

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería de Sistemas



**SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES
PARA LA PROGRAMACIÓN DE VIAJES EN
EMPRESAS DE TRANSPORTE
INTERPROVINCIAL TERRESTRE**

Trabajo de investigación para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

**José Antonio Mendoza Quispe
Código 20080649**

Asesor

Julio Padilla Solis

Lima – Perú
Noviembre de 2017





**SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES
PARA LA PROGRAMACIÓN DE VIAJES EN
EMPRESAS DE TRANSPORTE
INTERPROVINCIAL TERRESTRE**

TABLA DE CONTENIDO

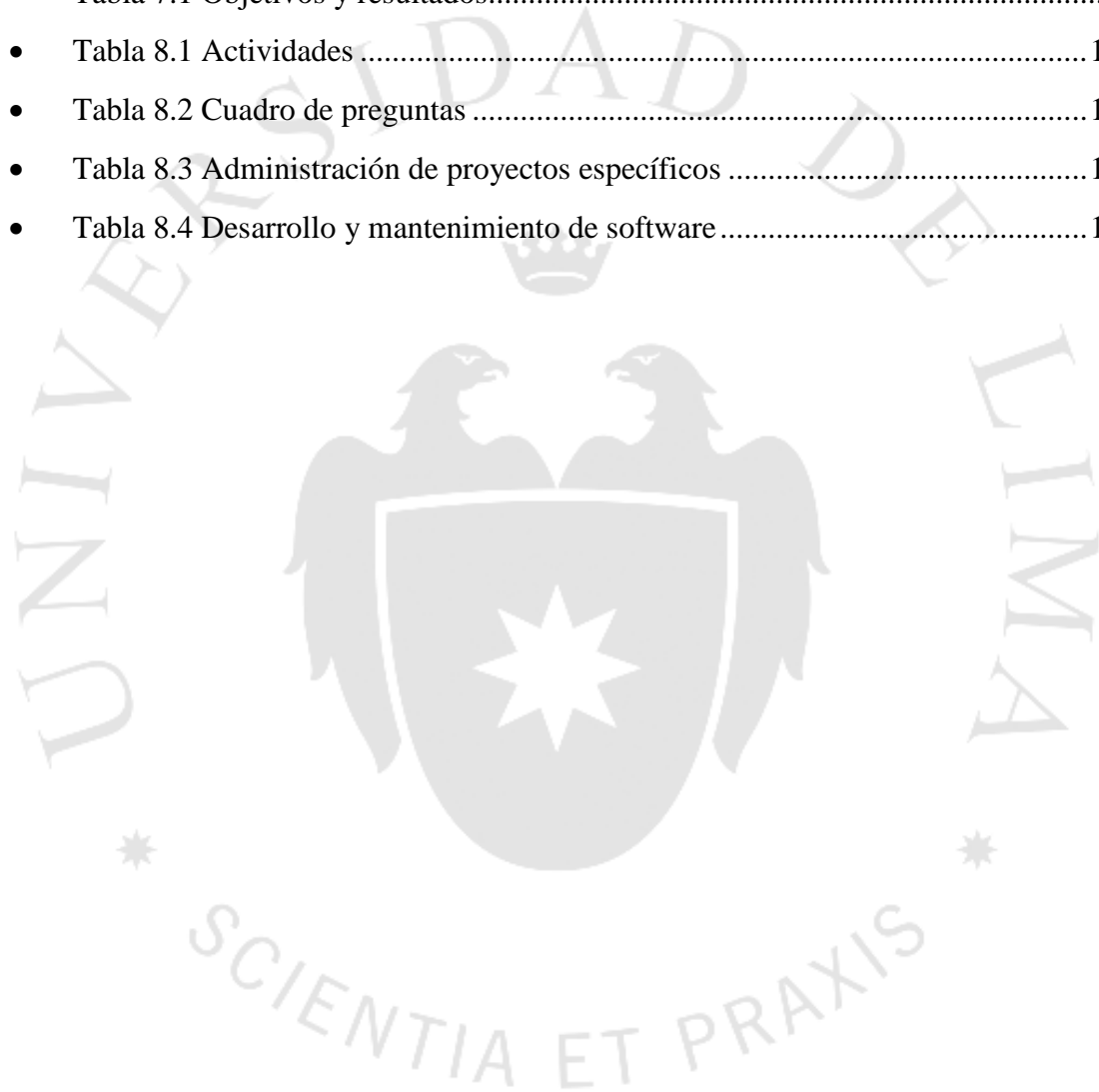
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Formulación del problema	3
1.1.1 Antecedentes	3
1.1.2 Contexto de la organización.....	5
1.1.3 Mapa de procesos AS-IS.....	9
1.1.4 Identificación del problema y oportunidades del negocio.....	10
1.1.5 Oportunidades y soluciones	14
1.2 Objetivo de la investigación.....	17
1.3 Justificación	17
1.4 Alcances del proyecto	18
1.5 Aportes	19
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	20
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	23
3.1 Sistema de Soporte de Decisiones	23
3.2 Programación no lineal	25
3.3 Optimización de redes.....	26
3.4 Revenue Management.....	27
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	32
4.1 Enfoque	32
4.2 Alcance del sistema.....	33
4.3 Supuestos.....	33
4.4 Entregables	34
4.5 Riesgos	35

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	36
5.1 Construcción del modelo matemático.....	36
5.2 Arquitectura de negocios	42
5.3 Análisis de la solución	44
5.4 Construcción	47
5.4.1 Arquitectura de la solución	47
5.4.2 Esquema de conexiones	48
5.4.3 Modelo de base de datos	49
5.5 Prototipo del sistema.....	50
5.5.1 Módulos.....	51
5.5.2 Identificación de los requerimientos.....	51
5.5.3 Diseño de pantallas	53
CAPÍTULO VI: VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	67
4.1. Pruebas	67
4.2 Conclusiones y recomendaciones	91
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS	99
ANEXO 1: EDT Y DIAGRAMA DE GANTT	100
ANEXO 2: CUADRO DE PREGUNTAS	103
ANEXO 3: DIAGRAMAS.....	104
ANEXO 4: MODELO MOPROSOFT.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

• Tabla 1.1 Ranking de las 9 empresas de transporte terrestre con mayor oferta de viajes a Diciembre del 2015.....	4
• Tabla 1.2 Involucrados y sus expectativas.....	14
• Tabla 4.1 Procedimientos para cada objetivo específico del trabajo de investigación	32
• Tabla 4.2 Riesgos.....	35
• Tabla 5.1 Relación precio-demanda para el caso	37
• Tabla 5.2 Ingresos proyectados por cada ruta.....	38
• Tabla 5.3 Descripción de nodos.....	45
• Tabla 5.4 Descripción de capas	48
• Tabla 5.5 Módulo de datos maestros	51
• Tabla 5.6 Módulo de registro de datos	51
• Tabla 5.7 Módulo de optimización	52
• Tabla 5.8 Módulo de resultados.....	52
• Tabla 5.9 Descriptores I.....	52
• Tabla 5.10 Descriptores II	52
• Tabla 6.1 Carga de buses	68
• Tabla 6.2 Carga de conductores.....	69
• Tabla 6.3 Carga de ciudades	70
• Tabla 6.4 Costos por viaje	71
• Tabla 6.5 Asignación de tripulación	71
• Tabla 6.6 Estado inicial de la programación.....	72
• Tabla 6.7 Datos de demanda y precio para la programación.....	74
• Tabla 6.8 Resultados de programación del sistema.....	76
• Tabla 6.9 Resultados de precio propuesto por el sistema	79
• Tabla 6.10 Resultados de programación total viajes del sistema	80
• Tabla 6.11 Resultados de programación manual	81
• Tabla 6.12 Precios de la programación.....	83
• Tabla 6.13 Resultados de total de viajes manual	84

- Tabla 6.14 Contribución marginal de las pruebas85
- Tabla 6.15 Resultados de programación.....85
- Tabla 6.16 Costos, amortizaciones y depreciaciones87
- Tabla 6.17 Evaluación económica pesimista88
- Tabla 6.18 Evaluación económica realista89
- Tabla 6.19 Evaluación económica optimista90
- Tabla 7.1 Objetivos y resultados.....91
- Tabla 8.1 Actividades 100
- Tabla 8.2 Cuadro de preguntas 103
- Tabla 8.3 Administración de proyectos específicos 107
- Tabla 8.4 Desarrollo y mantenimiento de software 108



ÍNDICE DE FIGURAS

• Figura 1.1 Rutas de viaje de la empresa Ticllas S.A.C.....	6
• Figura 1.2 Modelo de negocio 'Canvas' de la empresa Ticllas S.A.C.	6
• Figura 1.3 Mapa de procesos AS-IS de la empresa Ticllas S.A.C.	9
• Figura 1.4 Reparto de gastos 2014.....	11
• Figura 1.5 Número de Incidencias semanales	12
• Figura 1.6 Diagrama de Ishikawa	13
• Figura 1.7 Mapa de procesos TO-BE	16
• Figura 3.1 Un ejemplo de red	26
• Figura 3.2 Niveles del proceso	29
• Figura 3.3 Fluctuación de precios.....	30
• Figura 5.1 Posibles rutas para el caso	37
• Figura 5.2 Posibles rutas de solución para el caso.....	38
• Figura 5.3 Diagrama del subproceso de asignacion de flota y tripulacion AS-IS ..	43
• Figura 5.4 Diagrama del subproceso de asignacion de flota y tripulacion TO-BE	43
• Figura 5.5 Diagrama de despliegue	45
• Figura 5.6 Diagrama de componentes	48
• Figura 5.7 Esquema de conexiones.....	49
• Figura 5.8 Modelo entidad-relación.....	50
• Figura 5.9 Ventana login	53
• Figura 5.10 Ventana principal-Datos maestros.....	54
• Figura 5.11 Ventana principal-Datos estáticos	55
• Figura 5.12 Ventana principal-Datos dinámicos	55
• Figura 5.13 Ventana principal-Ejecución	56
• Figura 5.14 Ventana principal-Resultados.....	56
• Figura 5.15 Interfaz buses.....	57
• Figura 5.16 Nuevo bus.....	58
• Figura 5.17 Interfaz conductor.....	59
• Figura 5.18 Nuevo conductor	59
• Figura 5.19 Interfaz ciudad	60

• Figura 5.20 Nueva ciudad	61
• Figura 5.21 Interfaz días	61
• Figura 5.22 Costo de viajes.....	62
• Figura 5.23 Asignación de tripulación.....	63
• Figura 5.24 Estado inicial	64
• Figura 5.25 Demanda de viajes y precios	65
• Figura 5.26 Programación I	65
• Figura 5.27 Programación II.....	66
• Figura 6.1 Rutas para la programación	72
• Figura 6.2 Datos de relación demanda y precio para la programación.....	75
• Figura 6.3 Resultados de total de viajes del sistema.....	80
• Figura 6.4 Resultados de programación manual.....	84
• Figura 6.5 Resultados de programación	86
• Figura 8.1 EDT	100
• Figura 8.2 Diagrama de gantt	102
• Figura 8.3 Diagrama de caso de uso de sistema	104
• Figura 8.4 Diagrama de caso de paquetes.....	105
• Figura 8.5 Diagrama de componentes	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Edt y diagrama de Gantt	100
Anexo 2: Cuadro de Preguntas	103
Anexo 3: Diagramas	104
Anexo 4: Modelo Moprosoft	107



RESUMEN

En la presente investigación se desarrollará un sistema de soporte de decisiones que permita a las empresas de transporte interprovincial terrestre de pasajeros realizar una programación eficiente de sus viajes, considerar la disponibilidad de sus recursos a largo plazo y aplicar Revenue Management para gestionar la oferta de viajes y la fijación de precios.

El sistema permitirá al usuario responsable construir la programación de viajes optimizando la contribución marginal a largo plazo, de tal forma que la asignación de recursos y precios de los pasajes sean los ideales para alcanzar las metas de la empresa.

This research will develop an approach to planning, by using information technologies, to allow transport companies to have an efficient travel schedule, better availability of resources in the medium and long term and increased profitability by applying 'Revenue Management'.

The development of a Decision Support System in this sector will allow the travel scheduler to focus on optimizing the long term total marginal contribution (difference between revenues and variable costs) and a proper allocation of resources and fares for achieving the goals of the company.



INTRODUCCIÓN

Las empresas de transporte terrestre cuentan con una serie de recursos que necesitan ser administrados diariamente para cumplir con sus objetivos, el cómo se logran distribuir estos recursos entre todos sus destinos influye notablemente en la rentabilidad de la empresa.

Por otra parte, se tiene que tener en cuenta la demanda de pasajeros para realizar una nueva adquisición de recursos y así incrementar la oferta de venta de pasajes y mejorar el nivel de servicio. Por estas razones, esta investigación pretende lograr el desarrollo de un sistema que permita a este tipo de empresas gestionar sus recursos y plantear escenarios que simulen la adquisición de nuevas unidades en su programación, la apertura de nuevos destinos y la creación de nuevas rutas para analizar el efecto de concretar estas decisiones operacionales en la rentabilidad de la empresa.

Para el desarrollo del sistema, que logre cumplir con los requerimientos planteados, se analizarán distintas metodologías de optimización para luego seleccionar la mejor; finalizado el desarrollo del sistema se harán las pruebas necesarias con una empresa del sector para verificar que se hayan cumplido con los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

1.1.1 Antecedentes

Actualmente existe una gran cantidad de empresas de transporte interprovincial de pasajeros que operan en el Perú que, como cualquier otro tipo de empresas, necesitan de tres factores clave para alcanzar el éxito, los cuales son:

1. Personas
2. Producto
3. Procesos

Las personas en una empresa son la fuerza laboral para alcanzar un objetivo en común, el producto para este caso son los viajes que ofrecen y los procesos más importantes son la programación de los viajes, la fijación de precios y el manejo de recursos. El proceso de programación de viajes se vuelve más laborioso y complicado de realizar según el tamaño de la empresa y la cantidad de rutas que atiende.

La programación de viajes en este tipo de empresas está directamente relacionada con la asignación de buses y tripulación en cada viaje. En la mayoría de empresas de transporte interprovincial se asignan dos conductores a un vehículo para cada trayecto debido a que la mayoría de rutas abarcan más de 5 horas y el decreto supremo N° 009-2004-MTC estipula en el artículo 121 que un conductor no puede estar más de 5 horas continuas al volante en el día, y no más de 4 horas en la noche.

En el Perú, de acuerdo al Consejo Nacional de Transporte Terrestre, más del 50% del transporte interprovincial opera informalmente y como resultado la mayoría de empresas no trabaja con procesos definidos ni enfocados en las mejores prácticas; en el 2015 el Centro de Investigación, Desarrollo y Asesoría de Transporte Terrestre (CIDDAT) hizo un importante estudio donde resaltó que 9 empresas en el Perú proporcionan el 36% de la oferta de viajes para movilidad de trabajadores y alrededor del 30% de la oferta para personas independientes; también destacó que la asignación de

flotas afecta directamente en la posición financiera de dichas empresas, siendo un factor muy importante de estudio.

En el siguiente cuadro basado en la información proporcionada por el mismo estudio del CIDDAT, se muestra a las 9 empresas del Perú que proporcionan la mayor oferta de viajes periódicamente a Diciembre del 2015 y el número de unidades de sus respectivas flotas.

Tabla 1.1

Ranking de las 9 empresas de transporte terrestre con mayor oferta de viajes a Diciembre del 2015

PUESTO	EMPRESA	UNIDADES
1	Flores	461
2	Cruz del Sur	359
3	Perú Bus	402
4	Línea	486
5	CIVA S.A.C.	218
6	Movil Tours S.A.	175
7	Zeballos	117
8	Cromotex S.A.C.	112
9	Palomino	165

Fuente: (Romainville, 2015)

Es importante mencionar que en el área de estudio de este sector no existen muchas investigaciones al respecto. Por otra parte, algunas empresas ofrecen descuentos en su itinerario de viajes temporalmente, esto hace suponer que en estas empresas hay una planificación de la demanda en comparación con la mayoría de empresas.

