



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN PLAN LOGÍSTICO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE
PROVISIONES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN CASO
DE UN SISMO DE GRADO X EN LA ESCALA DE MERCALLI

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

Msc. Ing. Frank Eduardo Alarcón Olallas

Autor

Pablo Adolfo Carrillo Coronel

Año

2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Frank Eduardo Alarcón Olallas

Máster Ingeniero Logístico

1713315719

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Pablo Adolfo Carrillo Coronel

1105032831

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios porque Él ha guiado siempre mis pasos y ha obrado en mi vida a través de mis padres, quienes toda su vida se han esforzado para poder darme lo mejor, y lo mejor que me han podido dar es su apoyo, su ejemplo y su amor, es por eso que también quiero agradecerles a ellos porque sin ellos yo no sería la persona que soy ni hubiera logrado completar mis estudios. Quiero agradecer también a mis abuelitos, quienes sin tener la obligación de ayudarme lo han hecho con todo su amor, de todas las formas posibles.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres quienes se han convertido en un ejemplo de superación, esfuerzo y lucha para mí, gracias a ellos he aprendido a ganarme las cosas con paciencia, constancia y pasión; y es por eso que este logro se lo merecen ellos como muestra de mi más profunda y sincera admiración.

RESUMEN

Debido al impacto que los desastres naturales tienen en la vida de las personas, se decidió diseñar un plan logístico para distribución de provisiones de emergencia en caso de un sismo de gran magnitud en el Distrito Metropolitano de Quito. Debido a que un desastre natural es impredecible se plantearon dos escenarios para los cuales se determinó la localización de centros de distribución, utilizando modelos matemáticos; la optimización de las rutas de transporte de las provisiones y el tamaño de flota, mediante algoritmos meta heurísticos; y el cálculo de un presupuesto de operación del plan, que se centra en los costos más significativos en un escenario de desastre como son el costo de las provisiones y el costo de transporte.

Como resultado se obtuvo que el número de centros de distribución óptimo para cubrir a la población afectada de las 65 parroquias del Distrito Metropolitano de Quito por un desastre natural es de 8 centros. Se obtuvieron también las rutas óptimas con las direcciones detalladas que deben seguir los conductores de los vehículos para entregar las provisiones. Se definió un plan para el manejo de provisiones en el que se establecen las acciones de respuesta que se deben tomar en caso de un sismo de gran magnitud y los responsables de ejecutarlas. Al final se modeló una simulación del plan propuesto, en la cual se puede observar la utilización de los vehículos de transporte y de forma general la ejecución del plan.

ABSTRACT

Due to the impact of natural disasters on the lives of people, we decided to design a logistics plan for distribution of emergency supplies in case of a major earthquake in the Metropolitan District of Quito. Natural disasters are unpredictable, for this reason two scenarios were defined. For each scenario the location of distribution centers was determined using mathematical models; transport routes for supplies and fleet size were optimized using metaheuristic algorithms; and an operating budget, which focuses on the most significant costs in a disaster scenario such as the cost of supplies and transportation, was developed.

As a result it was found that the optimal number of distribution centers to cover the population of the 65 parishes of the Metropolitan District of Quito affected by a natural disaster is 8 centers. Optimal routes to deliver supplies with detailed directions for vehicle drivers were also obtained. We defined a plan with response actions to be taken in the event of a major earthquake and established the responsible for its implementation. Finally a simulation of the proposed plan was modeled, in which we can observe the utilization of vehicles and generally the implementation of the plan.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. Capítulo I. Marco Teórico | 8 |
| 1.1. Desastres Naturales | 8 |
| 1.2. Sismos | 8 |
| 1.2.1. Escala de Mercalli | 9 |
| 1.3. Riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito | 10 |
| 1.3.1. Distrito Metropolitano de Quito | 10 |
| 1.3.2. Factores que Influyen en los Riesgos del Distrito Metropolitano de Quito | 10 |
| 1.3.3. Susceptibilidad Sísmica del Distrito Metropolitano de Quito | 12 |
| 1.3.4. Manejo de Emergencias en el Distrito Metropolitano de Quito | 13 |
| 1.4. Cadena de Abastecimiento Humanitaria | 14 |
| 1.5. Implementación de una Cadena de Abastecimiento Humanitaria | 15 |
| 1.5.1. Evaluación de las Necesidades Logísticas y de Provisiones | 16 |
| 1.5.2. Compras | 16 |
| 1.5.3. Recepción de Provisiones | 16 |
| 1.5.4. Control y Monitoreo de las Provisiones | 17 |
| 1.5.5. Transporte | 17 |
| 1.5.6. Almacenamiento | 18 |
| 1.5.7. Distribución | 18 |
| 1.6. Provisiones de Emergencia | 19 |
| 1.6.1. Galletas Fortificadas para Emergencia (High Energy Biscuits, HEB) | 20 |
| 1.6.2. Pre posicionamiento de Provisiones | 21 |
| 1.7. Logística Internacional | 22 |
| 1.7.1. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos | 22 |
| 1.7.2. Aduana del Ecuador | 23 |
| 1.8. Modelos de Cobertura para Localización de Centros de Distribución | 24 |
| 1.8.1. Problema de Weber | 25 |
| 1.8.2. Problema del Conjunto de Localizaciones de Cobertura | 26 |
| 1.8.3. Problema de Localización de Cobertura Máxima | 27 |
| 1.8.4. Modelo Estándar Doble | 28 |
| 1.9. Técnicas de Optimización | 29 |
| 1.9.1. Algoritmos Exactos | 29 |
| 1.9.2. Algoritmos Meta Heurísticos | 30 |
| 1.9.3. Métodos de Simulación | 31 |
| 1.10. Determinación de Rutas Óptimas | 31 |
| 1.11. Determinación de Inventario de Seguridad y Puntos de Re Orden | 32 |
| 1.11.1. Determinación de Inventario de Seguridad | 32 |
| 1.11.2. Puntos de Re Orden | 33 |

| | |
|---|----|
| 2. Capítulo II. Determinación de Centros de Distribución | 35 |
| 2.1. Sistemas Cross-Docking | 35 |
| 2.2. Determinación de la Demanda | 36 |
| 2.2.1. Inventario | 37 |
| 2.3. Localización de Centros de Distribución | 39 |
| 2.3.1. Modelo de Localización Utilizado | 39 |
| 2.3.2. Software Utilizado para la Optimización | 40 |
| 2.4. Condiciones del Modelo Propuesto | 44 |
| 3. Capítulo III. Determinación y Optimización de Rutas de Distribución | 49 |
| 3.1. Métodos de Optimización del Problema de Ruteado de Vehículos o VRP | 49 |
| 3.2. Software para Determinación y Optimización de Rutas | 50 |
| 3.2.1. Software logvrp | 51 |
| 3.2.2. Algoritmos Utilizados en Logvrp | 52 |
| 3.3. Datos Requeridos por Logvrp | 53 |
| 3.3.1. Ubicación de Centros de Distribución y Puntos de Entrega | 53 |
| 3.3.2. Información de los Pedidos | 56 |
| 3.3.3. Información Sobre la Flota de Vehículos | 57 |
| 3.3.4. Información de Cálculo | 61 |
| 3.4. Optimización de Rutas | 63 |
| 3.4.1. Rutas Centro de Distribución Guamaní | 63 |
| 3.4.2. Problema de la Ruta más Corta y Algoritmo de Dijkstra | 67 |
| 3.4.3. Rutas Centro de Distribución La Ferroviaria | 69 |
| 3.4.4. Rutas Centro de Distribución Pomasqui | 70 |
| 3.4.5. Rutas Centro de Distribución Rumipamba | 71 |
| 3.4.6. Rutas Centro de Distribución Guallea | 72 |
| 3.4.7. Rutas Centro de Distribución Chavezpamba | 72 |
| 3.4.8. Rutas Centro de Distribución Tababela | 73 |
| 3.4.9. Rutas Centro de Distribución Tumbaco | 74 |
| 3.4.10. Rutas CELAH en Tumbaco | 75 |
| 3.4.11. Rutas Aeropuerto Mariscal Sucre | 76 |
| 3.4.12. Tamaño de Flota Óptimo | 76 |
| 4. Capítulo IV. Plan de Manejo de Provisiones en Caso de Sismos de Gran Magnitud | 78 |
| 4.1. Objetivo del Plan | 78 |
| 4.2. Alcance del Plan | 78 |
| 4.3. Definiciones | 78 |
| 4.4. Organismos de Respuesta | 78 |
| 4.5. Consideraciones Generales | 79 |
| 4.5.1. Condiciones para que se active el plan de manejo de | |

| | |
|---|------------|
| provisiones | 79 |
| 4.5.2. Políticas para la Gestión de Provisiones | 79 |
| 4.5.3. Capacidad Logística | 80 |
| 4.6. Roles y Procedimientos | 80 |
| 4.6.1. Activación del Comité de Operaciones de Emergencia Metropolitano | 80 |
| 4.6.2. Evaluación de Daños y Transmisión de Información | 81 |
| 4.6.3. Determinación de la Demanda | 81 |
| 4.6.4. Ayuda Humanitaria Internacional | 81 |
| 4.6.5. Número de Vehículos Necesarios | 82 |
| 4.6.6. Personal Requerido para Manejo de Provisiones | 82 |
| 4.6.7. Responsable del Centro de Distribución | 83 |
| 5. Capítulo V. Simulación del Plan Propuesto | 85 |
| 5.1. Modelos de Simulación | 85 |
| 5.1.1. Simulación | 85 |
| 5.1.2. Ventajas de los Modelos de Simulación | 85 |
| 5.1.3. Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación | 85 |
| 5.2. Flexsim | 86 |
| 5.2.1. Modelado | 86 |
| 5.3. Simulación del Plan Propuesto | 87 |
| 5.4. Resultados de la Simulación | 97 |
| 6. Capítulo VI. Presupuesto de Implementación del Plan Propuesto | 99 |
| 6.1. Presupuestos | 99 |
| 6.1.1. Cálculo de Costos | 99 |
| 6.1.2. Pasos para elaborar un presupuesto | 100 |
| 6.2. Presupuesto de Transporte | 100 |
| 6.3. Presupuesto de Provisiones | 110 |
| 6.4. Presupuesto General | 117 |
| 7. Conclusiones y Recomendaciones | 119 |
| 7.1. Conclusiones | 119 |
| 7.2. Recomendaciones | 120 |
| REFERENCIAS | 122 |
| ANEXOS | 127 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Demanda D(i) en toneladas de las parroquias urbanas y rurales del DMQ en el Escenario 1 | 40 |
| Tabla 2. Asignación de parroquias por centro de distribución | 47 |
| Tabla 3. Ubicación de centros de distribución por parroquia | 54 |
| Tabla 4. Número de recorridos de tráiler necesarios en cada escenario | 59 |
| Tabla 5. Número de recorridos de camión necesarios en cada escenario | 60 |
| Tabla 6. Ruta obtenida mediante el método del vecino más cercano. | 65 |
| Tabla 7. Ruta obtenida mediante el método de inserción. | 65 |
| Tabla 8. Número de camiones necesarios para cada centro de distribución. .. | 77 |
| Tabla 9. Número de tráileres necesarios para el CELAH y el Aeropuerto Mariscal Sucre. | 77 |
| Tabla 10. Costo de Transporte desde el Aeropuerto hacia CD Escenario 1. . | 101 |
| Tabla 11. Costo de Transporte desde el Aeropuerto hacia CD Escenario 2. . | 102 |
| Tabla 12. Costo de Transporte desde el CELAH hacia los CD Escenario 1. . | 102 |
| Tabla 13. Costo de Transporte desde el CELAH hacia los CD Escenario 2. . | 102 |
| Tabla 14. Costo de Transporte desde el CD Guamaní Escenario 1..... | 103 |
| Tabla 15. Costo de Transporte desde el CD Guamaní Escenario 2..... | 104 |
| Tabla 16. Costo de Transporte desde el CD La Ferroviaría Escenario 1. | 104 |
| Tabla 17. Costo de Transporte desde el CD La Ferroviaría Escenario 2. | 105 |
| Tabla 18. Costo de Transporte desde el CD Pomasqui Escenario 1. | 105 |
| Tabla 19. Costo de Transporte desde el CD Pomasqui Escenario 2. | 106 |
| Tabla 20. Costo de Transporte desde el CD Rumipamba Escenario 1. | 106 |
| Tabla 21. Costo de Transporte desde el CD Rumipamba Escenario 2. | 107 |
| Tabla 22. Costo de Transporte desde el CD Guala Escenario 1..... | 107 |
| Tabla 23. Costo de Transporte desde el CD Guala Escenario 2..... | 107 |
| Tabla 24. Costo de Transporte desde el CD Chavezpamba Escenario 1. | 108 |
| Tabla 25. Costo de Transporte desde el CD Chavezpamba Escenario 2. | 108 |
| Tabla 26. Costo de Transporte desde el CD Tababela Escenario 1. | 108 |
| Tabla 27. Costo de Transporte desde el CD Tababela Escenario 2. | 109 |
| Tabla 28. Costo de Transporte desde el CD Tumbaco Escenario 1. | 109 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 29. Costo de Transporte desde el CD Tumbaco Escenario 2. | 109 |
| Tabla 30. Costo Total de Transporte Escenario 1. | 110 |
| Tabla 31. Costo Total de Transporte Escenario 2. | 110 |
| Tabla 32. Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 1. | 111 |
| Tabla 33. Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 2. | 111 |
| Tabla 34. Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 1. | 112 |
| Tabla 35. Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 2. | 112 |
| Tabla 36. Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 1. | 113 |
| Tabla 37. Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 2. | 113 |
| Tabla 38. Costo Provisiones CD Gualea Escenario 1. | 113 |
| Tabla 39. Costo Provisiones CD Gualea Escenario 2. | 114 |
| Tabla 40. Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 1. | 114 |
| Tabla 41. Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 2. | 114 |
| Tabla 42. Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 1. | 115 |
| Tabla 43. Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 2. | 115 |
| Tabla 44. Costo Provisiones CD Tababela Escenario 1. | 115 |
| Tabla 45. Costo Provisiones CD Tababela Escenario 2. | 116 |
| Tabla 46. Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 1. | 116 |
| Tabla 47. Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 2. | 116 |
| Tabla 48. Costo Total Provisiones Escenario 1. | 117 |
| Tabla 49. Costo Total Provisiones Escenario 2. | 117 |
| Tabla 50. Costo Total de Operación Escenario 1. | 118 |
| Tabla 51. Costo Total de Operación Escenario 2. | 118 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Formulación del modelo en GAMS..... | 45 |
| Figura 3. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 2..... | 46 |
| Figura 2. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 1..... | 46 |
| Figura 4. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 3..... | 47 |
| Figura 5. Página principal de logvrp. | 55 |
| Figura 6. Editar estación. | 55 |
| Figura 7. Información del pedido. | 56 |
| Figura 8. Información del vehículo. | 57 |
| Figura 9. Información de Cálculo. Unidades..... | 61 |
| Figura 10. Información de Cálculo. Restricciones. | 61 |
| Figura 11. Información de Cálculo. Tiempo Disponible. | 62 |
| Figura 12. Información de Cálculo. Algoritmos..... | 62 |
| Figura 13. Nodos del CD Guamaní. | 64 |
| Figura 14. Ruta obtenida para el CD Guamaní con Google Maps. | 66 |
| Figura 15. Dígrafo direccionado de 6 nodos. | 67 |
| Figura 16. Ruta obtenida para el CD Guamaní con logvrp..... | 69 |
| Figura 17. Ruta obtenida para el CD La Ferroviaria con logvrp. | 70 |
| Figura 18. Ruta obtenida para el CD Pomasqui con logvrp. | 70 |
| Figura 19. Ruta obtenida para el CD Rumipamba con logvrp. | 71 |
| Figura 20. Ruta obtenida para el CD Guallea con logvrp..... | 72 |
| Figura 21. Ruta obtenida para el CD Chavezpamba con logvrp. | 73 |
| Figura 22. Ruta obtenida para el CD Tababela con logvrp. | 73 |
| Figura 23. Ruta obtenida para el CD Tumbaco con logvrp. | 74 |
| Figura 24. Ruta obtenida para el CELAH con logvrp..... | 75 |
| Figura 25. Ruta obtenida para el Aeropuerto Mariscal Sucre con logvrp. | 76 |
| Figura 26. Diagrama de Flujo del Plan de Manejo de Provisiones. | 84 |
| Figura 27. Vista general de la simulación..... | 88 |
| Figura 29. Detalle CD Tababela. | 89 |
| Figura 28. Aeropuerto Mariscal Sucre en la Simulación..... | 89 |
| Figura 30. Rutas y parroquias CD Tababela. | 90 |
| Figura 31. Detalle CD Guamaní. | 90 |

| | |
|---|----|
| Figura 32. Rutas y parroquias CD Guamaní. | 91 |
| Figura 33. Detalle CD Rumipamba..... | 91 |
| Figura 35. Detalle CD Tumbaco. | 92 |
| Figura 34. Rutas y parroquias CD Rumipamba..... | 92 |
| Figura 36. Rutas y parroquias CD Tumbaco. | 93 |
| Figura 37. Detalle CD La Ferroviaria..... | 93 |
| Figura 38. Rutas y parroquias CD La Ferroviaria..... | 94 |
| Figura 39. Detalle CD Pomasqui. | 94 |
| Figura 40. Rutas y parroquias CD Pomasqui. | 95 |
| Figura 41. Detalle CD Gualea. | 95 |
| Figura 42. Rutas y parroquias CD Gualea. | 96 |
| Figura 43. Detalle CD Chavezpamba..... | 96 |
| Figura 44. Indicadores de utilización de tráileres. | 97 |
| Figura 45. Indicadores promedio de utilización de camiones por centro de distribución..... | 98 |

INTRODUCCIÓN

I. Antecedentes

El número de desastres naturales y de personas afectadas ha incrementado durante los últimos años (Balcik y Beamon, 2008, p.101). Tenemos como grandes ejemplos de esto al tsunami del 2004 en Asia, el terremoto del 2005 en el Sudeste Asiático, el terremoto del 2010 en Haití, las inundaciones en Pakistán en el 2011 y el terremoto y posterior tsunami de Japón en el 2011. Por esta razón en los últimos años las organizaciones de ayuda humanitaria internacional y algunos gobiernos han centrado su atención en la preparación frente a desastres.

El objetivo de la ayuda humanitaria es proveer rápidamente provisiones como alimentos, agua, medicinas, etc., a las áreas afectadas por el desastre para poder minimizar el número de muertes y el número de personas afectadas (Balcik y Beamon, 2008, p.101). La mejor forma de proveer rápidamente provisiones es a través de una cadena de abastecimiento humanitaria en la cual debe constar el papel que desempeñará cada organización participante antes, durante y después del desastre. Ya que durante un desastre natural participan organizaciones internacionales, gobiernos locales, las fuerzas armadas, organizaciones de ayuda locales y regionales y algunas empresas del sector privado, cada una de las cuales tienen diferentes intereses, capacidades y experiencia en el campo logístico (Balcik et al, 2009).

El diseño o rediseño de una cadena de distribución conlleva la toma de decisiones sobre varios temas, que incluyen la ubicación y flexibilidad de los centros de distribución, la capacidad requerida para abastecer a la población afectada y la administración de la cadena de distribución. El sistema de distribución utilizado en operaciones humanitarias depende de los factores propios de cada desastre (Chandraprakaikul, 2010).

Debido a que los esfuerzos de ayuda humanitaria están caracterizados por un grado alto de incertidumbre y complejidad, deben ser manejados adecuadamente para direccionar e implementar mejores mecanismos de respuesta (Cozzolino, 2012, p. 5). Por esta razón el Programa Mundial de Alimentos (PMA) de la ONU ha ubicado en el Ecuador un Centro Logístico de Ayuda Humanitaria (CELAH), el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 1200 toneladas métricas. En este centro se ha preposicionado alimentos y productos no alimentarios para abastecer a la región Latinoamericana en caso de desastres naturales (PMA, 2010).

En el Ecuador en el año 2008 se creó la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos cuya misión consiste en prevenir y tomar las medidas necesarias para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico (Subsecretaría de Respuesta de la SNGR, 2012). Pero aún falta mucho por hacer ya que a nivel nacional no se cuenta con una planificación para la distribución de provisiones ni con el diseño de una adecuada cadena de abastecimiento humanitaria capaz de dar una respuesta rápida y eficiente en caso de desastres naturales.

II. Marco Referencial

a. Desastres Naturales

La definición de desastre natural es variable y generalmente refleja la naturaleza y el enfoque de la organización que está definiéndolo. De acuerdo a una definición más completa, desastre se define como una situación de crisis que causa un gran daño que excede nuestra habilidad para sobreponernos. Pero a pesar de la definición dada, podemos concluir que no puede haber un sistema ideal que prevenga los daños causados por el desastre, porque si lo hubiera la situación no se podría llamar desastre. Tiene que suprimir nuestra capacidad para recuperarnos. Sólo en esa situación puede llamarse desastre (Chaliamalias, 2012).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) se refiere al término “desastre” cuando existe una avería en el funcionamiento normal de una comunidad que tiene un impacto adverso significativo en las personas, su trabajo y su medio ambiente, minimizando la capacidad de respuesta local. Esta situación puede ser resultado de un evento natural, como un terremoto o un huracán, o puede ser resultado de la actividad humana (OPS, 2001).

b. Logística Humanitaria

Definimos logística humanitaria o logística de emergencia como el proceso de planificar, administrar y controlar el flujo eficiente de asistencia humanitaria, información y servicios desde los puntos de origen hasta los puntos de destino para satisfacer las necesidades urgentes de la población afectada por condiciones de emergencia (Sheu, 2007).

c. Modelos de Localización

La importancia de los problemas de localización de plantas se deriva de dos factores: el impacto que tienen en el costo operativo del sistema y los tiempos de respuesta a la demanda. Mientras que el objetivo de los modelos de localización de plantas aplicados al sector privado tienen el objetivo de minimizar costos o maximizar la ganancia, los modelos aplicados en el sector público y en casos de emergencia se enfocan en la accesibilidad del usuario y en los tiempos de respuesta (Balcik y Beamon. 2008).

d. Determinación de Rutas

El transporte es el elemento de la logística que hace posible que la ayuda humanitaria llegue al lugar donde se necesita ya sea desde el exterior o internamente. Cuando se define la estrategia de transporte, es importante tomar en consideración no solamente los medios y recursos necesarios para transportar las provisiones, sino también es necesario determinar cuáles son las posibilidades y alternativas para entregar la ayuda. Medios, métodos y rutas alternativas deben ser consideradas. Las provisiones no deben ser transportadas de cualquier forma o en cualquier momento, el desafío es

hacerlo de manera segura y de forma coordinada (Chaliamalias, 2012). Cuando se decide qué medio de transporte utilizar debemos pensar en dos factores: las necesidades en el lugar y los medios de transporte disponibles (Lin, 2011).

e. Pre Posicionamiento de Inventario

Las organizaciones de ayuda humanitaria que adquieren provisiones antes de los desastres pre posicionan estratégicamente estas provisiones en centros de distribución. Sin embargo, debido a la incertidumbre de ocurrencia de desastres y los costos de operación, solo ciertas organizaciones humanitarias utilizan esta estrategia (Balcik y Beamon, 2008). Las organizaciones humanitarias deben pre posicionar un inventario mínimo a diferentes niveles (global, regional, nacional, etc.). Este tipo de centros intermedios deben establecerse también para ayudar en la logística en la etapa post desastre.

f. Aduanas y Logística Internacional

También es indispensable tener en cuenta la capacidad y los recursos de las instituciones y organizaciones externas. Su presencia y sus respectivas responsabilidades en algunos sectores o zonas geográficas son sumamente importantes para los planes de respuesta a desastres o de contingencia (IFRC, 2008).

De igual manera se debe tener en cuenta los procedimientos de aduana que se deben seguir en puertos y aeropuertos por donde ingresarán las donaciones al país. En nuestro país el procedimiento para nacionalizar una donación establece que:

“estarán exentas del pago de tributos las Donaciones provenientes del exterior, a favor de las instituciones del sector público o del sector privado sin fines de lucro, destinadas a cubrir servicios de salubridad, alimentación, asistencia técnica, beneficencia, asistencia médica, educación, investigación científica y cultural, siempre que tengan suscritos

contratos de cooperación con instituciones del sector público.” (Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, 2011).

III. Alcance

A través de este proyecto se busca diseñar un plan logístico para la distribución de provisiones en el Distrito Metropolitano de Quito, en caso de un sismo de grado X en la escala de Mercalli, para lo cual se determinará:

- Los principales aeropuertos que serían utilizados para la llegada de provisiones donadas por organismos internacionales.
- La ubicación de los centros de almacenamiento en los cuales pre posicionar provisiones.
- El stock mínimo de provisiones a pre posicionar.
- La ubicación de los centros de distribución en las zonas críticas del Distrito Metropolitano de Quito.
- Los tiempos de entrega entre centros de distribución y los costos de transporte de las provisiones.

IV. Justificación

Los desastres naturales son fenómenos impredecibles y son causantes de la pérdida de muchas vidas humanas. Como hemos visto, en los últimos diez años, alrededor del mundo cientos de miles de personas murieron y varios millones más fueron afectadas por terremotos, tsunamis, inundaciones, erupciones volcánicas, etc. La falta de planificación y preparación frente a desastres hace que los efectos de los mismos sean aún más desastrosos.

Por tratarse de la capital del país y debido a que las instituciones de gobierno se encuentran ubicadas en el Distrito Metropolitano de Quito, el diseño de un plan logístico para distribución de provisiones ayudará a la preparación frente a un sismo de gran magnitud, ya que establece la ubicación de la infraestructura necesaria, las rutas y tiempos de entrega y los costos de transporte de provisiones, convirtiéndose en una herramienta que facilitará la toma de

decisiones para dar una respuesta más rápida y eficiente ante desastres de este tipo.

V. Fuentes de información que se utilizará para el Trabajo de Titulación

Las principales fuentes de información a utilizarse serán las siguientes:

- Atlas de Amenazas Naturales en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Manuales y procedimientos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.
- Publicaciones de la Organización Panamericana de la Salud.
- Publicaciones del Programa Mundial para la Alimentación.
- Publicaciones de la Federación de Sociedades de la Cruz Roja y Media Luna Roja.
- International Journal of Logistics: Research and Applications.
- International Journal of Production Research.

VI. Objetivo General

Diseñar un plan logístico de distribución de provisiones en el Distrito Metropolitano de Quito, facilitando la toma de decisiones y reduciendo los tiempos de respuesta en caso de un sismo de grado X en la escala de Mercalli.

VII. Objetivos Específicos

- Establecer la posible ubicación de centros de almacenamiento y centros de distribución de provisiones en puntos estratégicos para facilitar la entrega de provisiones.
- Determinar el stock mínimo de provisiones que se debe pre posicionar y las rutas óptimas de distribución para reducir los tiempos de respuesta en la entrega de provisiones.

- Definir un plan de gestión de provisiones en caso de desastres para determinar las acciones que se deben tomar y los responsables de ejecutarlas.
- Realizar una simulación de la distribución de provisiones y un estudio económico de implementación para analizar el funcionamiento del plan propuesto.

1. Capítulo I. Marco Teórico

1.1. Desastres Naturales

La definición de desastre natural es variable y generalmente refleja la naturaleza y el enfoque de la organización que está definiéndolo. De acuerdo a una definición más completa, desastre se define como una situación de crisis que causa un gran daño que excede nuestra habilidad para sobreponernos. Pero a pesar de la definición dada, podemos concluir que no puede haber un sistema ideal que prevenga los daños causados por el desastre, porque si lo hubiera la situación no se podría llamar desastre. Tiene que suprimir nuestra capacidad para recuperarnos. Sólo en esa situación puede llamarse desastre (Chaliamalias, 2012).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) se refiere al término “desastre” cuando existe una avería en el funcionamiento normal de una comunidad que tiene un impacto adverso significativo en las personas, su trabajo y su medio ambiente, minimizando la capacidad de respuesta local. Esta situación puede ser resultado de un evento natural, como un terremoto o un huracán, o puede ser resultado de la actividad humana (OPS, 2001).

1.2. Sismos

Un sismo es una vibración, muchas veces violenta, de la superficie de la tierra la cual es seguida por una liberación de energía en la corteza terrestre. Esta energía puede ser generada por la dislocación repentina de segmentos de corteza, por erupciones volcánicas o por una explosión provocada por el ser humano. Los terremotos más destructivos son los provocados por la dislocación de la corteza.

Durante un sismo la corteza primeramente puede doblarse y luego cuando la tensión excede a la resistencia de la roca se rompe y automáticamente se ubica en una nueva posición. En el proceso de rompimiento y reubicación se

generan vibraciones llamadas “ondas sísmicas”. Estas ondas viajan hacia el exterior desde el origen del sismo a lo largo de la superficie y a través de la Tierra a velocidades variables dependiendo del material a través del cual se mueven (Shedlock y Pakiser, 1995).

1.2.1. Escala de Mercalli

El efecto de un sismo en la superficie de la Tierra es llamado intensidad. Una escala de intensidad consiste en una serie de respuestas clave como que la gente se despierte, el movimiento de los muebles, daño a chimeneas y finalmente la destrucción total. A pesar de que varias escalas de intensidad han sido desarrolladas a lo largo de los últimos cientos de años para evaluar los efectos de los sismos, la más utilizada es la escala de Mercalli. Esta escala fue desarrollada en 1931 por los sismólogos americanos Harry Wood y Frank Neumann.

La escala de Mercalli está compuesta de 12 niveles crecientes de intensidad que varían desde un estremecimiento imperceptible hasta una destrucción catastrófica. Cada nivel se designa por números romanos. La escala no tiene una base matemática, sino que es una clasificación arbitraria que se basa en los efectos observados.

El valor de la escala de Mercalli asignado a un lugar específico luego de un sismo tiene una medida más significativa de la severidad que la magnitud del sismo, debido a que la intensidad se refiere a los efectos experimentados en ese lugar en particular.

Los niveles más bajos de la escala de Mercalli generalmente hacen referencia a la manera en que el sismo es sentido por las personas, mientras que los niveles más altos se basan en el daño estructural observado (USGS, s.f.).

El grado X en la escala de Mercalli corresponde a la siguiente descripción:

Algunas estructuras de madera bien construidas se destruyen; la mayoría de las estructuras de mampostería y de madera se destruyen desde los cimientos y el terreno se encuentra muy agrietado. Rieles dobladas. Se presentan deslizamientos de tierra considerables en los márgenes de ríos y laderas empinadas. Existen desplazamientos de arena y barro (USGS, s.f.).

1.3. Riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito

1.3.1. Distrito Metropolitano de Quito

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), está localizado entre las coordenadas geográficas 0°58'53" latitud norte y 0°41'37" latitud sur, y entre 77°58'53" y 79°3'27" longitud oeste. Los límites del DMQ son la Provincia de Imbabura al norte; los cantones Rumiñahui y Mejía al sur; al este los Cantones Pedro Moncayo, Cayambe y la Provincia de Napo; y al oeste con los Cantones Pedro Vicente Maldonado, Los Bancos y la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

El DMQ está dividido en ocho Administraciones Zonales Operativas las cuales fueron creadas para poder atender de mejor manera las necesidades de la ciudadanía. El DMQ está conformado por 32 parroquias metropolitanas centrales o urbanas y por 33 parroquias suburbanas o rurales, distribuidas en las Administraciones Zonales, que a su vez se dividen en un total de 1237 barrios (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.3.2. Factores que Influyen en los Riesgos del Distrito Metropolitano de Quito

1.3.2.1. Clima

El DMQ se encuentra ubicado en la serranía ecuatoriana, la cual tiene una gran variabilidad debido a su orografía, topografía, la circulación de los vientos, las corrientes marinas como la cálida del El Niño y la fría de Humboldt y también

los vientos provenientes de la Región Amazónica. Esto genera que el DMQ tenga un clima de tipo ecuatorial con dos estaciones: la lluviosa y la seca. La temperatura media en el DMQ es de 14,5 °C, con una media mínima de 9,6 °C y una media máxima de 21 °C. La humedad relativa es de 73% anual (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.3.2.2. Microcuencas

En el Distrito Metropolitano de Quito existen vertientes naturales que tienen gran influencia en el balance hídrico de la ciudad, lo cual puede ser constatado tanto en el norte como en el sur de la ciudad y en varios fenómenos como saturaciones de suelos, hundimientos e inundaciones que se producen en el DMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.3.2.3. Relieve

El relieve del DMQ se caracteriza por su heterogeneidad, existen pendientes que forman planicies de 0 – 5% y otras abruptas de más de 70%. La ciudad se encuentra situada en un valle montañoso, debido al crecimiento alargado de la zona urbana originado por las barreras naturales de las montañas.

El DMQ se ha transformado en una zona de riesgos debido a la ocupación de infraestructura habitacional en las fuertes pendientes y laderas, lo cual incrementa la inestabilidad de los taludes con pendientes muy pronunciadas y puede dar origen a desprendimientos de cobertura vegetal, erosión, cambios en la escorrentía y drenajes naturales (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.3.2.4. Geología

El DMQ tiene como límites geológicos el Nudo de Mojanda (Imbabura) en el Norte; el Nudo de Tiopullo (Cotopaxi) en el sur; la Cordillera Real al este; y la Cordillera Occidental al oeste. La Cordillera de los Andes es el producto de la

subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana. La colisión de las placas Sudamericana y de Nazca han dado lugar a la formación de fallas perpendiculares en las cordilleras, lo cual generó cuencas abiertas e intermontañas que luego fueron rellenadas por productos provenientes de los volcanes Pichincha y Atacazo, como flujos de lava y materiales sedimentario – piroclásticos (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.3.3. Susceptibilidad Sísmica del Distrito Metropolitano de Quito

La susceptibilidad se refiere a la facilidad con la que un fenómeno puede ocurrir en función de las condiciones locales del terreno. Es una propiedad que indica si las condiciones para que ocurran eventos como deslizamientos, inundaciones, hundimientos, entre otros, son favorables o desfavorables.

Una amenaza sísmica es la probabilidad de que en una zona determinada ocurran vibraciones sísmicas con un cierto nivel de intensidad o magnitud. Fenómenos como los terremotos son considerados variables estacionarias, es decir, que donde han ocurrido grandes terremotos, es probable que en el futuro vuelvan a ocurrir otros similares.

El DMQ ha sido afectado por varios terremotos intensos, de los cuales cinco produjeron daños considerables en edificios y muertes fatales. Estos ocurrieron en 1587, 1755, 1797, 1859 y 1868.

Quito está atravesado por un sistema de fallas desde Tambillo al sur hasta San Antonio de Pichincha en el norte, con un trazado de 47 a 50 kilómetros de longitud. Estas fallas, por la forma del terreno, están representadas por las colinas de Puengasí, Lumbisí, el Batán – La Bota y Bellavista – Catequilla. La ciudad se encuentra construida sobre una falla que se encuentra a 400 metros por encima del Valle Interandino, lo cual es un caso típico de fallas ocultas que presentan una actividad sísmica constante en el tiempo, exponiendo a la

ciudad a vibraciones muy altas y a ser afectada por sismos superficiales.

Algunos estudios han sido llevados a cabo en el DMQ por varios especialistas, quienes han realizado estimaciones sobre la magnitud y localización de sismos y terremotos que podrían afectar a Quito en el futuro.

Un estudio realizado en 1992 en el cual se dividió al DMQ en 22 zonas, según su tipo de suelo, dejó las siguientes conclusiones:

- Quito experimentará terremotos destructores en el futuro, de los cuales algunos podrían ser de mayor intensidad que el de marzo de 1987 y provocarían mayores daños.
- La ciudad no se encuentra preparada para un terremoto y cada día es más vulnerable, lo cual causará una considerable pérdida de vidas humanas, daños materiales y daños a la economía (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

Es importante señalar que el Código Ecuatoriano de la Construcción 2000, en su artículo 5.2, asigna a todo el DMQ la zona sísmica IV, lo que quiere decir que es una zona de muy alta intensidad sísmica y por lo tanto se deben tener consideraciones especiales en la construcción de inmuebles y edificios.

1.3.4. Manejo de Emergencias en el Distrito Metropolitano de Quito

El DMQ cuenta con la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos para las fases de prevención y planificación frente a riesgos; y con el Comité Operativo de Emergencias Metropolitano (COE – M) para la respuesta a emergencias, el cual es un organismo conformado por organizaciones, municipales, estatales, técnico – científicas y privadas nacionales e internacionales. Desde este organismo las autoridades se encargan de coordinar y dirigir las acciones necesarias para la preparación o atención a una emergencia.

Entre los organismos de respuesta que posee el DMQ están el Cuerpo de

Bomberos de Quito, las Unidades de Policía Comunitaria, la Secretaría de Comunicación Social, la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EMAAP – Q), la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EMMOP – Q), la Policía Metropolitana, las Administraciones Zonales, la Empresa Metropolitana de Aseo (EMASEO) y el Comité Interinstitucional de la Red de Emergencias Médicas (CIREM). Todos estos organismos desempeñan un papel importante según la emergencia que deba ser atendida y se encuentran estratégicamente ubicados en el territorio del DMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010).

1.4. Cadena de Abastecimiento Humanitaria

Cadena de abastecimiento es el flujo o transporte de bienes desde el origen hasta el punto de distribución, con puntos de almacenamiento en donde sea necesario. El objetivo es conseguir un equilibrio entre velocidad, seguridad, costos de almacenamiento y costos de transporte. Los conceptos son los mismos en el caso de una cadena de abastecimiento humanitaria sin importar las cantidades transportadas, el medio de transporte o el área involucrada.

Los procesos en la cadena de abastecimiento no son necesariamente secuenciales o lineales; por lo general son ejecutados en paralelo. Sin embargo, no deben ser considerados por separados sino como procesos integrales, debido a la complejidad de sus interrelaciones.

Puede referirse a una cadena de abastecimiento como una red que consiste de proveedores, productores, distribuidores, vendedores y clientes. Esta red está compuesta también por tres tipos de flujos que requieren un diseño cuidadoso y una estrecha coordinación:

- Flujo de Materiales: representa el flujo de los productos desde el proveedor hasta el cliente, así como la logística inversa.
- Flujo de Información: representa la transmisión de pedidos, el

seguimiento de las órdenes y la coordinación de los pedidos.

- Flujos Financieros: representan los términos de crédito, el cronograma de pagos y acuerdos de consignación.

Una gestión eficaz de la cadena de abastecimiento humanitaria tiene que tener la capacidad de responder a múltiples intervenciones, generalmente a escala global, tan rápido como sea posible en un periodo corto de tiempo.

También es necesario que las cadenas tengan ciertas características específicas en lo que se refiere a la compra, transporte, distribución y almacenamiento de las provisiones. El propósito del proceso de compra es asegurar que las organizaciones involucradas en la ayuda humanitaria tengan los recursos necesarios para satisfacer las necesidades identificadas. Esto requiere que se identifiquen las fuentes de los bienes y servicios requeridos y la forma en la que estos serán adquiridos. Después de esto es necesario identificar los medios de transporte a través de los cuales las provisiones llegarán al lugar donde son requeridas. Una estrategia de transporte no deberá considerar únicamente los medios de transporte, sino también todas las alternativas de transportar las provisiones de un lugar a otro de forma oportuna y segura. Las provisiones deben ser protegidas de una manera organizada y sistemática hasta que puedan ser entregadas a sus beneficiarios finales.

El objetivo principal de la cadena de abastecimiento humanitaria es entregar ayuda a las personas afectadas por un desastre de manera justa y controlada adecuadamente para evitar abusos o desperdicio. Todos los procesos de la cadena antes mencionados están estrechamente vinculados. La falla o el funcionamiento ineficiente de alguno de ellos dentro de la cadena afectará al desempeño de toda la cadena de abastecimiento humanitaria (OPS, 2000).

1.5. Implementación de una Cadena de Abastecimiento Humanitaria

Para el diseño de una cadena de abastecimiento humanitaria es necesario analizar cuidadosamente los diferentes procesos de la cadena ya que de esto depende el éxito o el fracaso de la ayuda humanitaria.

1.5.1. Evaluación de las Necesidades Logísticas y de Provisiones

La evaluación de las necesidades logísticas y de provisiones sirve para determinar con la mayor exactitud posible las necesidades de la población debido a los efectos de un desastre natural, así como la capacidad local disponible para satisfacer esas necesidades.

Mediante este proceso la cadena de abastecimiento humanitaria empieza a determinar las necesidades de la población afectada y las necesidades de las organizaciones que efectuarán las actividades de socorro. Se debe tomar en cuenta el tipo, la cantidad, la urgencia y el lugar al que deben ser transportadas las provisiones.

Por otra parte, un escenario de desastre suele ser una situación variable y de cambio constante, por lo que esta evaluación debe ayudar no solo a identificar la situación actual sino también a prever las necesidades futuras (OPS, 2001).

1.5.2. Compras

Las provisiones requeridas durante una emergencia provienen de diferentes fuentes, ya sea que las organizaciones humanitarias las adquieran directamente, las reciban como donaciones nacionales o de la comunidad internacional, o sean préstamos. Cada uno de estos métodos se pueden aplicar en el caso de desastres naturales, pero es necesario tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de ellos (OPS, 2000).

1.5.3. Recepción de Provisiones

Las provisiones llegan al área afectada desde distintos puntos y por diferentes vías: terrestre, aérea, marítima. Por lo general las donaciones o provisiones llegarán a través de puertos, aeropuertos o fronteras terrestres. Estos puntos son lugares de tránsito para las provisiones, en donde las autoridades nacionales se encargan de su manejo. En estos puntos se presentan

problemas como una limitada capacidad de operación, dificultades para descargar, etc. Por esta razón es importante conocer el tipo de vehículo y las características de la carga para poder planificar adecuadamente su recepción (Zhang, 2011).

1.5.4. Control y Monitoreo de las Provisiones

Para evitar pérdidas o desviaciones y así asegurar una utilización más eficiente de los recursos, se requiere de un control para garantizar el avance de las provisiones a través de las diferentes etapas que atraviesa hasta llegar a los usuarios finales.. Estos controles deben indicar los tipos de provisiones que han sido movilizadas, la cantidad y la condición en las que fueron movidas. En resumen se deben llevar a cabo los siguientes pasos: selección, clasificación e inventario (OPS, 2001).

1.5.5. Transporte

El transporte es el elemento de la cadena de abastecimiento humanitaria que hace posible que la ayuda llegue al lugar en la que es requerida (Stephenson, 1993).

Cuando se planifica los medios de transporte a utilizar, hay que analizar dos factores: las necesidades en el lugar afectado (urgencia, tipo de provisiones, distancias, condiciones de las rutas, clima, etc.) y los medios de transporte viables (medios disponibles, costo, capacidades de transporte, etc.) (Lin, 2011).

Cuando se trate de la ruta óptima, la elección debe ser tomada dependiendo del medio de transporte disponible, la urgencia de la entrega y el cronograma de entrega. Algunos principios básicos que deben seguirse son los siguientes:

- La ruta más segura debe elegirse aunque esta no sea la más rápida o la más corta.

- Es importante determinar los servicios clave a lo largo del camino, como por ejemplo lugares donde obtener combustible, alimentos, reparaciones mecánicas o ayuda médica.
- También es importante determinar los segmentos potencialmente inseguros dentro de la ruta.
- Cualquier cambio o desviación de la ruta preestablecida, así como cualquier otra situación especial que pueda surgir durante la travesía, debe ser comunicada de inmediato a la base más cercana, ya sea esta el punto de origen, el punto de destino o un punto intermedio (Chaliamalias, 2012).

1.5.6. Almacenamiento

Las provisiones deberán ser almacenadas hasta que puedan ser distribuidas o utilizadas, pero no se trata solamente de encontrar un lugar donde colocar las provisiones.

Primero se debe elegir el lugar dependiendo del tipo de provisiones que se van a almacenar. Luego debemos considerar el tamaño y la accesibilidad del lugar donde se almacenarán las provisiones. Es necesario evaluar la cantidad de centros de almacenamiento que se deben poseer y la ubicación que éstos deben tener, dependiendo de la cantidad de la demanda y la distancia hacia los puntos que tiene que cubrir para poder satisfacer el nivel de servicio propuesto. También es importante tener en cuenta ciertas condiciones internas del lugar como su vulnerabilidad a las amenazas naturales, presencia de agua estancada, el entorno social, la seguridad (Henderson, 2004).

1.5.7. Distribución

La distribución de la ayuda humanitaria tiene que ser proporcional a las necesidades de las personas afectadas por el desastre, debe ser equitativa y

tiene que ser controlada para evitar el abuso o desperdicio de provisiones. Existen ciertos criterios que se han definido para conseguir una distribución más equitativa de las provisiones y es necesario que estos se apliquen siempre (OPS, 2000).

1.6. Provisiones de Emergencia

Las provisiones humanitarias o de emergencia son aquellos bienes, materiales y equipos utilizados por las organizaciones para proveer ayuda en caso de desastre, particularmente aquellos requeridos para satisfacer las necesidades básicas de la población afectada. Las provisiones abarcan una gran variedad, desde comida, medicinas y ropa hasta equipo de rescate, generadores eléctricos, materiales de construcción y herramientas. Especialmente, luego de un desastre, las provisiones más críticas son las que se necesitan para dar tratamiento a los heridos y para prevenir la propagación de enfermedades (OPS, 2000).

La Organización Mundial de la Salud conjuntamente con otras organizaciones internacionales, han adoptado una clasificación estandarizada que ubica a las provisiones humanitarias dentro de 10 categorías diferentes. Esta clasificación es muy útil para la selección y registro de las provisiones.

Las categorías son las siguientes:

- Medicinas.
- Agua y salud ambiental.
- Insumos para la salud / Kits.
- Alimentos.
- Refugio/Electricidad/Construcción.
- Logística/Administración.
- Necesidades personales/Educación.
- Recursos Humanos
- Agricultura/Ganadería.
- Sin Clasificar.

Cada categoría está subdividida en subcategorías y estas a su vez se dividen en artículos (OMS, 2012).

Existen tres niveles de prioridad en lo que se refiere a provisiones: provisiones que se necesitan urgentemente, o artículos con prioridad 1, los cuales deben ser distribuidos urgentemente; artículos con prioridad 2, que son útiles pero que no se necesitan urgentemente; y artículos con prioridad 3, que no son de mayor utilidad o que no requieren demasiado tiempo o esfuerzo para separar y clasificar (de Ville de Goyet et al, 1996).

1.6.1. Galletas Fortificadas para Emergencia (High Energy Biscuits, HEB)

Estas galletas han sido diseñadas para satisfacer la demanda alimenticia de las personas afectadas por desastres en caso de no disponer de otra fuente de alimentos y son muy convenientes para el consumo durante los primeros días de la emergencia.

En el Ecuador estas galletas son fabricadas por productores nacionales para abastecer las necesidades del Centro Logístico de Asistencia Humanitaria (CELAH) del Programa Mundial de Alimentos, ubicado en Tumbaco. Desde el 2006 existe en este centro un stock de 150 TM de galletas fortificadas, cantidad suficiente para asistir a 100000 personas durante 7 días, con 2 paquetes diarios de galletas.

Las galletas fortificadas son de 10 a 20 gramos y tienen un tiempo de vida de 18 a 24 meses en su empaque. Son fabricadas de acuerdo a la ley de alimentos de los Estados Unidos, la Unión Europea y estándares del Programa Mundial de Alimentos.

Cada 100 gramos de estas galletas contiene 450 kcal. La cantidad recomendada para personas que no tienen acceso a otro tipo de alimentos es

de 400 gramos diarios por 3 días hasta que puedan recibirse otro tipo de alimentos (PMA, 2010).

1.6.2. Pre posicionamiento de Provisiones

La mayoría de las decisiones de compra que se realizan después de un desastre natural son decisiones a corto plazo, ya que las organizaciones de ayuda humanitaria analizan las opciones según la evaluación de necesidades que realizan. Por otra parte, independientemente del tipo de estrategia pos desastre que se utilice, las organizaciones pueden seguir siendo incapaces de adquirir y distribuir las provisiones a la población afectada dentro de un periodo de respuesta crítico.

Por esta razón, las organizaciones de ayuda humanitaria acopian provisiones que están listas para ser enviadas, en lugares que tienen acceso a las regiones con mayor riesgo de desastre. Luego de que ocurre un desastre la demanda de provisiones varía con el tiempo; algunas provisiones se necesitan inmediatamente para las primeras etapas de las operaciones de socorro, mientras que otras pueden ser suministradas posteriormente. Los tipos de provisiones pre posicionadas varían y se eligen para satisfacer las necesidades inmediatas de los afectados como por ejemplo artículos alimenticios (galletas de alto contenido energético, o comida lista para consumir), artículos no alimenticios (bidones, tiendas, cobijas, kits de higiene, utensilios de cocina), suministros médicos y equipos (equipo de telecomunicaciones). Algunas organizaciones almacenan varios tipos de artículos, mientras tanto otras se especializan en un sector en particular, como por ejemplo alimentos (Balcik y Beamon, 2008).

