algunos de los puntos 10, 11, 12, con los nodos 15 y 16, según la matriz de distancias.

4.3.5. Mejoramiento de la Solución

Para solucionar el problema de los subtours será necesario incluir en el modelo de PL algunas restricciones que permitan eliminar dichos ciclos, los cuales es posible unirlos a través de los nodos 10, 11, 12, 15 y 16, como se observo gráficamente. Según la matriz de distancias estos puntos pueden ser unidos conformando los siguientes arcos: 10-15, 11-15, 11-16, 12-16, los cuales serán tomados en cuenta para formar la restricción adicional.

La restricción a incluir en el modelo de PL tomando en cuenta los arcos posibles, sería la siguiente:

$$X_{1015} + X_{1115} + X_{1116} + X_{1216} \geq 1$$

Con esta restricción logramos obtener la siguiente solución:

(i,j)	C _{ij}	X _{ij}
0-1	2005	1
0-2	2119	0
0-3	2000	1
0-4	2244	0
0-5	2375	0
0-6	2351	0
0-7	2393	0
0-8	2368	0
0-9	2460	0
0-10	2579	0
0-11	2648	0
0-12	2665	0
0-13	2611	0
0-14	2835	0
0-15	2695	0
0-16	2909	0
0-17	3208	0
1-2	195	1
1-3	580	0
1-7	387	0
2-3	448	0
2-6	348	0
2-7	298	1
3-4	277	1
3-5	371	0
3-6	398	0
4-5	193	0
4-8	131	1
5-6	222	1
5-8	203	0
5-9	239	1
5-10	244	0
5-11	271	0
6-7	405	0
6-11	366	0
6-12	312	1
6-13	450	0
7-13	221	1
8-9	89	1
9-10	150	0
10-11	172	1
10-15	117	1
11-12	235	0
11-15	147	0
11-16	274	1
12-13	396	0
12-14	318	1
12-16	413	0
13-14	265	1
15-16	216	0
15-17	575	1
16-17	450	1
		8160

Con esta solución se obtiene la siguiente ruta:

Ruta 1: 0-1-2-7-13-14-12-6-5-9-8-4-3-0

Ruta 2: 10-11-16-17-15-10

Obteniendo una distancia de 8,160 metros.

Gráficamente:

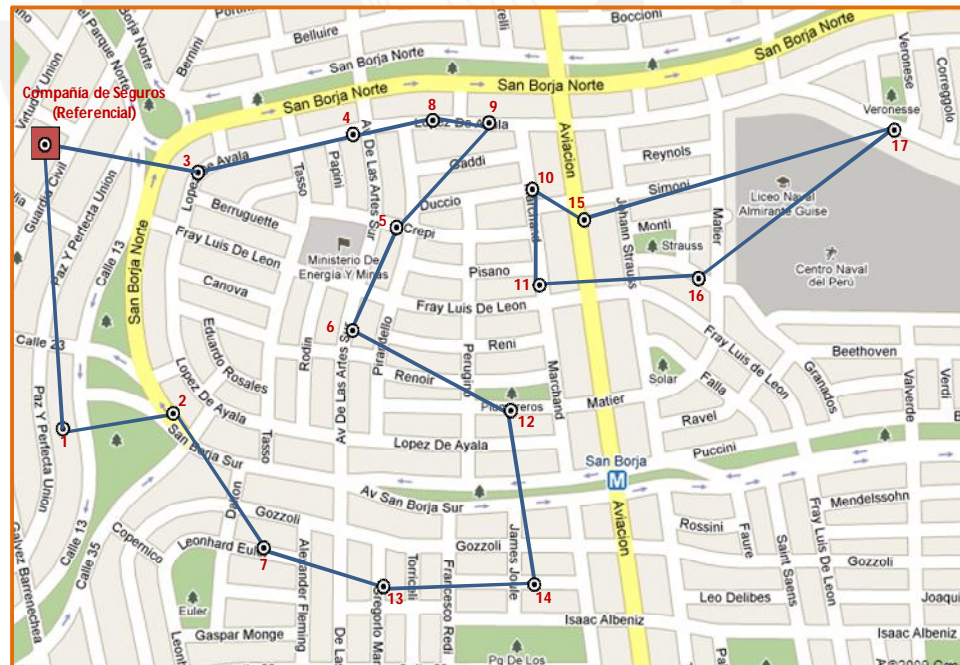


Figura 4.4. Segunda Solución Gráfica del Modelo
Elaboración propia

En la figura 4.4, se observa que el modelo de PL muestra otra posible ruta más corta, considerando la restricción adicional. Sin

embargo, nuevamente se vuelven a formar ciclos o subtours los cuales nos indican que aún no se encuentra la ruta ideal que contenga a todos los puntos en un solo ciclo. Para ello, se debe de agregar otras restricciones para conseguir unir dichos ciclos.

Según la matriz de distancias, estos subtours pueden eliminarse buscando unir los puntos 9, 5, 6, 12, con los puntos 10, 11 y 16, que conforman los arcos 5-10, 5-11, 6-11, 9-10, 11-12, 12-16. Con estos datos se formula la siguiente restricción, la cual debemos de agregar al modelo, incluyendo la anterior:

$$X_{510} + X_{511} + X_{611} + X_{910} + X_{1112} + X_{1216} \geq 1$$

Incluyendo esta restricción en el modelo y corriéndolo nuevamente, obtenemos la siguiente solución:

(i,j)	C _{ij}	X _{ij}	(i,j)	C _{ij}	X _{ij}	(i,j)	C _{ij}	X _{ij}
0-1	2005	1	1-3	580	0	6-13	450	0
0-2	2119	0	1-7	387	0	7-13	221	1
0-3	2000	1	2-3	448	0	8-9	89	1
0-4	2244	0	2-6	348	0	9-10	150	1
0-5	2375	0	2-7	298	1	10-11	172	0
0-6	2351	0	3-4	277	0	10-15	117	1
0-7	2393	0	3-5	371	0	11-12	235	1
0-8	2368	0	3-6	398	1	11-15	147	0
0-9	2460	0	4-5	193	1	11-16	274	1
0-10	2579	0	4-8	131	1	12-13	396	0
0-11	2648	0	5-6	222	1	12-14	318	1
0-12	2665	0	5-8	203	0	12-16	413	0
0-13	2611	0	5-9	239	0	13-14	265	1
0-14	2835	0	5-10	244	0	15-16	216	0
0-15	2695	0	5-11	271	0	15-17	575	1
0-16	2909	0	6-7	405	0	16-17	450	1
0-17	3208	0	6-11	366	0			
1-2	195	1	6-12	312	0			8136

Con esta solución se obtiene la siguiente ruta:

Ruta 1: 0-1-2-7-13-14-12-6-5-9-8-4-3-0

Obteniendo una distancia de 8,136 metros (8.14 Km).

