

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Propuesta de Optimización del despacho de las órdenes dentro de la Bodega Regional Quito y de la Ruta de Hoteles de la División Institucional de la empresa LEVAPAN del Ecuador**

**ANDRÉS ESTEBAN YÉPEZ TAMAYO**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, Septiembre 2012

## **RESUMEN**

El presente proyecto se realizará en la empresa LEVAPAN del Ecuador con dos objetivos primordiales: la optimización del proceso de despacho de las órdenes y la optimización de la ruta de hoteles de la división institucional de dicha empresa. Para la realización de la optimización del despacho de las órdenes, se efectuará un muestreo del trabajo en la bodega regional Quito, con la finalidad de entender primero, cual es el funcionamiento actual de dicha bodega y segundo encontrar falencias en este proceso y las causas raíces que las originan. Además con el muestreo se logrará identificar porcentajes de ocurrencias productivas, no productivas, de utilización y otra información útil que permitirá generar soluciones reales a la empresa, para mejorar el proceso de despacho de los productos y de esta manera tratar de brindar un mejor servicio a sus clientes. Para realizar la optimización de la ruta de hoteles, de la división institucional, primero se entenderá como está funcionando actualmente el proceso de transporte de productos a los diferentes clientes y posteriormente se utilizará el programa "Premium Solver Platform", el cual permite resolver problemas del tipo TSP ("Traveling Salesman Problem") que en su forma mas simple consisten: en un conjunto de clientes que deben ser abastecidos por un vehículo, visitando todos los clientes y una sola vez cada uno, para finalmente regresar al punto de partida; y así poder optimizar la ruta de transporte que garantice entregas oportunas a los diferentes clientes en el menor tiempo y recorrido posible. Finalmente con los resultados obtenidos después de haber realizado el proyecto, se presentarán las conclusiones y recomendaciones del mismo, con el afán de mejorar los sistemas actuales de despacho y transporte.

## ***ABSTRACT***

The present project is going to be developed in "LEVAPAN del Ecuador" enterprise with two essential objectives: the optimization of the orders dispatching and the optimization of the hotel route of the institutional division of this company. To carry out the optimization of the orders dispatching, it's going to be made a work sampling in Quito regional warehouse, with the purpose of understand first: how is working actually this warehouse and second: find faults in the process and locate the roots causes that generate it. Furthermore the sampling it's going to help to identify productive percentage of activities, of no productive activities as well as the utilization percentage and other useful information that would help to make real solution to the company for improve the dispatching product problem and with this trying to bring a better service to their customers. To carry the optimization of the hotel route, of the institutional division, first is going to be understood how is working actually this transport product process to their different customers and later is going to be used the Premium Solver Platform program, that permit solve this type of TSP (Traveling Salesman Problem) problems, that in their basic form consist in a set of customers that need to be supplied by a truck from a single depot that visit all of them just one time each and return to the origin started point; and with this, trying to improve the transport route that assures just in time delivery's to their different customers in a minimal time and distance. Finally with the results obtain after the project have been made, the conclusions and recommendations will be exposed, with the purpose of improve these dispatching and transporting actually systems.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación e importancia.....	3
1.3 Objetivos, Metas y Actividades.....	4
1.4 Metodología.....	6
1.4.1 Definir.....	7
1.4.2 Medir.....	8
1.4.3 Analizar.....	8
1.4.4 Propuesta de Mejora y Propuesta de Implementación.....	9
1.5 Revisión Literaria.....	9
2 MARCO TEORICO.....	13
2.1 Probabilidad y Estadística.....	13
2.1.1 Histogramas.....	13
2.1.2 Intervalo de confianza.....	13
2.1.3 Variables aleatorias.....	13
2.1.4 Variables aleatorias discretas.....	13
2.1.5 Distribución de probabilidad.....	13
2.1.6 Distribuciones discretas.....	13
2.1.6.1 Distribución Binomial.....	14
2.2 Gestión de la calidad por procesos.....	14
2.2.1 Proceso.....	14
2.2.2 Mapa de procesos.....	14
2.2.3 Procesos estratégicos.....	15
2.2.4 Procesos operativos.....	15
2.2.5 Procesos de soporte.....	15
2.2.6 Diagrama Nivel 1.....	15
2.2.7 Flujo-grama de procesos.....	15

## **TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACION)**

	<b>Pág.</b>
2.2.8 Diagrama de causa y efecto.....	16
2.3 Muestreo del trabajo.....	16
2.3.1 Teoría del muestreo de trabajo.....	16
2.3.2 Planeación del muestreo de trabajo.....	18
2.3.3 Límite de error.....	18
2.3.4 Determinación de una sola ocurrencia.....	18
2.3.5 Determinación de las observaciones.....	19
2.3.6 Determinación de la frecuencia de observación.....	19
2.3.7 Diseño de un formulario de muestreo de trabajo.....	19
2.3.8 Determinación de holguras.....	20
2.4 Transporte.....	20
2.4.1 Distribución.....	20
2.4.2 3PL (“Third Party Logistic”).....	20
2.4.3 Coordenadas Geográficas.....	20
2.4.4 Coordenadas UTM (“Universal Transverse Mercator” por sus siglas en inglés).....	21
2.5 Modelo Matemático de Transporte.....	22
2.5.1 Algoritmos exactos.....	24
2.5.2 Métodos Heurísticos.....	24
2.5.3 Selección del modelo de transporte.....	25
2.5.4 Método de resolución.....	27
3 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	32
3.1 Proceso de despacho de las órdenes.....	32
3.1.1 Entender el proceso actual.....	32
3.1.2 Mapa de procesos.....	34
3.1.3 Proceso de despacho; Diagrama de nivel 1.....	37
3.1.4 Flujograma del despacho de órdenes.....	39
3.1.5 Definición del problema.....	39

## **TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACION)**

	<b>Pág.</b>
3.1.6 Cobertura del problema.....	40
3.1.7 Identificación clientes y necesidades.....	40
3.1.7.1 Necesidades de los clientes.....	40
3.2 Proceso de actividades del personal.....	41
3.2.1 Lista de todo el personal involucrado en el proceso de despacho.....	41
3.2.2 Lista completa de actividades de los empleados de la bodega.....	41
3.2.3 Lista de todos los transportistas involucrados en el proceso.....	42
3.2.4 Lista de Clientes del proceso de despacho.....	43
3.3 Proceso de transporte.....	44
3.3.1 Entender el proceso de transporte actual.....	44
3.3.2 Análisis del proceso actual.....	45
3.3.2.1 Problemas del proceso de transporte.....	46
3.3.2.1.1 Definición del problema.....	47
3.3.2.2 Elección del modelo y de la ruta.....	47
3.3.3 Clientes del proceso de entrega de pedidos.....	48
4 MEDICION DEL PROBLEMA.....	50
4.1 Medición del proceso de despacho.....	50
4.1.1 Muestreo del trabajo.....	50
4.1.1.1 Determinación del nivel de confianza.....	50
4.1.1.2 Determinación de la probabilidad de una sola ocurrencia.....	50
4.1.1.3 Determinación del número de observaciones.....	51
4.1.1.4 Determinación del límite de error.....	51
4.1.1.5 Determinación de la frecuencia de observación.....	52
4.1.1.6 Formulario del trabajo.....	52
4.1.2 Análisis de las observaciones.....	53
4.1.2.1 Registro de observaciones.....	53
4.1.2.2 Determinación de la inactividad de auxiliar de bodega.....	60
4.1.2.3 Utilización del auxiliar de bodega.....	61

## **TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACION)**

	<b>Pág.</b>
4.1.3 Diagrama de causa y efecto.....	61
4.2 Medición del proceso de transporte.....	64
4.2.1 Clientes de la ruta.....	64
4.2.2 Google Earth.....	65
4.2.3 Programa GPS_UTM ("Universal Transverse Mercator").....	69
4.2.4 Aplicación del modelo matemático.....	77
5 ANALISIS DE LOS DATOS.....	85
5.1 Plan mejorado del despacho de las órdenes.....	85
5.1.1 Proceso mejorado, flujograma.....	85
5.1.2 Lista mejorada de tareas de cada persona involucrada en el despacho de las órdenes.....	88
5.1.3 Horarios de entrega de facturas a la bodega.....	89
5.2 Análisis Económico.....	91
5.2.1 Escenario actual.....	93
5.2.2 Escenario mejorado.....	96
5.3 Análisis del proceso de transporte.....	98
5.3.1 Generación del modelo.....	98
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
6.1 Conclusiones.....	105
6.2 Recomendaciones.....	108
ANEXOS.....	110
Anexo A. Flujograma del proceso actual.....	111
Anexo B. Tabla de generación de números aleatorios.....	113
Anexo C. Formulario para estudio de muestreo del trabajo.....	115
Anexo D. Formularios del estudio.....	116
Anexo E. Formulario completo de actividades cada 20 minutos.....	117
Anexo F. Actividades productivas y no productivas cada 20 minutos .....	118
Anexo G. Actividades que mas se realizan en cada intervalo de 20 minutos .....	119

Anexo H. Flujograma del proceso mejorado.....	120
Anexo I. Celdas cambiantes o Secuencia del Tour y columna del Número Cliente.....	122
Anexo J. Columna Tour de la ciudad .....	123
Anexo K. Distancia recorrida .....	124
Anexo L. Función objetivo .....	125
Anexo M. Función Objetivo en "Premium solver platform" .....	126
Anexo N. Celdas cambiantes en "Premium solver platform" .....	127
Anexo O. Restricciones en "Premium solver platform" .....	128
Anexo P. Restricciones en "Premium solver platform" .....	129
Anexo Q. Corrida del modelo en "Premium solver platform" .....	130
Anexo R. Corrida del modelo en "Premium solver platform" .....	131
BIBLIOGRAFIA.....	132

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Coordenadas Geográficas.....	21
Figura 2. Coordenadas UTM.....	22
Figura 3. Tipos de problemas de ruteo.....	23
Figura 4. Funcionamiento de los algoritmos genéticos.....	31
Figura 5. Mapa de procesos.....	36
Figura 6. Diagrama de Nivel 1.....	38
Figura 7. Porcentaje de ocurrencias productivas.....	54
Figura 8. Histogramas de ocurrencias no productivas.....	56
Figura 9. Diagrama de causa y efecto.....	63
Figura 10. Pantalla de inicio de Google Earth.....	66
Figura 11. Hotel Tambo Real en Google Earth.....	66
Figura 12. Coordenadas geográficas Hotel Hilton Colon en Google Earth.....	67
Figura 13. Ejemplo del Huso 31.....	68
Figura 14. Pantalla inicio del programa GPS_UTM.....	69
Figura 15. Coordenadas UTM del Hotel Tambo Real.....	70
Figura 16. Coordenadas UTM del Hotel Hilton Colón.....	71
Figura 17. Matrices de coordenadas UTM de cada cliente.....	73
Figura 18. Generación de la Matriz de distancias euclidianas.....	75
Figura 19. Corrida del modelo en "Premium solver platform".....	101
Figura 20. Solución en " Premium solver platform ".....	102
Figura 21. Tour óptimo y valor de la función objetivo en "Premium solver platform".....	103

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Tipos de problemas de ruteo y sus respectivas siglas.....	23
Tabla 2. Lista personal.....	41
Tabla 3. Lista de actividades.....	41
Tabla 4. Transportes tercerizados.....	42
Tabla 5. Vendedores de panadería.....	43
Tabla 6. Clientes del proceso de despacho.....	43
Tabla 7. Clientes que exigen entregas oportunas.....	48
Tabla 8. Clientes, dirección y demandas.....	49
Tabla 9. Porcentaje de ocurrencias productivas.....	54
Tabla 10. Porcentaje de ocurrencia no productivas.....	55
Tabla 11. Porcentaje de holgura.....	60
Tabla 12. Clientes de la ruta.....	64
Tabla 13. Coordenadas UTM de todos los clientes del proyecto.....	72
Tabla 14. Lista mejorada de tareas del personal de bodega.....	88
Tabla 15. Vendedores de cada división.....	90
Tabla 16. Fondo de reserva y vacaciones.....	91
Tabla 17. Horas suplementarias y extraordinarias.....	92
Tabla 18. Decimo tercera y cuarta remuneración.....	92
Tabla 19. Aportaciones patronales y personales.....	92
Tabla 20. Análisis económico del escenario actual.....	96
Tabla 21. Análisis económico del escenario mejorado.....	97

## INTRODUCCION

Al presente proyecto se lo ha dividido en dos partes. La primera, trata acerca de la optimización del proceso de despacho de las órdenes dentro de la bodega regional Quito. La segunda, trata acerca de la optimización de la ruta de hoteles de la división Institucional de la empresa LEVAPAN del Ecuador. En el desarrollo de los capítulos 3, 4 y 5 se podrán apreciar que la forma de proceder es, primero sobre el despacho de los productos y posterior a ello se trata el problema del transporte de la ruta mencionada.

Referente a la primera parte, acerca del problema de despacho, se aplicará una herramienta muy útil para identificar como se está realizando el trabajo, es decir se hará uso de un muestreo del trabajo; el cual permitirá primero, conocer como se están realizando las diferentes actividades dentro de la bodega regional Quito, al igual que entender el funcionamiento actual del proceso. Y sobre todo facilitará la toma de datos de una manera rápida y con una precisión significativa (lo cual es una ventaja de esta herramienta). Para luego proceder a analizar dichos datos y de esta forma encontrar lo que se está buscando con el estudio, que para el presente trabajo, son los porcentajes de las actividades productivas y sobre todo de las no productivas y dentro de estas últimas, enfocarse netamente en la inactividad de los empleados debida al ocio, entre otra información útil que permitirá encontrar las causas raíces que originan los problemas; y de esta forma generar soluciones reales, que permitan optimizar el despacho de las órdenes en la bodega regional Quito.

Para realizar la segunda parte del proyecto que trata acerca de la optimización de la ruta de hoteles de la división Institucional de la compañía. Primero se procederá a entender cual es el funcionamiento actual de este proceso y de esta forma encontrar cuales son los problemas que tiene la empresa referente a ello. Posteriormente, se seleccionará un modelo matemático que mediante el uso de algoritmos heurísticos, básicamente un algoritmo genético, permitirá resolver el problema en base al del agente viajero (TSP "Traveling Salesman Problem" por sus siglas en inglés), el cual como ya se ha mencionado, trata sobre el abastecimiento de un grupo de clientes mediante un vehículo, que debe visitar a todos ellos solamente una vez y regresar al punto de partida. Para ello se hará uso de un programa

computacional ("Premium Solver Platform") que permita resolver este tipo de problemas de una manera rápida y con soluciones muy cercanas a la óptima. Y de esta forma obtener la ruta deseada para así brindar un mejor servicio a los clientes de dicho trayecto.

Finalmente, una vez terminado el proyecto, se expondrán tanto las conclusiones a las que se llegaron con el mismo, como las recomendaciones que se sugieren a la empresa para poder brindar un mejor servicio a sus clientes y sobre todo el de mejorar sus sistemas de despacho de las órdenes y de transporte de los productos hacia sus diferentes compradores.

# **1. CAPÍTULO I**

## **1.1 ANTECEDENTES**

La compañía LEVAPAN S.A del Ecuador, tiene tres canales de distribución. El canal institucional, se encarga de suministrar los diferentes productos a: hoteles, cafeterías, restaurantes, etc. El canal de panadería, está encargado de la distribución del producto a panaderías grandes, medianas y pequeñas. Y finalmente el canal de consumo, está encargado de la distribución a los autoservicios (Supermaxis, Santa Marías, Tías, Cosmos, etc.) al igual que a mayoristas, minoristas, bodegas, etc.

La empresa consta con un centro de distribución nacional, en el cual se almacena todo el producto que se fabrica, que se compra y que se importa. De este centro, se distribuye el producto a 7 regiones (Guayaquil, Ambato, Santo Domingo, Ibarra, Cuenca, Manta) entre estas está la regional Quito, este canal es otro centro de distribución pero solo para la ciudad de Quito.

La necesidad que tiene la compañía es la de mejorar el despacho de las órdenes y la ruta de entrega de los productos en la regional Quito.

Los posibles beneficiarios del proyecto serán todos los empleados involucrados en la cadena de transporte del producto, es decir toda la empresa en general se vería beneficiada, al igual que el cliente.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Mediante una serie de conversaciones que se sostuvieron con el gerente de operaciones, el jefe del departamento y el administrador de la bodega, de la empresa LEVAPAN S.A del Ecuador, se identificó que un problema o una necesidad actual para la compañía es la de optimizar el despacho de las órdenes en la regional Quito, así como las rutas de transporte. Existen muchas horas extras, hay desorganización dentro de la bodega, a veces no se cumplen con las entregas del día, no hay control sobre los transportistas y en general no

existe una trayectoria definida para las diferentes rutas. Todo esto conlleva a un incremento en los costos de operación y un déficit en la calidad del servicio al cliente.

Se espera que los beneficios para la empresa sean: la optimización del proceso de despacho de las órdenes dentro de la bodega regional Quito, esto involucra la mejora en los tiempos de preparación de las facturas, tiempos de ordenar la bodega (esta actividad lleva mucho tiempo, como se verá en el desarrollo del proyecto), planificación en las entregas de facturas (considerar la implementación de horarios de entregas), así como una mejor organización de las actividades de los trabajadores. Por otra parte la empresa también optimizará específicamente la ruta de Hoteles; es decir que los transportistas tendrán una ruta optimizada a seguir, mas no importa la trayectoria por donde se vayan, lo que importa es que sigan ese orden de visita, ya que es el óptimo; y así no dejarles el recorrido de la ruta a su criterio y al mismo tiempo tener un control sobre su trabajo, lo cual en la actualidad no sucede. Todo esto con lleva a la minimización de costos de operación, tener el producto justo a tiempos para ser despachado y así mejorar el servicio al cliente.

Los beneficios para el cliente serán la recepción del producto a tiempo, los pedidos sin fallas, es decir que se les despache justo lo que pidieron (no más ni menos) es decir se aumentará su satisfacción.

### **1.3 OBJETIVOS, METAS y ACTIVIDADES**

#### *Objetivo Final:*

Identificar y optimizar las falencias en el proceso de despacho de las órdenes y la optimización de la ruta de hoteles de transporte de los productos.

#### *Objetivo Específico<sub>1</sub>:* Identificar los procesos del despacho de las órdenes

*Meta<sub>11</sub>:* Tener el mapa completo del proceso de despacho

*Actividad<sub>111</sub>:* Entender el proceso actual

*Actividad<sub>112</sub>:* Levantar el proceso de despacho hasta el nivel 1

*Actividad<sub>113</sub>*: Realizar el flujograma de proceso del despacho de las órdenes.

*Meta<sub>12</sub>*: Tener la lista completa de actividades de los trabajadores encargados del proceso del despacho.

*Actividad<sub>121</sub>*: Listar todo el personal involucrado en el proceso de despacho.

*Actividad<sub>122</sub>*: Listar las tareas de cada auxiliar de bodega.

*Actividad<sub>123</sub>*: Listar todos los transportistas involucrados en el proceso y sus rutas de entrega

*Actividad<sub>124</sub>*: Lista de clientes del proceso de despacho

*Objetivo Específico<sub>2</sub>*: Realizar un muestreo del trabajo dentro de la Regional Quito

*Meta<sub>21</sub>*: Obtener el número de observaciones que me permitan tener precisión, en un tiempo razonable

*Actividad<sub>211</sub>*: Determinar el límite de error

*Actividad<sub>212</sub>*: Determinar la probabilidad de una sola ocurrencia

*Actividad<sub>213</sub>*: Determinar el nivel de confianza

*Actividad<sub>214</sub>*: Determinar la frecuencia de observación

*Meta<sub>22</sub>*: Obtener un formulario completo del muestreo del trabajo

*Actividad<sub>221</sub>*: Porcentaje de ocurrencia de actividades (productivas y no productivas)

*Actividad<sub>222</sub>*: Utilización del auxiliar de bodega

*Actividad<sub>223</sub>*: Determinación de la inactividad actual

*Actividad<sub>224</sub>*: Determinación de porcentajes de las actividades en intervalos de 20 minutos, en una jornada laboral de 8 horas.

*Actividad<sub>225</sub>*: Determinación de las actividades que mas se realizan en cada intervalo de 20 minutos, en una jornada laboral de 8 horas.

*Actividad<sub>226</sub>*: Determinación del diagrama de causa-efecto

*Objetivo Específico<sub>3</sub>*: Proponer mejora al modelo del despacho de las órdenes

*Meta<sub>31</sub>*: Plan mejorado del despacho de órdenes

*Actividad<sub>311</sub>*: Proceso mejorado

*Actividad<sub>312</sub>*: Flujo-grama mejorado

*Actividad<sub>313</sub>*: Lista mejorada de las tareas de cada persona involucrada en el despacho de las órdenes

*Actividad<sub>314</sub>*: Horarios de entrega de facturas a la bodega.

*Actividad<sub>315</sub>*: Análisis económico.

*Objetivo Específico<sub>4</sub>*: Proponer un modelo de transporte que permita optimizar la ruta de Hoteles

*Meta<sub>41</sub>*: Analizar el modelo de transporte actual

*Actividad<sub>411</sub>*: Entender el proceso de transporte actual.

*Actividad<sub>412</sub>*: Analizar del proceso actual

*Actividad<sub>413</sub>*: Elección del modelo

*Meta<sub>42</sub>*: Realización de un modelo de transporte que permita optimizar las rutas

*Actividad<sub>421</sub>*: Utilización del programa Google Earth.

*Actividad<sub>422</sub>*: Utilización del programa GPS\_UTM

*Actividad<sub>422</sub>*: Aplicación teórica del modelo

*Meta<sub>43</sub>*: Aplicación del modelo seleccionado para la obtención de la ruta óptima

*Actividad<sub>431</sub>*: Generación del modelo utilizando el programa computacional "Premium Solver Platform"

*Actividad<sub>432</sub>*: Conseguir la ruta óptima

## **1.4 METODOLOGÍA**

Se van a realizar visitas a las diferentes plantas que tiene LEVAPAN del Ecuador S.A, además de entrevistas con las personas encargadas de cada área que se visite o se necesite para la generación del proyecto.

A continuación se presenta la metodología que se aplicará para el desarrollo de esta tesis; esta no es otra más que la adaptación de la metodología DMAIC (por las siglas en inglés de: "Define", "Measure", "Analyze", "Improve" y "Control") al mismo. Por lo tanto la primera, será la fase de la Definición de los objetivos y metas. Luego vendrá la fase de Medición, que incluye toda la recolección de datos, niveles de funcionamiento, capacidades, etc. Le sigue la

fase de Análisis, en la cual se usan herramientas de resolución de problemas para determinar las causas raíz, evaluar y seleccionar las mejores soluciones. Posteriormente la fase de Mejoramiento, la cual incluye nuevas condiciones de operación, el funcionamiento del proceso optimizado, etc. Y finalmente la fase de Control, en la cual se establecen medidas que aseguran que las variables clave están bajo control, el enfoque en la prevención, etc. Estas dos últimas fases no se abordarán en el presente proyecto, puesto que es una propuesta de implementación. (Michael L. George)

Como se mencionó anteriormente se ajustará al proyecto la metodología DMAIC, es decir las fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Según el autor Michael L. George, en su texto "Lean Six Sigma for Service", los pasos a seguir de la metodología mencionada, son los siguientes:

De esta metodología DMAIC, únicamente se cubrirá hasta una propuesta de implementación o mejora. Por lo tanto no se harán las fases de controlar y mejorar.

### **1.4.1 Definir**

Los objetivos de esta fase son:

- Definir el problema a ser analizado
- Entender el proceso actual

Al término de esta fase, se puede esperar obtener algunos de los siguientes entregables:

- La cobertura del problema, el impacto en el negocio, metas, alcance, tiempo y equipo
- Identificación de los clientes (externos e internos) y sus necesidades.
- " Project Charter "
- Flujo de proceso

## **1.4.2 Medir**

Los objetivos de esta fase son:

- El principal objetivo es, obtener el desempeño de la línea base y la capacidad del procesos o sistema que se está mejorando
- Medir el desempeño para luego determinar los pocos factores influyentes que afectan el comportamiento de un proceso
- Esta es la etapa más difícil y la que más tiempo toma.
- Los datos son la fuerza más poderosa para resolver problemas.

En esta parte de la metodología hay que establecer el funcionamiento base y recolectar información. También hay que evaluar la situación actual es decir los niveles de funcionamiento y la capacidad del proceso.

## **1.4.3 Analizar**

Los objetivos de esta fase son:

- Usar herramientas de resolución de problemas para determinar las causas raíces, evaluar y seleccionar las mejores soluciones.
- Utilizar datos y herramientas para entender las relaciones causa-efecto del proceso o sistema.

Lo que se realiza en esta fase es; determinar fuentes de variación, es decir; cuando y donde ocurren los problemas. También hay que utilizar herramientas de resolución de problemas para determinar la causa raíz y evaluar y seleccionar las soluciones, por ultimo hay que desarrollar el plan de mejoramiento y ganar compromiso.

Al igual que en todo el resto de fases, se puede obtener algunos de los siguientes entregables:

- Encontrar donde y cuando ocurren los problemas
- Desarrollar el plan de mejoramiento
- Análisis de los datos y procesos

- Análisis de causa raíz

Según el autor Michael L. George, en su texto "Lean Six Sigma for Service", éstos fueron los pasos a seguir de la metodología mencionada.

#### **1.4.4 Propuesta de Mejora y Propuesta de Implementación.**

- Realización del mapa completo del proceso de despacho de las órdenes.
- Realización de una lista completa de actividades de los trabajadores involucrados en el proceso de despacho. .
- Plan mejorado del despacho de órdenes
- Análisis del modelo de transporte actual.
- Realización de un modelo de transporte que permita optimizar la ruta de Hoteles.
- Aplicación del modelo seleccionado para la obtención de la ruta óptima

### **1.5 REVISIÓN LITERARIA**

Para poder resolver problemas de ruteo de vehículos o VRP (por su siglas en inglés "Vehicle Routing Problem"), según autores como Laporte, G. en su texto; ("The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms") y Dantzig y Ramser. en su texto ("Truck Dispatching Problem") existen tanto algoritmos exactos como algoritmos aproximados. Los exactos sólo sirven para resolver problemas pequeños de ruteo. Sin embargo los algoritmos de aproximación o heurísticos son mucho más efectivos y poderosos para resolver estos problemas, generando soluciones óptimas o muy cercanas al óptimo. Aún con los métodos heurísticos actuales, cuando se trata de problemas grandes (ruteo en más de 100 ciudades, por ejemplo) la efectividad de éstos disminuye, los tiempos de búsqueda de soluciones se incrementan, etc. Es por ello que aún existe investigación en este campo, para seguir encontrando algoritmos híbridos, combinatorios, entre muchos otros. Según los autores Dantzig y Ramser. ("Truck Dispatching Problem"), Gendreau, M. Hertz, A. Laporte, G. en su texto ("New insertion and post optimization procedures for the Traveling Salesman Problem ó TSP") otras maneras para buscar soluciones al problema de ruteo de vehículos o VRP (por sus siglas en ingles, "Vehicle Routing Problem") están la adaptación de ciertos algoritmos del

TSP, ya que el VRP no es más que una extensión del TSP, es por ello que se pueden hacer modificaciones a los algoritmos del TSP para poder resolver VRP, inclusive existen ciertos algoritmos como el del "Vecino más cercano" que no necesita de modificaciones. Pero por lo general se adicionan restricciones al TSP generalizado para generar algoritmos que puedan dar soluciones óptimas. Por ejemplo Dantzig Y Ramer ("Truck Dispatching Problem"), colaboraron con Fulkerson y Johnson en el desarrollo de un algoritmo; "Cutting Plane" para encontrar soluciones mejoradas. Existen muchos otros métodos de resolución de problemas de VRP, según los autores Gendreau, M. Hertz, A. Laporte, G. en su texto ("New insertion and post optimization procedures for the TSP") y Clarke, G. Wright, W. en su texto ("Scheduling of Vehicles from a central depot to a number of delivery points") por ejemplo para poder resolver problemas de despacho de camiones, se desarrollo el método de inserción, es un método de post optimización que consiste en remover un vértice del tour y luego insertarlo nuevamente. O el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright, quienes desarrollaron un procedimiento iterativo que permite una selección rápida de la ruta óptima. Este método es de los más usados para la resolución de problemas de VRP.

Para poder resolver estos problemas de VRP, sobre todo los más grandes y complejos, una herramienta de gran ayuda es la computación. Según el autor Lin, S. en su texto ("Computer Solutions of the TSP") se utilizan métodos heurísticos o se desarrollan, se modifican, alguno de los más conocidos para generar soluciones óptimas y cercanas al óptimo del TSP. Los algoritmos exactos requieren tiempos de corrida excesivos, los métodos heurísticos producen buenas soluciones para algunos problemas grandes en tiempos razonables, pero sin la garantía de que la respuesta óptima aparezca. Existen otros trabajos en este campo, como por ejemplo el de Held and Karp quienes desarrollaron un método que resuelve exactamente algunos problemas del TSP en tiempos razonables. O el trabajo de Krolak et al. quien usó varios rápidos heurísticos simples y menos efectivos para alcanzar buenas soluciones.

Para poder determinar tolerancias, márgenes aplicables al trabajo, utilización de máquinas, estándares de producción, etc. Una herramienta muy útil es la aplicación del muestreo del trabajo. Según autores como Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su texto: "Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." El muestreo del trabajo

es un método para analizar el trabajo mediante un gran número de observaciones en tiempos aleatorios. El cual se lo utiliza para determinar entre otras cosas; la utilización de las máquinas y operarios. Holguras o suplementos. Estándares de tiempo, etc. Se utiliza el número de observaciones que resulten prácticas pero que permitan conservar la exactitud. Estas observaciones se las toma en períodos de tiempos tan largos como seas posible y de forma aleatoria. Niebel y Freivalds al igual que autores como García Criollo, Roberto en su texto: "Estudio del trabajo medición del trabajo" concuerdan que el muestreo del trabajo presenta varias ventajas sobre el estudio de tiempos convencional. Por ejemplo no requiere la observación continua del analista durante largos períodos. Se reduce el tiempo de trabajo de oficina. El analista, por lo general, utiliza menos horas de trabajo totales. El operario no está sujeto a largos períodos de observaciones cronometradas. Un solo analista puede estudiar con facilidad las operaciones de una brigada, entre otras ventajas.

Autores como Salvendy, Gabriel en su texto: "Manual de Ingeniería Industrial." y el mismo Niebel y Freivalds con su libro: "Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." proponen ciertos pasos o lineamientos a seguir cuando se hace un estudio de muestreo del trabajo. Primero se realiza una planeación de estudio del muestreo de trabajo, es decir se realiza una estimación para poder determinar la exactitud de los resultados y se diseña la forma de muestreo del trabajo en la cual se tabulan los datos, así como las gráficas de control. Una vez hecha la planeación, se determina el número necesario de observaciones. Para ello es necesario definir primero el nivel de confianza que se va a tener en el estudio al igual que el límite de error y la probabilidad de ocurrencia. Una vez que se haya determinado estos datos, se puede determinar el número de observaciones.

Una vez que se tiene el número de las observaciones se determina la frecuencia con la que se van a realizar éstas, la cual depende del número de observaciones que se requiere y del tiempo disponible para desarrollar los datos. Para obtener una muestra representativa los datos se toman a todas horas del día.

Existen varias formas para encontrar ocurrencias aleatorias de las observaciones. Por ejemplo un recordatorio aleatorio, la generación de números aleatorios en Excel, tablas de números aleatorios, entre otras.

Para poder recolectar la información el analista debe diseñar un formulario de muestreo del trabajo, no existe uno estándar, puesto que cada estudio es único, pero se debería incluir

estados activos e inactivos del trabajo. Finalmente se utilizan las gráficas de control, como la gráfica p. Con toda esta información se pueden determinar holguras, tiempos estándares, entre otra información útil para optimizar el trabajo.

## **2. CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA**

##### **2.1.1 Histogramas**

“Un gráfico de la frecuencia de las observaciones dentro de intervalos predefinidos que no se traslapan”. (Montgomery, Douglas)

##### **2.1.2 Intervalo de confianza**

“Para una medida es un intervalo que contiene un grupo de valores plausibles de la medida. Está asociado con un nivel de confianza  $1 - \alpha$ , el cual es el porcentaje de intervalos de confianza (construidos a partir de muestras de datos aleatorios) que contienen la medida desconocida”. (Montgomery, Douglas)

##### **2.1.3 Variables aleatorias**

“Una cantidad de interés cuyo valor exacto es impredecible. Una variable aleatoria, es la cuantificación de los posibles resultados en un espacio muestral”. (Montgomery, Douglas)

##### **2.1.4 Variables aleatorias discretas**

“Los posibles valores de una variable aleatoria son contables finita o infinitamente”. (Montgomery, Douglas)

##### **2.1.5 Distribución de probabilidad**

“Es un modelo matemático que relaciona el valor de la variable con la probabilidad que tiene ese valor de ocurrir en la población. A continuación se presentan algunos modelos matemáticos, es decir diferentes distribuciones, que se podrían utilizar para la realización del muestreo”. (Montgomery, Douglas)

##### **2.1.6 Distribuciones discretas**

“Variables aleatorias discretas se usan para describir fenómenos aleatorios en los cuales sólo valores enteros pueden ocurrir (p.e. número de personas en un banco en un momento

dado) “. (Montgomery, Douglas). Entre este tipo se encuentra la Binomial que se describe en seguida.