1.7. Logística Internacional

1.7.1. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos

A pesar de que la gestión de riesgos dentro del DMQ es realizada por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, es la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos quien se encarga de los procesos de gestión de ayuda humanitaria internacional. Para esto posee un Manual de Procesos Internos de la Dirección de Cooperación Internacional en el que se especifica el proceso que se debe seguir para solicitar ayuda humanitaria al exterior de la siguiente manera:

“7.- Movilización de Ayuda Humanitaria Internacional a nuestro país Ecuador

El país que ofrece la ayuda comunica al Ecuador, ya sea vía diplomática o en la interpuesta persona de cualquier funcionario de gobierno.

El funcionario público receptor de la noticia de la ayuda humanitaria por parte del país oferente comunicará dicha noticia al Ministerio de Relaciones Exteriores. Este ministerio aceptará o repudiará dicha ayuda.

De aceptarse la ayuda el Ministerio de Relaciones Exteriores les hará conocer a todos los actores nacionales que ejecutan y procesan la ayuda humanitaria.

Para el caso que la ayuda humanitaria otorgada al país sea ejecutada y procesada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, la Subsecretaría de Respuesta se encargará de dicha ejecución. Los resultados de la ejecución y procesamiento de la ayuda humanitaria será informada a Cooperación Internacional quien a su vez informará al respecto al Ministerio de Relaciones Exteriores.”

1.7.2. Aduana del Ecuador

En caso de desastre natural existe un procedimiento especial en la aduana para nacionalizar las donaciones recibidas, ya que estas se encuentran exentas de tributos. En la Sección II del Reglamento al Título de la Facilitación Aduanera para el Comercio, del Libro V del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, se encuentra definido este procedimiento de la siguiente manera:

“Art 7. Consideraciones Generales.- Constituyen envíos de socorro los bienes importados por las entidades del sector público u organizaciones privadas de beneficencia o de socorro reconocidas como tales por las secretarías de estado competentes, en virtud de una Declaratoria de emergencia dictada por el Presidente de la República, y que estén destinadas a suplir necesidades derivadas de catástrofes naturales, epidemias, prestación de servicios públicos, conmoción nacional o desastres análogos, para ser utilizados inmediatamente.

Art. 8.- Procedimiento.- El solicitante presentará ante la Dirección Distrital por la que se estime arribará la mercancía lo siguiente:

En el caso de entidades del sector público, únicamente una Declaración Aduanera Simplificada en formato dispuesto para el efecto, suscrita por la máxima autoridad de la entidad solicitante en la que deberá detallar:

- a) Las mercancías a importarse;
- b) Cantidades estimadas;
- c) Fecha y lugar de arribo; y,
- d) Número de Decreto Ejecutivo de la declaratoria de emergencia.

En el caso de las organizaciones privadas de beneficencia o de socorro, adicional a lo dispuesto para las entidades del sector público, se deberá presentar el certificado correspondiente otorgado por la Secretaría de Estado competente para el efecto, que determine que el consignatario es

una organización privada de beneficencia o con finalidad social, reconocida por el Estado y registrada legalmente en el Ministerio del ramo.

En caso de que la mercancía, cuyo ingreso exonerado en calidad de envío de socorro haya sido tramitado por una Dirección Distrital diferente a la del ingreso, el retiro del mismo será coordinado entre ambas Direcciones Distritales. La Autoridad Aduanera por la que efectivamente arribe no obstaculizará su retiro, basado en la documentación originalmente entregada.

El funcionario designado autorizará la salida del envío de socorro correspondiente de manera expedita.

Esta Declaración Aduanera Simplificada podrá ser registrada electrónicamente por parte del usuario o estará a cargo de los funcionarios de aduana, gestión que no obstaculizará el despacho de las mercancías.”

1.8. Modelos de Cobertura para Localización de Centros de Distribución

En la mayoría de los modelos de cobertura, la demanda se satisface si al menos un centro de distribución puede servir a un punto afectado dentro de un estándar de distancia predefinido.

Utilizaremos la siguiente notación para describir los modelos de cobertura:

- V el conjunto de puntos que conforman la demanda
- i el índice para los puntos de demanda
- W el conjunto de centros de distribución potenciales
- j el índice para los centros de distribución potenciales
- t_{ij} la distancia entre el punto de demanda i y el centro de distribución j

- r la distancia máxima para considerar que un punto de demanda es cubierto
- W_i el conjunto de centros de distribución que cubren el punto de demanda i , es decir, $\{j \in W_i \mid t_{ij} \leq r\}$
- d_i el tamaño de la población del punto de demanda i
- p el número total de centros de distribución
- y_i variable binaria igual a 1 si y sólo si el punto de la demanda i está cubierto al menos una vez
- x_j variable binaria igual a 1 si y sólo si un centro de distribución está ubicado en el sitio j (Li, 2011).

1.8.1. Problema de Weber

El problema de Weber es un modelo de localización continua; este tipo de modelos se caracterizan a través de dos atributos:

- El espacio de solución es continuo, esto quiere decir que se pueden ubicar las soluciones en cualquier punto del plano.
- La distancia es medida con una métrica adecuada. Por lo general se utiliza la distancia absoluta o la distancia euclidiana.

Los modelos continuos requieren que se calculen las coordenadas $(x, y) \in \mathbb{R}^p \times \mathbb{R}^p$ para p centros de distribución. El objetivo es minimizar la distancia entre los centros de distribución y los puntos de demanda.

El problema de Weber busca determinar las coordenadas $(x, y) \in \mathbb{R}^p \times \mathbb{R}^p$ para un único centro de distribución tal que la suma ponderada de las distancias $w_k d_k(x, y)$ a los puntos de demanda dados $k \in K$ ubicados en (a_k, b_k) sea minimizada. El problema de optimización

$$v(SWP) = \min \sum_{k \in K} w_k d_k(x, y) \quad (\text{Ecuación 1})$$

en donde

$$d_k(x, y) = \sqrt{(x - a_k)^2 + (y - b_k)^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

puede ser resuelto eficientemente mediante un proceso iterativo. Este método tiene más de cien años de existencia para el caso de $|K| = 3$ puntos de demanda y fue incluido en el famoso libro de Weber en 1909, lo que le ha dado su nombre actual.

Una versión ampliada del problema requiere ubicar p , $1 < p < |K|$ centros de ubicación, para asignar la demanda a cada instalación. Este problema se conoce como problema múltiple de Weber (MWP) y es NP-complejo. El problema se puede modelar como el siguiente programa no lineal entero mixto

$$v(MWP) = \min \sum_{k \in K} \sum_{j=1}^p (w_k d_k(x_j, y_j)) z_{kj} \quad (\text{Ecuación 3})$$

sujeto a

$$\sum_{j=1}^p z_{kj} = 1 \quad \forall k \in K \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$z_{kj} \in \mathbb{B} \quad \forall k \in K, j = 1, \dots, p \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$x, y \in \mathbb{R}^p \quad (\text{Ecuación 6})$$

en donde $\mathbb{B} = \{0,1\}$, y $z_{kj} = 1$ si el punto de demanda k es asignado al centro de distribución j (Klose y Drexl, 2004).

1.8.2. Problema del Conjunto de Localizaciones de Cobertura

El Problema del Conjunto de Localizaciones de Cobertura (LSCP) es probablemente uno de los primeros modelos de cobertura, propuesto por Toregas et al. en 1971. Este modelo se puede formular de la siguiente manera:

$$\min \sum_{j \in W} x_j \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in W_i} x_j \geq 1, \quad i \in V \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad j \in W \quad (\text{Ecuación 9})$$

En la formulación anterior, la función objetivo (7) minimiza el número total de centros de distribución requeridos. La restricción (8) especifica que todos los puntos de demanda deben estar cubiertos por al menos un centro de distribución.

Este modelo simplifica el problema asumiendo que el sistema es estático y determinístico. Específicamente, se considera que los recursos son ilimitados y se asume que el centro de distribución puede atender todos los pedidos de los puntos de demanda asignados. Sin embargo, es muy útil a nivel estratégico para determinar el número mínimo de centros de distribución necesarios para obtener una cobertura total (Li, 2011).

1.8.3. Problema de Localización de Cobertura Máxima

El problema de Localización de Cobertura Máxima (MCLP) fue introducido por Church y ReVelle en 1974. Este modelo se formula de la siguiente manera:

$$\max \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, \quad i \in V \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$\sum_{j \in W} x_j = p \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$x_j, y_i \in \{0,1\}, \quad j \in W, i \in V \quad (\text{Ecuación 13})$$

La función objetivo (10) maximiza la cobertura de la demanda. La restricción (11) garantiza que la demanda del punto i es cubierta solo si uno o más centros de distribución se encuentran dentro de la distancia estándar predeterminada, y la restricción (12) especifica que el total de los centros de distribución disponibles es igual a p . Este modelo considera el tamaño de la demanda y lo utiliza como ponderación en cada punto de demanda en la función objetivo, lo cual hace que el modelo sea más realista (Li, 2011).

1.8.4. Modelo Estándar Doble

El Modelo Estándar Doble (DSM), propuesto por Gendreau et al. in 1997, utiliza dos distancias estándar predeterminadas r_1 y r_2 , ($r_1 < r_2$). La formulación de este modelo es de la siguiente manera:

$$\max \sum_{i \in V} d_i y_{i2} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in W_{i2}} x_j \geq 1, i \in V \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{i1} \geq \alpha \sum_{i \in V} d_i \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$y_{i2} \leq y_{i1}, i \in V \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$\sum_{j \in W_{i1}} x_j \geq y_{i1} + y_{i2}, i \in V \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$\sum_{j \in W} x_j = p \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$x_j \leq p_j, j \in W \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$y_{i1}, y_{i2} \in \{0,1\}, i \in V \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$x_j \text{ entero}, j \in W \quad (\text{Ecuación 22})$$

En donde y_{i1} y y_{i2} son variables binarias, iguales a 1 si y sólo si el punto de demanda i es cubierto al menos una y dos veces dentro de la distancia r_1 , respectivamente; W_{i1} y W_{i2} representan los conjuntos de centros de distribución que pueden cubrir la demanda del punto i dentro de las distancias r_1 y r_2 , respectivamente. El objetivo del DSM es maximizar las demandas que son cubiertas al menos dos veces dentro de la distancia r_1 . Las restricciones (14) y (15) expresan el requisito de que todas las demandas deben estar cubiertas dentro de la distancia r_2 y una proporción α del total de las demandas debe estar cubierta dentro de la distancia r_1 . La restricción (16) impone que un punto de demanda no puede ser cubierto dos veces si no ha sido cubierto al menos una vez. Las restricciones (17) y (18) juntas aseguran que el punto de demanda i es cubierto dos veces sólo si hay dos o más centros de distribución dentro de la distancia r_1 . Las restricciones (19) y (20) limitan el número de centros de distribución en cada ubicación potencial. Este modelo considera el tamaño de la demanda y mitiga el supuesto de que solo un centro de distribución puede estar en cada ubicación potencial (Li, 2011).

1.9. Técnicas de Optimización

Para resolver modelos de cobertura para localización de centros de distribución se utilizan algoritmos heurísticos, meta heurísticos, técnicas de simulación y métodos exactos. Los algoritmos heurísticos se utilizan ampliamente para resolver problemas de gran magnitud. Las técnicas de simulación se desarrollan ya sea para validar las soluciones obtenidas a partir de algoritmos heurísticos o para mejorar la calidad de las soluciones, al combinarlos con otras técnicas (Li, 2011).

1.9.1. Algoritmos Exactos

1.9.1.1. Método de Ramificación y Corte

El método de ramificación y corte (Branch and Cut), es un algoritmo exacto que consiste de una combinación del método de plano de corte con un algoritmo de ramificación y poda. Este método resuelve una secuencia de relajaciones de programación lineal del modelo de programación entera.

El método de plano de corte mejora la relajación del problema hasta una aproximación muy cercana al modelo de programación entera, y el algoritmo de ramificación y poda recurre a una sofisticada división que facilita la solución del problema.

Los algoritmos de plano de corte para modelos de programación entera fueron propuestos por primera vez por Gomory en 1963. La propuesta de Gomory fue rechazada por muchos años, debido a que el algoritmo no parecía lo suficientemente fuerte. El desarrollo de la teoría poliédrica permitió que estos algoritmos resurjan.

Los algoritmos de ramificación y corte más conocidos son los utilizados para resolver el problema del agente viajero (TSP). Este algoritmo también ha sido utilizado para resolver otro tipo de problemas de optimización combinatoria. Entre ellos están el problema de ordenación lineal, problemas de corte máximo,

problemas de programación, problemas de diseño de redes, problemas de empaquetado, entre otros (Mitchell, 2000).

1.9.2. Algoritmos Meta Heurísticos

A continuación se presentan algunos de los algoritmos meta heurísticos más utilizados en la solución de modelos de cobertura.

1.9.2.1. Algoritmo Genético

El algoritmo genético es uno de los enfoques más utilizados. Conocido como un algoritmo de búsqueda probabilística inteligente, el algoritmo genético ha sido aplicado a una gran variedad de problemas de optimización. De acuerdo a los principios de selección natural y supervivencia del más fuerte, los genes de los individuos más aptos pasarán a un número creciente de individuos en cada una de las generaciones sucesivas, lo cual da como resultado una descendencia más apta.

Según parece Beasley y Chu fueron los primeros en aplicar este algoritmo en 1996 para un modelo de cobertura. Varias técnicas, incluyendo el operador cruce-fusión, tasa de mutación variable y un operador heurístico de viabilidad, fueron propuestos para mejorar el desempeño de su algoritmo. Para los casos de tamaño pequeño este algoritmo puede generar soluciones óptimas. Para casos de mayor tamaño las soluciones son muy cercanas a la óptima (Li, 2011).

1.9.2.2. Búsqueda Tabú

La búsqueda tabú es un método local de búsqueda con una característica única: el uso de una lista de memoria o lista tabú para almacenar la solución recientemente analizada. Esta lista evita que se pruebe la misma solución dentro de un tiempo determinado. En cada iteración, la solución es trasladada a la mejor entre otras soluciones vecinas sin tomar en consideración si la función objetivo se mejoró o no (Li, 2011).

1.9.3. Métodos de Simulación

Como lo señalaron Marianov y ReVelle en 1995, el desarrollo de los modelos de ubicación de centros de distribución, es paralelo al crecimiento de las tecnologías de la información y por lo tanto, los métodos de simulación se convierten en una herramienta más poderosa para el estudio de sistemas complejos.

Existen tres aplicaciones para los métodos de simulación:

- Proporcionar información sobre la implementación de las políticas derivadas de las soluciones óptimas o cercanas a la óptima.
- Evaluar y comparar el desempeño de los diferentes técnicas de optimización.
- Combinarse con otros métodos para producir mejores o más rápidas soluciones.

1.10. Determinación de Rutas Óptimas

Los problemas en los que un conjunto de vehículos con capacidad finita tienen que ser enviados para satisfacer una demanda geográficamente dispersa a un costo mínimo son conocidos como Problemas de Ruteo de Vehículos o VRPs por sus siglas en inglés (Sungur, Ordóñez y Dessouky, 2008).

El problema de ruteo de vehículos es muy conocido y es un modelo frecuentemente analizado y utilizado en aplicaciones de la vida real como transporte, logística y planificación.

Una de las versiones más simples del VRP es el Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad Limitada o CVRP por sus siglas en inglés. El CVRP es un problema gráfico que puede ser descrito de la siguiente manera: la cantidad q_i debe ser entregada al cliente i ($i = 1, \dots, n$) desde un único centro de distribución, usando una flota de vehículos que tienen capacidad C . Una solución para el CVRP es el conjunto de recorridos en las que cada cliente es

visitado solamente una vez y la demanda total de la ruta es aproximadamente C , con el objetivo de minimizar la distancia total recorrida por todos los vehículos.

El VRP es un problema no determinístico y los métodos de solución varían desde métodos exactos hasta algoritmos heurísticos y meta heurísticos específicos.

Los métodos de ramificación y poda o ramificación y corte proporcionan soluciones óptimas, sin embargo, algunos problemas con 75 nodos o más no se pueden solucionar. Por lo tanto, los algoritmos heurísticos son necesarios para resolver problemas grandes. En el ámbito de los algoritmos heurísticos se pueden mencionar algunos específicos como la red neural y en los meta heurísticos la búsqueda tabú, algoritmos evolutivos, algoritmo de la colonia de hormigas y optimización de enjambre de partículas.

En aplicaciones de la vida real hay muchas versiones de CVRP, por ejemplo, podemos mencionar VRP con ventanas de tiempo, ruteo de vehículos dinámico o algunas versiones multi-objetivo de VRP. En las versiones multi-objetivo los objetivos adicionales pueden ser, por ejemplo, el número mínimo de vehículos, el balanceo de las rutas, o en casos dinámicos, la media total del tiempo de tránsito y la varianza total mínima del tiempo de tránsito, entre otros más que también pueden ser incluidos (Borgulya, 2008).

1.11. Determinación de Inventario de Seguridad y Puntos de Re Orden

1.11.1. Determinación de Inventario de Seguridad

En los casos en los que la demanda y los tiempos de entrega son variables, se requiere determinar un inventario de seguridad razonable capaz de satisfacer el nivel de servicio requerido. La determinación del inventario de seguridad es un problema de gran importancia dentro de la cadena de abastecimiento,

debido a que afecta al rendimiento del servicio al cliente y a los costos de inventario. Como muchos estudios han demostrado, la cantidad de inventario de seguridad, tiene que estar basada en el promedio y en la variabilidad de la demanda y la oferta, así como también del nivel de servicio deseado y lead time.

En un sistema de inventario (r, Q) , la cantidad de inventario de seguridad es una función de cinco factores: el promedio y desviación estándar del tiempo de espera, el promedio y desviación estándar de la demanda y el nivel de servicio deseado. El modelo tradicional para calcular el inventario de seguridad es $ss = Zs'$, donde $s' = (Ls_d^2 + d^2s_L^2)^{1/2}$ y Z se basa en el nivel de servicio deseado. En la ecuación d representa el promedio de la demanda por unidad de tiempo, L el promedio del tiempo de espera y s_d y s_L representan la desviación estándar de la demanda y del tiempo de espera respectivamente (lead time).

El nivel de servicio de un sistema de inventario puede definirse de varias maneras, uno de los casos es el porcentaje de veces que la demanda puede ser servida por completo durante un ciclo de tiempo con el inventario disponible. Otra definición se basa en el porcentaje promedio de demanda que fue satisfecha con el inventario disponible, también presentada como uno menos el cociente de las unidades no disponibles sobre la demanda (Ruiz-Torres y Mahmoodi, 2010).

1.11.2. Puntos de Re Orden

En un sistema de inventario (r, Q) , el sistema es controlado al final de cada periodo de revisión. Al final de cada período $k + 1$, si la cantidad de inventario está por debajo del punto de re orden r , una cantidad Q es ordenada. La cantidad ordenada será recibida después de L periodos.

Entonces tenemos que el punto de re orden es una función del promedio de demanda durante el tiempo de espera estimado, más el inventario mínimo requerido ($r = Ld + ss$) (Babaï et al., 2009).

2. Capítulo II. Determinación de Centros de Distribución

2.1. Sistemas Cross-Docking

Los centros de distribución tienen un papel importante dentro de la fase de distribución en una cadena de abastecimiento. Estos centros no son solamente lugares para recolectar y entregar productos, sino también lugares para cumplir las exigencias de los clientes mediante actividades como pedidos, gestión de inventario, transporte, etc.

Existen tres estrategias separadas para la distribución en una cadena de abastecimiento. Estas estrategias son las siguientes:

- Transmisión directa: en esta estrategia, la carga es transportada desde la fábrica al cliente sin pasar por un centro de distribución.
- Almacenamiento: en esta estrategia tradicional, los bienes son almacenados en dispositivos como pallets o estanterías y las órdenes son entregadas de acuerdo a los pedidos del cliente.
- Sistema Cross-Docking: en esta estrategia, los artículos son entregados a un centro de almacenamiento mediante la recepción de camiones y en base a los pedidos de los clientes son cargados en camiones de entrega sin haber sido mantenidos en inventario en el centro de almacenamiento. Si se mantiene algún artículo en almacenamiento, suele ser durante un periodo muy corto de tiempo el cual es generalmente menor a 10-15 horas.

Comparando estas tres estrategias, el sistema cross-docking es la mejor manera de manejar un alto volumen de artículos en un periodo corto de tiempo; reducir costos al disminuir el inventario o eliminar el almacenamiento; y mejorar la eficiencia al incrementar la capacidad de respuesta al cliente y un mejor control de las operaciones de distribución (Forouharfard y Zandieh, 2010).

Debido a las ventajas anteriormente expuestas se utilizará la estrategia de cross-docking en los centros de distribución propuestos en el presente trabajo de titulación.

2.2. Determinación de la Demanda

Para determinar la demanda se tomará como referencia lo establecido en el Procedimiento de Entrega de Asistencia Humanitaria de la Secretaría de Gestión de Riesgos, en el que se establece que se debe calcular 5 paquetes diarios de 100 gramos de galleta fortificada por persona. En caso de que se necesite abastecer a los afectados por más de un día, se debe realizar el cálculo hasta por tres días. Las galletas son entregadas en cajas de cartón cerradas con 100 paquetes de 100 gramos cada uno.

Para establecer la demanda se tomó la población mayor a 2 años de edad de cada una de las 65 parroquias urbanas y rurales que conforman el DMQ, ya que se considera que esta población está en condiciones de consumir la galleta fortificada.

Se determinará la demanda para dos escenarios:

- El primer escenario corresponde a un desastre que ha dejado a toda la población del DMQ sin alimentos durante tres días y por lo tanto es necesario abastecer a todos los habitantes con la cantidad necesaria para que puedan alimentarse durante ese número de días hasta que otro tipo de alimentos sea entregado. Se consideran tres días ya que las políticas de ayuda humanitaria de la SNGR establecen que nunca la entrega provisiones demorará más de ese tiempo. Es importante recalcar que un escenario como el propuesto es extremo y de baja probabilidad de ocurrencia, pero a partir de éste, se puede evaluar desastres de menor magnitud, lo cual garantizará la eficiencia y eficacia del plan propuesto.

- El segundo escenario corresponde a un desastre que ha dejado desabastecida de alimentos a aproximadamente el 50% de la población durante un día. Este escenario no es tan catastrófico y permite evaluar el plan propuesto en caso de desastres que podrían ser más comunes en el DMQ.

2.2.1. Inventario

Como se expuso en el capítulo uno de este trabajo de titulación, la cantidad de inventario mínimo tiene que estar basada en el promedio, la variabilidad de la demanda, la oferta, el lead time de entrega y el nivel de servicio que se requiere.

Para el caso de una empresa de manufactura todos estos parámetros son relativamente fáciles de determinar, ya que la variabilidad de la demanda en estos casos será más estable. Con un histórico de la demanda y a través de pronósticos se puede estimar la demanda para un periodo específico. Pero para el caso de un desastre natural la variabilidad resulta casi impredecible; es difícil estimar la cantidad de personas afectadas por el desastre y la magnitud de los daños. Por otra parte no existen datos históricos de desastres anteriores, ni la cantidad de personas afectadas.

Lo ideal sería poder tener siempre una cantidad de provisiones que permitan satisfacer las necesidades de toda la población, pero esto es inviable debido a la gran cantidad de habitantes que tiene el Distrito Metropolitano de Quito, lo cual representa un alto costo en inventarios, en costo de almacenamiento, en infraestructura, etc. Así mismo, las provisiones tienen un tiempo de vida de 24 meses haciendo necesario que se renueve el inventario con esa frecuencia.

Por esta razón, se decidió establecer como inventario mínimo la cantidad de demanda calculada para el escenario 2, es decir, una cantidad de provisiones igual al 50% de la demanda para un día. Durante un desastre no

necesariamente se va a ver afectada toda la población de Quito y en caso de que esto ocurra, existirá la cantidad de provisiones necesarias para entregar a cada habitante afectado la mitad de la ración diaria, mientras llegan más provisiones.

$$inv. \text{mín.} = 1085071 * 5 * \frac{100}{10^6} = 456 \text{ ton} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Por lo tanto el inventario mínimo deberá ser igual a 456 toneladas de galleta fortificada.

Para el cálculo del punto de re orden se requiere conocer el inventario mínimo, el promedio de la demanda y el tiempo que toman en llegar las provisiones desde el momento que se solicitan. Para el caso de estudio, siempre se debe tener el inventario mínimo y no habrán variaciones a menos de que ocurra un desastre.

El tiempo estimado desde que se piden las provisiones y estas llegan es de no más de tres días y la demanda variará de acuerdo a la magnitud del desastre.

Por lo tanto el punto de re orden se deberá calcular una vez ocurrido el desastre y habiéndose determinado la cantidad de personas afectadas y las necesidades de las mismas.

Es importante recalcar que cada 24 meses las provisiones caducan y por esta razón se debe gestionar con 2 o 3 meses de anticipación el pedido de nuevas provisiones para el inventario mínimo. Las provisiones que estén por caducar deberían ser vendidas a instituciones nacionales gubernamentales como el Ministerio de Inclusión Económica y Social, para que sean utilizadas como alimento en alguno de los proyectos que lleva a cabo este ministerio. Otra opción es donar las provisiones próximas a caducar a ONGs u otros organismos internacionales como el Programa Mundial de Alimentos de la ONU.

2.3. Localización de Centros de Distribución

La siguiente fase comprende la localización óptima de los centros de distribución a donde se transportarán las provisiones desde el CELAH ubicado en Tumbaco o desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre ubicado en Tababela, en caso de ser necesario. Estos centros serán bodegas de transferencia a las cuales llegará el total de provisiones necesitadas por un conjunto de parroquias, para luego ser distribuidas a cada parroquia.

2.3.1. Modelo de Localización Utilizado

Para determinar la ubicación óptima de los centros se plantea un modelo que es la combinación del Problema de Weber y del Problema de Máxima Cobertura, tratados con mayor detalle en el capítulo uno. El modelo que se utilizará es el siguiente:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E(i, j) \times X(i, j), \quad \forall E(i, j) \leq r \quad (\text{Ecuación 24})$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^n x(i, j) = D(i), \quad \forall j \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$\sum_{j=1}^n x(i, j) = C(i), \quad \forall i \quad (\text{Ecuación 26})$$

en donde $E(i, j)$ es la distancia euclidiana entre todos los puntos de demanda; $X(i, j)$ es la cantidad enviada desde cada centro de distribución j al punto de demanda i ; r es la distancia máxima a la cual debe estar ubicado un centro de distribución j para cubrir el punto de demanda i ; $D(i)$ es la demanda del punto i ; y $C(j)$ es la capacidad del centro de distribución j . La función objetivo de este modelo busca minimizar la distancia recorrida $E(i, j)$ para transportar una cantidad $X(i, j)$ de provisiones, con la condición de que la distancia $E(i, j)$ sea menor a r , lo cual garantiza que los puntos sean atendidos por cada centro de distribución en un tiempo de respuesta corto. En este modelo se toma como posibles ubicaciones de los centros de distribución a los mismos puntos de demanda. Se ha utilizado la distancia euclidiana porque, gráficamente el

modelo de máxima cobertura traza una circunferencia de radio r y centro la localización del centro de distribución, de tal manera que los puntos de demanda que se encuentren dentro de la circunferencia se considerarán cubiertos por ese centro de distribución.

Para el caso particular del problema que se plantea resolver, el modelo se plantea de la siguiente manera:

$$\min \sum_{i=1}^{65} \sum_{j=1}^{65} E(i,j) \times X(i,j), \quad \forall E(i,j) \leq 10 \quad (\text{Ecuación 27})$$

La tabla de las demandas $D(i)$ para el escenario 1 se muestra a continuación:

Tabla 1. Demanda $D(i)$ en toneladas de las parroquias urbanas y rurales del DMQ en el Escenario 1

| Parroquia | D(i) | Parroquia | D(i) | Parroquia | D(i) |
|------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| Guamaní | 99.15 | Rumipamba | 42.65 | Perucho | 1.16 |
| Turubamba | 77.64 | Jipijapa | 52.17 | Chavezpamba | 1.17 |
| La Ecuatoriana | 86.95 | Cochapamba | 84.33 | Atahualpa | 2.78 |
| Quitumbe | 115.04 | Concepción | 47.57 | San José de Minas | 10.56 |
| Chillogallo | 85.01 | Kennedy | 102.08 | Calderón | 222.38 |
| La Mena | 64.71 | San Isidro del Inca | 61.00 | Llano Chico | 14.33 |
| Solanda | 114.45 | Nayón | 22.84 | Cumbayá | 46.08 |
| La Argelia | 83.23 | Zámbiza | 5.87 | Tumbaco | 72.73 |
| San Bartolo | 93.69 | Cotocollao | 46.45 | Amaguaña | 45.29 |
| La Ferroviaria | 95.49 | Ponceano | 79.22 | Conocoto | 120.51 |
| Chilibulo | 71.14 | Comité del Pueblo | 68.25 | Guangopolo | 4.46 |
| La Magdalena | 45.22 | El Condado | 125.12 | Alangasí | 35.46 |
| Chimbacalle | 58.18 | Carcelén | 80.27 | La Merced | 12.22 |
| Lloa | 2.18 | Nono | 2.53 | Pintag | 26.05 |
| Puengasí | 90.76 | Pomasqui | 43.09 | Puembo | 19.73 |
| La Libertad | 39.10 | San Antonio | 47.11 | Pifo | 24.15 |
| Centro Histórico | 59.32 | Calacalí | 5.68 | tababela | 4.11 |
| Itchimbia | 50.07 | Nanegalito | 4.40 | Yaruquí | 25.95 |
| San Juan | 80.59 | Nanegal | 3.86 | Checa | 13.06 |
| Belisario Queved | 70.04 | Gualea | 2.96 | El Quinche | 23.30 |
| Mariscal Sucre | 19.19 | Pacto | 6.99 | Guayllabamba | 23.57 |
| Iñaquito | 62.56 | Puéllaro | 8.03 | | |

2.3.2. Software Utilizado para la Optimización

Para resolver el modelo de localización se utilizó el software General Algebraic Modeling System (GAMS), el cual es un sistema de modelado de alto nivel para programación matemática y optimización. Este modelo permite resolver

modelos de programación lineal (LP), modelos de programación entera mixta (MIP) y modelos de programación no lineal entera mixta (MINLP).

Consiste de un compilador de lenguaje y un grupo de solucionadores de alto rendimiento integrados. GAMS es adaptable a aplicaciones de modelado de gran escala y complejidad; y además permite construir grandes modelos que luego pueden ser adaptados fácilmente a situaciones nuevas.

GAMS permite al usuario concentrarse en la programación del modelo directamente. El programa elimina la necesidad de pensar en los problemas exclusivamente técnicos específicos del lenguaje de máquina, tales como cálculos de direcciones, tareas de almacenamiento, vinculación de subrutina y el control del flujo entrada-salida. De esta manera GAMS incrementa el tiempo disponible para que el usuario conceptualice, ejecute el modelo y pueda analizar los resultados.

El lenguaje GAMS es formalmente similar al utilizado en los lenguajes de programación más conocidos. Por esta razón es muy familiar para cualquier persona que tenga experiencia programando.

La información es ingresada una sola vez en forma de lista. Los modelos son descritos en declaraciones algebraicas concisas que son fáciles de leer tanto como para el usuario como para la máquina. Todo el conjunto de restricciones relacionadas puede ser ingresado en una sola declaración. GAMS genera automáticamente cada ecuación de restricción y permite al usuario realizar excepciones en los casos en los que no se desea utilizar dicha restricción. Otra ventaja de este programa es que los errores son ubicados e identificados antes de que se intente encontrar una solución al modelo.

GAMS es muy flexible ya que los modelos son totalmente portables desde una plataforma informática a otra. También es un software muy potente debido a que permite que el usuario programe un modelo para que sea resuelto para diferentes valores de un elemento y genera un reporte con la solución y las

características de cada caso. Permite al usuario incluir un texto explicativo de cualquier símbolo o ecuación programada. GAMS es mejorado y ampliado de manera continua para beneficio de los usuarios (GAMS, 2014).

2.3.2.1. Solucionador Utilizado por GAMS

GAMS utiliza el solucionador GAMS/CPLEX, el cual es un solucionador poderoso basado en la librería exigible CPLEX de IBM ILOG CPLEX y permite resolver modelos de programación lineal (LP), programación entera mixta (MIP), programación con restricciones de segundo orden, y programación entera mixta con restricciones de segundo orden. Incluye las últimas implementaciones de los algoritmos simplex y de barrera, y puede ser ejecutado en diferentes plataformas.

CPLEX ha demostrado ser un solucionador de programación lineal muy estable y la configuración por defecto es casi siempre suficiente para obtener una solución óptima en un tiempo de solución excelente.

Los métodos utilizados para resolver programación entera y programación entera mixta (MIP), requieren muchos más cálculos matemáticos que aquellos modelos de programación lineal de similar tamaño. Algunos modelos de programación lineal relativamente pequeños necesitan gran cantidad de tiempo para ser resueltos.

Para este tipo de problemas el solucionador CPLEX utiliza un algoritmo de ramificación y corte (GAMS, 2014).

2.3.2.2. Algoritmo de Ramificación y Corte (Branch and Cut)

El algoritmo de ramificación y corte es un método de optimización combinatoria para resolver modelos de programación lineal, programación entera y programación entera mixta, problemas en los cuales algunas o todas las incógnitas tienen restricción de valores enteros.

Este método resuelve el modelo sin la restricción de valores enteros utilizando un método simplex. Cuando se obtiene una solución óptima y esta solución tiene un valor no entero para una variable que se supone debe ser entera, se debe utilizar un algoritmo de plano de corte para encontrar nuevas restricciones que son satisfechas por todos los puntos enteros factibles, pero violadas por la actual solución fraccionaria. Estas desigualdades deben ser agregadas al modelo de programación lineal, de tal manera que la solución producirá un resultado menos fraccional.

El problema se divide en múltiples versiones, por lo general dos. Los nuevos modelos lineales son resueltos usando el método simplex y el proceso se repite. Durante este proceso, las soluciones no enteras del modelo lineal sirven como límite superior y las soluciones enteras sirven como límite inferior. Un nodo puede ser podado si un límite superior es menor que un límite inferior existente. Además, en la solución de las relajaciones del modelo lineal, se pueden generar planos de corte adicionales.

Una fase importante de este algoritmo es la fase de ramificación. En esta fase hay una variedad de estrategias que pueden ser utilizadas. A continuación se describen las estrategias que implican la ramificación de una variable. La ramificación de una variable implica escoger una variable x_i , con valor fraccionario x'_i , en la solución óptima de la relajación del modelo de programación lineal y luego agregar las restricciones $x_i \leq \lfloor x'_i \rfloor$ y $x_i \geq \lceil x'_i \rceil$.

- **Ramificación de la más inviable:** Esta estrategia escoge la variable con el valor fraccional más cercano a 0.5.
- **Ramificación de Pseudocosto:** La idea básica de esta estrategia es hacer un seguimiento de los cambios de cada una de las variables x_i , cuando esa variable haya sido escogida anteriormente para ramificarse. Luego se escoge la variable que se predice que produce el mayor

cambio en la función objetivo basado en los cambios producidos desde que se escogió como variable para ramificarse.

- **Ramificación intensa:** Esta estrategia realiza pruebas para saber cuál de las variables produce la mayor mejora a la función objetivo antes de ser ramificada.

También existen muchas variaciones de estas estrategias de ramificación tales como utilizar la ramificación intensa desde el principio cuando la ramificación de pseudocosto proporciona relativamente poca información (Padberg y Rinaldi, 1991).

2.4. Condiciones del Modelo Propuesto

Para resolver el modelo, la distancia r que se ha tomado como máxima para que un centro de distribución cubra un punto de demanda es 10 kilómetros. La capacidad de los centros se considera ilimitada ya que al ser centros de transferencia las provisiones no van a ser almacenadas en esos centros, sino que los centros serán utilizados como lugares de descarga de los camiones provenientes del CELAH en Tumbaco o del aeropuerto en Tababela y de carga de camiones más pequeños que realizarán la distribución en las parroquias.

Para resolver este modelo se empezó por calcular las distancias euclidianas entre los puntos de demanda utilizando la siguiente fórmula:

$$E(i, j) = \sqrt{(a_i - b_i)^2 + (a_j - b_j)^2} \quad (\text{Ecuación 28})$$

La matriz con las distancias entre parroquias se presenta en el [Anexo 1](#).

Luego en el software GAMS se ingresó la matriz con las distancias y también las demandas de cada una de las parroquias, para el escenario en el que se requiere distribuir provisiones a toda la población del Distrito Metropolitano durante 3 días. Se puede utilizar también la demanda del otro escenario, es

decir, la cantidad de provisiones necesarias para la mitad de la población durante un día, lo cual no afectaría al resultado ya que ambas demandas son proporcionales. Estos datos son requeridos por el software para poder resolver el modelo.

Luego se programaron la función objetivo y las restricciones del modelo. Se programó el modelo para que sea resuelto utilizando el solucionador GAMS/CPLEX ya que el modelo propuesto es un modelo de programación entera mixta.

Las líneas de código correspondientes a la programación de la función objetivo, las restricciones y la elección del solucionador se presentan a continuación:

```

212 VARIABLES
213     X(I,J)
214     DIST;
215 POSITIVE VARIABLES X(I,J);
216
217 EQUATIONS
218     OBJ
219     DEM(I)
220     CAP(J);
221
222 OBJ..  DIST =E= SUM((I,J)$ (E(I,J) GE 10), E(I,J)*X(I,J));
223 DEM(I)..      SUM(J,X(I,J)) =E= D(I);
224 CAP(J)..      SUM(I,X(I,J)) =L= C(J);
225
226 MODEL LOCTESIS /ALL/;
227 SOLVE LOCTESIS USING MIP MINIMIZING DIST;
228 DISPLAY X.L, DEM.L, CAP.L;

```

Figura 1. Formulación del modelo en GAMS.

Tomado de GAMS, (2014). *An Introduction to GAMS*. Recuperado el 26 de marzo de 2014 de <http://www.gams.com/index.htm>.

El software generó una matriz de soluciones, la cual se presenta a continuación en tres capturas de pantalla, debido a su extensión:

```

----- 228 VARIABLE X.L
          U1      U2      U3      U4      U5      U6
P5
P6
P8
P9
P10
P11
P12
P13
P14
P16
P17
P18
P19
P20
P21
P22
P23
P24
P25
P26
P27
P28
P29
P30
P33
P51
P52
P53
P54
P55
P56
P57
          41.820
          64.710
          83.230
          93.690
          16.550
          16.460
          54.680
          45.220
          58.180
          2.180
          39.100
          4.790
          54.530
          50.070
          80.590
          2.140
          62.560
          52.170
          84.330
          47.570
          102.080
          61.000
          22.840
          5.870
          68.250
          46.080
          72.730
          45.290
          120.510
          4.460
          35.460
          12.220

```

Figura 2. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 1.

Tomado de GAMS, (2014). *An Introduction to GAMS*. Recuperado el 26 de marzo de 2014 de <http://www.gams.com/index.htm>.

```

+          U7      U9      U11      U13      U15      U16
P2
P3
P4
P5
P34
P35
P36
P49
P50
P59
P60
P61
          77.640
          86.950
          115.040
          3.230
          125.120
          80.270
          2.530
          14.330
          222.380
          19.730
          24.150
          4.110
+          U17      U18      U22      U25      U27      U29
P1
P37
P38
P39
P63
P64
P65
          99.150
          43.090
          47.110
          5.680
          13.060
          23.570
          23.300
+          U31      U34      U35      U38      U40      U44
P31
P32
P40
P41
P42
P43
P44
P45
P46
P47
P48
          46.450
          79.220
          8.030
          1.160
          1.170
          2.780
          4.400
          3.860
          2.960
          6.990
          10.560

```

Figura 3. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 2.

Tomado de GAMS, (2014). *An Introduction to GAMS*. Recuperado el 26 de marzo de 2014 de <http://www.gams.com/index.htm>.

| + | U49 | U52 | U55 | U64 | |
|--------------------------|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| P7 | | | 114.450 | | |
| P15 | 90.760 | | | | |
| P58 | | 26.050 | | | |
| P62 | | | | 25.950 | |
| ----- 228 EQUATION DEM.L | | | | | |
| P1 | 99.150, | P2 77.640, | P3 86.950, | P4 115.040, | P5 85.010 |
| P6 | 64.710, | P7 114.450, | P8 83.230, | P9 93.690, | P10 95.490 |
| P11 | 71.140, | P12 45.220, | P13 58.180, | P14 2.180, | P15 90.760 |
| P16 | 39.100, | P17 59.320, | P18 50.070, | P19 80.590, | P20 70.040 |
| P21 | 19.190, | P22 62.560, | P23 42.650, | P24 52.170, | P25 84.330 |
| P26 | 47.570, | P27 102.080, | P28 61.000, | P29 22.840, | P30 5.870 |
| P31 | 46.450, | P32 79.220, | P33 68.250, | P34 125.120, | P35 80.270 |
| P36 | 2.530, | P37 43.090, | P38 47.110, | P39 5.680, | P40 4.400 |
| P41 | 3.860, | P42 2.960, | P43 6.990, | P44 8.030, | P45 1.160 |
| P46 | 1.170, | P47 2.780, | P48 10.560, | P49 222.380, | P50 14.330 |
| P51 | 46.080, | P52 72.730, | P53 45.290, | P54 120.510, | P55 4.460 |
| P56 | 35.460, | P57 12.220, | P58 26.050, | P59 19.730, | P60 24.150 |
| P61 | 4.110, | P62 25.950, | P63 13.060, | P64 23.300, | P65 23.570 |
| ----- 228 EQUATION CAP.L | | | | | |
| U1 | 300.000, | U2 300.000, | U3 300.000, | U4 300.000, | U5 300.000 |
| U6 | 300.000, | U7 282.860, | U9 14.330, | U11 125.120, | U13 242.110 |
| U15 | 108.530, | U16 2.530, | U17 99.150, | U18 43.090, | U22 13.060 |
| U25 | 52.790, | U27 23.570, | U29 23.300, | U31 46.450, | U34 79.220 |
| U35 | 8.030, | U38 5.110, | U40 18.210, | U44 10.560, | U49 90.760 |
| U52 | 26.050, | U55 114.450, | U64 25.950 | | |

Figura 4. Matriz de solución obtenida en GAMS. Parte 3.

Tomado de GAMS, (2014). *An Introduction to GAMS*. Recuperado el 26 de marzo de 2014 de <http://www.gams.com/index.htm>.

A partir de esos resultados se interpretaron los datos y la asignación de parroquias para cada centro de distribución se definió de la siguiente manera:

Tabla 2. Asignación de parroquias por centro de distribución

| Guamaní | La Ferroviaria | Rumipamba | Pomasqui |
|----------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| Solanda | Centro Histórico | Ññaquito | S. Isidro del Inca |
| Amaguaña | San Bartolo | Jipijapa | Cotocollao |
| Turubamba | Conocoto | B. Quevedo | Nono |
| La Ecuatoriana | Chilibulo | Cochapamba | Carcelén |
| Lloa | Chimbacalle | Mariscal Sucre | San Antonio |
| Quitumbe | La Magdalena | San Juan | Calacalí |
| Chillogallo | La Libertad | Itchimbía | El Condado |
| La Mena | Puengasí | Concepción | Calderón |
| La Argelia | | Kennedy | Cmte. del Pueblo |
| | | | Ponceano |
| Gualea | Chavezpamba | Tumbaco | Tababela |
| Nanegal | Perucho | Nayón | Yaruquí |
| Nanegalito | Atahualpa | Cumbayá | Checa |
| Pacto | S.J. de Minas | Llano Chico | El Quinche |

| | | | |
|--|----------|------------|--------------|
| | Puéllaro | Zámbiza | Guayllabamba |
| | | Alangasí | Puembo |
| | | La Merced | Pifo |
| | | Pintag | |
| | | Guangopolo | |

Es necesario aclarar que la parroquia donde se encuentra cada centro de distribución será cubierta por ese mismo centro. En el Anexo 2 se puede encontrar un mapa en el que se puede apreciar de manera gráfica la asignación de parroquias a cada centro de distribución.

Todas las parroquias se encuentran a menos de 10 kilómetros del centro de distribución asignado, salvo las siguientes excepciones: las parroquias Llano Chico y Alangasí, estas se encuentran a 12 kilómetros del centro de distribución de Tumbaco y la parroquia Pintag se encuentra a 18 kilómetros.

Para el caso de Llano Chico y Tumbaco se consideró que a pesar de que la distancia es ligeramente mayor a la propuesta como máxima, no representa una gran dificultad en cuestiones de cobertura. Por otra parte para el caso de la parroquia Pintag, se consideró que la demanda de esta parroquia no justifica la creación de un centro de distribución para ser atendida exclusivamente y por tanto fue asignada al centro de distribución de Tumbaco el cual es el más cercano a esta parroquia.

Con la asignación de los centros de distribución como base se podrá calcular las rutas óptimas de distribución. Este tema será tratado en el siguiente capítulo del presente trabajo de titulación.

3. Capítulo III. Determinación y Optimización de Rutas de Distribución

3.1. Métodos de Optimización del Problema de Ruteado de Vehículos o VRP

Además del tamaño de un problema de ruteado de vehículos, la dificultad de resolver el problema se ve afectada por tres aspectos: los datos, la formulación y el procedimiento de resolución.

Para formular el problema se debe considerar que una flota uniforme de vehículos K , cada uno con una capacidad C , debe servir a una cantidad de clientes geográficamente dispersos con una demanda determinística, a un costo mínimo, y cada cliente debe ser atendido por un único vehículo. Sea V el conjunto de n nodos de demanda y un solo centro de distribución llamado nodo 0. Sea d_i la demanda en cada nodo i . Se considera una red completamente interconectada y denotamos el tiempo de recorrido entre el nodo i y el nodo j como c_{ij} . Se considera también variables enteras x_{ij} las cuales indican si un vehículo va del nodo i al nodo j o no (Sungur, Ordóñez y Dessouky, 2008).

La formulación expresada numéricamente es la siguiente:

Minimizar:

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij}, \forall (i, j) \in V \quad (\text{Ecuación 29})$$

sujeto a:

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1, \forall j \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1, \forall i \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (\text{Ecuación 32})$$

La función objetivo busca minimizar el tiempo recorrido entre un nodo i a un nodo j . Las restricciones aseguran que sólo un vehículo puede ir del nodo i al nodo j y viceversa, es decir que cada cliente va a ser visitado una sola vez.

Si aplicamos esta formulación para el caso del centro de distribución Guamaní, que está compuesto por el centro de distribución y 10 nodos tendríamos las siguientes ecuaciones:

Minimizar:

$$0x_{11} + 9x_{12} + 17x_{13} + 3x_{14} + \dots + 9x_{110} + \tag{Ecuación 33}$$

sujeto a:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + \dots + x_{110} = 1 \tag{Ecuación 34}$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{23} + \dots + x_{210} = 1 \tag{Ecuación 35}$$

.....

$$x_{101} + x_{102} + x_{103} + x_{104} + \dots + x_{1010} = 1 \tag{Ecuación 36}$$

y a:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + \dots + x_{101} = 1 \tag{Ecuación 37}$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + \dots + x_{102} = 1 \tag{Ecuación 38}$$

.....

$$x_{110} + x_{210} + x_{310} + x_{410} + \dots + x_{1010} = 1 \tag{Ecuación 39}$$

Como podemos ver realizar los cálculos manualmente se vuelve un proceso extenso y de cierta complejidad, es por eso que utilizar métodos de optimización ofrece algunas ventajas como ahorro de tiempo, reducción de las distancias, lo cual se ve reflejado en un incremento de la satisfacción del cliente, en un ahorro económico por menor costo de transporte y en una reducción del impacto ambiental ya que las emisiones de los vehículos serán menores al recorrer menos distancias.