4.3.6. Solución Gráfica Mejorada

Teniendo la solución, que muestra la ruta ideal en el cluster, se procederá a graficar dicha ruta para apreciar la unión de todos los puntos, esta vez sin subtours, como se detalla en la figura 4.5.

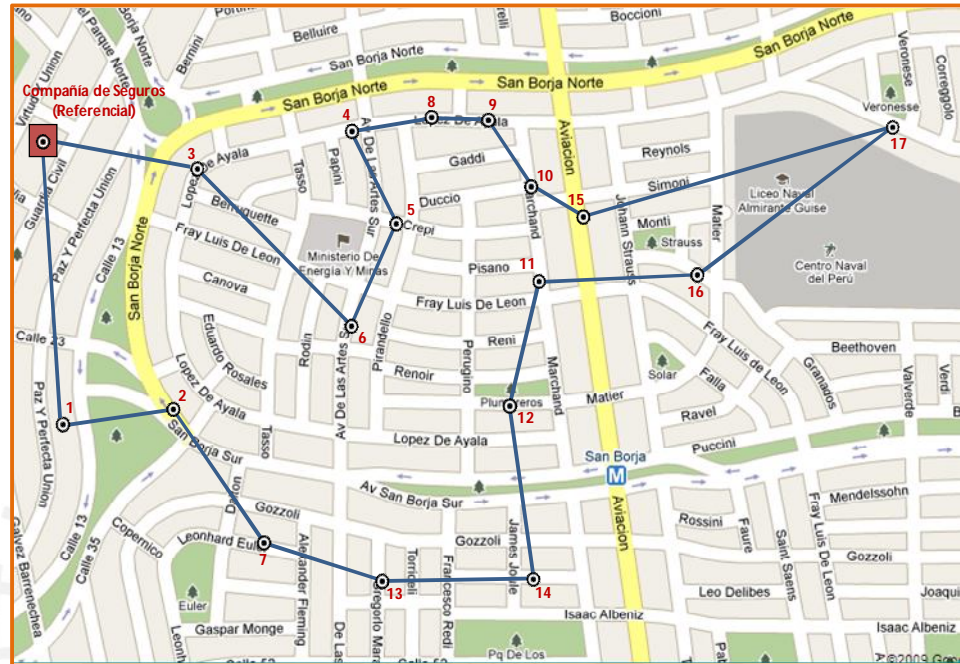


Figura 4.5. Solución Gráfica Mejorada
Elaboración propia

En la figura 4.5 se observa que finalmente se logró obtener una ruta ideal, la cual conecta a todos los puntos de la red de distancias. Con esta solución el recorrido de un visitador será el más efectivo. Sin embargo, en dicho recorrido solo se está considerando una ruta ideal, es decir, se considera que para llegar de un punto a otro se debe seguir una línea recta, lo cual no forma parte de la realidad de las calles. Para ello se obtendrá la ruta real para cada cluster siguiendo la dirección y el sentido de las calles. Para calcular la distancia de dicha ruta real se utilizó la herramienta Google Earth, la cual va mostrando la distancia a medida que se recorre la ruta por las calles. Se debe tener en cuenta que todo el recorrido que realiza el visitador en el cluster lo hace caminando.

A continuación se muestra la ruta real en la figura 4.6.

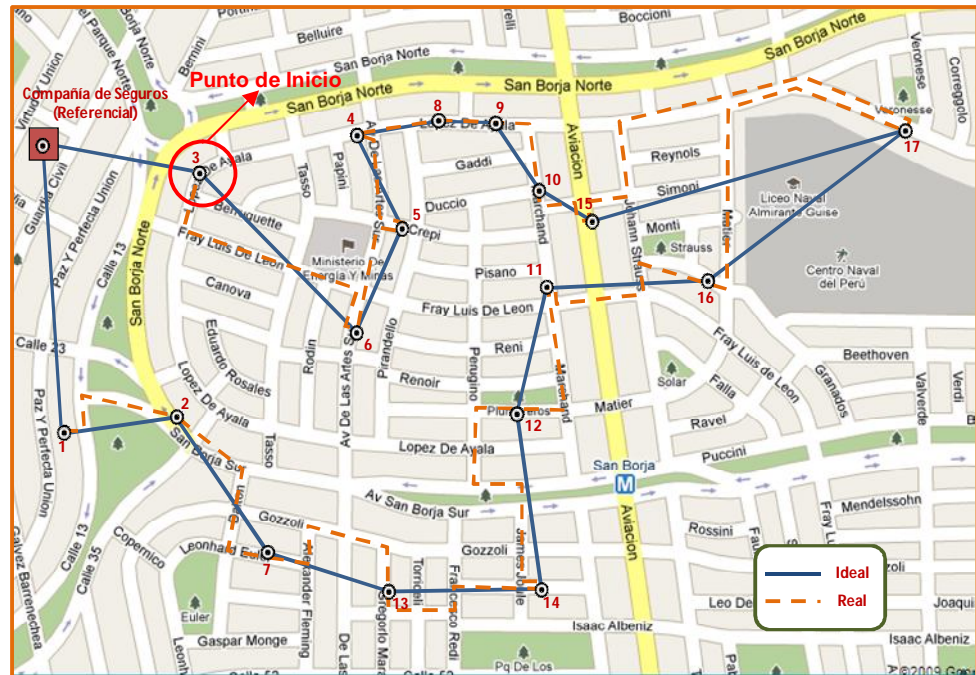


Figura 4.6. Solución Gráfica Mejorada Real
Elaboración propia

En la figura 4.6 se observa que el verdadero recorrido que debe realizar un visitador es la ruta con color naranja (ruta real) ya que considera la dirección y sentido de las calles. Asimismo, se observa que en dicha ruta real, el recorrido comienza y termina en los puntos más cercanos al origen (punto referencial en el mapa: compañía de seguros), mas no en el origen ya que, como se dijo anteriormente, se considera que para llegar al punto más cercano del cluster (punto 3) el visitador debe abordar un bus.