### **2.1.6.1 Distribución Binomial**

Según los autores Montgomery y Runger en su libro: “Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería”. La distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta que mide el número de éxitos en una secuencia de  $n$  ensayos independientes entre si, con una probabilidad fija  $p$  de ocurrencia del éxito entre los ensayos. Para representar que una variable aleatoria  $X$  sigue una distribución binomial de parámetros  $n$  y  $p$ , se escribe:

$$X \sim B(n, p)$$

La función de probabilidad de la distribución binomial es la siguiente:

$$P(X=x) = f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

La distribución binomial se relaciona con la distribución normal de la siguiente manera; si  $n$  es grande y ni la probabilidad de éxito  $p$  y ni la probabilidad de fracaso  $q$  están muy próximas a cero, la distribución binomial puede aproximarse a la distribución normal con variables estandarizadas por:

$$z = \frac{x - np}{\sqrt{npq}}$$

## **2.2 GESTIÓN DE LA CALIDAD POR PROCESOS**

### **2.2.1 Proceso**

Un Proceso según la norma ISO 9000:2005 es un: “Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.

### **2.2.2 Mapa de procesos**

“El mapa de procesos, red de procesos o supuestos operacionales es la estructura donde se evidencia la interacción de los procesos que posee una empresa para la prestación de sus servicios. Con esta herramienta se puede analizar la cadena de entradas – salidas en la cual la salida de cualquier proceso se convierte en entrada del otro; también podemos analizar que

una actividad específica muchas veces es un cliente, en otras situaciones es un proceso y otras veces es un proveedor". (Sangeeta, S., Banwet, D. y Karunes, S., (2004))

### **2.2.3 Procesos estratégicos**

"Son aquellos procesos mediante los cuales la empresa desarrolla sus estrategias y define los objetivos; por ejemplo, el proceso de planificación presupuestaria, proceso de diseño de producto y/o servicio, etc.". (Camisón César)

### **2.2.4 Procesos Operativos**

"Los procesos *clave* son también denominados operativos y son propios de la actividad de la empresa, por ejemplo, el proceso de aprovisionamiento, el proceso de producción, el proceso de prestación del servicio, el proceso de comercialización, etc.". (Camisón César)

### **2.2.5 Procesos de Soporte**

"Los procesos de apoyo ó de soporte son los que proporcionan los medios (recursos) y el apoyo necesario para que los procesos clave se puedan llevar a cabo, tales como proceso de formación, proceso informático, proceso de logística, etc.". (Camisón César)

### **2.2.6 Diagrama Nivel 1**

"En este diagrama de nivel superior se plasman todos los procesos que describen al proceso principal. En este nivel aparecen los almacenes, los cuales tienen la capacidad de almacenar o enviar datos para ser usados en distintos procesos". (Max Wachholtz A. 2008)

### **2.2.7 Flujograma de procesos**

"Es una representación gráfica que contiene a cada una de las actividades del proceso enlazadas entre sí distinguiéndose los elementos de entrada y salida". (Camisón César)

### **2.2.8 Diagrama de Causa y Efecto**

“El Diagrama de Espina se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios para alcanzar un determinado objetivo (efecto). También se le denomina *diagrama causa-efecto* o *diagrama de Ishikawa*”.

(Comisión César)

## **2.3 MUESTREO DEL TRABAJO**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: “Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.” El muestreo del trabajo es un método para analizar el trabajo mediante un gran número de observaciones en tiempos aleatorios, las cuales se las recoge en un período de tiempo tan largo como sea posible. Se puede utilizar el muestreo para; determinar la utilización de la máquina y el operario, determinar las holguras o suplementos, establecer estándares de tiempo, entre otras utilidades.

Para ello hay que utilizar observaciones que resulten prácticas pero que permitan conservar la exactitud.

El método de muestreo del trabajo presenta varias ventajas sobre el procedimiento convencional de estudio de tiempos, según el autor Salvendy, Gabriel en su texto: “Manual de Ingeniería Industrial.”

- No requiere la observación continua del analista durante largos períodos.
- Se reduce el tiempo de trabajo de oficina
- Por lo general, el analista utiliza menos horas de trabajo totales
- El operario no está sujeto a largos períodos de observaciones cronometradas.
- Un solo analista puede estudiar con facilidad las operaciones de una brigada.

### **2.3.1 Teoría del muestreo del trabajo**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: “Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.” La teoría del muestreo del trabajo se basa en la ley fundamental de probabilidad; en un instante dado, un evento puede estar presente o

ausente. Esta teoría puede usarse para estimar el tamaño de la muestra total necesario para lograr cierto grado de precisión. La expresión de la desviación estándar  $\sigma_p$  de una proporción muestral es:

$$\sigma_p = \frac{\overline{pq}}{n} = \frac{\overline{p(1-p)}}{n} \quad (1)$$

Donde  $\sigma_p$  = Desviación estándar de una proporción muestral

$p$  = porcentaje verdadero de ocurrencia del elemento que se observa, expresado como decimal.

$n$  = número total de observaciones aleatorias en las que se basa  $p$

A partir de la teoría elemental del muestreo se sabe que no es posible esperar que el valor de  $\mathbf{p}$  ( $p$  = la proporción basada en la muestra) de cada muestra sea el valor verdadero de  $\mathbf{p}$ . Sin embargo, se espera que la  $\mathbf{p}$  de cualquier muestra este dentro del intervalo  $\mathbf{p} \pm 1.96$  desviaciones estándares aproximadamente el 95% de las veces. Esto es si se tiene un intervalo de confianza del 95%.

Es decir, si  $\mathbf{p}$  es el porcentaje verdadero de una condición dada, se puede esperar que la  $\mathbf{p}$  de cualquier muestra quede fuera del intervalo  $\mathbf{p} \pm 1.96 \sigma_p$ , sólo 5 veces cada 100, por probabilidad, según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo".

Con base en el concepto de intervalo de confianza, se considera el término  $z_{\alpha/2} \sigma_p$  como el límite aceptable de error  $\mathbf{i}$ , con un error de confianza de  $(1 - \alpha)$  100%, donde

$$\mathbf{i} = z_{\alpha/2} \sigma_p = z_{\alpha/2} \frac{\overline{pq}}{n} \quad (2)$$

Elevando al cuadrado ambos lados y despejando  $n$  se obtiene,

$$n = z_{\alpha/2}^2 \frac{\overline{pq}}{\mathbf{i}^2} = z_{\alpha/2}^2 \frac{\overline{p(1-p)}}{\mathbf{i}^2} \quad (3)$$

Donde:

$n$  = Número de observaciones

$p$  = Probabilidad de que el trabajador esté inactivo

$q = 1 - p$  = Probabilidad de que el trabajador esté activo

$i$  = límite de error

$z$  = Valor de  $Z$  en una distribución normal, que depende del intervalo de confianza.

### **2.3.2 Planeación del muestreo del trabajo**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Antes de hacer las observaciones reales del estudio de muestreo del trabajo es necesario realizar una planeación detallada. La estimación preliminar se hace buscando información, si no es razonable, se debe muestrear el lugar unos 2 ò 3 días y usar esa información como la base de estas estimaciones. Cuando ya se han hecho las estimaciones preliminares, el analista debe determinar la exactitud deseada de los resultados, se expresa como una tolerancia o límite de error dentro del nivel de confianza establecido. Luego se estima el número de observaciones que se tomará y se determina la frecuencia de esas observaciones. Por último se diseña la forma de muestreo del trabajo en la cual se tabulan los datos.

### **2.3.3 Limite de error**

"Error que se prevé cometer. Por ejemplo, para un error del 10%, se introduce en la fórmula el valor de 0.1. Así, con un error del 10%, si el parámetro estimado resulta del 80%, se tendría una seguridad del 95% (para  $\alpha = 0.05$ ) de que el parámetro real se sitúa entre el 70% y el 90%. Se observa, por lo tanto, que la amplitud total del intervalo es el doble del error que se introdujo en la fórmula." (Grupo de Asesores y Consultores, AFHA. Metodología de muestreo)

### **2.3.4 Determinación de una sola ocurrencia**

"El valor  $p$ . Proporción en que la variable estudiada se da en la población. Prevalencia esperada del parámetro a evaluar." (Grupo de Asesores y Consultores, AFHA. Metodología de muestreo).

### 2.3.5 Determinación de las observaciones

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Se tiene que conocer la exactitud con que se desean los resultados. Entre más observaciones, mayor validez tendrá la respuesta final.

Ya se determinó anteriormente como se llega a obtener el valor n.

El límite de error (i) es igual:  $i = z_{\alpha_2} \sigma_p$

La desviación estándar es igual:  $\sigma_p = \frac{\overline{pq}}{n} = \frac{\overline{p(1-p)}}{n}$

Por lo tanto, el número de observaciones se determina con la siguiente fórmula:

$$n = z_{\alpha_2}^2 \frac{pq}{i^2}$$

### 2.3.6 Determinación de la frecuencia de observación

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo". Depende del número de observaciones que se requiere y del tiempo disponible para desarrollar los datos. Para obtener una muestra representativa, las observaciones se toman a todas horas del día. Existen varias formas para encontrar una ocurrencia aleatoria de las observaciones. Por ejemplo, con un enfoque manual, la persona encargada de la recolección de los datos, puede seleccionar 9 números cada día de una tabla estadística de números aleatorios que estén entre 1 y 48. Existe el recordatorio aleatorio, entre otras técnicas.

### 2.3.7 Diseño de un formulario de muestreo del trabajo

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo". La persona encargada de la toma de datos, debe diseñar un formulario de observación para registrar los datos recolectados durante

el estudio de muestreo del trabajo. No existen formularios estándares puesto que cada estudio es único, desde el punto de vista de las observaciones totales necesarias.

### **2.3.8 Determinación de holguras**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo". A través del estudio de muestreo del trabajo, los analistas toman un gran número de observaciones en distintos momentos del día y de diferentes operarios. Se divide el número total de ocurrencias de inactividad entre el número total de observaciones. El resultado es igual al porcentaje de holgura que debe asignarse al operario.

## **2.4 TRANSPORTE**

### **2.4.1 Distribución**

"Los pasos que se toman para mover y almacenar un producto desde una etapa proveedor a una etapa cliente en una cadena de demanda". (Chopra, Sunil y Meindl, Peter)

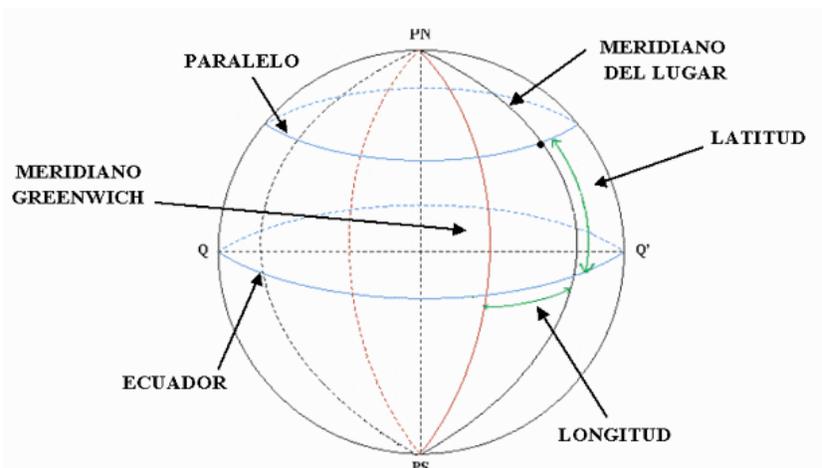
### **2.4.2 3PL ("Third Party Logistic")**

"Transportación, almacenaje y otros servicios relacionados con la logística, que son proporcionados por compañías empleadas para asumir tareas que previamente fueron realizadas por el cliente". (Chopra, Sunil y Meindl, Peter).

### **2.4.3 Coordenadas Geográficas**

"Por cada punto de la superficie terrestre tiene paso un único paralelo y un único meridiano. Esto significa que podemos usar la latitud de ese paralelo y la longitud de ese meridiano con objeto de definir la posición de ese punto en la tierra de forma inequívoca. Estos dos valores, latitud y longitud reciben el nombre conjunto de coordenadas geográficas de un punto".

A continuación se presenta la Figura # 1, en la cual se observa mejor a que se refieren estas coordenadas.



Fuente: Curso de cartografía y orientación

Figura 1: Coordenadas Geográficas

#### 2.4.4 Coordenadas UTM (“Universal Transverse Mercator” por sus siglas en inglés)

Según el autor Javier Urrutia Martínez, en su texto: “Curso de cartografía y orientación”. La proyección U.T.M. es un tipo particular de proyección cilíndrica muy utilizada. Posee las siguientes características:

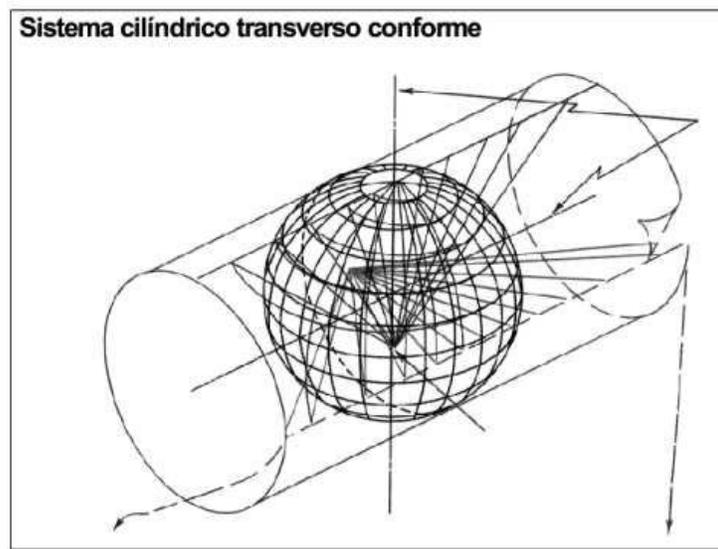
- Es una proyección cilíndrica: Se obtiene proyectando el globo terráqueo sobre una superficie cilíndrica.
- Es una proyección transversa: El cilindro es tangente a la superficie terrestre según un meridiano. El eje del cilindro coincide, pues, con el eje ecuatorial.
- Es una proyección conforme: Mantiene el valor de los ángulos. Si se mide un ángulo sobre la proyección coincide con la medida sobre el elipsoide terrestre.

Según el autor Javier Urrutia Martínez, en su texto: “Curso de cartografía y orientación”. Las ventajas de esta proyección son las siguientes:

- Los paralelos y los meridianos aparecen representados mediante líneas rectas formando una cuadrícula. El sistema de coordenadas pasa de ser esférico a ser rectangular. Resulta sencillo señalar puntos y trazar rumbos entre ellos.

- Las distancias se miden fácilmente. A distancias pequeñas la línea que une dos puntos es una recta.
- Para áreas pequeñas se conserva la forma de los accidentes geográficos sin deformación significativa.
- Los rumbos y las direcciones se marcan con facilidad.

A continuación se presenta la Figura 2 en la cual se puede apreciar mejor estas características

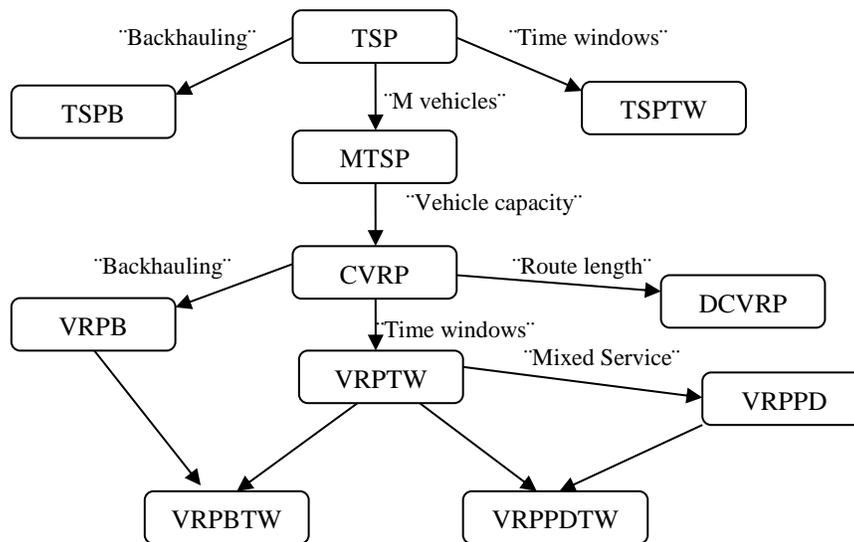


Fuente: Curso de cartografía y orientación

Figura 2: Coordenadas UTM

## 2.5 MODELO MATEMÁTICO DEL TRANSPORTE

A continuación se presenta la Figura # 3, que muestra todos los diferentes tipos de problemas de ruteo que existen.



Fuente: Massimo Paolucci

Figura 3: Tipos de problemas de ruteo

En la Tabla # 1 se muestran las siglas y el nombre de cada tipo de problema de ruteo

Tabla 1: Tipos de problemas de ruteo y sus respectivas siglas

<i>Siglas (en inglés)</i>	<i>Nombre del problema (en inglés)</i>
TSP	“Traveling Salesman Problem”
TSPB	“Traveling Salesman Problem with Backhauls”
TSPTW	“Traveling Salesman Problem with Time Windows”
MTSP	“Multiple Traveling Salesman Problem”
CVRP	“Capacitated Vehicle Routing Problem”
DCVRP	“Distance Constrained Vehicle Routing Problem”
VRPB	“Vehicle Routing Problem with Backhauls”
VRPTW	“Vehicle Routing Problem with Time Windows”
VRPPD	“Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery”

Fuente: Massimo Paolucci

Para poder resolver problemas de ruteo de vehículos o VRP (por su siglas en inglés “Vehicle Routing Problem”), según autores como Laporte, G. en su texto; (“The vehicle

routing problem: an overview of exact and approximate algorithms”) y Dantzig y Ramser. en su texto (“Truck Dispatching Problem”) existen tanto algoritmos exactos como algoritmos aproximados o heurísticos.

### **2.5.1. Algoritmos exactos**

Según autores como Laporte, G. en su texto; (“The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms”) y Dantzig y Ramser. en su texto (“Truck Dispatching Problem”). Los algoritmos exactos sirven para resolver problemas pequeños de ruteo siendo efectivos y encontrando soluciones cercanas al óptimo. Sin embargo los algoritmos de aproximación o heurísticos son mucho más efectivos y poderosos para resolver estos problemas, generando soluciones óptimas o muy cercanas al óptimo. Aún con los métodos heurísticos actuales, cuando se trata de problemas grandes (ruteo en más de 100 ciudades, por ejemplo) la efectividad de éstos disminuye, los tiempos de búsqueda de soluciones se incrementan, etc. Es por ello que aún existe investigación en este campo, para seguir encontrando algoritmos híbridos, combinatorios, entre muchos otros.

Entre los procedimientos exactos de uso más común están los siguientes:

- Exploración dirigida o “branch and bound (B&B)”
- Programación lineal entera (PLE), binaria (PLB) o mixta (PLM)
- Programación dinámica (PD)
- Programación dinámica acotada o “bounded dynamic programming (BDP)”

### **2.5.2 Métodos Heurísticos**

Como se mencionó anteriormente, los métodos de aproximación o heurísticos sirven para resolver problemas de ruteo, existen muchos métodos de resolución de problemas de VRP, según los autores Gendreau, M. Hertz, A. Laporte, G. en su texto (“New insertion and post optimization procedures for the TSP”) y Clarke, G. Wright, W. en su texto (“Scheduling of Vehicles from a central depot to a number of delivery points”) por ejemplo para poder resolver problemas de despacho de camiones, se desarrollo el método de inserción, es un método de post optimización que consiste en remover un vértice del tour y luego insertarlo nuevamente. O el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright, quienes desarrollaron un

procedimiento iterativo que permite una selección rápida de la ruta óptima. Este método es de los más usados para la resolución de problemas de VRP.

Los procedimientos heurísticos se dividen en dos clases, los directos y los de exploración de entornos. Entre los procedimientos heurísticos o de aproximación más comunes están:

Directos:

- Trapecios
- Teixidó
- Gupta
- Palmer

Exploración de entornos:

- Optimización local (ANED y AED)
- GRASP
- Recocido simulado (SA)
- Búsqueda tabú (TS)
- Algoritmos genéticos (GA)
- "Ant Colony Optimization" (ACO)

### **2.5.3 Selección del Modelo de transporte**

Según los autores Abdel-Moetty, Sabry M. y Heakil, Asmaa O.; en su texto: "Enhanced Traveling Salesman Problem Solving using Genetic Algorithm Technique with modified Sequential Constructive Crossover Operator". EL problema del agente viajero (ó TSP por sus siglas en inglés) es uno de los casos más importantes que ha sido arduamente estudiado por matemáticos y científicos informáticos. Es un problema de permutación con el objetivo de encontrar el camino de longitud más corta (ó el costo mínimo) en un gráfico que puede representar ciudades o nodos que van hacer visitados. Este tipo de problema comienza en un nodo y visita a todo el resto de nodos consecutivamente, solamente una vez cada uno y finalmente regresa al nodo de partida. El objetivo es encontrar el camino más corto; sujeto a las siguientes restricciones:

- El viajero debe visitar todas las ciudades y no debe dejar ninguna ciudad sin visitar.
- Cada ciudad debe ser visitada solamente una vez.
- La distancia recorrida, hasta que regrese de vuelta a la ciudad de la que partió, debe ser la distancia más corta.

Según los autores G. Dantzig, D. Fulkerson, y S. Johnson, en su texto "Solution of a large-scale traveling salesman problem. Operation Research". (2003). La formulación más popular o general del TSP fue dada por Dantzig, Fulkerson y Johnson (1954).

A continuación se presenta el modelo matemático, para los casos simétricos (según los autores: Larios Sanchez y Guillèn Burguete en su texto: Funciones distancias asimétricas y no positivas definidas parte II: Modelado, la distancia del punto A al punto B es la misma, que la distancia del punto B al punto A).

Esta formulación asocia una variable binaria  $X_{ij}$  con cada punto  $(i, j)$ , igual a 1 si y sólo si el punto aparece en el tour óptimo. La formulación del TSP es como sigue:

Minimizar

$$\sum_{i < j} C_{ij} X_{ij} \quad (4)$$

Sujeto a

$$\sum_{i < k} X_{ik} + \sum_{i > k} X_{kj} = 2 \quad (K \in V), \quad (5)$$

$$\sum_{i, j \in S} X_{ij} \leq S - 1 \quad (S \subset V, 3 \leq S \leq n - 3) \quad (6)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \quad (i, j) \in E, \quad (7)$$

En esta formulación, las restricciones (5), (6) y (7) se refieren al grado de restricción, la eliminación de los sub-tours y la de valores binarios, respectivamente.

Ahora se presenta el modelo para los casos asimétricos (según los autores: Larios Sanchez y Guillèn Burguete en su texto: Funciones distancias asimétricas y no positivas

definidas parte II: Modelado, no es la misma distancia ir del punto A al punto B que del punto B al punto A).

Según los autores Matai, Rajesh et al. en su texto: "Traveling Salesman Problem: An Overview of applications, formulations, and solution approaches" (1976) dicen que la formulación de la programación entera de un TSP, según Dantzig et al., (1954) para los casos asimétricos considera  $X_{ij}$  una variable binaria, asociada con un arco (i,j) y que es igual a 1 si y sólo si el arco aparece en el tour óptimo. La formulación es como sigue:

Minimizar

$$\sum_{i \neq j} C_{ij} X_{ij} \quad (8)$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad (i \in V, i \neq j) \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad (i \in V, i \neq j) \quad (10)$$

$$\sum_{i,j \in S} X_{ij} \leq S - 1 \quad (S \subset V, 2 \leq S \leq n - 2) \quad (11)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \quad (i, j) \in A \quad (12)$$

Estos modelos se los pueden plantear exactamente igual pero utilizando distancias euclidianas, es decir considerando la distancia recta entre dos puntos y no la trayectoria que existe entre un punto y otro, para ello simplemente se utiliza el teorema de Pitágoras, el cual permite encontrar la distancia recta entre dos nodos (es lo que se utilizará para desarrollar el presente proyecto). Por lo tanto se manejarán este tipo de distancias en un modelo ETSP ("Euclidian Traveling Salesman Problem")

#### 2.5.4 Método de Resolución

Como ya se mencionó en la sección 2.5.2 existen tanto métodos exactos como métodos heurísticos para resolver los diferentes tipos del problema del agente viajero. Se resolverá el problema del proyecto con un método heurístico utilizando un algoritmo genético (aplicado

por el programa "Premium Solver Platform V11.5", que se utilizará para resolver el problema). A continuación se explica qué son y cómo funcionan estos tipos de algoritmos.

Según el autor García, Guillermo en su texto: "Introducción a la resolución de problemas con algoritmos genéticos" (2010). Las técnicas meta-heurísticas basan su funcionamiento en experiencias repetidas o inspiraciones en otros elementos ya que son guías confiables en la resolución de problemas por demostración experimental. Por ejemplo la evolución de los seres vivos es un mecanismo de resolución de problemas de optimización muy efectivo.

Al ser los algoritmos genéticos una abstracción del proceso evolutivo de los seres vivos, éstos están conformados por un conjunto de elementos (son estructuras de datos que simulan a los individuos de las especies y la forma en que se organizan) y una serie de pasos, que simulan los mecanismos reales que permiten a las especies sobrevivir. Por lo tanto se puede decir que existen dos componentes importantes en todo algoritmo genético: los elementos de evolución y el algoritmo evolutivo.

A continuación se describen estos elementos de evolución:

- *Cromosoma*: "Representa a una solución factible del espacio de solución del problema a resolver. La solución factible se codifica en una lista o arreglo de elementos, usualmente caracteres alfanuméricos, para que se asemeje vagamente a la cadena de aminoácidos que conforman al cromosoma. Esta representación facilita el intercambio genético que se ha de realizar en el algoritmo genético, sin necesidad de que este conozca la naturaleza del problema y de sus soluciones". (García, Guillermo., 2010)
- *Bondad o "Fitness"*: "Es la evaluación del cromosoma con respecto al problema a resolver. Suele ser un número real que permite comparar a los cromosomas permitiendo determinar cuál es el mejor". (García, Guillermo., 2010)
- *Individuo*: "Es el contenedor que porta al cromosoma y a la bondad o "fitness". Muchas veces no se hace diferencia entre un individuo y un cromosoma, pero esta estructura es muy útil si se quiere agregar características o

comportamientos al individuo que no tengan que ver con la solución factible que representa". (García, Guillermo., 2010).

- *Población*: "Conjunto finito de soluciones factibles en forma de individuos. Representa un subconjunto del espacio de solución del problema a resolver". (García, Guillermo., 2010).

Según el autor García, Guillermo en su texto: "Introducción a la resolución de problemas con algoritmos genéticos" (2010). Estos elementos interactúan rigiéndose por un algoritmo evolutivo, que es simplemente una secuencia de pasos que simulan los mecanismos de la vida real contenidos en un ciclo. A cada ciclo de ejecución del algoritmo se le llama generación, lo que representa el transcurrir del tiempo de la vida real. Los elementos de evolución van cambiando generación tras generación (según los mecanismos evolutivos) permitiendo así tener soluciones mejores en cada una de ellas. Por ende, la ejecución de un algoritmo genético busca tomar una población inicial e irla cambiando en cada generación hasta que se decida parar por alguna razón, que por lo general se debe a una cantidad máxima de generaciones o la detección de que ya los individuos no están mejorando. El resultado que se espera es el de una población final con individuos mucho mejores que los de la población inicial.

Los pasos que usualmente posee un algoritmo genético son:

1. *Generación de la población inicial*: "Representa la creación de los primeros individuos. La técnica más obvia es seleccionar aleatoriamente soluciones factibles del problema, pero experimentalmente se ha comprobado que para muchos problemas esta no es la mejor forma. Usualmente se busca crear una técnica de generación de la población inicial por cada problema que se desea resolver. Ya que la idea es repartir lo mejor posible a los individuos sobre el espacio de solución". (García, Guillermo., 2010).

2. *Evaluación de la población*: "A cada individuo se le determina su bondad o "fitness". Usualmente la bondad es igual al resultado de evaluar la solución factible en la función que representa el problema". (García, Guillermo., 2010).

3. *Operador de selección*: "Permite seleccionar de la población a los individuos con mejor bondad o "fitness", que son los que tendrán la opción de cruzarse para generar descendencia. El resultado de este operador es un subconjunto de los individuos más aptos de la población, usualmente con repeticiones". (García, Guillermo., 2010).

4. *Operador de elección*: "Permite aparear a los individuos seleccionados. Este operador no es muy usual ya que casi siempre se opta por aparear aleatoriamente a los mejores individuos". (García, Guillermo., 2010).

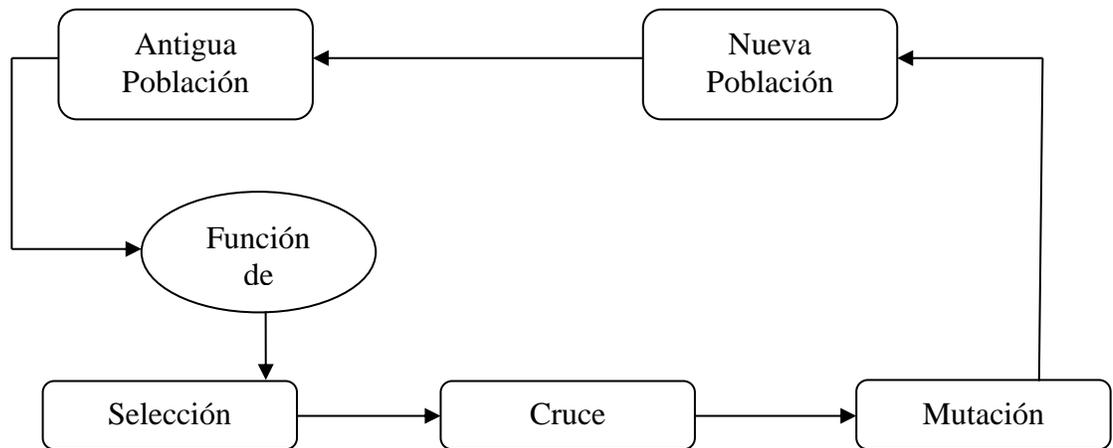
5. *Operador de cruce*: "Permite el intercambio genético entre los individuos apareados, generando así la descendencia. Usualmente consiste en segmentar las listas o arreglos que simbolizan a los cromosomas de los individuos apareados y generar los cromosomas de la descendencia uniendo dichos segmentos". (García, Guillermo., 2010).

6. *Operador de mutación*: "Permite introducir cambios en el contenido de los cromosomas recién creados para así garantizar la diversidad de la población. Experimentalmente se ha demostrado que el aporte de este operador es clave ya que si no se utiliza, las poblaciones tienden a contener individuos muy parecidos y a las pocas generaciones el mejoramiento se detiene". (García, Guillermo., 2010).

7. *Actualización de archivo externo*: "Permite almacenar los mejores individuos obtenidos en cada generación para evitar que se pierdan cuando se operen con los otros pasos evolutivos, como por ejemplo la mutación". (García, Guillermo., 2010).

8. *Operador de truncamiento*: "Dependiendo del operador de cruce utilizado, se pueden generar dos o más descendientes por cada apareamiento, lo que produce un crecimiento fuerte en el tamaño de la población. Este operador se utiliza cuando es necesario que las poblaciones tengan un tamaño máximo, no suele ser utilizado ya que lo normal es que los operadores de selección y cruce generen una población de tamaño constante". (García, Guillermo., 2010).

A continuación se muestra la Figura # 4 en la cual se resume el funcionamiento de los algoritmos genéticos:



Fuente: Buthainah Fahran Al-Dulaimi, y Hamza A. Ali

Figura 4: Funcionamiento de los algoritmos genéticos

Según los autores: Buthainah Fahran Al-Dulaimi, y Hamza A. Ali; se puede apreciar de la Figura # 4 el funcionamiento de los algoritmos genéticos empieza con la generación aleatoria de una población, es decir se forman todas soluciones factibles, luego se determina la bondad o "fitness" de cada individuo o cromosoma de la población, es decir el costo del recorrido (función objetivo) y mediante el operador de selección se eligen a los individuos con mejor bondad o "fitness", que son los que tienen la opción de cruzarse para generar descendencia, posteriormente con el operador de cruce se realiza el intercambio genético entre los individuos apareados, generando así la descendencia y gracias al operador de mutación se pueden introducir cambios en el contenido de los cromosomas recién creados para así garantizar la diversidad de la población. Finalmente se concibe una nueva población, que se espera sea mucho mejor que la inicial.

### **3. CAPITULO III**

#### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

##### **3.1 PROCESO DE DESPACHO DE LAS ÓRDENES**

El proyecto tiene dos partes, la primera; trata acerca de la optimización del despacho de las órdenes, dentro de la bodega Regional Quito de la empresa LEVAPAN del Ecuador. La segunda parte, trata la optimización de la ruta de hoteles para tratar de determinar una trayectoria óptima que permita tener más control sobre los transportistas, entre otras mejoras que serán de gran utilidad para la empresa. A continuación se presentará la fase: Definir, sobre ésta primera etapa para luego continuar con la fase definir de la segunda parte. Este proceso se lo realizará en cada fase del proyecto.