3.2. Software para Determinación y Optimización de Rutas

En lo que se refiere a la determinación de rutas existe una gran cantidad de software desarrollado como por ejemplo C++, MatLab, Lingo, etc. y cada uno

presenta ciertas características que lo diferencian de los demás. Algunos de estos programas son gratuitos o presentan una versión de prueba gratuita, lo cual permite resolver pequeños problemas de determinación y optimización de rutas. Para la elaboración del presente trabajo de titulación se decidió utilizar el software logvrp. A continuación se hace un análisis de las características de este software.

3.2.1. Software logvrp

Logvrp es un software para planificación de rutas basado en la web, cuyo objetivo es minimizar los costos de transporte y el kilometraje de la flota, al mismo tiempo que maximiza la satisfacción del cliente. Es un planificador de rutas multi-parada, multi-destino, multi-localización. Este programa provee una optimización eficiente de rutas para la logística de transporte. Calcula la ruta óptima más económica y corta; y muestra las rutas en un mapa para un determinado grupo de ubicaciones, flota disponible, ordenes de recolección y pedidos de los clientes en el tiempo.

Usando este software, la planificación de rutas es más sencilla y rápida. Fácilmente se pueden planificar rutas alternativas en Google maps con una interface altamente interactiva y amigable. Logvrp proporciona indicaciones detalladas de la ruta que deben seguir los conductores de los camiones, la ruta en Google maps, una lista paso a paso de las entregas y recolecciones que deben realizarse y otros detalles muy útiles. Además, es una herramienta tecnológica amigable con el ambiente, porque ayuda a reducir el kilometraje recorrido lo cual se evidencia con un ahorro en el consumo de combustible y en menores emisiones de gases dañinos para el medio ambiente.

Los siguientes son algunos sectores en los que logvrp puede ser utilizado:

- Compañías de transporte.
- Compañías de carga y envíos.
- Oficinas de correo.
- Servicios de salud.

- Transporte escolar.
- Transporte público.
- Tiendas online.
- Servicios de distribución de comida.
- Distribución de revistas y periódicos.
- Universidades e instituciones académicas (logvrp, 2014).

3.2.2. Algoritmos Utilizados en Logvrp

La versión actual cuenta con dos algoritmos o solucionadores integrados:

3.2.2.1. Versión Modificada del Algoritmo de Jan Dethloff

Esta versión del algoritmo de Jan Dethloff ha sido modificada para permitir el uso de tipos de vehículos, cargas y ventanas de tiempo heterogéneos. El algoritmo puede resolver problemas de determinación de rutas con entrega y recolección simultánea (VRPSDP) (logvrp, 2014).

3.2.2.2. Búsqueda Adaptable de Cercanías a Gran Escala (ALNS)

Este algoritmo fue introducido por Ropke y Pisinger y es una extensión del algoritmo propuesto por Shaw, ya que permite el uso de múltiples métodos de destrucción y reconstrucción dentro del mismo proceso.

En cada iteración se destruye una parte de la solución actual s y se reconstruye de manera diferente para generar una nueva solución s' . Esta nueva solución se acepta de acuerdo a un criterio definido por un parámetro de búsqueda aplicado a nivel maestro, tal como un criterio de aceptación de recocido simulado, mediante el cual si s' es mejor que s , la búsqueda continúa a partir de s' , caso contrario continúa la búsqueda desde s' , pero con cierta probabilidad.

Los procedimientos de destrucción y reconstrucción se escogen de acuerdo a un mecanismo probabilístico adaptable. En cada iteración, la probabilidad de escoger un procedimiento dado depende del funcionamiento que ha tenido ese procedimiento en el pasado (Ribeiro y Laporte, 2011).

3.3. Datos Requeridos por Logvrp

Para que el programa pueda generar una solución es necesario que ingresemos algunos parámetros como la ubicación de los centros de distribución y de los lugares en los que se tiene que entregar las provisiones; la capacidad de los vehículos, su velocidad, el costo de transporte; así como también la demanda de cada parroquia. A continuación trataremos con detalle cada uno de estos.

3.3.1. Ubicación de Centros de Distribución y Puntos de Entrega

En el capítulo anterior se determinó en qué parroquias deben estar ubicados los centros de distribución. Ahora es necesario escoger dentro de esas parroquias un lugar adecuado que preste las condiciones necesarias para ser utilizado como centro de distribución. Los puntos de entrega de provisiones de cada parroquia deben tener las mismas características.

El lugar a escoger debe ser amplio, de preferencia debe estar cubierto y tiene que ser de fácil acceso, por eso se considera que los lugares que cumplen con estos requisitos son escuelas, colegios, coliseos, estadios, bodegas sin utilizarse. Se prefiere utilizar lugares como estos, ya que evitan un gasto en construcción y mantenimiento de galpones que van a estar subutilizados, pero en caso de no existir un lugar con las características antes mencionadas en alguna parroquia, entonces se planteará la construcción de la infraestructura necesaria.

Para la selección de estas ubicaciones se hizo un análisis en google maps de los centros deportivos, estadios, coliseos y centros educativos ubicados en cada parroquia. De éstos se escogió a los de mayor tamaño y los más cercanos a vías principales. A continuación se presenta una lista con la parroquia y el sitio escogido.

Tabla 3. Ubicación de centros de distribución por parroquia.

| Parroquia | Ubicación | Parroquia | Ubicación |
|-----------------------|---|--------------------|---|
| Guamaní | Coliseo de la Unidad educativa Nueva primavera | Alangasí | Complejo Deportivo de Alangasí |
| Solanda | Colegio Gonzalo Zaldumbide | La Merced | Liga Barrial Floresta |
| Amaguaña | Coliseo Parroquial de Amaguaña | Pintag | Estadio de la Liga Barrial |
| Turubamba | Bodegas CNT | Guangopolo | Estadio de la Liga Barrial |
| La Ecuatoriana | Colegio Nacional Primicias de la Cultura de Quito | Pomasquí | Colegio Municipal Eugenio Espejo |
| Lloa | Estadio de Lloa | S. Isidro del Inca | Colegio Tomás Moro |
| Quitumbe | Coliseo Unidad Educativa Quitumbe | Cotacollao | Universidad Tecnológica Indoamérica |
| Chillo Gallo | Colegio Julio Tobar Donoso | Nono | Estadio de Nono |
| La Mena | Coliseo Aldeas SOS | Carcelén | Colegio Americano |
| La Argelia | Unidad Educativa Sigo XXI | San Antonio | Colegio Mitad del Mundo |
| Gualea | Estadio Gualea | Calacalí | Colegio Nacional Calacalí |
| Nanegal | Coliseo de Nanegal | El Condado | Escuela Superior Militar Eloy Alfaro |
| Nanegalito | Coliseo Parroquial Nanegalito | Calderón | Centro Educativo Matriz 05 |
| Pacto | Estadio de Pacto | Cmte. del Pueblo | Colegio Manuel Benjamín Carrión |
| La Ferroviaria | Colegio Santa María Mazzarello | Ponceano | Estadio Casa Blanca |
| Centro Histórico | Plaza de San Francisco | Tababela | Estadio Municipal |
| San Bartolo | Instituto Sup. Exp. Concejo Prov. Pich. | Yaruquí | Coliseo Yaruquí |
| Conocoto | Colegio La Salle | Checa | Complejo Deportivo Luis Fonseca |
| Chilibulo | Cuartel Mariscal Sucre | El Quinche | Coliseo Germán Medrano Vaca |
| Chimbacalle | Colegio Montufar | Guayllabamba | Estadio de Guayllabamba |
| La Magdalena | Colegio Amazonas | Puembo | Coliseo Municipal de Puembo |
| La Libertad | Escuela Cordero Crespo | Pifo | Coliseo de la Liga Parroquial |
| Puengasí | Policía Metropolitana de Quito | Rumipamba | Club de Tenis Buena Vista |
| Chavezpamba | Canchas Deportivas | Iñaquito | Estadio Olímpico Atahualpa |
| Perucho | Estadio Perucho | Jipijapa | Instituto Tec. Exp. Central Técnico |
| Atahualpa | Estadio Humberto Cárdenas | B. Quevedo | Estadio Universitario UCE |
| S.J. de Minas | Plaza Central | Cochapamba | Colegio Intisana |
| Puéllaro | Estadio de Puéllaro | Mariscal Sucre | Colegio Manuela Cañizares |
| Tumbaco | Centro Deportivo Manuel Jibaja | San Juan | Colegio Mejía |
| Nayón | Coliseo de Nayón | Itchimbia | Coliseo General Rumiñahui |
| Cumbayá | Estadio Francisco Reinoso | Concepción | Parque Bicentenario |
| Llano Chico | Estadio Llano Chico | Kennedy | Batallón Escuela Rumiñahui |
| Zámbiza | Estadio de la Parroquia | | |

Para ingresar esta información el programa posee un mapa en el cual se pueden ubicar los centros de distribución y los puntos de entrega. A continuación se presenta una captura de pantalla de logvrp.

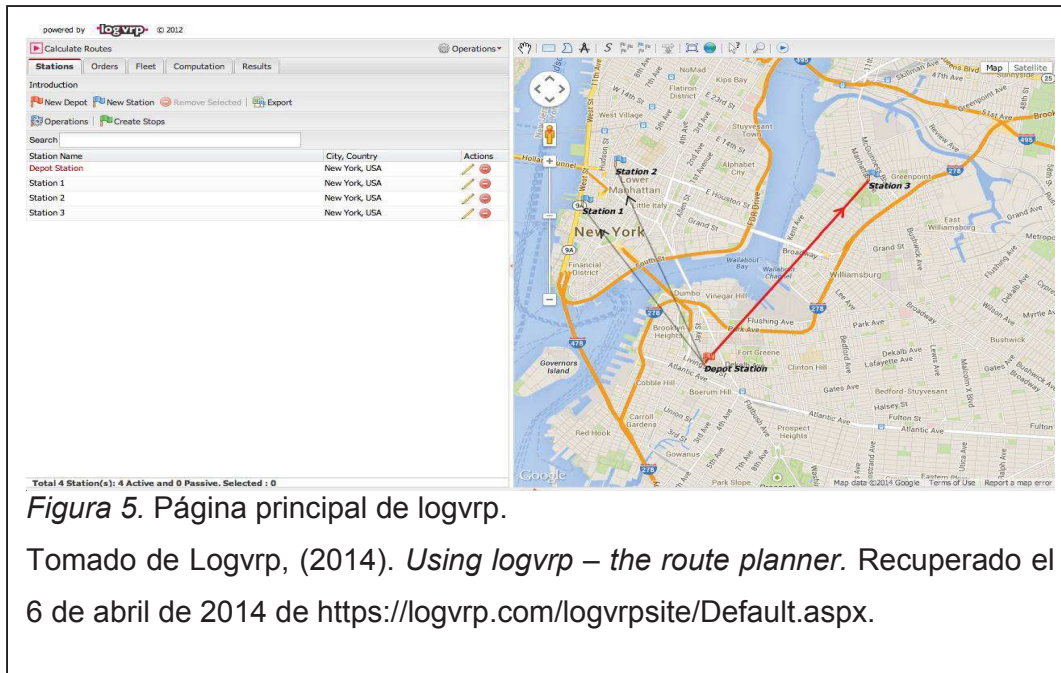


Figura 5. Página principal de logvrp.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

También se pueden editar los datos de cada ubicación dando clic en la opción editar, esto abre una ventana con las siguientes opciones:



Figura 6. Editar estación.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

En esta ventana se puede cambiar el nombre de la estación (centro de distribución o punto de entrega), se puede cambiar la dirección de la estación y se puede elegir si está activa o no.

3.3.2. Información de los Pedidos

En esta sección se solicita que ingresemos información relacionada con los pedidos, en nuestro caso con la demanda de provisiones, de cada punto. A continuación se muestra una imagen de la información requerida.

The screenshot shows a web-based form titled "Order Details". It contains the following fields and controls:

- Order Id:** A text input field containing "ORD-158".
- From > To:** Two dropdown menus. The first is labeled "Depot Station" and the second is labeled "Station 3".
- Load:** A text input field containing "3" followed by "of Parcel" and a dropdown menu.
- Loading Durations:** A time input field showing "00 : 00 : 00".
- Unloading Durations:** A time input field showing "00 : 00 : 00".
- For Pick up Between:** Two time input fields separated by an "and" label.
- For Delivery Between:** Two time input fields separated by an "and" label.
- Clear Time Windows:** A button located below the time input fields.
- Update Order:** A button located at the bottom right of the form.

Figura 7. Información del pedido.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

Aquí se ingresa el código de identificación de la orden, el lugar de origen y el punto de entrega del pedido, la carga a transportar y el tipo de carga (paquete, líquido, productos inflamables, frágil, etc.); también permite establecer los tiempos de carga y descarga y tiene la opción de trabajar con ventanas de tiempo.

Para el caso particular que estamos estudiando el origen de los pedidos serán los centros de distribución que se seleccionaron en el capítulo 2 y los puntos de entrega serán los lugares seleccionados dentro de cada parroquia.

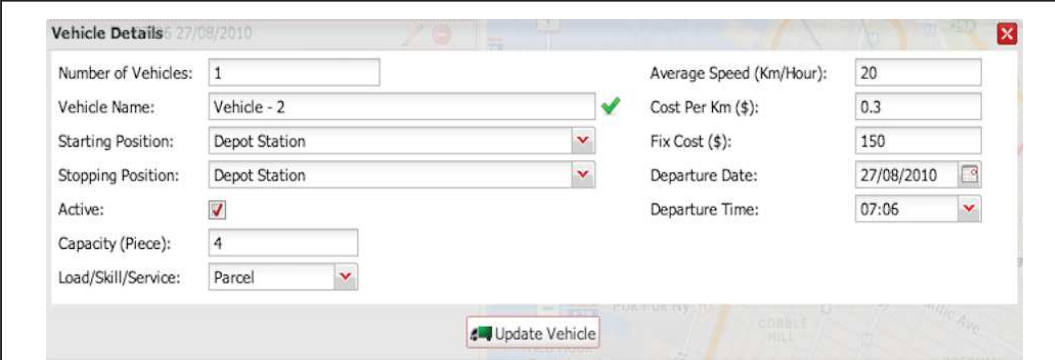
El tipo de carga a utilizar son paquetes. Las galletas de alto contenido energético HEB se entregan en cajas de cartón, las cuales contienen 100 paquetes de 100 gramos de galleta. Las dimensiones de la caja son

38.5x20x31cm, lo que equivale a un volumen de 0.024 metros cúbicos. El peso de cada caja de cartón es de 10.2 kilogramos (Humanitarian Technology Network, s.f.).

No se considerarán tiempos de carga y descarga, debido a que lo que más nos interesa es la optimización de las rutas a seguir. Ni tampoco utilizaremos ventanas de tiempo, ya que no hay ninguna restricción con respecto a las horas de entrega de las provisiones; lo único que se considera importante es que la carga se entregue en un solo día.

3.3.3. Información Sobre la Flota de Vehículos

En cuanto a los vehículos, logvrp nos permite ingresar la cantidad de vehículos que poseemos y que vamos a utilizar durante la distribución. Para ingresar la información sobre cada vehículo tenemos una ventana como la que se presenta a continuación:



Vehicle Details 27/08/2010

| | | | |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|
| Number of Vehicles: | 1 | Average Speed (Km/Hour): | 20 |
| Vehicle Name: | Vehicle - 2 | Cost Per Km (\$): | 0.3 |
| Starting Position: | Depot Station | Fix Cost (\$): | 150 |
| Stopping Position: | Depot Station | Departure Date: | 27/08/2010 |
| Active: | <input checked="" type="checkbox"/> | Departure Time: | 07:06 |
| Capacity (Piece): | 4 | | |
| Load/Skill/Service: | Parcel | | |

Update Vehicle

Figura 8. Información del vehículo.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

En esta ventana podemos ingresar el número de vehículos con las mismas características, el nombre del vehículo, la ubicación en la que debe comenzar el recorrido y la estación final; debemos indicar también la capacidad y el tipo

de carga que puede transportar; la velocidad promedio, el costo fijo de utilización y el costo por kilómetro recorrido, la fecha y hora de salida. También podemos indicar si el vehículo está activo, es decir si no se encuentra en mantenimiento. En nuestro caso de estudio se utilizarán dos tipos de vehículos principalmente.

El primer tipo de vehículo es un tráiler que transportará un contenedor de 40 pies (12.03x2.35x2.39 m), el cual tiene una capacidad de carga de 28.75 toneladas y una capacidad cúbica de 67.7 metros cúbicos, lo cual implica una capacidad de 2387 cajas debido a las dimensiones del contenedor y peso de las cajas que se utilizan para transportar las galletas fortificadas; este tipo de vehículo será utilizado para transportar grandes cantidades de provisiones desde el CELAH y/o el aeropuerto hasta los centros de distribución.

El segundo tipo es un camión tipo Hino City 300, el cual tiene una capacidad de 3.6 toneladas y una capacidad cúbica de 13 metros cúbicos (3,510x1.695x2.175 m), lo cual implica una capacidad de 353 cajas debido a las dimensiones y peso de las cajas que se utilizan para transportar las galletas fortificadas; por su tamaño se convierte en un medio de transporte ágil dentro de la ciudad y será utilizado para transportar las provisiones desde los centros de distribución hacia cada una de las parroquias.

A continuación se presenta una tabla en la que se ha calculado el número de recorridos que tendrían que realizarse a cada parroquia si se utilizara un único camión para transportar las provisiones o un único tráiler para cada centro de distribución. Esta tabla es el resultado de dividir la demanda de cada parroquia para la capacidad del camión y del tráiler respectivamente.

Por ejemplo para los centros de distribución Guamaní, Gualea, La Ferroviaria, Chavezpamba, Tumbaco, Pomasqui, Tababela y Rumipamba las demandas en número de cajas son 77367, 1824, 67335, 2373, 24003, 78108, 13389 y 91158 respectivamente, y la capacidad de un tráiler es de 1391 cajas. Al dividir estas

demandas para la capacidad se obtiene que el número de recorridos hacia cada centro de distribución es el que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4. Número de recorridos de tráiler necesarios en cada escenario


| Centros de Distribución | Escenario1 | Escenario 2 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Nº de Recorridos | Nº de Recorridos |
| | # Cajas | # Cajas |
| CD Guamaní | 32 | 5 |
| CD Gualea | 1 | 1 |
| CD La Ferroviaria | 28 | 5 |
| CD Chavezpamba | 1 | 1 |
| CD Tumbaco | 10 | 2 |
| CD Pomasqui | 33 | 5 |
| CD Tababela | 6 | 1 |
| CD Rumipamba | 38 | 6 |
| Total DMQ | 149 | 26 |

Tabla 5. Número de recorridos de camión necesarios en cada escenario.

| Parroquia | Escenario 1 | Escenario 2 | Parroquia | Escenario 1 | Escenario 2 |
|-----------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
| | Nº de Recorridos | Nº de Recorridos | | Nº de Recorridos | Nº de Recorridos |
| | Peso | Peso | | Peso | Peso |
| Guamaní | | | Pomasqui | | |
| Solanda | 32 | 5 | S. Isidro del Inca | 17 | 3 |
| Amaguaña | 13 | 2 | Cotocollao | 13 | 2 |
| Turubamba | 22 | 4 | Nono | 1 | 0 |
| La Ecuatoriana | 25 | 4 | Carcelén | 23 | 4 |
| Lloa | 1 | 0 | San Antonio | 13 | 2 |
| Quitumbe | 33 | 5 | Calacalí | 2 | 0 |
| Chillogallo | 24 | 4 | El Condado | 35 | 6 |
| La Mena | 18 | 3 | Calderón | 63 | 11 |
| La Argelia | 24 | 4 | Cmte. del Pueblo | 19 | 3 |
| Total CD | 219 | 37 | Ponceano | 22 | 4 |
| Gualea | | | Total CD | 221 | 37 |
| Nanegal | 1 | 0 | Tababela | | |
| Nanegalito | 1 | 0 | Yaruquí | 7 | 1 |
| Pacto | 2 | 0 | Checa | 4 | 1 |
| Total CD | 5 | 1 | El Quinche | 7 | 1 |
| La Ferroviaria | | | Guayllabamba | 7 | 1 |
| Centro Histórico | 17 | 3 | Puembo | 6 | 1 |
| San Bartolo | 27 | 4 | Pifo | 7 | 1 |
| Conocoto | 34 | 6 | Total CD | 38 | 6 |
| Chilibulo | 20 | 3 | Rumipamba | | |
| Chimbacalle | 16 | 3 | Iñaquito | 18 | 3 |
| La Magdalena | 13 | 2 | Jipijapa | 15 | 2 |
| La Libertad | 11 | 2 | B. Quevedo | 20 | 3 |
| Puengasí | 26 | 4 | Cochapamba | 24 | 4 |
| Total CD | 191 | 32 | Mariscal Sucre | 5 | 1 |
| Chavezpamba | | | San Juan | 23 | 4 |
| Perucho | 0 | 0 | Itchimbía | 14 | 2 |
| Atahualpa | 1 | 0 | Concepción | 99 | 16 |
| S.J. de Minas | 3 | 0 | Kennedy | 29 | 5 |
| Puéllaro | 2 | 0 | Total CD | 258 | 43 |
| Total CD | 7 | 1 | Total DMQ | 1007 | 168 |
| Tumbaco | | | | | |
| Nayón | 6 | 1 | | | |
| Cumbayá | 13 | 2 | | | |
| Llano Chico | 4 | 1 | | | |
| Zámbiza | 2 | 0 | | | |
| Alangasí | 10 | 2 | | | |
| La Merced | 3 | 1 | | | |
| Pintag | 7 | 1 | | | |
| Guangopolo | 1 | 0 | | | |
| Total CD | 68 | 11 | | | |

3.3.4. Información de Cálculo

Logvrp nos permite establecer algunos parámetros para realizar el cálculo de las rutas como por ejemplo las unidades de moneda, la unidad de distancia, el método de cálculo de distancia.



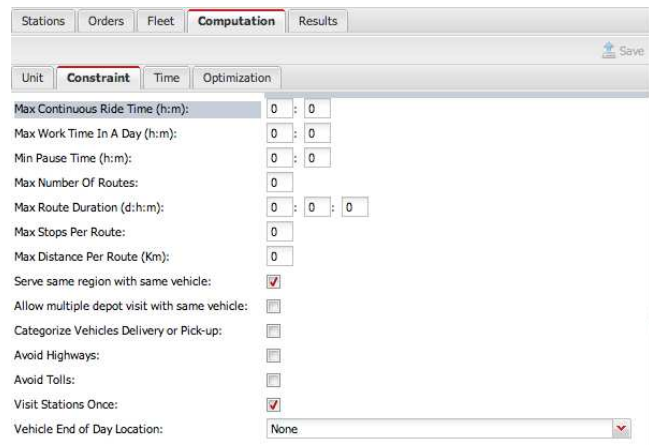
The screenshot shows the 'Computation' tab in the Logvrp interface. It features a sub-tab 'Unit' with the following settings:

- Currency: USD
- Distance Unit: Km
- On Calculation Use: Road Distance Matrix

Other tabs visible include 'Stations', 'Orders', 'Fleet', and 'Results'. A 'Save' button is located in the top right corner of the 'Computation' section.

Figura 9. Información de Cálculo. Unidades.
 Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

También es posible establecer restricciones como el tiempo máximo de recorrido, el tiempo de trabajo diario, número máximo de rutas, distancia máxima por ruta, entre otras.



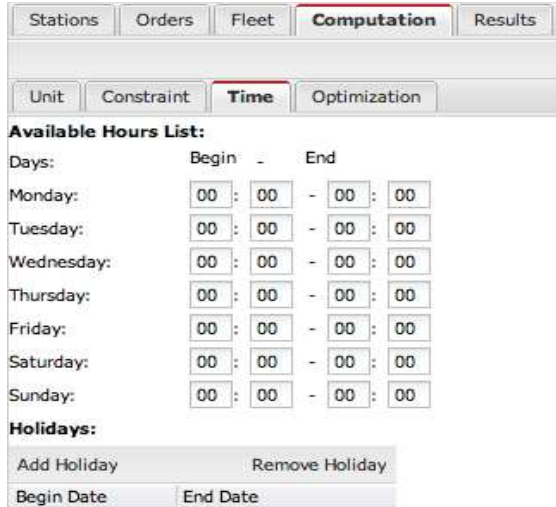
The screenshot shows the 'Computation' tab in the Logvrp interface, specifically the 'Constraint' sub-tab. The settings are as follows:

- Max Continuous Ride Time (h:m): 0 : 0
- Max Work Time In A Day (h:m): 0 : 0
- Min Pause Time (h:m): 0 : 0
- Max Number Of Routes: 0
- Max Route Duration (d:h:m): 0 : 0 : 0
- Max Stops Per Route: 0
- Max Distance Per Route (Km): 0
- Serve same region with same vehicle:
- Allow multiple depot visit with same vehicle:
- Categorize Vehicles Delivery or Pickup:
- Avoid Highways:
- Avoid Tolls:
- Visit Stations Once:
- Vehicle End of Day Location: None

Other tabs visible include 'Stations', 'Orders', 'Fleet', and 'Results'. A 'Save' button is located in the top right corner of the 'Computation' section.

Figura 10. Información de Cálculo. Restricciones.
 Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

Es posible determinar el tiempo disponible indicando los días de la semana y las horas diarias que se utilizarán para realizar las actividades de transporte.



Available Hours List:

| Days: | Begin | End |
|------------|---------|-----------|
| Monday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Tuesday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Wednesday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Thursday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Friday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Saturday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |
| Sunday: | 00 : 00 | - 00 : 00 |

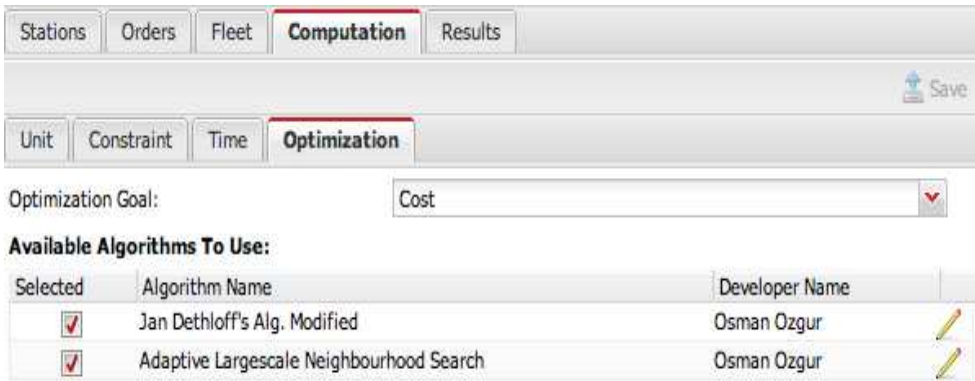
Holidays:

Add Holiday Remove Holiday

Begin Date End Date

Figura 11. Información de Cálculo. Tiempo Disponible.
Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

El software permite seleccionar el algoritmo con el que se va a optimizar las rutas. Por default se utilizan los dos algoritmos mencionados anteriormente, pero si se desea se puede utilizar sólo uno de ellos.



Optimization Goal: Cost

Available Algorithms To Use:

| Selected | Algorithm Name | Developer Name |
|-------------------------------------|--|----------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Jan Dethloff's Alg. Modified | Osman Ozgur |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Adaptive Largescale Neighbourhood Search | Osman Ozgur |

Figura 12. Información de Cálculo. Algoritmos.
Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

3.4. Optimización de Rutas

Primeramente se determinará las rutas óptimas de los camiones de cada grupo de parroquias y el centro de distribución asignado. Luego se determinará la ruta óptima de los tráileres desde el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre y desde el CELAH ubicado en Tumbaco. Para determinar estas rutas se utilizarán las condiciones del escenario 1, es decir se necesita distribuir provisiones a toda la población durante 3 días.

Es importante mencionar que debido a que la demanda de cada centro supera la capacidad de carga de camiones y tráileres, no es óptimo obtener una ruta que parta del centro de distribución y recorra todas las parroquias una sola vez; lo más eficiente es hallar la ruta más corta entre el centro de distribución y cada parroquia de tal manera que los camiones y tráileres realicen varios recorridos por esa ruta hasta satisfacer la demanda total de cada centro.

3.4.1. Rutas Centro de Distribución Guamaní

Con el fin de demostrar la importancia del uso de un método de optimización, se utilizará el método del vecino más cercano como método intuitivo para determinar las rutas para el caso particular del centro de distribución de Guamaní, cuya formulación se presentó al inicio del capítulo, para luego compararlas con las rutas obtenidas en logvrp.

En el mapa se denotan los nodos de la siguiente manera:

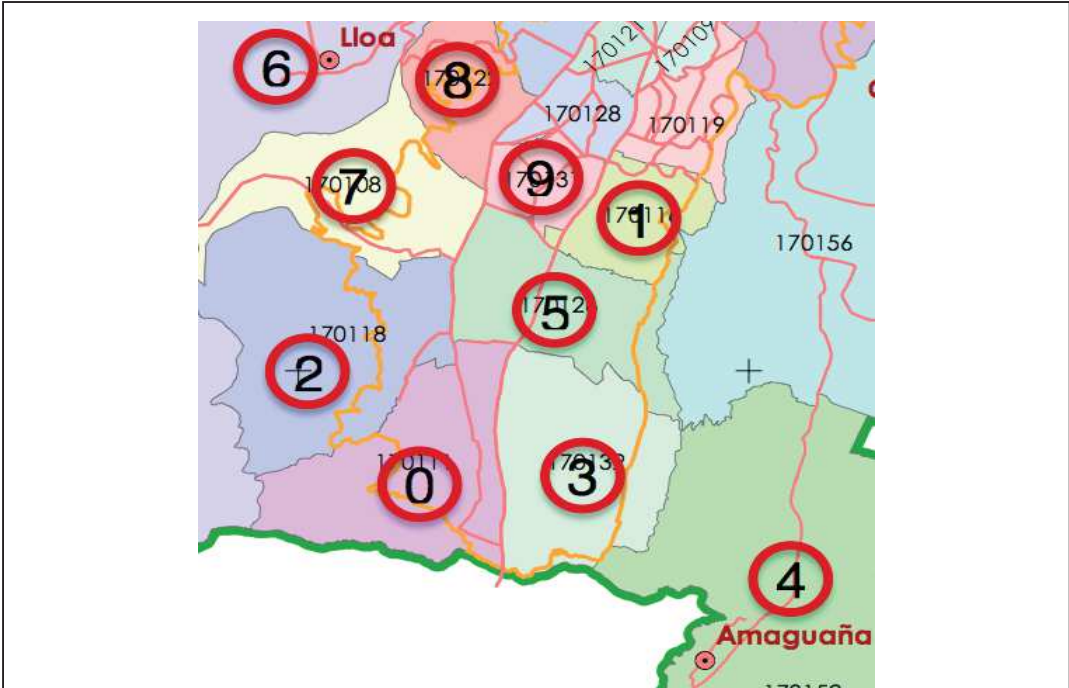


Figura 13. Nodos del CD Guamaní.

Adaptado de Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, (2014). *Mapas generados en la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <http://sthv.quito.gob.ec/>

Ahora se debe empezar desde el nodo 0 que es el centro de distribución y a partir de ese nodo se debe viajar hacia el nodo más cercano que en este caso es el nodo 3 que se encuentra a 3 kilómetros, luego se debe encontrar el nodo más cercano al nodo 3 que es el nodo 2 que se encuentra ubicado a 5.8 kilómetros. Se suman las distancias y el procedimiento continúa hasta haber regresado al nodo 0 habiendo recorrido todos los nodos una sola vez. En la siguiente tabla se indican la ruta y la distancia total recorrida.

Tabla 6. Ruta obtenida mediante el método del vecino más cercano.

| Nodo añadido | Ruta | Distancia (km) |
|--------------|---------------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0-3 | 3 |
| 2 | 0-3-2 | 8.8 |
| 7 | 0-3-2-7 | 10.6 |
| 9 | 0-3-2-7-9 | 15.1 |
| 8 | 0-3-2-7-9-8 | 17.3 |
| 1 | 0-3-2-7-9-8-1 | 24.5 |
| 6 | 0-3-2-7-9-8-1-6 | 39.7 |
| 4 | 0-3-2-7-9-8-1-6-4 | 65.4 |
| 0 | 0-3-2-7-9-8-1-6-4-0 | 74.7 |

Cabe señalar que en este método se asume que la capacidad del vehículo es ilimitada o que la suma de la demanda de todos los nodos es igual a la capacidad del vehículo, lo cual no es verdadero en el caso que se está estudiando. Si consideramos que cada vez el vehículo debe regresar al centro de distribución la distancia total recorrida es de 192.4 kilómetros.

Ahora utilizaremos un método heurístico clásico como el método de inserción. Para este método primeramente se escoge un nodo k que minimice la distancia c_{ik} y a partir de esta ruta se insertan los nodos que minimicen la distancia total, hasta incluir todos los nodos dentro de la ruta. Para nuestro ejemplo del centro de distribución Guamaní la primera ruta es 0-3-0, a partir de esta ruta debemos encontrar el nodo que minimice la distancia y ese nodo es el nodo 5. Continuando con el procedimiento obtenemos la siguiente ruta.

Tabla 7. Ruta obtenida mediante el método de inserción.

| Nodo añadido | Ruta | Cálculo | Distancia (km) |
|--------------|-----------------------|--|----------------|
| 3 | 0-3-0 | $d_{03}+d_{03}$ | 5.8 |
| 5 | 0-3-5-0 | $d_{03}-d_{03}+d_{35}+d_{50}$ | 16.9 |
| 1 | 0-3-5-1-0 | $d_{03}+d_{35}-d_{50}+d_{51}+d_{10}$ | 24.4 |
| 9 | 0-3-5-1-9-0 | $d_{03}+d_{35}+d_{51}-d_{10}+d_{19}+d_{90}$ | 29.5 |
| 7 | 0-3-5-1-9-7-0 | $d_{03}+d_{35}+d_{51}+d_{19}-d_{90}+d_{97}+d_{70}$ | 34.1 |
| 2 | 0-3-5-1-9-7-2-0 | $d_{03}+d_{35}+d_{51}+d_{19}+d_{97}-d_{70}+d_{72}+d_{20}$ | 34.6 |
| 8 | 0-3-5-1-9-8-7-2-0 | $d_{03}+d_{35}+d_{51}+d_{19}-d_{97}+d_{98}+d_{87}+d_{72}+d_{20}$ | 36.1 |
| 6 | 0-3-5-1-9-8-6-7-2-0 | $d_{03}+d_{35}+d_{51}+d_{19}+d_{98}-d_{87}+d_{86}+d_{67}+d_{72}+d_{20}$ | 48.5 |
| 4 | 0-3-4-5-1-9-8-6-7-2-0 | $d_{03}-d_{35}+d_{34}+d_{45}+d_{51}+d_{19}+d_{98}+d_{86}+d_{67}+d_{72}+d_{20}$ | 74.4 |

Se puede observar que este método ya supone una mejoría con respecto al método del vecino más cercano. Igualmente en este caso se asume que el vehículo tiene capacidad ilimitada o que la suma de la demanda de todos los nodos es igual a la capacidad del vehículo.

También se buscó una solución en Google Maps, para esto se ingresaron las coordenadas del centro de distribución Guamaní y de los lugares seleccionados en cada parroquia para entregar las provisiones. Google Maps trazó la ruta más corta entre cada uno de los puntos dando como resultado una



distancia total recorrida de 192.4 kilómetros. A continuación podemos ver la ruta trazada por este método.

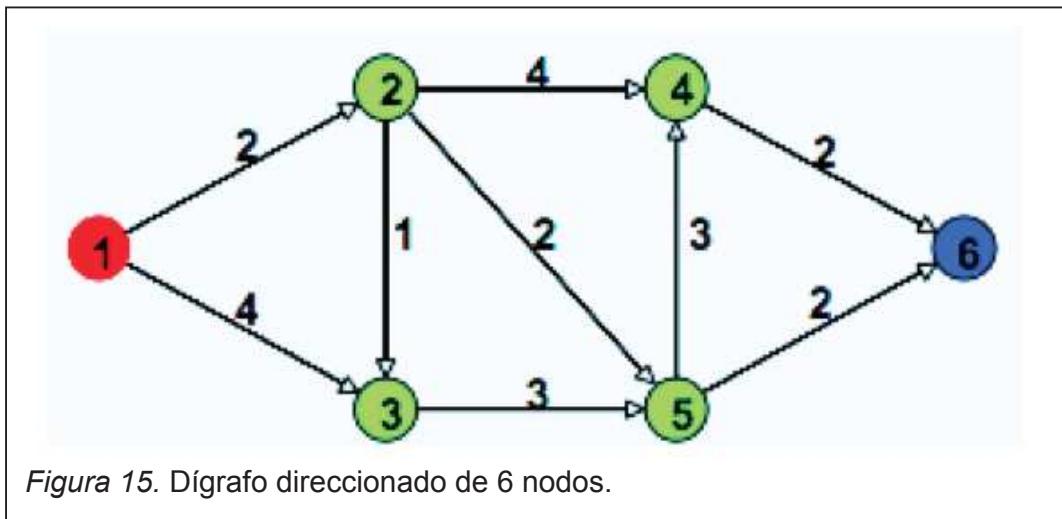
Google maps resuelve un problema de ruta más corta utilizando el algoritmo de Dijkstra. El problema de la ruta más corta y el algoritmo de Dijkstra se describen a continuación.

3.4.2. Problema de la Ruta más Corta y Algoritmo de Dijkstra

Dado un dígrafo $G = (E, V)$ cuyas aristas tienen pesos no negativos, se debe encontrar el camino mínimo desde un nodo s a los demás nodos del dígrafo.

Todas las aristas deben tener pesos no negativos y todos los nodos deben estar conectados. Esto se aplica tanto para dígrafos direccionados y no direccionados.

Como ejemplo se resolverá la ruta más corta entre el nodo 1 y 6 del siguiente dígrafo.



La solución debe cumplir las siguientes condiciones:

- **Subestructura óptima:** toda sub ruta intermedia dentro de una ruta que une los nodos 1 y 6 tiene que ser también la más corta u óptima.
- **Desigualdad triangular:** si $\delta(u, v)$ es la ruta más corta entre u y v entonces $\delta(u, v) \leq \delta(u, x) + \delta(x, v)$ (Dijkstra, 1959).

El nodo inicial es el uno, desde ese nodo existen dos caminos: uno que se dirige al nodo 2 que tiene una distancia de 2 y otro hacia el nodo 3 que tiene

una distancia de 4, por lo tanto se escoge el camino hacia el nodo 2. El nodo 2 está conectado al nodo 3, 4 y 5 que se encuentran a una distancia de 1, 4 y 2 respectivamente; la distancia más corta sería hacia el nodo 3, pero desde el nodo 3 la única opción es dirigirse hacia el nodo 5 que se encuentra a una distancia de 3, así que se escoge el nodo 5. Desde el nodo 5 la distancia al nodo 6 es de 2. Por lo tanto la ruta más corta es 1-2-5-6 con una distancia de 6.

Se puede observar que las condiciones de la solución sí se cumplen. Si se toma por ejemplo la sub ruta 2-5, para ir desde el nodo 2 al 5 hay dos opciones. La primera es ir directamente desde el nodo 2 al 5 con una distancia de 2 y la segunda es ir del nodo 2 al 3 y luego al 5, lo cual da una distancia total de 4; por lo tanto la ruta 2-5 es la más corta de las posibles para esa sub ruta. Lo mismo sucede con la sub ruta 5-6, es posible ir directamente del nodo 5 al 6 con una distancia de 2 o se puede ir primero al nodo 4 y luego al 6 con una distancia total de 5.

Ahora para comprobar la desigualdad triangular se toma $x = 4$, de esta manera se tiene que:

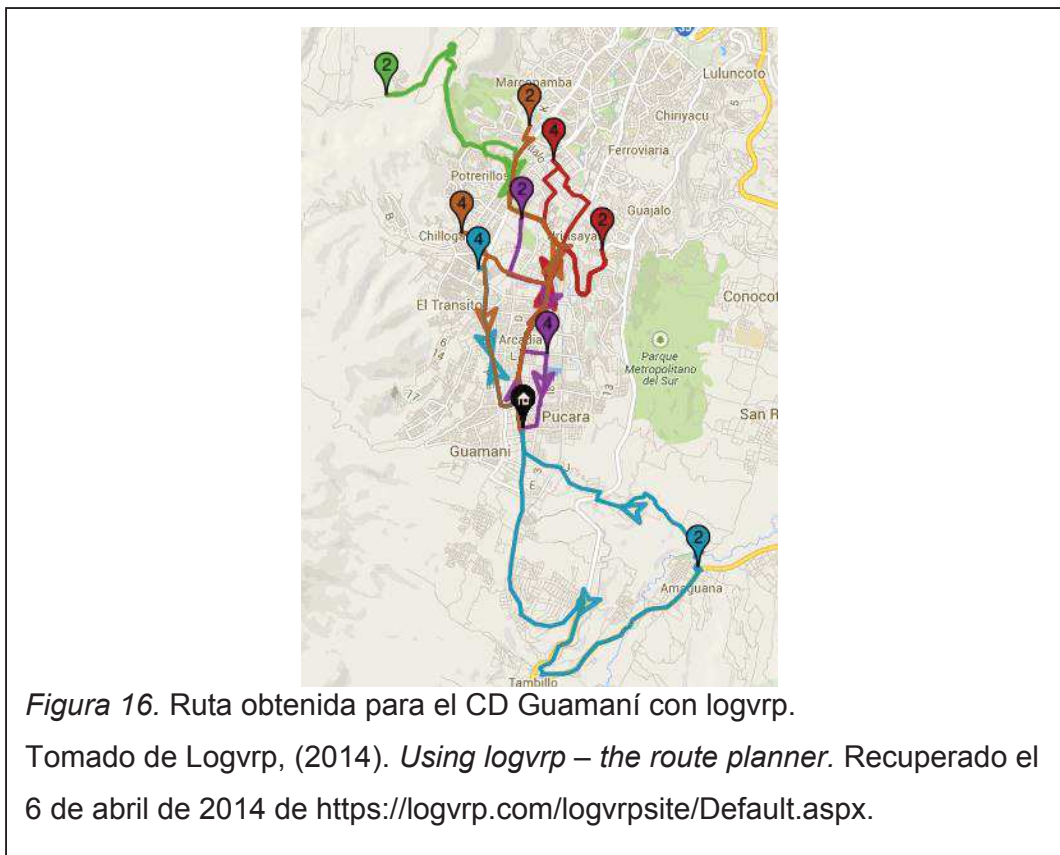
$$\delta(1,6) \leq \delta(1,4) + \delta(4,6) \quad (\text{Ecuación 40})$$

$$6 \leq 6 + 2 \quad (\text{Ecuación 41})$$

$$6 \leq 8 \quad (\text{Ecuación 42})$$

Este tipo de algoritmo es utilizado por Google Maps para calcular la ruta que se debe tomar cuando se quiere llegar de una dirección a otra.

A continuación se presenta la ruta obtenida en logvrp.



La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 169 kilómetros lo cual supone un ahorro del 12% en distancia recorrida. Es por esto que es más conveniente utilizar un método de optimización.

En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

3.4.3. Rutas Centro de Distribución La Ferroviaria

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 86.4 kilómetros.

En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

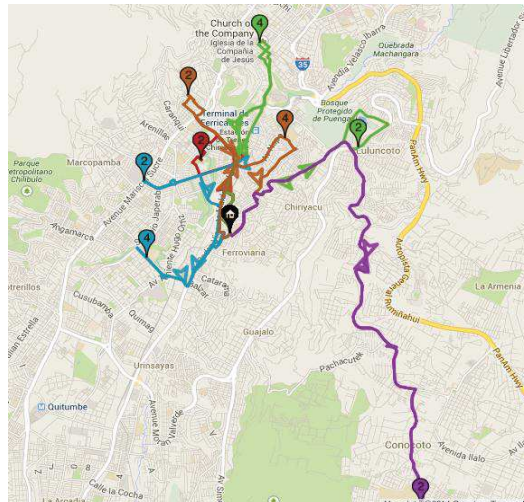


Figura 17. Ruta obtenida para el CD La Ferroviaria con logvrp.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

3.4.4. Rutas Centro de Distribución Pomasqui

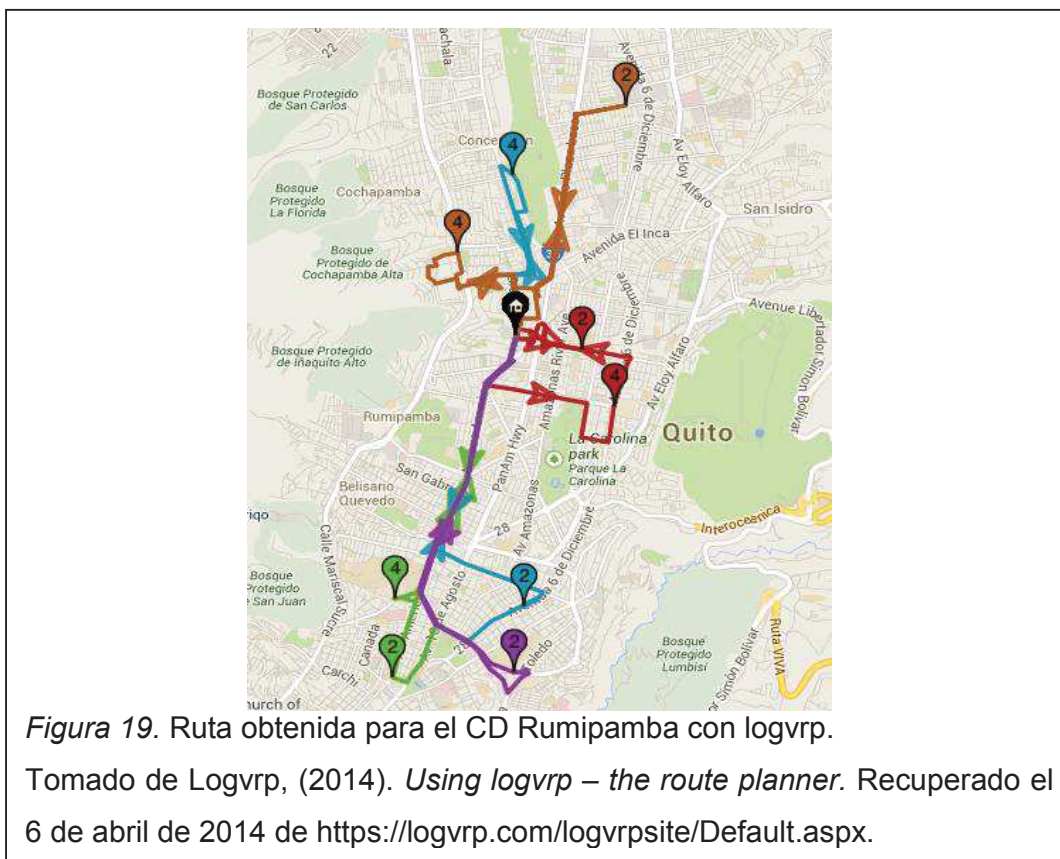


Figura 18. Ruta obtenida para el CD Pomasqui con logvrp.

Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 226 kilómetros. En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

3.4.5. Rutas Centro de Distribución Rumipamba



La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 75.2 kilómetros. En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

3.4.6. Rutas Centro de Distribución Gualea

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 82.6 kilómetros. En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.



3.4.7. Rutas Centro de Distribución Chavezpamba

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 62 kilómetros.