Dicha ruta real, se calculó utilizando la herramienta software Google Earth, obteniendo así la distancia de 5,329 metros (5.33 Km). Cabe señalar que esta distancia es calculada en base al recorrido total ideal sin considerar las distancias del punto de origen, ya que estas se obtendrán a través del factor de linealidad que se explicará en el siguiente capítulo de esta tesis.

CAPITULO 5: EVALUACION DE LA METODOLOGIA

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos, que se muestran en la tabla 5.1, luego del desarrollo del modelo matemático aplicado a todos los 20 clusters. Asimismo se explicará en detalle la estructura de cada cluster y se calcularán finalmente los tiempos que conforman el recorrido de cada uno de ellos, considerando algunas penalizaciones por efectos del tráfico, horas punta, etc., obteniendo así un resultado global mostrando intervalos de confianza para cada escenario establecido.

Tabla 5.1. Resultados Obtenidos

Cluster	Ruta	Nº Puntos	Distancia Total (m)	Punto mas cercano	Distancia Ideal OP (m)	Distancia Ideal (m)	Distancia Real (m)
1	0-1-2-3-4-7-10-13-14-12-11-9-6-5-8-15-16-0	16	6,769	1	1,839	2,907	4,244
2	0-1-2-7-13-14-12-11-16-17-15-10-9-8-4-5-6-3-0	17	8,136	3	2,000	4,131	5,329
3	0-2-19-6-1-7-3-15-13-8-14-16-18-12-20-5-10-11-4-9-17-0	20	9,262	17	2,612	3,554	4,087
4	0-6-5-2-9-20-15-19-18-16-1-17-12-14-8-4-7-11-10-3-13-0	20	10,686	6	3,161	3,976	6,401
5	0-11-14-7-12-18-3-10-2-6-16-20-9-15-5-8-19-1-4-17-13-0	20	11,994	13	3,328	5,292	7,726
6	0-2-1-5-3-4-6-7-0	7	16,626	2	6,582	2,734	3,746
7	0-6-7-3-10-20-19-13-9-14-5-15-11-1-2-17-18-8-4-12-16-0	20	13,149	16	4,360	4,110	6,001
8	0-3-7-12-1-2-10-13-8-14-9-11-4-5-6-0	14	14,462	3	4,942	4,056	5,557
9	0-4-1-2-17-6-12-18-16-14-11-15-5-9-8-10-3-13-7-0	18	16,068	7	5,951	4,064	5,527
10	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-0	12	19,823	12	7,801	3,129	4,881
11	0-3-23-14-13-19-12-16-22-1-5-7-6-2-4-20-9-15-11-10-17-21-8-18-0	23	15,606	3	5,523	4,184	5,564
12	0-8-9-5-12-6-25-21-7-19-22-10-24-17-14-23-1-11-13-2-20-16-18-3-4-15-0	25	24,508	8	7,553	8,763	13,231
13	0-2-12-4-14-13-15-16-1-6-5-3-7-8-9-10-11-0	16	32,162	2	9,569	11,758	19,817
14	0-9-2-6-8-1-13-3-7-5-4-11-12-10-0	13	21,496	9	9,340	2,685	5,155
15	0-1-9-10-5-17-13-7-14-6-18-11-3-8-15-4-19-16-12-2-0	19	23,023	1	8,443	4,596	6,496
16	0-3-15-10-13-5-14-2-1-19-8-9-4-17-20-18-16-12-11-7-6-0	20	19,015	3	7,145	4,602	6,613
17	0-1-9-14-10-3-2-8-4-5-7-13-17-15-19-12-16-18-11-6-0	19	18,100	6	5,390	6,927	10,646
18	0-12-17-9-3-4-2-15-14-7-16-10-1-5-8-11-13-6-18-0	18	16,300	12	5,680	4,906	7,060
19	0-13-1-4-10-14-9-11-2-7-3-6-12-8-5-16-17-15-19-18-0	19	15,972	18	5,048	5,868	9,335
20	0-2-8-14-1-16-12-5-6-18-4-10-7-13-11-19-17-3-9-15-0	19	16,487	15	5,653	4,908	7,135

Elaboración propia

A continuación se describirá cada concepto de la tabla 5.1.

- **Cluster:** es el número que se ha asignado a cada cluster.
- **Ruta:** es la ruta más corta obtenida del modelo matemático, el cual debe recorrer cada visitador.
- **Nro Puntos:** es el número de puntos que conforman cada cluster. Cada uno representa un domicilio, es decir un punto de visita.
- **Distancia Total:** es la distancia, en metros, obtenida como resultado del modelo matemático. Este recorrido contiene a todos los puntos que conforman cada cluster, incluido el origen.

- Punto más Cercano: es el domicilio más cerca al origen. Este es el punto de inicio de recorrido dentro del cluster, es decir, el primer domicilio a visitar.
- Distancia Ideal OP: es la distancia rectilínea del origen al punto de inicio del recorrido en cada cluster.
- Distancia Ideal: es la distancia rectilínea que une todos los puntos del cluster sin considerar el origen.
- Distancia Real: es la distancia recorrida de un punto a otro considerando la dirección de las calles.

Para aclarar la idea de estos conceptos, se muestra el siguiente gráfico del cluster nro. 2 en la figura 5.1.