###### **3.1.1 Entender el proceso actual**

A continuación se procederá a explicar cómo está funcionando en la actualidad el proceso de despacho de las órdenes dentro de la bodega Regional Quito de la empresa LEVAPAN del Ecuador.

Tras una serie de conversaciones que se sostuvo con el administrador de la bodega y mediante la observación de las actividades diarias que ejercen los auxiliares durante varias semanas, el proceso de despacho de las órdenes comienza desde el día anterior; es decir, desde las 12 del día se empiezan a recibir facturas de los productos a ser despachados a la mañana del día siguiente.

En la tarde, estas facturas se las organiza de forma manual por rutas (que por lo general son 5; Norte, Sur, Centro, Valles y Hoteles) y dependiendo de cuanto volumen de producto se tenga, se llama a los transportistas que se necesiten para el despacho (por lo general son 5 camiones: cuatro de 3 toneladas y uno de 2 toneladas).

Una vez que se las deja organizadas. A las 6 de la mañana del día siguiente, se empieza con la preparación de las facturas, este proceso consiste en organizar los diferentes productos a ser despachados en pallets, para cada ruta. Es decir unos para el Norte, otros para el Sur y así sucesivamente, para luego dejarlos en la bahía de envíos. (Nunca es sólo un pallet, dependiendo de cuánto producto y qué producto lleve el camión de esa ruta, puede necesitar 4 o más pallets, en promedio cada pallet pesa 500kg).

Conforme van llegando los camiones, que se pidieron el día anterior, se empieza a cargarlos, este proceso se lo realiza con una revisión conjunta de facturas, entre los transportistas y los auxiliares de bodega. Una vez que se haya cargado el camión, este está listo para empezar con su ruta de entrega, la cual se la realiza en función del criterio y experiencia del transportista. Antes de poder salir de la empresa, el chofer tiene que imprimir la guía de remisión (es una lista con todo el producto que se lleva en el camión, esta guía la exige el SRI) donde el administrador de la bodega.

Luego que se han despachado los camiones, los auxiliares se van al desayuno, para el cual tienen un máximo de 10 minutos (por políticas de la empresa). Cuando regresan (aproximadamente a las 9:30am) realizan la limpieza de la bodega. Mientras tanto, el administrador hizo el pedido al Centro de Distribución (pide producto que esté a punto de agotarse, se haya agotado o se necesite). Una vez que llega el pedido de distribución, se empieza a organizar los productos en sus respectivos stands. En un intento de ganar tiempo tratan de adelantar la preparación de pallets (si es que ya tiene facturas en la bodega) aunque esto es difícil que suceda, puesto que existen muchas actividades extras que tiene que ser realizadas, por ejemplo hacer guías, transferencias, inventarios, etc.

Aproximadamente entre las 12pm y 12:40pm los dos auxiliares se van al almuerzo, para el cual tienen 30 minutos. A su regreso siguen adelantando la preparación de pallets o arreglan la bodega. Entre las 2:30 pm y 3 de la tarde comienza a llegar la flota de panadería; estos son 10 carros, de menos de una tonelada, que van llegando a la empresa hasta aproximadamente las 5pm ò 6 de la tarde, para realizar su inventario, pedido y despacho. Es decir cuando llega un carro de panadería, el vendedor lo que primero realiza es su pedido (llega a pedir lo que le haga falta para la ruta que tiene que realizar al día siguiente). Una vez que se haya hecho el pedido, se procede a realizar un inventario (esto es verificar entre el vendedor y un auxiliar de bodega que es lo que le sobra en el carro, que producto regresa, si se diera el caso). Luego se procede a realizar la preparación del pedido en un pallet y finalmente la carga del camión (en la cual se verifica con el pedido, que se le esté despachando lo que el vendedor pidió). Antes de poder cargar el carro, el vendedor tiene que subir donde el administrador de la bodega para que éste ingrese su pedido y se le dé una transferencia para que se le pueda despachar el producto. Una vez que se termina de despachar a todos los carros de panadería. Dependiendo de la hora, si aún hay tiempo, los auxiliares de bodega continúan

adelantando la preparación de facturas, caso contrario terminan su jornada laboral, aproximadamente a las 7 incluso 8 de la noche.

Este proceso está constantemente expuesto a variaciones. Existen días en los cuales llega un camión que se va al oriente y ese día se retrasan las actividades. Algunos días tienen que preparar un camión que se va al centro de distribución del Supermaxi. O simplemente surgen actividades inesperadas como: días de realización de inventarios, días de preparar un camión extra que surgió, etc.

### **3.1.2 Mapa de Procesos**

A continuación se presenta el mapa de procesos de la empresa LEVAPAN del Ecuador.

Como se puede apreciar de la Figura # 5 (Mapa de Procesos) existen 3 clases de procesos gobernantes; en la parte superior del mapa se encuentra el de gestión o estratégico, el cual está compuesto por una serie de sub-procesos que establecen las guías y orientaciones necesarias para que los procesos clave obtengan los resultados adecuados, entre estos se encuentran tanto la voz del cliente como la de los profesionales. También se encuentra la planificación estratégica, realizada por la gerencia de la compañía, la cual marca las metas o logros que se desean para todo el año. Se encuentra, el sub-proceso de gestión de contrato a terceros (entre éstos se encuentran los transportistas tercerizados) y la comunicación externa, la cual es clave para que se entiendan entre compañía y cliente, así como entre las diferentes áreas de la misma compañía, es decir que los mensajes e información lleguen a todos los niveles de ésta.

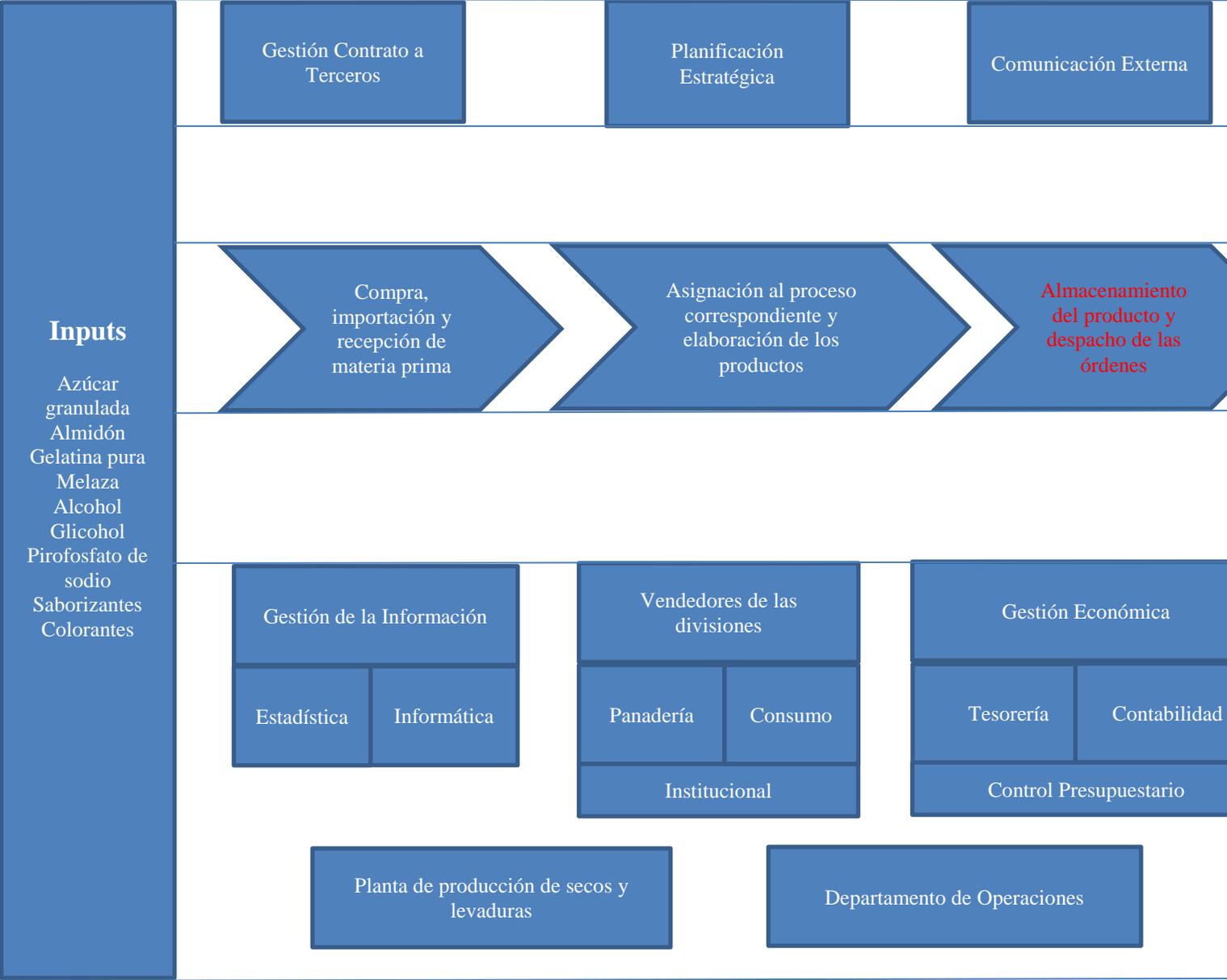
En la mitad del mapa se encuentran los procesos operativos, que son todos aquellos que se realizan en tiempo real y son la razón de ser de la compañía; está conformado por 3 sub-procesos; el primero es el proceso de compra, importación y recepción de la materia prima, aquí se recibe por ejemplo almidón, gelatina pura, melaza, alcohol, entre otros elementos esenciales para la elaboración de los diferentes productos que realiza la empresa. El segundo, es el sub-proceso de asignación al proceso correspondiente y a la elaboración de los

productos, es decir dependiendo de qué materia prima se ha recibido se la envía a la planta de secos ó a la de levadura; para que ahí se puedan fabricar los diferentes productos.

Y por último está el sub-proceso de almacenamiento del producto y despacho de las órdenes, es en éste sub-proceso que se centrará la primera parte del proyecto, aquí se recibe todo el producto que se fabrica, que se compra y que se importa, para almacenarlo en un centro de distribución nacional del cual son enviados a diferentes bodegas regionales y en cada una de éstas se proceden a realizar los despachos de las órdenes de los clientes.

En la parte inferior del mapa, se encuentran los procesos de soporte, éstos son aquellos que aportan recursos, ya sean materiales, organizativos o de información, para la realización de los procesos operativos. Entre estos están la gestión de la información, la cual incluye la estadística y la informática, para agilizar los procesos operativos. También se encuentra la gestión económica la cual está conformada por contabilidad, tesorería. Se encuentran también, los vendedores de las 3 divisiones (institucional, panadería y consumo) los cuales son los encargados de tomar los requerimientos de los clientes. Está el departamento de operaciones, el cual se encarga directamente de la bodega regional Quito y por último las plantas de producción de secos y levadura, ahí es donde se fabrican muchos de los productos que luego van a ser despachados para los diferentes clientes.

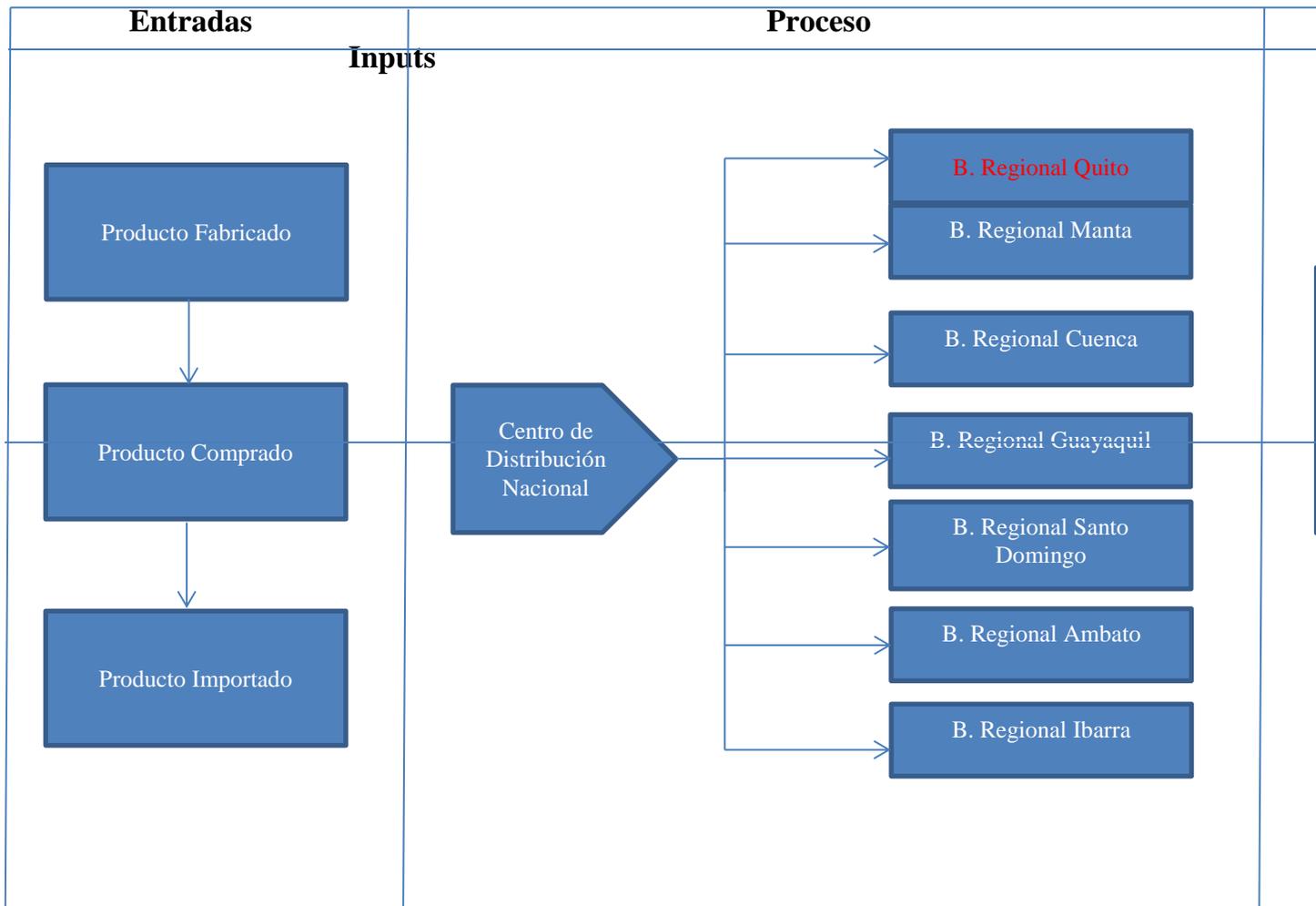
Los inputs del mapa son la materia prima que se utiliza en la empresa para fabricar todos los productos que se venden a los cientos de clientes y los outputs son el producto terminado, que es el que se encuentra en la bodega regional Quito, listo para ser despachado a los diferentes usuarios.



### **3.1.3 Proceso de despacho; Diagrama de Nivel 1**

A continuación se presenta el diagrama de Nivel 1 (Figura # 6) del proceso operativo de la empresa, es decir del almacenamiento del producto y despacho de las órdenes.

De la Figura # 6, se puede observar los sub-procesos de la "Entrada" que son; el producto fabricado, importado y comprado; todos estos productos pasan a un Centro de Distribución Nacional (el cual se encuentra dentro de la empresa LEVAPAN del Ecuador, es decir en la ciudad de Quito) y desde ahí se lo reparte a las diferentes bodegas de todo el país, en este caso son siete entre ellas están: B. Regional Quito, B. Regional Manta, B. Regional Cuenca, B. Regional Guayaquil, B. Regional Santo Domingo, B. Regional Ambato y B. Regional Ibarra. Finalmente vemos que la salida principal siempre va hacer la entrega del producto a los diferentes clientes, puesto que se está realizando el proyecto en una bodega, la cual tiene como objetivo primordial entregar el producto de manera rápida y efectiva a sus diferentes usuarios.



Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador

Figura 6: Diagrama de nivel 1

### **3.1.4 Flujograma del despacho de órdenes**

En el Anexo A se presenta el flujograma del proceso de despacho de las órdenes de la bodega regional Quito de la empresa LEVAPAN del Ecuador; según la autora Marilyn Vivas (2008), la forma de diagramación se la puede realizar como se muestra en el Anexo.

Al flujograma, del Anexo A, se lo dividió en 4 grupos, cada grupo está encargado de realizar diferentes actividades y en conjunto hacen que la bodega funcione, es decir que se logren realizar los despachos de las órdenes.

El flujograma, muestra cual es el funcionamiento actual dentro de la bodega Regional Quito de la empresa LEVAPAN del Ecuador. Es decir se graficó todo el proceso mencionado en la sección 3.1.1 (Entender el proceso actual).

### **3.1.5 Definición del problema**

Tras conversaciones que se sostuvieron tanto con el administrador como con el jefe del departamento de operaciones y como se ha podido observar del proceso actual, del mapa y del flujo grama del proceso del despacho de las órdenes. Los problemas que existen en la actualidad dentro de la bodega regional Quito son varios, entre los que están:

- Una jornada laboral de 8 horas no es suficiente para cumplir con todas las actividades que tienen que realizar los 2 auxiliares de bodega dentro de ésta. Lo cual lleva a un exceso de horas extras (entre 4 y 6 horas diarias). Lo que implica un gasto considerable para la empresa. Y sobre todo que se lo podría reducir si se optimiza este proceso.
- La falta de tiempo para poder adelantar la preparación de los pallets de los camiones tercerizados, que deberían salir máximo hasta las 8 de la mañana. Pero como se ha podido observar a lo largo de este capítulo, esto no ocurre, existen veces que a las 10 de la mañana recién está saliendo el último camión. Es decir hay demoras en el proceso, que se podrían mitigar.
- Existen muchos pedidos diarios de tamaño considerable al centro de distribución, con lo cual los auxiliares de bodega pasan mucho tiempo arreglando estos pedidos y ordenando la bodega.

- Existe desorganización en las entregas de facturas: es decir al no haber un horario de entregas, los vendedores llegan a la hora que quieren o se llevan las facturas a cualquier hora, para que los auxiliares de la bodega hagan la preparación de los pallets. Como este es un trabajo desordenado lo que causa son demoras en el proceso y no se logra adelantar nada considerable.

### **3.1.6 Cobertura del problema**

Tras conversaciones que se sostuvieron con el administrador y el jefe del departamento de operaciones y como se mencionó en la sección 3.1.5, existen 4 grandes problemas dentro de la bodega regional Quito. Los cuales se abordarán en este proyecto, con el fin de resolverlos. Para ello se realizará un muestreo del trabajo, para ver qué actividades son las que más se están realizando y así poder determinar donde están las demoras y crear un plan de mejora que permita mitigar estas falencias.

### **3.1.7 Identificación clientes y necesidades**

Después de mantener conversaciones con el administrador y el jefe del departamento de operaciones, se identificó que los clientes del proceso de despacho dentro de la bodega regional Quito, son todos aquellos que se tienen en las tres divisiones: Institucional, Consumo y Panadería. Puesto que los productos que se despachan son para todos ellos. A excepción de los de panadería a los cuales sólo se les remite mantecas y margarinas en volumen, a aquellos clientes que lo requieren. Para el despacho del resto de productos de esta división se tienen 10 vendedores (flota de panadería). En la sección 3.1.1 se explica a detalle como es el proceso de despacho para éstos.

#### **3.1.7.1 Necesidades de los clientes**

Tras conversaciones que se sostuvieron con el administrador y el jefe del departamento de operaciones, se identificaron que las necesidades de los clientes son las siguientes:

- Que se les despache justo lo que pidieron. Ni más ni menos.
- Que no exista equivocaciones de pedidos en sus despachos.

- Que el producto les llegue oportunamente. Es decir, sin demoras
- Que los despachos estén en un lapso entre 24 y 48 horas después de haber realizado el pedido.

### 3.2 PROCESO DE ACTIVIDADES DEL PERSONAL

#### 3.2.1 Lista de todo el personal involucrado en el proceso de despacho.

A continuación se muestra la Tabla # 2, en la cual se considera sólo a los trabajadores fijos de la bodega regional Quito. Ya que algunas veces existe más personal que suele ir a ayudar con la preparación y despachos de las órdenes y con todo el movimiento diario de la bodega, en general.

Tabla 2: Lista del personal

<i>Ocupación</i>
Administrador de la Bodega
Auxiliar de bodega # 1
Auxiliar de bodega # 2

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A

#### 3.2.2 Lista completa de actividades de los empleados de la bodega

Se presenta en la Tabla # 3, las obligaciones que tiene cada empleado, en la actualidad, en la Bodega regional Quito.

Tabla 3: Lista de actividades

<i>Nombre</i>	<i>Actividades</i>
Administrador de la Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar pedidos al Centro de Distribución</li> <li>- Realizar Guías de Remisión</li> <li>- Realizar Transferencias</li> <li>- Realizar pedidos de camiones</li> <li>- Realizar organización manual de facturas por rutas.</li> <li>- Realizar el inventario de la bodega</li> <li>- Ayudar a despachar producto, limpiar bodega, etc.</li> </ul>
Auxiliar de bodega # 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Acomodar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- Realización de inventario a vendedores de panadería</li> <li>- Despacho de levadura</li> <li>- Ayudar con las guías, transferencias, etc.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> <li>- Realizar inventario de Lafabril, levaduras.</li> </ul>
Auxiliar de bodega # 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Acomodar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- Realización de inventario a vendedores de panadería</li> <li>- Despacho de levadura</li> <li>- Ayudar con las guías, transferencias, etc.</li> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> <li>- Realizar inventario de Lafabril, levaduras.</li> </ul>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Como se observa de la Tabla # 3, las actividades de los dos auxiliares son las mismas, puesto que el trabajo así lo amerita y si hubiera otro auxiliar debería realizar las mismas tareas; la idea es reducir tiempos al tener más personal.

### 3.2.3 Lista de todos los transportistas involucrados en el proceso.

#### Lista de transportistas tercerizados

En la Tabla # 4 se listan los transportistas tercerizados que usualmente trabajan con la empresa. Es decir se llama a cualquiera de ellos para realizar los recorridos de las diferentes rutas.

Tabla 4: Transportes tercerizados

<i>Nombre de Transportista</i>	<i>Ruta</i>
Transportista # 1	Hoteles (la mayor parte hacia el Norte; +-desde la Patria hasta el Batán)
Transportista # 2	Norte 1: Prensa hasta Cotocollao +- incluso Mitad del mundo
Transportista # 3	Norte 2: Eloy Alfaro hasta Calderón
Transportista # 4	Centro - Sur (Desde la Universidad Central hasta Guamaní)
Transportista # 5	Valles 1 (Tumbaco, comprende: Cumbaya Tumbaco, Checa Jaruqui hasta el Quinche)
Transportista # 6	Valles 2 (Chillos comprende: Conocoto, San Rafael, Pintaj, Amaguaña hasta machachi)

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

### Lista de vendedores de panadería

En la Tabla # 5 se puede observar la ruta asignada a cada uno de los diez vendedores de la flota de panadería.

Tabla 5: Vendedores de panadería

<i>Nombre del Vendedor</i>	<i>Ruta</i>
Vendedor # 1	Centro-Sur 1: San Roque, Centro Histórico, Tejar; Sur: Santa Anita, La biloxi, La mena 2, Solanda, Barrio Nuevo, Quito Sur, Chili Bulo. Desde Solanda hasta San Juan (sur)
Vendedor # 2	Centro Sur 2: desde San Bartolo hasta la Marín (centro)
Vendedor # 3	Desde Chillogallo, la ecuatoriana, Juamaní; Turubamba, Caupicho, La nueva Aurora, Beatere.
Vendedor # 4	Centro-Norte: Desde Monjas, Jardín del Valle hasta la Vicentina, 12 de Octubre, La colón, las casas, Amércica, La comuna, Santa Clara, El dorado
Vendedor # 5	Norte 1: desde Iñaquito, pasa por el Inca, Batán, San Carlos
Vendedor # 6	Norte 2: Atucucho, La pulida, la roldós, la comuna, Ponceano, es decir Cotocollao – Carcelén – La Ofelia.
Vendedor # 7	Norte 3: Mitad del Mundo – Pomaski – Calacalí – Carapungo – Calderón – Comité del Pueblo.
Vendedor # 8	Valle Tumbaco: Cumbaya – Tumbaco – Yaruquí – Puenbo – Quinche
Vendedor # 9	Valle Chillos: San Golqui – Conocoto - San Rafael – Pintaj – Amaguaña – Machachi – Aloah
Vendedor # 10	Comité – La planada – La Roldós – Pisuri – Llano Grande – Cotocollao – Sambisa – Puellaró – San José de Minas – Malchingui Oriente del Ecuador: Chaco – Baesa – El Reventador – Lago – Sacha

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

### 3.2.4 Lista de Clientes del proceso de despacho

A continuación se presenta la Tabla # 6, con los clientes involucrados en el proceso de despacho y sus necesidades:

Tabla 6: Clientes del proceso de despacho

<i>Cliente</i>	<i>Necesidades</i>
<i>División Institucional</i>	
Hotel Tambo Real	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Hotel Colón Internacional C.A.	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
APARTEC - Hotel Alameda	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
La Unión	Despacho Correcto
Hotel Río Amazonas APARTSUIT S.A.	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Hotel Sebastian	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Ceviches de la Foch	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
La Boca del Lobo S.C.C.	Entrega Oportuna/Despacho Correcto

Termas de Papallacta S. A.	Despacho Correcto
The Magic Bean	Despacho Correcto
Tortas y Tartas	Despacho Correcto
Solcentro S.A.	Despacho Correcto
Hansel y Gretel CIA. LTDA.	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Promodann CIA. LTDA.	Despacho Correcto
Citymaxis S.A.	Despacho Correcto
Conclina C.A.	Despacho Correcto
La Casa del Suizo	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Sachalodge S.A.	Despacho Correcto
Fideicomiso Hit	Despacho Correcto
Goddard Catering Group Quito S.A.	Despacho Correcto
Kleintours y representaciones C. LTDA.	Despacho Correcto
Archies Ecuador S.A.	Despacho Correcto
<b><i>División Consumo</i></b>	
Supermaxi	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Santa Maria	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Tía	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Cosfa	Entrega Oportuna/Despacho Correcto
Econofarga	Despacho Correcto
Farcomer	Despacho Correcto
Fybeca	Despacho Correcto
Sana Sana	Despacho Correcto

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

### **3.3 PROCESO DE TRANSPORTE**

#### **3.3.1 Entender el proceso de transporte actual**

Después de haber analizado conjuntamente con el administrador de bodega, el jefe de operaciones de LEVAPAN y de las visitas de campo realizadas para observar el proceso actual de transporte se pudo constatar lo siguiente.

LEVAPAN ha determinado, en base a su experiencia, cinco rutas de vehículos para la entrega de pedidos, éstas se han establecido para poder abastecer las diferentes zonas geográficas de la ciudad de Quito, es decir; una para el Norte, otra para el Centro, Sur, Valles y una específica para suministrar a los clientes de la división Institucional, que por lo general son diversos hoteles de la ciudad, ubicados en su gran mayoría en una zona nor-céntrica. Con

el resto de rutas (4) se suministra a todos los clientes de las otras dos divisiones (Panadería y Consumo).

El administrador de la bodega, determina el día anterior la cantidad de vehículos (y sus capacidades) necesarios para el despacho de los productos y organiza la carga en base a Pallets que contienen la mercancía de cada uno de los clientes de las rutas establecidas. A partir de las 6 am se inicia la carga de los vehículos, entregándole a cada conductor la guía de remisión, que es una lista con todos los productos, requerida por el SRI (Servicio de Rentas Internas) y el control de entrega de pedidos en el que se detalla el número de factura, numero de cajas, etc. Se prioriza la carga del vehículo de los clientes de la división institucional, que incluye a los principales hoteles de la ciudad de Quito, pues estos deben ser atendidos dentro de un plazo de 24 a 48 horas posteriores de haber realizado el pedido. Si bien el transporte es tercerizado, los contratistas son dueños de sus transportes y están trabajando para LEVAPAN por mucho tiempo lo cual garantiza a la empresa un alto porcentaje de cumplimiento del servicio.

La capacidad de los vehículos destinados a servir a Panadería y Consumo es de 3 toneladas y la de los vehículos para Hoteles de 2 toneladas, sin embargo si por algún pedido especial se superaran estas capacidades se pide oportunamente un vehículo con la capacidad adecuada.

El transportista organiza el reparto según su criterio y conveniencia visitando a los diferentes clientes, para la entrega de los pedidos, sin un orden previamente establecido. El transporte es solo de entrega y no tienen que recoger productos en ningún lugar. Tampoco existen horarios establecidos para entregas, si no tan solo la obligación de entregar los productos durante el día, a los diferentes clientes que les fueron asignados. No se realiza ningún monitoreo de seguimiento de la ruta de los vehículos ni de la hora de atención a los clientes.

### **3.3.2 Análisis del proceso actual**

Tras haber mantenido conversaciones con el administrador de la bodega, el jefe del departamento de operaciones y la observación. Se solicitan 5 vehículos para poder atender a los clientes en las diferentes rutas.

Los transportistas tienen experiencia en el manejo de todas las rutas y pueden atender cualquiera de ellas que se les asigne, tanto en el sector de Panadería y Consumo como en la ruta de Hoteles.

El tiempo de carga de los camiones varía entre 45 minutos y una hora con veinte minutos, dependiendo de si se pudo o no iniciar el día anterior con la preparación de los pallets correspondientes a las rutas establecidas.

El recorrido de la ruta de Hoteles consiste en atender los pedidos realizados por los 22 clientes indicados en la Tabla # 8, con la obligación de entregarles dentro del día los productos solicitados en sus pedidos y sin tener que recibir ningún producto por parte de ellos. Los clientes exigen ser atendidos dentro de un plazo máximo a las 48 horas siguientes a su pedido y están dispuestos a recibir los productos dentro del día sin restricción de horario.

Los clientes indicados en la Tabla # 7 exigen se les suministre sus pedidos con la frecuencia indicada. El transportista en base a las direcciones de los clientes, recibidas en el control de entrega de pedidos, organiza a su criterio y conveniencia la ruta que va a seguir para poder cumplir con las entregas previstas para el día, pero no tiene un criterio de optimización que garantice el mejor desempeño de su trabajo. De la manera como se establece la ruta, LEVAPAN no puede realizar un seguimiento de las entregas ni el control del transportista.

### **3.3.2.1 Problemas del proceso de transporte**

Los principales problemas que existen actualmente con el transporte son los siguientes:

- El transportista establece la ruta a seguir, en la visita a los clientes, lo cual no garantiza el cumplimiento de las entregas durante el día.
- LEVAPAN no tiene ningún conocimiento de la ruta a seguir lo cual no le permite tener control sobre el cumplimiento de las entregas ni sobre las actividades del transportista.
- No está establecido un procedimiento que permita establecer una secuencia óptima para la visita a los clientes de la división institucional, que este en conocimiento de LEVAPAN y del transportista y que garantice un servicio oportuno y confiable

### **3.3.2.1.1 Definición del problema**

Por lo anteriormente expuesto podemos concluir que el problema de transporte está íntimamente relacionado con la definición de la ruta a seguir, la cual actualmente es definida por el transportista lo cual no le permite a LEVAPAN controlar el proceso de transporte, optimizar la ruta, controlar al transportista y garantizar la entrega oportuna de los pedidos a los clientes.

### **3.3.2.2 Elección del modelo y de la ruta**

Como se mencionó en la sección 3.3.2.1, existen 3 problemas referentes al transporte del producto, los cuales se abordarán en este proyecto con el fin de mitigarlos. Como se ha podido observar del análisis del proceso (sección 3.3.2) no existen ventanas de tiempo, es decir; los clientes no exigen horarios de entrega para sus pedidos, por otra parte los camiones tampoco recogen pedidos en su trayectoria, es decir; no existe "Backhauls", inclusive la restricción de capacidad no se aplica, puesto que se piden los camiones según la demanda de volumen de los clientes (como se explicó en la sección 3.3.1).

Es por ello que el problema que se presenta es un TSP ("Traveling Salesman Problem" por sus siglas en inglés). Dantzing, Fulkerson y Johnson (1954) desarrollaron un modelo matemático general para este tipo de problemas. El cual, como se vio en el capítulo 2, se puede resolver tanto con métodos exactos como heurísticos y como se explicó en ese mismo capítulo se utilizará un algoritmo genético (incluido en el programa "Premium Solver Platform") para resolver este tipo de problema. Que a su vez se lo tratará con distancias euclidianas, es decir que sólo interesa la distancia en línea recta que existe entre dos clientes y no la trayectoria entre éstos. Como también se explicó en el capítulo 2, para obtener estas distancias se utilizará el teorema de Pitágoras y el problema se lo considera como un ETSP ("Euclidian Traveling Salesman Problem"). Más adelante en el capítulo 4 y 5 se explica cómo se obtuvieron esas distancias y como se resolvió el problema.