Para analizar a fondo esta problemática se contactó con la empresa terrestre interprovincial Ticllas S.A.C. con atención en Lima, Ayacucho, Huancavelica y Junín. Esta empresa, empezó sus operaciones con cuatro buses y solo atendía la ruta Huancavelica – Huancayo. Después de recibir el apoyo de los familiares del fundador quienes posteriormente se convertirían en socios, esta empresa empezó a crecer contando actualmente con una flota de 40 buses. Sin embargo, el crecimiento de la empresa reveló una falta de planificación de trabajo que, hasta el día de hoy, tratan de afrontar de la mejor manera.

En resumen, pese al crecimiento que algunas empresas pueden haber tenido, es notorio que el planeamiento táctico y operacional de la gran mayoría de empresas en este

rubro son temas importantes aún por investigar ya que, como se mencionó, influyen directamente en su estado financiero.

1.1.2 Contexto de la organización

La empresa Ticllas S.A.C. fue fundada por la familia Oroya Ticllas el año 1999, la sede principal se encuentra en Huancayo-Junín y cuenta con una flota de 40 buses, las rutas de viaje que actualmente atienden son las siguientes:

- **Rutas de Viaje de la empresa Ticllas S.A.C.:**

La empresa cubre las siguientes rutas por las 4 ciudades destino:

-Lima-Huancayo

-Huancayo-Lima

-Lima-Huancavelica

-Huancavelica-Lima

-Huancayo-Huancavelica

-Huancavelica-Huancayo

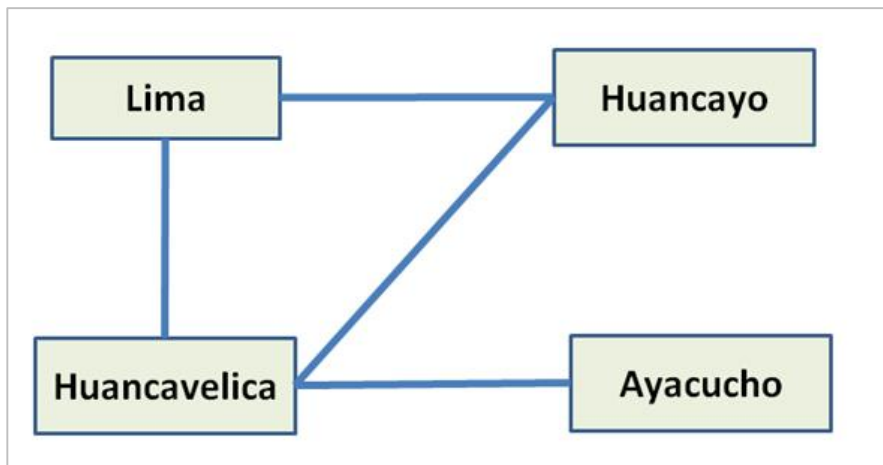
-Huancavelica-Ayacucho

-Ayacucho-Huancavelica

El siguiente gráfico es una representación de la interconexión entre ciudades que permiten las rutas de los viajes:

Figura 1.1

Rutas de viaje de la empresa Ticllas S.A.C.












Fuente: Elaboración propia

- **Modelo de Negocio:**

Figura 1.2

Modelo de negocio 'Canvas' de la empresa Ticllas S.A.C.

<p>Asociaciones clave </p> <p>Terminales Terrestres como 'La Molina' en Lima y 'Mantato' en Junín, donde se alquila un espacio para la estación de sus unidades y la venta de pasajes.</p>	<p>Actividades clave </p> <p>La actividad clave de la empresa es el transporte de pasajeros via terrestre.</p> <p>Recursos clave </p> <p>Flota de omnibus y tripulación.</p>	<p>Propuestas de valor </p> <p>PRECIO: Ofrece el servicio de viajes a un costo menor que la competencia.</p> <p>RUTAS: La empresa brinda viajes en rutas con poca oferta.</p>	<p>Relaciones con clientes </p> <p>Esta basada en la interacción humana, la comunicación se realiza a través de un centro de atención al cliente.</p> <p>Canales </p> <p>Es un canal directo donde la empresa vende los pasajes a los pasajeros sin intermediarios.</p>	<p>Segmentos de mercado </p> <p>Ticllas S.A.C. se enfoca en clientes del sector socioeconómico B y C.</p>
<p>Estructura de costes </p> <p>COSTOS FIJOS: El sueldo a su plantel de choferes, costo de mantenimiento de la flota, pago al personal de las agencias y gastos de los locales.</p> <p>COSTOS VARIABLES: Combustible, pago de servicios</p>		<p>Fuentes de ingresos </p> <p>Ticllas S.A.C. maneja su flujo de ingresos en base a una tarifa variable de pasajes que depende de las rutas, épocas del año, días de la semana, turnos de salida</p>		

Fuente: Elaboración propia

El modelo de negocio de la empresa Ticllas S.A.C. es el siguiente:

Socios:

La empresa alquila mensualmente un espacio para la venta de pasajes, salida y llegada de sus unidades en dos terminales terrestres “La Molina” en Lima y “Mantaro” en Junín los cuales son utilizados aparte de sus propias agencias donde también abordan y llegan los pasajeros. El precio de los pasajes en los terminales es similar al de las agencias en la mayoría de los casos.

Actividad Principal:

La empresa trabaja en el sector de transporte, específicamente en el subsector terrestre interprovincial de pasajeros.

Recursos:

Para poder realizar los viajes se necesita de dos tipos recursos principales que son los buses y conductores.

Propuestas de Valor:

Se tiene una estrategia de precios bajos que lo ha posicionado como líder de la ruta Huancavelica-Huancayo por más de 10 años.

Relación con el cliente:

El proceso de venta de pasajes es tradicional, los clientes se acercan a comprar los boletos en las agencias de la empresa o en los módulos de venta que alquilan en los terminales.

Canales de venta:

La empresa no cuenta con agentes externos a la empresa que venda pasajes.

Segmento de mercado:

Sus clientes pertenecen a los sectores socioeconómicos B y C; brindan un servicio de nivel ejecutivo a precios bajos.

Estructura de costos:

Tiene una estructura de costos fijos y variables que se especifican en el modelo presentado.

Fuentes de Ingreso:

La venta de los pasajes y envío de encomiendas son las fuentes de ingreso para la empresa; en el caso de los pasajes tienen un precio variable dependiendo de la ruta, época del año y horario de salida; para el envío de encomiendas se mantiene un precio estándar según el tamaño y peso de los paquetes.

- **Necesidades y limitaciones de la organización**

La organización presenta las siguientes necesidades, según lo conversado con el Sr. Josep Rocca, encargado del área de administración:

- Mejorar la programación de sus viajes.
- Reducir el tiempo de elaboración de la programación.
- Aumentar la flota para cubrir la demanda que presentan.
- Mejorar el nivel de servicio.
- Registrar e informar la programación en el momento exacto.
- Tener choferes extra en planilla de contingencia.
- Carreteras en mejores condiciones.
- Aumentar la cobertura de los seguros contra accidentes.
- Realizar un correcto planeamiento de la demanda.

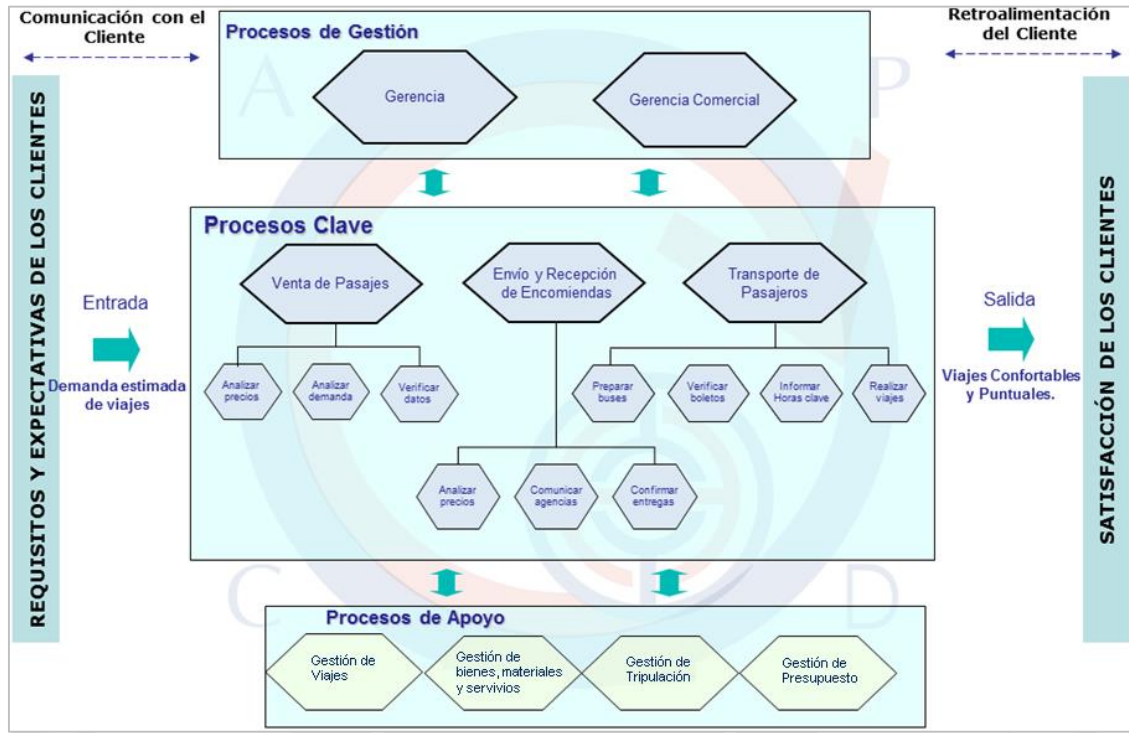
Por otra parte, las limitaciones son:

- Presupuesto.
- Resistencia al cambio por parte de la empresa.
- Participación del sindicato de choferes en las pruebas de la investigación.
- Colaboración de los dueños y accionistas para el desarrollo de la investigación.

1.1.3 Mapa de procesos AS-IS

Figura 1.3

Mapa de procesos AS-IS de la empresa Ticllas S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior muestra los procesos de negocio de la empresa Ticllas y que están definidos de la siguiente forma:

Procesos de Gestión:

Involucra a la Gerencia General y a la Gerencia Comercial para tomar decisiones de alto nivel como la compra de nuevas unidades, definición de rutas de viaje, fijación de límites para la variación de precios de los pasajes en cada periodo, planes estratégicos de ventas, dirección y definición del presupuesto para las demás áreas.

Procesos Clave:

Los procesos de la empresa involucrados directamente en el ingreso económico son la venta de pasajes acompañado de la realización de los viajes y el servicio de envío de encomiendas.

Procesos de Apoyo:

Para realizar los procesos clave se necesitan de procesos de apoyo los cuales son la gestión de los viajes con programas a corto plazo, gestión de los bienes, materiales y servicios, la gestión de la tripulación para cada viaje y la gestión del presupuesto establecido por la gerencia para el cumplimiento de los viajes, venta de pasajes y envío de encomiendas.

1.1.4 Identificación del problema y oportunidades del negocio

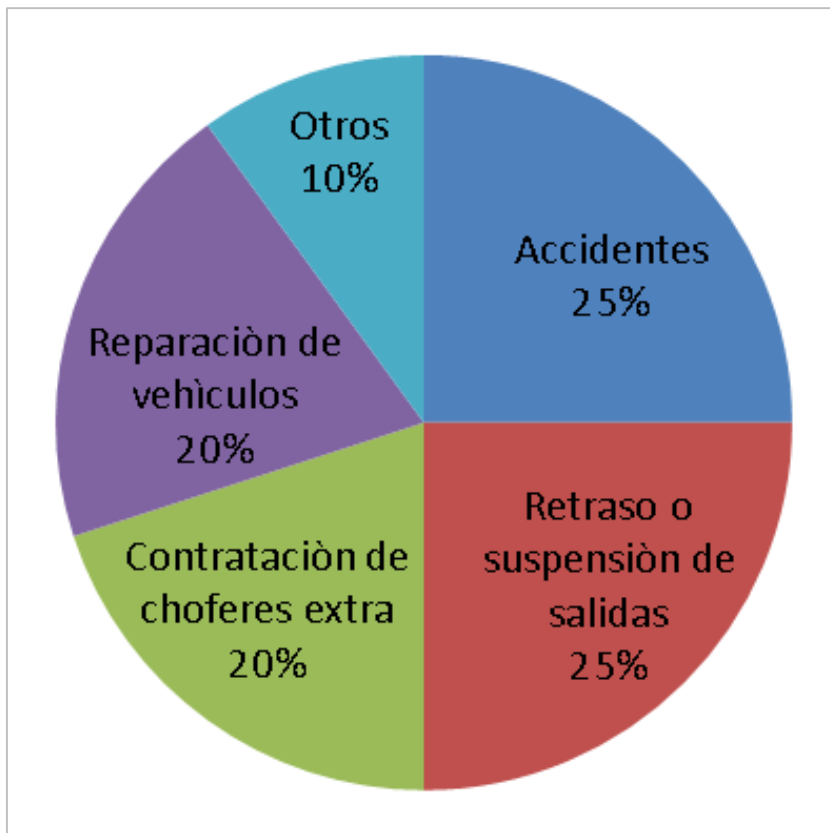
En la empresa bajo estudio, la tarea de programación de viajes es realizada por el área de administración de forma manual cada semana, se utilizan los códigos de choferes para asignarlos a los códigos de buses para luego programar los diferentes viajes. La regla actual de programación asigna un número similar de salidas a cada bus para cada periodo; cabe resaltar que las programaciones de los viajes no se guardan en un registro histórico. Adicionalmente, este proceso presenta los siguientes inconvenientes:

- Es muy complicado, toma demasiado tiempo, y presenta el riesgo de cometer errores por realizarlo manualmente.
- Cuando no se realiza una correcta asignación se generan retrasos en la partida de los viajes, por ende una disminución en la calidad del servicio.
- Existen muchos cambios que se producen en la semana y esto genera trabajo extra debido a una reprogramación de los viajes.
- Cuando se tiene una mala asignación de viajes se generan costos extra de operación, costos extra de contratación y costos debido a la paralización de conductores y vehículos.