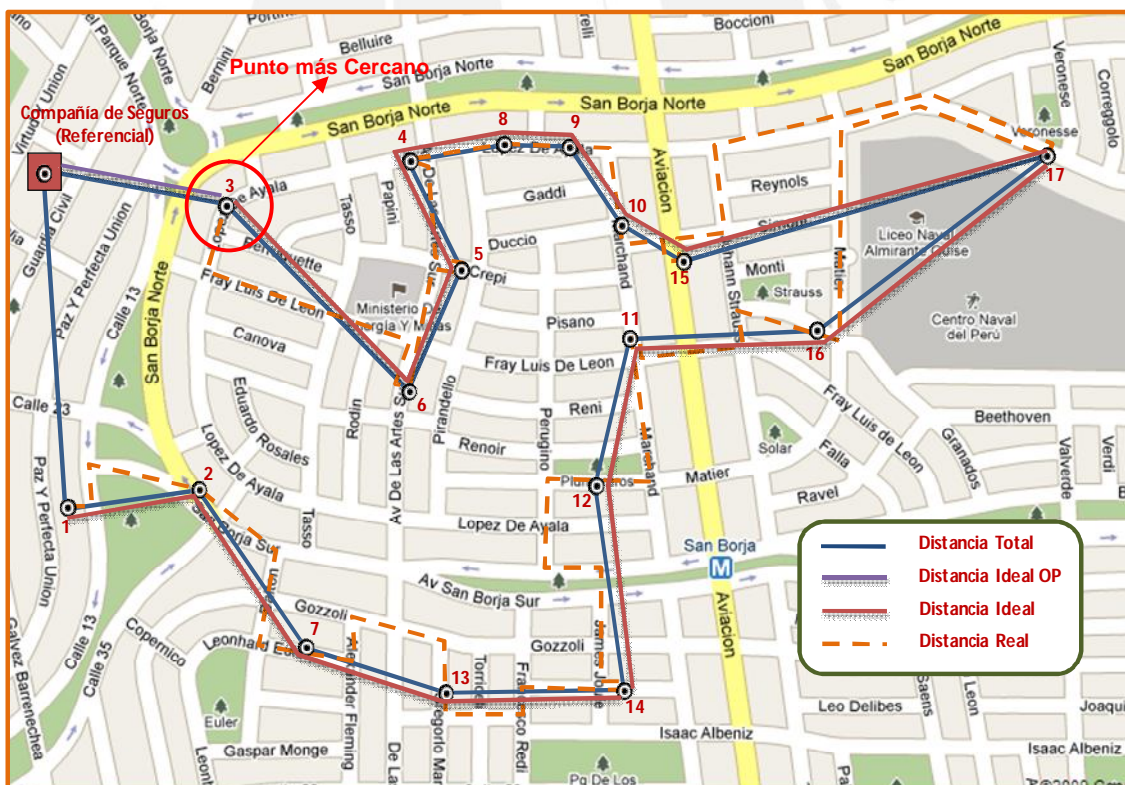


Figura 5.1. Descripción Gráfica de Distancias
Elaboración propia

En la figura 5.1 se describe gráficamente cada concepto de la tabla. Se debe tener en cuenta que para el recorrido que realizará el visitador, no se considerará la distancia de retorno al origen (Compañía de Seguros) ya que no será necesario que dicho visitador regrese a la compañía (se le otorga la facilidad de regresar a su domicilio culminado su recorrido, es decir, al terminar de visitar el último punto de la ruta). Sin embargo, al día siguiente sí deberá de ir a la compañía para informar sobre las visitas realizadas.

Con los datos de la tabla 5.1 se obtendrán otras definiciones necesarias para calcular los tiempos en que se recorrerán cada uno de los clusters. De esta forma se podrá demostrar la eficiencia del modelo matemático reduciendo el tiempo que demoran los visitadores en recorrer toda la zona.

Como se observa en la figura 5.1, la distancia ideal OP, ha sido calculada en forma rectilínea, es decir en forma ideal. Para lograr obtener esta distancia en forma real se deberá de hallar un factor de linealidad el cual será calculado de la relación entre la distancia real y la distancia ideal, de la siguiente manera:

$$\text{Factor de Linealidad} = \frac{\text{Real}}{\text{Ideal}}$$

De esta forma, se obtuvieron los siguientes datos (tabla 5.2) en donde se determinan los factores de conversión correspondientes a cada cluster, los cuales servirán para calcular la distancia real OP utilizando el promedio de todos ellos, el cual ha sido medida en 1.47.

La sustentación para realizar el cálculo de la distancia real OP, se basa en que el origen también pertenece a la ciudad, es decir, es un punto de la ciudad, por lo tanto, se considera que la distorsión observada en cada uno de los clusters es la misma que existe entre el origen y el punto de partida.

Tabla 5.2. Cálculo Factor de Linealidad

Cluster	Distancia Ideal (m)	Distancia Real (m)	Factor de Conversion
1	2,907	4,244	1.46
2	4,131	5,329	1.29
3	3,554	4,087	1.15
4	3,976	6,401	1.61
5	5,292	7,726	1.46
6	2,734	3,746	1.37
7	4,110	6,001	1.46
8	4,056	5,557	1.37
9	4,064	5,527	1.36
10	3,129	4,881	1.56
11	4,184	5,564	1.33
12	8,763	13,231	1.51
13	11,758	19,817	1.69
14	2,685	5,155	1.92
15	4,596	6,496	1.41
16	4,602	6,613	1.44
17	6,927	10,646	1.54
18	4,906	7,060	1.44
19	5,868	9,335	1.59
20	4,908	7,135	1.45
		Promedio	1.47

Elaboración propia

Con la obtención de la distorsión promedio que se muestra en la tabla 5.2, se calculará la distancia real desde el origen al primer punto de partida de la ruta en cada cluster multiplicando la distancia ideal por el factor de conversión promedio. De esta forma se obtiene la siguiente tabla 5.3.

Tabla 5.3. Cálculo Distancia Real OP

Cluster	Distancia Ideal OP (m)	Distancia Real OP (m)
1	1,839	2,704
2	2,000	2,941
3	2,612	3,840
4	3,161	4,648
5	3,328	4,893
6	6,582	9,677
7	4,360	6,410
8	4,942	7,266
9	5,951	8,750
10	7,801	11,470
11	5,523	8,120
12	7,553	11,105
13	9,569	14,069
14	9,340	13,733
15	8,443	12,414
16	7,145	10,505
17	5,390	7,925
18	5,680	8,351
19	5,048	7,422
20	5,653	8,312

Elaboración propia

En la tabla 5.3 se observa que finalmente se obtuvieron las distancias reales las cuales servirán posteriormente para determinar los tiempos de recorrido.

Una vez obtenidas las distancias reales (Distancia Real y Distancia Real OP), en todos los clusters, se procederá con el cálculo de la distancia total real recorrida (Distancia Total Real), el cual vendría a ser la sumatoria de dichas distancias, obteniendo así la siguiente tabla 5.4.