Los problemas que se vieron en la sección 3.3.2.1, fueron los que se encontraron en la división Institucional, es por ello la urgencia que tiene la empresa de mitigarlos, es decir; al tener un orden óptimo de visita a todos los clientes de esta ruta, primero los transportistas ya

no tendrían que armar la ruta con su criterio y deducción, segundo se tendría más control sobre ellos, puesto que si la empresa también se queda con una copia de la trayectoria, va a saber a lo largo del día donde debería estar el transportista, por ende se resolverían estos tres principales problemas que tiene la ruta de Hoteles.

Por otra parte cuando se habló con el gerente de operaciones y el jefe del departamento, estuvieron de acuerdo que el orden de visita optimizado a todos los clientes, va a tener que seguirlo el transportista de esta división, inclusive esto se convertiría en una política de la empresa LEVAPAN del Ecuador. Los transportistas al ser tercerizados y cada chofer dueño de su propio vehículo, le interesa tener a esta empresa como su cliente, es por esto que ellos deberán seguir la ruta optimizada sin ninguna clase de protesta o queja, caso contrario se contrata otro tercerizado que cumpla con esta política. Además que el objetivo del proyecto es darle el orden óptimo de visita más no la trayectoria a seguir, es decir; si el chofer por su experiencia conoce atajos, los puede realizar pero tiene que visitar a todos los clientes y en el orden que se le dé. Es por todas estas razones que se escogió la ruta de Hoteles para la realización del proyecto.

A continuación se presenta la Tabla # 7 con los clientes que exigen entregas oportunas y la frecuencia con la que se los visita:

Tabla 7: Clientes que exigen entregas oportunas

<i>Nombre del Cliente</i>	<i>Frecuencia de visita (semanal)</i>
Hotel Tambo Real	1
Hotel Colón Internacional C.A.	1 ó 2
APARTEC - Hotel Alameda	1
Hotel Río Amazona APARTSUIT S.A.	1
Hotel Sebastian	1
La Boca del Lobo S.C.C.	1
Hansel Y Gretel CIA. LTDA.	1

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

### **3.3.3 Clientes del proceso de entrega de pedidos**

Como ya se mencionó anteriormente el proyecto se centrará en la ruta de Hoteles. A continuación se presenta la Tabla # 8, que considera a todos los clientes, su promedio de demanda mensual y las direcciones de cada uno. Para sacar esta demanda se consideraron los meses de enero hasta mayo del 2012 y se sacó un promedio. La demanda mensual no es un

dato crítico para el proyecto porque en el modelo no va a existir una restricción de capacidad, ya que la empresa LEVAPAN del Ecuador no tiene inconvenientes de pedir un carro más grande si la demanda lo amerita. Por lo tanto sea cual sea ésta, siempre se va a tener el transporte con la capacidad adecuada, es por ello que se dice que no es un dato crítico.

Tabla 8: Clientes, direcciones y demandas

<b>Cliente</b>	<b>Dirección</b>	<b>Demanda Mensual Promedio (Kg)</b>
HOTEL TAMBO REAL	AV. 12 DE OCTUBRE Y PATRIA (ESQ.)	289,24
HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	AV. AMAZONAS N19-14 Y PATRIA	5342,46
APARTEC - HOTEL ALAMEDA	ROCA Y AMAZONAS	885,48
LA UNION	AV. COLON Y REINA VICTORIA (ESQ.)	6550,54
HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	LUIS CORDERO E4-375 Y AV. AMAZONAS	176,19
HOTEL SEBASTIAN	ALMAGRO # 822 Y CORDERO	302,43
CEVICHES DE LA FOCH	AV. 12 DE OCTUBRE # 1533 Y FOCH	947,9
LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	CALAMA # 284 Y REINA VICTORIA	84,25
TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	FOCH E7-38 Y REINA VICTORIA(CUARTO PISO)	245,3
THE MAGIC BEAN	JUAN LEON MERA # 681 Y FOCH	136,52
TORTAS Y TARTAS	WILSON 537 Y DIEGO DE ALMAGRO	462,65
SOLCENTRO S.A.	ALEMANIA Y REPUBLICA (ESQ.)	645,2
HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.	JORGE JUAN N32-62 Y MARIANA DE JESUS	433,31
PROMODANN CIA. LTDA.	AV. REPUBLICA DEL SALVADOR N34-377 E IRLANDA	1302,28
CITYMAXIS S.A.	AV. AMAZONAS N37-56 Y NACIONES UNIDAS	1514,16
CONCLINA C.A.	M. DE JESUS S/N Y NICOLAS ARTETA	490,08
LA CASA DEL SUIZO	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y MIRAVALLE	945,11
SACHALODGE S.A.	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y VALLADOLID	553,81
FIDEICOMISO HIT	AV. N.N. U.U. Y REPUBLICA DE EL SALVADOR	2001,46
GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	LUIS A. TUFÍÑO # 1185-CIUD. RUMIÑAHUI	1390,49
KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. LTDA.	CATALINA ALDAZ N34-11 Y AV. ELOY ALFARO	15,5
ARCHIES ECUADOR S.A.	AV. REPUBLICA Y NACIONES UNIDAS	65,8

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

## **4. CAPITULO IV**

### **MEDICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **4.1 MEDICIÓN DEL PROCESO DE DESPACHO**

##### **4.1.1 Muestreo del Trabajo**

Con el fin de optimizar las órdenes de despacho, se realizará un muestreo del trabajo para así poder identificar la inactividad de los auxiliares de bodega y otra información que será útil para desarrollar un plan de mejora.

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Cuando se realiza un muestreo del trabajo, primero se determina el tamaño de la muestra, es decir, cuantas observaciones se van a tener que realizar que permitan tener una precisión significativamente rápida en lo que se quiere determinar, ganando tiempo, con menos fatiga por parte del analista y del personal, esta es una de las ventajas que tiene el muestreo sobre el estudio de tiempos, en el cual se necesita mucho más tiempo cuando se está analizando la actividad.

##### **4.1.1.1 Determinación del nivel de confianza**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Antes de poder establecer el tamaño de la muestra, primero se tiene que determinar qué nivel de confianza se desea tener. Para el proyecto se va a tener un intervalo de confianza del 95%, esto representa un valor  $z$  de 1.96. Por lo tanto el valor  $Z$  en la ecuación del tamaño de la muestra es igual a:  $z = 1.96$

##### **4.1.1.2 Determinación de la probabilidad de una sola ocurrencia**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Antes de poder determinar el tamaño de la muestra, se tiene que establecer primero la probabilidad de que el trabajador esté inactivo. El tiempo de demoras o inactividad (valor  $p$ ) se determinó mediante un muestreo piloto (se

realizaron 163 observaciones de forma aleatoria, generando números al azar en Excel) realizado durante dos días. Los resultados de este muestreo se presentan a continuación:

Se dividió el número de veces que el trabajador estuvo inactivo para el número total observaciones:

$$17 \text{ inactivas} / 163 \text{ observaciones} = 0.104 = 10\%$$

Por lo tanto el valor  $p$  en la ecuación del tamaño de la muestra es igual a:  $p = 0.1 = 10\%$ .

#### **4.1.1.3 Determinación del número de observaciones**

Con toda la información previa, necesaria para poder determinar el tamaño de la muestra. Se reemplazaron los datos en la *ecuación # 13*, de esta manera se obtuvo el siguiente número de observaciones

$$n = ((1.96)^2 * (0.10)(1 - 0.10)) / (0.03)^2$$

$$n = (3.84 * 0.09) / 0.0009$$

$$n = 0.3456 / 0.0009$$

$$n = 384 \text{ observaciones}$$

Para facilitar los cálculos se redondeará a 400 observaciones. Lo cual es mejor para el estudio ya que se tiene más precisión en la respuesta, puesto que se incrementa tu nivel de confianza y se disminuye el límite de error.

#### **4.1.1.4 Determinación del límite de error**

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Antes de poder fijar el tamaño de la muestra, también se tiene que definir el límite de error que se va a permitir tener al momento de realizar las observaciones. Para el presente estudio de muestreo se considerará un límite del 3%. Por ende, en la ecuación del tamaño de la muestra;  $\mathbf{I} = 0.03 = 3\%$ . Este límite está ligado al valor  $p$ , es decir que en realidad la probabilidad de éxito (inactividad) de cada observación, va a estar entre un intervalo del 7% - 13%, en cada muestra que se tome.

#### **4.1.1.5 Determinación de la frecuencia de observación**

Una vez que se tiene el número de observaciones, se determina la frecuencia de observación. Se quiere completar las 400 observaciones en 8 días laborales. Por lo tanto  $400 / 8 = 50$  observaciones diarias.

Según los autores Benjamin W. Niebel y Andris Freivalds, en su libro: "Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo." Existen muchas formas para encontrar una ocurrencia aleatoria de estas observaciones. Para realizar el muestreo que se necesita para el proyecto se utilizará el programa Excel, en el cual se generarán números aleatorios para los 8 días que se necesitan para la recolección de los datos. (Ver anexo B).

Una vez que se haya realizado el muestreo de trabajo se podrá determinar cuál es el porcentaje de inactividad de los empleados, con el que se está trabajando dentro de la bodega de la Regional Quito. Y se podrán realizar recomendaciones para un futuro e incluso el considerar inactividad de otro tipo como holguras por fatiga variable, holguras especiales, etc. Con ello también se podrá determinar otra información que será útil para poder desarrollar un plan de mejora en el proceso de despacho.

#### **4.1.1.6 Formulario del trabajo**

Para poder hacer la recolección de los datos, se diseñó un formulario del trabajo, como se mencionó en la sección 2.4.5 del capítulo 2. Se puede observar este formulario en el Anexo C.

En resumen este formulario está dividido en dos partes; en la primera, se consideran todas las ocurrencias productivas (cuando el trabajador esta activo, es decir realizando alguna tarea) como la limpieza de la bodega, el arreglo y orden de la misma, la preparación de los pallets, cargar y trasladar el producto, realizar guías, transferencias, despachar levadura y otras actividades extras o inesperadas. En la segunda parte del formulario, se consideraron las ocurrencia no productivas (cuando el auxiliar está inactivo, es decir cuando no está realizando ninguna tarea que agregue valor al trabajo) como las necesidades personales, capacitación, receso, la hora de almuerzo o simplemente la inactividad por cualquier otras razón (descansar, conversar, comer, etc.).

## **4.1.2 Análisis de las observaciones**

Una vez que se terminó de realizar el estudio, es decir cuando se acabaron de tomar las 400 muestras; se las recopilaron en tablas, para poder hacer una investigación del trabajo. Este primer análisis se lo hizo contabilizando (de los formularios de trabajo) cuantas ocurrencias hubo, en los 8 días, de cada actividad (tanto de las productivas como de las no productivas) y esa ocurrencia de cada tarea se la dividió para las 400 muestras con la finalidad de obtener un porcentaje de ocurrencia de cada labor.

### **4.1.2.1 Registro de Observaciones**

A continuación se presenta la Tabla # 9, que muestra el porcentaje de ocurrencias productivas de las actividades de los trabajadores (en la sección previa se mencionó como se determinaron estos porcentajes). Cabe recalcar en estas instancias del proyecto, que en la bodega regional Quito hay dos auxiliares; el uno entró hace un mes, por lo tanto aun está aprendiendo muchas de las tareas. Es por ello que el muestreo se lo realizó observando sólo al otro auxiliar, este cumplía con las características necesarias para la observación sin errores, es decir es un trabajador normal, que lleva más de un año en la empresa, tampoco es un experto en la realización de su trabajo. Con esto se asegura de que no existan puntos atípicos en el estudio. Puesto que si se hacía el muestreo considerando a los dos trabajadores, los datos no hubieran tenido la validez necesaria, ya que uno de los trabajadores es nuevo y está en fase de prueba, aprendiendo como realizar ciertas tareas aún.

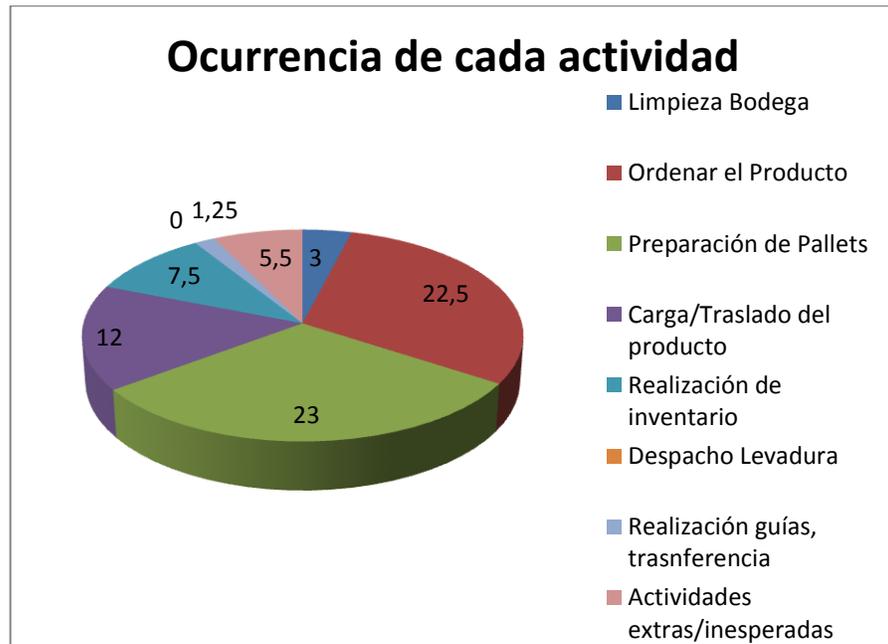
El porcentaje de ocurrencia de actividades de la Tabla # 9 es en base a las 400 observaciones realizadas en los 8 días laborables. Por ejemplo la preparación de pallets tiene una ocurrencia del 23%, es decir que 92 (23% de 400 observaciones) muestras de las 400 recolectadas durante los 8 días y en cada día a diferentes horas, se encontró al trabajador realizando esta actividad. La misma lógica es para el resto de porcentajes.

Tabla 9: Porcentajes de ocurrencias productivas

<i>Ocurrencias Productivas</i>	<i>Porcentaje de ocurrencia de actividades (%)</i>
Limpieza Bodega	3
Ordenar el Producto	22,5
Preparación de Pallets	23
Carga/Traslado del producto	12
Realización de inventario	7,5
Despacho Levadura	0
Realización guías, transferencia	1,25
Actividades extras/inesperadas	5,5
<b>Total</b>	<b>74,75</b>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

En la Figura # 7 se puede apreciar mejor cuál o cuáles son las actividades que más se realizaron en los 8 días laborables que duró la toma de observaciones.



Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A

Figura 7: Porcentaje de ocurrencias productivas

Como se puede apreciar de la Figura # 7, ordenar el producto y preparar los pallets son las actividades que más se realizaron durante el muestreo; 22.5% y 23% respectivamente; es decir casi la mitad de las veces de su trabajo, los auxiliares de bodega pasan ejerciendo estas

dos actividades. Mientras que la limpieza y la realización de guías y transferencias son las tareas que menos se realizan; 3% y 1.25%, respectivamente; por ende, menos del 5% de las veces de su trabajo se realiza esto; y se debe a que las guías y transferencias las hace el administrador de bodega, los auxiliares suelen hacer esta actividad para ayudarlo ò cuando éste se los pide. La limpieza de la bodega no se la realiza mucho puesto que, además de la falta de tiempo, los auxiliares pasan casi el 23% de su trabajo ordenando el producto, es decir de las 400 observaciones, 90 (22.5% de 400 muestras) veces se encontró al empleado ejerciendo esta labor de ordenar el producto a diferentes horas del día, por lo tanto no hay como realizar una limpieza ya que se volvería a desarreglar y ensuciar todo.

A continuación se presenta la Tabla # 10, que muestra el porcentaje de ocurrencias no productivas de los trabajadores. El porcentaje de ocurrencia de actividades de la Tabla # 10, es en base a las 400 observaciones realizadas en los 8 días laborables. Por ejemplo la inactividad tiene una ocurrencia del 15.5%, es decir que 62 (15.5% de 400 observaciones) muestras de las 400 recolectadas durante los 8 días y en cada día a diferentes horas, se encontró al trabajador inactivo. La misma lógica es para el resto de porcentajes.

Tabla 10: Porcentaje de ocurrencias no productivas

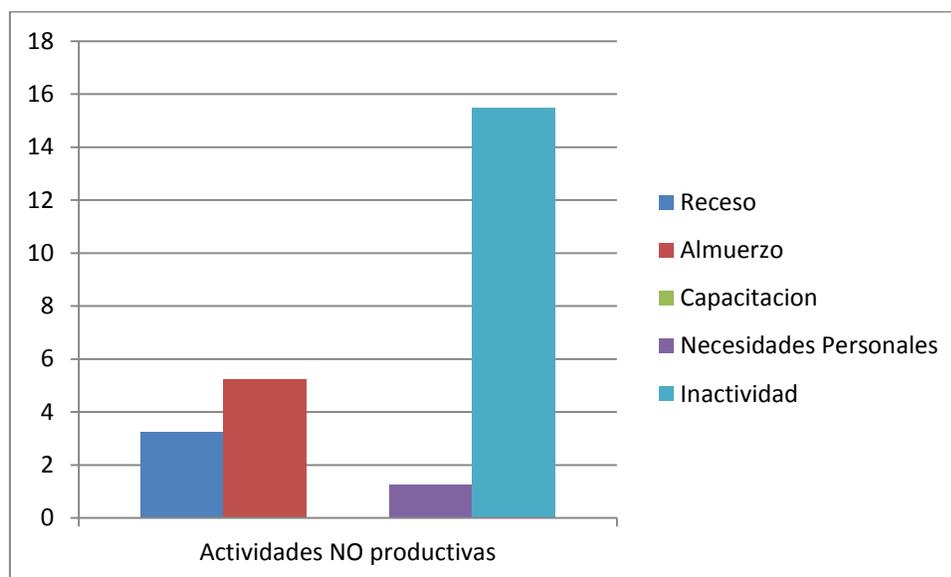
<i>Ocurrencias No Productivas</i>	<i>Porcentaje de ocurrencia de actividades (%)</i>
Receso	3,25
Almuerzo	5,25
Capacitación	0
Necesidades Personales	1,25
Inactividad	15,5
<b>Total</b>	<b>25,25</b>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Como se puede observar de la Tabla # 10 el porcentaje total de actividades que no agregan valor es del 25,25% de las 400 observaciones tomadas durante el estudio en 8 días laborables. De este porcentaje, casi el 10% (suma de: 3.25% + 5.25% + 1.25%) se debe a inactividad que no se puede eliminar ya que almorzar o ir al baño es algo indispensable y que hasta por derecho debe tener cada empleado. Pero si existe más del 15% de inactividad debida

a que los auxiliares se encuentran conversando, comiendo, descansando, etc. (como se puede ver en las observaciones del Anexo D). Este porcentaje sigue siendo elevado y se lo podría disminuir, para así poder realizar actividades que generen valor al trabajo, como por ejemplo; adelantar la preparación de pallets.

A continuación se presenta un histograma (Figura # 8) en el cual se resume la información de la Tabla # 10.



Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Figura 8: Histograma de ocurrencias no productivas

Como se puede observar de la Figura # 8, el receso que constituye el 3.25% de las 400 muestras, lo cual representa a 13 ocurrencias en las cuales se encontró al trabajador que se había ido al café; no se lo puede quitar, ya que es una política de la empresa que, de la manera en que se está trabajando hoy por hoy, los empleados tengan un receso para que puedan ir al desayuno. Lo mismo sucede con el almuerzo. Por ende si fuera necesario se las podría disminuir pero jamás eliminar. Durante el muestreo realizado no se observaron capacitaciones al personal.

Con la finalidad de corroborar y sustentar la información de los porcentajes de actividades productivas y no productivas y para obtener nueva información, se realizó otra forma de tabular y analizar los datos del muestreo. Primero, se consideraron intervalos cada 20 minutos en una jornada laboral de 8 horas; por lo tanto se tendrán 24 intervalos en total. Este rango de tiempo es adecuado porque es un intervalo relativamente corto, pero tampoco demasiado como para que no sobresalgan las actividades que se realizan en esos períodos de tiempo.

Se crearon 3 tablas distintas. En la primera se considera a cada actividad, ya sea productiva o no productiva, independiente; y en cada una de esas tareas se consideraron los 8 días que duró el muestreo, todo esto dividido en los intervalos de tiempo de 20 minutos; con la finalidad de conocer cuantas veces se efectuó cada actividad en ese período de tiempo y también para poder determinar el porcentaje que se realizó esa actividad durante todo el muestreo. Entre otra información útil como se verá en el Anexo E. Los porcentajes coinciden con los que ya se determinaron en las secciones previas. En la tabla del Anexo E se resume toda la información de la tabulación de los datos (cuantas veces se efectuó cada actividad por intervalo, que porcentaje se realizó de cada actividad productiva y no productiva, así como cuantas veces se realizo cada actividad por día).

Una vez tabulados todos los datos del muestreo; se desarrolló la tabla del Anexo F, en la cual se exhibe el porcentaje que representa cada actividad, de las 400 observaciones, para cada intervalo de tiempo, durante los 8 días que duró el muestreo. Y se seleccionó las dos más significativas (sombreadas en la tabla del Anexo F). Es decir, por ejemplo; en el intervalo de las 9:21am – 9:40am, ocurrieron 5 actividades distintas (Limpieza bodega, Ordenar el producto, Carga/Traslado del producto, Realización inventario e Inactividad) pero de estas 5 actividades la limpieza de la bodega ocurrió 6 veces de 22 en total, lo cual representa al 27.27% ( $= (6/22) * 100$ ) de esas 22 actividades que ocurrieron en ese lapso de 20 minutos; y la actividad de ordenar el producto ocurrió 5 veces de 22 en total, lo cual representa al 22.73% ( $=(5/22) * 100$ ) de esas 22 tareas que ocurrieron en ese lapso de 20 minutos. Siendo estas dos las mas significativas de ese intervalo. Por lo tanto están resaltadas en la tabla. La misma técnica se efectuó para determinar el resto de porcentajes de la tabla del Anexo F.

Finalmente se exhibe la tabla del Anexo G, en la cual se resume cual o cuales actividades son las que mas se realizaron en cada intervalo de tiempo con su debido porcentaje. Y otra columna en la cual se muestran los porcentajes que representan esas actividades para cada período de 20 minutos. Es decir si en la columna que dice: “% total entre suma de actividades” se encuentra 81%, quiere decir que la suma de las actividades que mas se realizaron en ese intervalo, fue de 81% del 100% del total de tareas que se hicieron durante ese lapso de 20 minutos. Este procedimiento se lo efectuó para toda la jornada de 8 horas, es decir existen 24 intervalos en total y en cada uno se presentan las actividades que mas se realizaron.

Como se puede observar de la tabla del Anexo E se crearon algunas columnas y filas extras, con la finalidad de resumir la información. Entre estas columnas esta la de “Total” en cada actividad, de ella se puede conocer cuantas veces se realizó esa actividad, en los 8 días laborables, en ese intervalo de tiempo. En la columna: “Total actividades” se muestra cuantas actividades en total (entre todas las tareas durante los 8 días del muestreo) se realizaron en ese intervalo de tiempo. Por otra parte se creó también la fila: “Total de ocurrencias de cada actividad por día” en esta se puede observar cuantas veces se realizó cada actividad en cada día del muestreo. También está la fila: “Total de ocurrencias de cada actividad” en la cual se muestra cuantas veces se realizó esa actividad durante todo el muestreo. Y finalmente la fila: “Porcentaje total de cada actividad” en la cual se presenta el porcentaje de ocurrencia de cada actividad durante todo el muestreo (estos porcentaje coinciden con los obtenidos en el primer análisis).

De la tabla del Anexo G se puede observar primero, como está funcionando la bodega regional Quito, desde las 8 de la mañana hasta las 4 de la tarde. Segundo, se muestra al detalle, qué actividades son las que más se realizaron en cada lapso de 20 minutos ligadas a sus respectivos porcentajes. Se puede concluir que las actividades tienen un orden lógico, es decir van de acuerdo con el funcionamiento actual de la bodega (no se puede decir si es bueno o malo, sólo que va de acuerdo al funcionamiento de hoy por hoy). En la mañana desde las 8am hasta las 9am, la mayor tarea que se hace es la de preparar los pallets, corroborando así el problema de que los camiones tercerizados siguen hasta esa hora en la empresa (mas de las 9am), cuando a mas tardar deberían salir a las 8am. Se nota claramente con un 62% de

ocurrencia que la actividad de receso se da entre las 9:01am y las 9:20am, es decir los auxiliares se van al café (actividad que no se puede eliminar por políticas de la empresa, pero se podría disminuir si el trabajo lo amerita). También se puede observar que entre las 9:21am y 11:40am las actividades que mas se ejecutan son: ordenar del producto y carga/traslado del producto. Esto se debe a que una vez que regresan del café, el pedido del centro de distribución ha llegado y tienen que cargar y trasladar producto para acomodarlo u ordenarlo en sus respectivos lugares. También se puede ver que entre las 12:00pm y 12:40pm los auxiliares se van al almuerzo, con un 40% de ocurrencia de esta actividad entre las 12:21pm y 12:40pm. Por otra parte se ve con claridad que existe una considerable inactividad, del 35%, entre la 13:21 – 13:40 (puesto que a esta hora el administrador se va al almuerzo y también porque aun no llega la flota de panadería). Hay otra inactividad considerable, del 43%, entre las 14:41 - 15:00 debido a que a esta hora aún no llega la flota de panadería y no se adelantan pallets por lo tanto los trabajadores pierden su tiempo conversando, comiendo, descansando, etc. Otra inactividad considerable, del 42%, hay entre las 15:41 - 16:00. Por último, se nota que desde que regresan del almuerzo hasta las 4pm la actividad que siempre se está realizando es la de preparar pallets y se debe a que entre las 12:40 – 14:30 se intenta adelantar la preparación de las facturas del día siguiente, pero como se puede ver también se realizan otras actividades como ordenar el producto ò existe inactividad por parte de los empleados. Desde las 14:30 hasta las 16:00, se realiza esta actividad puesto que empiezan a llegar los vendedores de la flota de panadería y por lo tanto tienen que preparar las órdenes en pallets.

Por ende se puede concluir que se corrobora el problema de que los transportistas continúan en la empresa hasta más de las 9 de la mañana, es decir empiezan el día con retrasos. Como se ha venido mencionando las actividades que mas se realizan en la regional Quito son ordenar el producto y preparar pallets (como se vio de la Tabla # 9 entre las dos suman casi el 50% de las ocurrencias del total de un muestreo de 400 observaciones en un período de 8 días laborables); y se debe a que todos los días se hacen pedidos al centro de distribución y los auxiliares tienen que acomodarlo u ordenarlo en sus respectivos "stands", lo cual les toma tiempo. También se puede concluir que se ratifica la idea de que es difícil adelantar la preparación de pallets, puesto que a lo largo del día existen actividades extras o inesperadas así como otras propias del trabajo que deben ser efectuadas y al final no

queda tiempo para ello. Por ultimo se observa de las tablas de los anexos E, F y G sobre todo de la F, que existe un problema de inactividad con los empleados, pierden su tiempo y no realizan nada productivo para el trabajo, con lo cual se podría ocupar de mejor manera ese tiempo inactivo.

#### 4.1.2.2 Determinación de la inactividad del auxiliar de bodega

Para poder calcular el porcentaje de inactividad u holgura del auxiliar de bodega, lo que se realizó fue efectuar un muestreo del trabajo de 400 observaciones en 8 días laborables; como resultado del cual se obtuvieron 299 observaciones en las que el operario estaba ocupado en una variedad de actividades, como se mostró en la Tabla # 9 ò en la Figura # 7. En correspondencia, 101 (ò 25,25%) de las observaciones indicaron que el operario estaba inactivo. El límite de error que se consideró para el proyecto fue del 3% (como se explica en la sección 4.1.1.2).

En consecuencia se puede concluir con un 95% de nivel de confianza (ver sección 4.1.1.1) que el auxiliar estaría desocupado  $25.25 \pm 3\%$  del tiempo, por lo que se podría realizar otras actividades productivas para el trabajo.

A continuación se muestra la Tabla # 11; que contiene este porcentaje y como se lo obtuvo.

Tabla 11: Porcentaje de holgura

<i># total de Observaciones</i>	<i># de ocurrencias No productivas</i>	<i>Porcentaje de Holgura</i>
400	101	25,25

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Con la conclusión de que el  $25,25 \pm 3\%$  del tiempo el trabajador pasa desocupado, quiere decir que en un intervalo entre 22,25% - 28,25% con seguridad del 95% el empleado esta en una actividad que no genera valor al trabajo. Por ende, si se realizó el muestreo en jornadas laborales de 8 horas lo cual representa 480 minutos en un día, el auxiliar pasa inactivo entre 107 – 136 minutos, es decir que entre 1hora 47min – 2horas 16minutos. Pero el tiempo del almuerzo, del receso y de las necesidades personales no se puede eliminar. Por lo

tanto en realidad quedaría el  $15.5\% \pm 3\%$  de inactividad debida al ocio al comer al conversar etc. (que se puede apreciar del Anexo D) es decir que con una confianza del 95% el auxiliar pasa desocupado en un intervalo entre el 12.5% - 18.5%, lo cual representa entre 60 minutos y 89 minutos. Es así que a lo largo del día los trabajadores pasan entre 1 hora y 1 hora 29 minutos haciendo nada productivo. Y ese porcentaje sí se lo puede disminuir de manera significativa, ganando tiempo para realizar otras actividades que sí sean productivas.

#### **4.1.2.3 Utilización del auxiliar de bodega**

La utilización del empleado se la determinó de la misma manera que para sacar la inactividad u holgura, en la sección previa. Como se pudo apreciar de la Tabla # 9 ò de la Figura # 7 existen una variedad de actividades para realizar dentro de la bodega, después de realizado el muestreo se determinó que hubieron 299 (ò 74,75%) observaciones en las cuales el empleado se mantuvo ocupado. Por lo tanto ese porcentaje del  $74,75 \pm 3\%$  de su trabajo pasan realizando actividades productivas. Es decir la utilización del empleado.

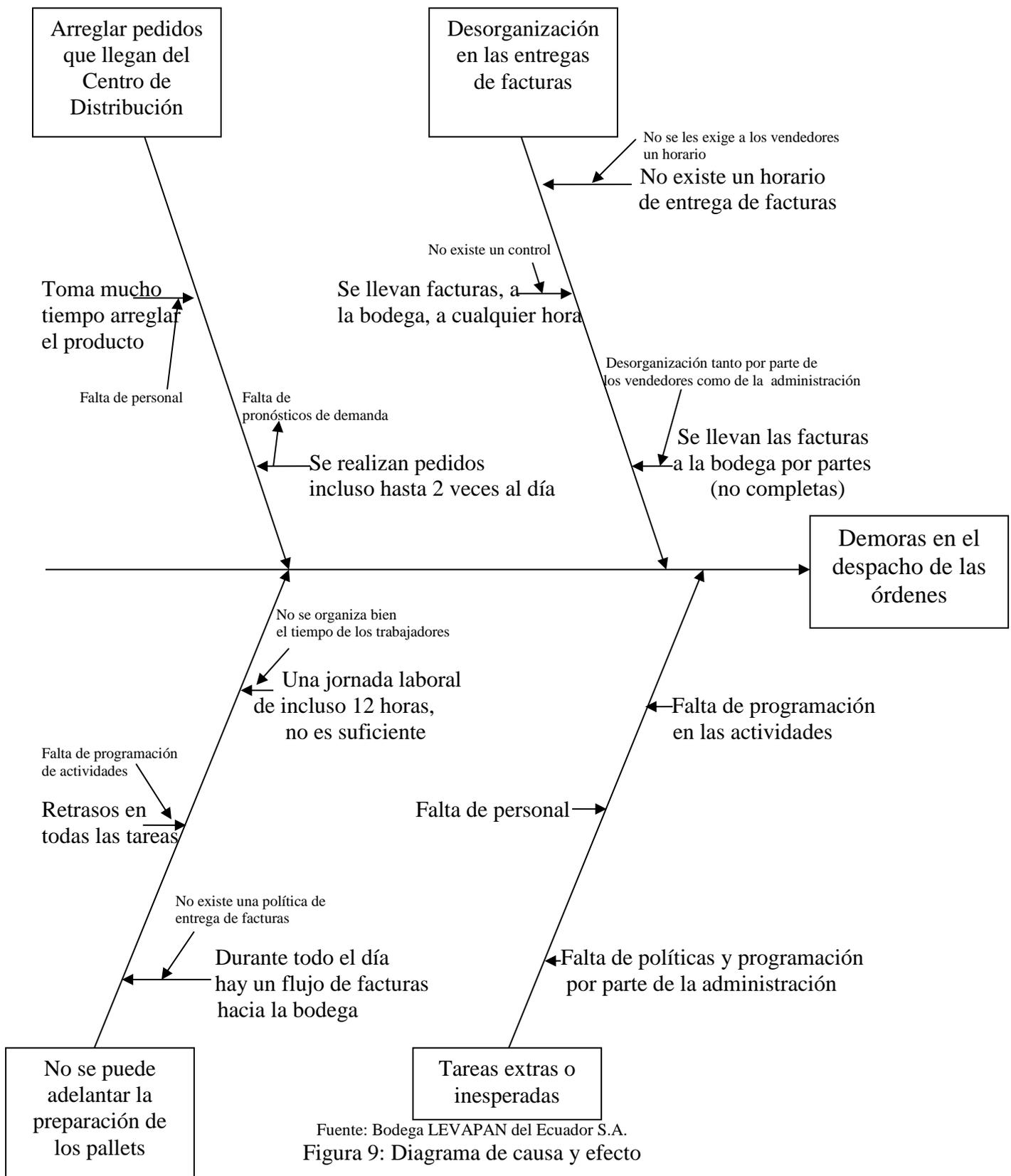
#### **4.1.3 Diagrama de Causa y Efecto**

A continuación se realizará un diagrama de causa y efecto con la finalidad de encontrar las causas raíces al problema de las demoras en el despacho de las órdenes dentro de la bodega regional Quito. El presente diagrama se realizo con la supervisión del administrador de la bodega.