En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

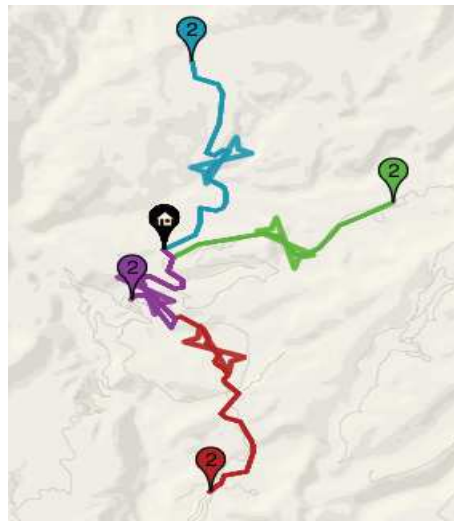


Figura 21. Ruta obtenida para el CD Chavezpamba con logvrp.
Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

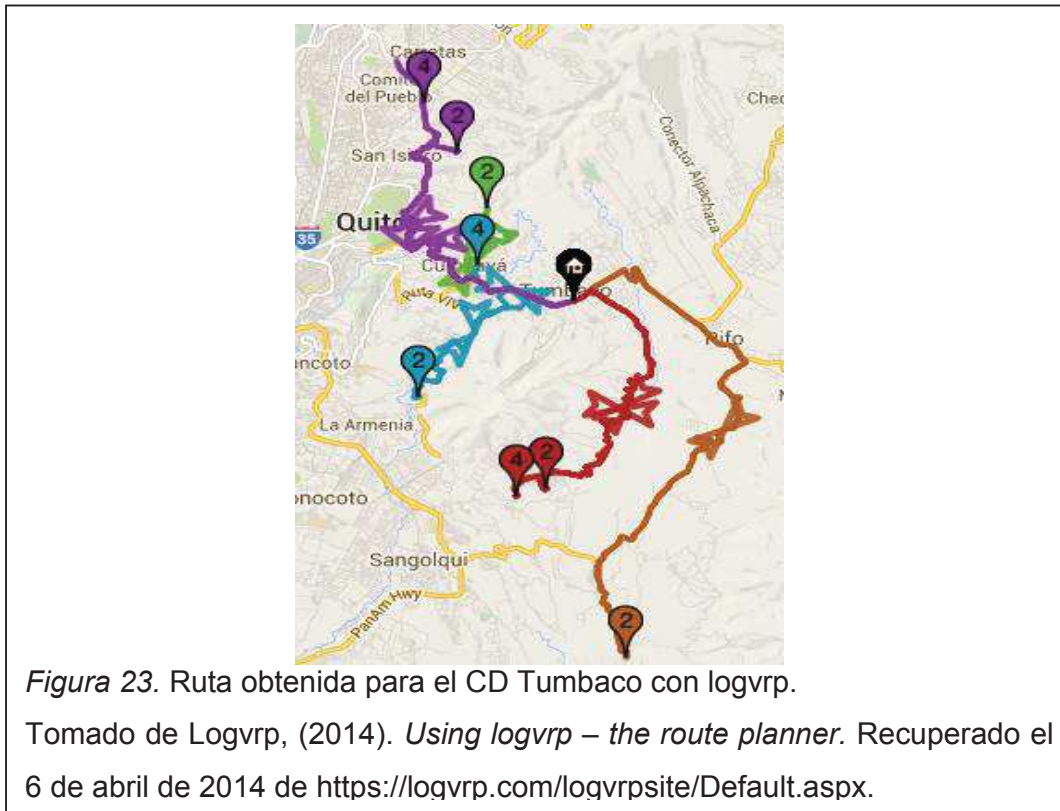
3.4.8. Rutas Centro de Distribución Tababela



Figura 22. Ruta obtenida para el CD Tababela con logvrp.
Tomado de Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 160 kilómetros.

En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.



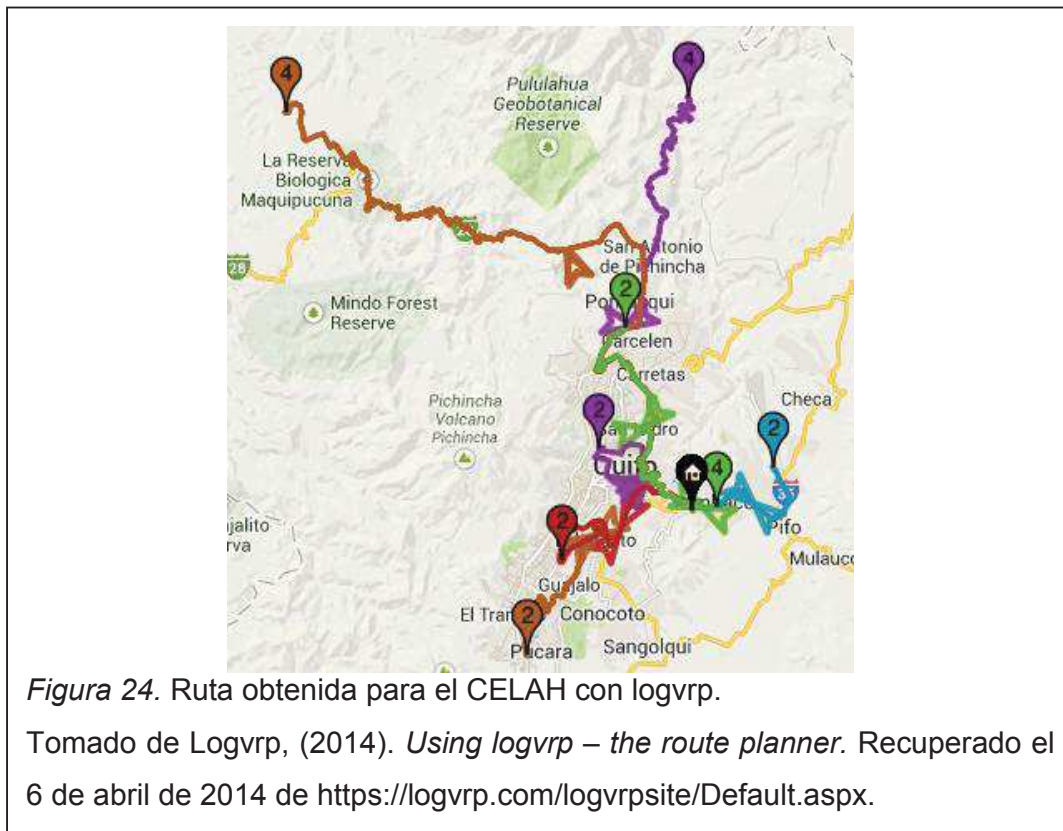
3.4.9. Rutas Centro de Distribución Tumbaco

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 288 kilómetros. En los anexos se puede encontrar las rutas para cada parroquia y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.

3.4.10. Rutas CELAH en Tumbaco

La ruta optimizada por logvrp tiene una distancia total recorrida de 592 kilómetros.

En los anexos se puede encontrar las rutas para cada centro de distribución y las direcciones que debe seguir el conductor del vehículo para llegar a cada centro de distribución.



determinar los daños, la demanda de provisiones y para coordinar la limpieza de escombros en las vías a utilizar y cualquier otra circunstancia que pueda surgir como producto del desastre natural.

Tabla 8. Número de camiones necesarios para cada centro de distribución.

| Centros de Distribución | Escenario 1 | Escenario 2 |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Nº de Camiones | Nº de Camiones |
| CD Guamaní | 3 | 1 |
| CD Gualea | 1 | 1 |
| CD La Ferroviaria | 2 | 1 |
| CD Chavezpamba | 1 | 1 |
| CD Pomasqui | 3 | 1 |
| CD Tababela | 1 | 1 |
| CD Tumbaco | 2 | 1 |
| CD Rumipamba | 2 | 1 |
| Total DMQ | 15 | 8 |

Tabla 9. Número de tráileres necesarios para el CELAH y el Aeropuerto Mariscal Sucre.

| Centros de Distribución | Escenario 1 | Escenario 2 |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Nº de Tráileres | Nº de Tráileres |
| CELAH | 8 | 2 |
| Aeropuerto | 17 | 3 |
| Total DMQ | 25 | 5 |

Según los resultados se necesitará una flota de 15 camiones y 25 tráileres para distribuir las provisiones a todo el distrito en el escenario 1; y en el escenario 2 se requerirá de 8 camiones y 5 tráileres.

4. Capítulo IV. Plan de Manejo de Provisiones en Caso de Sismos de Gran Magnitud

4.1. Objetivo del Plan

Determinar las acciones que se deben ejecutar en caso de un sismo de gran magnitud en el Distrito Metropolitano de Quito, los organismos de respuesta y los responsables de ejecutar tales acciones, para garantizar un adecuado manejo y distribución de provisiones a la población afectada por el sismo.

4.2. Alcance del Plan

El plan establece acciones y responsables para solicitar ayuda humanitaria al exterior, distribuir provisiones a la población afectada, llevar un control de las provisiones entregadas y garantizar la entrega oportuna de provisiones en caso de sismos de gran magnitud.

4.3. Definiciones

- **CELAH:** Centro Logístico de Ayuda Humanitaria.
- **Sismo:** Un sismo es una vibración, muchas veces violenta, de la superficie de la tierra la cual es seguida por una liberación de energía en la corteza terrestre. Esta energía puede ser generada por la dislocación repentina de segmentos de corteza, por erupciones volcánicas o por una explosión provocada por el ser humano.
- **HEB:** Galletas de alto contenido energético.

4.4. Organismos de Respuesta

- **COE-M:** Comité de Operaciones de Emergencia Metropolitano.
- **Cuerpo de Bomberos del DMQ**
- **Unidades de Policía Comunitaria**
- **Secretaría de Comunicación Social**
- **Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas – EMMOP-Q.**

- **Policía Metropolitana**
- **Administraciones Zonales**
- **Empresa Metropolitana de Aseo – EASEO y Quito Limpio**
- **Comité Interinstitucional de la Red de Emergencias Médicas – CIREM**
- **Unidad Provincial de Gestión de Riesgos – Pichincha**
- **Cruz Roja de Pichincha**
- **Policía Nacional**
- **Primera División de Ejército Shyris**

4.5. Consideraciones Generales

4.5.1. Condiciones para que se active el plan de manejo de provisiones

El plan de manejo de provisiones se deberá activar cuando se presente una situación similar a las siguientes:

- Se ha producido un sismo de nivel VIII o superior en la escala de Mercalli.
- Los daños producidos por un desastre natural han sido de gran impacto.
- Como consecuencia del sismo o desastre un 5% de la población del Distrito Metropolitano no puede tener acceso a alimentos.
- La coordinación de las acciones de respuesta durarán días o semanas.

4.5.2. Políticas para la Gestión de Provisiones

- El Alcalde o su delegado, serán la autoridad durante una situación de emergencia y velarán por el cumplimiento de las presentes políticas.
- El Fondo Metropolitano para la Gestión de Riesgos y atención de emergencias será la primera fuente de financiamiento de las acciones de

emergencia. Sus recursos serán utilizados según lo estipulado en el reglamento de gestión de dicho fondo.

- El COE-M será el encargado de coordinar la recepción, utilización y distribución de las provisiones.
- Cuando se trate de provisiones extranjeras, el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos son las instituciones gubernamentales que lideran la coordinación de la Asistencia Internacional Humanitaria en casos de emergencia en el Ecuador. Durante una emergencia, la Unidad Coordinadora de la Asistencia Internacional Humanitaria en Situaciones de Emergencia o Desastre de la SNGR, será activada por el COE Nacional (Proaño, 2012).

4.5.3. Capacidad Logística

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicado el Centro Logístico de Asistencia Humanitaria del Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas. Este centro cuenta con un stock de 150 TM de galleta fortificada, el cual permite abastecer aproximadamente al 15% de la población del DMQ durante un día. En caso de emergencia se utilizará las provisiones que se encuentran en el CELAH, hasta que se gestione la obtención de las provisiones necesarias según la gravedad de la emergencia.

4.6. Roles y Procedimientos

En caso de una emergencia se debe seguir el siguiente proceso:

4.6.1. Activación del Comité de Operaciones de Emergencia Metropolitano

El COE-M se congrega por auto convocatoria ante una emergencia o por convocatoria extraordinaria de uno de los organismo o instituciones que lo

conforman, para tratar asuntos puntuales. La convocatoria la realiza el Alcalde o su Delegado (Proaño, 2012).

4.6.2. Evaluación de Daños y Transmisión de Información

Los organismos miembros del COE serán los responsables de realizar y transmitir la Evaluación de Daños EDAN (Proaño, 2012).

4.6.3. Determinación de la Demanda

Con la información obtenida en la evaluación de daños, se determinará lo siguiente:

- Cantidad de provisiones necesarias.
- La necesidad de solicitar ayuda humanitaria internacional.
- El número de vehículos necesarios para distribuir las provisiones.
- La necesidad de la intervención de las empresas metropolitanas para facilitar la distribución de provisiones.

4.6.4. Ayuda Humanitaria Internacional

Si la demanda de provisiones sobrepasa la cantidad de galleta fortificada disponible en el CELAH, entonces se debe coordinar la obtención de provisiones a través del Ministerio de relaciones Exteriores, Comercio e Integración y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Dentro de la SNGR, la Unidad Coordinadora de la Asistencia Internacional Humanitaria en Situaciones de Emergencia o Desastre será activada por el COE Nacional. Esta unidad será la encargada de organizar, canalizar e integrar los aportes de la cooperación internacional (Proaño, 2012).

4.6.5. Número de Vehículos Necesarios

Según la demanda determinada se definirá la cantidad de vehículos necesarios para transportar las provisiones a las zonas afectadas. Para la distribución será necesario la cooperación de la Primera División de Ejército Shyris, aportando con vehículos y garantizando la seguridad de las provisiones. Puede ser necesario contratar vehículos de empresas privadas que cuenten con una flota apta para transportar las provisiones.

4.6.6. Personal Requerido para Manejo de Provisiones

Para el manejo de provisiones se requerirá de personal para que conduzcan los camiones, de estibadores y de miembros de las Fuerzas Armadas y Policía Nacional para que garanticen la seguridad de las provisiones. El número de personas dependerá de la gravedad de la emergencia y de la demanda de provisiones.

4.6.6.1. Vías Bloqueadas o Afectadas por el Desastre

En el caso de que algunas vías se encuentren bloqueadas por escombros o por deslizamientos de tierra, será necesario encontrar rutas alternativas y se optimizarán los recorridos utilizando logvpr; si no existieran rutas alternativas será necesaria la colaboración de la Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas – EMMOP-Q para retirar los escombros y habilitar el uso de las vías.

4.6.6.2. Rutas de Distribución

Una vez que se disponga de la flota, los conductores y estibadores necesarios, se procederá a asignar las rutas a cada conductor y se les entregará una guía con las direcciones que deben seguir para llegar a cada uno de los centros de distribución definidos.

También se entregará una hoja de control en la que se registrará la entrega de las provisiones. En esta hoja constará la fecha y hora de entrega, la cantidad de provisiones entregada, la firma del conductor que realizó la entrega y la firma del responsable de cada centro de distribución.

4.6.7. Responsable del Centro de Distribución

En cada centro se encontrará un responsable el cual será designado por el COE-M y se encargará de lo siguiente:

- Recibir las provisiones que se han asignado al centro de distribución correspondiente.
- Coordinar la distribución de las provisiones a la población afectada en cada una de las parroquias asignadas al centro de distribución.
- Garantizar la seguridad de las provisiones que se reciban en ese centro conjuntamente con las Fuerzas Armadas y Policía Nacional.
- Mantener informado al COE-M sobre la distribución de las provisiones en el centro de distribución.
- Determinar si existe algún cambio en la demanda o en las necesidades de la población afectada, perteneciente a las parroquias asignadas al centro de distribución.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con las actividades del plan:

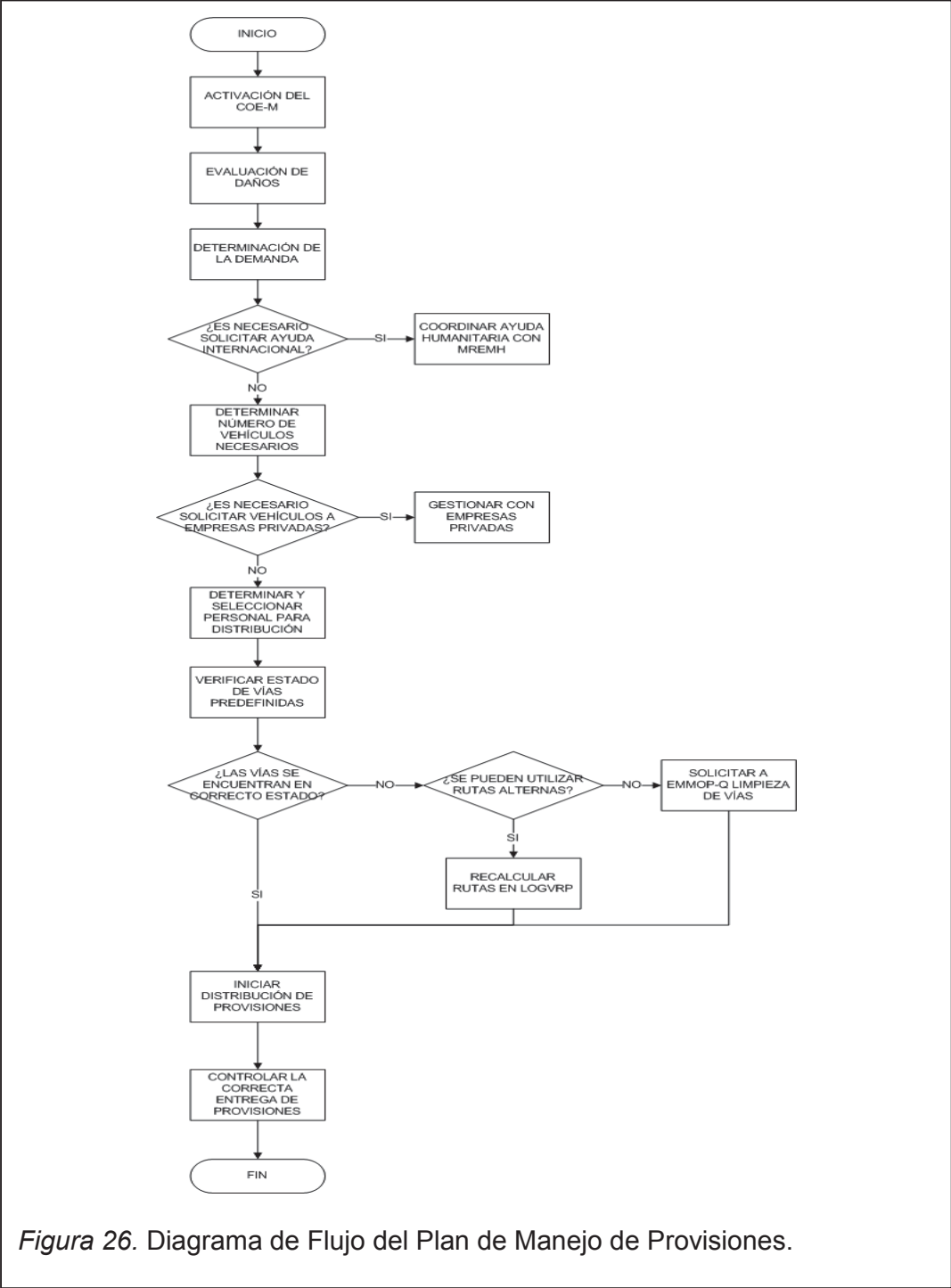


Figura 26. Diagrama de Flujo del Plan de Manejo de Provisiones.

5. Capítulo V. Simulación del Plan Propuesto

5.1. Modelos de Simulación

5.1.1. Simulación

La simulación es el desarrollo de un modelo lógico-matemático que sirve como representación de un sistema de la vida real. Mediante la manipulación experimental de las variables que afectan al sistema se puede obtener una estimación del comportamiento del sistema bajo esas condiciones.

Para desarrollar una simulación es necesario primeramente construir las ecuaciones que representan el sistema y preparar un programa computacional. Una vez hecho esto se pasa a la fase de estudio, se experimenta con el modelo construido para analizar los cambios que sufre al alterar las variables de entrada (Azarang y Dunna, 1996).

5.1.2. Ventajas de los Modelos de Simulación

- El modelo puede ser modificado rápida y fácilmente para analizar diferentes escenarios.
- Los costos de alterar el sistema en la simulación son más bajos que los costos de alterar el sistema real.
- Una simulación es una herramienta visual y permite identificar los problemas y errores que tiene el sistema.
- Se pueden analizar sistemas de alta complejidad (Azarang y Dunna, 1996).

5.1.3. Proceso de Desarrollo de un Modelo de Simulación

A continuación se indican las fases para el desarrollo de un modelo de simulación:

- Definición del sistema.
- Análisis del sistema.

- Formulación del modelo.
- Selección del lenguaje.
- Codificación del modelo.
- Validación del modelo.
- Experimentación.
- Implantación.
- Monitoreo y control (Azarang y Dunna, 1996).

5.2. Flexsim

Flexsim es una herramienta de análisis que permite tomar decisiones durante las fases de diseño y operación de un proceso. Este simulador permite construir en 3 dimensiones un modelo computacional de un sistema de la vida real, para luego estudiarlo en un período corto de tiempo o en un costo menor al del sistema actual. También se pueden identificar problemas y evaluar soluciones alternativas gracias a la animación gráfica y a los reportes de desempeño que provee el simulador (Flexsim, 2014).

5.2.1. Modelado

Flexsim es un software de simulación de eventos discretos; esto quiere decir que es utilizado para modelar sistemas que sufren cambios de estado en puntos discretos en el tiempo como resultado de eventos específicos.

Estos estados pueden ser clasificados como inactivo, ocupado, bloqueado y los eventos que podrían provocar estos estados son por ejemplo pedidos de clientes, movimiento de productos o averías en las máquinas.

Los ítems que se producen en una simulación de eventos discretos son por lo general productos físicos, pero pueden ser también clientes, papeleo, dibujos, actividades, llamadas telefónicas, correos electrónicos, etc. Estos ítems se producen a través de una serie de fases de procesamiento, espera y

transporte, lo que se conoce como flujo de procesos. Cada fase del proceso puede requerir uno o más recursos como máquinas, transportadores, operadores, vehículos o herramientas de algún tipo. Estos recursos pueden ser estacionarios o móviles; o pueden ser específicos para una sola tarea o para utilizarse en diferentes tareas.

Existen tres tipos básicos de problemas que pueden ser resueltos con Flexsim:

- **Problemas de servicios:** la necesidad de procesar clientes y sus requerimientos generando el más alto nivel de satisfacción al menor costo posible.
- **Problemas de manufactura:** La necesidad de producir el producto correcto en el momento correcto al menor costo posible.
- **Problemas logísticos:** la necesidad de entregar el producto correcto en el lugar correcto en el momento correcto al menor costo posible (Flexsim, 2014).

5.3. Simulación del Plan Propuesto

Se modeló en FlexSim una simulación de la ejecución del plan propuesto. Para esta simulación se utilizaron las ubicaciones de los centros de distribución previamente obtenidos a través de modelos matemáticos en el capítulo 2 y se utilizaron los resultados de las rutas obtenidas mediante el software logvrp en el capítulo 3.

En este trabajo de titulación la simulación se utiliza como una representación gráfica de los posibles resultados y no como una simulación de los escenarios planteados, debido a que en el simulador se considera un camión para atender a cada centro de distribución y no el número de camiones obtenidos en la optimización de rutas.

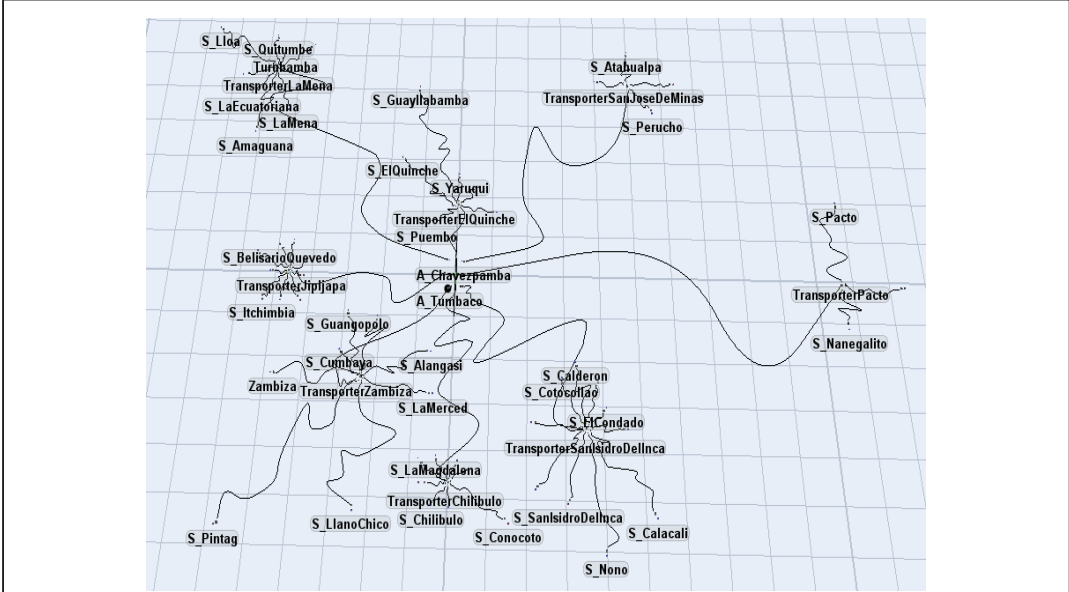


Figura 27. Vista general de la simulación.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

La simulación está compuesta por el Aeropuerto Mariscal Sucre, los centros de distribución, las parroquias a ser atendidas, los tráileres que transportan las provisiones desde el aeropuerto a los centros de distribución y los camiones que transportan las provisiones desde cada condado hasta las parroquias.

Las rutas trazadas en la simulación no corresponden a las rutas reales debido a que estas ya fueron optimizadas previamente, por lo tanto son una representación de las rutas reales.

Por otra parte las distancias a la que se encuentran ubicados los centros de distribución del aeropuerto y las parroquias de los centros son reales. A continuación se presentan imágenes obtenidas de FlexSim en las que se muestra detalles de la simulación.

En la Figura 28 se puede apreciar el aeropuerto, que es desde donde se distribuirán las provisiones. Alrededor del aeropuerto se encuentran los tráileres cargando provisiones para transportarlas a los centros de distribución.

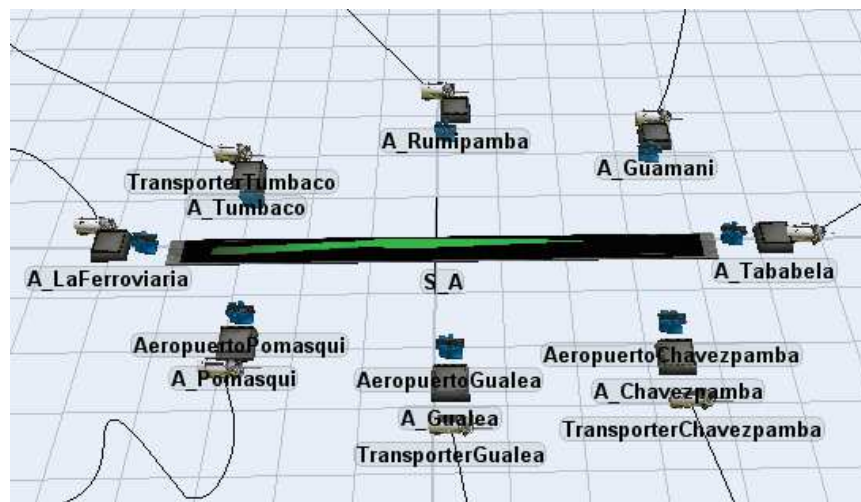


Figura 28. Aeropuerto Mariscal Sucre en la Simulación.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

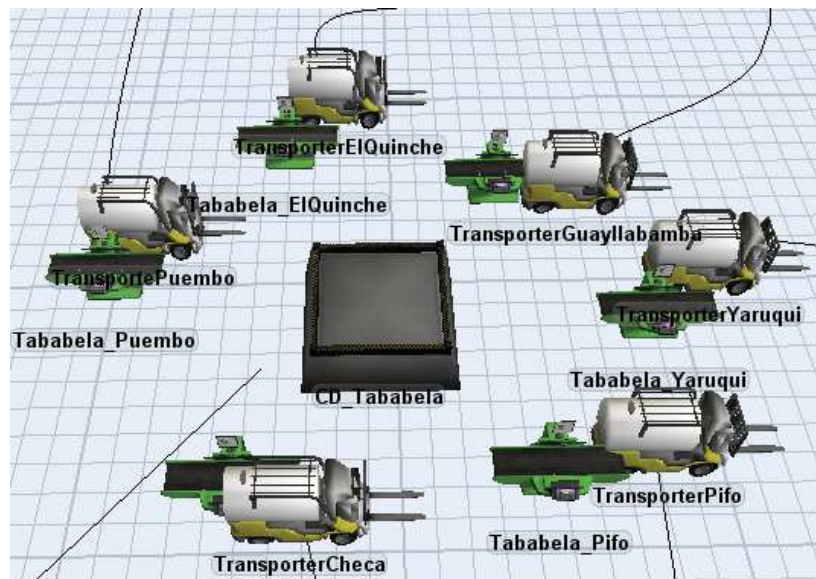


Figura 29. Detalle CD Tababela.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

En las siguientes figuras se muestra el detalle de cada centro de distribución con los camiones asignados y una vista general de cada centro con las rutas hacia las parroquias a ser atendidas.

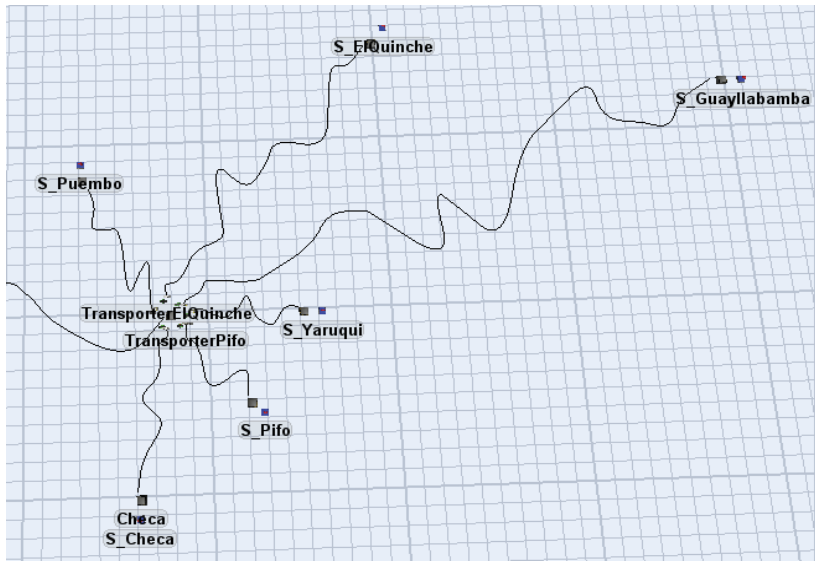


Figura 30. Rutas y parroquias CD Tababela.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

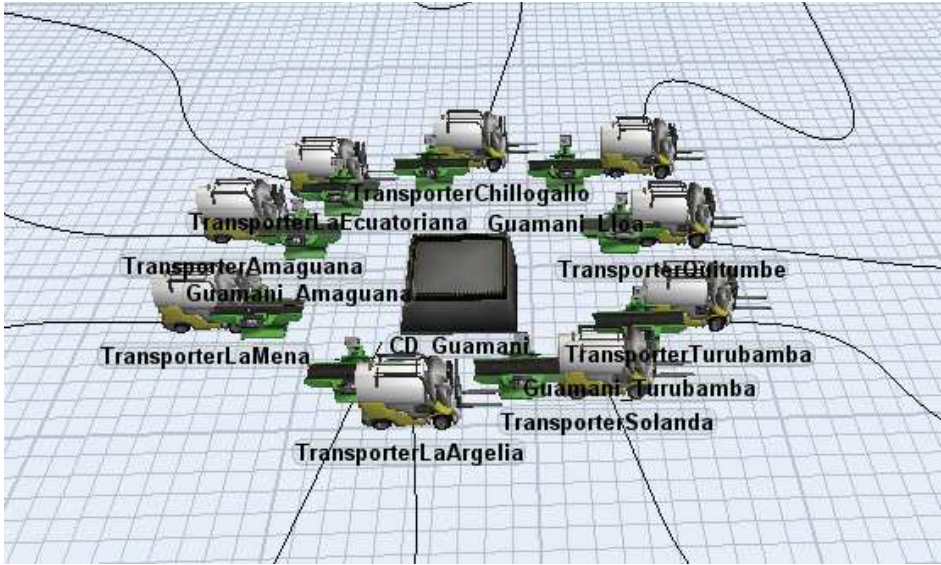
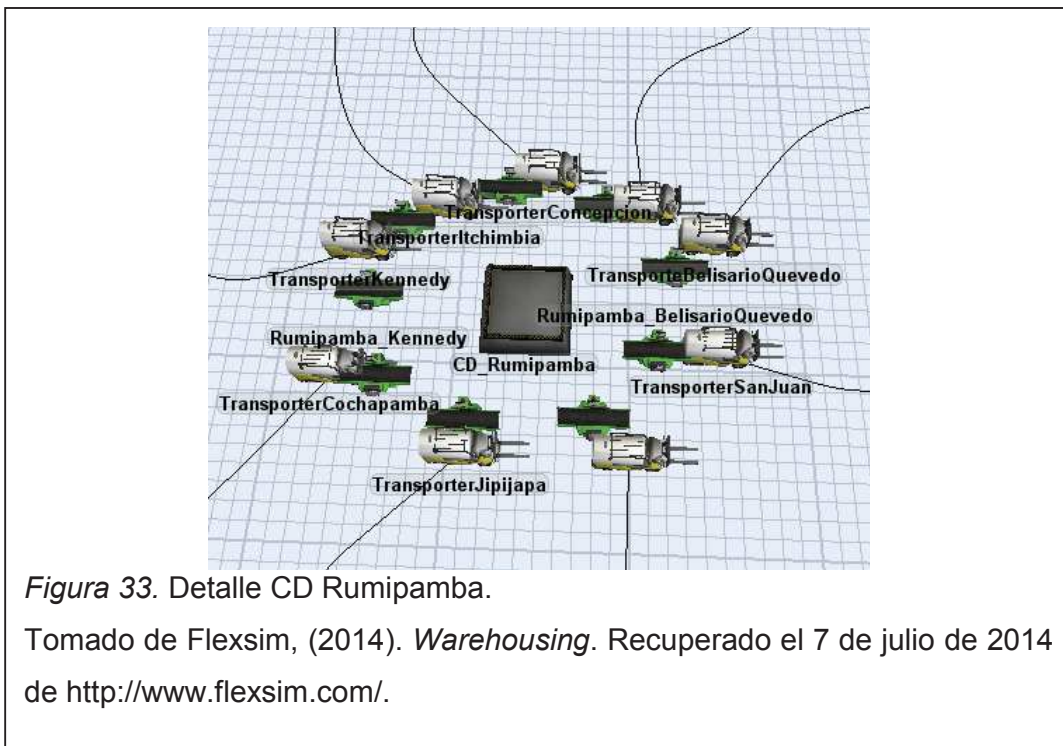
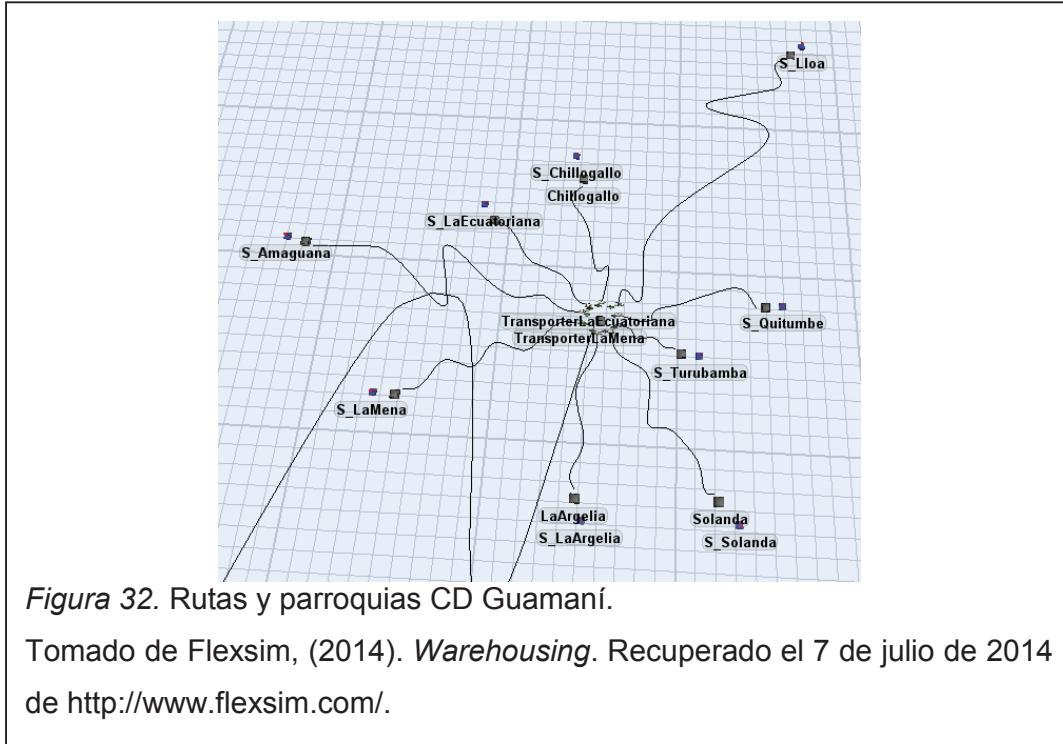


Figura 31. Detalle CD Guamaní.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.



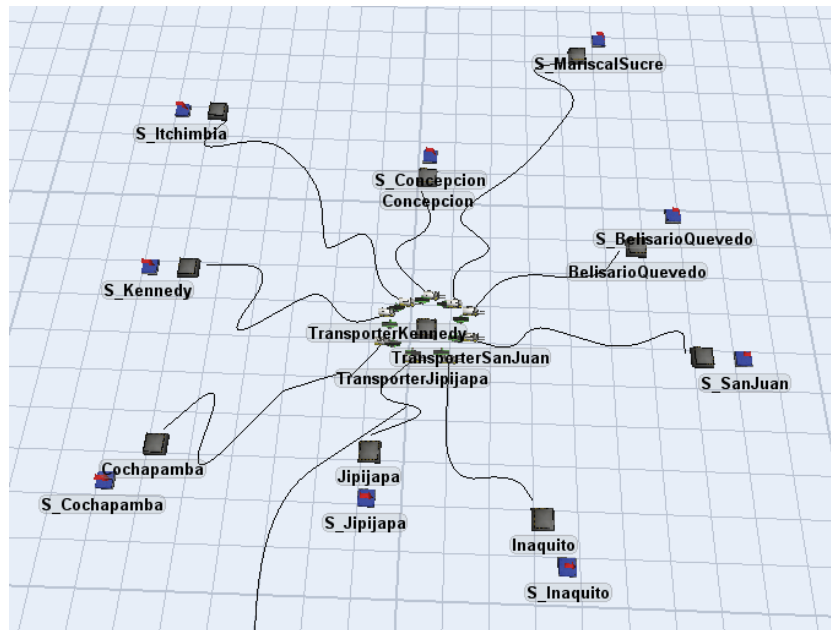


Figura 34. Rutas y parroquias CD Rumipamba.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

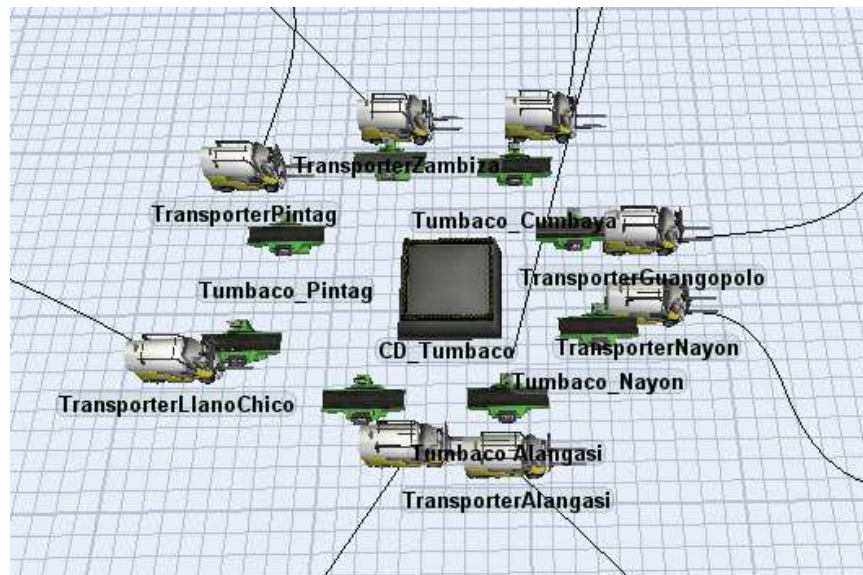


Figura 35. Detalle CD Tumbaco.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

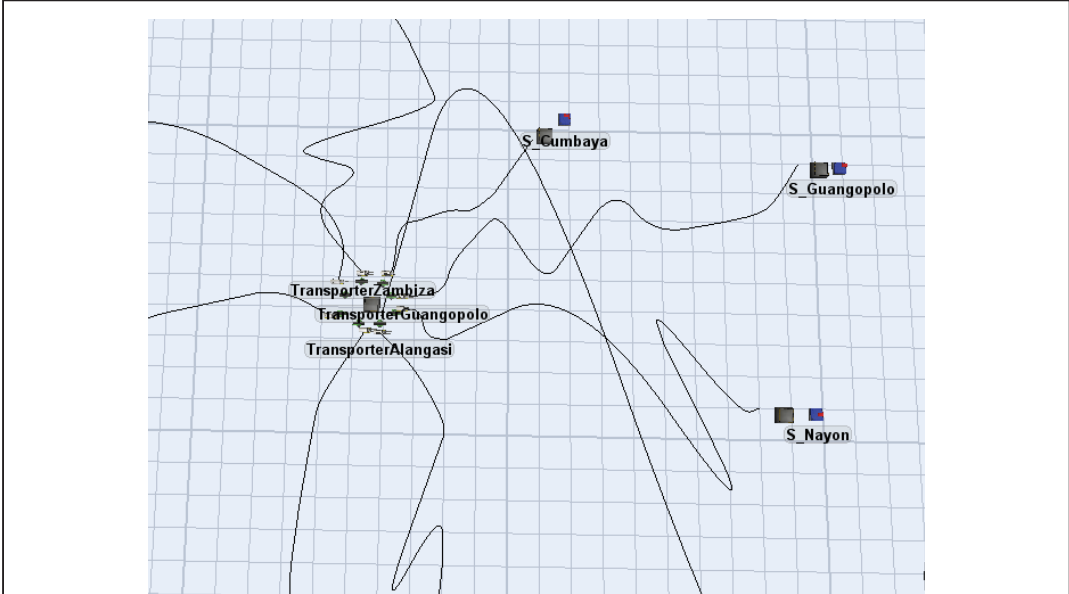


Figura 36. Rutas y parroquias CD Tumbaco.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

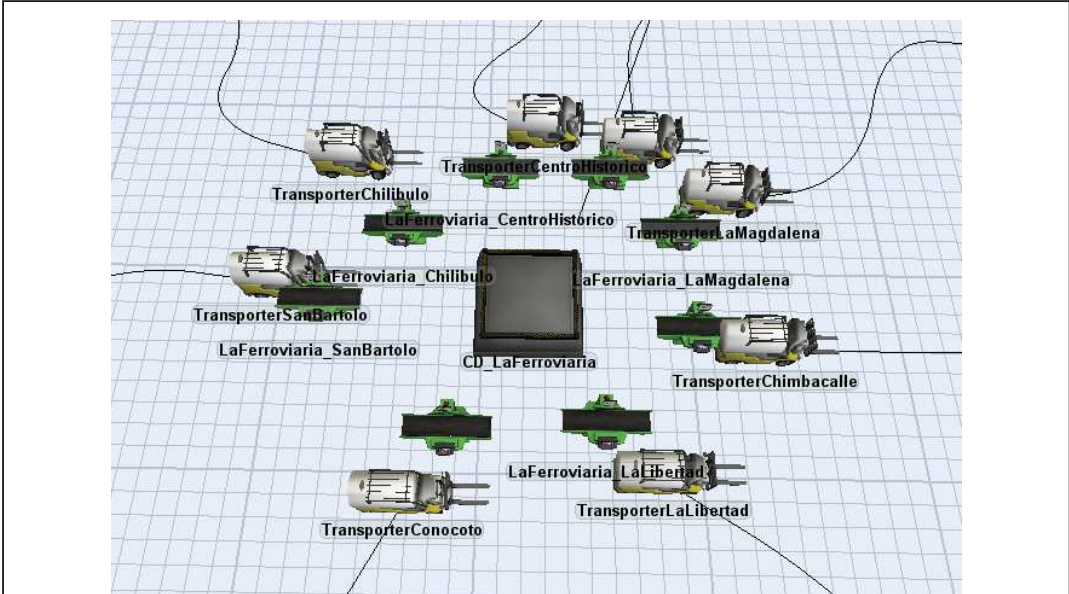


Figura 37. Detalle CD La Ferroviaria.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

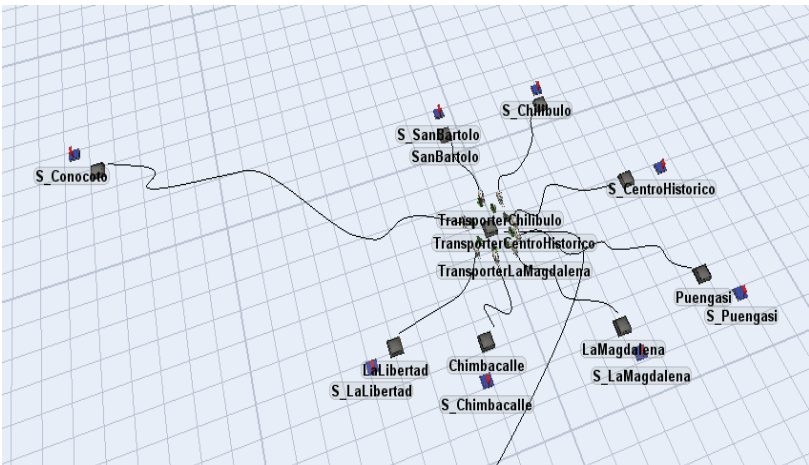


Figura 38. Rutas y parroquias CD La Ferroviaria.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

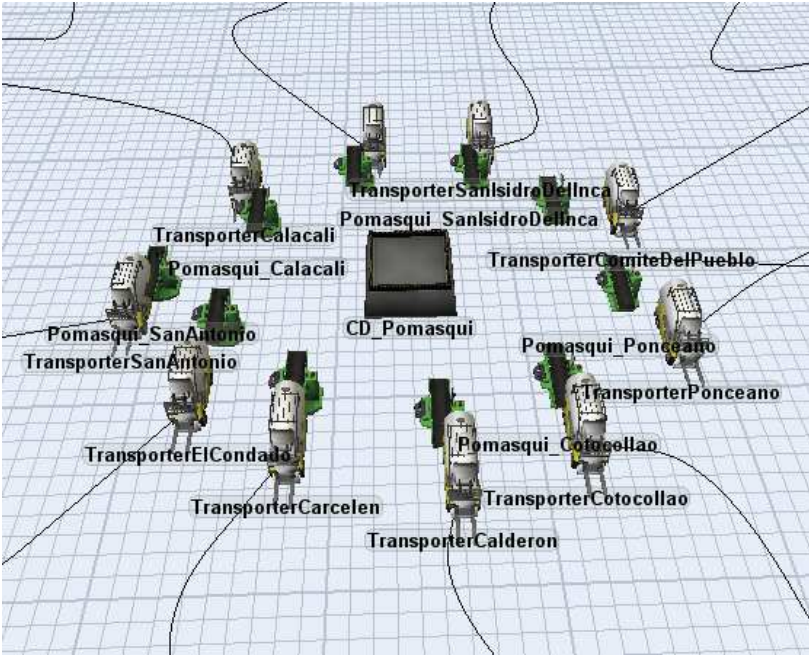


Figura 39. Detalle CD Pomasqui.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

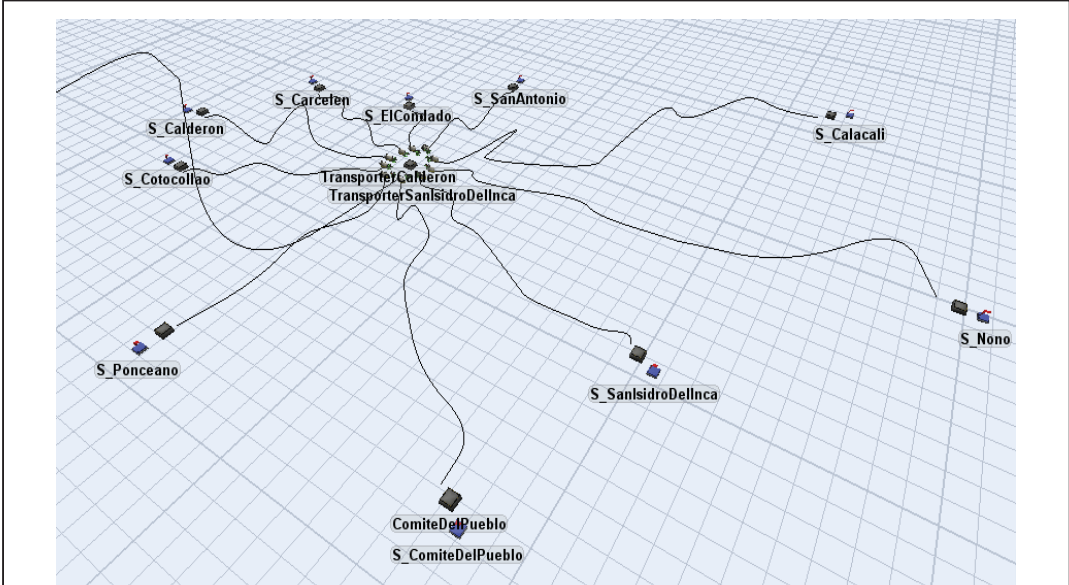


Figura 40. Rutas y parroquias CD Pomasqui.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