Tabla 5.4. Cálculo Distancia Real Total

Cluster	Distancia Real (m)	Distancia Real OP (m)	Distancia Real Total (m)
1	4,244	2,704	6,948
2	5,329	2,941	8,270
3	4,087	3,840	7,927
4	6,401	4,648	11,049
5	7,726	4,893	12,619
6	3,746	9,677	13,423
7	6,001	6,410	12,411
8	5,557	7,266	12,823
9	5,527	8,750	14,277
10	4,881	11,470	16,351
11	5,564	8,120	13,684
12	13,231	11,105	24,336
13	19,817	14,069	33,886
14	5,155	13,733	18,888
15	6,496	12,414	18,910
16	6,613	10,505	17,118
17	10,646	7,925	18,571
18	7,060	8,351	15,411
19	9,335	7,422	16,757
20	7,135	8,312	15,447

Elaboración propia

En la tabla 5.4 se muestran las distancias reales que el visitador debe recorrer en cada uno de los clusters, tomando en cuenta la salida desde el origen hasta el último punto de visita.

Por otro lado, cabe señalar que existen dos formas en la que el visitador deberá realizar las visitas, la primera es haciendo uso del transporte público y la segunda es recorriendo las calles caminando; ambas consideran una cierta velocidad al realizarlas. Sin embargo, estas dos formas de velocidad se verán afectadas por los distintos factores que ocurren en la vía pública como la espera en un semáforo, el flujo de personas en las calles, cruce de puentes, calles cerradas por mantenimiento, etc. Para realizar el análisis de estos factores se asumirá que la velocidad de un hombre, caminando a velocidad constante², es de 5 km/h en promedio, y que la velocidad de un bus de transporte público también a velocidad constante es de 60 km/h, esto sin considerar los factores del tráfico y otros. Luego, se incluirán unos porcentajes de penalizaciones, en base a la opinión experta de los visitadores antiguos de

² <http://upcommons.upc.edu/ptc/bitstream/2099.1/3316/6/55865-6.pdf>, <http://es.wikipedia.org/wiki/Km/h>

la compañía de seguros, a estas velocidades para asemejarlo lo más posible a la realidad. Esta descripción se observará mejor en la siguiente tabla 5.5.

Tabla 5.5. Penalizaciones de Velocidades

Velocidades	Ideal (Km/h)	Tráfico	Horas punta	Espera en Semáforos	Cruce de puentes	Calles cerradas	Disponibilidad de Buses	Otros	Real (Km/h)
Velocidad del omnibus	60	10%	20%	10%	-	15%	-	5%	24
Velocidad de un hombre	5	-	-	5%	5%	-	10%	5%	3.75

Elaboración propia

En la tabla 5.5 se observa que se han detallado algunos de los factores más influyentes o determinantes para las velocidades, como el tráfico, el cual se refiere al flujo de buses y automóviles en la ciudad; las horas punta, que indica el aumento o disminución de este flujo a medida que pasa el tiempo; la espera en semáforos, en donde también está incluido el manejo del tránsito por un policía; el cruce de puentes, el cual el peatón debe respetar aunque tenga que seguir un camino más largo; las calles o avenidas cerradas ya sea por mantenimiento o por algún acontecimiento; la disponibilidad de buses, los cuales pueden demorar dependiendo de la ubicación del peatón o también dependiendo de las huelgas de los conductores de los buses (paros); y otros, que incluyen los demás sucesos que pueden ocurrir como procesiones, marchas de huelga, accidentes, etc.

Con estos factores influyentes en la velocidad, se estima que bajo estas condiciones las velocidades serán disminuidas de 60 a 24 km/h para los buses de transporte público y de 5 a 3.75 km/h para los visitantes.

Una vez obtenidas las velocidades y distancias reales se podrá calcular los tiempos que tardarían los visitantes en recorrer cada cluster, aplicando la ecuación física de MRU (tiempo = espacio/velocidad). Sin embargo, se debe tener en cuenta que cada velocidad será aplicada para cada tramo de recorrido en el cluster. Como se había explicado anteriormente, el punto de partida del visitante será la compañía de seguros, desde donde abordará un bus de transporte público para llegar al primer punto de visita (primer tramo), luego continuará su recorrido caminando hasta terminar de visitar todos los domicilios (segundo tramo). De esta forma, para el primer tramo de recorrido se aplicará

la velocidad del bus estimada (24 km/h) y para el segundo tramo la velocidad de un hombre estimada (3.75 km/h), obteniéndose la siguiente tabla 5.6.

Tabla 5.6. Tiempos de Recorrido en cada Tramo

Cluster	Distancia Real (m)	Distancia Real OP (m)	Tiempo de ida al cluster (min)	Tiempo Recorrido en el Cluster (min)
1	4,244	2,704	6.76	67.90
2	5,329	2,941	7.35	85.26
3	4,087	3,840	9.60	65.39
4	6,401	4,648	11.62	102.42
5	7,726	4,893	12.23	123.62
6	3,746	9,677	24.19	59.94
7	6,001	6,410	16.03	96.02
8	5,557	7,266	18.17	88.91
9	5,527	8,750	21.87	88.43
10	4,881	11,470	28.67	78.10
11	5,564	8,120	20.30	89.02
12	13,231	11,105	27.76	211.70
13	19,817	14,069	35.17	317.07
14	5,155	13,733	34.33	82.48
15	6,496	12,414	31.03	103.94
16	6,613	10,505	26.26	105.81
17	10,646	7,925	19.81	170.34
18	7,060	8,351	20.88	112.96
19	9,335	7,422	18.56	149.36
20	7,135	8,312	20.78	114.16

Elaboración propia

En la tabla 5.6 se observan los tiempos estimados, en minutos, que cada visitador deberá recorrer según el cluster asignado. Sin embargo, también se debe considerar el tiempo promedio que demora un visitador en atender al pensionista en su domicilio. Dicho tiempo puede variar entre 10 a 15 min como máximo, por lo tanto para efectos prácticos se tomará el promedio de este intervalo, redondeándolo al número mayor, obteniendo así un tiempo de 13 minutos en promedio en cada atención del asegurado.

Seguidamente, con el tiempo de ida, el tiempo de recorrido y el tiempo de atención al domicilio, se conseguirá estimar el tiempo total que el visitador realiza en un cluster, como se muestra en la siguiente tabla 5.7.