Como se puede observar de la Figura # 9 (diagrama de causa y efecto ó también conocido como diagrama de espina de pescado). Las demoras en el despacho de las órdenes se deben a 4 causas generales que son: arreglar pedidos de distribución, desorganización en las entregas de facturas, que no se adelanta la preparación de pallets y tareas extras o inesperadas. Cada una de estas cuatro causas tiene sub-causas; que se pueden apreciar mejor en la Figura # 9. Las sub-causas tienen también causas que las originaron, a las cuales se las conoce como causas raíz. Del diagrama se obtuvieron las siguientes causas raíces del problema de demora de los despachos:

- Falta de personal.
- Falta de pronóstico de la demanda.
- No se les exige a los vendedores un horario de entrega de facturas.
- No existe un control de horarios de entrega de facturas a la bodega.
- Existe desorganización con las facturas tanto por parte de los vendedores como de la administración.
- No se organiza bien el tiempo de los trabajadores.
- Existe una falta de programación de actividades.
- No existe una política de entrega de facturas.

Por lo tanto si se desea mejorar los tiempos de despacho de las órdenes, hay que mitigar estas 8 falencias en el proceso.



## 4.2 MEDICIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE

Como ya se ha mencionado en los capítulos 2 y 3, para resolver el problema de transporte que tiene la empresa LEVAPAN del Ecuador, se utilizarán distancias euclidianas en el modelo general del ETSP ("Euclidean Traveling Salesman Problem ") y se lo resolverá con un algoritmo genético. En el capítulo 2, en la sección 2.4.2.1, se explica cual es el modelo general del TSP y las restricciones a las que está sujeto. A continuación se presenta una serie de pasos que se realizaron antes de poder resolver el problema en el programa "Premium Solver Platform V11.5". Al ser este problema un ETSP primero se tiene que encontrar las coordenadas geográficas de cada cliente, luego transformarlas a coordenadas UTM, una vez que se tiene esta información se puede crear la matriz de distancias que servirá para poder empezar con la resolución de este problema. A continuación se explican los pasos que se siguieron para poder llegar a obtener ésta matriz.

### 4.2.1 Clientes de la ruta

Se consideraron todos los clientes de la división institucional para el presente proyecto, es decir 22, como se puede observar de la Tabla # 12 a continuación.

Tabla 12: Clientes de la ruta

<i>Cliente</i>	<i>Dirección</i>
HOTEL TAMBO REAL	AV. 12 DE OCTUBRE Y PATRIA (ESQ.)
HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	AV. AMAZONAS N19-14 Y PATRIA
APARTEC - HOTEL ALAMEDA	ROCA Y AMAZONAS
LA UNION	AV. COLON Y REINA VICTORIA (ESQ.)
HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	LUIS CORDERO E4-375 Y AV. AMAZONAS
HOTEL SEBASTIAN	ALMAGRO # 822 Y CORDERO
CEVICHES DE LA FOCH	AV. 12 DE OCTUBRE # 1533 Y FOCH
LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	CALAMA # 284 Y REINA VICTORIA
TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	FOCH E7-38 Y REINA VICTORIA(CUARTO PISO)
THE MAGIC BEAN	JUAN LEON MERA # 681 Y FOCH
TORTAS Y TARTAS	WILSON 537 Y DIEGO DE ALMAGRO
SOLCENTRO S.A.	ALEMANIA Y REPUBLICA (ESQ.)
HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.	JORGE JUAN N32-62 Y MARIANA DE JESUS
PROMODANN CIA. LTDA.	AV. REPUBLICA DEL SALVADOR N34-377 E IRLANDA

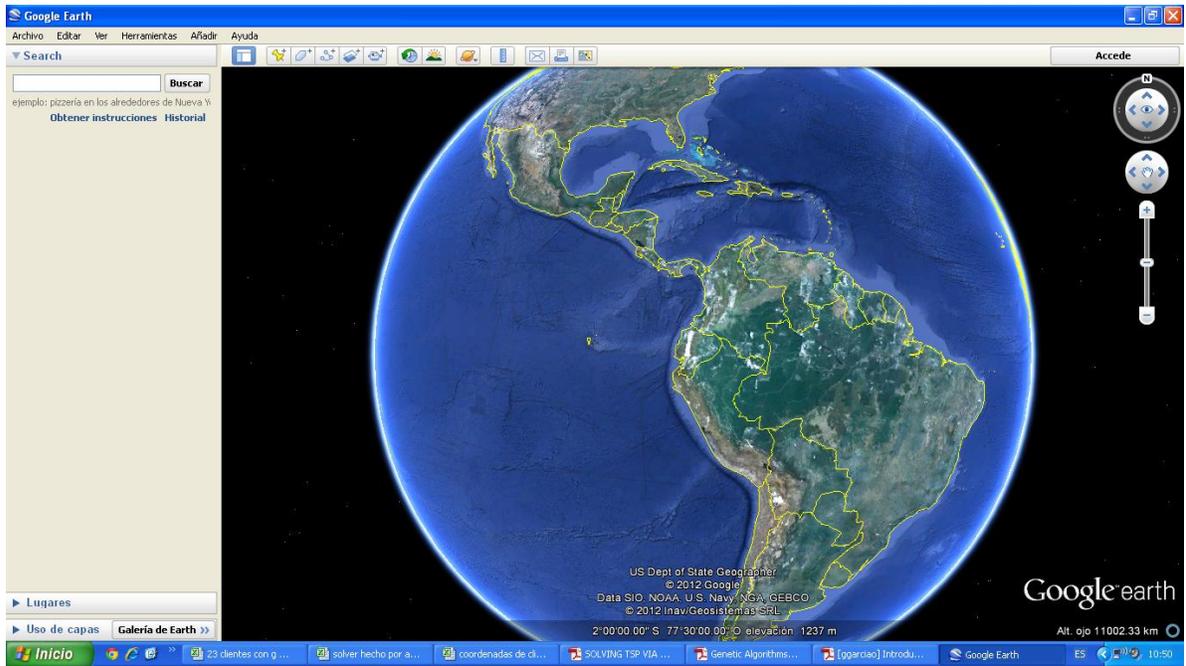
CITYMAXIS S.A.	AV. AMAZONAS N37-56 Y NACIONES UNIDAS
CONCLINA C.A.	M. DE JESUS S/N Y NICOLAS ARTETA
LA CASA DEL SUIZO	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y MIRAVALLE
SACHALODGE S.A.	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y VALLADOLID
FIDEICOMISO HIT	AV. N.N. U.U. Y REPUBLICA DE EL SALVADOR
GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	LUIS A. TUFÍÑO # 1185-CIUD. RUMIÑAHUI
KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. LTDA.	CATALINA ALDAZ N34-11 Y AV. ELOY ALFARO
ARCHIES ECUADOR S.A.	AV. REPUBLICA Y NACIONES UNIDAS

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

## 4.2.2 Google Earth

Para desarrollar el proyecto se escogió la herramienta Google Earth, puesto que cuando se realizó la revisión literaria se encontraron varios proyectos que utilizaron este programa para poder encontrar coordenadas geográficas; por ejemplo la tesis: "Diseño de un sistema de soporte de decisiones para resolver el problema de ruteo en un servicio de courier" hecha por Tomalá Robles, James y Pincay Villa, Johnny, (2010) están de acuerdo en que es una herramienta poderosa para encontrar este tipo de coordenadas. Como todo programa que utiliza un satélite tiene una falla, la cual es mínima (oscila entre 15 y 100 metros). Es por ello que para encontrar las coordenadas que se necesitan, se utilizará esta herramienta, para así poder determinar las coordenadas geográficas de los lugares que se deseen, que en este caso serán los 23 clientes del proyecto.

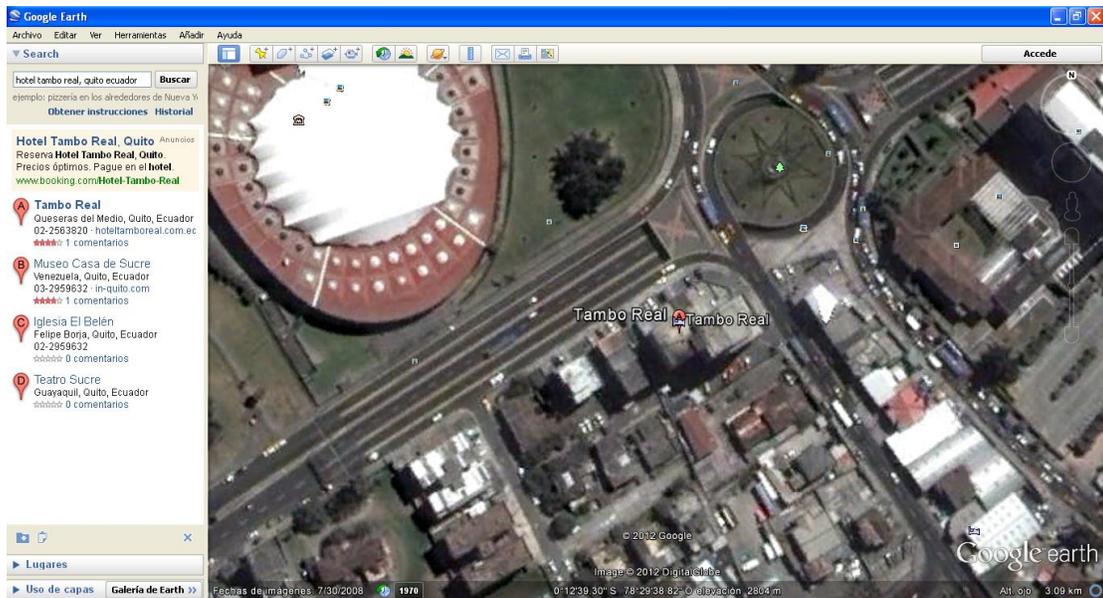
Primero, se instala el programa, simplemente accediendo a internet y se busca Google Earth y se lo descarga; es muy rápido y sobre todo gratuito. A continuación se presenta la Figura # 10, en la cual se muestra la pantalla de inicio de este programa.



Fuente: Google Earth

Figura 10: Pantalla de inicio de Google Earth

En la Figura # 11 y en la Figura # 12, se presentan dos ejemplos de cómo encontrar las coordenadas de dos lugares distintos. El primer cliente es el Hotel Tambo Real y el segundo es el Hotel Hilton Colón. A continuación se muestra esto.



Fuente: Google Earth

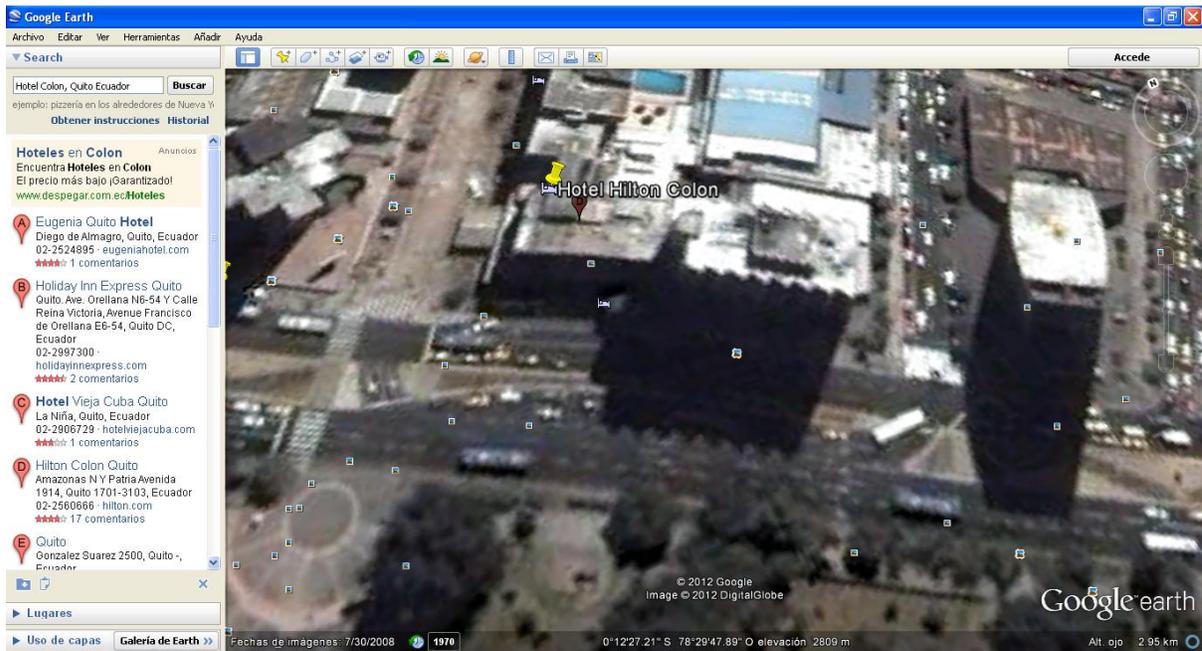
Figura 11: Hotel Tambo Real en Google Earth

Como se puede observar en la parte inferior de la Figura # 11, vemos que las coordenadas geográficas de esta ubicación son las siguientes:

Latitud: 0 grados 12 minutos 39,30 segundos. Sur

Longitud: 78 grados 29 minutos 38,82 segundos. Oeste

En la Figura # 12 se muestran las coordenadas del Hotel Hilton Colon:



Fuente: Google Earth

Figura 12: Coordenadas geográficas Hotel Hilton Colon en Google Earth

Como se puede observar en la parte inferior de la Figura # 12, vemos que las coordenadas geográficas de esta ubicación son las siguientes:

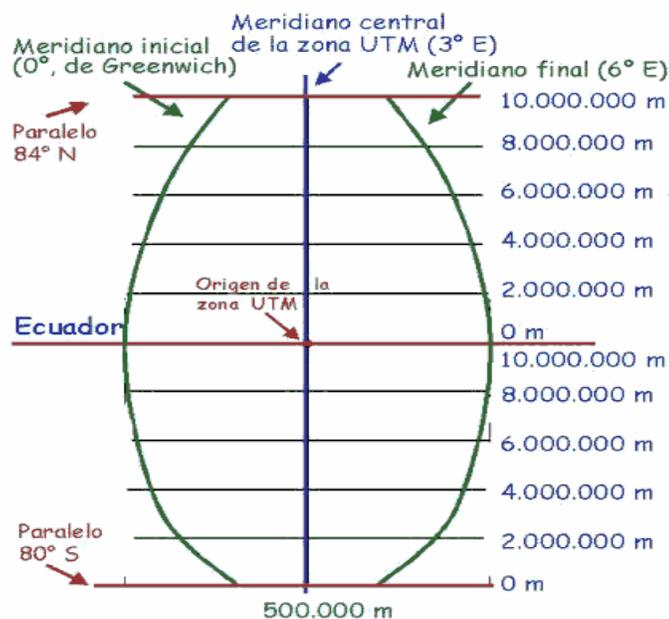
Latitud: 0 grados 12 minutos 27,21 segundos. Sur

Longitud: 78 grados 29 minutos 47,89 segundos. Oeste

Este procedimiento se realizó con todos los clientes incluyendo a la empresa LEVAPAN del Ecuador.

Según el autor Javier Urrutia Martinez, en su texto: "Curso de cartografía y orientación". Para resolver el problema de la deformación de la proyección U.T.M. a medida que se aleja del meridiano de tangencia lo que se hace, es subdividir la superficie terrestre en 60 husos o zonas iguales de 6 grados de longitud. Con ello, resultan 60 proyecciones iguales pero cada una con su respectivo meridiano central. Los Husos se numeran del 1 al 60 comenzando desde el antimeridiano de Greenwich ( $180^{\circ}$ ) hacia el Este. De este modo el Huso comprendido entre  $180^{\circ}$  W y  $174^{\circ}$  W es el primero; el huso comprendido entre  $6^{\circ}$  W y  $0^{\circ}$  E es el 30. A su vez, dentro de cada huso se establece una división en zonas; cada zona posee  $8^{\circ}$  de Latitud y  $6^{\circ}$  de Longitud y se designa con el número de su huso y una letra mayúscula. Para ello se ha seguido la dirección de Sur a Norte y se ha empezado por la letra C, siguiéndose el alfabeto, suprimiendo las vocales y las letras que pueden confundirse con un número; (la B, la O) y la letra P. Las zonas entre la M y la X corresponden al hemisferio Norte, y al hemisferio Sur las restantes. Como excepción, la zona X, posee  $12^{\circ}$  de latitud y se extiende desde los  $72^{\circ}$  N hasta los  $84^{\circ}$  N.

A continuación se muestra la Figura #13 en la que se puede apreciar mejor todo lo dicho anteriormente.

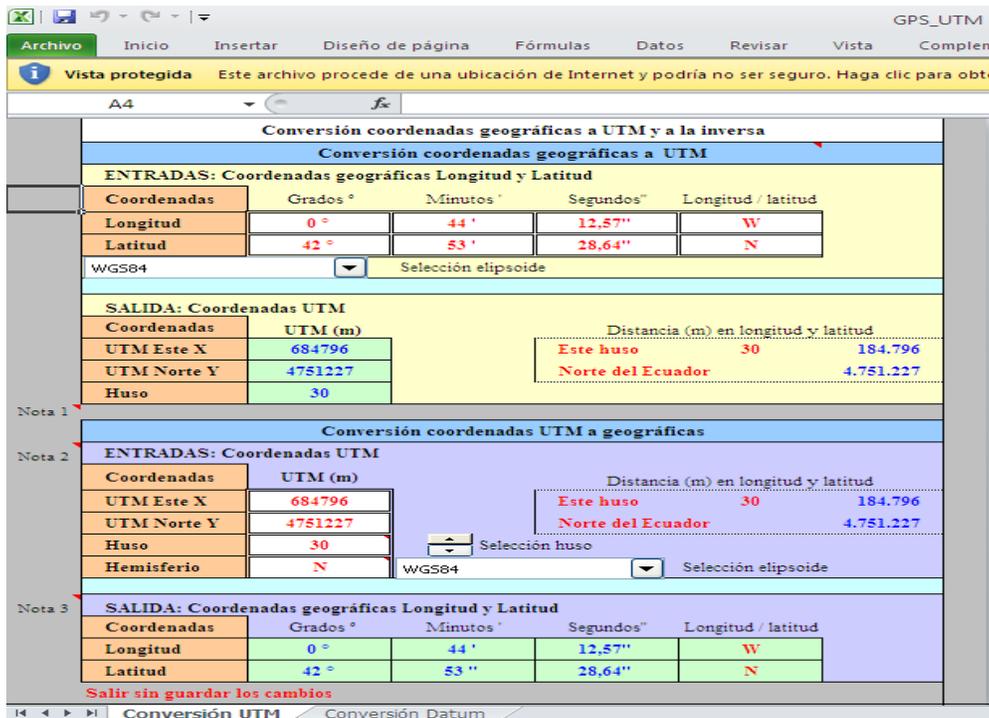


Fuente: Curso de cartografía y orientación

Figura 13: Ejemplo del Huso 31

### 4.2.3 Programa GPS\_UTM (“Universal Transverse Mercator”)

Este programa sirve para convertir coordenadas geográficas a UTM y viceversa, éste es un modo compatible con Microsoft Excel, que se lo puede descargar de internet de forma rápida y gratuita, simplemente buscando: conversor de coordenadas geográficas a UTM y se selecciona el que utiliza una hoja de Excel. A continuación, en la Figura # 14 se muestra la pantalla de inicio de este programa



Fuente: GPS\_UTM

Figura 14: Pantalla inicio del programa GPS\_UTM

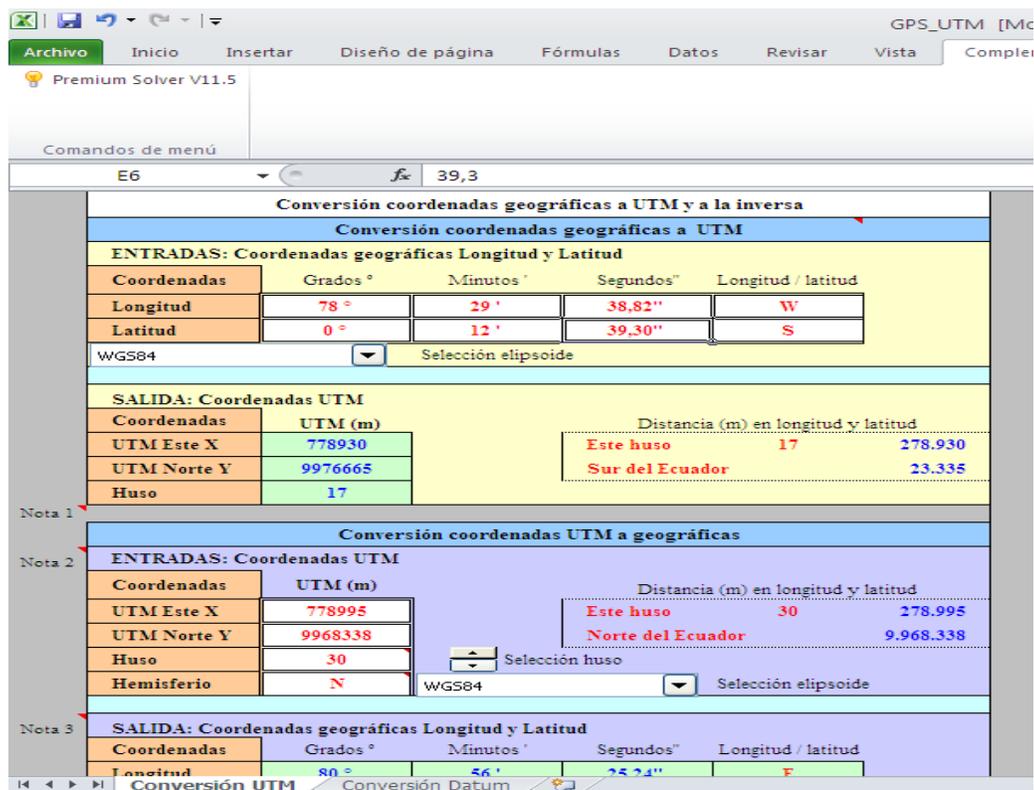
El programa es sencillo de usar, si se quiere pasar de coordenadas geográficas a UTM (es lo que se desea para este proyecto) en las celda donde dice “Longitud” se ingresa la longitud del lugar que se ubicó previamente con la ayuda de Google Earth y lo mismo en la celda que dice “Latitud”. A continuación en la Figura # 15 y en la Figura # 16 se muestra como se determinaron las coordenadas UTM de los dos ejemplos anteriores (Hotel Tambo Real y Hotel Hilton Colon)

Como se determinó previamente de la Figura # 11, la latitud y longitud del Hotel Tambo Real son las siguientes:

Latitud: 0 grados 12 minutos 39,30 segundos. Sur

Longitud: 78 grados 29 minutos 38,82 segundos. Oeste

Esta información se ingresa en las respectivas celdas del programa, como se muestra en la Figura # 15



Fuente: Google Maps

Figura 15: Coordenadas UTM del Hotel Tambo Real

Y como podemos observar de la Figura # 15, las coordenadas UTM del Hotel Tambo Real son:

Coordenada X: 778.995 metros

Coordenada Y: 9`968.338 metros

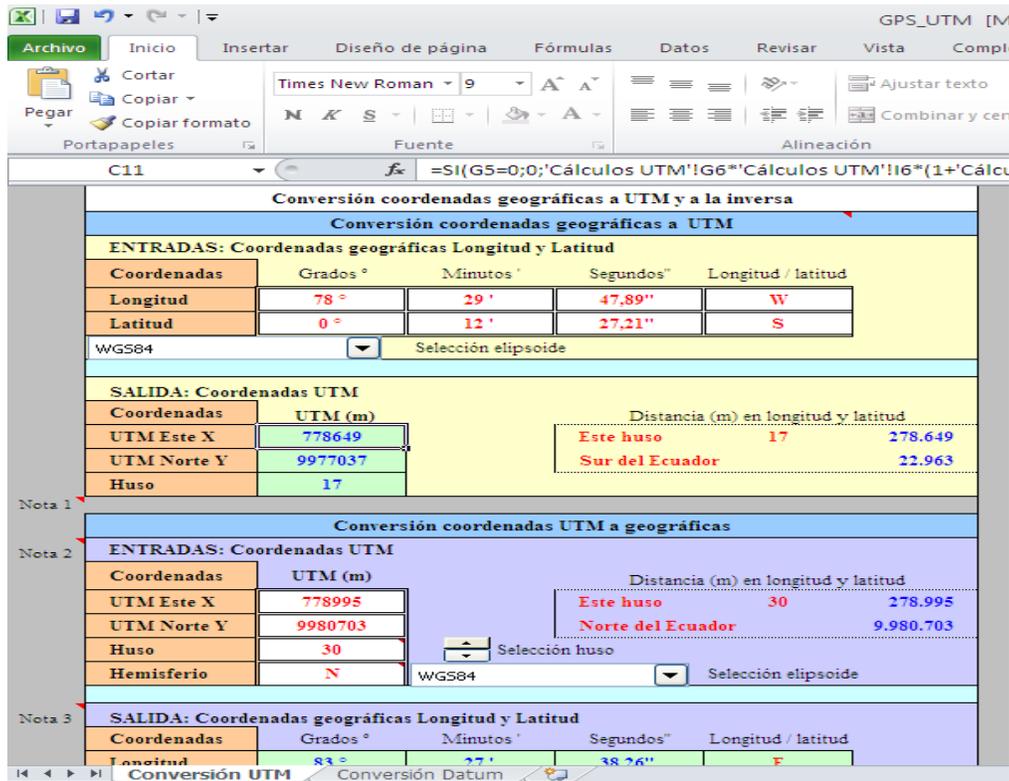
En la Figura # 16 se muestran las coordenadas UTM del Hotel Hilton Colon.

Como se determinó previamente en la Figura # 12, la latitud y longitud del Hotel Hilton Colon son las siguientes:

Latitud: 0 grados 12 minutos 27,21 segundos. Sur

Longitud: 78 grados 29 minutos 47,89 segundos. Oeste

Esta información se ingresa en las respectivas celdas del programa, como se muestra en la Figura # 16.



Fuente: Google Maps

Figura 16: Coordenadas UTM del Hotel Hilton Colon

Como se puede observar de la Figura # 16, las coordenadas UTM del Hotel Hilton Colón son:

Coordenada X: 778.649 metros

Coordenada Y: 9 980.703 metros

Este procedimiento se lo realizó para encontrar las coordenadas UTM de todos los clientes involucrados en el proyecto, como se puede observar de la Tabla # 13 a continuación.

Tabla 13: Coordenadas UTM de todos los clientes del proyecto

<i>Cliente</i>	<i>Dirección</i>	<i>Coordenada X</i>	<i>Coordenada Y</i>
HOTEL TAMBO REAL	AV. 12 DE OCTUBRE Y PATRIA (ESQ.)	778.995,76	9`968.338,02
HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	AV. AMAZONAS N19-14 Y PATRIA	778.649,55	9`980.703,39
APARTEC - HOTEL ALAMEDA	ROCA Y AMAZONAS	778.814,14	9`977.341,25
LA UNION	AV. COLON Y REINA VICTORIA (ESQ.)	779.513,95	9`977.734,54
HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	LUIS CORDERO E4-375 Y AV. AMAZONAS	779.274,24	9`977.761,92
HOTEL SEBASTIAN	ALMAGRO # 822 Y CORDERO	779.563,16	9`977.629,98
CEVICHES DE LA FOCH	AV. 12 DE OCTUBRE # 1533 Y FOCH	779.406,67	9`977.402,92
LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	CALAMA # 284 Y REINA VICTORIA	779.334,17	9`977.581,09
TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	FOCH E7-38 Y REINA VICTORIA(CUARTO PISO)	779.298,60	9`977.573,93
THE MAGIC BEAN	JUAN LEON MERA # 681 Y FOCH	779.195,35	9`977.622,37
TORTAS Y TARTAS	WILSON 537 Y DIEGO DE ALMAGRO	779.255,09	9`977.428,94
SOLCENTRO S.A.	ALEMANIA Y REPUBLICA (ESQ.)	779.581,81	9`979.375,59
HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.	JORGE JUAN N32-62 Y MARIANA DE JESUS	779.056,16	9`979.260,91
PROMODANN CIA. LTDA.	AV. REPUBLICA DEL SALVADOR N34-377 E IRLANDA	780.444,69	9`979.692,70
CITYMAXIS S.A.	AV. AMAZONAS N37-56 Y NACIONES UNIDAS	779.858,28	9`980.609,16
CONCLINA C.A.	M. DE JESUS S/N Y NICOLAS ARTETA	777.881,22	9`979.782,23
LA CASA DEL SUIZO	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y MIRAVALLE	780.432,24	9`977.148,29
SACHALODGE S.A.	JULIO ZALDUMBIDE N25-42 Y VALLADOLID	780.398,74	9`977.325,84
FIDEICOMISO HIT	AV. N.N. U.U. Y REPUBLICA DE EL SALVADOR	780.555,28	9`980.369,37
GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	LUIS A. TUFÍÑO # 1185-CIUD. RUMIÑAHUI	779.669,58	9`985.763,24
KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. LTDA.	CATALINA ALDAZ N34-11 Y AV. ELOY ALFARO	780.818,43	9`979.567,36
ARCHIES ECUADOR S.A.	AV. REPUBLICA Y NACIONES UNIDAS	778.995,30	9`980.702,91
LEVAPAN	Av. MALDONADO Y KM 8	774.172,50	9`968.338,12

Fuente: Google Earth

Una vez que se tienen todas las coordenadas UTM, se ingresa esta información en tablas en Microsoft Excel, como se muestra en la Figura # 17.

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
2					Cliente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3					Coordena X	774172,500	778929,760	778649,550	778814,140	779513,950	779274,240	779563,160	779406,670	779334,170	779298,600	779195,350
4					Coordenada Y	9968338,120	9976664,020	9977037,390	9977341,250	9977734,540	9977761,920	9977629,980	9977402,920	9977581,090	9977573,930	9977622,370
5																
6	Cliente	Cliente	Coordenada X	Coordenada Y												
7	LEVAPAN	1	774172,500	9968338,120												
8	HOTEL TAMBO REAL	2	778929,760	9976664,020												
9	HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	3	778649,550	9977037,390												
10	APARTEC - HOTEL ALAMEDA	4	778814,140	9977341,250												
11	LA UNION	5	779513,950	9977734,540												
12	HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	6	779274,240	9977761,920												
13	HOTEL SEBASTIAN	7	779563,160	9977629,980												
14	CEVICHES DE LA FOCH	8	779406,670	9977402,920												
15	LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	9	779334,170	9977581,090												
16	TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	10	779298,600	9977573,930												
17	THE MAGIC BEAN	11	779195,350	9977622,370												
18	TORTAS Y TARTAS	12	779255,090	9977428,940												
19	SOLCENTRO S.A.	13	779581,810	9979375,590												
20	HANNEL Y GRETEL CIA. LTDA.	14	779056,160	9979260,910												
21	PROMODANN CIA. LTDA.	15	780444,690	9979692,700												
22	CITYMAXIS S.A.	16	779858,280	9980609,160												
23	CONCLINA C.A.	17	777881,220	9979782,230												
24	LA CASA DEL SUIZO	18	780432,240	9977148,290												
25	SACHALODGE S.A.	19	780398,740	9977325,840												
26	FIDEICOMISO HIT	20	780555,280	9980569,370												
27	GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	21	779669,580	9985763,240												
28	KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. L.	22	780818,430	9979567,360												
29	ARCHIES ECUADOR S.A.	23	778995,300	9980702,910												

Fuente: Microsoft Excel 2010

Figura 17: Matrices de coordenadas UTM de cada cliente

Primero se crea una matriz vertical que contenga el nombre, el número de cliente y las coordenadas UTM de cada uno, esta misma matriz se la coloca en forma Horizontal.

Para poder crear la matriz de distancia se utiliza el teorema de Pitágoras (siglo 6 A.C), el cual dice lo siguiente:

$$d^2 = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2) \quad (14)$$

Como se puede observar de la Figura # 18, cada celda de la matriz tiene la fórmula de Pitágoras entre dos clientes. Es decir es la distancia recta que existe entre un par de clientes, por lo tanto la matriz es simétrica.