Los diferentes motivos para que la empresa incurra en gastos extraordinarios se muestran en la siguiente figura:

Figura 1.4

Reparto de gastos 2014



Fuente: Elaboración propia

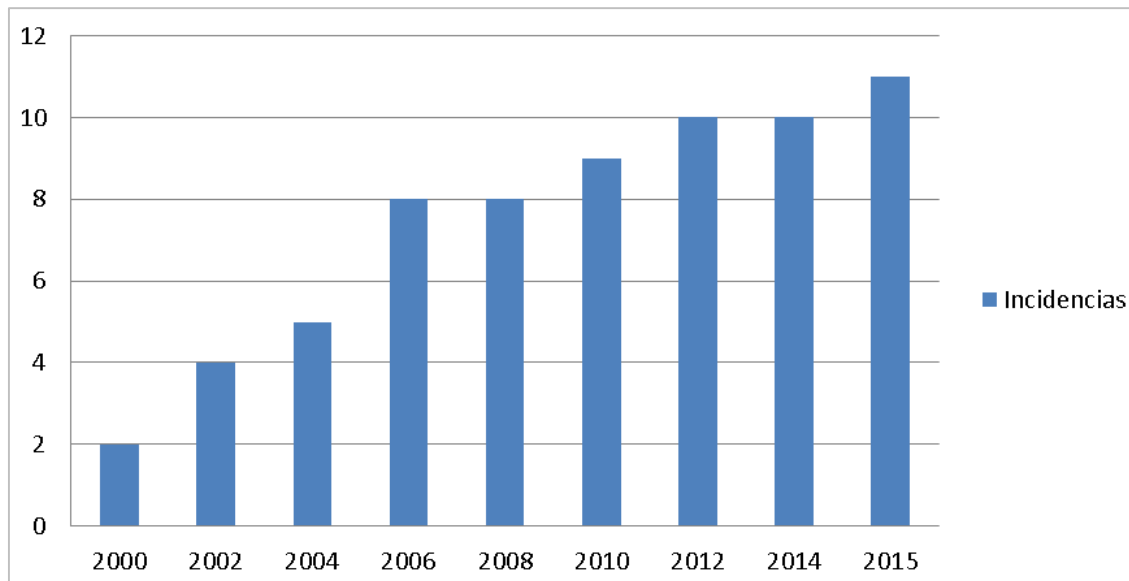
Estos gastos son el resultado de una serie de incidencias que afronta la compañía, las que originan la reprogramación de viajes durante la semana. Las incidencias típicas son:

- Variación en la disponibilidad de recursos (flota y tripulación).
- Cierre temporal de algunas rutas.
- Variación de la demanda de viajes.
- Equivocación en las asignaciones.

El número aproximado de incidencias semanales a lo largo de los años ha crecido de la siguiente forma:

Figura 1.5

Número de Incidencias semanales



Fuente: Elaboración propia

El número de incidencias tiene una tendencia a incrementarse a razón del crecimiento de la empresa. Por ese motivo, se han visto en la necesidad de reprogramar sus viajes diariamente. El proceso de reprogramación tarda aproximadamente 70 minutos y la programación semanal alrededor de 5 horas en coordinación con todas las agencias, por lo que hablamos de un tiempo total aproximado de 16 horas de trabajo semanal para realizar esta labor y que se incrementará en el tiempo.

Por otra parte, el proceso de programación es muy básico y no se consideran varios factores que podrían influir directamente en su ingreso bruto por la dificultad de cálculos que se tendrían que realizar.

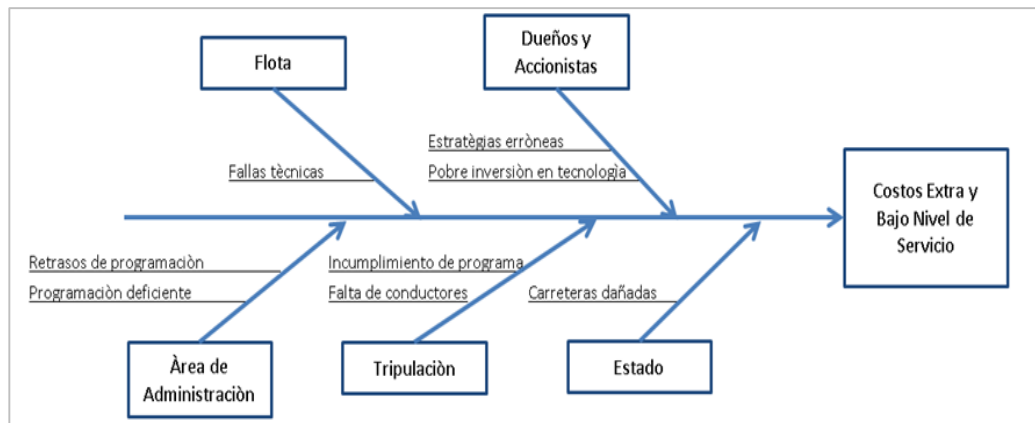
Toda esta información proporcionada por el contacto Wilmer Oroya Canchanya, supervisor de flota, nos indica que los principales problemas en la empresa serían la falta de una planificación eficiente de la demanda y la falta de una planificación operacional (programación de viajes) alineada a la demanda esperada.

- **Diagrama Causa-Efecto:**

En el siguiente gráfico se presenta el diagrama Causa-Efecto que analiza los costos extra y bajo nivel de servicio en la empresa Ticllas S.A.C.

Figura 1.6

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

El diagrama de Ishikawa presenta cinco categorías de causas que generan costos extra y un bajo nivel de servicio ocasionalmente:

Flota:

Cuando alguna unidad sufre una falla técnica se incurren en costos extra por reparación; por otro lado, si esta falla ocasiona retrasos en las salidas, o la cancelación del viaje por no contar con un bus de reemplazo, baja el nivel de servicio.

Dueños y Accionistas:

Las malas decisiones tomadas por la empresa causan pérdidas económicas, y el deficiente uso de la información para tomar aquellas decisiones aumenta la probabilidad de que esto ocurra.

Área de Administración:

Son los encargados de realizar la tarea de programación de viajes y cuando se incurren en equivocaciones pueden provocar retrasos en las salidas y cancelación de viajes.

Tripulación:

Cuando un piloto o copiloto esta deshabilitado para realizar un viaje se pueden producir retrasos o cancelación de la salida del bus si no se cuenta con un reemplazo.

Estado:

La falta de carreteras en buenas condiciones para realizar un viaje puede causar atrasos en la llegada de una unidad a su destino.

- **Identificación de los usuarios involucrados**

La siguiente tabla hace mención a las expectativas de los involucrados de la empresa con respecto a la investigación:

Tabla 1.2
Involucrados y sus expectativas

INVOLUCRADOS	EXPECTATIVAS
Área de Administración	Reducir la carga de trabajo y mejorar los tiempos de entrega de la programación de viajes.
Agencias	Tener una programación estándar y única.
Dueños y accionistas	Mejorar el nivel de servicio y reducir los costos extra.
Tripulación	Tener una carga de trabajo estable y el cronograma de viajes a tiempo.

Fuente: Elaboración propia

El área de administración busca reducir su carga de trabajo, tener una programación de viajes eficiente que cumpla con las condiciones actuales, que sea escalable y brinde la posibilidad de armar distintos escenarios. Las agencias esperan tener una programación estandarizada y en forma oportuna para cumplir correctamente sus labores; los dueños y accionistas esperan que se reduzcan los costos extra generados por una incorrecta programación y obtener programas a largo plazo que les permita tomar mejores decisiones. Por último, la tripulación tiene como expectativa tener una programación de viajes ordenada y estable para realizar los viajes con normalidad.

1.1.5 Oportunidades y soluciones

- **Identificación de las potenciales soluciones, y los criterios utilizados para la selección de la solución a desarrollar:**

1. Selección del proceso a mejorar:

El proceso que se desea mejorar es el de la gestión de viajes que incluye las programaciones y asignaciones de tripulación y flota.

2. Organizaciones que poseen las mejores prácticas:

Las aerolíneas actualmente poseen sistemas que les permiten realizar una planificación y programación de viajes con Revenue Management.

3. Indicadores de gestión:

*Tiempo para generar una programación de viajes.

*Cantidad de incidencias semanales en el proceso de programación de viajes.

*Porcentaje de aumento de la utilidad neta esperada.

4. Desempeño actual:

*Existen errores de programación de viajes.

*La carga de trabajo actual es de 16 horas semanales.

*Actualmente se tiene una meta de crecimiento en las utilidades de 5% anual.

5. Desempeño deseado:

*Mitigar por completo los errores provocados por una programación manual.

*Reducir la carga de trabajo para el área de administración a un 20% del tiempo actual.

*Elevar la meta de crecimiento de utilidades a un 6%.

• **Impacto de la Solución en la organización:**

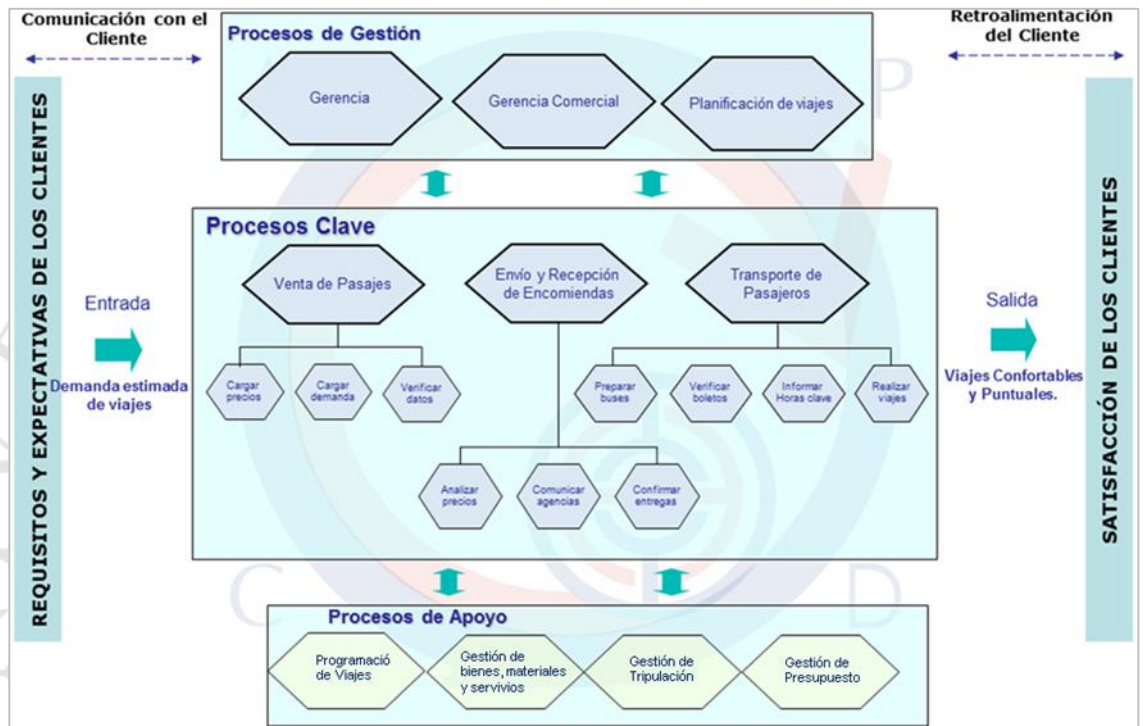
El contar con un proceso de programación eficaz permitirá al área de Administración reducir su carga de trabajo, mejorar el planeamiento de los viajes, reducir costos extra al tener un programa definido de viajes y obtener una mayor contribución marginal. Aparte, al aplicar Revenue Management en la solución se podrá gestionar de una mejor forma la oferta para cumplir con una demanda con mayores beneficios económicos.

- **Mapa de Procesos mejorados (To-Be):**

En la siguiente figura se muestra el mapa de procesos mejorados para la empresa para soportar la solución.

Figura 1.7

Mapa de procesos TO-BE



Fuente: Elaboración propia

El proceso de programación de viajes estará incluido en el grupo de procesos de apoyo reemplazando al proceso de gestión de viajes que se presentó en el modelo AS-IS. En el nuevo proceso se realizará la asignación correspondiente de la flota y la tripulación para cada viaje en un período de tiempo definido por el área de administración; se pretende trabajar con un horizontes de 1 a 2 semanas. Por otra parte, se incluye un nuevo proceso de planificación de viajes en el grupo de procesos de gestión a diferencia del modelo actual, que será apoyado por el sistema de soporte de decisiones propuesto en este trabajo de investigación, capaz de construir distintos escenarios con el fin de sustentar las decisiones del alto mando de la empresa; por ejemplo permitirá calcular el efecto a mediano y largo plazo de la compra de nuevos buses o la creación de nuevas rutas.

1.2 Objetivo de la investigación

Para definir el objetivo de esta investigación es importante conocer el significado de margen de contribución o contribución marginal, porque nos permite comprender el potencial de utilidades de la empresa. El margen de contribución es el exceso de ventas expresadas en unidades monetarias, sobre todos los costos variables de producción, mercadotecnia y administración. (Gayle, 1999)

El margen de contribución puede calcularse total, unitario y en porcentaje. Nos indica el monto que será capaz de cubrir los costos fijos y obtener utilidades. (Palencia García, 2012)

- **Objetivo general**

Construir un sistema de soporte de decisiones que permita a las empresas de transporte terrestre interprovincial obtener una programación eficiente de viajes y una correcta asignación de precios, de tal forma que se proyecte una mayor contribución marginal y se reduzcan los errores y sobrecostos debido a una programación manual.

- **Objetivos específicos**

- a) Formular un modelo matemático que permita obtener una programación eficiente de los viajes con el objetivo de maximizar la contribución marginal.
- b) Definir las estructuras de datos necesarias que usará el modelo matemático para obtener la solución al problema propuesto.
- c) Realizar la validación del modelo.
- d) Implementar un prototipo funcional del sistema de soporte de decisiones que permita la ejecución del modelo, la selección de escenarios y la visualización de resultados.

1.3 Justificación

Esta investigación permitirá a las empresas de transporte terrestre interprovincial lo siguiente:

- **Mejorar el nivel de servicio:**

Como se mencionó, una programación optimizada permitirá tener una distribución y asignación correcta de los recursos en cada localidad de tal forma que disminuyan los retrasos de las salidas por ese motivo.

- **Reducción de Costos:**

En el caso de la planificación de viajes y choferes se pretende reducir los costos que una ineficiente programación genera, por ejemplo, la contratación extra de choferes fuera del plantel.

- **Mejorar las estrategias de negocio:**

Empleando un enfoque de programación con un horizonte de tiempo a mediano y largo plazo, el gerente general y el directorio podrán analizar mejores alternativas para mejorar el negocio y resolver problemas.

- **Plan de Actividades:**

El tiempo que demandó fue de 1 año para la identificación del problema y la construcción del modelo y el sistema, seguido de 2 años para mejorar el proyecto. Se describirá mejor en el **ANEXO 1** a través de una EDT (estructura de descomposición del trabajo) y un diagrama de Gantt.

1.4 Alcances del proyecto

El presente trabajo de investigación busca mejorar la planificación de las operaciones de las empresas transporte terrestre en el Perú, con el desarrollo de un sistema de soporte de decisiones que genere una programación óptima de viajes según los recursos disponibles, las rutas establecidas y las personas a disposición, y que también se encargará de proponer el precio adecuado de los pasajes en relación a la demanda estimada de viajes. Se establecen los siguientes alcances:

-Si bien el sistema será desarrollado con la finalidad de que cualquier empresa de transporte terrestre pueda adaptarla con cambios menores, la evaluación del funcionamiento del prototipo será realizada para una sola empresa.

-El proyecto no abarcará el desarrollo de una solución para la estimación de la demanda ya que muchas empresas cuentan con sistemas para el desarrollo de sus pronósticos.

1.5 Aportes

La implementación de un sistema de soporte de decisiones para la programación de viajes utilizando Revenue Management en el área de transportes terrestres interprovinciales (no turismo) en el Perú es una innovación según los estudios realizados, esto agregará una nueva fortaleza a la empresa bajo estudio con respecto a la competencia, debido a que con un sistema de este tipo, la programación de viajes se podrá optimizar y así se logrará una mayor contribución marginal en cada periodo.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

La planificación del trabajo ha sido por mucho tiempo, un tema de gran interés debido a los beneficios que se pueden obtener de un buen aprovechamiento de los recursos. Las consecuencias más frecuentes de una mala planificación del trabajo humano y del uso de máquinas son las de incurrir en costos innecesarios que disminuyan las ganancias de la empresa, generar un deterioro en la ventaja competitiva de la organización, la pérdida de imagen debido a una mala organización del trabajo, pérdida de oportunidades y mal uso del tiempo que se ahorraría si la planificación del trabajo fuera adecuada.

Se busca la planificación de materiales, espacios de trabajo, productos, máquinas, herramientas, tiempo y dinero para aumentar ganancias y reducir costos.