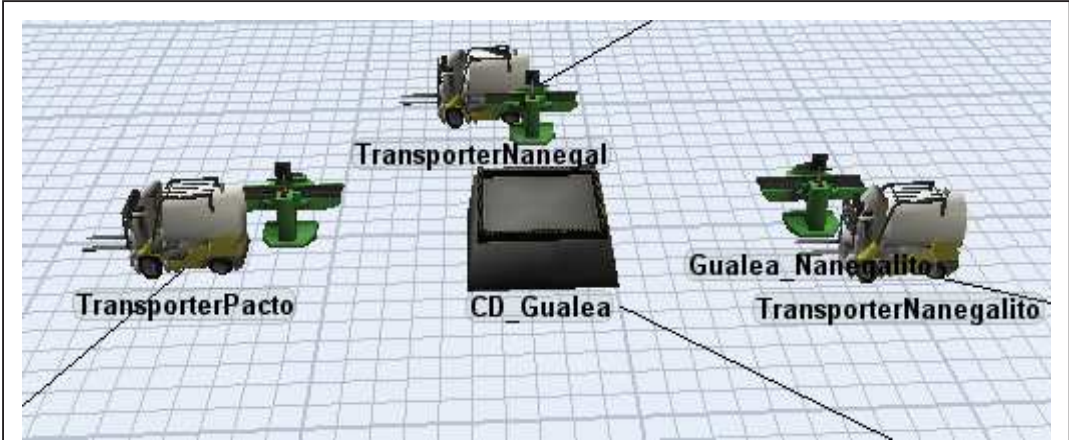


Figura 41. Detalle CD Gualea.
Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

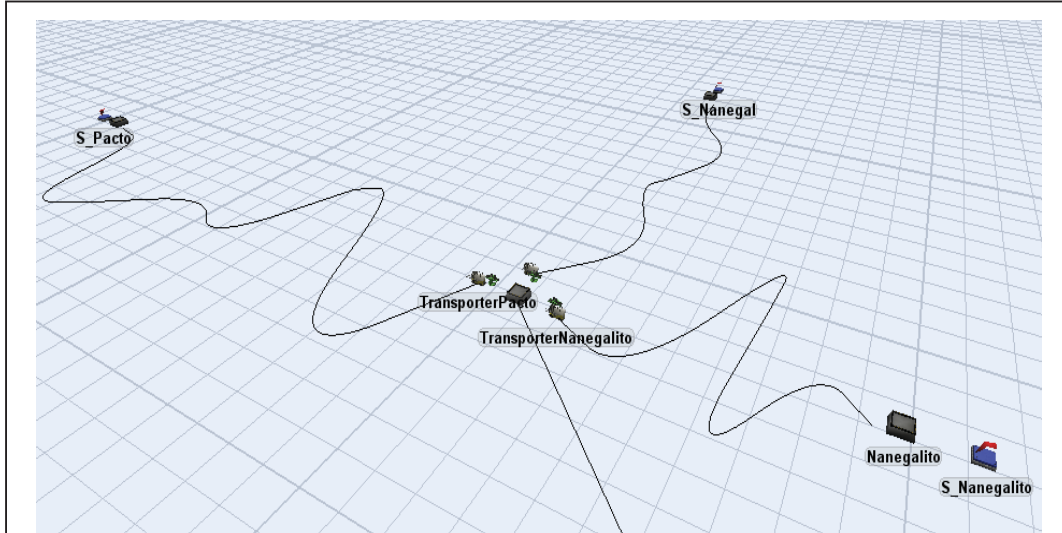


Figura 42. Rutas y parroquias CD Gualea.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

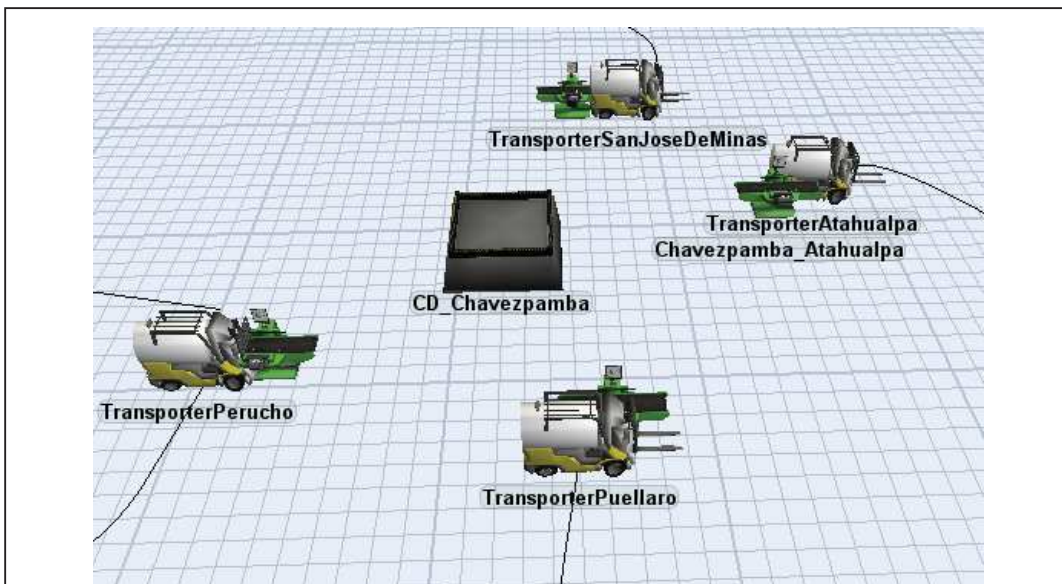


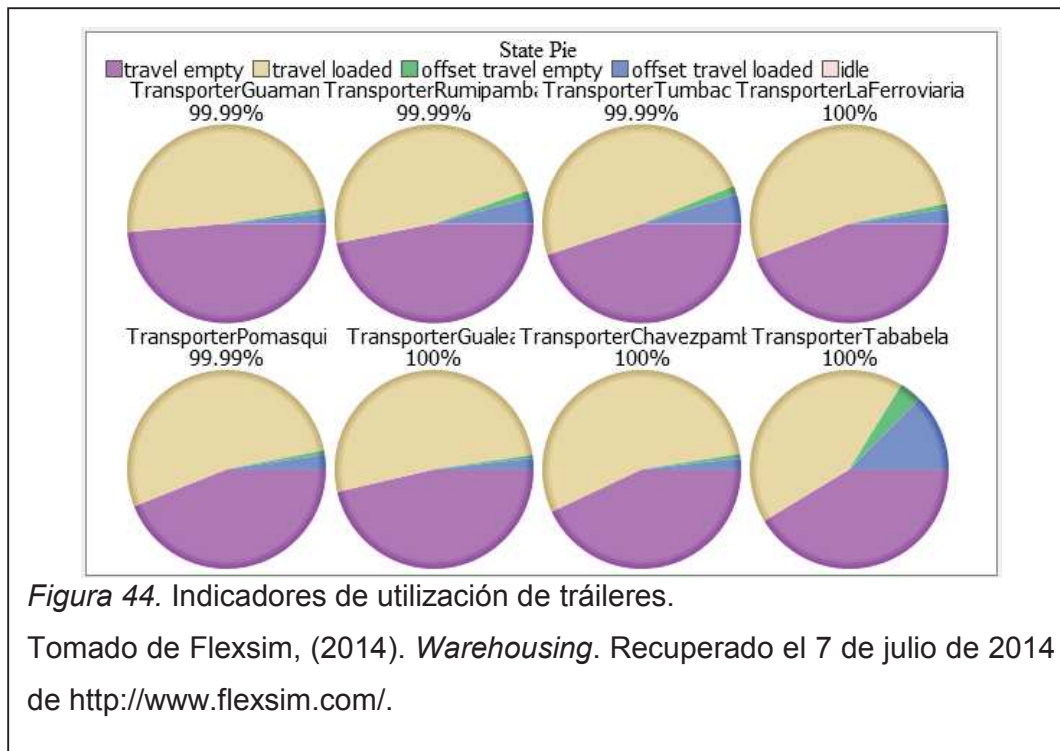
Figura 43. Detalle CD Chavezpamba.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

5.4. Resultados de la Simulación

En este trabajo de titulación la simulación no se utiliza como un método de optimización, debido a que la optimización de ubicaciones y rutas se realizó a través de modelos matemáticos, modelos heurísticos y meta heurísticos en capítulos anteriores.

Sin embargo, se presenta a continuación indicadores de la utilización de los vehículos utilizados para el transporte durante la simulación.



En la figura el color fucsia representa el porcentaje de tiempo en que los tráileres viajan vacíos; el color beige el porcentaje de tiempo en que viajan cargados; el verde desplazamientos cortos vacíos; el azul desplazamientos cortos cargados y el rosa el porcentaje de tiempo sin utilizar.

Estos resultados no son fijos debido a que cada vez que la simulación se corra variarán debido a la aleatoriedad propia de este método.

En la siguiente figura se puede observar un promedio de la utilización de cada grupo de camiones pertenecientes a los centros de distribución.

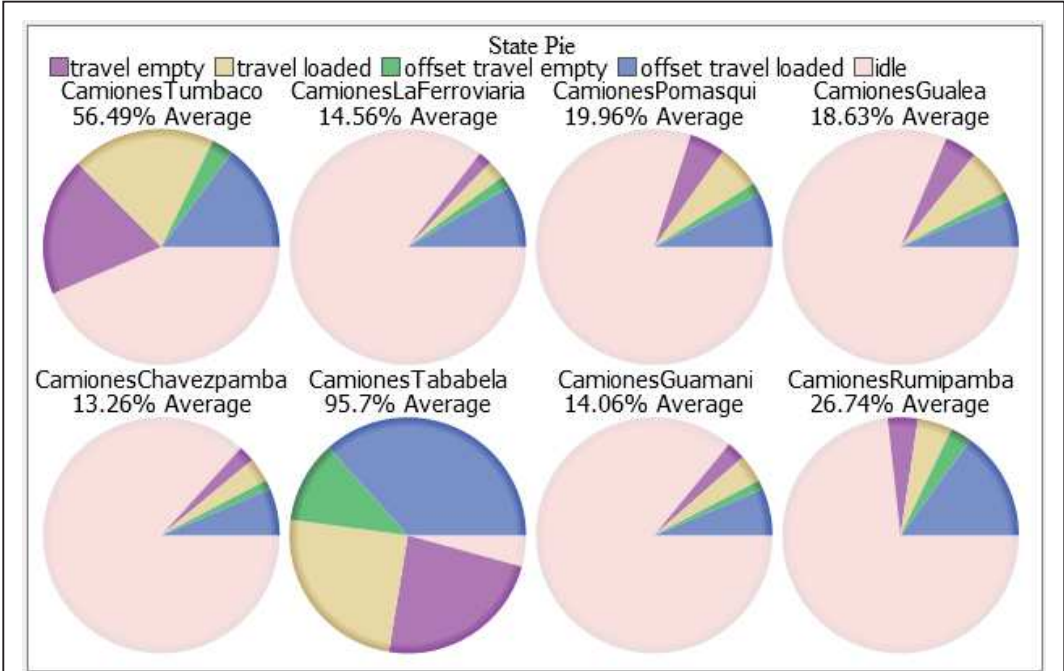


Figura 45. Indicadores promedio de utilización de camiones por centro de distribución.

Tomado de Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.

El porcentaje de utilización de tráileres y camiones es bajo debido a las características del modelo, que considera el transporte de una sola provisión; en caso de un desastre se puede optimizar esta utilización transportando otro tipo de artículos desde un centro a otro.

6. Capítulo VI. Presupuesto de Implementación del Plan Propuesto

6.1. Presupuestos

Un presupuesto es un documento que refleja económicamente el dinero necesario para conseguir realizar unas actividades planificadas y el dinero que necesita generarse para cubrir los costos de finalización del trabajo. Consiste en una estimación hecha con fundamento sobre las necesidades en términos monetarios para realizar un trabajo.

Un presupuesto puede ser cambiado una vez que ha sido elaborado, pero debe tomarse medidas para tratar de compensar las consecuencias del cambio que se realiza (Shapiro, 2011).

6.1.1. Cálculo de Costos

El cálculo de costos ayuda a determinar de manera realista lo que costará la ejecución del plan. Los costos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Costos operacionales:** Son los costos que resultan de la realización del trabajo.
- **Costos organizativos:** Estos incluyen los costos generados por la dirección y/o administración.
- **Costos de empleo de personal:** Son costos del personal básico, es decir, los participantes en la administración, operarios, etc.
- **Costos de inversión:** Costos que son necesarios como capital organizativo del proyecto (Shapiro, 2011).

6.1.2. Pasos para elaborar un presupuesto

A continuación se describen los principales pasos para elaborar un presupuesto:

1. Enumerar los artículos en los que se gasta dinero.
2. Calcular el costo de unidad de los artículos de referencia, seguido de los costos anuales.
3. Enumerar las posibles fuentes de ingreso o entradas brutas, y categorizarlas.
4. Preparar un formato de presupuesto.
5. Realizar la suma de lo presupuestado.
6. Añadir anotaciones para explicar lo que no está claro.
7. Obtener una respuesta sobre el presupuesto.
8. Concluir el presupuesto (Shapiro, 2011).

Dentro del plan logístico propuesto existen dos costos que son los más significativos en lo que se refiere a la ejecución del plan: el costo de transporte y el costo de las provisiones. Se realizará un presupuesto para el escenario 1 debido a que es el que más afectaría al DMQ si llega a producirse. A continuación se presenta un presupuesto para este escenario.

6.2. Presupuesto de Transporte

Para elaborar este presupuesto se solicitó información a empresas de transporte pesado quienes facilitaron cotizaciones del costo por kilómetro recorrido del tipo de vehículos necesarios según se propone en este trabajo de titulación.

Para el caso del transporte de las provisiones desde el aeropuerto o desde el CELAH a los ocho centros de distribución se solicitó una cotización a la empresa DICOSIL CIA. LTDA. de la ciudad de Loja. La cotización se encuentra en los anexos e indica el precio diario de alquiler de un cabezal con remolque

habilitado para el transporte de vituallas y alimentos de 40 toneladas de capacidad y con remolque tipo caravana. El costo por kilómetro recorrido es de \$1.39 incluido IVA. El costo de transporte incluye todos los costos operativos como combustible, lubricantes, honorarios del conductor, etc.

En las siguientes tablas se puede observar el costo de transportar las provisiones desde el aeropuerto y desde el CELAH hasta los centros de distribución.

Para calcular el costo de transporte se multiplicó el número de kilómetros por el número de recorridos que debe realizar el tráiler para transportar las provisiones y esta cantidad por dos ya que el costo del tráiler se considera tanto como para un recorrido cargado y sin carga.

Tabla 10. Costo de Transporte desde el Aeropuerto hacia CD Escenario 1.

| Costo Transporte Aeropuerto a CD Escenario 1 | | | |
|--|--------------|----------------|---------------------|
| Centro de Distribución | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Tumbaco | 840 | \$ 1.39 | \$ 1,167.60 |
| Rumipamba | 11352 | \$ 1.39 | \$ 15,779.28 |
| Pomasqui | 5610 | \$ 1.39 | \$ 7,797.90 |
| Chavezpamba | 196 | \$ 1.39 | \$ 272.44 |
| Gualea | 414 | \$ 1.39 | \$ 575.46 |
| Tababela | 168 | \$ 1.39 | \$ 233.52 |
| La Ferroviaria | 4984 | \$ 1.39 | \$ 6,927.76 |
| Guamaní | 7168 | \$ 1.39 | \$ 9,963.52 |
| Total | 30732 | | \$ 42,717.48 |

Tabla 11. Costo de Transporte desde el Aeropuerto hacia CD Escenario 2.

| Costo Transporte Aeropuerto a CD Escenario 2 | | | |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Centro de Distribución | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Tumbaco | 168 | \$ 1.39 | \$ 233.52 |
| Rumipamba | 1892 | \$ 1.39 | \$ 2,629.88 |
| Pomasqui | 850 | \$ 1.39 | \$ 1,181.50 |
| Chavezpamba | 196 | \$ 1.39 | \$ 272.44 |
| Gualea | 414 | \$ 1.39 | \$ 575.46 |
| Tababela | 28 | \$ 1.39 | \$ 38.92 |
| La Ferroviaria | 890 | \$ 1.39 | \$ 1,237.10 |
| Guamaní | 1120 | \$ 1.39 | \$ 1,556.80 |
| Total | 5558 | | \$ 7,725.62 |

Tabla 12. Costo de Transporte desde el CELAH hacia los CD Escenario 1.

| Costo Transporte CELAH a CD Escenario 1 | | | |
|---|--------------|----------------|---------------------|
| Centro de Distribución | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Ferroviaria | 2520 | \$ 1.39 | \$ 3,502.80 |
| Pomasqui | 4356 | \$ 1.39 | \$ 6,054.84 |
| Tumbaco | 120 | \$ 1.39 | \$ 166.80 |
| Tababela | 408 | \$ 1.39 | \$ 567.12 |
| Rumipamba | 2812 | \$ 1.39 | \$ 3,908.68 |
| Chavezpamba | 266 | \$ 1.39 | \$ 369.74 |
| Guamaní | 4352 | \$ 1.39 | \$ 6,049.28 |
| Gualea | 136 | \$ 1.39 | \$ 189.04 |
| Total | 14970 | | \$ 20,808.30 |

Tabla 13. Costo de Transporte desde el CELAH hacia los CD Escenario 2.

| Costo Transporte CELAH a CD Escenario 2 | | | |
|---|-------------|----------------|--------------------|
| Centro de Distribución | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Ferroviaria | 450 | \$ 1.39 | \$ 625.50 |
| Pomasqui | 660 | \$ 1.39 | \$ 917.40 |
| Tumbaco | 24 | \$ 1.39 | \$ 33.36 |
| Tababela | 68 | \$ 1.39 | \$ 94.52 |
| Rumipamba | 444 | \$ 1.39 | \$ 617.16 |
| Chavezpamba | 266 | \$ 1.39 | \$ 369.74 |
| Guamaní | 680 | \$ 1.39 | \$ 945.20 |
| Gualea | 136 | \$ 1.39 | \$ 189.04 |
| Total | 2728 | | \$ 3,791.92 |

Para el caso del transporte de las provisiones desde los centros de distribución a las parroquias se solicitó una cotización a la empresa de Transporte de Carga Pesada Transvillespug S.A. de la ciudad de Loja. La cotización se encuentra en los anexos e indica el precio diario de alquiler de un camión de 3.5 toneladas de capacidad. El costo por kilómetro recorrido es de \$1 incluido IVA. El costo de transporte incluye todos los costos operativos como combustible, lubricantes, honorarios del conductor, etc.

En las siguientes tablas se puede observar el costo de transportar las provisiones desde los centros de distribución hasta las parroquias del Distrito Metropolitano.

Para calcular el costo de transporte se multiplicó el número de kilómetros por el número de recorridos que debe realizar el camión para transportar las provisiones y esta cantidad por dos, ya que el costo del camión se considera tanto como para un recorrido cargado y sin carga.

Tabla 14. Costo de Transporte desde el CD Guamaní Escenario 1.

| Costo Transporte CD Guamaní Escenario 1 | | | |
|---|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Quitumbe | 990 | \$ 1.00 | \$ 990.00 |
| Lloa | 70 | \$ 1.00 | \$ 70.00 |
| Chillogallo | 720 | \$ 1.00 | \$ 720.00 |
| La Ecuatoriana | 600 | \$ 1.00 | \$ 600.00 |
| La Mena | 792 | \$ 1.00 | \$ 792.00 |
| La Argelia | 864 | \$ 1.00 | \$ 864.00 |
| Amaguaña | 676 | \$ 1.00 | \$ 676.00 |
| Turubamba | 264 | \$ 1.00 | \$ 264.00 |
| Solanda | 1152 | \$ 1.00 | \$ 1,152.00 |
| Total | 6128 | | \$ 6,128.00 |

Tabla 15. Costo de Transporte desde el CD Guamaní Escenario 2.

| Costo Transporte CD Guamaní Escenario 2 | | | |
|---|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Quitumbe | 150 | \$ 1.00 | \$ 150.00 |
| Lloa | 70 | \$ 1.00 | \$ 70.00 |
| Chillogallo | 120 | \$ 1.00 | \$ 120.00 |
| La Ecuatoriana | 96 | \$ 1.00 | \$ 96.00 |
| La Mena | 132 | \$ 1.00 | \$ 132.00 |
| La Argelia | 144 | \$ 1.00 | \$ 144.00 |
| Amaguaña | 104 | \$ 1.00 | \$ 104.00 |
| Turubamba | 48 | \$ 1.00 | \$ 48.00 |
| Solanda | 180 | \$ 1.00 | \$ 180.00 |
| Total | 1044 | | \$ 1,044.00 |

Tabla 16. Costo de Transporte desde el CD La Ferroviaria Escenario 1.

| Costo Transporte CD La Ferroviaria Escenario 1 | | | |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Magdalena | 182 | \$ 1.00 | \$ 182.00 |
| Puengasí | 520 | \$ 1.00 | \$ 520.00 |
| Centro Histórico | 340 | \$ 1.00 | \$ 340.00 |
| Chilibulo | 320 | \$ 1.00 | \$ 320.00 |
| San Bartolo | 324 | \$ 1.00 | \$ 324.00 |
| Conocoto | 1904 | \$ 1.00 | \$ 1,904.00 |
| La Libertad | 176 | \$ 1.00 | \$ 176.00 |
| Chimbacalle | 192 | \$ 1.00 | \$ 192.00 |
| | | | |
| Total | 3958 | | \$ 3,958.00 |

Tabla 17. Costo de Transporte desde el CD La Ferroviaria Escenario 2.

| Costo Transporte CD La Ferroviaria Escenario 2 | | | |
|--|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Magdalena | 28 | \$ 1.00 | \$ 28.00 |
| Puengasí | 80 | \$ 1.00 | \$ 80.00 |
| Centro Histórico | 60 | \$ 1.00 | \$ 60.00 |
| Chilibulo | 48 | \$ 1.00 | \$ 48.00 |
| San Bartolo | 48 | \$ 1.00 | \$ 48.00 |
| Conocoto | 336 | \$ 1.00 | \$ 336.00 |
| La Libertad | 32 | \$ 1.00 | \$ 32.00 |
| Chimbacalle | 36 | \$ 1.00 | \$ 36.00 |
| | | | |
| Total | 668 | | \$ 668.00 |

Tabla 18. Costo de Transporte desde el CD Pomasqui Escenario 1.

| Costo Transporte CD Pomasqui Escenario 1 | | | |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Nono | 92 | \$ 1.00 | \$ 92.00 |
| Calacalí | 136 | \$ 1.00 | \$ 136.00 |
| San Antonio | 416 | \$ 1.00 | \$ 416.00 |
| El Condado | 420 | \$ 1.00 | \$ 420.00 |
| Carcelén | 828 | \$ 1.00 | \$ 828.00 |
| Calderón | 3024 | \$ 1.00 | \$ 3,024.00 |
| Cotocollao | 416 | \$ 1.00 | \$ 416.00 |
| Ponceano | 528 | \$ 1.00 | \$ 528.00 |
| Comité del Pueblo | 912 | \$ 1.00 | \$ 912.00 |
| San Isidro del Inca | 952 | \$ 1.00 | \$ 952.00 |
| Total | 7724 | | \$ 7,724.00 |

Tabla 19. Costo de Transporte desde el CD Pomasqui Escenario 2.

| Costo Transporte CD Pomasqui Escenario 2 | | | |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Nono | 92 | \$ 1.00 | \$ 92.00 |
| Calacalí | 68 | \$ 1.00 | \$ 68.00 |
| San Antonio | 64 | \$ 1.00 | \$ 64.00 |
| El Condado | 72 | \$ 1.00 | \$ 72.00 |
| Carcelén | 144 | \$ 1.00 | \$ 144.00 |
| Calderón | 528 | \$ 1.00 | \$ 528.00 |
| Cotocollao | 64 | \$ 1.00 | \$ 64.00 |
| Ponceano | 96 | \$ 1.00 | \$ 96.00 |
| Comité del Pueblo | 144 | \$ 1.00 | \$ 144.00 |
| San Isidro del Inca | 168 | \$ 1.00 | \$ 168.00 |
| Total | 1440 | | \$ 1,440.00 |

Tabla 20. Costo de Transporte desde el CD Rumipamba Escenario 1.

| Costo Transporte CD Rumipamba Escenario 1 | | | |
|---|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Jipijapa | 90 | \$ 1.00 | \$ 90.00 |
| Iñaquito | 252 | \$ 1.00 | \$ 252.00 |
| San Juan | 506 | \$ 1.00 | \$ 506.00 |
| Belisario Quevedo | 360 | \$ 1.00 | \$ 360.00 |
| Mariscal Sucre | 130 | \$ 1.00 | \$ 130.00 |
| Concepción | 1188 | \$ 1.00 | \$ 1,188.00 |
| Itchimbía | 364 | \$ 1.00 | \$ 364.00 |
| Kennedy | 522 | \$ 1.00 | \$ 522.00 |
| Cochapamba | 504 | \$ 1.00 | \$ 504.00 |
| | | | |
| Total | 3916 | | \$ 3,916.00 |

Tabla 21. Costo de Transporte desde el CD Rumipamba Escenario 2.

| Costo Transporte CD Rumipamba Escenario 2 | | | |
|---|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Jipijapa | 12 | \$ 1.00 | \$ 12.00 |
| Iñaquito | 42 | \$ 1.00 | \$ 42.00 |
| San Juan | 88 | \$ 1.00 | \$ 88.00 |
| Belisario Quevedo | 54 | \$ 1.00 | \$ 54.00 |
| Mariscal Sucre | 26 | \$ 1.00 | \$ 26.00 |
| Concepción | 192 | \$ 1.00 | \$ 192.00 |
| Itchimbía | 52 | \$ 1.00 | \$ 52.00 |
| Kennedy | 90 | \$ 1.00 | \$ 90.00 |
| Cochapamba | 72 | \$ 1.00 | \$ 72.00 |
| | | | |
| Total | 628 | | \$ 628.00 |

Tabla 22. Costo de Transporte desde el CD Gualea Escenario 1.

| Costo Transporte CD Gualea Escenario 1 | | | |
|--|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Nanegalito | 32 | \$ 1.00 | \$ 32.00 |
| Nanegal | 60 | \$ 1.00 | \$ 60.00 |
| Pacto | 152 | \$ 1.00 | \$ 152.00 |
| | | | |
| Total | 244 | | \$ 244.00 |

Tabla 23. Costo de Transporte desde el CD Gualea Escenario 2.

| Costo Transporte CD Gualea Escenario 2 | | | |
|--|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Nanegalito | 32 | \$ 1.00 | \$ 32.00 |
| Nanegal | 60 | \$ 1.00 | \$ 60.00 |
| Pacto | 76 | \$ 1.00 | \$ 76.00 |
| | | | |
| Total | 168 | | \$ 168.00 |

Tabla 24. Costo de Transporte desde el CD Chavezpamba Escenario 1.

| Costo Transporte CD Chavezpamba Escenario 1 | | | |
|---|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Puéllaro | 88 | \$ 1.00 | \$ 88.00 |
| Atahualpa | 28 | \$ 1.00 | \$ 28.00 |
| San José de Minas | 96 | \$ 1.00 | \$ 96.00 |
| Perucho | 24 | \$ 1.00 | \$ 24.00 |
| Total | 236 | | \$ 236.00 |

Tabla 25. Costo de Transporte desde el CD Chavezpamba Escenario 2.

| Costo Transporte CD Chavezpamba Escenario 2 | | | |
|---|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Puéllaro | 44 | \$ 1.00 | \$ 44.00 |
| Atahualpa | 28 | \$ 1.00 | \$ 28.00 |
| San José de Minas | 32 | \$ 1.00 | \$ 32.00 |
| Perucho | 24 | \$ 1.00 | \$ 24.00 |
| Total | 128 | | \$ 128.00 |

Tabla 26. Costo de Transporte desde el CD Tababela Escenario 1.

| Costo Transporte CD Tababela Escenario 1 | | | |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Pifo | 140 | \$ 1.00 | \$ 140.00 |
| Yaruquí | 168 | \$ 1.00 | \$ 168.00 |
| Guayllabamba | 952 | \$ 1.00 | \$ 952.00 |
| Puembo | 216 | \$ 1.00 | \$ 216.00 |
| El Quinche | 420 | \$ 1.00 | \$ 420.00 |
| Checa | 160 | \$ 1.00 | \$ 160.00 |
| | | | |
| | | | |
| Total | 2056 | | \$ 2,056.00 |

Tabla 27. Costo de Transporte desde el CD Tababela Escenario 2.

| Costo Transporte CD Tababela Escenario 2 | | | |
|--|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| Pifo | 20 | \$ 1.00 | \$ 20.00 |
| Yaruquí | 24 | \$ 1.00 | \$ 24.00 |
| Guayllabamba | 136 | \$ 1.00 | \$ 136.00 |
| Puembo | 36 | \$ 1.00 | \$ 36.00 |
| El Quinche | 60 | \$ 1.00 | \$ 60.00 |
| Checa | 40 | \$ 1.00 | \$ 40.00 |
| | | | |
| | | | |
| Total | 316 | | \$ 316.00 |

Tabla 28. Costo de Transporte desde el CD Tumbaco Escenario 1.

| Costo Transporte CD Tumbaco Escenario 1 | | | |
|---|-------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Merced | 228 | \$ 1.00 | \$ 228.00 |
| Alangasí | 800 | \$ 1.00 | \$ 800.00 |
| Nayón | 276 | \$ 1.00 | \$ 276.00 |
| Guangopolo | 50 | \$ 1.00 | \$ 50.00 |
| Cumbayá | 260 | \$ 1.00 | \$ 260.00 |
| Zámbiza | 164 | \$ 1.00 | \$ 164.00 |
| Llano Chico | 376 | \$ 1.00 | \$ 376.00 |
| Pintag | 868 | \$ 1.00 | \$ 868.00 |
| Total | 3022 | | \$ 3,022.00 |

Tabla 29. Costo de Transporte desde el CD Tumbaco Escenario 2.

| Costo Transporte CD Tumbaco Escenario 2 | | | |
|---|------------|----------------|------------------|
| Parroquia | Kilómetros | Costo Unitario | Costo Total |
| La Merced | 76 | \$ 1.00 | \$ 76.00 |
| Alangasí | 160 | \$ 1.00 | \$ 160.00 |
| Nayón | 46 | \$ 1.00 | \$ 46.00 |
| Guangopolo | 50 | \$ 1.00 | \$ 50.00 |
| Cumbayá | 40 | \$ 1.00 | \$ 40.00 |
| Zámbiza | 82 | \$ 1.00 | \$ 82.00 |
| Llano Chico | 94 | \$ 1.00 | \$ 94.00 |
| Pintag | 124 | \$ 1.00 | \$ 124.00 |
| Total | 672 | | \$ 672.00 |

El costo total de transporte está indicado en la siguiente tabla:

Tabla 30. Costo Total de Transporte Escenario 1.

| Costo Total de Transporte Escenario 1 | |
|--|---------------------|
| Centro de Distribución | Costo Unitario |
| Aeropuerto | \$ 42,717.48 |
| CELAH | \$ 20,808.30 |
| Guamaní | \$ 6,128.00 |
| La Ferroviaria | \$ 3,958.00 |
| Pomasqui | \$ 7,724.00 |
| Rumipamba | \$ 3,916.00 |
| Gualea | \$ 244.00 |
| Chavezpamba | \$ 236.00 |
| Tababela | \$ 2,056.00 |
| Tumbaco | \$ 3,022.00 |
| Total | \$ 90,809.78 |

Tabla 31. Costo Total de Transporte Escenario 2.

| Costo Total de Transporte Escenario 2 | |
|--|---------------------|
| Centro de Distribución | Costo Unitario |
| Aeropuerto | \$ 7,725.62 |
| CELAH | \$ 3,791.92 |
| Guamaní | \$ 1,044.00 |
| La Ferroviaria | \$ 668.00 |
| Pomasqui | \$ 1,440.00 |
| Rumipamba | \$ 628.00 |
| Gualea | \$ 168.00 |
| Chavezpamba | \$ 128.00 |
| Tababela | \$ 316.00 |
| Tumbaco | \$ 672.00 |
| Total | \$ 16,581.54 |

6.3. Presupuesto de Provisiones

Las galletas fortificadas para emergencia que proporciona el Programa Mundial de Alimentos tienen un costo de \$0.12 por cada paquete de 100 gramos. Para calcular el costo de las provisiones necesarias se multiplicará las demandas de cada parroquia por este costo. A continuación se presenta el costo de las provisiones para cada centro de distribución:

Tabla 32. Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 1 | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Guamaní | 330491 | 0.12 | \$ 39,658.92 |
| Quitumbe | 383456 | 0.12 | \$ 46,014.72 |
| Lloa | 7270 | 0.12 | \$ 872.40 |
| Chillogallo | 283382 | 0.12 | \$ 34,005.84 |
| La Ecuatoriana | 289827 | 0.12 | \$ 34,779.24 |
| La Mena | 215710 | 0.12 | \$ 25,885.20 |
| La Argelia | 277423 | 0.12 | \$ 33,290.76 |
| Amaguaña | 150955 | 0.12 | \$ 18,114.60 |
| Turubamba | 258796 | 0.12 | \$ 31,055.52 |
| Solanda | 381493 | 0.12 | \$ 45,779.16 |
| Total | 2578803 | | \$ 309,456.36 |

Tabla 33. Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Guamaní Escenario 2 | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Guamaní | 165246 | 0.12 | \$ 19,829.52 |
| Quitumbe | 191728 | 0.12 | \$ 23,007.36 |
| Lloa | 3635 | 0.12 | \$ 436.20 |
| Chillogallo | 141691 | 0.12 | \$ 17,002.92 |
| La Ecuatoriana | 144914 | 0.12 | \$ 17,389.68 |
| La Mena | 107855 | 0.12 | \$ 12,942.60 |
| La Argelia | 138712 | 0.12 | \$ 16,645.44 |
| Amaguaña | 75478 | 0.12 | \$ 9,057.36 |
| Turubamba | 129398 | 0.12 | \$ 15,527.76 |
| Solanda | 190747 | 0.12 | \$ 22,889.64 |
| Total | 1289404 | | \$ 154,728.48 |

Tabla 34. Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 1.

| Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 1 | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| La Ferroviaria | 318308 | 0.12 | \$ 38,196.96 |
| La Magdalena | 150722 | 0.12 | \$ 18,086.64 |
| Puengasí | 302520 | 0.12 | \$ 36,302.40 |
| Centro Histórico | 197739 | 0.12 | \$ 23,728.68 |
| Chilibulo | 237148 | 0.12 | \$ 28,457.76 |
| San Bartolo | 312285 | 0.12 | \$ 37,474.20 |
| Conocoto | 401710 | 0.12 | \$ 48,205.20 |
| La Libertad | 130320 | 0.12 | \$ 15,638.40 |
| Chimbacalle | 193946 | 0.12 | \$ 23,273.52 |
| | | | |
| Total | 2244698 | | \$ 269,363.76 |

Tabla 35. Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 2.

| Costo Provisiones CD La Ferroviaria Escenario 2 | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| La Ferroviaria | 159154 | 0.12 | \$ 19,098.48 |
| La Magdalena | 75361 | 0.12 | \$ 9,043.32 |
| Puengasí | 151260 | 0.12 | \$ 18,151.20 |
| Centro Histórico | 98870 | 0.12 | \$ 11,864.40 |
| Chilibulo | 118574 | 0.12 | \$ 14,228.88 |
| San Bartolo | 156143 | 0.12 | \$ 18,737.16 |
| Conocoto | 200855 | 0.12 | \$ 24,102.60 |
| La Libertad | 65160 | 0.12 | \$ 7,819.20 |
| Chimbacalle | 96973 | 0.12 | \$ 11,636.76 |
| | | | |
| Total | 1122350 | | \$ 134,682.00 |

Tabla 36. Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 1 | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Pomasqui | 143646 | 0.12 | \$ 17,237.52 |
| Nono | 8418 | 0.12 | \$ 1,010.16 |
| Calacalí | 18926 | 0.12 | \$ 2,271.12 |
| San Antonio | 157046 | 0.12 | \$ 18,845.52 |
| El Condado | 417055 | 0.12 | \$ 50,046.60 |
| Carcelén | 267574 | 0.12 | \$ 32,108.88 |
| Calderón | 741255 | 0.12 | \$ 88,950.60 |
| Cotocollao | 154846 | 0.12 | \$ 18,581.52 |
| Ponceano | 264071 | 0.12 | \$ 31,688.52 |
| Comité del Pueblo | 227509 | 0.12 | \$ 27,301.08 |
| San Isidro del Inca | 103343 | 0.12 | \$ 12,401.16 |
| Total | 2503689 | | \$ 300,442.68 |

Tabla 37. Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Pomasqui Escenario 2 | | | |
|---|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Pomasqui | 71823 | 0.12 | \$ 8,618.76 |
| Nono | 4209 | 0.12 | \$ 505.08 |
| Calacalí | 9463 | 0.12 | \$ 1,135.56 |
| San Antonio | 78523 | 0.12 | \$ 9,422.76 |
| El Condado | 208528 | 0.12 | \$ 25,023.36 |
| Carcelén | 133787 | 0.12 | \$ 16,054.44 |
| Calderón | 370628 | 0.12 | \$ 44,475.36 |
| Cotocollao | 77423 | 0.12 | \$ 9,290.76 |
| Ponceano | 132036 | 0.12 | \$ 15,844.32 |
| Comité del Pueblo | 113755 | 0.12 | \$ 13,650.60 |
| San Isidro del Inca | 101672 | 0.12 | \$ 12,200.64 |
| Total | 1301847 | | \$ 156,221.64 |

Tabla 38. Costo Provisiones CD Gualea Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Gualea Escenario 1 | | | |
|---|-----------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Gualea | 9852 | 0.12 | \$ 1,182.24 |
| Nanegalito | 14659 | 0.12 | \$ 1,759.08 |
| Nanegal | 12851 | 0.12 | \$ 1,542.12 |
| Pacto | 23291 | 0.12 | \$ 2,794.92 |
| | | | |
| Total | 60653 | | \$ 7,278.36 |

Tabla 39. Costo Provisiones CD Gualea Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Gualea Escenario 2 | | | |
|---|-----------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Gualea | 4926 | 0.12 | \$ 591.12 |
| Nanegalito | 7330 | 0.12 | \$ 879.60 |
| Nanegal | 6426 | 0.12 | \$ 771.12 |
| Pacto | 11646 | 0.12 | \$ 1,397.52 |
| | | | |
| Total | 30328 | | \$ 3,639.36 |

Tabla 40. Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 1 | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Rumipamba | 142152 | 0.12 | \$ 17,058.24 |
| Jipijapa | 173914 | 0.12 | \$ 20,869.68 |
| Iñaquito | 208518 | 0.12 | \$ 25,022.16 |
| San Juan | 268626 | 0.12 | \$ 32,235.12 |
| Belisario Quevedo | 233469 | 0.12 | \$ 28,016.28 |
| Mariscal Sucre | 63963 | 0.12 | \$ 7,675.56 |
| Concepción | 158567 | 0.12 | \$ 19,028.04 |
| Itchimbía | 166896 | 0.12 | \$ 20,027.52 |
| Kennedy | 340277 | 0.12 | \$ 40,833.24 |
| Cochapamba | 281087 | 0.12 | \$ 33,730.44 |
| | | | |
| Total | 2037469 | | \$ 244,496.28 |

Tabla 41. Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Rumipamba Escenario 2 | | | |
|--|-----------------|----------------|----------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Rumipamba | 71076 | 0.12 | \$ 8,529.12 |
| Jipijapa | 86957 | 0.12 | \$ 10,434.84 |
| Iñaquito | 104259 | 0.12 | \$ 12,511.08 |
| San Juan | 134313 | 0.12 | \$ 16,117.56 |
| Belisario Quevedo | 116735 | 0.12 | \$ 14,008.20 |
| Mariscal Sucre | 31982 | 0.12 | \$ 3,837.84 |
| Concepción | 79284 | 0.12 | \$ 9,514.08 |
| Itchimbía | 83448 | 0.12 | \$ 10,013.76 |
| Kennedy | 170139 | 0.12 | \$ 20,416.68 |
| Cochapamba | 140544 | 0.12 | \$ 16,865.28 |
| | | | |
| Total | 1018737 | | \$ 122,248.44 |

Tabla 42. Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 1 | | | |
|--|-----------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Chavezpamba | 3901 | 0.12 | \$ 468.12 |
| Puéllaro | 26765 | 0.12 | \$ 3,211.80 |
| Atahualpa | 9280 | 0.12 | \$ 1,113.60 |
| San José de Minas | 35201 | 0.12 | \$ 4,224.12 |
| Perucho | 3858 | 0.12 | \$ 462.96 |
| Total | 79005 | | \$ 9,480.60 |

Tabla 43. Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Chavezpamba Escenario 2 | | | |
|--|-----------------|----------------|--------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Chavezpamba | 1951 | 0.12 | \$ 234.12 |
| Puéllaro | 13383 | 0.12 | \$ 1,605.96 |
| Atahualpa | 4640 | 0.12 | \$ 556.80 |
| San José de Minas | 17601 | 0.12 | \$ 2,112.12 |
| Perucho | 1929 | 0.12 | \$ 231.48 |
| Total | 39504 | | \$ 4,740.48 |

Tabla 44. Costo Provisiones CD Tababela Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Tababela Escenario 1 | | | |
|---|-----------------|----------------|---------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Tababela | 13708 | 0.12 | \$ 1,644.96 |
| Pifo | 80511 | 0.12 | \$ 9,661.32 |
| Yaruquí | 86505 | 0.12 | \$ 10,380.60 |
| Guayllabamba | 78572 | 0.12 | \$ 9,428.64 |
| Puembo | 65770 | 0.12 | \$ 7,892.40 |
| El Quinche | 77682 | 0.12 | \$ 9,321.84 |
| Checa | 43518 | 0.12 | \$ 5,222.16 |
| | | | |
| | | | |
| Total | 446266 | | \$ 53,551.92 |

Tabla 45. Costo Provisiones CD Tababela Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Tababela Escenario 2 | | | |
|---|-----------------|----------------|---------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Tababela | 6854 | 0.12 | \$ 822.48 |
| Pifo | 40256 | 0.12 | \$ 4,830.72 |
| Yaruquí | 43253 | 0.12 | \$ 5,190.36 |
| Guayllabamba | 39286 | 0.12 | \$ 4,714.32 |
| Puembo | 32885 | 0.12 | \$ 3,946.20 |
| El Quinche | 38841 | 0.12 | \$ 4,660.92 |
| Checa | 21759 | 0.12 | \$ 2,611.08 |
| | | | |
| | | | |
| Total | 223134 | | \$ 26,776.08 |

Tabla 46. Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 1.

| Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 1 | | | |
|--|-----------------|----------------|---------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Tumbaco | 242434 | 0.12 | \$ 29,092.08 |
| La Merced | 40731 | 0.12 | \$ 4,887.72 |
| Alangasí | 118198 | 0.12 | \$ 14,183.76 |
| Nayón | 76127 | 0.12 | \$ 9,135.24 |
| Guangopolo | 14866 | 0.12 | \$ 1,783.92 |
| Cumbayá | 153592 | 0.12 | \$ 18,431.04 |
| Zámbiza | 19561 | 0.12 | \$ 2,347.32 |
| Llano Chico | 47777 | 0.12 | \$ 5,733.24 |
| Pintag | 86827 | 0.12 | \$ 10,419.24 |
| Total | 800113 | | \$ 96,013.56 |

Tabla 47. Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 2.

| Costo Provisiones CD Tumbaco Escenario 2 | | | |
|--|-----------------|----------------|---------------------|
| Parroquia | Paquetes 100 gr | Costo Unitario | Costo Total |
| Tumbaco | 121217 | 0.12 | \$ 14,546.04 |
| La Merced | 20366 | 0.12 | \$ 2,443.92 |
| Alangasí | 59099 | 0.12 | \$ 7,091.88 |
| Nayón | 38064 | 0.12 | \$ 4,567.68 |
| Guangopolo | 7433 | 0.12 | \$ 891.96 |
| Cumbayá | 76796 | 0.12 | \$ 9,215.52 |
| Zámbiza | 9781 | 0.12 | \$ 1,173.72 |
| Llano Chico | 23889 | 0.12 | \$ 2,866.68 |
| Pintag | 43414 | 0.12 | \$ 5,209.68 |
| Total | 400059 | | \$ 48,007.08 |

El costo total de las provisiones para todo el Distrito Metropolitano de Quito se indica en la siguiente tabla:

Tabla 48. Costo Total Provisiones Escenario 1.

| Costo Total de Provisiones Escenario 1 | |
|---|------------------------|
| Centro de Distribución | Costo Unitario |
| Guamaní | \$ 309,456.36 |
| La Ferroviaria | \$ 269,363.76 |
| Pomasqui | \$ 300,442.68 |
| Rumipamba | \$ 244,496.28 |
| Gualea | \$ 7,278.36 |
| Chavezpamba | \$ 9,480.60 |
| Tababela | \$ 53,551.92 |
| Tumbaco | \$ 96,013.56 |
| Total | \$ 1,290,083.52 |

Tabla 49. Costo Total Provisiones Escenario 2.

| Costo Total de Provisiones Escenario 2 | |
|---|----------------------|
| Centro de Distribución | Costo Unitario |
| Guamaní | \$ 154,728.48 |
| La Ferroviaria | \$ 134,682.00 |
| Pomasqui | \$ 156,221.64 |
| Rumipamba | \$ 122,248.44 |
| Gualea | \$ 3,639.36 |
| Chavezpamba | \$ 4,740.48 |
| Tababela | \$ 26,776.08 |
| Tumbaco | \$ 48,007.08 |
| Total | \$ 651,043.56 |

6.4. Presupuesto General

Tomando en consideración el costo total de transporte y el costo total de las provisiones para los dos escenarios planteados en este trabajo de titulación, se obtiene un presupuesto global necesario para la ejecución del plan propuesto. El costo total se indica en las siguientes tablas:

Tabla 50. Costo Total de Operación Escenario 1.

| Costo Total de Operación Escenario 1 | |
|---|------------------------|
| Costo Total de Transporte | \$ 90,809.78 |
| Costo Total de Provisiones | \$ 1,290,083.52 |
| Total | \$ 1,380,893.30 |

Tabla 51. Costo Total de Operación Escenario 2.

| Costo Total de Operación Escenario 2 | |
|---|----------------------|
| Costo Total de Transporte | \$ 16,581.54 |
| Costo Total de Provisiones | \$ 651,043.56 |
| Total | \$ 667,625.10 |

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Se estableció como centro de almacenamiento el Centro Logístico de Ayuda Humanitaria del Programa Mundial de Alimentos de la ONU, ubicado en Tumbaco; se definió como punto de entrada de las provisiones al Aeropuerto Mariscal Sucre ubicado en Tababela; y se localizaron ocho centros de distribución mediante modelos matemáticos, los cuales se encuentran en las parroquias de: Guamaní, La Ferroviaria, Rumipamba, Pomasqui, Gualea, Chavezpamba, Tumbaco, Tababela. Desde estas parroquias se puede cubrir las necesidades de las 65 parroquias urbanas y rurales del Distrito Metropolitano de Quito.
- Debido a que un desastre natural como un sismo es muy poco predecible es imposible determinar un stock mínimo de provisiones utilizando cualquier método estadístico. Por esta razón se plantearon dos escenarios que sirven como base para tomar acciones en caso de un desastre natural.
- Se determinaron rutas óptimas entre el Aeropuerto Mariscal Sucre, el CELAH, los centros de distribución y las parroquias, mediante el método de la ruta más corta entre dos puntos. Las rutas determinadas permiten reducir los tiempos de respuesta y en caso de que no se pueda utilizar alguna de las rutas establecidas se puede utilizar cualquier software de optimización de rutas para recalcularlas y adaptarlas al escenario que se presente.
- Se definió un Plan de Manejo de Provisiones en Caso de Sismos de Gran Magnitud, en el cual se definen las acciones que deben ejecutarse, los organismos y responsables encargados de ejecutar las acciones

necesarias para distribuir las provisiones de emergencia a la población afectada.