A continuación en la Matriz # 1, se muestra netamente la matriz de distancias euclidianas de todos los clientes

SUMA		$=RAIZ((H16-Q3)^2+(I16-Q4)^2)$													
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
			<i>Cliente</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
			<i>Coordena X</i>	774.172,50	778.929,76	778.649,55	778.814,14	779.513,95	779.274,24	779.563,16	779.406,67	779.334,17	779.298,60	779.195,35	779.255,09
			<i>Coordenada Y</i>	9.968.338,12	9.976.664,02	9.977.037,39	9.977.341,25	9.977.734,54	9.977.761,92	9.977.629,98	9.977.402,92	9.977.581,09	9.977.573,93	9.977.622,37	9.977.428,94
<i>Cliente</i>	<i>Coordenada X</i>	<i>Coordenada Y</i>													
<i>1</i>	774.172,50	9.968.338,12	-	9.589,17	9.783,73	10.129,22	10.808,51	10.716,14	10.742,34	10.467,43	10.588,56	10.563,01	10.555,87	10.415,17	
<i>2</i>	778.929,76	9.976.664,02	9.589,17	-	466,82	687,03	1.219,55	1.150,67	1.155,11	879,44	1.002,28	981,82	994,47	831,23	
<i>3</i>	778.649,55	9.977.037,39	9.783,73	466,82	-	345,57	1.110,50	956,65	1.088,97	840,74	874,25	842,11	800,06	721,10	
<i>4</i>	778.814,14	9.977.341,25	10.129,22	687,03	345,57	-	802,75	623,42	802,74	595,73	572,67	537,44	473,66	449,58	
<i>5</i>	779.513,95	9.977.734,54	10.808,51	1.219,55	1.110,50	802,75	-	241,27	115,56	348,54	236,36	268,65	337,77	400,50	
<i>6</i>	779.274,24	9.977.761,92	10.716,14	1.150,67	956,65	623,42	241,27	-	317,62	382,65	190,50	189,56	160,31	333,53	
<i>7</i>	779.563,16	9.977.629,98	10.742,34	1.155,11	1.088,97	802,74	115,56	317,62	-	275,76	234,15	270,43	367,89	367,86	
<i>8</i>	779.406,67	9.977.402,92	10.467,43	879,44	840,74	595,73	348,54	382,65	275,76	-	192,36	202,30	304,65	153,80	
<i>9</i>	779.334,17	9.977.581,09	10.588,56	1.002,28	874,25	572,67	236,36	190,50			-	36,28	144,83	171,47	
<i>10</i>	779.298,60	9.977.573,93	10.563,01	981,82	842,11	537,44	268,65	189,56	$=RAIZ((H16-Q3)^2+(I16-Q4)^2)$		36,28	-	114,05	151,38	
<i>11</i>	779.195,35	9.977.622,37	10.555,87	994,47	800,06	473,66	337,77	160,31	367,89	304,65	144,83	114,05	-	202,45	
<i>12</i>	779.255,09	9.977.428,94	10.415,17	831,23	721,10	449,58	400,50	333,53	367,86	153,80	171,47	151,38	202,45	-	
<i>13</i>	779.581,81	9.979.375,59	12.291,72	2.788,87	2.517,20	2.174,36	1.642,45	1.642,72	1.745,71	1.980,43	1.811,51	1.823,78	1.795,31	1.973,88	
<i>14</i>	779.056,16	9.979.280,91	11.964,84	2.599,96	2.260,39	1.934,86	1.593,54	1.514,77	1.707,92	1.890,76	1.702,67	1.704,31	1.644,44	1.842,74	
<i>15</i>	780.444,69	9.979.692,70	12.971,77	3.386,43	3.205,18	2.861,47	2.168,10	2.257,85	2.243,19	2.514,08	2.385,82	2.408,88	2.418,08	2.557,29	
<i>16</i>	779.858,28	9.980.609,16	13.524,29	4.052,93	3.770,75	3.430,67	2.895,17	2.906,52	2.993,76	3.237,89	3.073,09	3.086,40	3.059,48	3.236,92	
<i>17</i>	777.881,22	9.979.782,23	12.090,06	3.289,78	2.850,35	2.613,18	2.618,94	2.454,01	2.731,50	2.826,33	2.637,44	2.624,03	2.528,23	2.724,98	
<i>18</i>	780.432,24	9.977.148,29	10.807,56	1.578,60	1.786,14	1.629,56	1.089,47	1.310,54	993,64	1.056,71	1.180,29	1.210,91	1.324,63	1.210,14	
<i>19</i>	780.398,74	9.977.325,84	10.933,67	1.611,18	1.772,81	1.584,67	974,62	1.206,10	889,21	995,06	1.094,74	1.127,77	1.239,39	1.148,29	
<i>20</i>	780.555,28	9.980.369,37	13.619,50	4.046,22	3.838,48	3.493,00	2.833,14	2.905,14	2.913,51	3.181,06	3.043,95	3.064,92	3.065,19	3.215,06	
<i>21</i>	779.683,58	9.985.763,24	18.271,64	9.129,25	8.785,27	8.465,32	8.030,21	8.011,08	8.133,96	8.364,45	8.189,02	8.197,71	8.154,67	8.344,60	
<i>22</i>	780.818,43	9.979.587,36	13.048,53	3.463,59	3.332,38	2.995,45	2.249,64	2.375,74	2.308,49	2.584,16	2.479,58	2.506,72	2.533,25	2.648,94	
<i>23</i>	778.995,30	9.980.702,91	13.272,05	4.039,42	3.681,79	3.366,54	3.013,34	2.954,19	3.124,96	3.325,53	3.140,16	3.143,65	3.087,03	3.284,26	

Fuente: Microsoft Excel 2010

Figura 18: Generación de la Matriz de distancias euclidianas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	0	9589,2	9783,7	10129,2	10808,5	10716,1	10742,3	10467,4	10586,6	10563	10555,9	10415,2	12291,7	11964,8	12971,8	13524,3	12030,1	10807,56	10933,7	13619,5	18271,6	13049,5	13272,1	
2	9589,2	0	466,82	687,029	1219,55	1150,67	1155,71	879,441	1002,28	981,824	994,471	831,229	2788,87	2599,96	3386,43	4052,93	3289,78	1578,595	1611,18	4046,22	9129,25	3463,59	4039,42	
3	9783,7	466,82	0	345,573	1110,5	956,651	1088,97	840,739	874,251	842,105	800,062	721,103	2517,2	2260,39	3205,18	3770,75	2850,35	1786,136	1772,81	3838,48	8785,27	3332,38	3681,79	
4	10129	687,03	345,57	0	802,752	623,422	802,743	595,731	572,673	537,44	473,655	449,585	2174,36	1934,86	2861,47	3430,67	2613,18	1629,585	1584,67	3493	8465,32	2995,45	3366,54	
5	10808	1219,5	1110,5	802,752	0	241,269	115,561	348,541	236,364	268,647	337,769	400,5	1642,45	1593,54	2168,1	2895,17	2618,94	1089,47	974,623	2833,14	8030,21	2249,64	3013,34	
6	10716	1150,7	956,65	623,422	241,269	0	317,621	382,647	190,502	189,562	160,305	333,53	1642,72	1514,77	2257,85	2906,52	2454,01	1310,536	1206,1	2905,14	8011,08	2375,74	2954,19	
7	10742	1155,1	1089	802,743	115,561	317,621	0	275,763	234,151	270,432	367,889	367,864	1745,71	1707,92	2243,19	2993,76	2731,5	993,6424	889,21	2913,51	8133,96	2308,49	3124,96	
8	10467	879,44	840,74	595,731	348,541	382,647	275,763	0	192,356	202,296	304,655	153,797	1980,43	1890,76	2514,08	3237,89	2826,33	1058,707	995,06	3181,06	8364,45	2584,16	3325,53	
9	10587	1002,3	874,25	572,673	236,364	190,502	234,151	192,356	0	36,2835	144,828	171,474	1811,51	1702,67	2385,82	3073,09	2637,44	1180,285	1094,74	3043,95	8189,02	2479,58	3140,16	
10	10563	981,82	842,11	537,44	268,647	189,562	270,432	202,296	36,2835	0	114,048	151,378	1823,78	1704,31	2408,88	3086,4	2624,03	1210,912	1127,77	3064,92	8197,71	2506,72	3143,65	
11	10556	994,47	800,06	473,655	337,769	160,305	367,889	304,655	144,828	114,048	0	202,445	1795,31	1644,44	2418,08	3059,48	2528,23	1324,632	1239,39	3085,19	8154,67	2533,25	3087,03	
12	10415	831,23	721,1	449,585	400,5	333,53	367,864	153,797	171,474	151,378	202,445	0	1973,88	1842,74	2557,29	3236,92	2724,98	1210,143	1148,29	3215,06	8344,6	2648,94	3284,26	
13	12292	2788,9	2517,2	2174,36	1642,45	1642,72	1745,71	1980,43	1811,51	1823,78	1795,31	1973,88	0	538,014	919,304	1264,17	1748,53	2384,134	2206,55	1391,13	6388,25	1251,4	1451,13	
14	11965	2600	2260,4	1934,86	1593,54	1514,77	1707,92	1890,76	1702,67	1704,31	1644,44	1842,74	538,014	0	1454,12	1568,81	1285,4	2521,261	2355,21	1884,42	6531,2	1788,72	1443,28	
15	12972	3386,4	3205,2	2861,47	2168,1	2257,85	2243,19	2514,08	2385,82	2408,88	2418,08	2557,29	919,304	1454,12	0	1088,01	2585,03	2544,44	2367,31	685,647	6119,82	394,198	1766,71	
16	13524	4052,9	3770,8	3430,67	2895,17	2906,52	2993,76	3237,89	3073,09	3086,4	3059,48	3236,92	1264,17	1568,81	1088,01	0	2143,03	3508,141	3327,5	737,094	5157,53	1416,77	868,057	
17	12030	3289,8	2850,3	2613,18	2618,94	2454,01	2731,5	2826,33	2637,44	2624,03	2528,23	2724,98	1748,53	1285,4	2585,03	2143,03	0	3668,789	3517,35	2737,76	6242,65	2945,06	1445,28	
18	10808	1578,6	1786,1	1629,56	1089,47	1310,54	993,642	1056,71	1180,29	1210,91	1324,63	1210,14	2384,13	2521,26	2544,44	3508,14	3666,79	0	180,683	3223,43	8648,64	2449,7	3834,07	
19	10934	1611,2	1772,8	1584,67	974,623	1206,1	889,21	995,06	1094,74	1127,77	1239,39	1148,29	2206,55	2355,21	2367,31	3327,5	3517,35	180,6827	0	3047,55	8468,85	2280,47	3657,08	
20	13620	4046,2	3838,5	3493	2833,14	2905,14	2913,51	3181,06	3043,95	3064,92	3085,19	3215,06	1391,13	1884,42	685,647	737,094	2737,76	3223,429	3047,55	0	5466,1	844,078	1595,24	
21	18272	9129,2	8785,3	8465,32	8030,21	8011,08	8133,96	8364,45	8189,02	8197,71	8154,67	8344,6	6388,25	6531,2	6119,82	5157,53	6242,65	8648,642	8468,85	5466,1	0	6301,49	5105,06	
22	13049	3463,6	3332,4	2995,45	2249,64	2375,74	2308,49	2584,16	2479,58	2506,72	2533,25	2648,94	1251,4	1788,72	394,198	1416,77	2945,06	2449,703	2280,47	844,078	6301,49	0	2147,85	
23	13272	4039,4	3681,8	3366,54	3013,34	2954,19	3124,96	3325,53	3140,16	3143,65	3087,03	3284,26	1451,13	1443,28	1766,71	868,057	1445,28	3834,074	3657,08	1595,24	5105,06	2147,85	0	

Fuente: Microsoft Excel

Matriz 1: Matriz de distancias euclidianas

#### 4.2.4 Aplicación del modelo matemático

En el capítulo 2, en la sección 2.5.3, se explicó el modelo matemático general, creado por Dantzig, et. al., (1954) para el problema del agente viajero (TSP), el cual se muestra a continuación; cabe recalcar que en el modelo las distancias están en kilómetros y no en metros como en la Matriz # 1.

La función objetivo del problema (ver sección 2.5.3, (8)) es minimizar la distancia recorrida de tal manera que se visiten a todos los clientes y se la representa de la siguiente manera; donde los coeficientes corresponden a los valores que están en la Matriz #1.

Los  $X_{ij}$  se definen como:  $X_{(i)(j)}$  donde  $(i) = 1, \dots, 23$  y  $(j) = 1, \dots, 23$

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } z = & 9.6 X_{(1)(2)} + 9.8 X_{(1)(3)} + 10.1 X_{(1)(4)} + 10.8 X_{(1)(5)} + 10.7 X_{(1)(6)} + 10.7 X_{(1)(7)} \\ & + 10.5 X_{(1)(8)} + 10.6 X_{(1)(9)} + 10.6 X_{(1)(10)} + 10.6 X_{(1)(11)} + 10.4 X_{(1)(12)} + 12.3 X_{(1)(13)} + 12 \\ & X_{(1)(14)} + 12.9 X_{(1)(15)} + 13.5 X_{(1)(16)} + 12 X_{(1)(17)} + 10.8 X_{(1)(18)} + 10.9 X_{(1)(19)} + 13.6 X_{(1)(20)} + \\ & 18.3 X_{(1)(21)} + 13 X_{(1)(22)} + 13.3 X_{(1)(23)} + 9.6 X_{(2)(1)} + 0.5 X_{(2)(3)} + 0.7 X_{(2)(4)} + 1.2 X_{(2)(5)} + 1.1 \\ & X_{(2)(6)} + 1.1 X_{(2)(7)} + 0.9 X_{(2)(8)} + X_{(2)(9)} + X_{(2)(10)} + X_{(2)(11)} + 0.8 X_{(2)(12)} + 2.8 X_{(2)(13)} + 2.6 \\ & X_{(2)(14)} + 3.4 X_{(2)(15)} + 4.1 X_{(2)(16)} + 3.3 X_{(2)(17)} + 1.6 X_{(2)(18)} + 1.6 X_{(2)(19)} + 4 X_{(2)(20)} + 9.1 \\ & X_{(2)(21)} + 3.5 X_{(2)(22)} + 4 X_{(2)(23)} + 9.8 X_{(3)(1)} + 0.5 X_{(3)(2)} + 0.3 X_{(3)(4)} + 1.1 X_{(3)(5)} + X_{(3)(6)} + 1.1 \\ & X_{(3)(7)} + 0.8 X_{(3)(8)} + 0.9 X_{(3)(9)} + 0.8 X_{(3)(10)} + 0.8 X_{(3)(11)} + 0.7 X_{(3)(12)} + 2.5 X_{(3)(13)} + 2.3 X_{(3)(14)} \\ & + 3.2 X_{(3)(15)} + 3.8 X_{(3)(16)} + 2.9 X_{(3)(17)} + 1.8 X_{(3)(18)} + 1.8 X_{(3)(19)} + 3.8 X_{(3)(20)} + 8.8 X_{(3)(21)} + \\ & 3.3 X_{(3)(22)} + 3.7 X_{(3)(23)} + X_{(4)(1)} + 0.7 X_{(4)(2)} + 0.3 X_{(4)(3)} + 0.8 X_{(4)(5)} + 0.6 X_{(4)(6)} + 0.8 X_{(4)(7)} + \\ & 0.6 X_{(4)(8)} + 0.6 X_{(4)(9)} + 0.5 X_{(4)(10)} + 0.5 X_{(4)(11)} + 0.4 X_{(4)(12)} + 2.2 X_{(4)(13)} + 1.9 X_{(4)(14)} + 2.9 \\ & X_{(4)(15)} + 3.4 X_{(4)(16)} + 2.6 X_{(4)(17)} + 1.6 X_{(4)(18)} + 1.6 X_{(4)(19)} + 3.5 X_{(4)(20)} + 8.5 X_{(4)(21)} + 3 \\ & X_{(4)(22)} + 3.4 X_{(4)(23)} + 10.8 X_{(5)(1)} + 1.2 X_{(5)(2)} + 1.1 X_{(5)(3)} + 0.8 X_{(5)(4)} + 0.2 X_{(5)(6)} + 0.1 X_{(5)(7)} + \\ & 0.3 X_{(5)(8)} + 0.2 X_{(5)(9)} + 0.3 X_{(5)(10)} + 0.3 X_{(5)(11)} + 0.4 X_{(5)(12)} + 1.6 X_{(5)(13)} + 1.6 X_{(5)(14)} + 2.2 \\ & X_{(5)(15)} + 3 X_{(5)(16)} + 2.6 X_{(5)(17)} + 1.1 X_{(5)(18)} + X_{(5)(19)} + 2.8 X_{(5)(20)} + 8 X_{(5)(21)} + 2.2 X_{(5)(22)} + 3 \\ & X_{(5)(23)} + 10.7 X_{(6)(1)} + 1.1 X_{(6)(2)} + X_{(6)(3)} + 0.6 X_{(6)(4)} + 0.2 X_{(6)(5)} + 0.3 X_{(6)(7)} + 0.4 X_{(6)(8)} + 0.2 \\ & X_{(6)(9)} + 0.2 X_{(6)(10)} + 0.2 X_{(6)(11)} + 0.3 X_{(6)(12)} + 1.6 X_{(6)(13)} + 1.5 X_{(6)(14)} + 2.3 X_{(6)(15)} + 2.9 \\ & X_{(6)(16)} + 2.4 X_{(6)(17)} + 1.3 X_{(6)(18)} + 1.6 X_{(6)(19)} + 2.9 X_{(6)(20)} + 8 X_{(6)(21)} + 2.4 X_{(6)(22)} + 3 X_{(6)(23)} \\ & + 10.7 X_{(7)(1)} + 1.2 X_{(7)(2)} + 1.1 X_{(7)(3)} + 0.8 X_{(7)(4)} + 0.1 X_{(7)(5)} + 0.3 X_{(7)(6)} + 0.3 X_{(7)(8)} + 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{(7)(9)} + 0.3 X_{(7)(10)} + 0.4 X_{(7)(11)} + 0.4 X_{(7)(12)} + 1.7 X_{(7)(13)} + 1.7 X_{(7)(14)} + 2.2 X_{(7)(15)} + 3 X_{(7)(16)} \\
& + 2.7 X_{(7)(17)} + X_{(7)(18)} + 0.9 X_{(7)(19)} + 2.9 X_{(7)(20)} + 8.1 X_{(7)(21)} + 2.3 X_{(7)(22)} + 3.1 X_{(7)(23)} + 10.5 \\
& X_{(8)(1)} + 0.9 X_{(8)(2)} + 0.8 X_{(8)(3)} + 0.6 X_{(8)(4)} + 0.3 X_{(8)(5)} + 0.4 X_{(8)(6)} + 0.3 X_{(8)(7)} + 0.2 X_{(8)(9)} + \\
& 0.2 X_{(8)(10)} + 0.3 X_{(8)(11)} + 0.2 X_{(8)(12)} + 2 X_{(8)(13)13} + 1.9 X_{(8)(14)} + 2.5 X_{(8)(15)} + 3.2 X_{(8)(16)} + 2.8 \\
& X_{(8)(17)} + 1.1 X_{(8)(18)} + X_{(8)(19)} + 0.3 X_{(8)(20)} + 8.4 X_{(8)(21)} + 2.6 X_{(8)(22)} + 3.3 X_{(8)(23)} + 10.6 X_{(9)(1)} \\
& + X_{(9)(2)} + 0.9 X_{(9)(3)} + 0.6 X_{(9)(4)} + 0.2 X_{(9)(5)} + 0.2 X_{(9)(6)} + 0.2 X_{(9)(7)} + 0.2 X_{(9)(8)} + 0.1 X_{(9)(10)} \\
& + 0.1 X_{(9)(11)} + 0.2 X_{(9)(12)} + 1.8 X_{(9)(13)} + 1.7 X_{(9)(14)} + 2.4 X_{(9)(15)} + 3.1 X_{(9)(16)} + 2.6 X_{(9)(17)} + \\
& 1.2 X_{(9)(18)} + 1.1 X_{(9)(19)} + 3 X_{(9)(20)} + 8.2 X_{(9)(21)} + 2.5 X_{(9)(22)} + 3.1 X_{(9)(23)} + 10.6 X_{(10)(1)} + \\
& X_{(10)(2)} + 0.8 X_{(10)(3)} + 0.5 X_{(10)(4)} + 0.3 X_{(10)(5)} + 0.2 X_{(10)(6)} + 0.3 X_{(10)(7)} + 0.2 X_{(10)(8)} + 0.1 \\
& X_{(10)(9)} + 0.1 X_{(10)(11)} + 0.2 X_{(10)(12)} + 1.8 X_{(10)(13)} + 1.7 X_{(10)(14)} + 2.4 X_{(10)(15)} + 3.1 X_{(10)(16)} + 2.6 \\
& X_{(10)(17)} + 1.2 X_{(10)(18)} + 1.1 X_{(10)(19)} + 3.1 X_{(10)(20)} + 8.2 X_{(10)(21)} + 2.5 X_{(10)(22)} + 3.1 X_{(10)(23)} + \\
& 10.6 X_{(11)(1)} + X_{(11)(2)} + 0.8 X_{(11)(3)} + 0.5 X_{(11)(4)} + 0.3 X_{(11)(5)} + 0.2 X_{(11)(6)} + 0.4 X_{(11)(7)} + 0.3 \\
& X_{(11)(8)} + 0.1 X_{(11)(9)} + 0.1 X_{(11)(10)} + 0.2 X_{(11)(12)} + 1.8 X_{(11)(13)} + 1.6 X_{(11)(14)} + 2.4 X_{(11)(15)} + 3.1 \\
& X_{(11)(16)} + 2.5 X_{(11)(17)} + 1.3 X_{(11)(18)} + 1.2 X_{(11)(19)} + 3.1 X_{(11)(20)} + 8.2 X_{(11)(21)} + 2.5 X_{(11)(22)} + \\
& 3.1 X_{(11)(23)} + 10.4 X_{(12)(1)} + 0.8 X_{(12)(2)} + 0.7 X_{(12)(3)} + 0.4 X_{(12)(4)} + 0.4 X_{(12)(5)} + 0.3 X_{(12)(6)} + \\
& 0.4 X_{(12)(7)} + 0.2 X_{(12)(8)} + 0.2 X_{(12)(9)} + 0.2 X_{(12)(10)} + 0.2 X_{(12)(11)} + 2 X_{(12)(13)} + 1.8 X_{(12)(14)} + \\
& 2.6 X_{(12)(15)} + 3.2 X_{(12)(16)} + 2.7 X_{(12)(17)} + 1.2 X_{(12)(18)} + 1.1 X_{(12)(19)} + 3.2 X_{(12)(20)} + 8.3 X_{(12)(21)} \\
& + 2.6 X_{(12)(22)} + 3.3 X_{(12)(23)} + 12.3 X_{(13)(1)} + 2.8 X_{(13)(2)} + 2.5 X_{(13)(3)} + 2.2 X_{(13)(4)} + 1.6 X_{(13)(5)} + \\
& 1.6 X_{(13)(6)} + 1.7 X_{(13)(7)} + 2 X_{(13)(8)} + 1.8 X_{(13)(9)} + 1.8 X_{(13)(10)} + 1.8 X_{(13)(11)} + 2 X_{(13)(12)} + 0.5 \\
& X_{(13)(14)} + X_{(13)(15)} + 1.3 X_{(13)(16)} + 1.7 X_{(13)(17)} + 2.4 X_{(13)(18)} + 2.2 X_{(13)(19)} + 1.4 X_{(13)(20)} + 6.4 \\
& X_{(13)(21)} + 1.3 X_{(13)(22)} + 1.5 X_{(13)(23)} + 12 X_{(14)(1)} + 2.6 X_{(14)(2)} + 2.3 X_{(14)(3)} + 1.9 X_{(14)(4)} + 1.6 \\
& X_{(14)(5)} + 1.5 X_{(14)(6)} + 1.7 X_{(14)(7)} + 1.9 X_{(14)(8)} + 1.7 X_{(14)(9)} + 1.7 X_{(14)(10)} + 1.6 X_{(14)(11)} + 1.8 \\
& X_{(14)(12)} + 0.5 X_{(14)(13)} + 1.4 X_{(14)(15)} + 1.6 X_{(14)(16)} + 1.3 X_{(14)(17)} + 2.5 X_{(14)(18)} + 2.4 X_{(14)(19)} + \\
& 1.9 X_{(14)(20)} + 6.5 X_{(14)(21)} + 1.8 X_{(14)(22)} + 1.4 X_{(14)(23)} + 13 X_{(15)(1)} + 3.4 X_{(15)(2)} + 3.2 X_{(15)(3)} + \\
& 2.9 X_{(15)(4)} + 2.2 X_{(15)(5)} + 2.3 X_{(15)(6)} + 2.2 X_{(15)(7)} + 2.5 X_{(15)(8)} + 2.4 X_{(15)(9)} + 2.4 X_{(15)(10)} + 2.4 \\
& X_{(15)(11)} + 2.6 X_{(15)(12)} + 0.9 X_{(15)(13)} + 1.5 X_{(15)(14)} + 1.1 X_{(15)(16)} + 2.6 X_{(15)(17)} + 2.5 X_{(15)(18)} + \\
& 2.4 X_{(15)(19)} + 0.7 X_{(15)(20)} + 6.2 X_{(15)(21)} + 0.4 X_{(15)(22)} + 1.8 X_{(15)(23)} + 13.5 X_{(16)(1)} + 4 X_{(16)(2)} + \\
& 3.8 X_{(16)(3)} + 3.4 X_{(16)(4)} + 2.9 X_{(16)(5)} + 2.9 X_{(16)(6)} + 3 X_{(16)(7)} + 3.2 X_{(16)(8)} + 3.1 X_{(16)(9)} + 3.1 \\
& X_{(16)(10)} + 3.1 X_{(16)(11)} + 3.2 X_{(16)(12)} + 1.3 X_{(16)(13)} + 1.6 X_{(16)(14)} + 1.1 X_{(16)(15)} + 2.1 X_{(16)(17)} + \\
& 3.5 X_{(16)(18)} + 3.3 X_{(16)(19)} + 0.7 X_{(16)(20)} + 5.2 X_{(16)(21)} + 1.4 X_{(16)(22)} + 0.9 X_{(16)(23)} + 12 X_{(17)(1)} + \\
& 3.3 X_{(17)(2)} + 2.9 X_{(17)(3)} + 2.6 X_{(17)(4)} + 2.6 X_{(17)(5)} + 2.5 X_{(17)(6)} + 2.7 X_{(17)(7)} + 2.8 X_{(17)(8)} + 2.6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{(17)(9)} + 2.6 X_{(17)(10)} + 2.5 X_{(17)(11)} + 2.7 X_{(17)(12)} + 1.7 X_{(17)(13)} + 1.3 X_{(17)(14)} + 2.6 X_{(17)(15)} + 2.1 \\
& X_{(17)(16)} + 3.7 X_{(17)(18)} + 3.5 X_{(17)(19)} + 2.7 X_{(17)(20)} + 6.2 X_{(17)(21)} + 2.9 X_{(17)(22)} + 1.4 X_{(17)(23)} + \\
& 10.8 X_{(18)(1)} + 1.6 X_{(18)(2)} + 1.8 X_{(18)(3)} + 1.6 X_{(18)(4)} + 1.1 X_{(18)(5)} + 1.3 X_{(18)(6)} + X_{(18)(7)} + 1.1 \\
& X_{(18)(8)} + 1.2 X_{(18)(9)} + 1.2 X_{(18)(10)} + 1.3 X_{(18)(11)} + 1.2 X_{(18)(12)} + 2.4 X_{(18)(13)} + 2.5 X_{(18)(14)} + 2.5 \\
& X_{(18)(15)} + 3.5 X_{(18)(16)} + 3.7 X_{(18)(17)} + 0.2 X_{(18)(19)} + 3.2 X_{(18)(20)} + 8.6 X_{(18)(21)} + 2.5 X_{(18)(22)} + \\
& 3.8 X_{(18)(23)} + 10.9 X_{(19)(1)} + 1.6 X_{(19)(2)} + 1.8 X_{(19)(3)} + 1.6 X_{(19)(4)} + X_{(19)(5)} + 1.2 X_{(19)(6)} + 0.9 \\
& X_{(19)(7)} + X_{(19)(8)} + 1.1 X_{(19)(9)} + 1.1 X_{(19)(10)} + 1.2 X_{(19)(11)} + 1.1 X_{(19)(12)} + 2.2 X_{(19)(13)} + 2.4 \\
& X_{(19)(14)} + 2.4 X_{(19)(15)} + 3.3 X_{(19)(16)} + 3.5 X_{(19)(17)} + 0.2 X_{(19)(18)} + 3 X_{(19)(20)} + 8.5 X_{(19)(21)} + 2.3 \\
& X_{(19)(22)} + 3.7 X_{(19)(23)} + 13.6 X_{(20)(1)} + 4 X_{(20)(2)} + 3.8 X_{(20)(3)} + 3.5 X_{(20)(4)} + 2.8 X_{(20)(5)} + 2.9 \\
& X_{(20)(6)} + 2.9 X_{(20)(7)} + 3.2 X_{(20)(8)} + 3 X_{(20)(9)} + 3.1 X_{(20)(10)} + 3.1 X_{(20)(11)} + 3.2 X_{(20)(12)} + 1.4 \\
& X_{(20)(13)} + 1.9 X_{(20)(14)} + 0.7 X_{(20)(15)} + 0.7 X_{(20)(16)} + 2.7 X_{(20)(17)} + 3.2 X_{(20)(18)} + 3 X_{(20)(19)} + 5.5 \\
& X_{(20)(21)} + 0.8 X_{(20)(22)} + 1.6 X_{(20)(23)} + 18.3 X_{(21)(1)} + 9.1 X_{(21)(2)} + 8.8 X_{(21)(3)} + 8.5 X_{(21)(4)} + 8 \\
& X_{(21)(5)} + 8 X_{(21)(6)} + 8.1 X_{(21)(7)} + 8.4 X_{(21)(8)} + 8.2 X_{(21)(9)} + 8.2 X_{(21)(10)} + 8.2 X_{(21)(11)} + 8.3 \\
& X_{(21)(12)} + 6.4 X_{(21)(13)} + 6.5 X_{(21)(14)} + 6.2 X_{(21)(15)} + 5.2 X_{(21)(16)} + 6.2 X_{(21)(17)} + 8.6 X_{(21)(18)} + \\
& 8.5 X_{(21)(19)} + 5.5 X_{(21)(20)} + 6.3 X_{(21)(22)} + 5.1 X_{(21)(23)} + 13 X_{(22)(1)} + 3.5 X_{(22)(2)} + 3.3 X_{(22)(3)} + 3 \\
& X_{(22)(4)} + 2.2 X_{(22)(5)} + 2.4 X_{(22)(6)} + 2.3 X_{(22)(7)} + 2.6 X_{(22)(8)} + 2.5 X_{(22)(9)} + 2.5 X_{(22)(10)} + 2.5 \\
& X_{(22)(11)} + 2.6 X_{(22)(12)} + 1.3 X_{(22)(13)} + 1.8 X_{(22)(14)} + 0.4 X_{(22)(15)} + 1.4 X_{(22)(16)} + 2.9 X_{(22)(17)} + \\
& 2.4 X_{(22)(18)} + 2.3 X_{(22)(19)} + 0.8 X_{(22)(20)} + 6.3 X_{(22)(21)} + 2.1 X_{(22)(23)} + 13.3 X_{(23)(1)} + 4 X_{(23)(2)} + \\
& 3.7 X_{(23)(3)} + 3.4 X_{(23)(4)} + 3 X_{(23)(5)} + 3 X_{(23)(6)} + 3.1 X_{(23)(7)} + 3.3 X_{(23)(8)} + 3.1 X_{(23)(9)} + 3.1 \\
& X_{(23)(10)} + 3.1 X_{(23)(11)} + 3.3 X_{(23)(12)} + 1.5 X_{(23)(13)} + 1.4 X_{(23)(14)} + 1.8 X_{(23)(15)} + 0.9 X_{(23)(16)} + \\
& 1.4 X_{(23)(17)} + 3.8 X_{(23)(18)} + 3.7 X_{(23)(19)} + 1.6 X_{(23)(20)} + 5.1 X_{(23)(21)} + 2.1 X_{(23)(22)}
\end{aligned}$$

Este modelo está sujeto a las siguientes restricciones (ver sección 2.5.3, (9)):