Según (Crovo, Martín, & Rojas, 2007) para obtener buenas soluciones a estos problemas, cada caso de planificación requiere la identificación y modelamiento de una serie de restricciones para adherirse a la solución a plantear con el objetivo de dotar a la organización de procesos que optimicen la asignación de recursos. Por lo tanto, la correcta identificación de restricciones es un aspecto clave para una buena planificación.

Específicamente para los problemas de asignación de personal, existe “información de distintos métodos de solución, entre ellos se encuentran los métodos exactos, como Branch and Bound (Ramificación y poda) o Branch and Price (Ramificación y precio). También se dispone de métodos heurísticos y metaheurísticos; y diversos enfoques de programación lineal, no lineal y métodos exactos, de la Programación Entera Mixta, Programación por Metas y Flujos Multicommodity” (Rojas, Tapia, & Castillo, 2008), que permiten generar soluciones para los problemas de manejo de personal. Todos estos enfoques, algoritmos y métodos han sido desarrollados durante varias décadas, sin embargo, los softwares optimizadores recién fueron implantados en las computadoras personales a partir de los años 80 y 90.

Una de las metodologías en la investigación de operaciones más empleadas para resolver la programación de recursos con restricciones es la programación lineal, y (Guzmán, 1994) lo define de la siguiente forma “es el estudio de modelos matemáticos concernientes a la asignación eficiente de los recursos limitados en las actividades

conocidas, con el objetivo de satisfacer las metas deseadas (tal como maximizar beneficios o minimizar costos). El propósito de la programación lineal es el de maximizar o minimizar funciones lineales”.

La programación lineal es una metodología muy común para resolver problemas de optimización debido a los grandes beneficios que tiene, por otro lado aborda muy bien el modelamiento de las restricciones.

Se revisó un trabajo que resuelve el problema de planificación de horarios mediante Programación Entera, que es la programación lineal utilizando variables con valores enteros; dicha investigación plantea una programación eficiente de horarios de clases en la Universidad Diego Portales de Chile para sus cuatro facultades (Ingeniería Civil Industrial, Ingeniería Civil en Computación, Ingeniería Civil e Ingeniería en Construcción). (Hernandez, Miranda, & Rey, 2008)

Por otra parte, se han desarrollado sistemas de soporte de decisiones en diversas áreas de trabajo como recursos humanos, transportes, horarios y otros, ya que permiten que los procesos comunes sean soportados por un sistema que genere información entendible para el análisis y oportuna a la hora de tomar alguna decisión en la organización. El crecimiento de estos sistemas en la actualidad es enorme por los grandes beneficios que genera una decisión adecuadamente justificada; por ejemplo desde hace ya varios años la mayoría de agencias de viaje aéreo cuentan con un sistema de soporte de decisiones aplicado a la venta de pasajes basado en Revenue Management, el cual les permite fijar sus precios lo suficientemente adecuados a la demanda estimada para así lograr el máximo provecho a la capacidad de los aviones; de esta manera logran llegar a puntos altos de rentabilidad que la compañía tiene como meta.

Debido a esto (Candia-Véjar & González, 2011) mencionan que “las áreas nuevas como las tradicionales comparten la propiedad de enfrentar modelos de toma de decisiones cada vez más complejos dados el desarrollo y crecimiento económico, el avance científico-tecnológico y la inestabilidad económica y política mundial”.

El avance tecnológico ha influido en el crecimiento del uso de sistemas de soporte de decisiones; hace muchos años ya se tenían modelos y metodologías lo suficientemente validadas para poder abordar temas de optimización que dieran soporte a las decisiones empresariales; sin embargo la solución de estos modelos era muy complicado puesto que

se tenían que hacer cálculos con procedimientos manuales. Las computadoras cambiaron este esquema y lo volvieron automático, con grandes resultados en el ámbito de procesamiento de información y la reducción de errores que se tenía cuando se realizaba de forma manual.

Se investigaron casos similares de empresas de transporte, particularmente el sector aéreo que es el que más ha avanzado en los aspectos de planificación y optimización. Entre ellas se pudieron observar la planificación de turnos de control por parte de las personas que atienden en recepción, que es un típico problema de colas que mediante optimización y simulación se logra mejorar el proceso de atención en la venta de pasajes.

Otro caso dentro de las aerolíneas es la optimización de la asignación de mangas de tal forma que, como las mangas son recursos limitados, las llegadas de los viajes nacionales e internacionales ocupen la manga adecuada. La función objetivo que se planteó fue la de maximizar el número de asignaciones de las mangas, donde se busca el mayor tiempo de permanencia multiplicada por el número de asignaciones y por la diferencia entre el tiempo de salida y de llegada. (Cerrutti, 2008) (Bjorklund, Varbrand, & Yuan, 2003)

Para (Crovo, Martín, & Rojas, 2007) el sistema de soporte de decisiones propuesto de programación de viajes se clasifica parcialmente dentro de “los problemas de ‘Programación de Horarios’ y consisten, básicamente, en generar horarios para tareas definidas, buscando cumplir el objetivo de la mejor manera con condiciones y requerimientos específicos. Estos problemas son muy comunes y se encuentran en distintos tipos de actividades tales como: actividades educacionales, universidades, colegios, institutos, facultades, departamentos, actividades deportivas, actividades de transporte y actividades que involucren personas o equipos de trabajo”. Este problema de planificación de turnos se encuentra dentro del tipo combinatorio y para resolverlo es común el uso de Metaheurísticos que es una metodología que permite aproximarse a los resultados óptimos con un tiempo de respuesta bajo. La otra parte de la investigación está relacionada con la planificación de recursos, por ejemplo unidades de transportes que necesitarán ser asignadas de tal manera que logren cubrir el nivel de servicio y a la vez maximizar las ganancias posibles proyectadas. (Khachiyan, 1979)

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Sistema de Soporte de Decisiones

Según (Turban, 1995) se define como un "sistema de información basado en un computador, interactivo, flexible y adaptable, especialmente desarrollado para apoyar la solución de un problema de gestión no estructurado para mejorar la toma de decisiones. Utiliza datos, proporciona una interfaz amigable y permite la toma de decisiones en el propio análisis de la situación".

Otra definición expuesto por (Eom & Kim, 2006) mencionan que un "Sistema de soporte de decisiones es definido como un sistema interactivo basado en computador que da soporte a los tomadores de decisiones en vez de reemplazarlos, utiliza datos y modelos para resolver problemas con diferentes grados de estructura: no estructurados, semiestructurados, tareas estructuradas y no estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas y se enfoca más en la eficiencia de los procesos de decisión (facilita el proceso de decisión)".

Esta última definición menciona que los sistemas de soporte de decisiones solucionan problemas con diferente grado de estructura (Turban, Aronson, & Liang, 2005):

-Decisión estructurada: se resuelve mediante procesos específicos.

-Decisión no estructurada: la solución generada por el sistema de soporte decisiones sirve como conocimiento para tomar la decisión.

-Decisión semiestructurada: se diferencia de una decisión estructurada porque cuenta con componentes de decisión humana.

- **Tipos de Sistemas de Soporte de Decisiones:**

El autor (Ramos, 2006) lista los siguientes tipos como parte de sistemas informáticos para la toma de decisiones:

-Management Science (MS)

-Enterprise Resource Planning (ERP)

-Business Analytics

- Customer Resource Management (CRM)
- Supply Chain Management (SCM)
- Data warehousing
- Knowledge Management System (KMS)
- Business Intelligence
- Expert Systems (ES)
- Online Analytical Processing
- Artificial Neural Network (ANN)
- Computer Assisted Engineering
- Intelligent Agents
- Group Support Systems
- Electronic Commerce DSS
- Enterprise Information System
- Enterprise Resource Management (ERM)

Se puede decir que los sistemas de soporte de decisiones tienen más características de un sistema de apoyo que de automatización de procesos. Dicho esto, es relevante decir que en la organización un grupo pequeño de personas de generalmente alto nivel son las que manejan esta herramienta; este grupo se encarga de procesar información, generar alternativas para solucionar problemas y tomar decisiones. El sistema de soporte de decisiones tiene como tareas principales realizar una evaluación y comparación de posibles alternativas de solución, presentar una medición de los datos procesados y brindar diferentes esquemas de resultados. Cabe resaltar que los sistemas de soporte de decisiones se apoyan en el procesamiento de información por medio de un computador.

El concepto de apoyo a las decisiones ha evolucionado desde dos áreas principales de investigación: los estudios teóricos de organización de la toma de decisiones, hechos en el Carnegie Institute of Technology a finales de 1950 y comienzos de 1960, y el trabajo técnico sobre sistemas informáticos interactivos,

principalmente llevadas a cabo en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en la década de 1960. Se considera que el concepto de dichos sistemas se convirtió en un espacio de investigación como tal a mediados de la década de 1970, antes de ganar en intensidad durante el decenio de 1980. A mediados y finales de 1980, los sistemas de información ejecutiva (EIS), los sistemas de apoyo a la decisión en grupo (GDSS) y los sistemas organizacionales de apoyo a la decisión (ODSS) evolucionaron desde el usuario individual hasta los sistemas de soporte de decisiones orientados a modelos. A partir de 1990 aproximadamente, los almacenes de datos y el procesamiento analítico en línea (OLAP) comenzaron a ampliar el ámbito de los sistemas de soporte de decisiones y con el cambio de milenio, se introdujeron nuevas aplicaciones analíticas basadas en la web. (Keen, 1978)

3.2 Programación no lineal

La programación no lineal es una metodología para resolver problemas de optimización mediante un conjunto de restricciones y una función objetivo de maximización o minimización. La aplicación de esta metodología es un tanto complicada, el desarrollador tiene que conocer bien el caso para poder hacer un correcto planeamiento y también se debe verificar si el modelo se adhiere a la realidad mediante una evaluación de resultados para distintos escenarios.

Existen diversos tipos de problemas de Programación no Lineal, y por esto se emplean diferentes algoritmos de solución. En ciertas ocasiones las funciones tienen formas sencillas y los problemas pueden solucionarse eficientemente. En otros casos, inclusive problemas que presentan poca cantidad de variables resultan tener un nivel alto de complejidad.

Cuando un problema de Programación no Lineal tiene a lo más dos variables, se puede representar en forma gráfica. Si las funciones no son lineales, dibujaremos curvas en lugar de rectas, por lo que la función objetivo y la región factible dejarán de tener el aspecto que tienen en la Programación Lineal. La solución no necesariamente tiene que estar en un vértice de la región factible o en la frontera.

Además, en la Programación no Lineal, un máximo local no es necesariamente un máximo global y los algoritmos no pueden distinguir cuando se encuentre uno de ellos.

Por lo tanto, es importante conocer las condiciones que caracterizan a un máximo local y a un máximo global en la región factible. (Merino Maestre, 2015)

3.3 Optimización de redes

La utilización de redes está presente en distintas situaciones, en contextos tan diferentes como distribución de agua, redes eléctricas, transportes, en áreas como distribución, producción, abastecimiento de recursos, y otros ejemplos más.

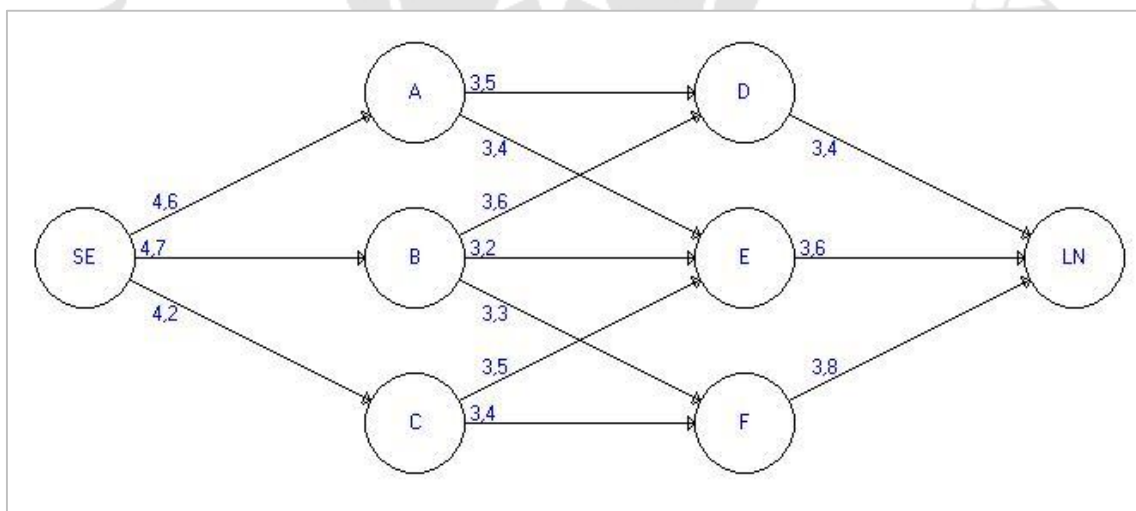
En el campo de investigación de operaciones se desarrolló la metodología de optimización de redes, creando así algoritmos que permitan solucionar problemas que otras metodologías no lo podían realizar eficientemente.

Para (Albornoz Salazar, 2012) “muchos modelos de optimización de redes son en realidad tipos especiales de problemas de programación lineal. Por ejemplo, tanto el problema de transporte como el de asignación pertenecen a esta categoría debido a su representación mediante una red.”

Una red está compuesta por puntos a los que se les llama “Nodos” y líneas que entrelazan cada nodo a los que se les denomina “Arcos”. Ejemplo:

Figura 3.1

Un ejemplo de red



Fuente: (Frederick Hillier, 2001)

Cada arco puede representar un flujo; si el flujo se transmite bajo una sola dirección se le denomina “arco dirigido”, por el contrario si permite flujo en ambas direcciones se le llama “arco no dirigido”. Es entonces así que, si una red presenta por lo

menos un arco no dirigido se le denomina como “red no dirigida”, caso contrario se le llamará “red dirigida”. Cuando se tiene una sucesión de arcos que conectan dos nodos se tiene una trayectoria, dicha trayectoria también puede ser dirigida o no dirigida; si la trayectoria desde un nodo “a” hasta un nodo “b” se hace solo desde el nodo “a”, se conoce como “trayectoria dirigida”, en caso se pueda hacer desde el nodo “a” o desde el nodo “b” se tendrá una “trayectoria no dirigida”.

Cuando una trayectoria comienza y termina en el mismo nodo se conoce como un ciclo. Cuando se tiene una red donde cada par de nodos está conectado se conoce como “red conexa”. (Xin, et al., 2013)

“La cantidad máxima de flujo (quizá infinito) que puede circular en un arco dirigido se conoce como capacidad del arco. Entre los nodos, se pueden distinguir aquellos que son generadores de flujo, absorbedores netos o ninguno de los dos. Un nodo fuente (o nodo origen) tiene la propiedad de que el flujo que sale del nodo excede el flujo que entra a él. El caso inverso es un nodo demanda (o nodo destino), donde el flujo que llega excede al que sale de él. Un nodo de trasbordo (o intermedio) satisface la conservación del flujo, es decir, el flujo que entra es igual al que sale.” (Albornoz Salazar, 2012)

3.4 Revenue Management

El proceso de venta de un producto o servicio se enfrenta a tres interrogantes, la cantidad, el precio y cuándo vender, siempre resaltando la incertidumbre de la demanda. Para tomar acciones sobre esa demanda incierta es necesario para la organización segmentar a sus clientes y fijar un determinado precio a cada segmento según el tipo de servicio que se le brindará.

Revenue Management es la aplicación de herramientas de análisis para pronosticar el comportamiento de un cliente o consumidor de un servicio o producto, permitiendo la optimización del precio y la disponibilidad del producto o servicio para maximizar la ganancia.