- A través de una simulación se realizó un estudio de la ejecución del plan propuesto, en el que se puede observar las ventajas de tener centros de distribución y rutas preestablecidas utilizando modelos matemáticos de optimización.
- Se realizó un presupuesto de operación del plan propuesto en el que se destacan los costos más significativos como son el costo de transporte y el costo de las provisiones. Este presupuesto se hizo para los dos escenarios planteados en el presente trabajo de titulación.

7.2. Recomendaciones

- Se debería utilizar este trabajo de titulación como base para otros estudios en los que se puede utilizar modelos matemáticos distintos, ya que según el algoritmo que se utilice se obtienen resultados distintos.
- El Plan de Manejo de Provisiones en Caso de Sismos de Gran Magnitud puede ser ampliado y abarcar otros tipos de desastres naturales como inundaciones, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, etc.
- Se debería realizar otros estudios similares enfocados en otro tipo de provisiones como son vituallas, medicinas, equipos médicos, entre otros, que también son necesarios en caso de desastre natural.
- Se debería realizar un estudio enfocado en la seguridad en el transporte de las provisiones debido a que en una situación de desastre natural las condiciones de seguridad son muy variables.
- Tomando como base técnica este trabajo de titulación, se podría presentar de forma mucho más práctica y visual una propuesta a las

instituciones involucradas en la gestión de riesgos a nivel nacional, en la que se indiquen las herramientas tecnológicas, recursos e inversión necesarios para implementar planes similares que permitan una mejor respuesta ante desastres naturales, así como las ventajas de contar con los mismos.

REFERENCIAS

- Azarang, M. y Dunna, E., (1996). *Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos*. México, D.F., México. McGraw-Hill.
- Babaï, M., et al., (2009). Dynamic re-order point inventory control with lead-time uncertainty: analysis and empirical investigation. *International Journal of Production Research*. 47 (9), 2461-2483.
- Balcik, B. y Beamon, B. M., (2008). Facility location in human relief. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. 11 (2), 101-121.
- Balcik, B. et al., (2009). Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities. *International Journal of Production Economics*. Seattle, USA.
- Borgulya, I., (2008). *An algorithm for the capacitated vehicle routing problem with route balancing*. CEJOR. 16:331-343.
- Chaliamalias, T., (2012). *The Logistics Chain of Emergency Supplies in Disasters*. Athens University. Atenas, Grecia.
- Chandraprakaikul, W., (2010). Humanitarian supply chain management: literature review and future research. *University of the Thai Chamber of Commerce*. Bangkok, Tailandia.
- Church, R., ReVelle, C., (1974). The maximum covering location problem. *Papers Reg Sci Assoc*. 32:101-118.
- Código Ecuatoriano de la Construcción, (2000). Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Cozzolino, A., (2012). Humanitarian Logistics. *Springer Briefs in Business*. 2 (1), 16–33.

- de Ville de Goyet, C., et al., (1996). *SUMA (Supply Management Project), a management tool for post-disaster relief supplies*. Washington, D.C., USA.
- Dijkstra, E. W., (1959). A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik*. 1, 269 – 271.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, (2008). *Guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia*. Ginebra, Suiza.
- Flexsim, (2014). *Warehousing*. Recuperado el 7 de julio de 2014 de <http://www.flexsim.com/>.
- Forouharfard, S., Zandieh, M., (2010). An imperialist competitive algorithm to schedule of receiving and shipping trucks in cross-docking systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 51, 1179-1193.
- GAMS, (2014). *An Introduction to GAMS*. Recuperado el 26 de marzo de 2014 de <http://www.gams.com/index.htm>.
- Gendreau, M., Laporte, G., Semet, F., (1997). Solving an ambulance location model by tabu search. *Location Sci.* 5 (2), 77–88.
- Google Maps, (s.f). *Mapa de Guamaní, Quito, Pichincha*. Recuperado el 13 de Abril de 2014 de <https://www.google.com.ec>
- Henderson, L., (2004). Emergency and Disaster: Pervasive Risk and Public Bureaucracy in Developing Nations. *Public Organization Review*. 4 (2), 103-119.
- Humanitarian Technology Network, (s.f.). *High energy biscuits, 10 kg*. Recuperado el 26 de abril de 2014 de <http://humtechnet.com/content/high-energy-biscuits-10-kg>.

- Instituto Geofísico EPN, (s.f.). *Escala de Mercalli*. Recuperado el 2 de febrero de 2014 de <http://www.igepn.edu.ec/escala-de-mercalli.html>. Quito, Ecuador.
- Klose, A., y Drexler, A., (2004). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operation Research*. Zurich, Suiza.
- Lin, Y., et al., (2011). A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*. 45(4), 132-145.
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., (2011). Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: a review. *Math Meth Oper Res*. 74:281–310.
- Logvrp, (2014). *Using logvrp – the route planner*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <https://logvrp.com/logvrpsite/Default.aspx>.
- Marianov, V., ReVelle, C., (1995). Siting emergency services. *Facility location: a survey of application and methods*. Springer. 199–223.
- Mitchell, J., (2000). Branch-and-Cut Algorithms for Combinatorial Optimization Problems. *Handbook of Applied Optimization*. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (2010). *Atlas de Amenazas Naturales en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito D.M., Ecuador.
- Organización Mundial de la Salud, (2012). Preparing and dispatching donated supplies. *Supply Management 2012: Area on Emergency Preparedness and Disaster Relief*. Ginebra, Suiza.
- Organización Panamericana de la Salud, (2001). *Humanitarian supply management in logistics in the health sector*. Washington, D.C., USA.
- Organización Panamericana de la Salud, (2000). *Manual Logistical Management of Humanitarian Supply*. Washington, D.C., USA.

- Organización Panamericana de la Salud, (2000). Managing Humanitarian Relief Supplies. *Natural Disasters: Protecting the Public's Health*. Washington, D.C., USA.
- Padberg, M., y Rinaldi, G., (1991). A Branch-and-Cut Algorithm for the Resolution of Large-Scale Symmetric Traveling Salesman Problems. *SIAM Review*. 33(1), 60-100.
- PMA, (2010). Centro logístico de ayuda humanitaria al servicio del Ecuador y los países de América Latina. *Publicaciones PMA*. Roma, Italia.
- Proaño, D., (2012). *Plan de Emergencias para el MDMQ*. Quito, Ecuador.
- Reglamento al Título de la Facilitación Aduanera para el Comercio, del Libro V del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. (2011). Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Ribeiro, G. M., y Laporte, G., (2011). An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Cumulative Capacitated Vehicle Routing Problem. *CIRRELT*. Montréal, Canadá.
- Ruiz-Torres, A., y Mahmoodi, F., (2010). Safety stock determination based on parametric lead time and demand information. *International Journal of Production Research*. 48 (10), 2841-2857.
- Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, (2014). *Mapas generados en la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda*. Recuperado el 6 de abril de 2014 de <http://sthv.quito.gob.ec/>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, (2013). *Manual de Procesos Internos de la Dirección de Cooperación Internacional*. Samborondón, Ecuador.
- Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, (2011). *¿Cómo Nacionalizar una Donación?*. Recuperado el 22 de enero de 2014 de <http://www.aduana.gob.ec/pro/donations.action>. Quito, Ecuador.

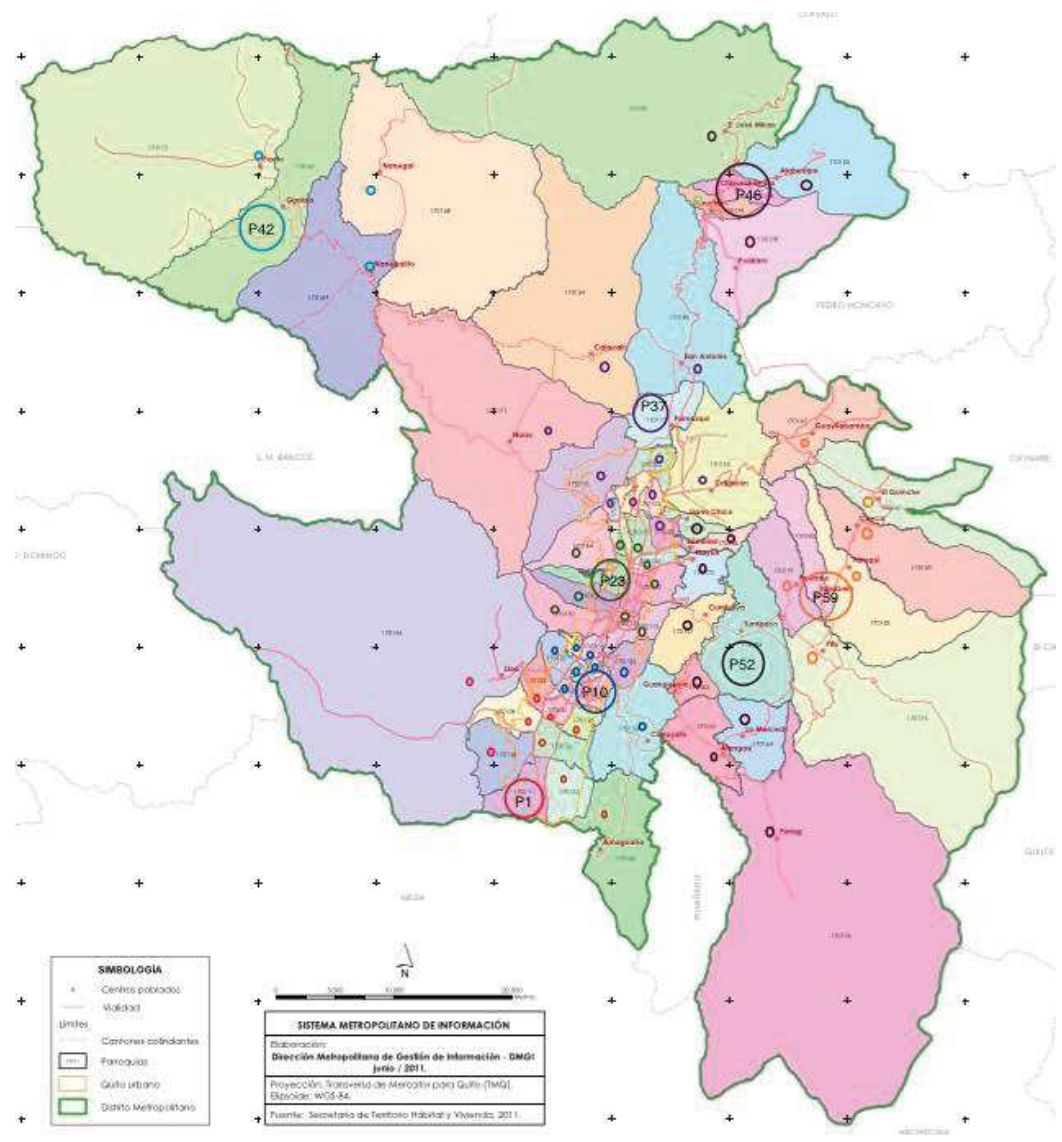
- Shapiro, J., (2011). *Budgeting*. Recuperado el 12 de julio de 2014 de <http://civicus.org/index.php/en/resources/toolkits/269-budgeting-in-two-parts>. Johannesburgo, Sudáfrica.
- Shedlock, K. and Pakiser, L., (1995). *Earthquakes*. Colorado, USA: U.S. Geological Survey.
- Sheu, J., (2007). Challenges of Emergency Logistics Management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 43 (6), 655–659.
- Stephenson, R., (1993). Logistics. *Disaster Management Training Programme*. UN Development Programme (UNDP). New York, USA.
- Subsecretaría de Respuesta de la SNGR, (2012). *Manual del Comité de Gestión de Riesgos*. SNGR. Quito, Ecuador.
- Sungur, I., Ordóñez, F. y Dessouky, M., (2008). A robust optimization approach for the capacitated vehicle routing problem with demand uncertainty. *IIE Transactions*. 40:509-523.
- Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., Bergman, L., (1971). The location of emergency service facilities. *Oper Res*. 19:1363–1373.
- USGS, (s.f.). *The Modified Mercalli Intensity Scale*. Recuperado el 2 de febrero de 2014 de <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>
- Zhang, L., et al., (2011). *Emergency Logistics Routing Optimization Algorithm Based on FSACO*. Springer Berlin/Heidelberg. 163-170.

ANEXOS

ANEXO 1. Tabla de Distancias entre Parroquias

| | U1 | U2 | U3 | U4 | U5 | U6 | U7 | U8 | U9 | U10 | U11 | U12 | U13 | U14 | U15 | U16 | U17 | U18 | U19 | U20 | U21 | U22 | U23 | U24 | U25 | U26 | U27 | U28 | U29 | U30 | U31 | U32 | U33 | U34 | U35 | U36 | U37 | U38 | U39 | U40 | U41 | U42 | U43 | U44 | U45 | U46 | U47 | U48 | U49 | U50 | U51 | U52 | U53 | U54 | U55 | U56 | U57 | U58 | U59 | U60 | U61 | U62 | U63 | U64 | U65 | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| P1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 8 | 7 | 9 | 8 | 10 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 | 17 | 19 | 19 | 23 | 27 | 27 | 29 | 24 | 26 | 27 | 29 | 30 | 15 | 13 | 11 | 12 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 14 | 14 | 15 | 17 | 18 | 20 | 20 | | |
| P2 | 2 | 0 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 15 | 15 | 16 | 19 | 19 | 23 | 28 | 28 | 30 | 24 | 26 | 27 | 28 | 29 | 14 | 13 | 10 | 10 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 13 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 | 19 | | |
| P3 | 2 | 3 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 14 | 13 | 15 | 18 | 17 | 21 | 25 | 25 | 27 | 23 | 25 | 26 | 27 | 28 | 14 | 12 | 10 | 11 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 17 | 18 | 19 | 19 | | | | | |
| P4 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 15 | 17 | 17 | 22 | 26 | 26 | 28 | 22 | 24 | 25 | 27 | 28 | 13 | 11 | 9 | 5 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
| P5 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 6 | 4 | 5 | 4 | 5 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 13 | 15 | 17 | 16 | 20 | 25 | 25 | 26 | 22 | 24 | 25 | 27 | 28 | 13 | 12 | 10 | 11 | 7 | 6 | 7 | 9 | 10 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 18 | | | |
| P6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 16 | 16 | 21 | 25 | 25 | 27 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 12 | 10 | 8 | 9 | 6 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 16 |
| P7 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 16 | 21 | 25 | 25 | 27 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 12 | 10 | 8 | 9 | 6 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 16 | |
| P8 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 14 | 16 | 16 | 21 | 25 | 26 | 28 | 21 | 23 | 24 | 25 | 27 | 11 | 10 | 7 | 8 | 6 | 3 | 4 | 6 | 7 | 10 | 11 | 11 | 13 | 15 | 16 | 16 | | | | | |
| P9 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 13 | 15 | 15 | 20 | 24 | 25 | 27 | 20 | 22 | 23 | 25 | 26 | 11 | 9 | 7 | 8 | 7 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 | 11 | 11 | 13 | 15 | 16 | 16 | | | | |
| P10 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 15 | 21 | 25 | 25 | 27 | 20 | 22 | 23 | 24 | 26 | 10 | 9 | 6 | 7 | 7 | 3 | 4 | 6 | 7 | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 15 | | | |
| P11 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 14 | 14 | 19 | 23 | 23 | 25 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 5 | 5 | 8 | 9 | 12 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 15 | | | | |
| P12 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 | 14 | 14 | 19 | 23 | 24 | 26 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 5 | 5 | 7 | 8 | 11 | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 15 | | | | |
| P13 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | 14 | 20 | 24 | 25 | 26 | 19 | 21 | 22 | 23 | 25 | 9 | 8 | 6 | 7 | 8 | 4 | 4 | 7 | 7 | 11 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 15 | 14 | | |
| P14 | 5 | 5 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 0 | 6 | 3 | 4 | 6 | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 16 | 15 | 18 | 23 | 23 | 24 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 12 | 11 | 9 | 11 | 9 | 7 | 8 | 10 | 11 | 14 | 14 | 16 | 17 | 18 | 17 | | | | |
| P15 | 7 | 6 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 11 | 11 | 13 | 14 | 20 | 24 | 25 | 27 | 18 | 20 | 21 | 22 | 24 | 8 | 7 | 4 | 5 | 8 | 4 | 3 | 6 | 6 | 10 | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 | 13 | | | | | |
| P16 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 9 | 9 | 11 | 13 | 13 | 18 | 22 | 23 | 25 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | 9 | 7 | 6 | 8 | 9 | 6 | 5 | 8 | 9 | 12 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 14 | | | |
| P17 | 6 | 6 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 13 | 19 | 23 | 24 | 26 | 18 | 20 | 21 | 22 | 24 | 9 | 7 | 5 | 7 | 9 | 5 | 4 | 7 | 7 | 11 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 14 | 13 | | | |
| P18 | 7 | 7 | 6 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 6 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 | 9 | 12 | 12 | 19 | 23 | 24 | 26 | 16 | 19 | 19 | 21 | 22 | 7 | 5 | 3 | 5 | 10 | 5 | 3 | 7 | 6 | 11 | 7 | 8 | 8 | 9 | 11 | 12 | 11 | |
| P19 | 7 | 7 | 6 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 12 | 17 | 21 | 22 | 24 | 17 | 19 | 20 | 21 | 22 | 8 | 7 | 6 | 8 | 10 | 7 | 6 | 9 | 9 | 13 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 13 | | | | | | |
| P20 | 9 | 7 | 7 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 7 | 8 | 11 | 11 | 17 | 21 | 22 | 24 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 | 7 | 5 | 5 | 7 | 11 | 7 | 6 | 9 | 9 | 13 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 12 | | | | |
| P21 | 8 | 8 | 7 | 6 | 7 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 6 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 9 | 11 | 12 | 19 | 22 | 23 | 25 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 7 | 5 | 4 | 5 | 10 | 6 | 4 | 7 | 12 | 7 | 9 | 8 | 10 | 11 | 12 | 11 | | | |
| P22 | 10 | 9 | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 9 | 10 | 11 | 18 | 22 | 23 | 25 | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 5 | 4 | 3 | 4 | 11 | 7 | 5 | 8 | 7 | 12 | 6 | 8 | 7 | 9 | 9 | 11 | 10 | | | | | |
| P23 | 9 | 9 | 8 | 7 | 8 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 10 | 17 | 21 | 22 | 24 | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 6 | 4 | 4 | 6 | 12 | 7 | 6 | 9 | 13 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 11 | | | | | | |
| P24 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 8 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 7 | 10 | 10 | 18 | 21 | 23 | 25 | 14 | 17 | 17 | 19 | 20 | 5 | 3 | 3 | 4 | 12 | 7 | 5 | 8 | 12 | 6 | 8 | 7 | 9 | 9 | 11 | 10 | | |
| P25 | 10 | 9 | 8 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 9 | 15 | 19 | 20 | 22 | 14 | 16 | 17 | 19 | 19 | 6 | 5 | 6 | 8 | 13 | 9 | 7 | 11 | 15 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 11 | | | | | |
| P26 | 11 | 11 | 10 | 9 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 8 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 8 | 16 | 19 | 20 | 22 | 13 | 15 | 16 | 17 | 19 | 4 | 3 | 5 | 7 | 14 | 9 | 7 | 11 | 10 | 15 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 10 | | | | |
| P27 | 12 | 11 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 7 | 8 | 8 | 16 | 19 | 21 | 23 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 4 | 2 | 5 | 6 | 14 | 9 | 7 | 10 | 14 | 7 | 9 | 8 | 10 | 11 | 12 | 10 | | | | | |
| P28 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 9 | 6 | 6 | 6 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 8 | 9 | 17 | 20 | 22 | 24 | 12 | 15 | 15 | 17 | 18 | 3 | 1 | 4 | 5 | 14 | 9 | 7 | 10 | 9 | 14 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 | | | | | | |
| P29 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 6 | 9 | 5 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 4 | 3 | 6 | 5 | 9 | 6 | 9 | 10 | 18 | 21 | 23 | 25 | 13 | 16 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

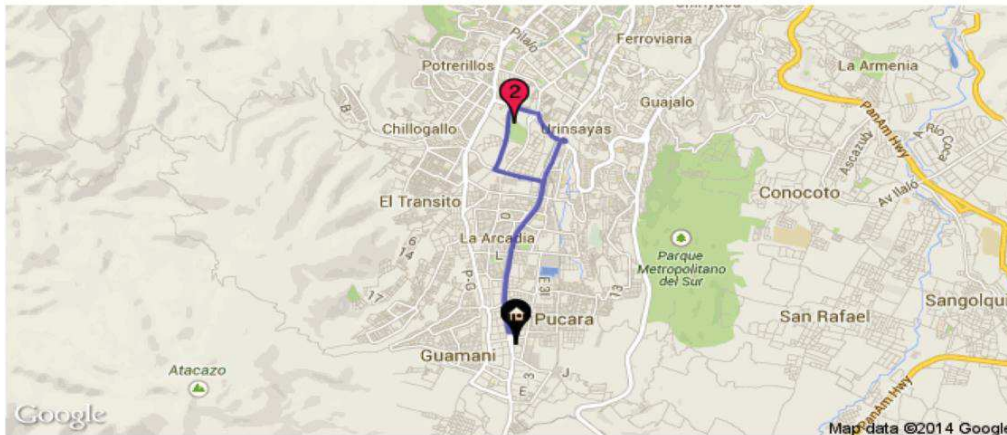
ANEXO 2. Asignación de Parroquias



ANEXO 3. Rutas Óptimas de Transporte

CD Guamaní

GUAMANÍ - QUITUMBE



Direcciones Conductor

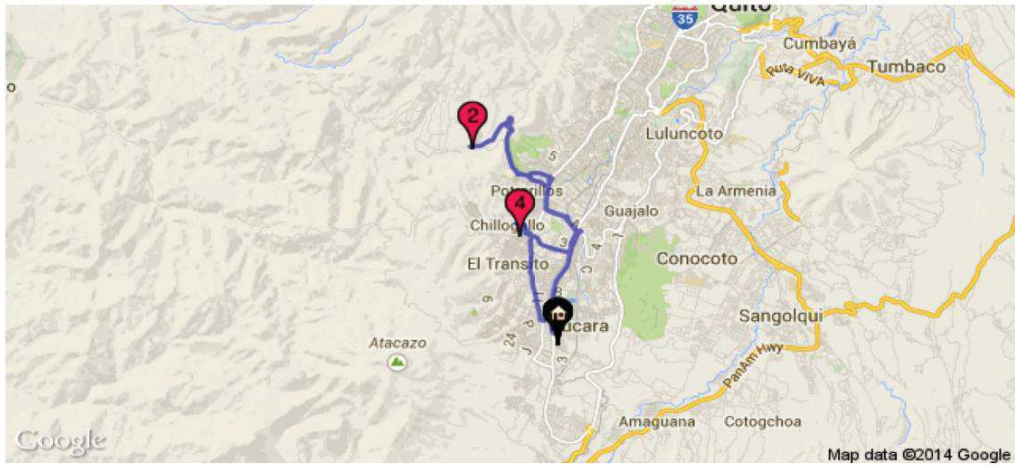
CD Guamaní --> Coliseo Unidad Educativa Quitumbe

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
- Turn right onto Moran Valverde
- At roundabout, take 3rd exit
- Turn left onto Rumichaca Ñan

Coliseo Unidad Educativa Quitumbe --> CD Guamaní

- Depart Rumichaca Ñan toward S 32
- At roundabout, take 2nd exit
- Turn left onto Condor Ñan
- At roundabout, take 2nd exit
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto S 58

GUAMANÍ - LLOA



Direcciones Conductor

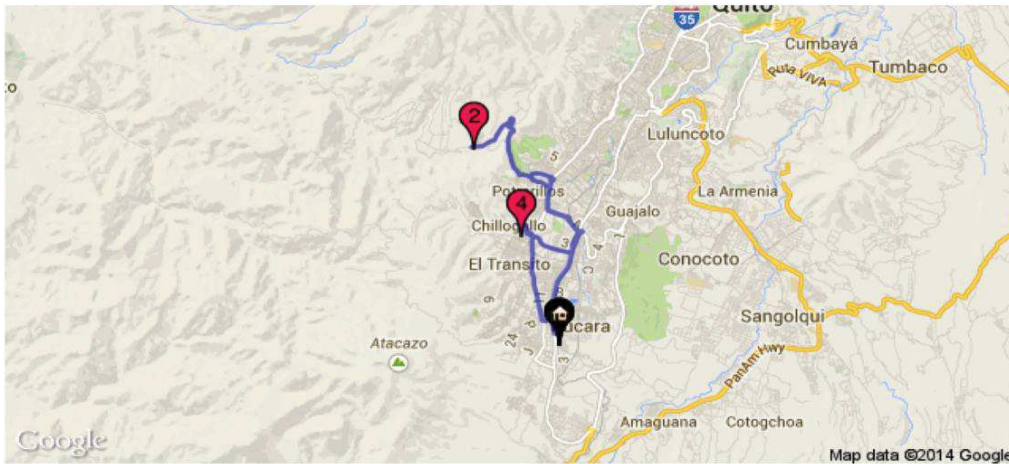
CD Guamaní --> Estadio de Lloa

Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
Turn right onto Moran Valverde
At roundabout, take 3rd exit
Bear right onto Avenida José Antonio de Sucre
Turn left onto 51 / Anconcito
Turn right onto Tachina
Turn left onto S 24A
Keep left onto O 12
Road name changes to S 25
Bear left onto road
Turn right onto road

Estadio de Lloa --> CD Guamaní

Depart toward Chilibulo
Turn left toward S 25
Bear right onto S 25
Turn right onto S 25F
Turn right onto O 55 / Angamarca, and then immediately turn left onto S 25I
Turn left onto O 11L, and then immediately bear right onto S 25G
Keep straight onto Arsenio Andrade
Turn right onto Taisha
Road name changes to Lumbaqui
Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Moran Valverde
At roundabout, take 2nd exit
Turn right onto Manglaralto
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn left onto S 58

GUAMANÍ - CHILLOGALLO



Direcciones Conductor

CD Guamaní --> Colegio Julio Tobar Donoso-Chillogallo

Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado

Turn right onto Pedro Vicente Maldonado

Road name changes to Maldonado Pedro Vicente

Road name changes to Pedro Vicente Maldonado

Turn left onto Condor Ñan

At roundabout, take 2nd exit

Keep straight onto Nicolás Cevallos

Turn right onto O 7

Turn left onto O 8F

Turn left onto Carlos Freile, and then immediately bear right onto El Transito

Colegio Julio Tobar Donoso-Chillogallo --> CD Guamaní

Depart El Transito toward S 34L

Bear left onto Carlos Freile, and then immediately turn right onto O 8F

Turn right onto S 35D, and then immediately turn left onto Martha Bucaram de Roldos

Turn left onto Nicolás Cevallos

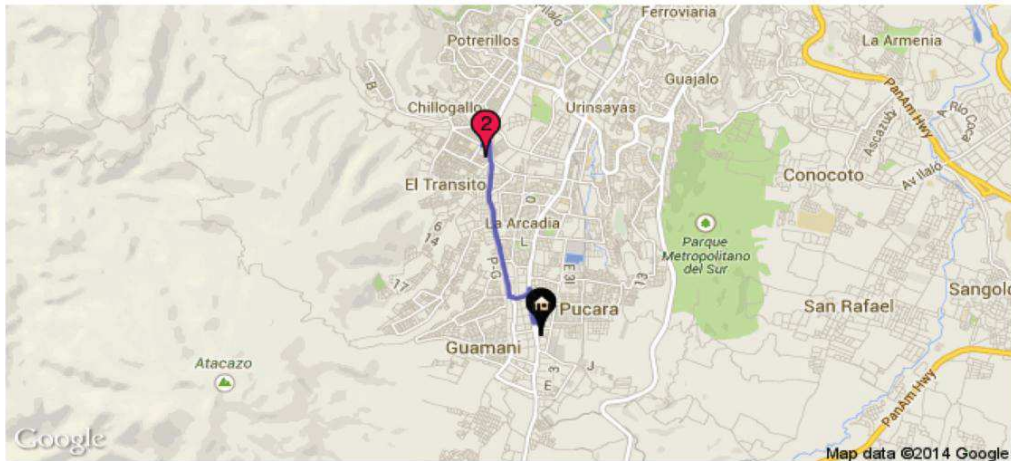
Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre

Turn left onto Lucia Alban Romero

Turn right onto Pedro Vicente Maldonado

Turn left onto S 58

GUAMANÍ - LA ECUATORIANA



Direcciones Conductor

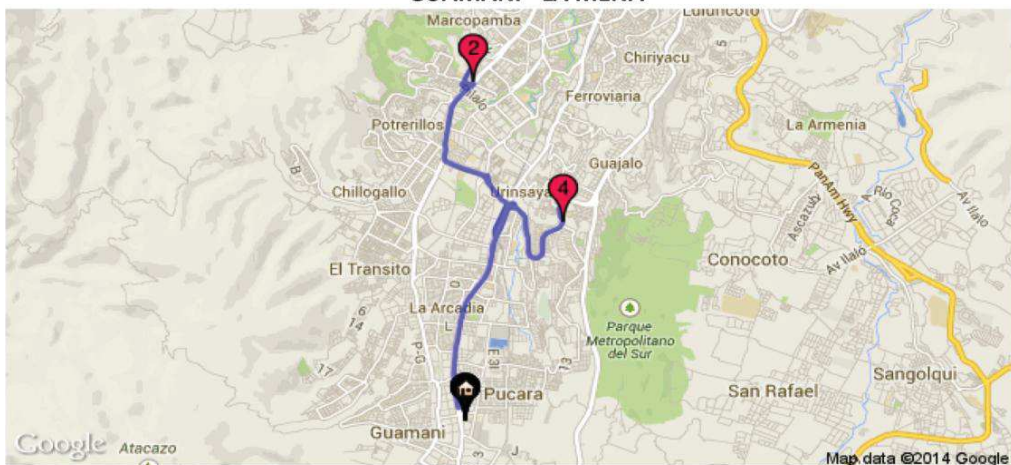
CD Guamaní --> Colegio Nacional Primicias de la Cultura de Quito-La Ecuatoriana

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Make a U-turn at Raimundo Santa Cruz
- Bear right onto Lucia Alban Romero
- Keep straight onto S 55
- Bear right onto Avenida José Antonio de Sucre
- Turn left onto S 37E

Colegio Nacional Primicias de la Cultura de Quito-La Ecuatoriana --> CD Guamaní

- Depart S 37E toward O 6F
- Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre
- Turn left onto Lucia Alban Romero
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto S 58

GUAMANÍ - LA MENA



Direcciones Conductor

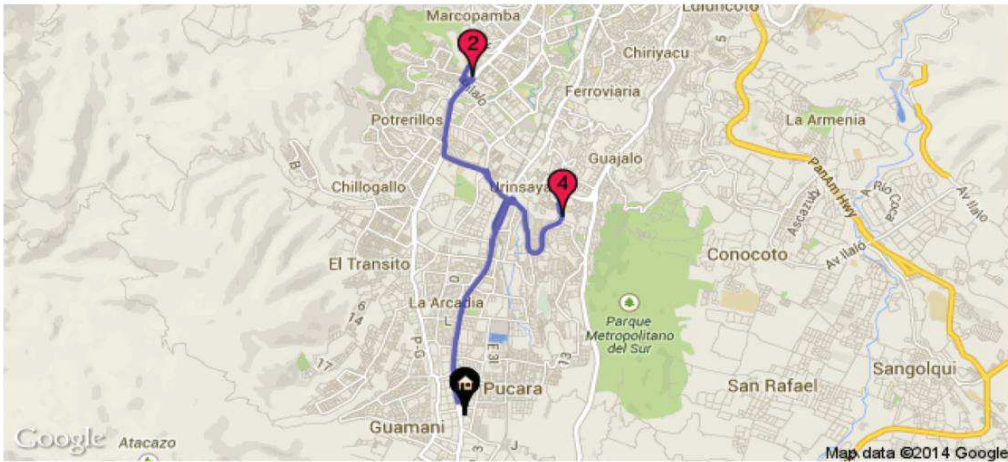
CD Guamaní --> Coliseo Aldeas SOS-La Mena

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
- Turn right onto Moran Valverde
- At roundabout, take 3rd exit
- Bear right onto Avenida José Antonio de Sucre
- Turn left onto Angamarca
- Turn right onto Hernán Gmoiner

Coliseo Aldeas SOS-La Mena --> CD Guamaní

- Depart Hernán Gmoiner toward S 17D
- Turn left onto Ecuador
- Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre
- Bear left onto Moran Valverde
- At roundabout, take 2nd exit
- Turn right onto Manglaralto
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto S 58

GUAMANÍ - LA ARGELIA



Direcciones Conductor

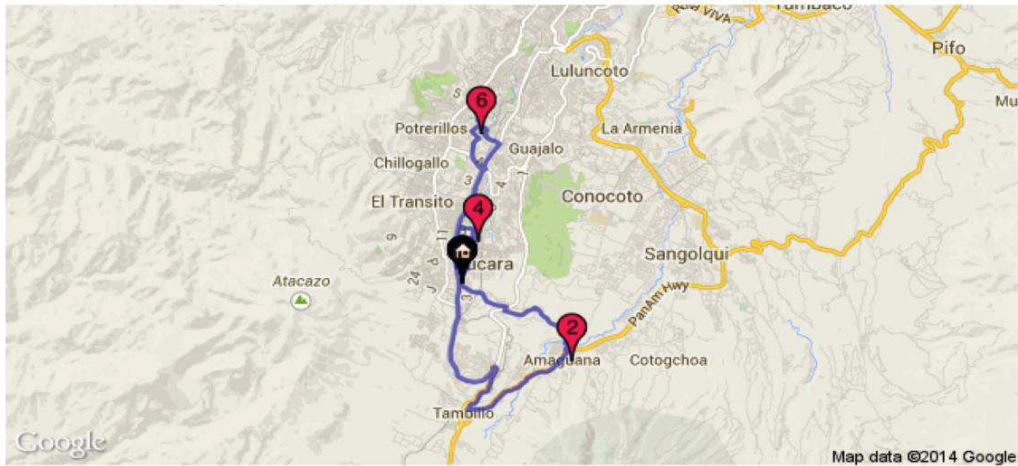
CD Guamaní --> Unidad Educativa Siglo XXI-La Argelia

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Gonzalo Pérez Bustamante, and then immediately turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
- Bear left onto E 7

Unidad Educativa Siglo XXI-La Argelia --> CD Guamaní

- Depart E 7 toward E 7E
- Bear right onto Gonzalo Perez Bustamante
- Keep straight onto Moran Valverde
- Turn left onto Manglaralto
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto S 58

GUAMANÍ - AMAGUAÑA



Direcciones Conductor

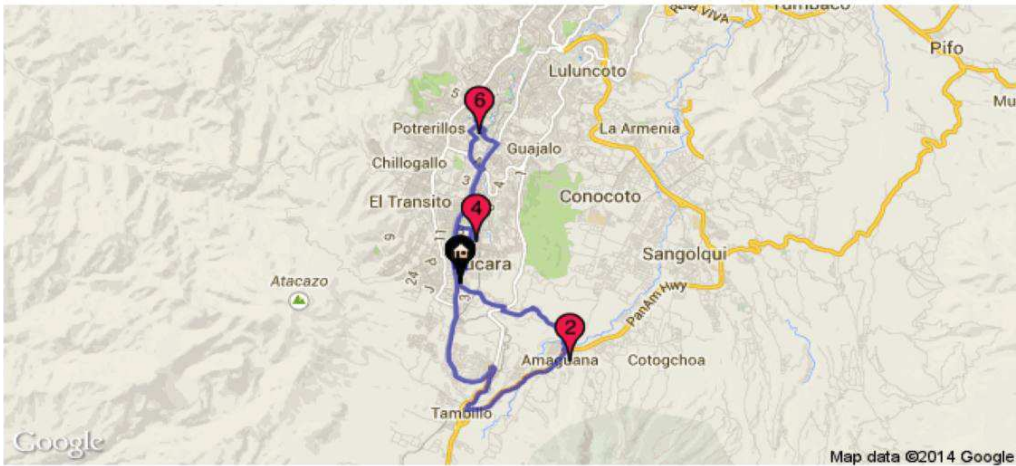
CD Guamaní --> Coliseo Parroquial de Amaguaña

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto Pedro Vicente Maldonado
- Bear right onto E28A / Maldonado Pedro Vicente
- Road name changes to E35
- Keep straight onto E28A
- Keep left onto road
- Turn left toward E35
- Keep straight onto E35
- Turn left onto José de la Cuadra

Coliseo Parroquial de Amaguaña --> CD Guamaní

- Depart José de la Cuadra toward Gabriel García Moreno
- Turn right onto road
- Turn right onto road
- Turn right onto road
- Turn left onto road
- Keep left onto road
- Turn right onto road
- Keep left toward E 6
- Keep straight onto E 6
- Bear left onto S 60
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto S 58

GUAMANÍ - TURUBAMBA



Direcciones Conductor

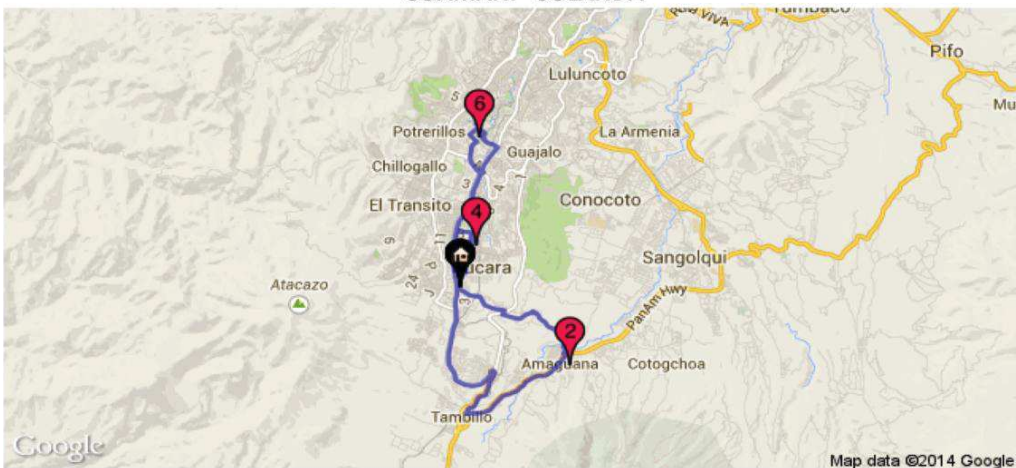
CD Guamaní --> Bodegas CNT-Turubamba

- Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
- Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto S 48F

Bodegas CNT-Turubamba --> CD Guamaní

- Depart E 2M toward S 50
- Keep straight onto E 3
- Turn right to stay on E 3
- Turn left to stay on E 3 / Duples Leonidas
- Turn right to stay on E 3
- Road name changes to E Mishos Simbaña
- Turn right onto S 58

GUAMANÍ - SOLANDA



Direcciones Conductor

CD Guamaní --> Colegio Gonzalo Zaldumbide-Solanda

Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado

Turn right onto Pedro Vicente Maldonado

Road name changes to Maldonado Pedro Vicente

Road name changes to Pedro Vicente Maldonado

Turn right onto Gonzalo Perez Bustamante

Turn right onto Moran Valverde

At roundabout, take 2nd exit onto Hugo Ortiz

Turn left onto Solanda

Turn right onto José María Alemán

Turn left onto Salvador Bravo

Colegio Gonzalo Zaldumbide-Solanda --> CD Guamaní

Depart Salvador Bravo toward Galo Plaza Lasso / OE41

Turn right onto Hugo Ortiz

At roundabout, take 3rd exit onto Ayapamba

Turn right onto Pedro Vicente Maldonado

Road name changes to Maldonado Pedro Vicente

Road name changes to Pedro Vicente Maldonado

Turn left onto S 58

CD La Ferroviaria



Direcciones Conductor

CD La Ferroviaria --> Colegio Amazonas-La Magdalena

- Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
- Turn right onto José Peralta
- Turn left onto Cobo
- Road name changes to Adriano Cobo
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto Alonso de Angulo
- Turn right onto Lauro Guerrero
- Road name changes to Cori Duchicela
- Turn right onto Princesa Toa
- Turn right onto Puruha

Colegio Amazonas-La Magdalena --> CD La Ferroviaria

- Depart Puruha toward Puruha
- Turn right to stay on Puruha
- Road name changes to Quiliscacha
- Turn right onto Condorazo
- Turn right onto 5 de Junio
- Turn right onto Jambeli
- Road name changes to Galte
- Turn right onto Rodrigo de Chavez
- At roundabout, take 1st exit onto Maldonado Pedro Vicente / Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto Miguel Carrión
- Turn right onto El Tambo
- Keep straight onto José Peralta
- Turn left onto Delfin Trevino

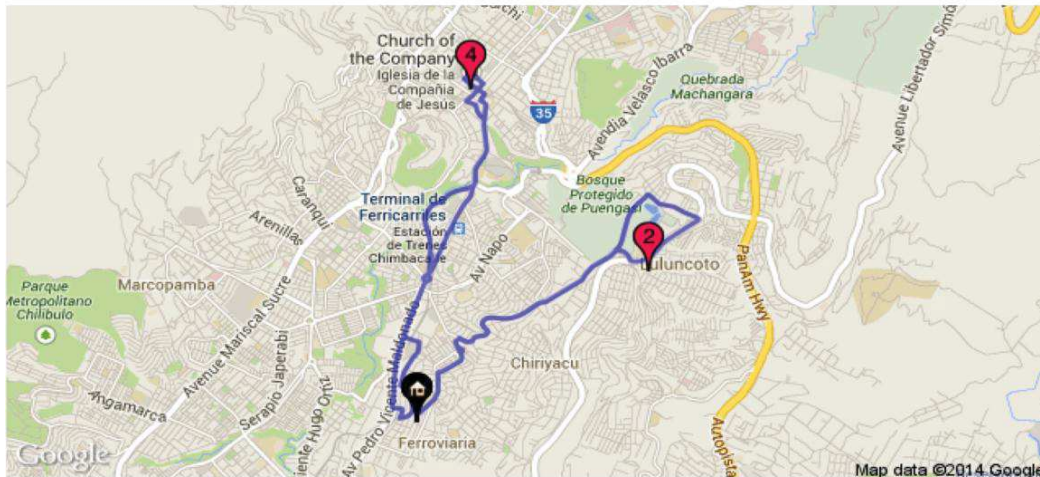


Direcciones Conductor

CD La Ferroviaria --> Policía Metropolitana de Quito-Puengasí
Depart Pedro Baca / Shunk toward Abelardo Andrade
Turn left onto Abelardo Andrade
Keep straight onto Ramón Campana
Keep straight onto Hermandad Ferroviaria
Turn right onto Juan Cueva
Keep right to stay on Juan Cueva
Bear right onto Francisco Cobo
Turn right onto Ana Paredes
Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Juan José Guerrero
Turn right onto Javier Loyola
Turn right onto Simon Bolívar

Policía Metropolitana de Quito-Puengasí --> CD La Ferroviaria
Depart Simon Bolívar toward Los Chillos
Turn right onto Juan Bautista Aguirre
Bear left onto Juan José Guerrero
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
Road name changes to Ana Paredes
Turn left onto Francisco Cobo
Bear right onto Gualberto Pérez
Road name changes to Juan Cueva
Turn left onto Hermandad Ferroviaria
Keep right onto Ramón Campana
Keep right onto Abelardo Andrade
Turn right onto Pedro Baca / Shunk

LA FERROVIARIA - CENTRO HISTÓRICO



Direcciones Conductor

CD La Ferroviaria --> Plaza de San Francisco-Centro Histórico

- Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
- Turn right onto José Peralta
- Turn left onto Cobo
- Road name changes to Adriano Cobo
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- At roundabout, take 3rd exit
- Keep right to stay on Pedro Vicente Maldonado
- Bear left onto Juan de Dios Morales
- Turn right onto Venezuela
- Turn left onto Sucre
- Turn left onto Sebastián de Benalcazar

Plaza de San Francisco-Centro Histórico --> CD La Ferroviaria

- Depart Sebastián de Benalcazar toward Simon Bolívar
- Turn left onto Simon Bolívar
- Turn right onto Guayaquil, and then immediately turn left onto Vicente Rocafuerte
- Bear right onto Maldonado Pedro Vicente / Pedro Vicente Maldonado
- Bear right onto Jaime del Castillo
- Bear right onto Pedro Vicente Maldonado
- At roundabout, take 2nd exit
- Turn left onto Miguel Carrión
- Turn right onto El Tambo
- Keep straight onto José Peralta
- Turn left onto Delfin Trevino



Direcciones Conductor

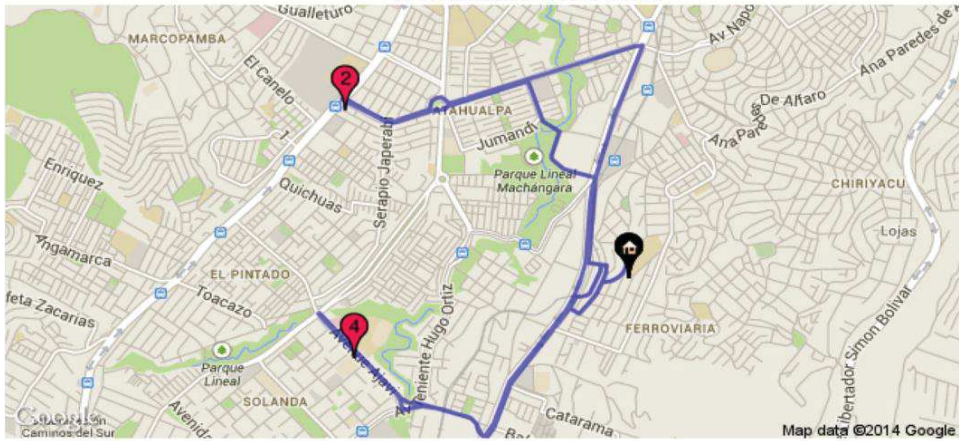
CD La Ferroviaria --> Cuartel Mariscal Sucre-Chilibulo

- Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
- Turn right onto José Peralta
- Turn left onto Cobo
- Road name changes to Adriano Cobo
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto Alonso de Angulo
- At roundabout, take 3rd exit
- Turn left onto Avenida José Antonio de Sucre

Cuartel Mariscal Sucre-Chilibulo --> CD La Ferroviaria

- Depart Alonso de Angulo toward Avenida José Antonio de Sucre
- At roundabout, take 3rd exit
- Turn right onto Lauro Guerrero
- Turn right onto O 2E
- Road name changes to S 11C
- Turn right onto Maldonado Pedro Vicente / Pedro Vicente Maldonado
- Turn left onto Rafael Arteta
- Turn right onto Cobo, and then immediately turn right onto José Peralta
- Turn left onto Delfin Trevino

LA FERROVIARIA - SAN BARTOLO



Direcciones Conductor

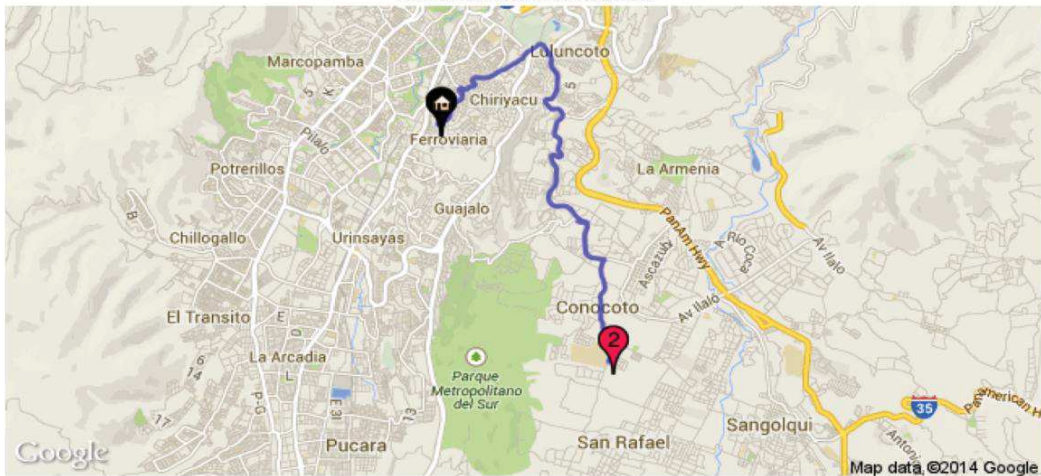
CD La Ferroviaria --> Instituto Sup. Exp. Concejo Prov. Pich.-San Bartolo

- Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
- Bear left onto José Peralta
- Turn right onto Amaluzza
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- Make a U-turn at Manglaralto
- Turn right onto Pusir
- Bear left onto Balzar
- Road name changes to Ajavi
- Turn right to stay on Ajavi

Instituto Sup. Exp. Concejo Prov. Pich.-San Bartolo --> CD La Ferroviaria

- Depart Ajavi toward Gaspar Esparza
- Make a U-turn at Carlos María de la Torre
- Turn left onto Hugo Ortiz
- Keep right onto Balzar
- Bear right onto Pusir
- Turn left onto Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Amaluzza
- Turn left onto José Peralta
- Bear right onto Delfin Trevino

LA FERROVIARIA - CONOCOTO



Direcciones Conductor

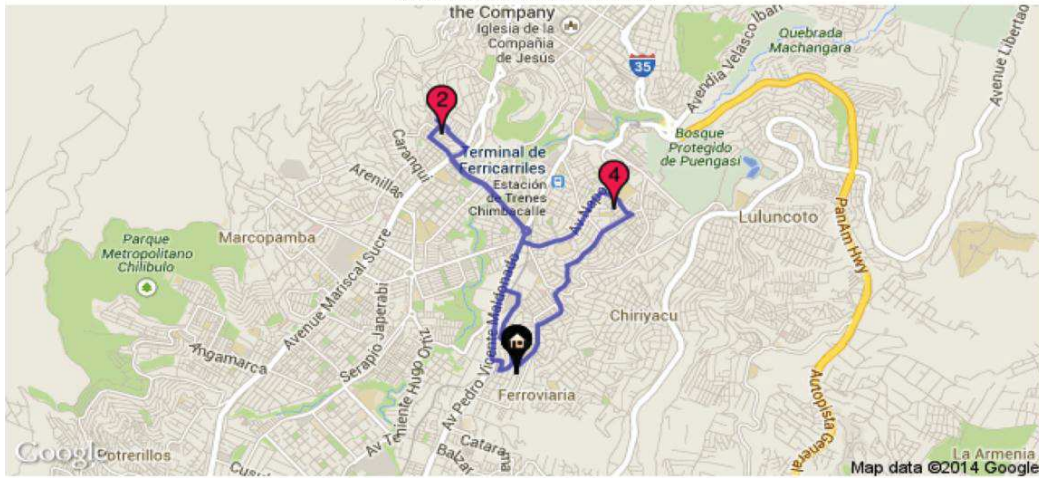
CD La Ferroviaria --> Colegio La Salle-Conocoto

Depart Pedro Baca / Shunk toward Abelardo Andrade
Turn left onto Abelardo Andrade
Keep straight onto Ramón Campana
Keep straight onto Hermandad Ferroviaria
Turn right onto Juan Cueva
Keep right to stay on Juan Cueva
Bear right onto Francisco Cobo
Turn right onto Ana Paredes
Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Juan José Guerrero
Bear right onto Juan Bautista Aguirre
Keep straight onto Los Chillos
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Los Chillos
Road name changes to S 8G
Bear left onto Los Chillos
Turn right onto Pichincha, and then immediately turn left onto Camilo Ponce Enriquez
Turn right toward Abdón Calderón
Bear left onto Abdón Calderón
Keep straight toward Abdón Calderón
Keep straight onto Abdón Calderón
Keep straight onto road
Keep left onto road

Colegio La Salle-Conocoto --> CD La Ferroviaria

Depart toward Abdón Calderón
Keep straight onto Abdón Calderón
Keep straight toward Abdón Calderón
Keep straight onto Abdón Calderón
Bear right toward Camilo Ponce Enriquez
Turn left onto Camilo Ponce Enriquez
Bear right and then turn left onto Pichincha
Bear right onto Los Chillos
Road name changes to S 8G
Bear right onto Los Chillos
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Keep straight onto Los Chillos
Keep straight onto Juan Bautista Aguirre
Keep right to stay on Juan Bautista Aguirre
Bear left onto Juan José Guerrero
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
Road name changes to Ana Paredes
Turn left onto Francisco Cobo
Bear right onto Gualberto Pérez
Road name changes to Juan Cueva
Turn left onto Hermandad Ferroviaria
Keep right onto Ramón Campana
Keep right onto Abelardo Andrade
Turn right onto Pedro Baca / Shunk

LA FERROVIARIA - LA LIBERTAD

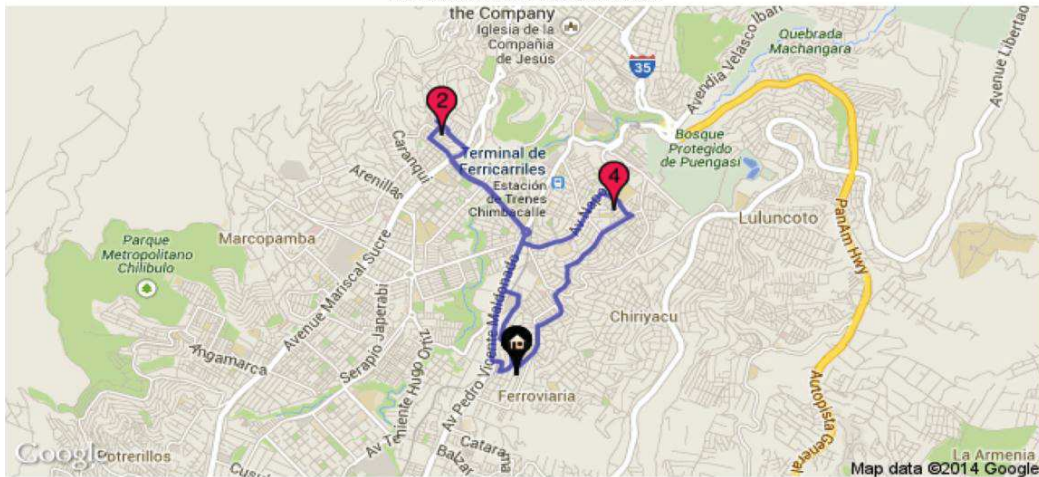


Direcciones Conductor

CD La Ferroviaria --> Escuela Cordero Crespo-La Libertad
Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
Turn right onto José Peralta
Turn left onto Cobo
Road name changes to Adriano Cobo
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
At roundabout, take 4th exit onto Rodrigo de Chavez
Keep straight onto Husares
Turn right onto Vinuesa
Turn left onto Batallon Magdalena

Escuela Cordero Crespo-La Libertad --> CD La Ferroviaria
Depart Batallon Magdalena toward Vinuesa
Keep straight onto Manuel Ponce de Leon
Turn right onto Javier Piedra, and then immediately turn left onto Ferrusola
Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre
Turn left onto Rodrigo de Chavez
At roundabout, take 1st exit onto Maldonado Pedro Vicente / Pedro Vicente Maldonado
Turn left onto Miguel Carrión
Turn right onto El Tambo
Keep straight onto José Peralta
Turn left onto Delfin Trevino

LA FERROVIARIA - CHIMBACALLE



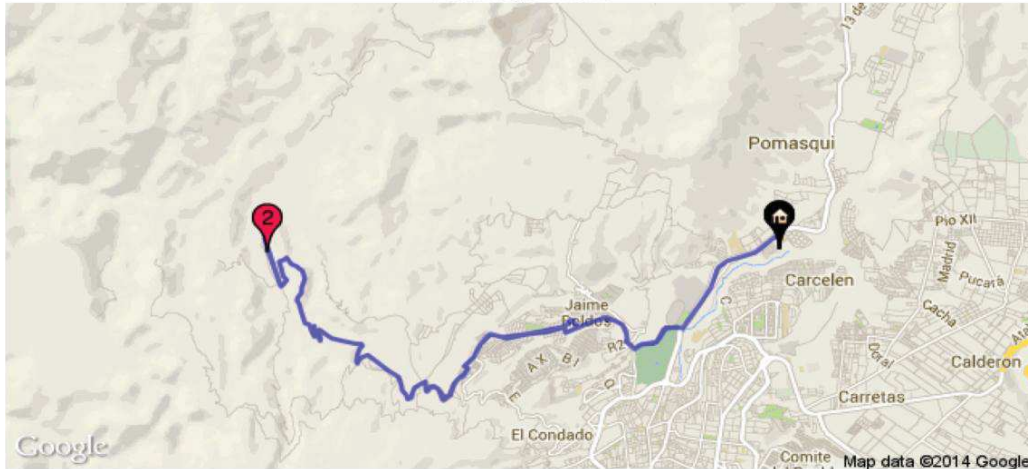
Direcciones Conductor

CD La Ferroviaria --> Colegio Montúfar-Chimbacalle
Depart Delfin Trevino toward Joaquín Orozco
Turn right onto José Peralta
Turn left onto Cobo
Road name changes to Adriano Cobo
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Napo
Turn right onto Cardenas Miguel Clemente

Colegio Montúfar-Chimbacalle --> CD La Ferroviaria
Depart Cardenas Miguel Clemente toward Pedro de Cespedes
Turn right onto Bartolome Alves
Turn left onto Francisco Cobo
Bear right onto Gualberto Pérez
Road name changes to Juan Cueva
Turn left onto Hermandad Ferroviaria
Keep right onto Ramón Campana
Keep right onto Abelardo Andrade
Turn right onto Pedro Baca / Shunk

CD Pomasqui

POMASQUI - NONO



Direcciones Conductor

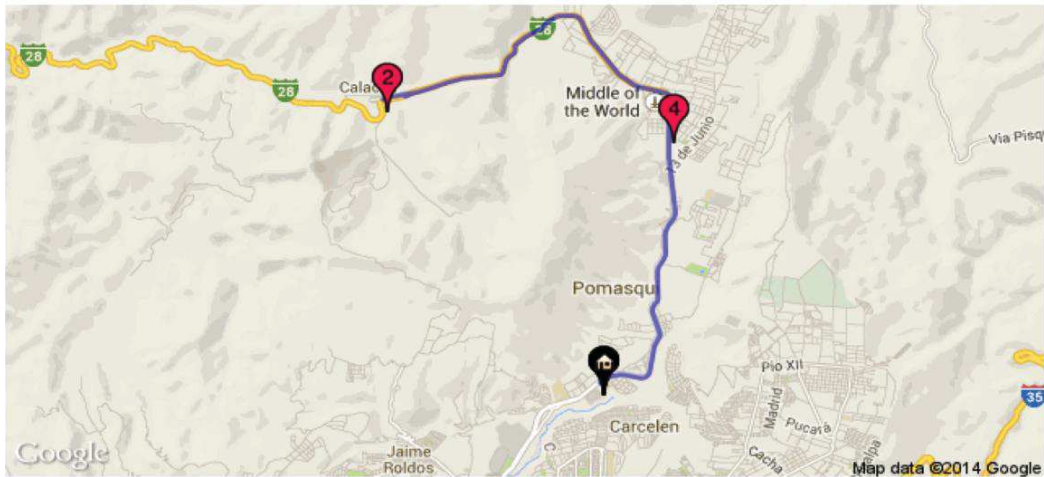
CD Pomasqui --> Estadio de Nono

Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Turn right toward San Francisco de Rumiurcu
Turn right onto San Francisco de Rumiurcu
Bear left onto N 81
Turn left to stay on N 81
Road name changes to Rumiñahui
Road name changes to N 81 / Ruminahui
Turn right onto O 13A
Turn left onto N 82 / Once de Noviembre de Pisuli
Bear left onto O 19A
Keep right onto O 19C
Road name changes to O 2
Bear right toward N 71F
Turn left onto N 71F
Turn right onto O 20
Turn right to stay on O 20
Turn left onto road
Turn right onto Ruta Nono

Estadio de Nono --> CD Pomasqui

Depart Ruta Nono
Turn left onto road
Turn right onto O 20
Turn left to stay on O 20
Turn left onto N 71F
Turn right toward O 2
Bear left onto O 2
Road name changes to O 19C
Keep straight onto O 19A
Bear right onto N 82
Keep left to stay on N 82
Turn right onto O 15G
Turn left onto N 81 / Ruminahui
Road name changes to Rumiñahui
Road name changes to N 81 / Ruminahui
Turn right to stay on N 81
Bear right onto San Francisco de Rumiurcu
Turn left toward Manuel Cordova Galarza
Turn left onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - CALACALÍ



Direcciones Conductor

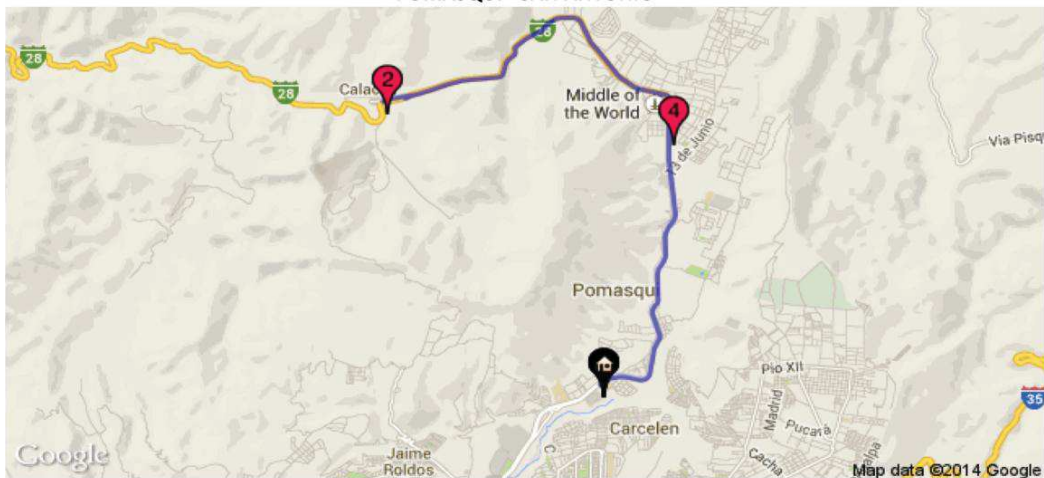
CD Pomasqui --> Colegio Nacional Calacalí

Depart Manuel Cordova Galarza toward Cuba Libre
Road name changes to E28 / Cordova Galarza Manuel
Keep right onto 3K / Ruta Calacali
Road name changes to Flores

Colegio Nacional Calacalí --> CD Pomasqui

Depart Flores toward 3E / Ruta Calacali
Road name changes to 3E / Ruta Calacali
Turn right to stay on Ruta Calacali
Turn left onto E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - SAN ANTONIO



Direcciones Conductor

CD Pomasqui --> Colegio Mitad del Mundo-San Antonio
Depart Manuel Cordova Galarza toward Cuba Libre

Colegio Mitad del Mundo-San Antonio --> CD Pomasqui
Depart Manuel Cordova Galarza toward Calle 4

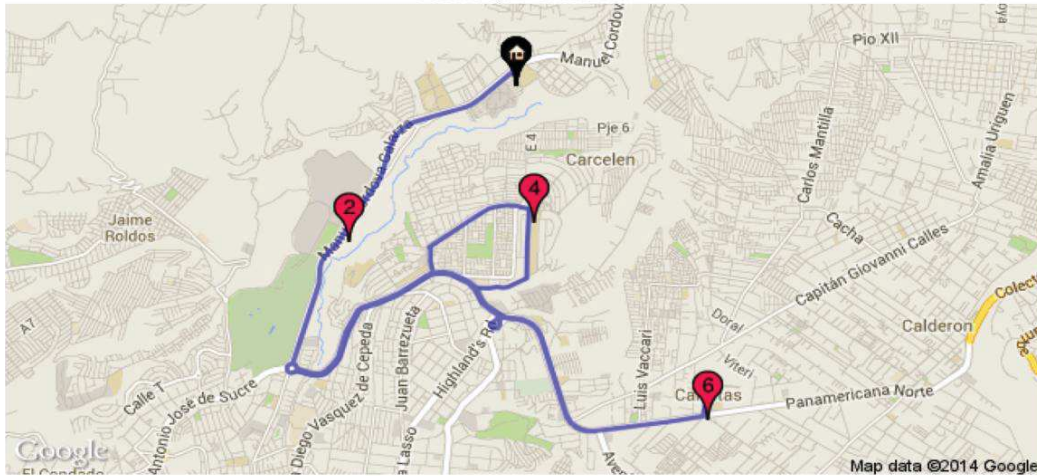


Direcciones Conductor

CD Pomasqui --> Esc. Sup. Mil. Eloy Alfaro-El Condado
Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

Esc. Sup. Mil. Eloy Alfaro-El Condado --> CD Pomasqui
Depart Manuel Cordova Galarza toward Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - CARCELÉN



Direcciones Conductor

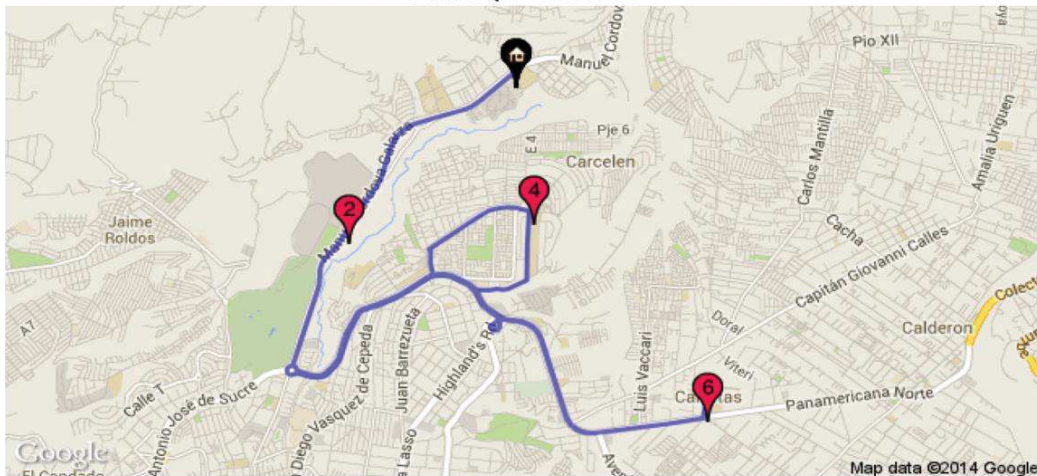
CD Pomasqui --> Colegio Americano-Carcelén

- Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza
- At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
- Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Turn left onto Jaime Roldos Aguilera
- Turn right to stay on Jaime Roldos Aguilera

Colegio Americano-Carcelén --> CD Pomasqui

- Depart Jaime Roldos Aguilera toward Manuel Benigno Cueva
- Turn left onto Manuel Benigno Cueva
- Turn right onto N77b
- Road name changes to N 77B
- Bear right onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
- At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - CALDERÓN

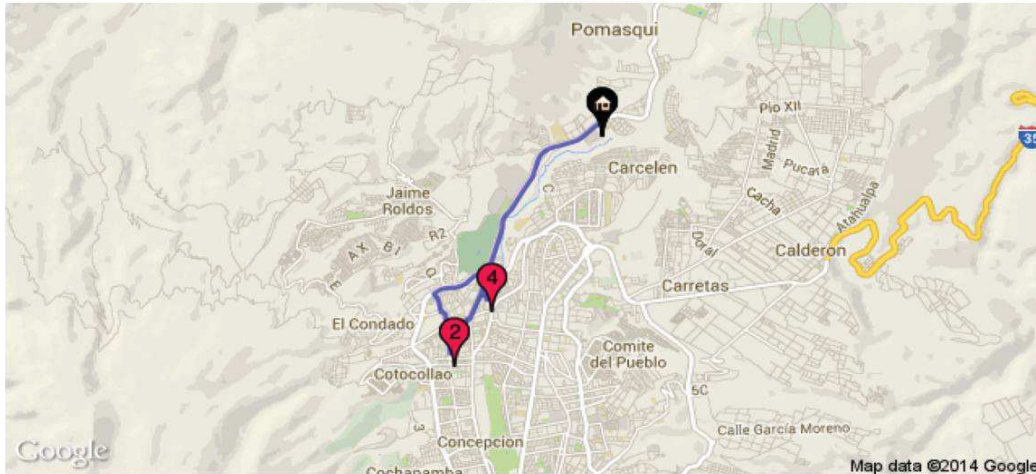


Direcciones Conductor

CD Pomasqui --> Centro Educativo Matriz 05-Calderón
Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Turn left onto road

Centro Educativo Matriz 05-Calderón --> CD Pomasqui
Depart toward Panamericana Norte E28b
Turn right onto Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - COTOCOLLAO

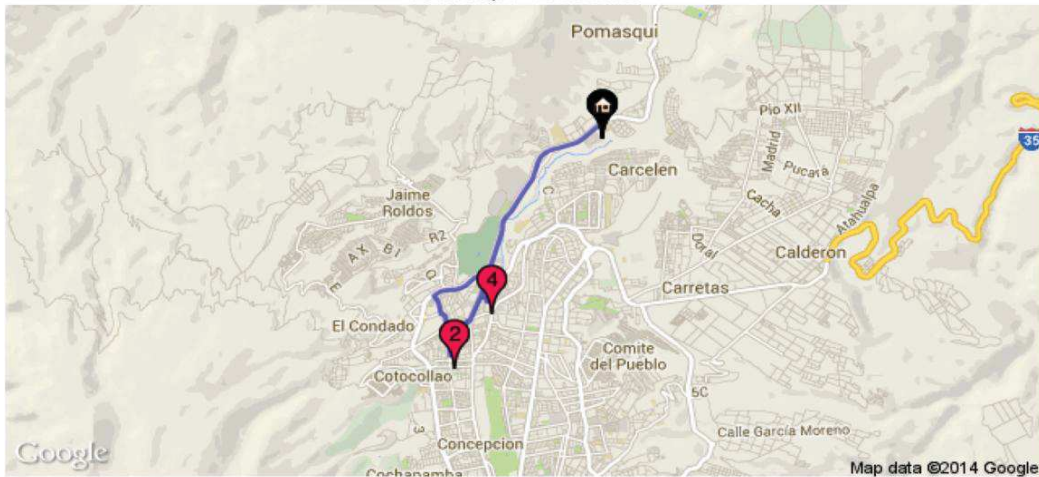


Direcciones Conductor

CD Pomasqui --> Universidad Tecnológica Indoamérica-Cotocollao
Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 2nd exit onto Avenida de la Prensa
Bear right onto Ramón Chiriboga, and then immediately turn left onto 25 de Mayo
Turn right onto Cuicocha
Turn left onto Machala

Universidad Tecnológica Indoamérica-Cotocollao --> CD Pomasqui
Depart Machala toward José Figueroa
Turn right onto José Miguel Carrión
Turn right onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 3rd exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - PONCEANO



Direcciones Conductor

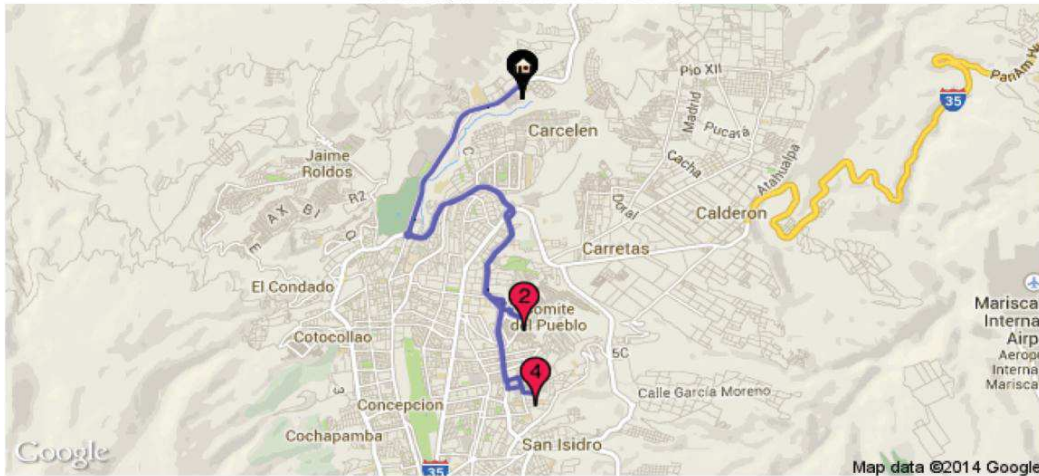
CD Pomasqui --> Estadio Casa Blanca-Ponceano

- Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza
- At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
- Turn right onto John F. Kennedy
- Turn left to stay on John F. Kennedy
- Turn left onto N 69

Estadio Casa Blanca-Ponceano --> CD Pomasqui

- Depart N 69 toward John F. Kennedy
- Turn right onto John F. Kennedy, and then immediately bear left onto Gustavo Lemos
- Turn right onto Avenida de la Prensa
- At roundabout, take 2nd exit onto Manuel Cordova Galarza
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - COMITÉ DEL PUEBLO



Direcciones Conductor

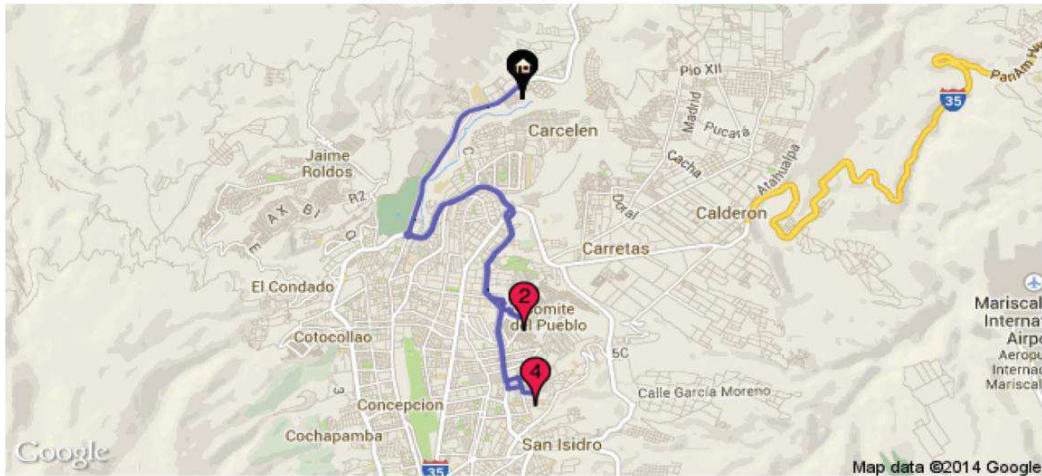
CD Pomasqui --> Colegio Manuel Benjamín Carrión-Comité del Pueblo

- Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza
- At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
- Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Bear left onto Avenida Eloy Alfaro
- Take ramp left for Avenida Eloy Alfaro
- Bear left onto de los Eucaliptos
- Turn right onto E 8
- Turn left onto N 65E, and then immediately turn right onto E 8A
- Turn left onto Manuel Ambrosi
- Road name changes to Ambrosi Manuel
- Turn right onto Calle Francisco de la Torre
- Turn left onto Adolfo Klinger

Colegio Manuel Benjamín Carrión-Comité del Pueblo --> CD Pomasqui

- Depart Adolfo Klinger toward Pedro Campana
- Turn right onto Calle Francisco de la Torre
- Turn left onto Ambrosi Manuel
- Road name changes to Manuel Ambrosi
- Turn right onto Avenida Eloy Alfaro
- Take ramp left for Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
- At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza

POMASQUI - SAN ISIDRO DEL INCA



Direcciones Conductor

CD Pomasqui --> Colegio Tomás Moro-S. Isidro del Inca

- Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza
- At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
- Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Bear left onto Avenida Eloy Alfaro
- Take ramp left for Avenida Eloy Alfaro
- Turn left onto Calle de los Pinos
- Turn right onto Calle de los Guayacanes
- Turn left onto de las Orquideas

Colegio Tomás Moro-S. Isidro del Inca --> CD Pomasqui

- Depart de las Orquideas toward Calle de los Guayacanes
- Turn right onto Calle de los Guayacanes
- Turn left onto Avigiras
- Turn right onto Avenida Eloy Alfaro
- Take ramp left for Avenida Diego Vasquez de Cepeda
- Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
- At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
- Road name changes to Cordova Galarza Manuel
- Road name changes to Manuel Cordova Galarza

RUMIPAMBA - SAN JUAN



Direcciones Conductor

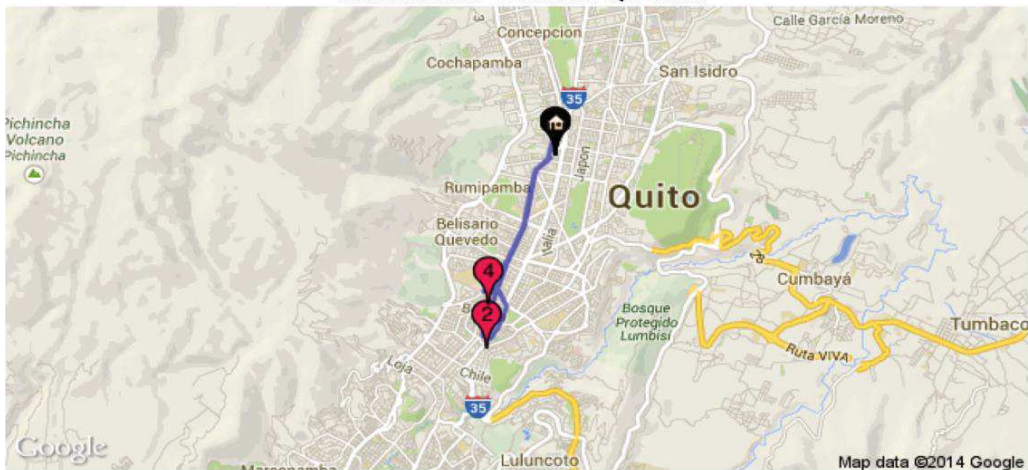
CD Rumipamba --> Colegio Mejía-San Juan

- Depart Brasil toward Agustín Azkunaga
- Keep straight onto Avenida América
- Keep straight onto Perez Guerrero
- Bear right onto Avenida 10 de Agosto
- Turn right onto Antonio Ante

Colegio Mejía-San Juan --> CD Rumipamba

- Depart Avenida América toward Juan Pablo Arenas
- Turn left onto Antonio Granda Centeno
- Turn right onto Brasil
- Turn left onto Charles Darwin

RUMIPAMBA - BELISARIO QUEVEDO



Direcciones Conductor

CD Rumipamba --> Estadio Universitario-Belisario Quevedo

Depart Brasil toward Agustín Azkunaga

Keep straight onto Avenida América

Bear right onto Universitaria

Estadio Universitario-Belisario Quevedo --> CD Rumipamba

Depart Universitaria toward Bolivia

Bear right onto Marquez de Varela

Turn left onto Avenida América

Turn left onto Antonio Granda Centeno

Turn right onto Brasil

Turn left onto Charles Darwin



Direcciones Conductor

CD Rumipamba --> Colegio Manuela Cañizares-Mariscal Sucre

- Depart Brasil toward Agustín Azkunaga
- Keep straight onto Avenida América
- Make a U-turn at Alonso de Mercadillo
- Turn right onto Avenida Cristobal Colón
- Turn right onto Avenida 6 de Diciembre
- Turn left onto Lizardo García

Colegio Manuela Cañizares-Mariscal Sucre --> CD Rumipamba

- Depart Avenida 6 de Diciembre toward Baquerizo Moreno
- Make a U-turn at Luis Cordero
- Turn right onto Patria
- Road name changes to Perez Guerrero
- Keep straight onto Avenida 10 de Agosto
- Keep straight onto Perez Guerrero
- Keep left onto Avenida América
- Turn left onto Antonio Granda Centeno
- Turn right onto Brasil
- Turn left onto Charles Darwin



Direcciones Conductor

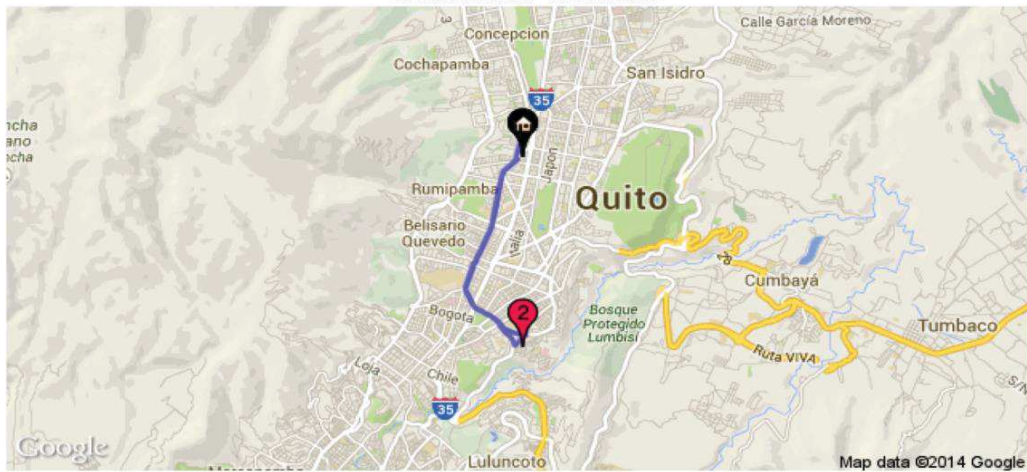
CD Rumipamba --> Parque Bicentenario-Concepción

- Depart Charles Darwin toward Brasil
- Turn left onto Brasil
- Turn right onto Edmundo Carvajal
- Turn left onto Avenida de la Prensa
- Turn right onto Río Topo, and then immediately turn left onto Avenida Amazonas

Parque Bicentenario-Concepción --> CD Rumipamba

- Depart Avenida Amazonas toward Avenida de la Prensa
- Turn back on Avenida de la Prensa
- Turn right onto Edmundo Carvajal
- Turn left onto Brasil

RUMIPAMBA - ITCHIMBÍA



Direcciones Conductor

CD Rumipamba --> Coliseo General Rimiñahui-Itchimbia

- Depart Brasil toward Agustín Azkunaga
- Keep straight onto Avenida América
- Keep straight onto Perez Guerrero
- Keep left onto Avenida 10 de Agosto
- Keep straight onto Patria
- Keep straight onto Queseras del Medio
- Turn left onto Avenida Oriental
- At roundabout, take 3rd exit onto Diego Ladron de Guevara

Coliseo General Rimiñahui-Itchimbia --> CD Rumipamba

- Depart Diego Ladron de Guevara toward Ladron de Guevara Diego
- Bear right onto Ladron de Guevara Diego
- Road name changes to Diego Ladron de Guevara
- Keep straight onto Patria
- Road name changes to Perez Guerrero
- Keep straight onto Avenida 10 de Agosto
- Keep straight onto Perez Guerrero
- Keep left onto Avenida América
- Turn left onto Antonio Granda Centeno
- Turn right onto Brasil
- Turn left onto Charles Darwin

Direcciones Conductor

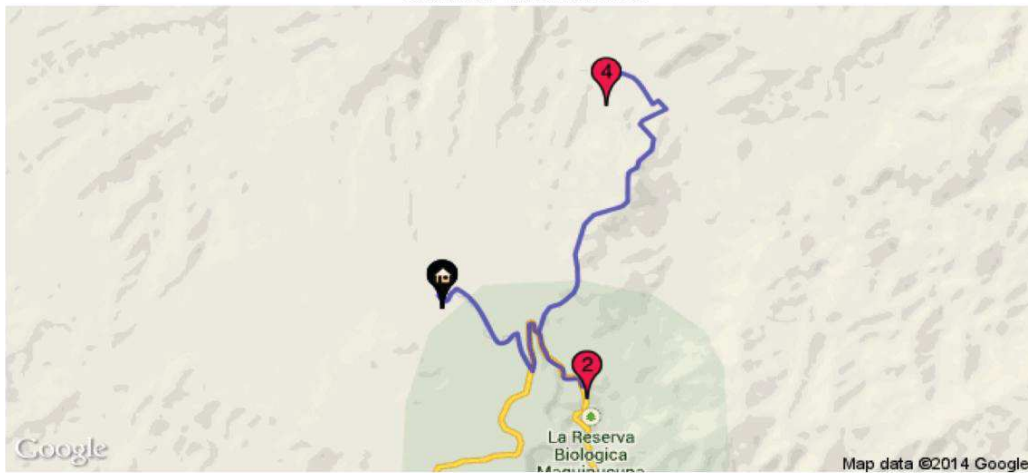
CD Rumipamba --> Colegio Intisana-Cochapamba

- Depart Charles Darwin toward Brasil
- Turn left onto Brasil
- Turn left onto Edmundo Carvajal
- At roundabout, take 1st exit onto Alonso de Torres
- Turn left onto Al Parque / Calle El Parque
- Turn right onto O 8
- Turn right onto San Francisco de la Pita
- Turn left onto José María Raygada
- Turn right to stay on José María Raygada

Colegio Intisana-Cochapamba --> CD Rumipamba

- Depart Avenida José Antonio de Sucre toward Alonso de Torres
- Turn right onto Alonso de Torres
- Turn left to stay on Alonso de Torres
- At roundabout, take 2nd exit onto Edmundo Carvajal
- Turn right onto Brasil

GALEA - NANEGALITO



Direcciones Conductor

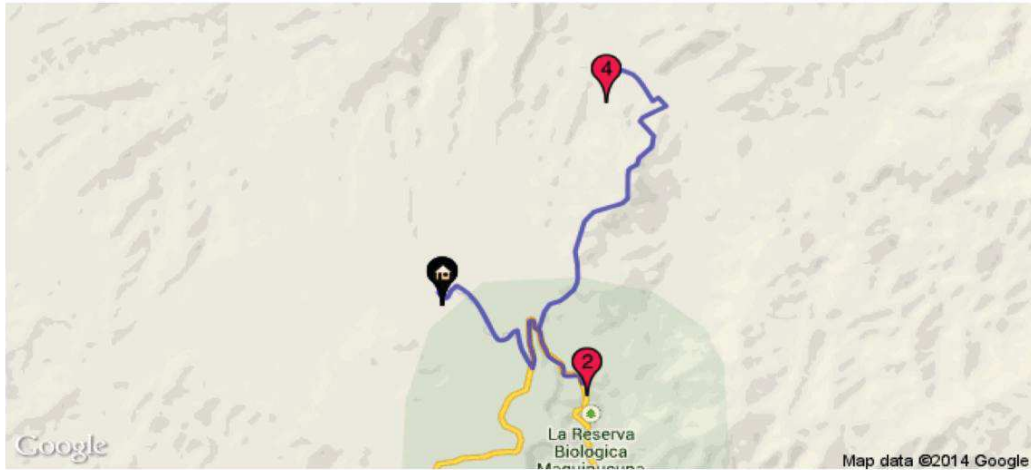
CD Gualea --> Coliseo Parroquial Nanegalito

- Depart Ruta Santa Elena
- Keep straight onto road
- Turn right onto road
- Turn right toward E28 / Vía Los Bancos
- Turn left onto E28 / Vía Los Bancos

Coliseo Parroquial Nanegalito --> CD Gualea

- Depart E28 / Vía Los Bancos toward Ruta San Francisco
- Turn right onto road
- Turn left onto road
- Turn left toward Ruta Santa Elena
- Bear left onto Ruta Santa Elena

GUALEA - NANEGAL



Direcciones Conductor

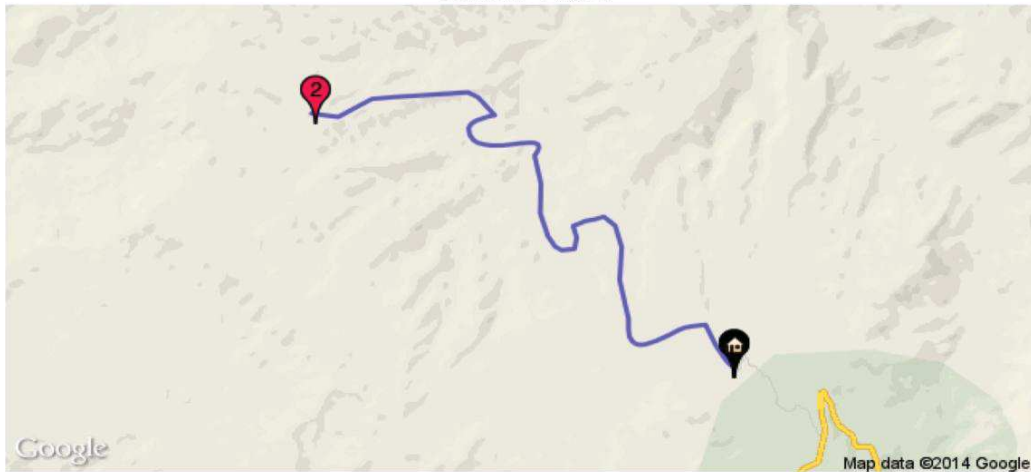
CD Gualea --> Coliseo de Nanegal

- Depart Ruta Santa Elena
- Keep straight onto road
- Turn right onto road
- Turn right toward E28 / Vía Los Bancos
- Turn left onto E28 / Vía Los Bancos
- Turn left onto Ruta San Francisco
- Keep left to stay on Ruta San Francisco
- Bear right onto road
- Turn left onto road
- Turn left onto road

Coliseo de Nanegal --> CD Gualea

- Depart toward Ruta Palupe
- Turn right toward Ruta San Francisco
- Bear left onto Ruta San Francisco
- Turn right onto E28 / Vía Los Bancos
- Turn right onto road
- Turn left onto road
- Turn left toward Ruta Santa Elena
- Bear left onto Ruta Santa Elena

GUALEA - PACTO



Direcciones Conductor

CD Gualea --> Estadio de Pacto

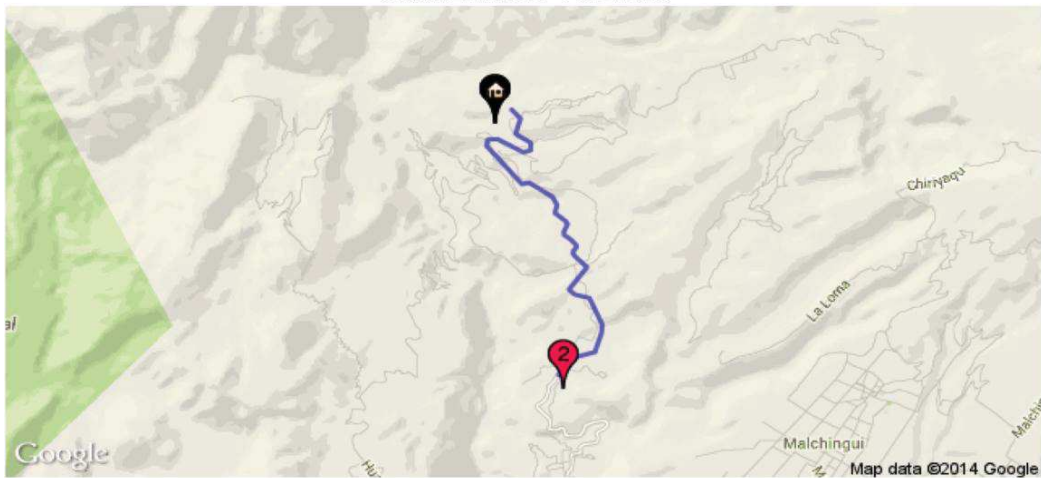
- Depart Ruta Santa Elena toward Ruta Santa Martha
- Turn left to stay on Ruta Santa Elena
- Road name changes to Ruta Gualea
- Road name changes to Ruta Pacto
- Turn left onto Ruta La Delicia

Estadio de Pacto --> CD Gualea

- Depart Ruta La Delicia toward Ruta Pacto
- Turn right onto Ruta Pacto
- Road name changes to Ruta Gualea
- Road name changes to Ruta Santa Elena
- Turn right to stay on Ruta Santa Elena

CD Chavezpamba

CHAVEZPAMBA - PUÉLLARO



Direcciones Conductor

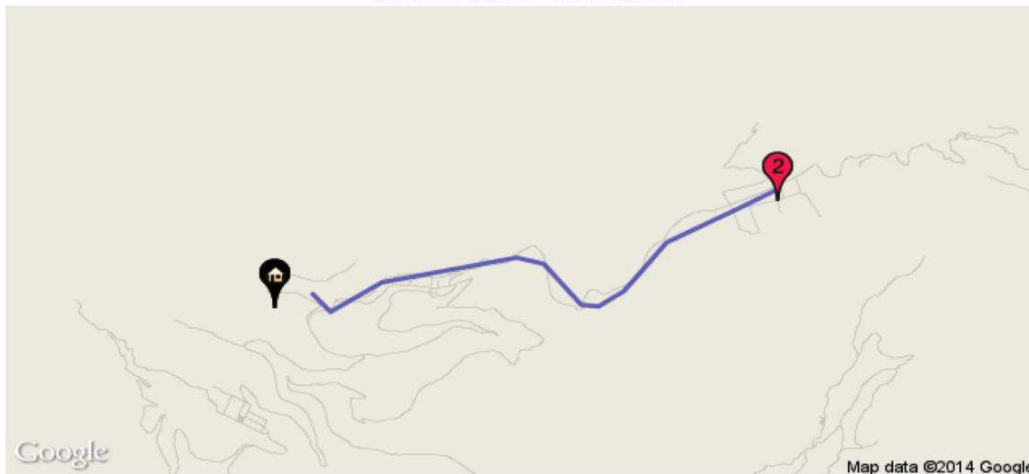
CD Chavezpamba --> Estadio de Puéllaro

Depart toward Vía Perucho
Turn right onto Vía Perucho
Turn left onto road
Keep right onto road
Turn left toward Mogotilla Pinguilla
Turn right onto Mogotilla Pinguilla
Road name changes to Vía Pillaro Mogotilla
Road name changes to Ruta Puellaro

Estadio de Puéllaro --> CD Chavezpamba

Depart Ruta Puellaro toward Vía Pillaro Mogotilla
Bear right onto Vía Pillaro Mogotilla
Road name changes to Mogotilla Pinguilla
Turn left onto road
Turn right toward Vía Perucho
Turn right onto Vía Perucho
Turn left onto road

CHAVEZPAMBA - ATAHUALPA



Direcciones Conductor

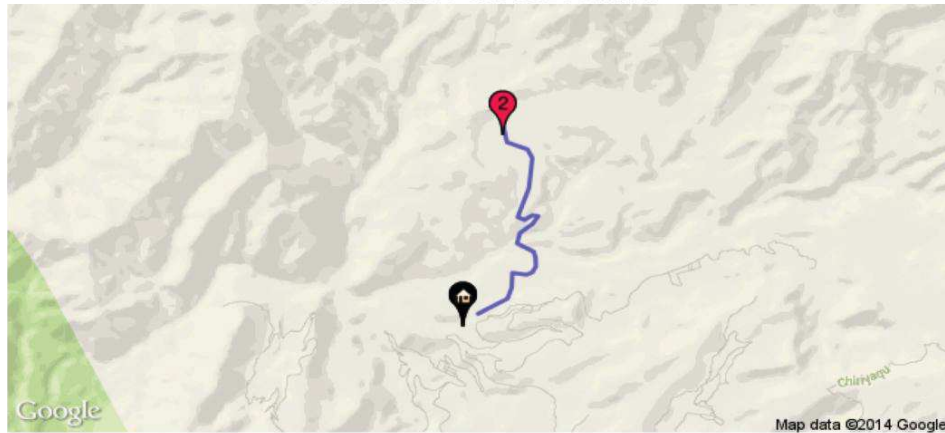
CD Chavezpamba --> Estadio Humberto Cárdenas-Atahualpa

Depart toward Ruta Chavezpamba
Turn left onto Ruta Chavezpamba
Road name changes to Ruta Atahualpa

Estadio Humberto Cárdenas-Atahualpa --> CD Chavezpamba

Depart Ruta Atahualpa toward Ruta Chavezpamba
Keep straight onto Ruta Chavezpamba
Turn right onto road