Tabla 5.7. Tiempo Total Recorrido por Cluster

Cluster	Tiempo de ida (min)	Tiempo de Atención (min)	Tiempo de Recorrido (min)	Tiempo Total (min)	Tiempo Total (Horas)
1	6.76	13	67.90	282.66	4.71
2	7.35	13	85.26	313.62	5.23
3	9.60	13	65.39	334.99	5.58
4	11.62	13	102.42	374.04	6.23
5	12.23	13	123.62	395.85	6.60
6	24.19	13	59.94	175.13	2.92
7	16.03	13	96.02	372.04	6.20
8	18.17	13	88.91	289.08	4.82
9	21.87	13	88.43	344.31	5.74
10	28.67	13	78.10	262.77	4.38
11	20.30	13	89.02	408.33	6.81
12	27.76	13	211.70	564.46	9.41
13	35.17	13	317.07	560.25	9.34
14	34.33	13	82.48	285.81	4.76
15	31.03	13	103.94	381.97	6.37
16	26.26	13	105.81	392.07	6.53
17	19.81	13	170.34	437.15	7.29
18	20.88	13	112.96	367.84	6.13
19	18.56	13	149.36	414.92	6.92
20	20.78	13	114.16	381.94	6.37

Elaboración propia

En la tabla 5.7 se observa, finalmente, el tiempo total estimado que demorará un visitador en recorrer cada cluster. Además, se puede observar también que la mayoría de los cluster pueden ser recorridos en menos de un día de trabajo, considerando las 8 horas por ley. Asimismo, existen algunos tiempos que superan dicho horario, pero estos pueden ser compensados por aquellos que requieren menos tiempo de lo normal. De esta forma, se regula o equilibran los tiempos de recorridos para cada visitador.

Una vez obtenidos los tiempos totales se procederá a establecer un rango de horas en las que se estima que estarán los valores para estas muestras. Para ello se construirá un intervalo de confianza para las horas de recorrido, con un nivel de confianza de 95%, una media conocida de 6.12 horas y una desviación estándar de 1.53, obteniéndose así la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Intervalo de Confianza para las horas de recorrido

Nro	Total horas
1	4.71
2	5.23
3	5.58
4	6.23
5	6.60
6	2.92
7	6.20
8	4.82
9	5.74
10	4.38
11	6.81
12	9.41
13	9.34
14	4.76
15	6.37
16	6.53
17	7.29
18	6.13
19	6.92
20	6.37
Media	6.12
Desviacion Estandar	1.53
Nivel de Confianza	95%

	Limite Inferior	Limite Superior
Intervalo Confianza	5.45	6.78

Elaboración propia

La tabla 5.8 muestra que el tiempo en que un visitador puede recorrer un clúster varía entre 5.45 y 6.78 horas al 95% de confiabilidad (asumiendo normalidad). En este caso se corrió una prueba de normalidad para los datos observados, obteniéndose un p-value de 0.152 (> 0.05) por lo que se concluye que los datos provienen de una distribución normal.

Finalmente, para efectos de obtener un mejor análisis de los datos se procedió a crear dos escenarios, un escenario optimista, en la cual las penalizaciones de las velocidades disminuirán en 5%, y otro pesimista, en donde aumentarán 5%, obteniendo así los siguientes datos que se muestran en la tabla 5.9 y 5.10.

Tabla 5.9. Escenario Optimista

OPTIMISTA (-5%)

Velocidades	Ideal (Km/h)	Trafico	Horas punta	Espera en Semaforos	Cruce de puentes	Calles cerradas	Disponibilidad de Buses	Otros	Real Promedio (Km/h)
Velocidad del omnibus	60	5%	15%	5%	-	10%	-	0%	39
Velocidad de un hombre	5	-	-	0%	0%	-	5%	0%	4.75

Elaboración propia

Tabla 5.10. Escenario Pesimista

PESIMISTA (+5%)

Velocidades	Ideal (Km/h)	Trafico	Horas punta	Espera en Semaforos	Cruce de puentes	Calles cerradas	Disponibilidad de Buses	Otros	Real Promedio (Km/h)
Velocidad del omnibus	60	15%	25%	15%	-	20%	-	10%	9
Velocidad de un hombre	5	-	-	10%	10%	-	15%	10%	2.75

Elaboración propia

Con los datos de las tablas 5.9 y 5.10 se calcularán los nuevos tiempos totales estimados para cada clúster en su escenario respectivo realizando el mismo procedimiento que se aplicó anteriormente, obteniéndose así los siguientes intervalos de confianza que se muestran en las tablas 5.11 y 5.12.

Tabla 5.11. Intervalo de Confianza para Escenario Optimista

Nro	Total horas
1	4.43
2	4.88
3	5.29
4	5.80
5	6.09
6	2.55
7	5.76
8	4.39
9	5.29
10	3.92
11	6.36
12	8.49
13	8.00
14	4.25
15	5.80
16	5.99
17	6.56
18	5.60
19	6.27
20	5.83
Media	5.58
Desviacion Estandar	1.34
Nivel de Confianza	95%

	Limite Inferior	Limite Superior
Intervalo Confianza	4.99	6.17

Elaboración propia

Con los datos observados de las tablas 5.11 y 5.12 se corrió una prueba de normalidad, obteniéndose un p-value de 0.263 y 0.064 respectivamente, por lo que se concluye que también los datos son provenientes de una distribución normal.

Tabla 5.12. Intervalo de Confianza
para Escenario Pesimista

Nro	Total horas
1	5.31
2	5.95
3	6.25
4	7.18
5	7.69
6	3.95
7	7.23
8	5.86
9	6.88
10	5.65
11	7.91
12	11.46
13	12.24
14	6.22
15	7.86
16	7.91
17	8.87
18	7.40
19	8.34
20	7.63
Media	7.39
Desviación Estandar	1.93
Nivel de Confianza	95%

	Limite Inferior	Limite Superior
Intervalo Confianza	6.54	8.23

Elaboración propia

Asimismo, en las tablas 5.11 y 5.12 se muestran los resultados obtenidos para ambos escenarios donde se observa que, el tiempo máximo en promedio, en un escenario pesimista, no supera los 8.23 horas es decir 8 horas 14 minutos aproximadamente, lo cual favorece enormemente a la compañía de seguros ya que obtiene un referente de tiempo para todo el recorrido realizado por el visitador.