También se puede definir el Revenue Management como el proceso de conocer, prever e intervenir la conducta del consumidor con el fin de aumentar los ingresos proyectados. Si bien, la toma de decisiones de tipo Revenue Management existe desde la antigüedad, la novedad en la actualidad no son las decisiones en sí, sino el camino de

cómo llegar a tomar esas decisiones que gracias a la evolución del manejo de la información en nuestros tiempos ha ido mejorando.

“El objetivo principal del Revenue Management es la venta del producto adecuado al cliente adecuado, en el momento adecuado, al precio correcto y en el canal correcto. La esencia de esta disciplina es la comprensión de la percepción del valor del producto para los clientes, alineándola con precisión a los precios de los productos, la colocación y disponibilidad para cada segmento de clientes.” (Cross, 1997)

El crecimiento del uso de Revenue Management se ha incrementado en los últimos años gracias al avance tecnológico de la informática y los resultados obtenidos en distintas empresas, convirtiéndolas en casos de éxito.

Los sectores que se han visto más favorecidos por el uso de Revenue Management son la hotelería y el turismo.

“Recientemente, se observan actitudes más favorables a que tanto propietarios como gestores de establecimientos hoteleros apliquen estos sistemas para gestionar su inventario de servicios pero, aun así, el sector hotelero es uno de los sectores de la industria turística que se ha adaptado recientemente a los sistemas con Revenue Management”. (Mainzer, 2004)

Para obtener los resultados económicos por una buena gestión de Revenue Management en un tiempo prudencial es necesario contar con 3 factores importantes antes de concretarse, el primero es el acceso a la información de forma oportuna, por ejemplo el conocimiento de las ofertas y precios de la competencia antes de tomar una decisión, el segundo factor es definir correctamente las temporadas de venta en el año y, finalmente, el tercer factor es contar con un mecanismo de fijación de precios que permita establecer el precio exacto en el momento correcto. (Yeoman, Ingold, & McMahon, 2001). Por otra parte, (Karadjov & Farahmand, 2007) mencionan que para obtener una ventaja competitiva del uso de Revenue Management es necesario conocer y respetar las reglas de negocio antes de concretar una implementación. Es decir, que Revenue Management debe adaptarse al negocio y no al contrario.

Los modelos tradicionales de Revenue Management, que asumen información de demanda probabilística, son muy sensibles a errores en el método de predicción. (Weatherford & Belobaba, 2002). En lugar de estimar una distribución de probabilidad de la demanda a partir de datos históricos, los métodos de optimización utilizan

directamente datos históricos de ventas para optimizar los controles de reserva con un algoritmo de gradiente estocástico. (Ryzin & McGill, 2000)

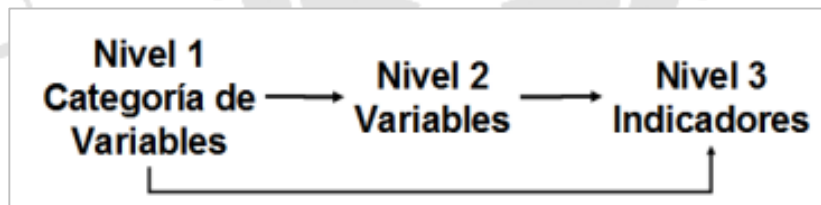
En entornos empresariales nuevos o no estacionarios, los datos históricos no están disponibles o son de poco valor. De hecho, la única información de demanda que esta dispone a menudo proviene de expertos de la industria, basados en su juicio y experiencia. Por lo tanto, las decisiones deben tomarse bajo limitada información de la demanda y modelos de optimización. (Gallego & D. Simchi-Levi, 2001)

- **Proceso de definición de los elementos del sistema**

El conocimiento de las variables del negocio y su definición en el planteamiento de un modelo es el primer paso para implementar un sistema con Revenue Management, luego, es necesario categorizar estas variables y analizar cómo los cambios de cada categoría afectarían el precio final del producto o servicio; finalmente, en base a las variables se logran obtener indicadores que medidos cuantitativamente sirven como retroalimentación para categorizar nuevamente a las variables. La siguiente figura detalla los 3 pasos para implementar un sistema con Revenue Management.

Figura 3.2

Niveles del proceso

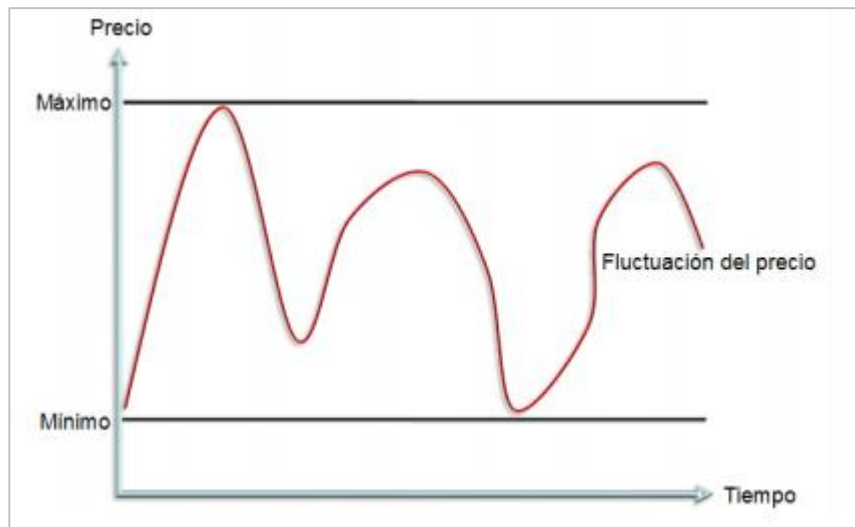


Fuente: (Prats Planaguma & Guia Julve, 2012)

Los elementos mencionados pueden clasificarse como estáticos o dinámicos, los estáticos marcarán un precio mínimo y máximo en un periodo inicial y los dinámicos generarán la fluctuación dentro de esos límites, el siguiente gráfico es una representación de mencionado.

Figura 3.3

Fluctuación de precios



Fuente: (Prats Planaguma & Guia Julve, 2012)

- **Sistema de establecimiento de precios (Pricing)**

“Las decisiones sobre la fijación de precios no solo son importantes sino que también son complejas”. (Steed & Gu, 2005) El reto consiste en disponer de un proceso de establecimiento de precios efectivo, que tenga en cuenta las necesidades de los clientes pero también las necesidades de beneficios de los establecimientos, la integridad de la marca y los factores macroeconómicos (Vinod, 2004)

- **Casos de Revenue Management**

Revenue Management proviene originalmente de la industria aérea, específicamente por la compañía ‘American Airlines’ que fue la que inventó e implementó por primera vez este concepto; (Forgacs, 2010) menciona que esta disciplina empezó su extensión en las demás compañías aéreas en los 80’s.

Para la gestión de la demanda, las aerolíneas habían utilizado políticas de control de asientos como ofertas en los precios y reservas a través de los años; el problema original era determinar los precios de los pasajes para las diferentes clases de vuelo sin perder potenciales clientes y mantener los ingresos deseados, esto dio lugar a usar distintas técnicas de optimización como respuesta hasta el

desarrollo de herramientas de Revenue Management, donde se utilizan distintos modelos de asignación de asientos, segmentación de clientes y fijación de precios para maximizar el beneficio (rentabilidad) esperado, sujetos a restricciones de tiempo y capacidad de los aviones en la red y se volvió más conocido como Network Revenue Management en este sector. (Jaramillo Quijada, 2012)

En la industria de servicios tales como aerolíneas, transporte y hoteles, donde existe límite en la capacidad por espacio, se enfrentan con los problemas de asignación de precios y gestión de inventario. Al ser el servicio un producto perecible, el uso de Revenue Management permite afrontar estos problemas de decisión.



CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para obtener mayor información sobre este problema, se realizaron reuniones con el Sr. Josep Rocca, supervisor de administración, y encargado principal del proceso estudiado, quien respondió a las preguntas que figuran en el Anexo 2.

Luego, se inició la elaboración de la propuesta de solución que se basaba en la construcción de un sistema de soporte de decisiones para la empresa. La siguiente tabla muestra los procedimientos empleados para lograr cada objetivo específico planteado para este trabajo de investigación.

Tabla 4.1
Procedimientos para cada objetivo específico del trabajo de investigación

Objetivo Específico	Procedimiento
Formular el modelo matemático que permita obtener una programación eficiente de los viajes con el objetivo de maximizar la contribución marginal.	1).Estudiar el caso. 2).Elegir la metodología a utilizar de acuerdo al problema. 3).Definir las variables, restricciones y la función objetivo. 4).Evaluar resultados del modelo con datos de prueba.
Definir las estructuras de datos necesarias que usará el modelo matemático para obtener la solución al problema propuesto.	1).Identificar los datos requeridos por el modelo. 2).Diseñar un diagrama relacional acorde con el modelo. 3).Ingresar datos reales al modelo.
Realizar la validación del modelo.	Verificar que los resultados del modelo son válidos de acuerdo a los datos recogidos de la empresa.
Implementar un prototipo funcional del sistema de soporte de decisiones que permita la ejecución del modelo, la selección de escenarios y la visualización de resultados.	Diseño y desarrollo de una interfaz amigable para el manejo del modelo matemático.

Fuente: Elaboración propia

4.1 Enfoque

-El modelo matemático del caso de estudio, representación de la realidad, es no lineal.

-Se busca encontrar una solución genérica para distintas empresas de este rubro, lo cual complica más el uso de heurísticos debido a que estos son generados específicamente para casos particulares.

-Exactitud de los resultados; la programación no-lineal es una metodología que puede encontrar exactamente el punto óptimo comparando varios resultados, detalle que, como

se mencionó en el marco teórico de este trabajo, hace que sea superior a las metodologías heurísticas y metaheurísticas.

- Se posee suficiente experiencia en la creación de modelos de programación no lineal.
- El uso de Revenue Management en el proyecto servirá para proponer el precio de los pasajes según la demanda estimada de viajes.

4.2 Alcance del sistema

- El sistema de soporte de decisiones será utilizado por las personas encargadas en la planificación de viajes para generar la programación de viajes considerando la flota y tripulación disponibles en un horizonte variable de días.
- El sistema permitirá ser configurado de tal forma que, cuando se tengan mayor disponibilidad de recursos, estos cambios serán considerados para la programación de trabajo.
- El sistema heredará información a través del tiempo para facilitar la programación.
- Los datos del sistema para las pruebas serán tomados de la base de datos histórica de la empresa y consultas con la persona responsable.
- El sistema tendrá una serie de opciones de programación para brindar la posibilidad de resolver distintos escenarios de la forma más eficiente posible.
- El sistema no contiene un módulo de planificación de demanda.
- El módulo que enviaría los resultados a todas las agencias de la empresa no está considerado en el prototipo de la solución.

4.3 Supuestos

- Se asume que la estimación de demanda sea correcta y coherente para las pruebas con el sistema.
- Se asumen escenarios coherentes limitándonos a los procedimientos cotidianos de la empresa en el área operacional con respecto a su rutina diaria y el cumplimiento de las normas legales.

4.4 Entregables

Un sistema de soporte de decisiones dotado de las siguientes funciones:

- a) Realizar la programación de viajes en un período de tiempo establecido y para diversos escenarios.
- b) Realizar la asignación de choferes y buses a cada viaje.
- c) Calcular la contribución marginal resultante de la programación de viajes.
- d) Calcular los precios de los pasajes acordes a la demanda estimada y los recursos disponibles.
- e) Registrar datos maestros disponibles.
- f) Registrar el período de programación.
- g) Permitir el registro de datos dinámicos.
- h) Permitir el registro de datos estáticos.

Con las funcionalidades del sistema mencionadas, se pueden reconocer las siguientes ventajas:

- a) Lleva un mejor registro de sus unidades y choferes, además de saber la ubicación de estos y el estado en el que se encuentran.
- b) Facilita la programación de los viajes, debido a que se cuenta con un mejor entorno de trabajo.
- c) Evita asignaciones incorrectas o múltiples en la programación de viajes.
- d) Muestra un mejor panorama del estado de las unidades y choferes, así como la ubicación en las que se encuentran.
- e) Lleva el registro de las programaciones realizadas.
- f) Brinda un soporte para las decisiones de programación de los viajes.
- g) Soporta la escalabilidad de recursos que la empresa tiene actualmente.

4.5 Riesgos

La siguiente tabla presenta los riesgos del proyecto, su impacto y el plan de mitigación:

Tabla 4.2

Riesgos

Riesgos	Impacto	Plan de Mitigación
Pérdida o alteraciones no deseadas del código fuente o documentos del proyecto.	Medio	Manejar un control de versiones, y realizar copias de respaldo del código y los documentos continuamente.
Reglas de negocio mal definidas.	Alto	Pedir la aprobación de las reglas de negocio consultadas a las personas encargadas.
Mal diseño de los procesos de negocio.	Alto	Solicitar la aprobación de las personas encargadas del diseño de los procesos.
Falta de usuarios para probar el sistema	Medio	Mantener una comunicación constante con las personas de la empresa y realizar las coordinaciones con anticipación.
Falta de tiempo para presentar los entregables en las fechas correspondientes.	Medio	Estimar fecha de entrega anticipadas para completar la investigación en caso existan contratiempos.
Cancelación o imposibilidad de reunirme con el asesor por cruce de horarios	Medio	Programar y coordinar las reuniones con anticipación.
Incompatibilidad entre la solución planteada con los sistemas y software de la empresa.	Alto	Analizar los sistemas y software que tiene la empresa y hacer verificaciones de compatibilidad previas a la construcción de solución planteada.
No lograr formular el modelo matemático.	Alto	Estimar tiempos prudenciales para el desarrollo del modelo, realizar diversas investigaciones sobre casos parecidos y mantener constantemente la guía del asesor.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

5.1 Construcción del modelo matemático

- **Concepto de Demanda y Precio en el modelo:**

En el sector de transporte terrestre de pasajeros varios factores influyen sobre la elasticidad de la demanda en su relación con el precio. Para este caso, donde se tiene un mercado de nivel socioeconómico B y C y donde el precio es un factor importante para que los clientes adquieran el servicio, una subida de precios de la empresa podría variar considerablemente la demanda de pasajeros.

En la investigación se han construido las herramientas necesarias para que la empresa pueda calcular el efecto de la variación de precios en distintos escenarios. Para profundizar sobre el tema se plantea el caso siguiente.

a) Caso:

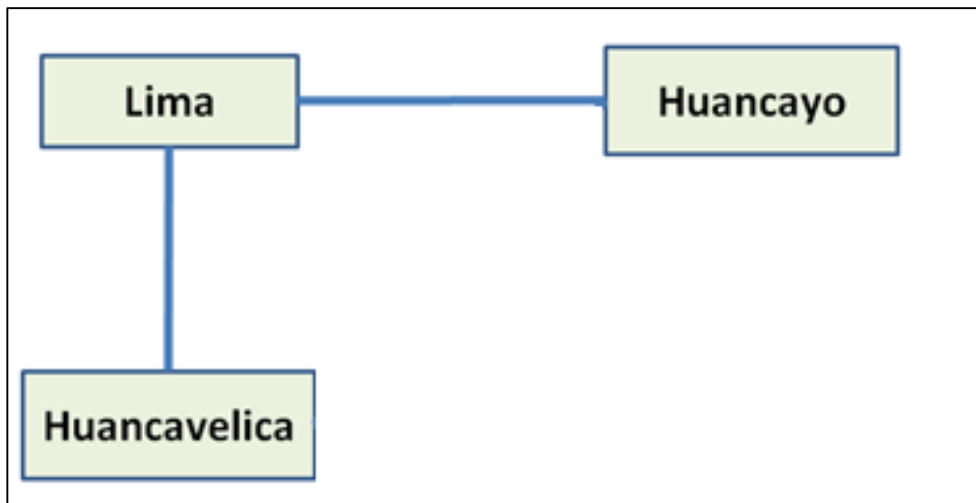
Se tienen 2 buses que parten de la ciudad de Lima y se desea saber qué rutas deben escoger y a qué precio en los próximos 2 días para obtener el mayor ingreso. Las condiciones son las siguientes:

-Puede realizar solo un viaje por día.