Las restricciones de la 1 a la 23 garantizan que exista una sola llegada a cada cliente

$$\begin{aligned}
& \mathbf{1.} \quad X_{(1)(2)} + X_{(1)(3)} + X_{(1)(4)} + X_{(1)(5)} + X_{(1)(6)} + X_{(1)(7)} + X_{(1)(8)} + X_{(1)(9)} + X_{(1)(10)} + X_{(1)(11)} + \\
& X_{(1)(12)} + X_{(1)(13)} + X_{(1)(14)} + X_{(1)(15)} + X_{(1)(16)} + X_{(1)(17)} + X_{(1)(18)} + X_{(1)(19)} + X_{(1)(20)} + X_{(1)(21)} + \\
& X_{(1)(22)} + X_{(1)(23)} = 1
\end{aligned}$$





$$22. X_{(22)(1)} + X_{(22)(2)} + X_{(22)(3)} + X_{(22)(4)} + X_{(22)(5)} + X_{(22)(6)} + X_{(22)(7)} + X_{(22)(8)} + X_{(22)(9)} + X_{(22)(10)} + X_{(22)(11)} + X_{(22)(12)} + X_{(22)(13)} + X_{(22)(14)} + X_{(22)(15)} + X_{(22)(16)} + X_{(22)(17)} + X_{(22)(18)} + X_{(22)(19)} + X_{(22)(20)} + X_{(22)(21)} + X_{(22)(23)} = 1$$

$$23. X_{(23)(1)} + X_{(23)(2)} + X_{(23)(3)} + X_{(23)(4)} + X_{(23)(5)} + X_{(23)(6)} + X_{(23)(7)} + X_{(23)(8)} + X_{(23)(9)} + X_{(23)(10)} + X_{(23)(11)} + X_{(23)(12)} + X_{(23)(13)} + X_{(23)(14)} + X_{(23)(15)} + X_{(23)(16)} + X_{(23)(17)} + X_{(23)(18)} + X_{(23)(19)} + X_{(23)(20)} + X_{(23)(21)} + X_{(23)(22)} = 1$$

Las restricciones de la 24 a la 46 garantizan que el camión, del punto que salga, sólo haga un viaje a otro cliente (ver sección 2.5.3, (10)).

$$24. X_{(2)(1)} + X_{(3)(1)} + X_{(4)(1)} + X_{(5)(1)} + X_{(6)(1)} + X_{(7)(1)} + X_{(8)(1)} + X_{(9)(1)} + X_{(10)(1)} + X_{(11)(1)} + X_{(12)(1)} + X_{(13)(1)} + X_{(14)(1)} + X_{(15)(1)} + X_{(16)(1)} + X_{(17)(1)} + X_{(18)(1)} + X_{(19)(1)} + X_{(20)(1)} + X_{(21)(1)} + X_{(22)(1)} + X_{(23)(1)} = 1$$

$$25. X_{(1)(2)} + X_{(3)(2)} + X_{(4)(2)} + X_{(5)(2)} + X_{(6)(2)} + X_{(7)(2)} + X_{(8)(2)} + X_{(9)(2)} + X_{(10)(2)} + X_{(11)(2)} + X_{(12)(2)} + X_{(13)(2)} + X_{(14)(2)} + X_{(15)(2)} + X_{(16)(2)} + X_{(17)(2)} + X_{(18)(2)} + X_{(19)(2)} + X_{(20)(2)} + X_{(21)(2)} + X_{(22)(2)} + X_{(23)(2)} = 1$$

$$26. X_{(1)(3)} + X_{(2)(3)} + X_{(4)(3)} + X_{(5)(3)} + X_{(6)(3)} + X_{(7)(3)} + X_{(8)(3)} + X_{(9)(3)} + X_{(10)(3)} + X_{(11)(3)} + X_{(12)(3)} + X_{(13)(3)} + X_{(14)(3)} + X_{(15)(3)} + X_{(16)(3)} + X_{(17)(3)} + X_{(18)(3)} + X_{(19)(3)} + X_{(20)(3)} + X_{(21)(3)} + X_{(22)(3)} + X_{(23)(3)} = 1$$

$$27. X_{(1)(4)} + X_{(2)(4)} + X_{(3)(4)} + X_{(5)(4)} + X_{(6)(4)} + X_{(7)(4)} + X_{(8)(4)} + X_{(9)(4)} + X_{(10)(4)} + X_{(11)(4)} + X_{(12)(4)} + X_{(13)(4)} + X_{(14)(4)} + X_{(15)(4)} + X_{(16)(4)} + X_{(17)(4)} + X_{(18)(4)} + X_{(19)(4)} + X_{(20)(4)} + X_{(21)(4)} + X_{(22)(4)} + X_{(23)(4)} = 1$$

$$28. X_{(1)(5)} + X_{(2)(5)} + X_{(3)(5)} + X_{(4)(5)} + X_{(6)(5)} + X_{(7)(5)} + X_{(8)(5)} + X_{(9)(5)} + X_{(10)(5)} + X_{(11)(5)} + X_{(12)(5)} + X_{(13)(5)} + X_{(14)(5)} + X_{(15)(5)} + X_{(16)(5)} + X_{(17)(5)} + X_{(18)(5)} + X_{(19)(5)} + X_{(20)(5)} + X_{(21)(5)} + X_{(22)(5)} + X_{(23)(5)} = 1$$

$$29. X_{(1)(6)} + X_{(2)(6)} + X_{(3)(6)} + X_{(4)(6)} + X_{(5)(6)} + X_{(7)(6)} + X_{(8)(6)} + X_{(9)(6)} + X_{(10)(6)} + X_{(11)(6)} + X_{(12)(6)} + X_{(13)(6)} + X_{(14)(6)} + X_{(15)(6)} + X_{(16)(6)} + X_{(17)(6)} + X_{(18)(6)} + X_{(19)(6)} + X_{(20)(6)} + X_{(21)(6)} + X_{(22)(6)} + X_{(23)(6)} = 1$$

$$30. X_{(1)(7)} + X_{(2)(7)} + X_{(3)(7)} + X_{(4)(7)} + X_{(5)(7)} + X_{(6)(7)} + X_{(8)(7)} + X_{(9)(7)} + X_{(10)(7)} + X_{(11)(7)} + X_{(12)(7)} + X_{(13)(7)} + X_{(14)(7)} + X_{(15)(7)} + X_{(16)(7)} + X_{(17)(7)} + X_{(18)(7)} + X_{(19)(7)} + X_{(20)(7)} + X_{(21)(7)} + X_{(22)(7)} + X_{(23)(7)} = 1$$

$$31. X_{(1)(8)} + X_{(2)(8)} + X_{(3)(8)} + X_{(4)(8)} + X_{(5)(8)} + X_{(6)(8)} + X_{(7)(8)} + X_{(9)(8)} + X_{(10)(8)} + X_{(11)(8)} + X_{(12)(8)} + X_{(13)(8)} + X_{(14)(8)} + X_{(15)(8)} + X_{(16)(8)} + X_{(17)(8)} + X_{(18)(8)} + X_{(19)(8)} + X_{(20)(8)} + X_{(21)(8)} + X_{(22)(8)} + X_{(23)(8)} = 1$$

$$32. X_{(1)(9)} + X_{(2)(9)} + X_{(3)(9)} + X_{(4)(9)} + X_{(5)(9)} + X_{(6)(9)} + X_{(7)(9)} + X_{(8)(9)} + X_{(10)(9)} + X_{(11)(9)} + X_{(12)(9)} + X_{(13)(9)} + X_{(14)(9)} + X_{(15)(9)} + X_{(16)(9)} + X_{(17)(9)} + X_{(18)(9)} + X_{(19)(9)} + X_{(20)(9)} + X_{(21)(9)} + X_{(22)(9)} + X_{(23)(9)} = 1$$

$$33. X_{(1)(10)} + X_{(2)(10)} + X_{(3)(10)} + X_{(4)(10)} + X_{(5)(10)} + X_{(6)(10)} + X_{(7)(10)} + X_{(8)(10)} + X_{(9)(10)} + X_{(11)(10)} + X_{(12)(10)} + X_{(13)(10)} + X_{(14)(10)} + X_{(15)(10)} + X_{(16)(10)} + X_{(17)(10)} + X_{(18)(10)} + X_{(19)(10)} + X_{(20)(10)} + X_{(21)(10)} + X_{(22)(10)} + X_{(23)(10)} = 1$$

$$34. X_{(1)(11)} + X_{(2)(11)} + X_{(3)(11)} + X_{(4)(11)} + X_{(5)(11)} + X_{(6)(11)} + X_{(7)(11)} + X_{(8)(11)} + X_{(9)(11)} + X_{(10)(11)} + X_{(12)(11)} + X_{(13)(11)} + X_{(14)(11)} + X_{(15)(11)} + X_{(16)(11)} + X_{(17)(11)} + X_{(18)(11)} + X_{(19)(11)} + X_{(20)(11)} + X_{(21)(11)} + X_{(22)(11)} + X_{(23)(11)} = 1$$

$$35. X_{(1)(12)} + X_{(2)(12)} + X_{(3)(12)} + X_{(4)(12)} + X_{(5)(12)} + X_{(6)(12)} + X_{(7)(12)} + X_{(8)(12)} + X_{(9)(12)} + X_{(10)(12)} + X_{(11)(12)} + X_{(13)(12)} + X_{(14)(12)} + X_{(15)(12)} + X_{(16)(12)} + X_{(17)(12)} + X_{(18)(12)} + X_{(19)(12)} + X_{(20)(12)} + X_{(21)(12)} + X_{(22)(12)} + X_{(23)(12)} = 1$$

$$36. X_{(1)(13)} + X_{(2)(13)} + X_{(3)(13)} + X_{(4)(13)} + X_{(5)(13)} + X_{(6)(13)} + X_{(7)(13)} + X_{(8)(13)} + X_{(9)(13)} + X_{(10)(13)} + X_{(11)(13)} + X_{(12)(13)} + X_{(14)(13)} + X_{(15)(13)} + X_{(16)(13)} + X_{(17)(13)} + X_{(18)(13)} + X_{(19)(13)} + X_{(20)(13)} + X_{(21)(13)} + X_{(22)(13)} + X_{(23)(13)} = 1$$

$$37. X_{(1)(14)} + X_{(2)(14)} + X_{(3)(14)} + X_{(4)(14)} + X_{(5)(14)} + X_{(6)(14)} + X_{(7)(14)} + X_{(8)(14)} + X_{(9)(14)} + X_{(10)(14)} + X_{(11)(14)} + X_{(12)(14)} + X_{(13)(14)} + X_{(15)(14)} + X_{(16)(14)} + X_{(17)(14)} + X_{(18)(14)} + X_{(19)(14)} + X_{(20)(14)} + X_{(21)(14)} + X_{(22)(14)} + X_{(23)(14)} = 1$$

$$38. X_{(1)(15)} + X_{(2)(15)} + X_{(3)(15)} + X_{(4)(15)} + X_{(5)(15)} + X_{(6)(15)} + X_{(7)(15)} + X_{(8)(15)} + X_{(9)(15)} + X_{(10)(15)} + X_{(11)(15)} + X_{(12)(15)} + X_{(13)(15)} + X_{(14)(15)} + X_{(16)(15)} + X_{(17)(15)} + X_{(18)(15)} + X_{(19)(15)} + X_{(20)(15)} + X_{(21)(15)} + X_{(22)(15)} + X_{(23)(15)} = 1$$

$$39. X_{(1)(16)} + X_{(2)(16)} + X_{(3)(16)} + X_{(4)(16)} + X_{(5)(16)} + X_{(6)(16)} + X_{(7)(16)} + X_{(8)(16)} + X_{(9)(16)} + X_{(10)(16)} + X_{(11)(16)} + X_{(12)(16)} + X_{(13)(16)} + X_{(14)(16)} + X_{(15)(16)} + X_{(17)(16)} + X_{(18)(16)} + X_{(19)(16)} + X_{(20)(16)} + X_{(21)(16)} + X_{(22)(16)} + X_{(23)(16)} = 1$$

$$40. X_{(1)(17)} + X_{(2)(17)} + X_{(3)(17)} + X_{(4)(17)} + X_{(5)(17)} + X_{(6)(17)} + X_{(7)(17)} + X_{(8)(17)} + X_{(9)(17)} + X_{(10)(17)} + X_{(11)(17)} + X_{(12)(17)} + X_{(13)(17)} + X_{(14)(17)} + X_{(15)(17)} + X_{(16)(17)} + X_{(18)(17)} + X_{(19)(17)} + X_{(20)(17)} + X_{(21)(17)} + X_{(22)(17)} + X_{(23)(17)} = 1$$

$$41. X_{(1)(18)} + X_{(2)(18)} + X_{(3)(18)} + X_{(4)(18)} + X_{(5)(18)} + X_{(6)(18)} + X_{(7)(18)} + X_{(8)(18)} + X_{(9)(18)} + X_{(10)(18)} + X_{(11)(18)} + X_{(12)(18)} + X_{(13)(18)} + X_{(14)(18)} + X_{(15)(18)} + X_{(16)(18)} + X_{(17)(18)} + X_{(19)(18)} + X_{(20)(18)} + X_{(21)(18)} + X_{(22)(18)} + X_{(23)(18)} = 1$$

$$42. X_{(1)(19)} + X_{(2)(19)} + X_{(3)(19)} + X_{(4)(19)} + X_{(5)(19)} + X_{(6)(19)} + X_{(7)(19)} + X_{(8)(19)} + X_{(9)(19)} + X_{(10)(19)} + X_{(11)(19)} + X_{(12)(19)} + X_{(13)(19)} + X_{(14)(19)} + X_{(15)(19)} + X_{(16)(19)} + X_{(17)(19)} + X_{(18)(19)} + X_{(20)(19)} + X_{(21)(19)} + X_{(22)(19)} + X_{(23)(19)} = 1$$

$$43. X_{(1)(20)} + X_{(2)(20)} + X_{(3)(20)} + X_{(4)(20)} + X_{(5)(20)} + X_{(6)(20)} + X_{(7)(20)} + X_{(8)(20)} + X_{(9)(20)} + X_{(10)(20)} + X_{(11)(20)} + X_{(12)(20)} + X_{(13)(20)} + X_{(14)(20)} + X_{(15)(20)} + X_{(16)(20)} + X_{(17)(20)} + X_{(18)(20)} + X_{(19)(20)} + X_{(21)(20)} + X_{(22)(20)} + X_{(23)(20)} = 1$$

$$44. X_{(1)(21)} + X_{(2)(21)} + X_{(3)(21)} + X_{(4)(21)} + X_{(5)(21)} + X_{(6)(21)} + X_{(7)(21)} + X_{(8)(21)} + X_{(9)(21)} + X_{(10)(21)} + X_{(11)(21)} + X_{(12)(21)} + X_{(13)(21)} + X_{(14)(21)} + X_{(15)(21)} + X_{(16)(21)} + X_{(17)(21)} + X_{(18)(21)} + X_{(19)(21)} + X_{(20)(21)} + X_{(22)(21)} + X_{(23)(21)} = 1$$

$$45. X_{(1)(22)} + X_{(2)(22)} + X_{(3)(22)} + X_{(4)(22)} + X_{(5)(22)} + X_{(6)(22)} + X_{(7)(22)} + X_{(8)(22)} + X_{(9)(22)} + X_{(10)(22)} + X_{(11)(22)} + X_{(12)(22)} + X_{(13)(22)} + X_{(14)(22)} + X_{(15)(22)} + X_{(16)(22)} + X_{(17)(22)} + X_{(18)(22)} + X_{(19)(22)} + X_{(20)(22)} + X_{(21)(22)} + X_{(23)(22)} = 1$$

$$46. X_{(1)(23)} + X_{(2)(23)} + X_{(3)(23)} + X_{(4)(23)} + X_{(5)(23)} + X_{(6)(23)} + X_{(7)(23)} + X_{(8)(23)} + X_{(9)(23)} + X_{(10)(23)} + X_{(11)(23)} + X_{(12)(23)} + X_{(13)(23)} + X_{(14)(23)} + X_{(15)(23)} + X_{(16)(23)} + X_{(17)(23)} + X_{(18)(23)} + X_{(19)(23)} + X_{(20)(23)} + X_{(21)(23)} + X_{(22)(23)} = 1$$

47. El resultado deber ser entero (ver sección 2.5.3, (12)):

$$X_{ij} = 0 \text{ o } 1 \quad (i, j) \in A$$

48. Para romper los sub-tours (ver sección 2.5.3, (11)):

$$\sum_{i,j \in S} X_{ij} \leq S - 1 \quad (S \subset V, 2 \leq S \leq n - 2)$$

## **5. CAPITULO V**

### **ANÁLISIS DE LOS DATOS**

#### **5.1 PLAN MEJORADO DEL DESPACHO DE LAS ÓRDENES**

##### **5.1.1 Proceso mejorado, flujograma**

Una vez realizado el muestreo del trabajo (en la sección 4.1.1), podemos concluir con un 95% de confianza (ver sección 4.1.1.1), que existe un porcentaje considerable de inactividad ó como se llamó en el formulario: ocurrencias no productivas, este porcentaje es del  $15.5 \pm 3\%$  (ver Tabla # 10, sección 4.1.2.1) es decir está en un intervalo entre 12.5% - 18.5%, lo cual representa entre 1hora – 1hora 30 minutos (como se explicó en la sección 4.1.2.3). Es por ello que, además de haber realizado el muestreo, se mantuvo conversaciones con el administrador de la bodega, el jefe del departamento de logística e incluso con el gerente de operaciones, para re-organizar las actividades de los auxiliares de la bodega e incluso considerar la propuesta de aumentar el personal, si ese fuera el caso (mas adelante en el análisis económico se verá que tan viable es esto, sección 5.2); para mejorar las tareas y solucionar los problemas, vistos en la sección 3.1.5.

En la sección 3.1.1 del capítulo 3, se observó que los auxiliares de bodega entran a las 6 de la mañana y salen entre las 6pm y 8pm. Esto conlleva a un gasto entre 4 y 6 horas extras diarias por cada auxiliar de bodega (son dos); lo que representa un egreso considerable para la empresa.

Una vez hecho el estudio de muestreo y sabiendo que existe un porcentaje de más del 15% de inactividad, más los problemas vistos en la sección 3.1.5, se propone realizar lo siguiente:

El principal cambio sería el incremento en el número del personal. Es decir, hoy en día se está trabajando con dos auxiliares; con la nueva propuesta se trabajaría con un total de 4 empleados, divididos en dos turnos de trabajo de 8 horas diarias (como contempla la ley, según el artículo 47 del código del trabajo del Ecuador) y con dos personas en cada turno. El turno de la mañana empezaría a las 5am y terminaría a la 1pm. Y en el cual se realizarían las

mismas actividades que se hacen actualmente (ver sección 3.1.1); es decir: despacho de levadura, carga de camiones tercerizados, recibir el producto del centro de distribución, ordenar ese producto en las correspondientes estanterías, limpiar la bodega, procurar adelantar la preparación de pallets, realizar inventarios, cargar camiones inesperados y realizar cualquier tipo de actividad extra que podría surgir hasta la 1pm, hora en la cual terminarían su jornada laboral y al mismo tiempo hora de entrada de los dos auxiliares del otro turno.

Las actividades que se realizarían desde la hora de entrada (1pm) hasta las 6 de la tarde serían las mismas que se hacen actualmente en la regional Quito (ver sección 3.1.1); es decir, realizar inventario, preparación y cargar de camiones de la flota de panadería (dependiendo a qué hora llegue el último carro, se termina esta actividad entre las 5:30pm y 6 de la tarde). Por lo tanto hasta las 6pm, incluso 6:30pm, se podrían recibir las últimas facturas de los vendedores de las tres divisiones (institucional, consumo y panadería). Solucionando así el problema de la desorganización de las facturas y la falta de un horario de entregas.

Posterior a ello, se empezaría con la preparación de esas facturas. Lo que se pretende realizar es dejar preparados pallets para cada ruta: Norte, Hoteles, Sur, Centro y Valles. Para al día siguiente solo cargar los camiones (con lo que ya se dejó preparado la noche anterior) y sacar de las estanterías los productos de volumen. Esta actividad se la realizaría de la siguiente manera: Una vez que se tengan organizadas las facturas por rutas, se empezaría a armar pallets para cada ruta, de los productos de poco volumen y los cuales toman mucho tiempo organizar; puesto que como son pocos, hay que tomar uno por uno e ir armando cajas y verificar con una lista que lo que se despacha es lo correcto. Es un trabajo laborioso que toma tiempo y en el que más fallas ocurren (por experiencia del administrador y tras conversaciones con los propios auxiliares, se sabe que es en este proceso donde ocurren más errores). Por ello, al hacer este trabajo en la tarde, se lo realizaría con más calma y tiempo, cometiendo menos errores y se dejarían esos pallets listos para cargarlos al día siguiente. Además se pueden añadir notas o recordatorios sobre los pallets, acerca de los productos de volumen que quedarían por despachar a la mañana siguiente. Esta actividad, de preparar los pallets, debería tomarles un máximo de 3 horas (es el tiempo que actualmente se demoran los auxiliares en

realizar esta preparación) por lo tanto si empiezan a las 6pm a las 9 de la noche terminarían y con ello su jornada laboral.

La propuesta de la re-organización de las actividades es la de hacer un solo pedido al centro de distribución, en vez de que existan despachos diarios por parte de éste a la regional Quito, se haría un solo pedido grande para almacenar el producto por una semana y así evitar pedidos diarios de volumen considerable que toman tiempo arreglar, cerca del  $22.5 \pm 3\%$  (como se vio en la sección 4.1.2.1 de la Figura # 7, del capítulo 4). Y sólo de los productos que más roten (que son aproximadamente 6, entre ellos están: azúcar, polvo, chantipack, entre otros) se harían pedidos a diario; que los auxiliares los podrían acomodar, al regreso del desayuno, en un período mucho mas corto que en el de la actualidad. Ganando así, tiempo para poder realizar otras actividades ya sean extras, inesperadas o adelantar la preparación de pallets (organizando así mejor las tareas y el manejo de los tiempos).

Con este nuevo sistema, se ahorraría tiempo en el despacho de los tercerizados, puesto que al momento de cargar los camiones, primero se despacharía lo que ya se dejó preparado la noche anterior y con la ayuda de las notas ó recordatorios, sólo se iría a las estanterías a coger el producto de volumen (que ya se dejó anotado) y despacharlo.

En el Anexo H se presenta el flujograma del nuevo proceso de despacho (mejorado) en el cual se puede visualizar mejor toda la re-organización propuesta, dentro de la bodega regional Quito y que según la autora Marilyn Vivas (2008), la forma de diagramación se la puede realizar como se muestra en el Anexo H.

Al flujo-grama del Anexo H se lo dividió en 4 grupos, cada grupo está encargado de realizar diferentes actividades y en conjunto hacen que la bodega funcione, es decir que se logren realizar los despachos de las órdenes de una manera óptima.

Entre las tareas de la re-organización de las actividades está la realización de un solo pedido, para que la bodega quede abastecida toda la semana; como se puede observar en la decisión del flujograma (Anexo H) si es preciso hacer un solo pedido, el administrador es el

encargado de solicitarlo al centro de distribución (C.D); caso contrario el mismo administrador hace pedidos pequeños (de los productos que mas rotan, ver sección 5.1.1) diarios.

También se puede observar del flujograma, que el trabajo queda dividido en dos turnos de 8 horas (como se explicó en la sección 5.1.1), finalizando el primer turno a la 1pm, misma hora de entrada del segundo turno. Las actividades que se realizan en la tarde son las mismas que se hacen actualmente (ver sección 3.1.1), con la diferencia de que a partir de las 6pm los auxiliares se dedican sólo a hacer la preparación de las facturas hasta las 9pm, hora en la que se debería terminar esta actividad y con ello la segunda jornada laboral.

### 5.1.2 Lista mejorada de tareas de cada persona involucrada en el despacho de las órdenes

A continuación se presenta una lista mejorada de las actividades del personal involucrado en el proceso de despacho de productos de la bodega Regional Quito. Es decir, una lista completa con todas las tareas diarias y adicionales que debe cumplir cada persona para que el nuevo sistema de proceso de despacho funcione

Tabla 14: Lista mejorada de tareas del personal de bodega

<i>Nombre</i>	<i>Actividades</i>
Administrador de la Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar pedidos pequeños diarios al Centro de Distribución</li> <li>- Realizar un solo pedido grande por semana al Centro de Distribución</li> <li>- Realizar Guías de Remisión</li> <li>- Realizar Transferencias</li> <li>- Realizar organización de facturas por rutas.</li> <li>- Realizar pedidos de camiones</li> <li>- Realizar el inventario de la bodega</li> <li>- Ayudar a despachar producto, limpiar bodega, etc.</li> <li>- Despachos pequeños inesperados</li> </ul>
Auxiliar de Bodega # 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Ordenar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets (adelantar preparación y de despachos extras)</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- Despacho de levadura</li> <li>- Ayudar con la realización de guías, transferencias, etc.</li> <li>- Traer montacargas</li> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> <li>- Realizar inventario de Lafabril, levaduras.</li> </ul>

Auxiliar de Bodega # 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Ordenar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets (adelantar preparación y de despachos extras)</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- Despacho de levadura</li> <li>- Ayudar con la realización de guías, transferencias, etc.</li> <li>- <a href="#">Traer montacargas</a></li> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> <li>- Realizar inventario de Lafabril, levaduras.</li> </ul>
Auxiliar de Bodega # 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Ordenar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets (panadería, tercerizados)</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- <a href="#">Realización de inventario a vendedores de panadería</a></li> <li>- Ayudar con la realización de guías, transferencias, etc.</li> <li>- <a href="#">Traer montacargas</a></li> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> </ul>
Auxiliar de Bodega # 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de la Bodega</li> <li>- Ordenar el producto en su lugar</li> <li>- Preparación de Pallets (panadería, tercerizados)</li> <li>- Carga/Traslado del producto</li> <li>- <a href="#">Realización de inventario a vendedores de panadería</a></li> <li>- Ayudar con la realización de guías, transferencias, etc.</li> <li>- <a href="#">Traer montacargas</a></li> <li>- Realizar inventario de la bodega</li> </ul>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Como se puede observar de la Tabla # 14 y si se la compara con las actividades de la Tabla # 3 del capítulo 3; al administrador sólo se le incrementan 3 tareas (que se encuentran resaltadas en color azul). Al incrementarse el número del personal (dos auxiliares mas, que entran a la 1 de la tarde y salen a las 9pm), las actividades extras que tendrían que hacer aquellos que trabajen en la mañana sólo sería la de traer el montacargas. Y los dos auxiliares que entren en la tarde no realizarían el inventario de la empresa Lafabril ni el de levaduras, ni el despacho de estos; solamente se incrementaría las tareas de traer el montacargas y la realización del inventario de los de panadería.

### 5.1.3 Horarios de entrega de facturas a la bodega

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 1, en la empresa LEVAPAN del Ecuador existen 3 divisiones (Consumo, Panadería e Institucional). Cada división tiene sus

respectivos vendedores. A continuación se presenta la Tabla # 15, con el número de vendedores para cada ruta:

Tabla 15: Vendedores de cada división

<i>División</i>	<i>Número de Vendedores</i>
Institucional	3
Consumo	6
Panadería	10

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Todos los vendedores hacen una pre-venta, es decir ellos van donde sus clientes y toman el pedido de los productos que les solicitan. Luego estos vendedores llevan estos pedidos a la empresa, al departamento de ventas y facturación, ahí se emiten las diferentes facturas, que son las que se necesitan en la bodega regional Quito, para poder realizar los despachos.

El problema que existe actualmente con los vendedores, es que al no existir un horario de entrega de facturas, ellos llegan con sus pedidos a la hora que quieren y exigen que se les despache el producto al día siguiente, lo cual implica: más trabajo para las personas en bodega, que terminen más tarde sus actividades y que por ello se incrementen las horas extra, de los auxiliares.

La mayoría de vendedores llegan a la empresa con sus pedidos en la tarde. Los vendedores de panadería empiezan a llegar desde las 3pm. Los vehículos que ellos utilizan son de menos de una tonelada, por lo tanto la levadura y las mantecas que son de gran volumen, no las pueden llevar, así que generan pedidos de estos dos productos para que un camión vaya a despacharles a sus clientes al día siguiente.

Los vendedores de institucional deberían llegar antes de las 5pm para que se les pueda facturar ese mismo día y se les pueda despachar a la mañana del día siguiente. Pero la mayoría de veces llegan a las 6pm para emitir las facturas. Los clientes de esta división, exigen que se les despache el producto al día siguiente. Por lo tanto, hay que esperar que estos vendedores lleguen y se emitan sus facturas. Esto causa que la jornada laboral de las personas de bodega se extienda, generando así más horas extras y un gasto más para la empresa.

Los vendedores de la división de consumo llegan a partir de las 5pm. Si llegan hasta esa hora se les puede despachar el producto al día siguiente. Pero si llegan después, se deja un día más ese pedido, para ser despachado.

Todo esta des-organización, de los horarios en las entregas de facturas, causa que existan más demoras en la bodega regional Quito.

Con la re-organización de las actividades, la tarea de la preparación de las facturas empezaría a partir de las 6 de la tarde, es decir cuando se termina de despachar al último vendedor de la división de panadería. Con esto se evitarían todos los problemas que actualmente existen. Puesto que, los vendedores podrían llegar a la empresa con más calma y emitirían sus facturas hasta la hora de recepción (6pm, incluso 6:30pm). Es decir el horario de recepción de facturas se extendería hasta las 6pm - 6:30 de la tarde y a la vez se crearía este límite de admisión; y pasada esa hora cualquier factura de cualquier división quedaría pendiente para el día siguiente.

## 5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con la finalidad de entender como se calcula, quienes tienen derecho y la base legal de los diferentes tipos de remuneraciones, que implican un costo para la empresa cuando se contrata un empleado, se creará una tabla en la cual se resumirá esta información.

Tabla 16: Fondo de reserva y vacaciones

	<b>Fondo de Reserva</b>	<b>Vacaciones</b>
<i>¿Quiénes tienen derecho?</i>	Todos los trabajadores que lleven más de un año de trabajo para el mismo patrono	Todos los trabajadores que han cumplido un año de trabajo para el mismo, caso contrario pagar proporcional
<i>Forma de Cálculo</i>	La 12ava parte de lo recibido en el período que se calcula o su proporcional	La 24ava parte de lo recibido en el período que se calcula
<i>Base de Cálculo</i>	Sueldo + horas extras + comisiones + otras retribuciones accesorias permanentes	Sueldo + horas extras + comisiones + otras retribuciones accesorias permanentes
<i>Base Legal</i>	Código del Trabajo Art. 196 – 220	Código del Trabajo Art. 69 – 78

Fuente: Código del trabajo del Ecuador

Tabla 17: Horas suplementarias y extraordinarias

	<b>Jornada Ordinaria</b>	<b>Horas Suplementaria</b>	<b>Horas Extraordinarias</b>
<i>Concepto</i>	En el caso del Ecuador es de lunes a viernes 8 horas diarias; 40 horas semanales	Después de la jornada ordinaria, máximo 4 horas al día y 12 horas a la semana	Cuando el empleado trabaja sábados, domingos o días feriados
<i>% Recargo</i>	0%	50% hasta las 24H00 100% desde 01H00 a 06H00	100%
<i>Base Legal</i>	Código del Trabajo Art. 47	Código del Trabajo Art. 55	Código del Trabajo Art. 55

Fuente: Código del trabajo del Ecuador

Tabla 18: Décimo tercera y cuarta remuneración

	<b>Décimo Tercera Remuneración (bono navideño)</b>	<b>Décimo Cuarta Remuneración (bono escolar)</b>
<i>Cálculo</i>	Se tomará en cuenta los valores recibidos durante el año calendario	Monto equivalente a un salario básico unificado de su categoría ocupacional
<i>Base de Cálculo</i>	Sueldo Mensual + horas extras + comisiones + otras remuneraciones consideradas como permanentes	Salario básico unificado: \$292.00
<i>Período</i>	1° de diciembre del año anterior al 30 de noviembre del año en curso	1° de agosto del año anterior hasta el 30 de julio del año en curso
<i>Base Legal</i>	Código del Trabajo Art. 111 y 112	Código del Trabajo Art. 113 y 114

Fuente: Código del trabajo del Ecuador

Tabla 19: Aportaciones patronales y personales

	<b>Aporte Patronal</b>	<b>Aporte Personal</b>
<i>Base de Cálculo</i>	Remuneración mensual del trabajador	Remuneración mensual del trabajador
<i>Mes en que se paga</i>	El empleador deberá depositarlo en el IESS, máximo hasta el 15 de cada mes siguiente al que corresponde el aporte.	El empleador deberá depositarlo en el IESS, máximo hasta el 15 de cada mes siguiente al que corresponde el aporte.
<i>Monto a Pagar</i>	12.15% de la remuneración	9.35% de la remuneración

	<p>mensual del trabajador, la cual depende del tipo de empleado, pero para el presente estudio este es el valor. El 11.15% corresponde al aporte al IESS, seguro campesino y subsidio por maternidad; el 1% restante aportes al IECE y SECAP. Este aporte corre a cargo del empleador</p>	<p>mensual del trabajador. Este aporte corre a cargo del trabajador y es descontado de su remuneración mensual.</p>
--	---	---

Fuente: Código del trabajo del Ecuador

A continuación se muestran las Tablas # 20 y # 21; en las cuales se crean dos escenarios. El primero muestra cuanto implica para la empresa los gastos de: bonificaciones, aportaciones, horas extras actualmente. Y el segundo escenario, muestra estos mismos gastos pero del proceso mejorado.

### 5.2.1 Escenario Actual

Actualmente en la bodega existen dos empleados con un salario básico unificado de \$292 dólares. Para crear este escenario se consideró la hipótesis de que se están trabajando 14 horas diarias; es decir que los auxiliares entran a las 6 de la mañana y salen a las 8 de la noche.