Finalmente, en la tabla 5.13 se muestran todas las rutas óptimas de cada cluster, obtenidas del desarrollo del modelo matemático aplicados a cada una de ellas, siguiendo el mismo procedimiento que se realizó para el cluster número 2, el cual se detalló anteriormente y hace referencia a la figura 4.6 del capítulo 4 de esta investigación, donde se muestra la ruta óptima.

Tabla 5.13 Cuadro General de Resultados (Escenario Normal)

Cluster	Ruta	N° Puntos	Distancia Total (m)	Punto mas cercano	Distancia Ideal OP (m)	Distancia Ideal (m)	Distancia Real (m)	Factor de Conversion	Distancia Real OP (m)	Distancia Real Total (m)	Tiempo de ida (min)	Tiempo de Atencion (min)	Tiempo de Recorrido (min)	Tiempo Total (min)	Tiempo Total (Horas)
1	0-1-2-3-4-7-10-13-14-12-11-9-6-5-8-15-16-0	16	6.769	1	1.839	2.907	4.244	1,46	2.704	6.948	6,76	13	67,90	282,66	4,71
2	0-1-2-7-13-14-12-11-16-17-15-10-9-8-4-5-6-3-0	17	8.136	3	2.000	4.131	5.329	1,29	2.941	8.270	7,35	13	85,26	313,62	5,23
3	0-2-19-6-1-7-3-15-13-8-14-16-18-12-20-5-10-11-4-9-17-0	20	9.262	17	2.612	3.554	4.087	1,15	3.840	7.927	9,60	13	65,39	334,99	5,58
4	0-6-5-2-9-20-15-19-18-16-1-17-12-14-8-4-7-11-10-3-13-0	20	10.686	6	3.161	3.976	6.401	1,61	4.648	11.049	11,62	13	102,42	374,04	6,23
5	0-11-14-7-12-18-3-10-2-6-16-20-9-15-5-8-19-1-4-17-13-0	20	11.994	13	3.328	5.292	7.726	1,46	4.893	12.619	12,23	13	123,62	395,85	6,60
6	0-2-1-5-3-4-6-7-0	7	16.626	2	6.582	2.734	3.746	1,37	9.677	13.423	24,19	13	59,94	175,13	2,92
7	0-6-7-3-10-20-19-13-9-14-5-15-11-1-2-17-18-8-4-12-16-0	20	13.149	16	4.360	4.110	6.001	1,46	6.410	12.411	16,03	13	96,02	372,04	6,20
8	0-3-7-12-1-2-10-13-8-14-9-11-4-5-6-0	14	14.462	3	4.942	4.056	5.557	1,37	7.266	12.823	18,17	13	88,91	289,08	4,82
9	0-4-1-2-17-6-12-18-16-14-11-15-5-9-8-10-3-13-7-0	18	16.068	7	5.951	4.064	5.527	1,36	8.750	14.277	21,87	13	88,43	344,31	5,74
10	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-0	12	19.823	12	7.801	3.129	4.881	1,56	11.470	16.351	28,67	13	78,10	262,77	4,38
11	0-3-23-14-13-19-12-16-22-1-5-7-6-2-4-20-9-15-11-10-17-21-8-18-0	23	15.606	3	5.523	4.184	5.564	1,33	8.120	13.684	20,30	13	89,02	408,33	6,81
12	0-8-9-5-12-6-25-21-7-19-22-10-24-17-14-23-1-11-13-2-20-16-18-3-4-15-0	25	24.508	8	7.553	8.763	13.231	1,51	11.105	24.336	27,76	13	211,70	564,46	9,41
13	0-2-12-4-14-13-15-16-1-6-5-3-7-8-9-10-11-0	16	32.162	2	9.569	11.758	19.817	1,69	14.069	33.886	35,17	13	317,07	560,25	9,34
14	0-9-2-6-8-1-13-3-7-5-4-11-12-10-0	13	21.496	9	9.340	2.685	5.155	1,92	13.733	18.888	34,33	13	82,48	285,81	4,76
15	0-1-9-10-5-17-13-7-14-6-18-11-3-8-15-4-19-16-12-2-0	19	23.023	1	8.443	4.596	6.496	1,41	12.414	18.910	31,03	13	103,94	381,97	6,37
16	0-3-15-10-13-5-14-2-1-19-8-9-4-17-20-18-16-12-11-7-6-0	20	19.015	3	7.145	4.602	6.613	1,44	10.505	17.118	26,26	13	105,81	392,07	6,53
17	0-1-9-14-10-3-2-8-4-5-7-13-17-15-19-12-16-18-11-6-0	19	18.100	6	5.390	6.927	10.646	1,54	7.925	18.571	19,81	13	170,34	437,15	7,29
18	0-12-17-9-3-4-2-15-14-7-16-10-1-5-8-11-13-6-18-0	18	16.300	12	5.680	4.906	7.060	1,44	8.351	15.411	20,88	13	112,96	367,84	6,13
19	0-13-1-4-10-14-9-11-2-7-3-6-12-8-5-16-17-15-19-18-0	19	15.972	18	5.048	5.868	9.335	1,59	7.422	16.757	18,56	13	149,36	414,92	6,92
20	0-2-8-14-1-16-12-5-6-18-4-10-7-13-11-19-17-3-9-15-0	19	16.487	15	5.653	4.908	7.135	1,45	8.312	15.447	20,78	13	114,16	381,94	6,37

Elaboración propia

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Dentro de las principales conclusiones podemos mencionar las siguientes:

- Los resultados obtenidos en el desarrollo del modelo favorecen a la productividad del visitador ya que ayuda a realizar las visitas ordenadamente y en un tiempo óptimo. Asimismo, desde un escenario normal se estima que la cantidad de horas que le tomará a un visitador recorrer cada cluster varía entre 5.45 horas y 6.78 horas, al 95% de confiabilidad, lo que indica que puede hacer todo el recorrido del cluster en un día.
- La cantidad de días que utilizaba el visitador se han reducido de 32 a 20 días, realizando un cluster por día y trabajando dentro de las horas laborables establecidas por ley. Además, también se mejorará la producción diaria del visitador de 12 visitas efectivas por día a aproximadamente 20 visitas efectivas por día, teniendo en cuenta que cabe la posibilidad de no ubicar al pensionista. Esto significa que la compañía de seguros tendrá más temprano la información de sus afiliados, lo que facilita la posibilidad de realizar nuevos planes de inversiones.
- Las rutas obtenidas en los resultados del modelo, pueden ser realizadas por cualquier persona, de esta forma ya no será tan indispensable que el visitador conozca las calles de la ciudad, sin embargo, siempre será preferible para la compañía de seguros optar por alguien con experiencia.
- En los resultados obtenidos, las rutas óptimas para cada cluster permiten que el visitador realice su trabajo en determinadas horas también óptimas. A pesar de ello, existen algunos clusters que requieren un poco más de las horas establecidas por ley, esto se debe

a la cantidad de domicilios en el cluster. Sin embargo, este tiempo será compensado por otros clusters ya que existen algunos que requieren tiempos menores a 8 horas.

- La creación de los clusters es una herramienta que ayuda a simplificar un problema grande en varios problemas pequeños, los cuales es más factible resolverlos, como se ha demostrado en esta tesis. De tal manera, esto también permite a la compañía de seguros ahorrarse los costos incurridos de aproximadamente 15 días, ya que el visitador no incurrirá en gastos extras por retornos innecesarios porque ya sabe en qué punto debe comenzar y terminar.
- No se consideró la distribución beta para los escenarios debido a que dicha distribución coincide con el valor moderado de las estimaciones.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda para un trabajo a futuro desagregar los factores de velocidad según el orden de visita o según la hora del día.
- Ubicar todas las direcciones de los domicilios de los pensionistas en Lima (no solo la zona de estudio de esta investigación sino todas las demás) y agruparlos en clusters. Luego, aplicar el algoritmo del modelo matemático a cada uno de ellos y resolver el problema. De esta manera la compañía de seguros ya no tendrá que trabajar en base a zonas, lo cual no era muy productivo, sino en base a clusters.
- Para una investigación más detallada, se recomienda tomar los tiempos reales de ida al cluster, es decir, el tiempo real que se demora el visitador desde la compañía de seguros hasta el primer domicilio a visitar y compararlo con el tiempo calculado con el factor de linealidad y observar su distorsión.

- Tomar este modelo matemático como base para la creación de un software que permita recalculan las rutas de los clusters automáticamente y mostrar el resultado a tiempo real. Esto se debe a que la base de datos de los afiliados es voluble ya sea por el ingreso de nuevos pensionistas o beneficiarios, por el cambio de dirección de su domicilio o por su fallecimiento.
- Tomar el tiempo real en que se demora el visitador en recorrer todo el cluster asignado y compararlo con el estimado. De esta manera se podrán realizar ajustes en las penalizaciones de las velocidades y tratar de asemejarlo más a la realidad y así obtener una mejor productividad en las visitas. Asimismo, con estos datos más reales se podría empezar a realizar estudios de simulación lo que permitiría a la compañía de seguros pronosticar el tiempo de demora y lograr tener un mejor cronograma de visitas cumpliendo así las dos visitas que la compañía requiere para asegurarse del fallecimiento de algún afiliado.
- Este modelo matemático puede también ser aplicado a pequeñas empresas como por ejemplo del rubro de Courier, ya que presenta las mismas características de visita y el recorrido es realizado por un solo visitador para un grupo de personas.
- Se desprecia la posibilidad de realizar revisitas ya que no se cuenta con datos medidos. Se recomienda para futuras investigaciones considerarlas en el modelo matemático.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Banks, Jerry

2001 *Discrete-event system simulation*. Tercera Edición. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Córdova, Manuel

2008 *Estadística Aplicada*. Primera Edición. Perú.

David R. Anderson, Dennis J. Sweeney, Thomas A. Williams

2004 *Métodos Cuantitativos para los negocios*. Novena Edición. México: Thomson editores.

Hillier, Frederick S.

2006 *Introducción a la investigación de operaciones*. Octava Edición. México, D.F.: McGraw-Hill.

Olivera, Alfredo

2004 *Heurísticas para Problemas de Ruteo de Transportes*. Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Wayne L., Winston

2005 *Investigación de Operaciones: aplicaciones y algoritmos*. Cuarta Edición. México: Thomson editores.

CUADROS SEGOVIA, Dante Fabio

2006 *Desarrollo de un modelo de optimización de los procesos productivos de un laboratorio farmacéutico aplicando programación lineal entera mixta con múltiples*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

MAYO TEPPERMAN, Daniel José

2005 *Desarrollo de un modelo de optimización de la producción en una empresa textil utilizando la programación lineal entera mixta.* Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

SUPERINTENDENCIA DE BANCA Y SEGUROS

2006 *Circular N° AFP-074-2006. Constatación de la condición de supérstite de pensión en el SPP.* 18 de abril de 2006.
<<http://intranet1.sbs.gob.pe/IDXALL/SPP/DOC/CIRCULAR/PDF/AFP-074-2006.C.PDF>>

2011 *Decreto Legislativo N° 1008. Texto Único Ordenado de la Ley del SPP.* 02 de mayo de 2011 (última modificación).
< http://www.sbs.gob.pe/repositorioaps/0/0/jer/normas_regla_spp/tuoSPP_02-05-2011.pdf >

2011 *Decreto Legislativo N° 1052. Texto Concordado de la Ley General del Sistema Financiero y del Sistema de Seguros y orgánica de la Superintendencia de Banca y Seguros.* 18 de enero de 2011.
<http://www.sbs.gob.pe/repositorioaps/0/0/jer/regu_leygralbancseguro/2011/Ley26702_18-01-2011.pdf>

2011 *Estadísticas del Sistema Privado de Pensiones.* Consulta: 25 de abril de 2011.
<http://www.sbs.gob.pe/0/modulos/JER/JER_Interna.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=150 >

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

2010 *Proyecciones Departamentales de la Población.* Consulta: 30 de mayo de 2010.
<<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0005/cap-510.htm> >

GOOGLE EARTH

2010 *La información geográfica del mundo.* < <http://earth.google.es/>>

GOOGLE MAPS

2010 *Complemento del Google Earth.* < <http://maps.google.es/>>