-Las posibles rutas de viaje son las siguientes:

Figura 5.1

Posibles rutas para el caso



Fuente: Elaboración propia

-Ambos buses poseen una capacidad de 50 pasajeros.

-La relación demanda-precio para los próximos días es la siguiente:

Tabla 5.1

Relación precio-demanda para el caso

DIA RUTA	PASAJE (S/.)	DEMANDA VIAJES
DIA 1		
Lima-Huancayo	50	1
Lima-Huancayo	40	2
Lima-Huancavelica	30	2
Lima-Huancavelica	50	1
DIA 2		
Huancayo-Lima	40	2
Huancayo-Lima	50	1
Huancavelica-Lima	30	2
Huancavelica-Lima	40	1

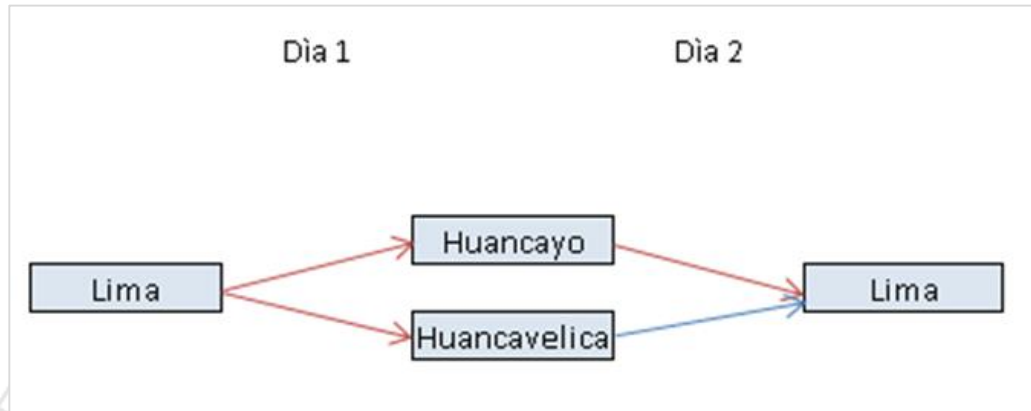
Fuente: Elaboración propia

b) Solución:

Las posibles rutas para los próximos días son:

Figura 5.2

Posibles rutas de solución para el caso



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.2 se puede apreciar que sería provechoso aumentar el precio y afrontar la disminución de demanda para obtener mayores ingresos. Esto siempre depende de las unidades disponibles, el horizonte de programación, las rutas, los valores y la relación entre precio y demanda. Por lo tanto, el modelo tendrá que seleccionar los precios óptimos de los distintos viajes.

Tabla 5.2

Ingresos proyectados por cada ruta

DÍA 1	DÍA 2	TOTAL INGRESO (S/.)
Bus A:Lima-Huancayo Bus B:Lima-Huancavelica	Bus A:Huancayo-Lima Bus B:Huancavelica-Lima	$(50+50+50+40)*50 = 9500$
Bus A:Lima-Huancayo Bus B:Lima-Huancayo	Bus A:Huancayo-Lima Bus B:Huancayo-Lima	$(40+40+30+30)*50 = 7000$
Bus A:Lima-Huancavelica Bus B:Lima-Huancavelica	Bus A:Huancavelica-Lima Bus B:Huancavelica-Lima	$(30+30+30+30)*50 = 6000$

Fuente: Elaboración propia

- **Modelo Matemático:**

El modelo matemático busca construir un programa de viajes que obtenga la mayor contribución marginal total posible.

a) Índices:

d=Periodo de programación de viajes (día).	$d = 1, \dots, n_1$
i=Ciudad Origen.	$i = 1, \dots, n_2$
j=Ciudad Destino.	$j = 1, \dots, n_3$
b=Bus.	$b = 1, \dots, n_4$
t=Índice de relación de precio y demanda.	$t = 1, \dots, n_5$

b) Datos:

n_1	= Número de períodos a programar.
n_2	= Número de ciudades de origen.
n_3	= Número de ciudades de destino.
n_4	= Cantidad de buses.
n_5	= Número de relaciones precio-demanda posibles.
EI(b,i)	= Bus "b" ubicado en la ciudad "i" al inicio de la programación.
CTOVIAJE(i,j)	= Costo de viajar de la ciudad "i" a la ciudad "j".
DEMANDA(t,d,i,j)	= Demanda esperada de viajes para el periodo "d" desde la ciudad "i" a la ciudad "j" del tipo de relación "t" con el precio.
PRECIO(t,d,i,j)	= Precio de los pasaje para el periodo "d" desde la ciudad "i" a la ciudad "j" del tipo de relación "t" con la demanda.
CAPBUS(b)	= Capacidad de pasajeros del bus "b".

c) Variables:

PREDEM(t,d,i,j) =

$$\begin{cases} 1 & \text{Si se selecciona el tipo } t \text{ de precio y demanda estimada} \\ & \text{el día } d \text{ desde la ciudad } i \text{ a la ciudad } j. \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$$

VIAJE(d,b,i,j) =

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el bus } b \text{ realiza un viaje con pasajeros el día } d \text{ desde} \\ & \text{la ciudad } i \text{ a la ciudad } j. \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$$

$$\text{VIAJETEO}(d,b,i,j) =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el bus `b` realiza un viaje sin pasajeros el día `d` desde} \\ & \text{la ciudad `i` a la ciudad `j`.} \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$$

DEMCAL(d,i,j) = Demanda estimada para el día “d” desde la ciudad “i” a la ciudad “j”.

PRECAL(d,i,j) = Precio seleccionado de los pasajes para el día “d” desde la ciudad “i” a la ciudad “j”.

NUMVIAJE(d,i,j) = Número total de viajes con pasajeros realizados el día “d” desde la ciudad “i” a la ciudad “j”.

$$\text{EID}(d,b,i) =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el bus `b` se encuentra en la ciudad `i` en el día `d`.} \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$$

$$\text{EF}(d,b,j) =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el bus `b` se encuentra en la ciudad `j` en el día `d`.} \\ 0 & \text{En caso contrario.} \end{cases}$$

d) Función Objetivo:

Se pretende maximizar la contribución marginal tratando de calcular la cantidad de viajes necesarios que tiene que cumplir cada bus para cada ruta. Es así que, teniendo el precio de los pasajes multiplicados por la capacidad de pasajeros del bus se tiene el ingreso estimado, el cual restándole el costo de viaje, logra como resultado la utilidad correspondiente para cada ruta.

$$\sum_{d=1}^{n1} \sum_{b=1}^{n2} \sum_{i=1}^{n3} \sum_{j=1}^{n4} ((\text{PRECAL}(d, i, j) * \text{CAPBUS}(b) - \text{CTOVIAJE}(i, j)) * \text{VIAJE}(d, b, i, j) - \text{CTOVIAJE}(i, j) * \text{VIAJETEO}(d, b, i, j))$$

e) Restricciones:

1)

$$\text{NUMVIAJE}(d, i, j) \leq \text{DEMCAL}(d, i, j) \quad \forall d, \forall i, \forall j$$

El número de viajes a realizar debe ser menor o igual a la demanda de viajes estimada para cada ruta.

2)

$$\sum_{b=1}^n (\text{VIAJE}(d, b, i, j)) = \text{NUMVIAJE}(d, i, j) \quad \forall d, \forall i, \forall j$$

Cálculo del número total de viajes realizados con pasajeros.

3)

$$\sum_{t=1}^n (\text{PREDEM}(t, d, i, j)) \leq 1 \quad \forall d, \forall i, \forall j$$

Solo se puede elegir un tipo de relación entre demanda y precio para cada día y ruta.

4)

$$\text{EID}(1, b, i) = \text{EI}(b, i) \quad \forall b, \forall i$$

Se define la ubicación de los buses en sus respectivas ciudades al iniciar la programación.

5)

$$\sum_{j=1}^n (\text{VIAJE}(d, b, i, j) + \text{VIAJETEO}(d, b, i, j)) = \text{EID}(d, b, i) \quad \forall d, \forall b, \forall i$$

Los viajes realizados deben de partir desde la ciudad de origen en la frecuencia definida.

6)

$$\sum_{i=1}^n (\text{VIAJE}(d, b, i, j) + \text{VIAJETEO}(d, b, i, j)) = \text{EF}(d, b, j) \quad \forall d, \forall b, \forall j$$

Los viajes realizados deben de llegar a su destino en la frecuencia definida.

7)

$$\begin{aligned} \text{EID}(d, b, i) &= \text{EF}(d - 1, b, j) && \forall d, \forall b, \forall i \\ & && d \geq 2, i = j \end{aligned}$$

Relación de igualdad entre la ciudad de origen y la ciudad destino para cada viaje de cada bus en la frecuencia definida.

8)

$$\sum_{j=1}^n (VIAJE(d, b, i, j) + VIAJETEO(d, b, i, j)) \leq 1 \quad \forall d, \forall b, \forall i$$

Restricción para separar los conceptos de viaje con pasajeros y viajes sin pasajeros.

9)

$$\begin{aligned} DEMCAL(d, i, j) &= \sum_{t=1}^n (PREDEM(t, d, i, j) \\ &\quad * DEMANDA(t, d, i, j)) \quad \forall d, \forall i, \forall j \end{aligned}$$

Selección de la demanda estimada del conjunto de tipos de relación con el precio seleccionado.

10)

$$\begin{aligned} PRECAL(d, i, j) &= \sum_{t=1}^n (PREDEM(t, d, i, j) * PRECIO(t, d, i, j)) \quad \forall d, \forall i, \forall j \end{aligned}$$

Selección del precio del conjunto de tipos de relación con la demanda estimada seleccionada.

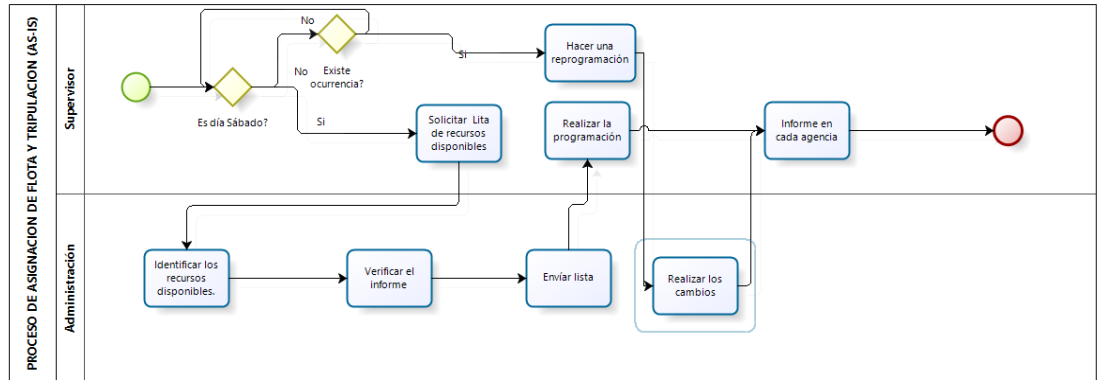
5.2 Arquitectura de negocios

El proceso de apoyo 'Programación de Viajes' cuenta con diferentes subprocesos como son la 'Asignación de Flota y Tripulación' para los viajes, el 'Registro de Llegada y Salida' de las unidades y la 'Coordinación de Viajes' con los responsables e involucrados. Para el desarrollo de la investigación es importante detallar el primer subproceso que nos indica cómo se genera una programación de viajes actualmente.

- **Subproceso de asignación de flota y tripulación:**

Figura 5.3

Diagrama del subproceso de asignación de flota y tripulación AS-IS

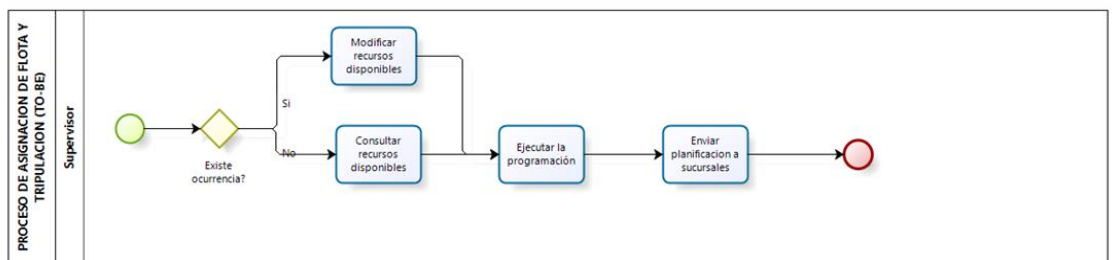


Fuente: Elaboración propia

En base a los diagramas de procesos anteriormente mencionados, se puede observar que actualmente los directamente involucrados en este proceso son, en primer lugar el supervisor, seguido del personal de administración que son los encargados de recopilar la información de los recursos y realizar cambios en el proceso siempre y cuando se requiera. Según el primer modelo (AS-IS), que representa los procesos que hasta la fecha se realizan, el supervisor es el encargado principal de realizar el proceso de programación de viajes con ayuda de sus subordinados.

Figura 5.4

Diagrama del subproceso de asignación de flota y tripulación TO-BE



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado el modelo (TO-BE) tiene como único involucrado al supervisor de administración, quien tiene todas las facilidades tecnológicas para realizar la respectiva tarea; el mismo proceso podrá ser utilizado para soportar decisiones

ante escenarios hipotéticos como la compra de nuevas unidades, contratación de choferes y creación de nuevas rutas.

5.3 Análisis de la solución

- **Viabilidad:**

Se plantea el uso de un escenario en condiciones limitadas por la licencia y capacidad de procesamiento para comparar una programación común frente a los resultados de salida del prototipo. Se realizan análisis técnicos y de funciones para validar la viabilidad.

- **Requerimientos técnicos y de diseño:**

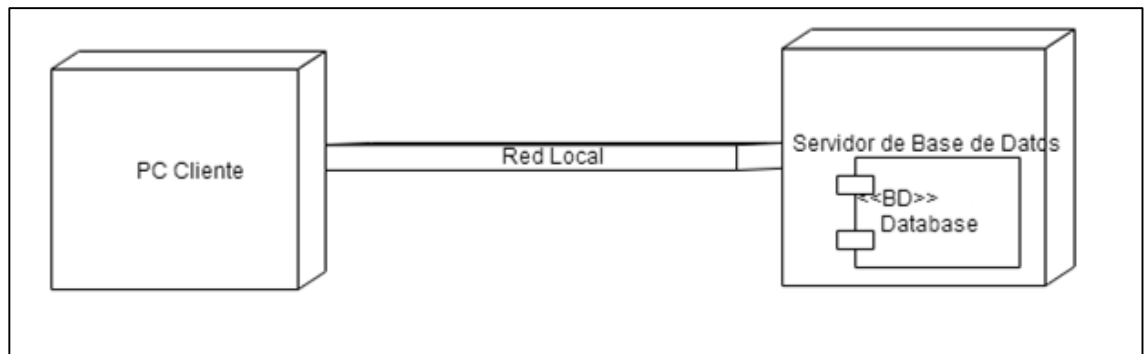
Para el desarrollo del prototipo se utilizará el lenguaje de programación C#, el IDE Visual Studio Community 2013, el motor de Base de Datos SQL-Server 2008 R-2, para la ejecución del algoritmo se utilizará el lenguaje de programación no lineal con la herramienta LINGO 9.0, el uso de MS-Office 2010 para facilitar la comunicación de datos entre el modelo y el sistema, y para la construcción del diseño de base de datos se utilizará el MYSQL Workbench 5.2 CE. Después de definir las características de solución, se puede asumir que técnicamente el proyecto es viable.