Como se vio de la Tabla # 17 y del artículo 55 del código del trabajo de la República del Ecuador, se pueden trabajar máximo 12 horas suplementarias (pagadas al 50%) a la semana; si existen mas, se las debe pagar con un recargo del 100%. Hoy en día, se están trabajando 6 horas extras diarias, es decir 30 horas extras a la semana ( $=6*5$ ), del total de esas horas; 12 horas se las pagan al 50% y las 18 horas restantes al 100%.

Si un año tiene 52 semanas y dividido esas semanas para el número de meses que tiene un año (12 meses), obtengo el número de semanas que tiene un mes y eso es 4,33 semanas ( $=52/12$ ). Por lo tanto para poder determinar cuantas horas al mes se pagan al 50%, hay que multiplicar las 12 horas (máximas permitidas por la ley, a la semana) por 4,33 semanas y eso resulta en 52 horas extras ( $=12*4,33$ ), pagadas al 50% mensualmente.

Para determinar cuantas horas al mes se deben pagar al 100%, se debe multiplicar las 18 horas restantes de sobretiempo a la semana por 4,33 y eso da 78 horas extras ( $=18*4,33$ ) pagadas al 100%. Pero como se vio en la Tabla # 17 y del artículo 55 del código del trabajo de la República del Ecuador, las horas que se trabajen los fines de semana, es decir sábados y domingos, se deben pagar al 100%. Actualmente se están trabajando 8 horas los sábados eso implica 35 horas extras ( $=8*4,33$ ) al mes, pagadas al 100%; y los domingos 4 horas, que implica 17 horas ( $=4*4,33$ ) al mes pagadas al 100%. Si se suman todas las horas extras, que deben ser pagadas al 100%; se obtiene 130 horas mensuales ( $= 78 + 35 + 17$ ).

El artículo 49 del código del trabajo, referente a la jornada nocturna dice lo siguiente: “La jornada nocturna, entendiéndose por tal la que se realiza entre las 19H00 y las 06H00 del día siguiente, podrá tener la misma duración y dará derecho a igual remuneración que la diurna, aumentada en un veinticinco (25%) por ciento.” (Artículo 49 del código del trabajo de la República del Ecuador).

Por lo tanto existe una recarga adicional por horas nocturnas (del 25%). Actualmente los trabajadores están haciendo 1 horas nocturna, lo cual representa 5 horas a la semana ( $=1*5$ ) y al mes 22 horas ( $=5*4,33$ ).

Para poder determinar cuanto le cuesta a la empresa mensualmente cada trabajador, primero se debe fijar el valor de cada hora extra; tanto de las suplementarias como de las extraordinarias y las nocturnas.

Para ello hay que dividir el salario unificado (\$292) para los 30 días que tiene un mes ( $=365/12$ ) y eso dividir para la jornada de 8 horas, que por ley se tiene que trabajar en un día (artículo 47 del código del trabajo); eso da como resultado 1,22 dólares ( $= (292/30)/8$ ).

Para las horas suplementarias, se multiplica ese valor por 1,5; es decir que cada hora extra de este tipo cuesta: \$1,83 ( $=1,22*1,5$ ). Para las horas extraordinarias, se multiplica el valor de \$1,22 por 2; es decir que cada hora extra de este tipo cuesta: \$2,43 ( $=1,22*2$ ). La recarga por horas nocturnas, se obtiene de multiplicar el valor de \$1,22 por 0,25; es decir, que cada hora nocturna tiene una recarga de: \$0,30 ( $=1,22*0,25$ ).

Finalmente se tiene que considerar el décimo tercer sueldo, el décimo cuarto sueldo, el fondo de reserva, la aportación al IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) y las vacaciones ya que todos estos implican gastos para la empresa cuando se contrata a un trabajador. La décimo tercera y décimo cuarta remuneración se explican en la Tabla # 18.

Por ejemplo la décimo tercera remuneración se obtiene de la siguiente manera: 292 (salario básico unificado) + 94,90 (=52\*1,83; suplementarias) + 316,29 (=130\*2,43; extraordinarias) + 6,70 (22\*0,30; nocturnas) = \$709,88. Esta se tiene que pagar hasta el 24 de Diciembre de cada año. Para conocer el impacto mensual de esta remuneración se la divide para los 12 meses (que tiene un año), es decir:  $\$709,88/12 = \$59,16$ .

La décimo cuarta remuneración se la paga (en la sierra) hasta el 15 de Agosto de cada año y para poder conocer su impacto mensual, se divide un salario unificado para 12 meses, es decir:  $\$292/12 = \$24,33$ .

El fondo de reserva se lo obtiene de la misma manera que la décimo tercera remuneración, solo que en vez de dividir para 12 se multiplica por el 8,33% (lo cual da lo mismo); es decir;  $\$709,88*0,0833 = \$59,13$ . Cabe recalcar que esta bonificación solo la pueden obtener los empleados que hayan cumplido al menos 2 años de trabajo en la empresa; es por ello que para el presente análisis, sólo se considera a un trabajador que lleva este tiempo, el otro lleva menos de un año; y en el escenario mejorado, recién se contratarían a dos personas más, por lo tanto éstas no recibirían dicho fondo.

La aportación al IESS, se la explica en la Tabla # 19. Se la determina de la misma manera que el fondo de reserva, solo que se multiplica por el 12,15% (aporte patronal); es decir,  $\$709,88*0,1215 = \$86,25$ . Esto es el aporte patronal (el cual lo absorbe el empleador y por ello es un gasto mensual más para la empresa).

Las vacaciones se explican en la Tabla # 16. Se las obtiene de la misma manera que el fondo de reserva, el aporte patronal o la décimo tercera remuneración. Al ser por ley 15 días de vacaciones al año, entonces se divide el sueldo (incluidas horas extras y demás retribuciones permanentes) para 2 (ya que 15 días es la mitad de un mes) y para obtener el

impacto mensual se divide eso para 12. Es por ello que se dice que se divide el sueldo para 24.

Es decir:  $\$709,88/24 = \$29,58$

A continuación la Tabla # 20 resume toda la información mencionada.

Tabla 20: Análisis económico del escenario actual

<b>PROVISION SUELDOS POR PAGAR</b>	<b>TRABAJADORA A</b>	<b>TRABAJADOR B</b>	<b>TOTAL</b>
SUELDO MENSUAL	292,00	292,00	584,00
SUPLEMENTARIAS (52 HORAS)	94,90	94,90	189,80
EXTRAORDINARIAS(130 HORAS)	316,29	316,29	632,58
NOCTURNAS 25% (22 HORAS)	6,69	6,69	13,38
DECIMO TERCER SUELDO	59,16	59,16	118,31
DECIMO CUARTO SUELDO	24,33	24,33	48,66
FONDO DE RESERVA	59,13	-	59,13
APORTACION PATRONAL IESS 12,15%	86,25	86,25	172,50
VACACIONES	29,58	29,58	59,16
<b>TOTAL PROVISION</b>	<b>968,33</b>	<b>909,20</b>	<b>1.877,53</b>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Como se puede observar de la Tabla # 20 el costo mensual, para la empresa, por cada trabajador es de \$968,33 dólares y de \$909,20 dólares (incluyendo sobretiempos de cualquier clase y aportaciones que se deben pagar por ley). Como son dos, esto representa \$1.877,53 dólares. De este monto: \$835,76 (= 189,80 + 632,58 + 13,38) se deben a horas extras; lo cual representa \$10.029,18 (=835,76\*12) al año, debido sólo al sobretiempo. Es decir es un gasto considerable para la empresa; el cual se lo podría disminuir considerablemente si se presenta una alternativa de solución. Y eso es lo que se muestra a continuación en el escenario mejorado.

### 5.2.2 Escenario mejorado

La propuesta de mejora en este escenario es la de contratar dos trabajadores más, es decir se tendrían en total 4. Dos entrarían a las 6am y saldrían a las 2pm y los otros dos entrarían a las 1pm y saldrían a las 9pm. Esto conlleva a tener las siguientes ventajas:

- La bodega de la fábrica estaría funcionando como mínimo 16 horas al día, mientras que actualmente apenas se llega a trabajar 14 horas o menos.
- Se trabajaría el Sábado 8 horas (sólo con la ayuda de dos auxiliares) y no se trabajarían los domingos (evitando así el tener horas más horas extraordinarias)
- Además de que esta propuesta es ligeramente más económica que la actual; se aumentaría el rendimiento y se disminuirían la fatiga de un horario tan extendido, como lo son 14 horas diarias, como se está trabajando hoy por hoy.

Así sólo se tendrían las horas extras del sábado, que se pagarían al 100%, que serían 35 horas mensuales ( $=8*4,33$ ); esto representaría un gasto de \$85,16 dólares mensuales ( $=35*2,43$ ) a la empresa. Las horas nocturnas serían 2 diarias, es decir 10 a la semana ( $=2*5$ ) y 43 al mes ( $=10*4,33$ ); lo cual representa a \$13,08 dólares mensuales ( $=43*0,30$ ). El cálculo de los décimos, fondo de reserva, vacaciones y aportaciones al IESS, se los obtuvieron de la misma manera que en el escenario actual. En la Tabla # 21 se resume toda la información sobre los gastos para la empresa con este escenario mejorado.

Tabla 21: Análisis económico del escenario mejorado

PROVISION SUELDOS POR PAGAR	TRABAJADOR A	TRABAJADOR B	TRABAJADOR C	TRABAJADOR D	TOTAL
SUELDO MENSUAL	292,00	292,00	292,00	292,00	1.168,00
SUPLEMENTARIAS	-	-	-	-	-
EXTRAORDINARIAS (35 horas)	85,16	85,16	-	-	170,32
NOCTURNAS 25% (43 horas)	13,08	13,08			26,16
DECIMO TERCER SUELDO	32,52	32,52	24,33	24,33	113,71
DECIMO CUARTO SUELDO	24,33	24,33	24,33	24,33	97,33
FONDO DE RESERVA	32,51	-	-	-	32,51
APORTACION PATRONAL IESS 12,15%	47,41	47,41	35,48	35,48	165,78
VACACIONES	16,26	16,26	12,17	12,17	56,85
<b>TOTAL PROVISION</b>	<b>543,27</b>	<b>510,76</b>	<b>388,31</b>	<b>388,31</b>	<b>1.830,66</b>

Fuente: Bodega LEVAPAN del Ecuador S.A.

Como se puede observar de la Tabla # 21 las horas de sobretiempo (nocturnas y al 100%) se deberían sólo a dos trabajadores, los dos que trabajarían los sábados y los dos que trabajarían las 2 horas en las noches durante toda la semana. Es así que el gasto mensual por cada empleados para la empresa sería: dos de \$388,31 dólares, uno de \$543,27 dólares y otro

de \$510,76. En total sumando los sueldos de los 4 empleados, la empresa gastaría mensualmente \$1.830,66 dólares. Es decir apenas ligeramente más económico que con el escenario actual, pero con todas las ventajas que se mencionaron anteriormente, sobre todo que se tendrían 4 empleados versus dos actuales y se ampliaría la jornada laboral de 14 horas a 16 horas y sin gastos de horas extras. Con este escenario mejorado apenas se gastarían \$196,48 dólares en horas extras ( $=170,32 + 26,16$ ), lo cual representaría al año un total de \$2.357,76 ( $=196,48*12$ ), versus los \$10.029,18 actuales que se están gastando en horas extras y apenas con dos empleados. Por lo tanto es una propuesta interesante, que podría ser considerada por la gerencia.

### **5.3 ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSPORTE**

Como se vio en el capítulo 4, primero se generó una matriz de distancias con la ayuda de dos poderosos programas; el primero, Google Earth, para encontrar las coordenadas geográficas de cada cliente y el segundo, GPS\_UTM, para convertir esas coordenadas GPS (geográficas) en coordenadas UTM, es decir los valores X y Y de cada cliente. Los cuales son utilizados en el teorema de Pitágoras para obtener una distancia recta entre dos puntos, es decir una distancia euclidiana. Todo esto se vio en el Capítulo 4, ahora se procederá a crear el modelo en "Premium Solver Platform" y encontrar una solución que minimice la ruta. A continuación se explica paso a paso como crear el modelo y como se llegó a la solución del problema.

#### **5.3.1 Generación del modelo**

Para poder crear el modelo primero, se deben establecer una serie de columnas, entre éstas la de las celdas cambiantes (ó "Secuencia del Tour"), desde la B7 a la B29 se enumeran con valores enteros a todos los clientes; segundo se crea la columna "Número Clientes", desde la celda E7 hasta la celda E29, la cual contiene la numeración correspondiente a cada cliente del problema. En la figura del Anexo I se puede observar lo dicho.

Para asegurar que la solución final del tour regrese al punto de donde inició, se pone en la celda B30 la fórmula:  $B30 = B7$ , como se observa de la figura del Anexo I.

Posteriormente hay que establecer la columna "Tour de la ciudad", la cual contiene los nombres de todos los clientes involucrados en el proceso, como se muestra en la figura del Anexo J.

Se utiliza para ello la función: BUSCARV (), ésta sirve para encontrar el nombre del cliente asociado a su valor entero (1-23), se utiliza esta función desde la celda C7 hasta la celda C30.

Luego se crea la columna "Distancia recorrida", que muestra la distancia entre los dos clientes próximos, como se observa en la figura del Anexo K.

Como se puede ver de la figura del Anexo K se utiliza la función: INDICE (), para encontrar el recorrido entre un cliente y el siguiente. Se llenan todas las celdas con esta función, desde la D8 hasta la D30.

Finalmente se define la distancia del tour es decir la función objetivo, la cual muestra cual fue la distancia total del recorrido, en la celda D31, como se muestra en la figura del Anexo L.

Esta no es más que la suma de las celdas D8 hasta la D30, como se puede observar de la figura del Anexo L.

Una vez creado todo el modelo se procede a utilizar la herramienta "Premium Solver Platform", la cual permitirá optimizar el modelo y encontrar la distancia mínima del tour. A continuación se muestra como se utilizó el programa para resolver el problema.

Primero se determina el objetivo, el cual es minimizar la distancia del tour, en este caso sería la celda D31, puesto que ésta contiene la distancia total del tour, es por ello que se la determinó como la función objetivo. Como se muestra en la figura del Anexo M.

Después se definen las celdas cambiantes, celdas en las cuales se mostrará la secuencia óptima del tour, para este ejemplo son las celdas B7:B29, como se muestra en la figura del Anexo N.

Para ello se seleccionan todas las celdas cambiantes y se ingresa en la función: "Decisions" y se escoge "Normal", como se muestra en la figura del Anexo N.

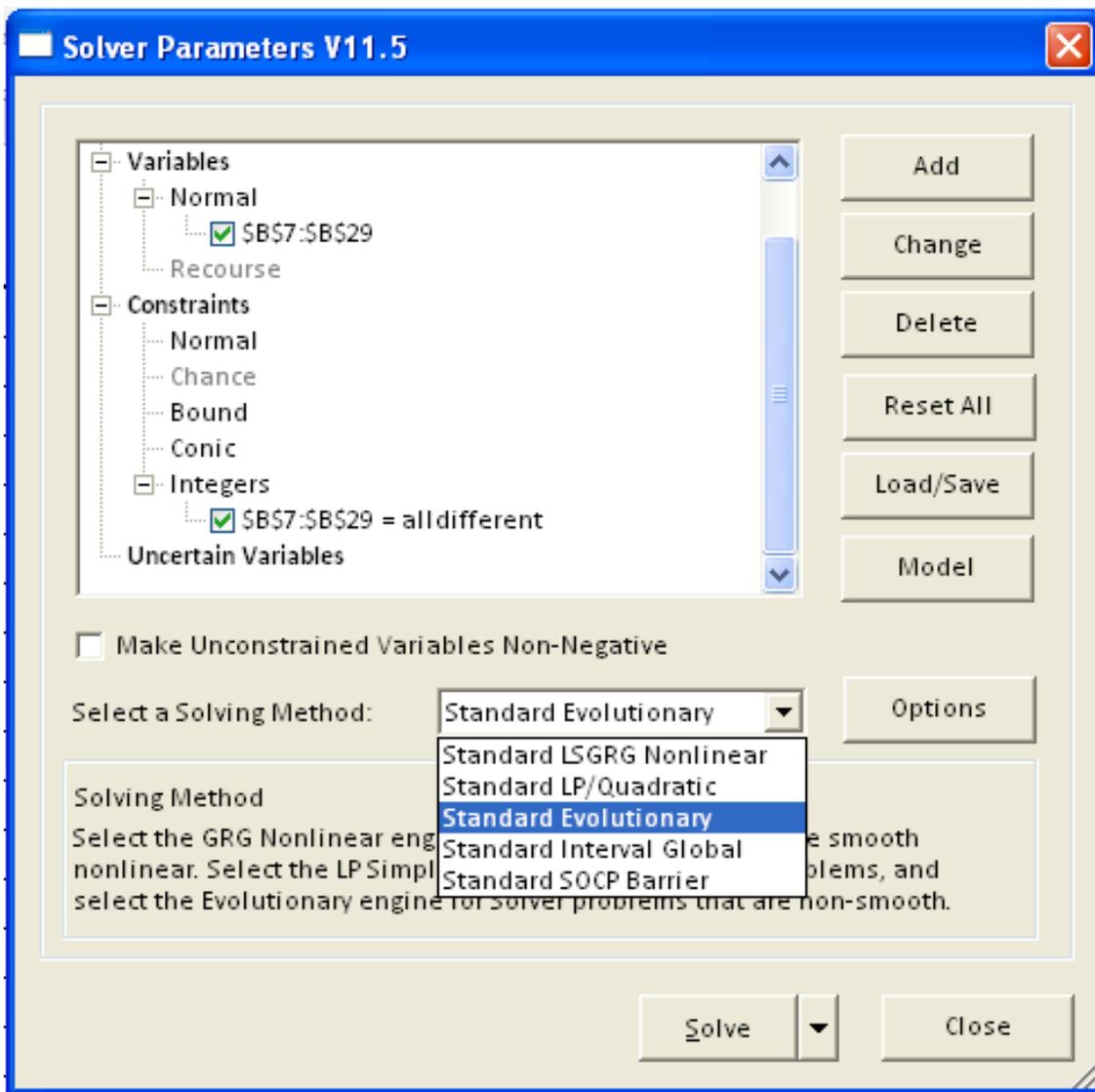
Por último se definen las restricciones, para este ejemplo es que las celdas B7:B29 sean todas diferentes. Cabe recalcar que esta es una opción exclusiva de "Premium Solver Platform" y determina que los valores enteros sean todos diferentes, que solo exista una entrada y una salida a cada cliente, y que el tour termine donde comenzó. Como se puede apreciar de la figura del Anexo O y de la figura del Anexo P.

Se selecciona la opción "Constraints" y se escoge la opción "Normal Constraints"; como se desea que todas las celdas seleccionadas sean: = "all different", se aplica la función "dif". Como se observa de la figura del Anexo P.

Una vez ingresado todo el modelo en el programa "Premium Solver Platform" se procede a correrlo, para ello se lo puede hacer de forma directa, simplemente ejecutando el ícono de "Play" en la pantalla, como se muestra en la figura del Anexo Q.

O se puede ingresar en la opción "Complementos" y se escoge "Premium Solver V11.5" como se muestra en la figura del Anexo R.

Finalmente antes de correr el programa se escoge el modelo: "Standard Evolutionary" como se muestra en la Figura # 19.



Fuente: Microsoft Excel 2010

Figura 19: Corrida del modelo en "Premium Solver Platform"

También se puede verificar en esta pantalla que todo lo seleccionado en el modelo este correcto, inclusive se puede modificar si se encuentra alguna falla. Finalmente se selecciona la opción "Solve", como se puede observar en la Figura # 19.

Y el programa da una solución al problema en un tiempo muy corto. Lo cual es otra ventaja de utilizar "Premium Solver Platform". Esto se muestra en la Figura # 20.

Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos Risk Solver Platform

fx =SUMA(D8:D30)

C	D	E	F
LA UNION	1593,5423	14	HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.
HOTEL SEBASTIAN	115,5613158	15	PROMODANN CIA. LTDA.
LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	234,1509176	16	CITYMAXIS S.A.
TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	36,2834742	17	CONCLINA C.A.
THE MAGIC BEAN			WIZO
TORTAS Y TARTAS			A.
CEVICHE DE LA FOCH			T
SACHALODGE S.A.			ERING GROUP QUITO S.A.
LA CASA DEL SUIZO			PRESENTACIONES C. LTDA.
LEVAPAN			DOR S.A.
HOTEL TAMBO REAL			
<b>FUNCION OBJETIVO</b>			

**Solver Results**

Solver cannot improve the current solution. All constraints are satisfied.

Reports

- Keep Solver Solution
- Restore Original Values

Return to Solver Parameters Dialog
  Outline Reports

OK Cancel Save Scenario... Help

**Solver Options and Model Specifications**

Using: Psi Interpreter  
Parse time: 3,80 Seconds.

Engine: Standard Evolutionary  
Setup time: 0,06 Seconds.

Using Vector Evaluation mode.  
Evolutionary engine is stopping...  
Engine Solve time: 36,66 Seconds.

Solver cannot improve the current solution. All constraints are satisfied.

**Current Objective** 42988,78294  
**Nodes** 4016  
**Iterations** 0  
**Local Searches** 91333  
**Generations** 3991  
**Best Objective** 42988,8

Solver cannot improve the current solution. All constraints are satisfied.

Hoja3 Hoja4 Hoja6 Hoja5 Hoja7 Hoja8 Hoja9

Fuente: Microsoft Excel 2010

Figura 20: Solución en "Premium Solver Platform"

Una vez que se acepta la solución, en la columna de celdas cambiantes ("Secuencia del Tour") se genera la ruta óptima y también se genera el valor de la función objetivo, como se puede observar de la Figura # 21 a continuación:

Secuencia del Tour	Tour de la ciudad	Distancia recorrida	Número Cliente	Cliente	Número Cliente	Coordenada X	Coordenada Y
22	KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. LTDA.		1	LEVAPAN	1	774172,500	9968
20	FIDEICOMISO HIT	844,0781733	2	HOTEL TAMBO REAL	2	778929,760	9976
16	CITYMAXIS S.A.	737,0944608	3	HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	3	778649,550	9977
21	GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	5157,533164	4	APARTEC - HOTEL ALAMEDA	4	778814,140	9977
23	ARCHIES ECUADOR S.A.	5105,055654	5	LA UNION	5	779513,950	9977
17	CONCLINA C.A.	1445,277105	6	HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	6	779274,240	9977
14	HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.	1285,402095	7	HOTEL SEBASTIAN	7	779563,160	9977
6	HOTEL RIO AMAZONAS APARTSUIT S.A.	1514,770579	8	CEVICHE DE LA FOCH	8	779406,670	9977
5	LA UNION	241,2686231	9	LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	9	779334,170	9977
7	HOTEL SEBASTIAN	115,5613158	10	TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	10	779298,600	9977
8	CEVICHE DE LA FOCH	275,7632385	11	THE MAGIC BEAN	11	779195,350	9977
9	LA BOCA DEL LOBO S.C.C.	192,3559172	12	TORTAS Y TARTAS	12	779255,090	9977
10	TERMAS DE PAPALLACTA S. A.	36,2834742	13	SOLCENTRO S.A.	13	779581,810	9979
11	THE MAGIC BEAN	114,0482183	14	HANSEL Y GRETEL CIA. LTDA.	14	779056,160	9979
12	TORTAS Y TARTAS	202,4451345	15	PROMODANN CIA. LTDA.	15	780444,690	9979
4	APARTEC - HOTEL ALAMEDA	449,5847402	16	CITYMAXIS S.A.	16	779858,280	9980
3	HOTEL COLON INTERNACIONAL C.A.	345,5731004	17	CONCLINA C.A.	17	777881,220	9979
2	HOTEL TAMBO REAL	466,8220228	18	LA CASA DEL SUIZO	18	780432,240	9977
1	LEVAPAN	9589,167509	19	SACHALODGE S.A.	19	780398,740	9977
18	LA CASA DEL SUIZO	10807,56403	20	FIDEICOMISO HIT	20	780555,280	9980
19	SACHALODGE S.A.	180,6827399	21	GODDARD CATERING GROUP QUITO S.A.	21	779669,580	9983
13	SOLCENTRO S.A.	2206,547005	22	KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. L	22	780818,430	9979
15	PROMODANN CIA. LTDA.	919,3044362	23	ARCHIES ECUADOR S.A.	23	778995,300	9980
22	KLEINTURS Y REPRESENTACIONES C. LTDA	394,1975434					
<b>FUNCION OBJETIVO</b>		<b>42626,38028</b>					

Fuente: Microsoft Excel 2010

Figura 21: Tour óptimo y valor de la función objetivo en "Premium Solver Platform"

Como se puede observar de la Figura # 33 la Función Objetivo, celda D31, es de:

***42626,38 metros ó 42,63 Kilómetros***

También se puede obtener de esta misma figura, la secuencia óptima del tour, columna B, desde la B7 hasta la B30:

***1 – 2 – 3 – 4 – 12 – 11 – 10 – 9 – 8 – 7 – 5 – 6 – 14 – 17 – 23 – 21 – 16 – 20 – 22 – 15 – 13 –  
19 – 18 – 1.***

Es lo mismo que:

***1 – 18 – 19 – 13 – 15 – 22 – 20 – 16 – 21 – 23 – 17 – 14 – 6 – 5 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 4  
– 3 – 2 – 1***

El recorrido que hace el camión, se lo puede considerar como la trayectoria de un círculo, es decir parte de un cliente y regresa al mismo, por lo tanto las dos rutas anteriores son exactas, simplemente depende qué punto se tome como el de inicio; para el proyecto se seleccionó que empiece en el punto 1 que es LEVAPAN y que termine en el mismo punto.

## 6. CAPITULO VI

### 6.1 CONCLUSIONES

- Tras haber observado el proceso durante dos meses, más conversaciones que se sostuvieron tanto con el administrador de la bodega como el jefe del departamento de operaciones, incluso con el gerente del mismo y con el uso apropiado de las herramientas de la gestión de calidad de los procesos, como: el diagrama de nivel 1, el flujograma, mapa de procesos entre otros; se pudo entender cuál es el funcionamiento actual dentro de la Regional Quito y se identificaron los procesos del despacho de las órdenes.
- Con la ayuda de los diferentes tipos de listas tanto de actividades como de personal, entre otras, se obtuvo una lista maestra o completa de cada actividad de cada persona involucrada en el proceso del despacho de las órdenes.
- Una vez realizado un pequeño muestreo, para poder determinar el porcentaje verdadero de ocurrencia de que el trabajador esté inactivo (es decir el valor  $p$ ), y habiendo determinado el límite de error y el nivel de confianza deseados (3% y 95%, respectivamente) se obtuvo que con 400 observaciones es suficiente para tener una precisión significativamente rápida en lo que se quiere determinar empleando el muestreo del trabajo dentro de la bodega regional Quito.
- Una vez analizados el porcentaje de holgura total (25,25%), en la sección 4.1.2.2, se concluye con un 95% de confianza, que la inactividad debida al ocio es del  $15 \pm 3\%$ , lo cual representa entre 60 minutos – 89 minutos, en una jornada laboral de 8 horas.
- Con el fin de conocer el porcentaje verdadero de inactividad de los empleados de la bodega, así como los porcentajes de ocurrencia de las actividades (tanto productivas como no productivas) y otra información útil; como la utilización de los auxiliares o las actividades que más se realizan en intervalos de tiempo de 20 minutos, se desarrolló el formulario de trabajo (ANEXO C) para poder recolectar la información pertinente al muestreo realizado, para luego tabular esos datos y obtener así estos diferentes tipos de porcentajes e información.

- Del diagrama de causa y efecto, en la sección 4.1.3, se llegó a la conclusión de que las causas raíces que originan este problema de retrasos en la Bodega Regional Quito son las siguientes:
  - Falta de personal.
  - Falta de pronóstico de la demanda.
  - No se les exige a los vendedores un horario de entrega de facturas.
  - No existe un control de horarios de entrega de facturas a la bodega.
  - Existe desorganización con las facturas tanto por parte de los vendedores como de la administración.
  - No se organiza bien el tiempo de los trabajadores.
  - Existe una falta de programación de actividades.
  - No existe una política de entrega de facturas.
- Se propuso un plan de mejora, en la sección 5.1, para el despacho de las órdenes en la Bodega Regional Quito, el cual incluye: el proceso mejorado (que contiene una re-organización de las actividades, un aumento del personal, entre otras mejoras que se las puede observar mejor del flujo-grama optimizado, Figura # 19), la lista completa de las nuevas actividades del personal, los horarios de entrega de las facturas e incluso un análisis económico, en el cual se observa que la propuesta de mejora para la bodega es ligeramente mas económica que los gastos que tiene actualmente la empresa en esta área. Otros beneficios que tiene esta propuesta son: la ampliación de la jornada laboral a 16 horas versus las 14 horas actuales, la disminución de la fatiga por parte del personal, no se trabajarían los domingos, entre otras mejoras.
- Después de haber analizado conjuntamente con el administrador de la bodega, el jefe de operaciones y de las visitas de campo, fue posible entender cómo es el funcionamiento del proceso de transporte de los productos y además se constató, que no existe la aplicación de un modelo para obtener las rutas; sino que el transportista bajo su criterio y deducción, arma el recorrido a su conveniencia y se deja el trabajo a su libre albedrío, sin ningún tipo de control sobre este.
- Con el fin de poder determinar el modelo de transporte para este proyecto; primero, se constató del análisis del proceso (sección 3.3.2) que no existen ventanas de tiempo, es decir; los clientes no exigen horarios de entrega en sus encomiendas.

Por otra parte los camiones tampoco recogen pedidos en su trayectoria, es decir; no existe "Backhauls", inclusive no se aplica la restricción de capacidad, puesto que se piden los camiones según la demanda de volumen de los clientes.

Es por ello que el tipo de problema es un TSP ("Traveling Salesman Problem") y como se lo resolvió con distancias euclidianas, es decir; que la distancia que se considera es la que existe en línea recta entre dos clientes mas no la trayectoria; por lo tanto el modelo completo es un ETSP ("Euclidian Traveling Salesman Problem"). En el proyecto se consideraron distancias euclidianas puesto que lo que interesa es obtener la distancia más corta entre los clientes y no la trayectoria (como se explicó en la sección 3.3.2.2) la cual queda a la experiencia y criterio del transportista.

- Con la ayuda de dos poderosos programas (Google Earth y GPS\_UTM) se pudo determinar las coordenadas de cada cliente del proyecto y a partir de esto, obtener una matriz de distancias euclidianas, de la cual parte el proceso de búsqueda de la ruta óptima.
- Una vez generada la matriz de distancias euclidianas y mediante la utilización del programa: "Premium Solver Platform", en el cual se crea el modelo sujeto a las respectivas restricciones que rigen los problemas de agente viajero; fue posible obtener la ruta óptima de Hoteles, de la división Institucional; y es la siguiente (la asignación de los números a cada cliente se puede observar en la Figura # 21):

*1 - 2 - 3 - 4 - 12 - 11 - 10 - 9 - 8 - 7 - 5 - 6 - 14 - 17 - 23 - 21 - 16 - 20 - 22 - 15  
- 13 - 19 - 18 - 1.*

Es la misma que:

*1 - 18 - 19 - 13 - 15 - 22 - 20 - 16 - 21 - 23 - 17 - 14 - 6 - 5 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 -  
12 - 4 - 3 - 2 - 1*

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Implementar un software específico para el manejo de la bodega el cual incluya, entre otras utilidades, la ubicación e identificación de los productos en el "Layout" del lugar, para así facilitar los despachos de las órdenes.
- Implementar pedidos electrónicos, es decir; que el vendedor pueda generar las encomiendas vía e-mail, en tiempo real, al departamento de facturación con la finalidad de ganar tiempo en el despacho de las órdenes.
- Optimizar todas las actividades manuales que se realizan en el proceso de despacho, es decir utilizar un programa que integre los pedidos de las órdenes, el proceso de facturación, las guías y transferencias y en sí todas las tareas que se involucren para poder realizar el despacho de los pedidos; es decir, modernizar la bodega regional Quito.
- Implementar un software de transporte, como "Premium Solver Platform", que permita optimizar todas las rutas de las tres divisiones,
- Con la finalidad de tener más control sobre las labores de los transportistas y sobre todo de la ruta que realizan en sus jornadas laborales, se podría considerar aplicar un dispositivo GPS que permita a la empresa saber donde se encuentra su mercadería en cualquier instante del día y al mismo tiempo controlar las tareas que realizan los transportistas tercerizados y a su vez tener una adecuada comunicación con ellos.
- Se podría realizar el mismo problema de la optimización de la ruta de Hoteles, de la División Institucional ò de cualquier otra Ruta, pero considerando la distancia del taxista en la cuál, la distancia entre dos puntos es la suma de las diferencias (absolutas) de sus coordenadas; y así obtener otra matriz de distancias y solucionar el problema con una herramienta computacional que permita generar soluciones óptimas o cercanas al óptimo y se podrían comparar los resultados.
- De igual manera se podría realizar una simulación del proceso de despacho de las órdenes, con el fin de visualizar en que parte de éste se encuentran los principales problemas, identificar el cuello de botella, porcentaje de inactividad, así como otra información útil y comparar los resultados.

- Una vez implementado el plan de mejora, comparar periódicamente (por ejemplo: cada 6 meses) el porcentaje de inactividad con el fin de ver su variación (la cual se espera que disminuya).