CHAVEZPAMBA - SAN JOSÉ DE MINAS



Direcciones Conductor

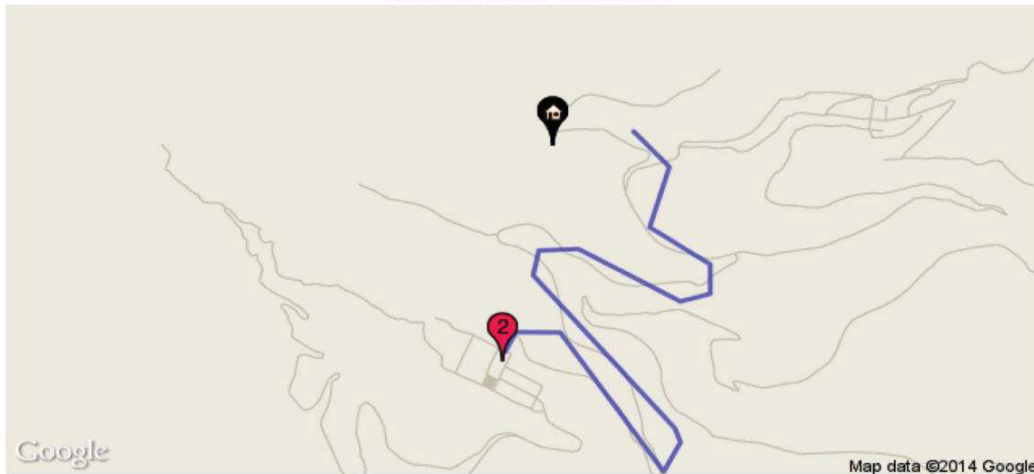
CD Chavezpamba --> Plaza Central-S. José de Minas

- Depart toward Ruta Piganta
- Turn right onto road
- Turn right onto Ruta Chirimoyo

Plaza Central-S. José de Minas --> CD Chavezpamba

- Depart Ruta Chirimoyo toward Ruta Cubi
- Turn left onto road
- Turn left onto road

CHAVEZPAMBA - PERUCHO



Direcciones Conductor

CD Chavezpamba --> Estadio Perucho

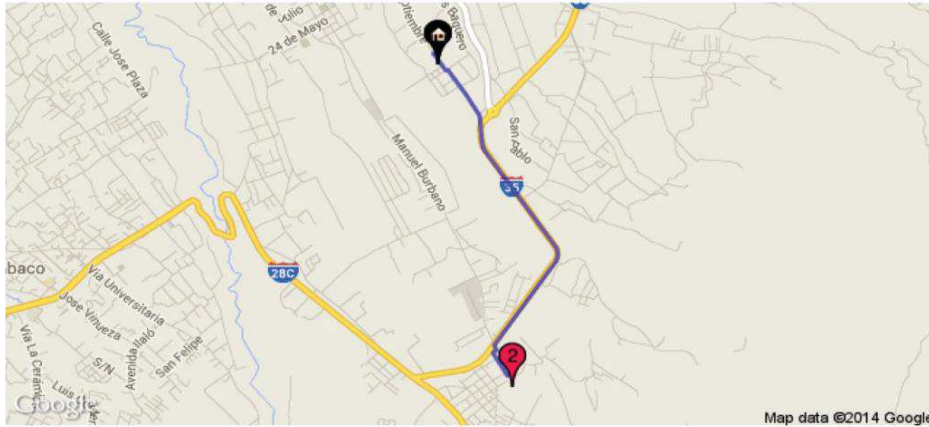
- Depart toward Vía Perucho
- Turn right onto Vía Perucho

Estadio Perucho --> CD Chavezpamba

- Depart Vía Perucho toward Ruta Chavezpamba
- Turn left onto road

CD Tababela

TABABELA - PIFO



Direcciones Conductor

CD Tababela --> Coliseo de la Liga Parroquial-Pifo

Depart 24 de Septiembre toward Alfonso Tobar

Bear left onto 29 de Abril, and then immediately turn right onto 24 de Septiembre

Keep straight onto E35

Turn left onto Ignacio Fernandez

Coliseo de la Liga Parroquial-Pifo --> CD Tababela

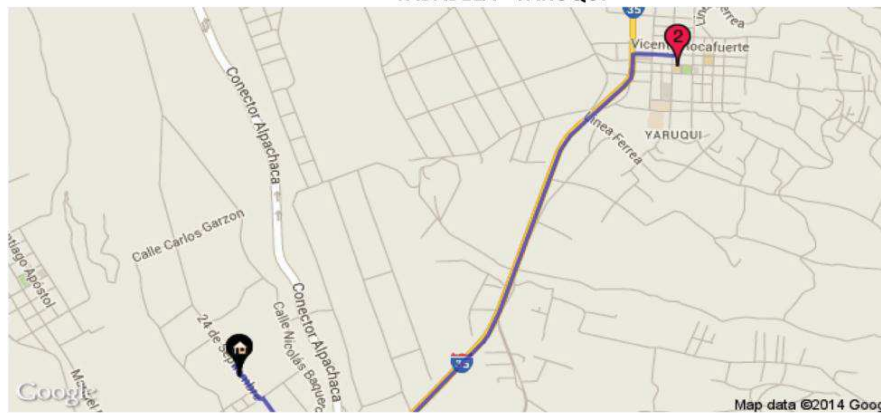
Depart Ignacio Fernandez toward Alfredo Gangotena

Turn right onto E35

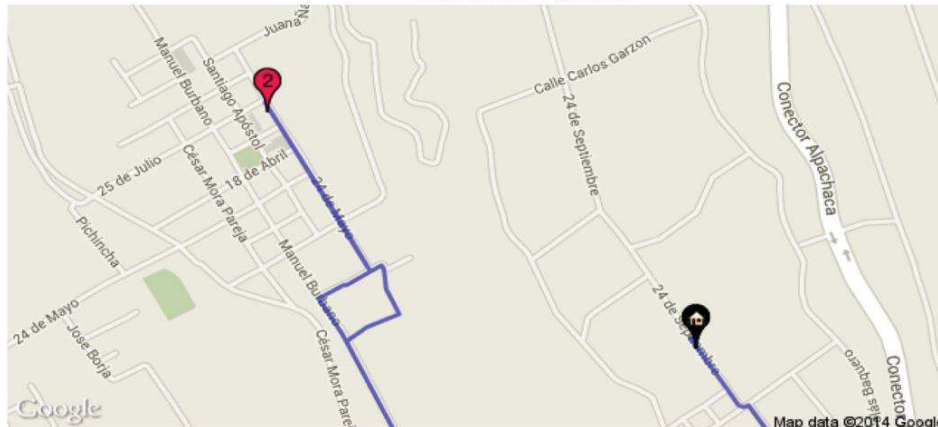
Keep left onto 24 de Septiembre

Turn left onto 29 de Abril, and then immediately bear right onto 24 de Septiembre

TABABELA - YARUQUÍ



TABABELA - PUEMBO



Direcciones Conductor

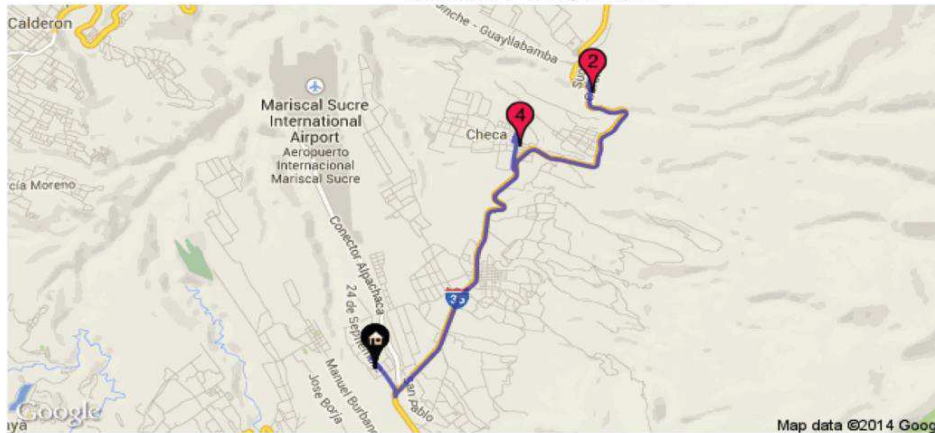
CD Tababela --> Coliseo Municipal de Puembo

- Depart 24 de Septiembre toward Alfonso Tobar
- Bear left onto 29 de Abril, and then immediately turn right onto 24 de Septiembre
- Keep straight onto E35
- Bear right toward Ruta Puembo
- Turn right onto Ruta Puembo
- Turn right toward Carlos Andrade
- Turn right onto Carlos Andrade

Coliseo Municipal de Puembo --> CD Tababela

- Depart Carlos Andrade toward Joaquín Sánchez
- Turn right, and then immediately turn left onto Ruta Puembo
- Turn left onto road
- Keep right toward E35
- Bear left onto E35
- Keep left onto 24 de Septiembre
- Turn left onto 29 de Abril, and then immediately bear right onto 24 de Septiembre

TABABELA - EL QUINCHE



Direcciones Conductor

CD Tababela --> Coliseo Germán Medrano Vaca-El Quinche

Depart 24 de Septiembre toward Alfonso Tobar

Bear left onto 29 de Abril, and then immediately turn right onto 24 de Septiembre

Turn back on E35

Turn right onto José Joaquín de Olmedo

Coliseo Germán Medrano Vaca-El Quinche --> CD Tababela

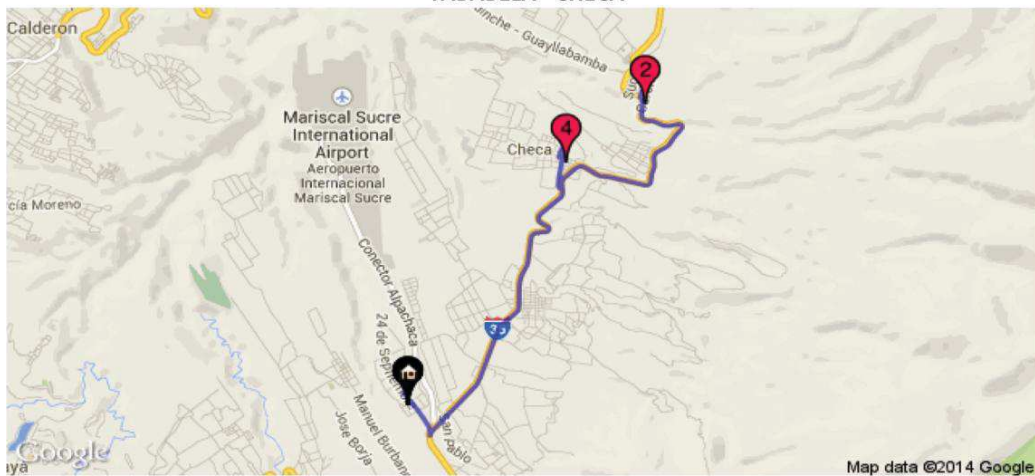
Depart José Joaquín de Olmedo toward Manabí

Turn left onto E35

Turn back on 24 de Septiembre

Turn left onto 29 de Abril, and then immediately bear right onto 24 de Septiembre

TABABELA - CHECA



Direcciones Conductor

CD Tababela --> Complejo Deportivo Luis Fonseca-Checa

Depart 24 de Septiembre toward Alfonso Tobar

Bear left onto 29 de Abril, and then immediately turn right onto 24 de Septiembre

Turn back on E35

Turn left toward Quito

Turn left onto Quito

Turn right onto road

Complejo Deportivo Luis Fonseca-Checa --> CD Tababela

Depart toward E35

Bear right onto E35

Turn back on 24 de Septiembre

Turn left onto 29 de Abril, and then immediately bear right onto 24 de Septiembre

CD Tumbaco

TUMBACO - LA MERCED



Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Liga Barrial Floresta-La Merced

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto Villa Vega / Velasco Ibarra
- Road name changes to Universitaria
- Keep straight onto road
- Bear left onto Ruta Alangasi
- Turn left onto road
- Turn left onto road
- Turn right onto road

Liga Barrial Floresta-La Merced --> CD Tumbaco

- Depart (southwest)
- Turn left onto road
- Turn right toward Ruta Alangasi
- Turn right onto Ruta Alangasi
- Bear right onto road
- Keep straight onto Universitaria
- Road name changes to Villa Vega / Velasco Ibarra
- Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto La Cerámica

TUMBACO - ALANGASÍ

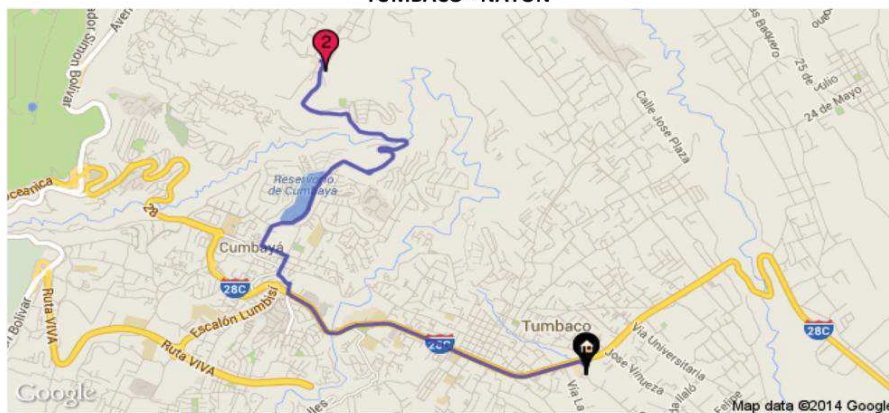


Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Complejo Deportivo de Alangasí
Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Villa Vega / Velasco Ibarra
Road name changes to Universitaria
Keep straight onto road
Bear left onto Ruta Alangasi

Complejo Deportivo de Alangasí --> CD Tumbaco
Depart Ruta Alangasi
Bear right onto road
Keep straight onto Universitaria
Road name changes to Villa Vega / Velasco Ibarra
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn left onto La Cerámica

TUMBACO - NAYÓN



Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Coliseo de Nayón

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto road
- Turn right onto road
- Turn left toward Juan Montalvo
- Keep straight onto Juan Montalvo
- Turn left onto Avenida Francisco de Orellana
- Turn right onto 9K / Chimborazo de Cumbaya
- Keep right onto road
- Keep right onto road
- Keep right onto road
- Turn left onto road

Coliseo de Nayón --> CD Tumbaco

- Depart (southeast)
- Keep left onto road
- Keep right toward 9K / Chimborazo de Cumbaya
- Bear right onto 9K / Chimborazo de Cumbaya
- Turn left onto Avenida Francisco de Orellana
- Turn right onto Juan Montalvo
- Keep straight onto road
- Turn right onto road
- Turn left, and then immediately turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto La Cerámica

TUMBACO - GUANGOPOLO



Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Estadio de la Liga Barrial-Guangopolo

Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c

Turn left onto E28 / Interoceanica E28c

Turn left toward Intervalles

Keep straight onto Intervalles

Bear right onto Quito

Turn left onto Atahualpa

Keep straight onto road

Estadio de la Liga Barrial-Guangopolo --> CD Tumbaco

Depart toward Atahualpa

Turn right, and then immediately turn right onto Quito

Bear left onto Intervalles

Turn right onto road

Turn right toward Calle 8

Keep straight onto Calle 8

Turn right onto E28 / Interoceanica E28c

Turn right onto La Cerámica

TUMBACO - CUMBAYÁ



Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Estadio Francisco Reinoso-Cumbayá

Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c

Turn left onto E28 / Interoceanica E28c

Turn right onto road

Turn right onto road

Turn left toward Juan Montalvo

Keep straight onto Juan Montalvo

Estadio Francisco Reinoso-Cumbayá --> CD Tumbaco

Depart Juan Montalvo toward Avenida Francisco de Orellana

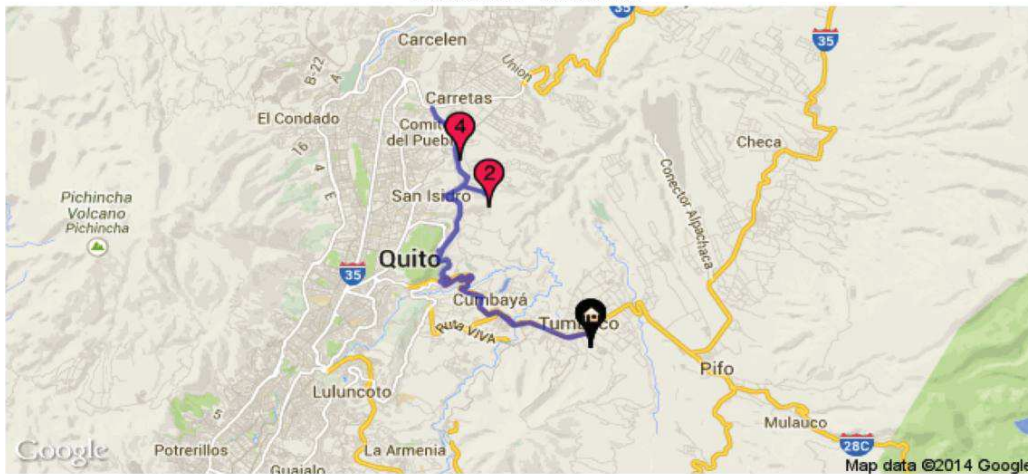
Keep straight onto road

Turn right onto road

Turn left, and then immediately turn left onto E28 / Interoceanica E28c

Turn right onto La Cerámica

TUMBACO - ZÁMBIZA



Direcciones Conductor

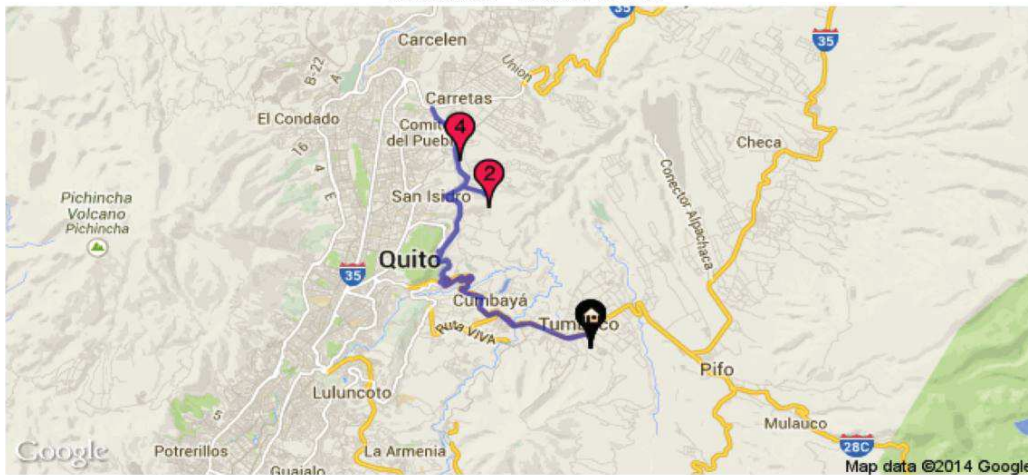
CD Tumbaco --> Estadio de la Parroquia-Zámbiza

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
- Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
- Keep straight onto Simon Bolívar
- Take ramp right for Simon Bolívar
- At roundabout, take 1st exit
- Turn right onto Riobamba
- Turn right onto Babahoyo
- Turn left onto road

Estadio de la Parroquia-Zámbiza --> CD Tumbaco

- Depart toward Babahoyo
- Turn right onto Babahoyo
- Turn left onto Riobamba
- Turn right onto Simon Bolívar
- Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar

TUMBACO - LLANO CHICO



Direcciones Conductor

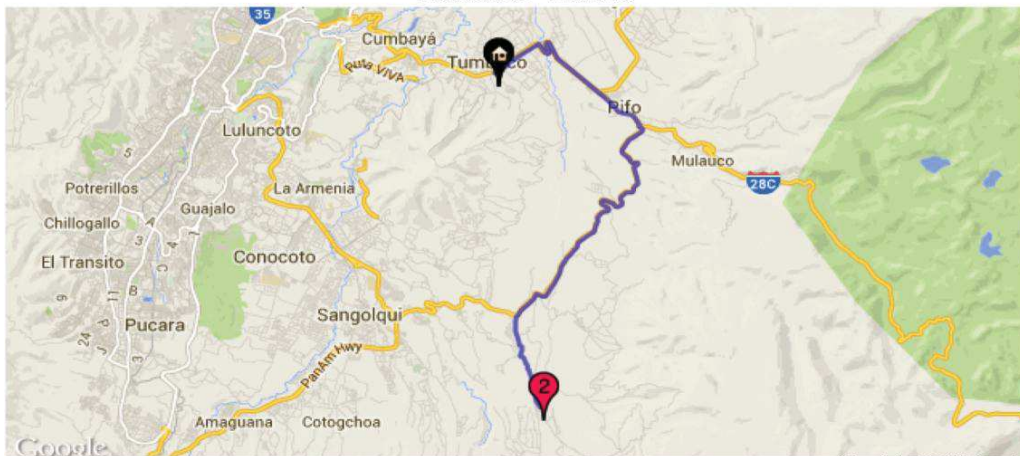
CD Tumbaco --> Estadio Llano Chico

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
- Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
- Keep straight onto Simon Bolívar
- Take ramp right for Simon Bolívar
- Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
- Road name changes to Simon Bolívar Libertador
- Road name changes to Simon Bolívar
- Make a U-turn at Panamericana Norte E28b
- Road name changes to Simon Bolívar Libertador
- Road name changes to Simon Bolívar

Estadio Llano Chico --> CD Tumbaco

- Depart Simon Bolívar toward Riobamba
- Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
- Take ramp left for Simon Bolívar
- Take ramp right
- Bear right onto E28 / Interoceanica E28
- Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto La Cerámica

TUMBACO - PINTAG



Direcciones Conductor

CD Tumbaco --> Estadio de la Liga Barrial-Pintag

Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c

Turn right onto E28 / Interoceanica E28c

Keep straight onto E35 / Interoceanica E28

Turn right to stay on E35

Turn left onto Ruta Pintag

Turn left onto Ruta Rafael Delgado

Estadio de la Liga Barrial-Pintag --> CD Tumbaco

Depart Ruta Rafael Delgado toward Ruta Pintag

Turn right onto Ruta Pintag

Turn right onto E35

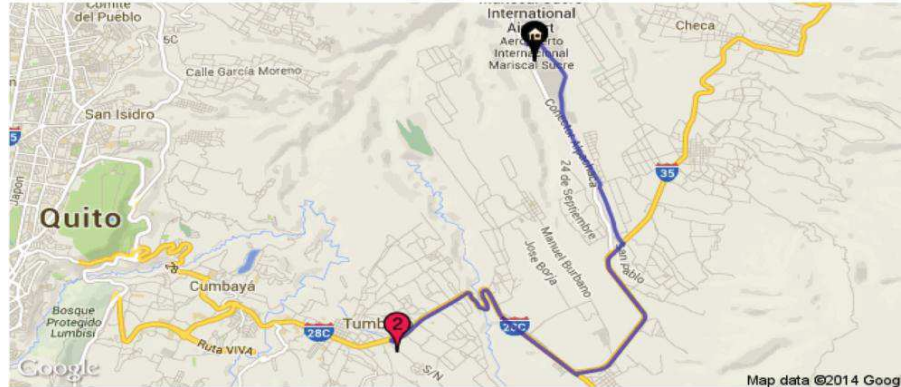
Turn left to stay on E35 / Interoceanica E28

Keep straight onto E28 / Interoceanica E28c

Turn left onto La Cerámica

Aeropuerto Mariscal Sucre

AEROPUERTO MS - CD TUMBACO



Direcciones Conductor

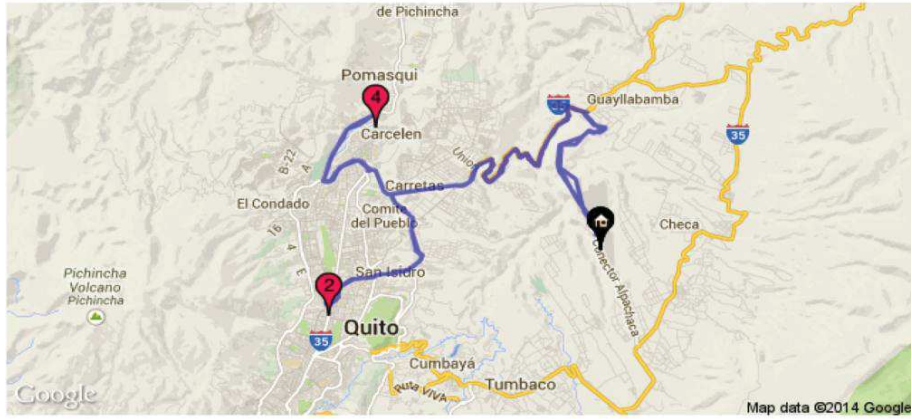
Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Tumbaco

- Depart (northeast)
- Turn right toward Calle 10
- Keep straight onto Calle 10
- Bear right, and then bear left onto Calle B
- Turn right onto E35
- Bear right onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto La Cerámica

CD Tumbaco --> Aeropuerto Mariscal Sucre

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto E28 / Interoceanica E28c
- Keep straight onto E35 / Interoceanica E28
- Turn left to stay on E35
- Turn left onto Calle B
- Bear right, and then bear left onto Calle 10
- Keep straight onto road
- Turn left onto road
- Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD RUMIPAMBA



Direcciones Conductor

Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Rumipamba

Depart (northeast)
Turn left toward Esperanza
Turn left onto Esperanza
Turn left onto Rumichupa
Turn right toward E28B
Turn back on E28B
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Turn left onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
At roundabout, take 1st exit
At roundabout, take 1st exit onto 2 de Agosto
Keep straight onto Las Palmeras
At roundabout, take 2nd exit
Keep right onto Avenida El Inca
Turn left onto Avenida Amazonas
Bear right onto Juan de Ascaray
Turn right onto Avenida 10 de Agosto
Bear right onto Avenida América
Turn right onto Voz Andes, and then immediately turn left onto Francisco Caicedo
Turn right onto Brasil, and then immediately turn left onto Charles Darwin

CD Rumipamba --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart Charles Darwin toward Brasil
Turn left onto Brasil
Turn right onto Juan Galarza
Turn right onto Avenida de la Prensa
Make a U-turn at José Falcón
Turn right onto Avenida El Inca
Road name changes to Prolongación El Inca
Keep straight onto Avenida El Inca
Keep straight onto Las Palmeras
At roundabout, take 2nd exit
Road name changes to 2 de Agosto
At roundabout, take 2nd exit onto Simon Bolívar
At roundabout, take 2nd exit
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Turn right onto Panamericana Norte E28b
Keep straight onto E28B
Turn back on road
Turn left onto Rumichupa
Turn right onto Esperanza
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD POMASQUI



Direcciones Conductor

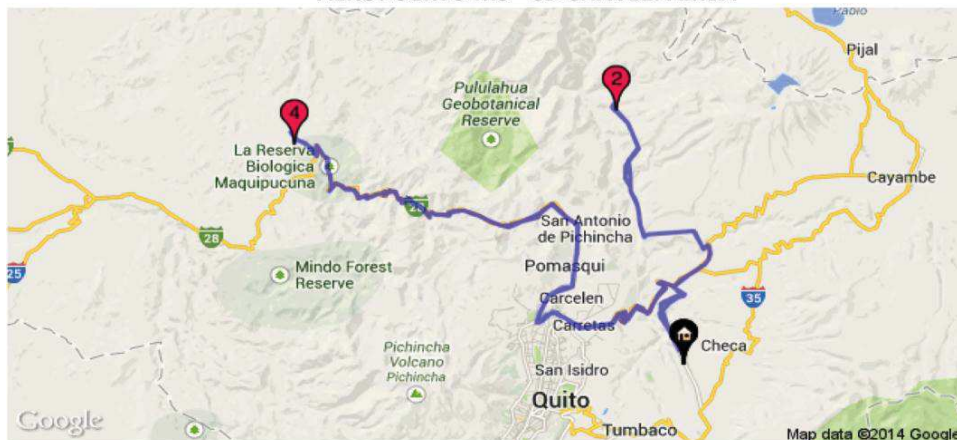
Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Pomasqui

Depart (northeast)
Turn left toward Esperanza
Turn left onto Esperanza
Turn left onto Rumichupa
Turn right toward E28B
Turn back on E28B
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

CD Pomasqui --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Keep straight onto E28B
Turn back on road
Turn left onto Rumichupa
Turn right onto Esperanza
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD CHAVEZPAMBA



Direcciones Conductor

Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Chavezpamba

Depart (northeast)
Turn left toward Esperanza
Turn left onto Esperanza
Turn left onto Rumichupa
Turn right toward E28B
Keep straight onto E28B
Turn left onto road
Keep straight onto Ruta Alchipichi
Turn left onto Ruta Puellaro
Turn left to stay on Ruta Puellaro
Bear right onto Vía Pillaro Mogotilla
Road name changes to Mogotilla Pinguilla
Turn left onto road
Turn right toward Vía Perucho
Turn right onto Vía Perucho
Turn left onto road

CD Chavezpamba --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart toward Vía Perucho
Turn right onto Vía Perucho
Turn left onto road
Keep right onto road
Turn left toward Mogotilla Pinguilla
Turn right onto Mogotilla Pinguilla
Road name changes to Vía Pillaro Mogotilla
Road name changes to Ruta Puellaro
Turn right to stay on Ruta Puellaro
Turn right onto Ruta Alchipichi
Keep straight onto road
Keep left onto road
Turn right onto E28B
Keep left toward Rumichupa
Turn left onto Rumichupa
Turn right onto Esperanza
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD GUALEA



Direcciones Conductor

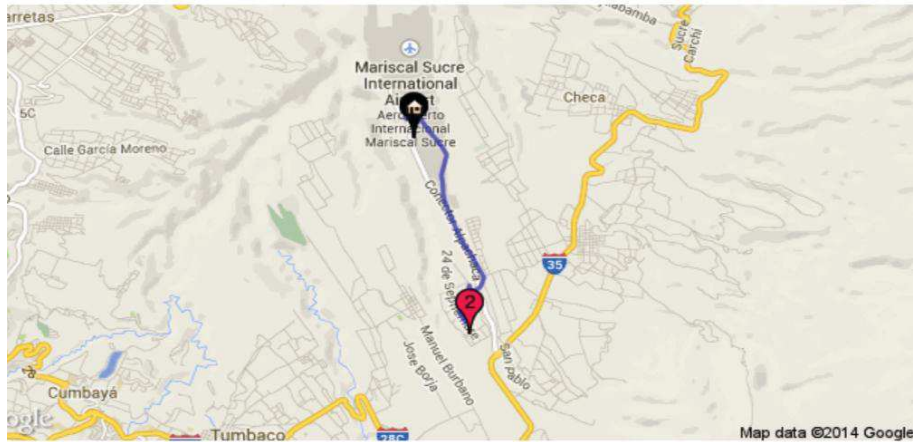
Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Gualea

Depart (northeast)
Turn left toward Esperanza
Turn left onto Esperanza
Turn left onto Rumichupa
Turn right toward E28B
Turn back on E28B
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Road name changes to E28 / Cordova Galarza Manuel
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Keep straight onto E28 / Vía Los Bancos
Bear right onto E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Turn right onto road
Turn left onto road
Turn left toward Ruta Santa Elena
Bear left onto Ruta Santa Elena

CD Gualea --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart Ruta Santa Elena
Keep straight onto road
Turn right onto road
Turn right toward E28 / Vía Los Bancos
Turn left onto E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Bear left onto E28 / Vía Los Bancos
Keep straight onto E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Keep straight onto E28B
Turn back on road
Turn left onto Rumichupa
Turn right onto Esperanza
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn right onto road
Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD TABABELA



Direcciones Conductor

Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Tababela

- Depart (northeast)
- Turn right toward Calle 10
- Keep straight onto Calle 10
- Bear right toward Nicolás Baquero
- Turn left onto Nicolás Baquero
- Turn right onto 1 de Mayo
- Turn left onto 24 de Septiembre

CD Tababela --> Aeropuerto Mariscal Sucre

- Depart 24 de Septiembre toward 1 de Noviembre
- Turn right onto 1 de Mayo
- Turn left onto Nicolás Baquero
- Turn right toward Calle 10
- Bear left onto Calle 10
- Keep straight onto road
- Turn left onto road
- Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD LA FERROVIARIA



Direcciones Conductor

Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD La Ferroviaria

Depart (northeast)
Turn right toward Calle 10
Keep straight onto Calle 10
Bear right, and then bear left onto Calle B
Turn right onto E35
Bear right onto E28 / Interoceanica E28c
Turn left onto Los Eucaliptos
Turn right onto Los Pinos, and then immediately turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Loma
Road name changes to 24 de Junio
Turn left onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Keep straight onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Turn right onto Juan Bautista Aguirre
Bear left onto Juan José Guerrero
Road name changes to Juan Bautista Aguirre
Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
Road name changes to Ana Paredes
Turn left onto Francisco Cobo
Bear right onto Gualberto Pérez
Road name changes to Juan Cueva
Turn left onto Hermandad Ferroviaria
Turn right onto Luis Chiriboga
Road name changes to Aloag / Chiriboga Luis
Turn left onto José Ugalde

CD La Ferroviaria --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart José María Ugalde toward Delfin Díaz
Turn left onto José Peralta
Turn right onto Cobo
Road name changes to Adriano Cobo
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
At roundabout, take 3rd exit
Keep right to stay on Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Alberto de Larrea
Bear left onto Velasco Ibarra
Bear right onto General Ruminahui / Autopista General Rumiñahui
Take ramp right for Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Turn right onto 24 de Junio
Road name changes to Loma
Turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Los Pinos, and then immediately turn left onto Los Eucaliptos
Bear right and then turn right onto E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto E35 / Interoceanica E28
Turn left to stay on E35
Turn left onto Calle B
Bear right, and then bear left onto Calle 10
Keep straight onto road
Turn left onto road
Turn left onto road

AEROPUERTO MS - CD GUAMANÍ



Direcciones Conductor

Aeropuerto Mariscal Sucre --> CD Guamaní

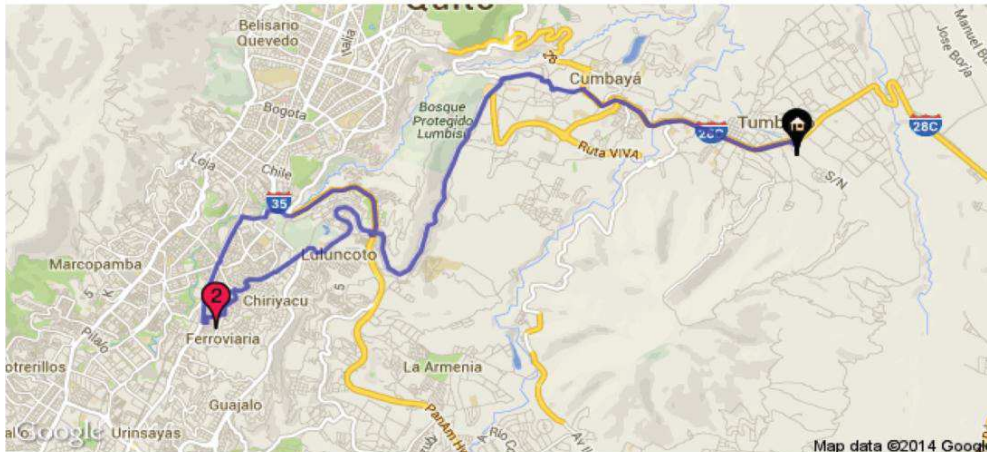
Depart (northeast)
Turn right toward Calle 10
Keep straight onto Calle 10
Bear right, and then bear left onto Calle B
Turn right onto E35
Bear right onto E28 / Interoceanica E28c
Turn left onto Los Eucaliptos
Turn right onto Los Pinos, and then immediately turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Loma
Road name changes to 24 de Junio
Turn left onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Keep straight onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Road name changes to Gonzalo Perez Bustamante
Keep straight onto Moran Valverde
Turn left onto Manglaralto
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn left onto S 58

CD Guamaní --> Aeropuerto Mariscal Sucre

Depart S 58 toward E 1B
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Gonzalo Pérez Bustamante, and then immediately turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Gonzalo Perez Bustamante
Bear left onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Keep left onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Turn right onto 24 de Junio
Road name changes to Loma
Turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Los Pinos, and then immediately turn left onto Los Eucaliptos
Bear right and then turn right onto E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto E35 / Interoceanica E28
Turn left to stay on E35
Turn left onto Calle B
Bear right, and then bear left onto Calle 10
Keep straight onto road
Turn left onto road
Turn left onto road

CELAH

CELAH - CD LA FERROVIARIA



Direcciones Conductor

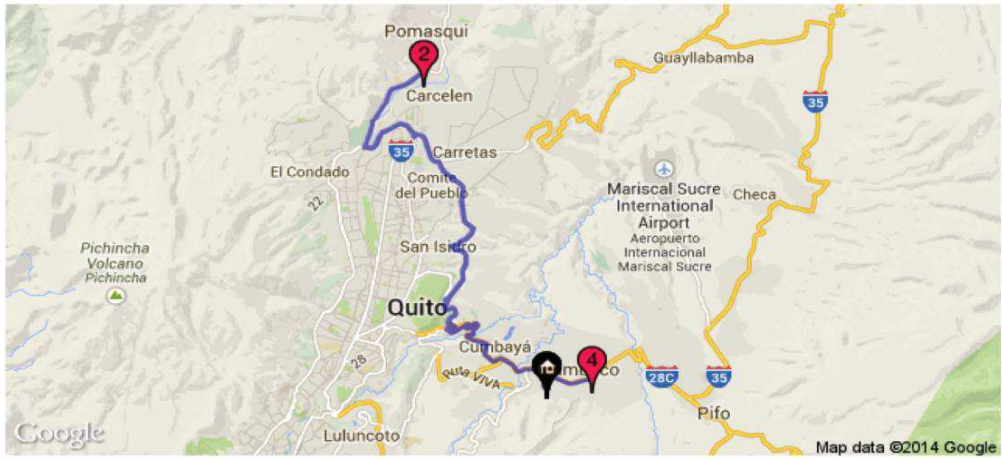
CELAH --> CD La Ferroviaria

- Depart toward Calle 8
- Keep straight onto Calle 8
- Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto Los Eucaliptos
- Turn right onto Los Pinos, and then immediately turn right onto Febres Cordero
- Turn left onto Loma
- Road name changes to 24 de Junio
- Turn left onto Simon Bolívar Libertador
- Road name changes to Simon Bolívar
- Keep straight onto Simon Bolívar Libertador
- Road name changes to Simon Bolívar
- Turn right onto Juan Bautista Aguirre
- Bear left onto Juan José Guerrero
- Road name changes to Juan Bautista Aguirre
- Road name changes to Ana Paredes de Alfaro
- Road name changes to Ana Paredes
- Turn left onto Francisco Cobo
- Bear right onto Gualberto Pérez
- Road name changes to Juan Cueva
- Turn left onto Hermandad Ferroviaria
- Keep right onto Ramón Campana
- Keep right onto Abelardo Andrade
- Turn right onto Pedro Baca / Shunk, and then immediately bear right onto Delfin Trevino

CD La Ferroviaria --> CELAH

- Depart Delfin Trevino toward Pedro Baca / Shunk
- Turn right onto José Peralta
- Turn left onto Cobo
- Road name changes to Adriano Cobo
- Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
- At roundabout, take 3rd exit
- Keep right to stay on Pedro Vicente Maldonado
- Turn right onto Alberto de Larrea
- Bear left onto Velasco Ibarra
- Bear right onto General Ruminahui / Autopista General Rumiñahui
- Take ramp right for Simon Bolívar
- Road name changes to Simon Bolívar Libertador
- Turn right onto 24 de Junio
- Road name changes to Loma
- Turn right onto Febres Cordero
- Turn left onto Los Pinos, and then immediately turn left onto Los Eucaliptos
- Bear right and then turn right onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn right onto Calle 8
- Keep straight onto road

CELAH - CD POMASQUI



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Pomasqui

Depart toward Calle 8
Keep straight onto Calle 8
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto Simon Bolívar
Take ramp right for Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Turn left onto Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza

CD Pomasqui --> CELAH

Depart Manuel Cordova Galarza toward El Vergel
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Turn right onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Take ramp left for Simon Bolívar
Take ramp right
Bear right onto E28 / Interoceanica E28
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Calle 8
Keep straight onto road

CELAH - CD TUMBACO



Direcciones Conductor

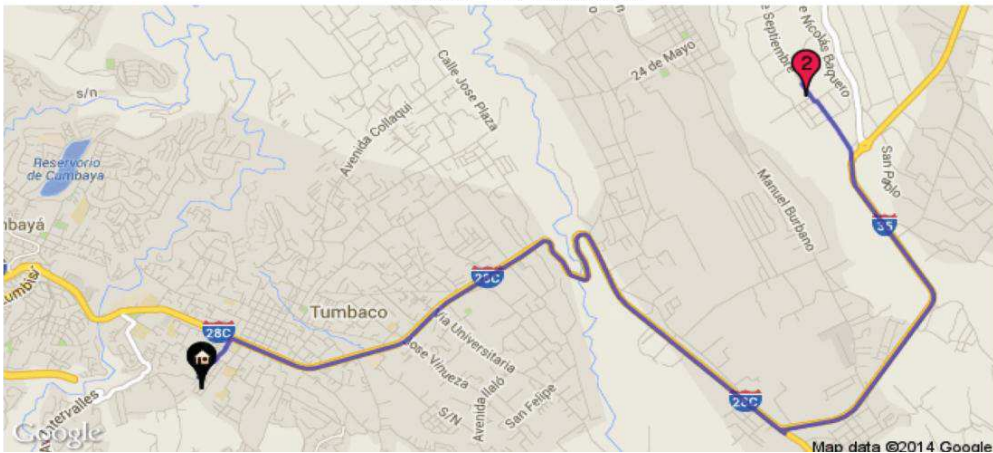
CELAH --> CD Tumbaco

- Depart toward Calle 8
- Keep straight onto Calle 8
- Turn right onto E28 / Interoceánica E28c
- Turn right onto La Cerámica

CD Tumbaco --> CELAH

- Depart La Cerámica toward E28 / Interoceánica E28c
- Turn left onto E28 / Interoceánica E28c
- Turn left onto Calle 8
- Keep straight onto road

CELAH - CD TABABELA



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Tababela

- Depart toward Calle 8
- Keep straight onto Calle 8
- Turn right onto E28 / Interoceanica E28c
- Keep straight onto E35 / Interoceanica E28
- Turn left to stay on E35
- Keep left onto 24 de Septiembre
- Turn left onto 29 de Abril, and then immediately bear right onto 24 de Septiembre

CD Tababela --> CELAH

- Depart 24 de Septiembre toward Alfonso Tobar
- Bear left onto 29 de Abril, and then immediately turn right onto 24 de Septiembre
- Keep straight onto E35
- Bear right onto E28 / Interoceanica E28c
- Turn left onto Calle 8
- Keep straight onto road

CELAH - CD RUMIPAMBA



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Rumipamba

Depart toward Calle 8
Keep straight onto Calle 8
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto Simon Bolívar
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida de los Granados
Turn left onto Avenida Eloy Alfaro
Bear right onto Gaspar de Villarroel
At roundabout, take 2nd exit
Road name changes to Avenida 10 de Agosto
Bear right onto Avenida América
Turn right onto Voz Andes
Turn left onto Bouguer
Turn right onto Brasil
Make a U-turn at Mariano Echeverria

CD Rumipamba --> CELAH

Depart Brasil toward Charles Darwin
Keep straight onto Avenida América
Take ramp right
At roundabout, take 4th exit onto Naciones Unidas
At roundabout, take 2nd exit
Road name changes to Avenida de los Shyris
Turn right to stay on Avenida de los Shyris
Bear right onto Avenida 6 de Diciembre
Keep right to stay on 4 / Avenida 6 de Diciembre
Road name changes to E28 / Interoceanica E28
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Calle 8
Keep straight onto road

CELAH - CD CHAVEZPAMBA



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Chavezpamba

Depart toward Calle 8
Keep straight onto Calle 8
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto Simon Bolívar
Take ramp right for Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Turn left onto Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Bear right onto 13 de Junio
Bear right onto Reino de Quito
Keep straight onto road
Bear left onto Ruta Tanlagua
Turn right onto road
Keep straight onto Vía Perucho
Turn left onto road

CD Chavezpamba --> CELAH

Depart toward Vía Perucho
Turn right onto Vía Perucho
Keep straight onto road
Turn left onto Ruta Tanlagua
Bear right onto road
Keep straight onto Reino de Quito
Bear left onto 13 de Junio
Turn right, and then immediately turn left onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Turn right onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Take ramp left for Simon Bolívar
Take ramp right
Bear right onto E28 / Interoceanica E28
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Calle 8
Keep straight onto road

CELAH - CD GUAMANÍ



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Guamaní

Depart toward Calle 8
Keep straight onto Calle 8
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn left onto Los Eucaliptos
Turn right onto Los Pinos, and then immediately turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Loma
Road name changes to 24 de Junio
Turn left onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Keep straight onto Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Road name changes to Gonzalo Perez Bustamante
Keep straight onto Moran Valverde
Turn left onto Manglaralto
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn left onto S 58

CD Guamaní --> CELAH

Depart S 58 toward Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Pedro Vicente Maldonado
Road name changes to Maldonado Pedro Vicente
Road name changes to Pedro Vicente Maldonado
Turn right onto Gonzalo Pérez Bustamante, and then immediately turn right onto Gonzalo Perez Bustamante
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Gonzalo Perez Bustamante
Bear left onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Keep left onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Turn right onto 24 de Junio
Road name changes to Loma
Turn right onto Febres Cordero
Turn left onto Los Pinos, and then immediately turn left onto Los Eucaliptos
Bear right and then turn right onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Calle 8
Keep straight onto road

CELAH - CD GUALEA



Direcciones Conductor

CELAH --> CD Gualea

Depart toward Calle 8
Keep straight onto Calle 8
Turn left onto E28 / Interoceanica E28c
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Keep straight onto Simon Bolívar
Take ramp right for Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Turn left onto Panamericana Norte E28b
Road name changes to Eloy Alfaro
Bear right onto Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana N
Road name changes to Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Keep straight onto Avenida José Antonio de Sucre
At roundabout, take 1st exit onto Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Road name changes to E28 / Cordova Galarza Manuel
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Keep straight onto E28 / Vía Los Bancos
Bear right onto E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Turn right onto road
Turn left onto road
Turn left toward Ruta Santa Elena
Bear left onto Ruta Santa Elena
Turn left to stay on Ruta Santa Elena
Road name changes to Ruta Gualea

CD Gualea --> CELAH

Depart Ruta Gualea toward Ruta Santa Elena
Road name changes to Ruta Santa Elena
Turn right to stay on Ruta Santa Elena
Keep straight onto road
Turn right onto road
Turn right toward E28 / Vía Los Bancos
Turn left onto E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Bear left onto E28 / Vía Los Bancos
Keep straight onto E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to E25 / Vía Los Bancos
Road name changes to E28 / Vía Los Bancos
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
Road name changes to Cordova Galarza Manuel
Road name changes to Manuel Cordova Galarza
At roundabout, take 3rd exit onto Avenida José Antonio de Sucre
Bear left onto Avenida Diego Vasquez de Cepeda
Take ramp left for Panamericana N
Road name changes to Panamericana Norte
Road name changes to Panamericana Norte E28b
Turn right onto Simon Bolívar
Road name changes to Simon Bolívar Libertador
Road name changes to Simon Bolívar
Pass through 2 roundabouts, remaining on Simon Bolívar
Take ramp left for Simon Bolívar
Take ramp right
Bear right onto E28 / Interoceanica E28
Turn right to stay on E28 / Interoceanica E28c
Turn right onto Calle 8
Keep straight onto road

ANEXO 4. Cotizaciones transporte

LOJA, 12 de Septiembre de 2014

Señor

PABLO CARRILLO CORONEL

C.I. 1105032831

Ciudad.

De mis consideraciones:

Me permito hacerle llegar el precio DIARIO DE ALQUILER de un cabezal con remolque propiedad de la compañía habilitado para el transporte de vituallas y alimentos en cualquier punto del país.

Este valor incluye todos los costos operativos (combustible, lubricantes, honorarios del conductor, etc.) con un vehículo de las siguientes características:

| | |
|---------------------|---------------|
| PLACA: | LAA1454 |
| MARCA: | KENWORTH |
| AÑO FABRICACION: | 2014 |
| CAPACIDAD DE CARGA: | 40 TON. |
| REMOLQUE: | TIPO CARAVANA |

El presente Equipo tiene un **costo por kilómetro recorrido de 1.39 (Un dólar con 39/100 dólares)** incluido el IVA. El presente costo no incluyen tasas ni aranceles correspondientes al producto transportado.

Atentamente,



Stalin Rey Quezada



GERENTE DICOSIL CIA. LTDA.

RUC. 1191721175001