- **Tecnología Requerida:**

Se debe tener una estación de trabajo de conexión de red local para que exista conexión entre el sistema y la base de datos. Es importante para que el sistema siga su normal funcionamiento.

Figura 5.5

Diagrama de despliegue



Fuente: Elaboración propia

Se muestra dónde y cómo se va a desplegar el sistema solución. Como ya se mencionó, la construcción de este sistema presenta 2 puntos: Nodo Terminal Cliente y Servidor de Base de Datos.

Tabla 5.3

Descripción de nodos

Nodo	Descripción
PC Cliente	Está representada por el equipo que interactúa directamente con el usuario. Define también la interfaz que servirá para la ejecución del sistema.
Servidor de Base de Datos	Representa el motor de base de datos que se está utilizando para la gestión de información en este trabajo.

Fuente: Elaboración propia

- **Asignación de Funciones:**

Hardware:

Para el soporte de los aplicativos se debe contar con un hardware adecuado. Dicho hardware es la base del sistema operativo, que a su vez lo es para el sistema solución de este proyecto.

La disponibilidad del hardware deberá ser de 24 x 7, los 365 días del año o de acuerdo a las especificaciones de los SLA's acordados entre la empresa y su proveedor para el buen funcionamiento del sistema.

El sistema de soporte de decisiones se desenvuelve adecuadamente en una arquitectura de cliente - servidor, por la cual, será utilizada. No se contemplan dificultades para el desenvolvimiento de trabajo dentro de esta arquitectura.

Especificaciones mínimas de la estación del prototipo:

- Procesador de 32 bits (x86) o 64 bits (x64) a 1 gigahercio (GHz) o más.
- Memoria RAM de 1 gigabyte (GB) (32 bits) o memoria RAM de 2 GB (64 bits).
- Espacio disponible en disco rígido de 8 GB (32 bits) o 16 GB (64 bits).

Software:

El sistema operativo, en la construcción de esta solución, es el de Windows. Se resalta que la construcción de la solución se realizó en la versión 8, sin embargo se probó la compatibilidad con Windows XP S3, y Windows Seven. El lenguaje de programación es C# y el gestor de base de datos SQL-Server 2008.

- **Justificación:**

- Se utilizó el Sistema Operativo Windows porque es el utilizado por los usuarios en la empresa y la familiaridad que se tiene con este sistema.
- La construcción se realizó con el lenguaje C# por su interoperabilidad con Microsoft Office (productos que tiene la empresa del caso y los cuales trabajaran con la solución del sistema), brinda un control de versiones y está orientada a objetos.
- Se utilizó el IDE Visual Studio Community 2013 por ser gratuito y compatible con el lenguaje de programación seleccionado.
- El uso de SQL-Server se realizó debido a la eficiencia y la compatibilidad con el IDE.
- Se utilizó la herramienta Lingo debido al conocimiento que se tiene y la compatibilidad con la metodología de no lineal.
- El uso de MS-Office 2010 para enviar los datos a Lingo.
- Se descartó el uso de tecnología en la nube debido a que por normativa de la empresa los datos correspondientes al planeamiento de sus viajes es considerada información sensible y no puede ser compartida con repositorios externos.

La elección de cada una de estas herramientas también se basa en la construcción de un sistema como el que los trabajadores de la empresa están acostumbrados a manejar.

5.4 Construcción

5.4.1 Arquitectura de la solución

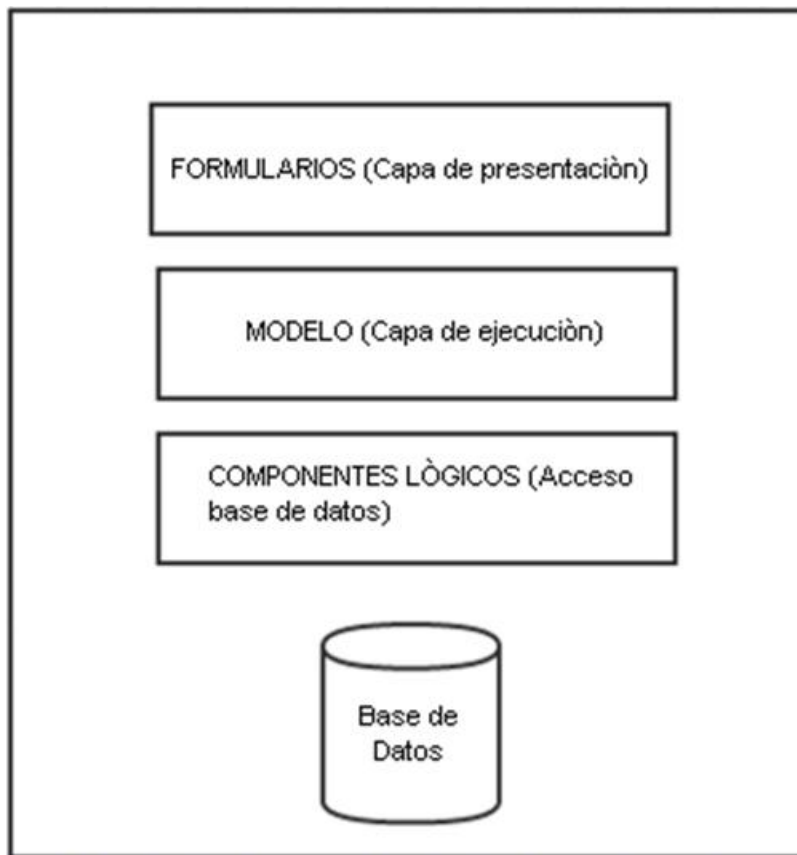
Es importante definir una arquitectura correcta de la solución, considerando conceptos de escalabilidad y el funcionamiento del proyecto. Las características de una correcta arquitectura para un sistema de soporte de decisiones son: coherencia, flexibilidad, eficiencia y sencillez.

Consideraciones que se deben tener al elegir una arquitectura:

- El sistema de soporte de decisiones debe cumplir con las funciones definidas en la sección 4.4 para cumplir con los requerimientos de software establecidos en la sección 5.5.2.
- El desarrollo de un sistema de soporte de decisiones en vez de un sistema tradicional porque permite la fácil interacción con el usuario para trabajar distintos escenarios con el fin de cumplir diferentes objetivos, permite al usuario realizar cambios en el modelo sin afectar el sistema y puede ser utilizada por diferentes áreas de la organización.
- Para acceder al sistema se utilizará un computador dirigido por el personal encargado de realizar la tarea de programación de viajes.
- Se contará con una interfaz gráfica amigable para la interacción con el usuario.

Figura 5.6

Diagrama de componentes



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4

Descripción de capas

Capa	Descripción
Capa de presentación	Se especifica la interfaz de usuario, representa la capa en la que el sistema se mostrará.
Capa de ejecución	Es el plano de operaciones en el que se ejecutará la lógica del modelo.
Capa de Acceso de base de datos	Representa la conexión con la base de datos en Access, y la interacción de la capa de ejecución con esta.

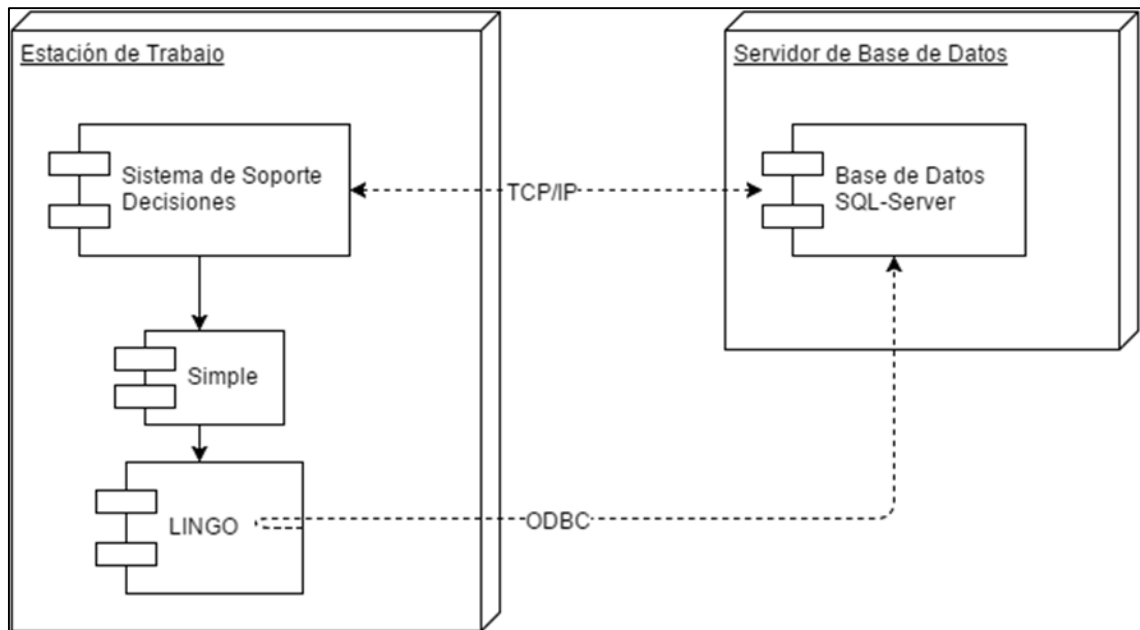
Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Esquema de conexiones

El sistema estará conectado con la base de datos actual para recibir y enviar la información necesaria mediante el protocolo TCP/IP. Por otra parte, la conexión directa entre la base de datos y el software Lingo se consiguió mediante una conexión ODBC. Para la ejecución de Lingo mediante el sistema, se utilizó la librería “Simple” de Lingo.

Figura 5.7

Esquema de conexiones



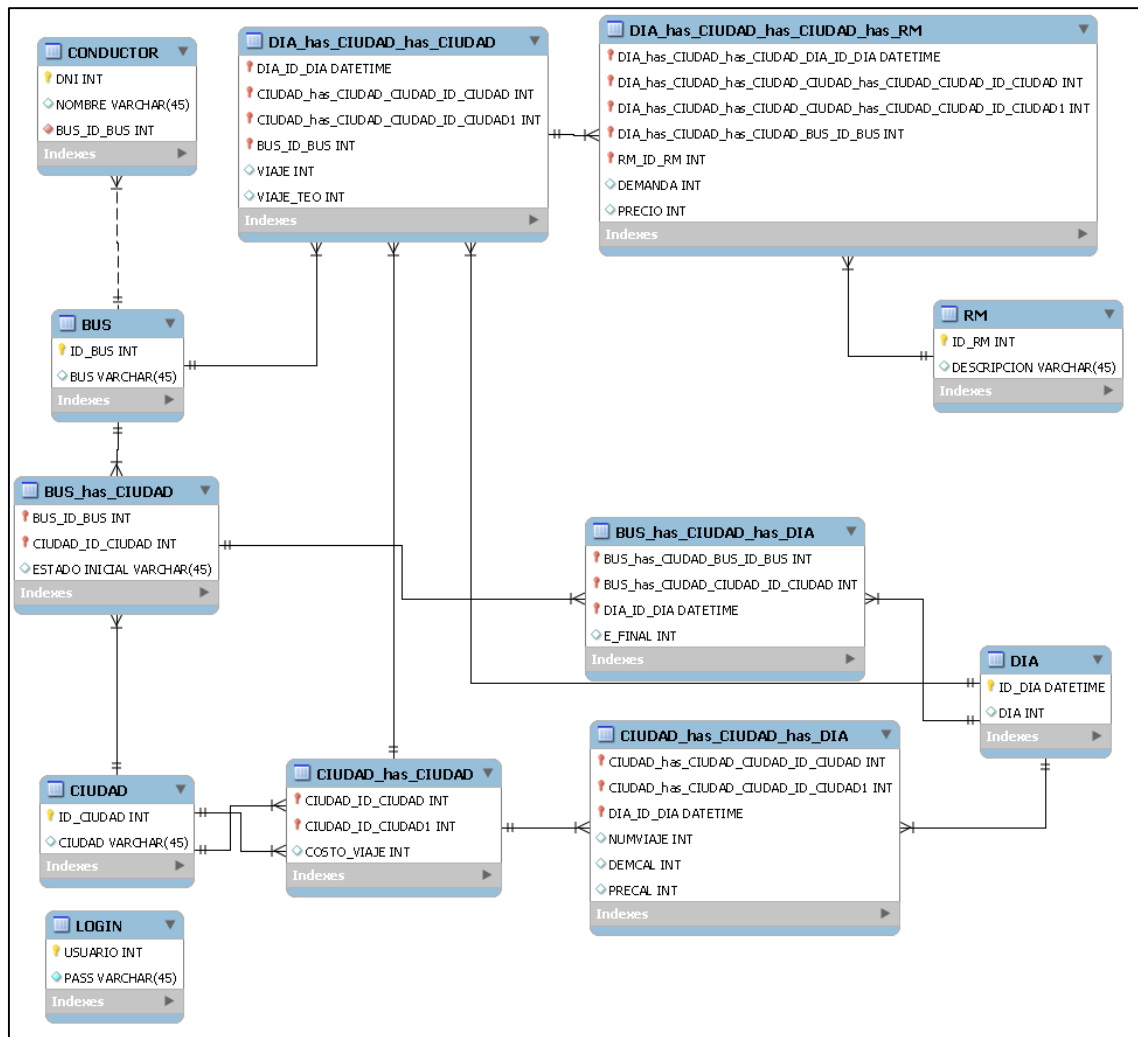
Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Modelo de base de datos

Se muestra el modelo de base de datos con sus relaciones para su respectiva creación. Define las tablas que se van a usar, y los campos que existe por cada tabla.

Figura 5.8

Modelo entidad-relación



Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Diagramas

Se presentan los diagramas de caso de uso de sistema, paquetes y componentes en el ANEXO 3.

5.5 Prototipo del sistema

En la siguiente sección se analizarán los requerimientos del prototipo de sistema por módulos de trabajo y su desarrollo.

5.5.1 Módulos

El sistema se compone de 4 módulos:

a) Módulo de maestros

Permite administrar el registro de los datos maestros.

b) Módulo de registro de datos

Genera un entorno para hacer el registro de datos dinámicos y estáticos.

c) Módulo de optimización

Permite entrar en un entorno optimizado para generar las soluciones.

d) Módulo de resultados

Muestra los resultados obtenidos por el modelo matemático.

5.5.2 Identificación de los requerimientos

Luego de contactar con el administrador de la empresa Ticllas, quien arma la programación de los viajes, se consiguió los siguientes requerimientos.

Tabla 5.5

Módulo de datos maestros

MÓDULO DE MAESTROS				
Nro	Descripción	Dif.	Prio.	Ex.
1	El sistema permitirá el registro, modificación y eliminación de la flota.	3	3	E
2	El sistema permitirá el registro, modificación y eliminación de la tripulación.	3	3	E
3	El sistema permitirá el registro, modificación y eliminación de las ciudades que atiende.	3	3	E
4	El sistema permitirá la modificación de días de programación.	3	2	E

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.6

Módulo de registro de datos

MÓDULO DE REGISTRO DE DATOS				
Nro	Descripción	Dif.	Prio.	Ex.
5	El sistema permitirá la modificación del costo demandado en cada viaje.	2	2	E
6	El sistema administrará la asignación de la tripulación a la flota existente.	3	3	E
7	El sistema permitirá el registro de la ubicación de cada bus.	3	3	D
8	El sistema permitirá el registro y modificación de las demandas y los precios posibles.	2	2	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.7

Módulo de optimización

MÓDULO DE OPTIMIZACION				
Nro	Descripción	Dif.	Prio.	Ex.
9	El sistema permitirá la comunicación con Lingo desde el sistema.	3	3	E
10	El sistema manejará una serie de modalidades de trabajo del modelo.	2	2	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.8

Módulo de resultados

MÓDULO DE RESULTADOS				
Nro	Descripción	Dif.	Prio.	Ex.
11	El sistema mostrará los resultados de una forma fácil de entender.	3	3	E
12	El sistema registrará información real para analizar comparaciones.	2	2	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.9

Descriptorios I

VALORES	CATEGORIA
1	BAJA
2	MEDIA
3	ALTA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.10

Descriptorios II

VALORES	CATEGORIA
E	EXIGIBLE
D	DESEABLE

Fuente: Elaboración propia

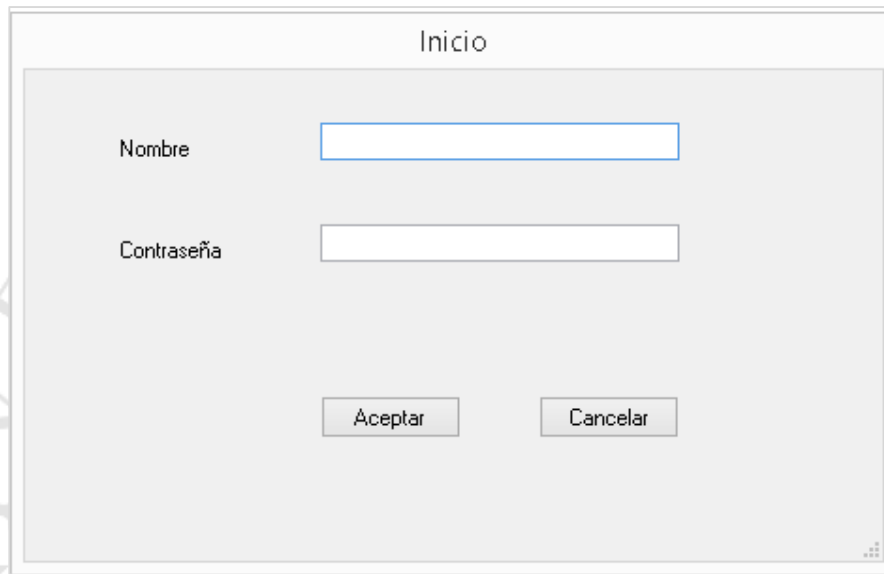
5.5.3 Diseño de pantallas

- **Ventana de Ingreso al Sistema:**

El sistema cuenta con una interfaz de login para el ingreso de los usuarios.

Figura 5.9

Ventana login



The image shows a login window titled "Inicio". It features two text input fields: one for "Nombre" and one for "Contraseña". Below these fields are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar". The window has a light gray background and a white border.

Fuente: Elaboración propia

- **Ventana Principal del Sistema:**

La ventana principal contará con 5 pestañas y un botón para cerrar las pestañas:

Pestañas:

a) Maestros: Donde se podrá realizar el registro, modificación y eliminación de los siguientes datos maestros:

-Buses

-Conductores

-Ciudades

-Días

b) Datos Estáticos: Donde se podrá realizar el ingreso de los costos por viajes y la asignación de los conductores a su respectivo bus.

c) Datos Dinámicos: Donde se podrá realizar el registro de la ubicación inicial de los buses al iniciar la programación además de definir el precio y demanda con sus respectivas variabilidades.

d) Ejecución: Posibilidad de ejecutar el modelo matemático con 2 modalidades de trabajo:

-Demanda Definida: El modelo considerará la demanda registrada en datos dinámicos para encontrar la solución óptima.

-Demanda Variable: El modelo tomará la demanda como variable a encontrar al momento de buscar la solución óptima.

e) Resultados: Se podrá revisar los resultados estimados por la optimización.

Figura 5.10

Ventana principal-Datos maestros



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.11

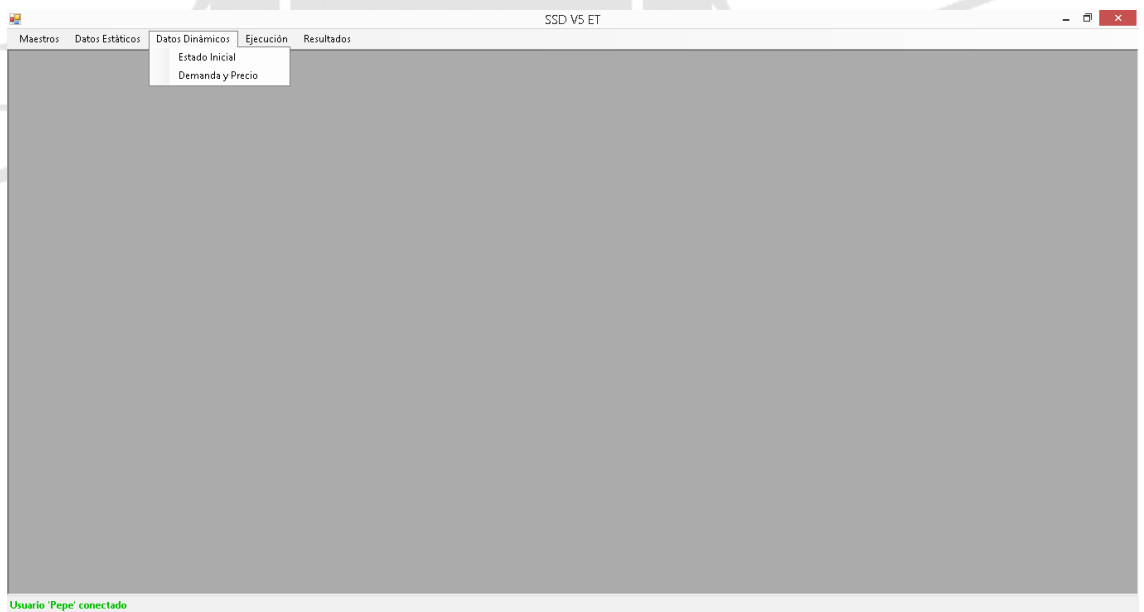
Ventana principal-Datos estáticos



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.12

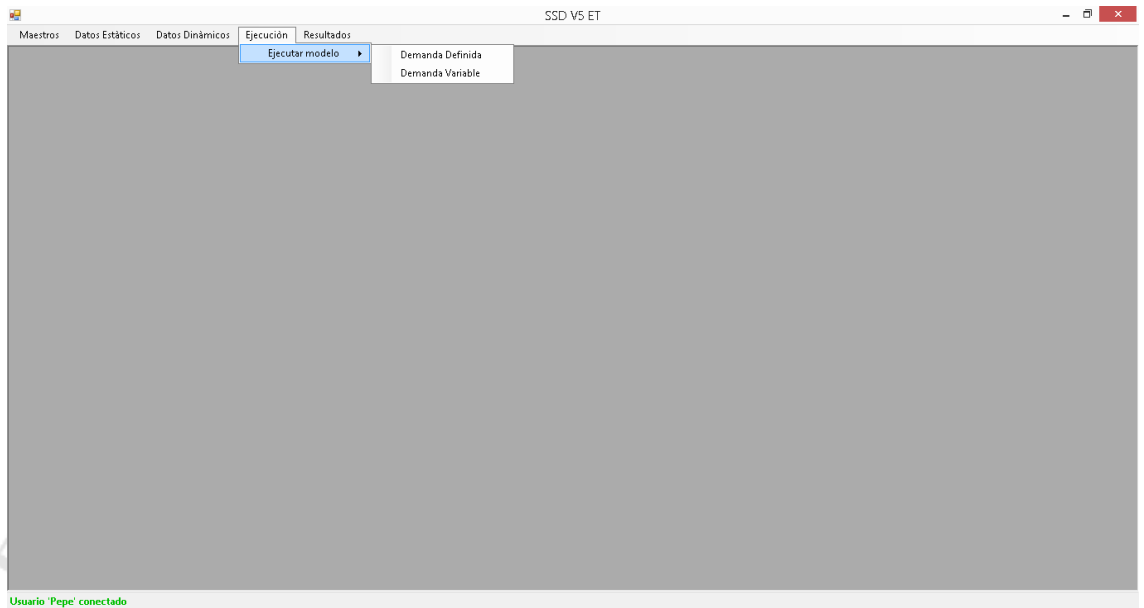
Ventana principal-Datos dinámicos



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.13

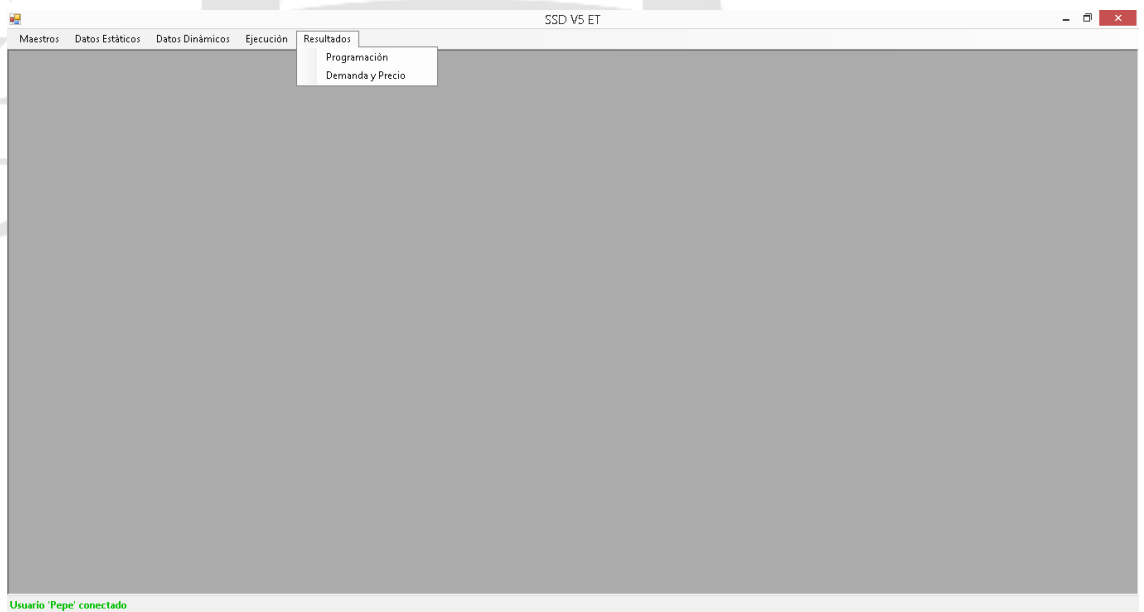
Ventana principal-Ejecución



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.14

Ventana principal-Resultados



Fuente: Elaboración propia

Maestro Buses:

a) Visualizar/Modificar:

Aquí se puede visualizar todos los buses disponibles con las opciones de:

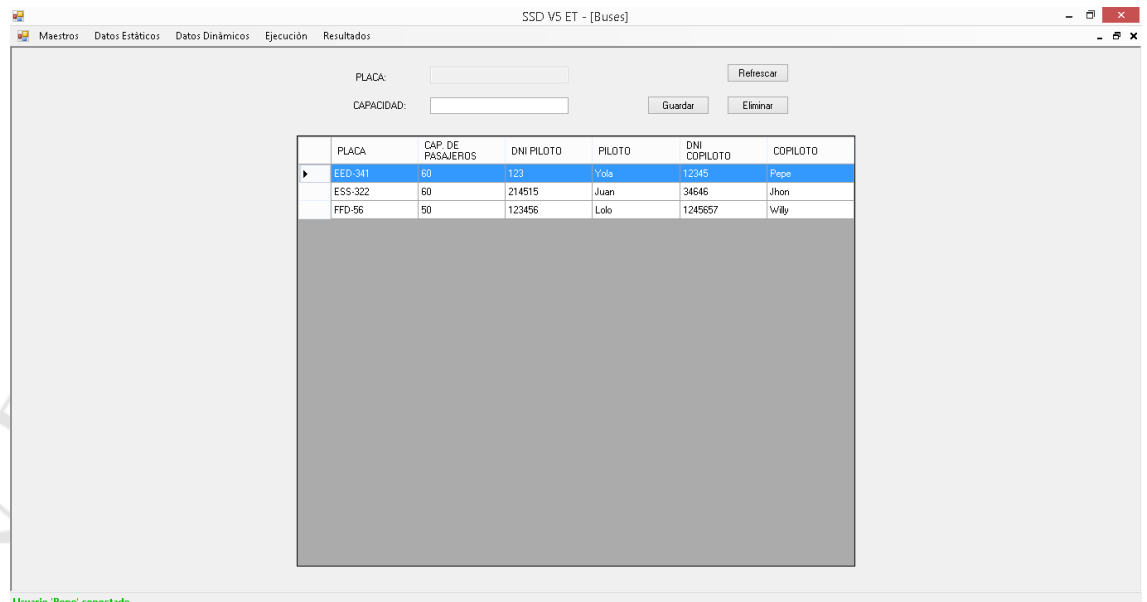
- Guardar: Para modificar la capacidad de pasajeros de un bus.

- Eliminar: Elimina el bus seleccionado.

- Refrescar: Actualiza la lista.

Figura 5.15

Interfaz buses



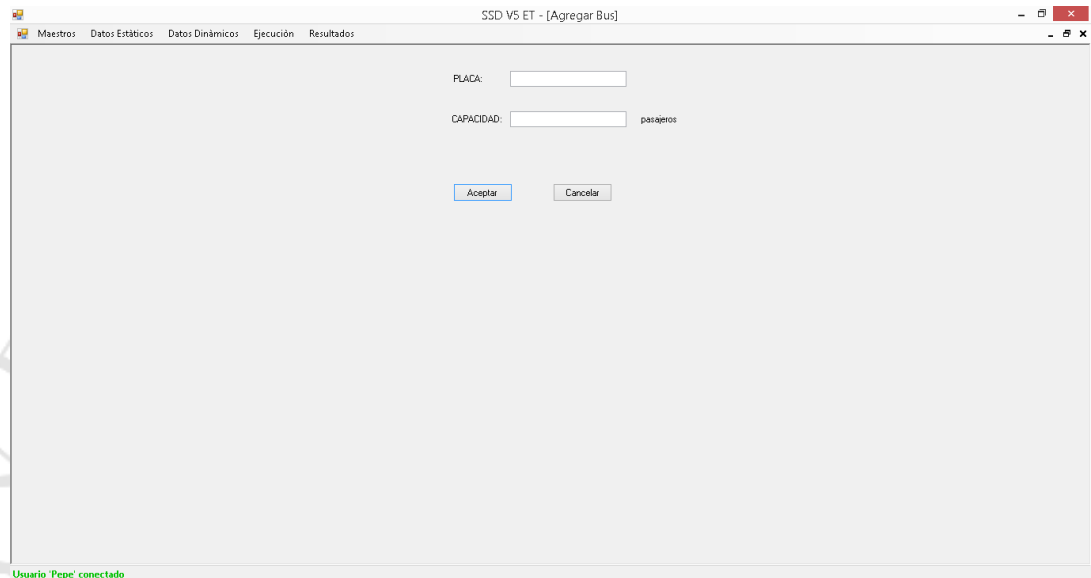
Fuente: Elaboración propia

b) Agregar:

En esta opción permite hacer el ingreso de un nuevo bus, con sus respectivas restricciones de registro, los campos son: Placa y Capacidad.

Figura 5.16

Nuevo bus



The screenshot shows a software window titled "SSD V5 ET - [Agregar Bus]". The window has a menu bar with "Maestros", "Datos Estáticos", "Datos Dinámicos", "Ejecución", and "Resultados". The main area contains a form with two input fields: "PLACA:" and "CAPACIDAD:". The "CAPACIDAD:" field has a unit label "pasajeros" to its right. Below the fields are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar". At the bottom left of the window, a status bar indicates "Usuario 'Pepe' conectado".

Fuente: Elaboración propia

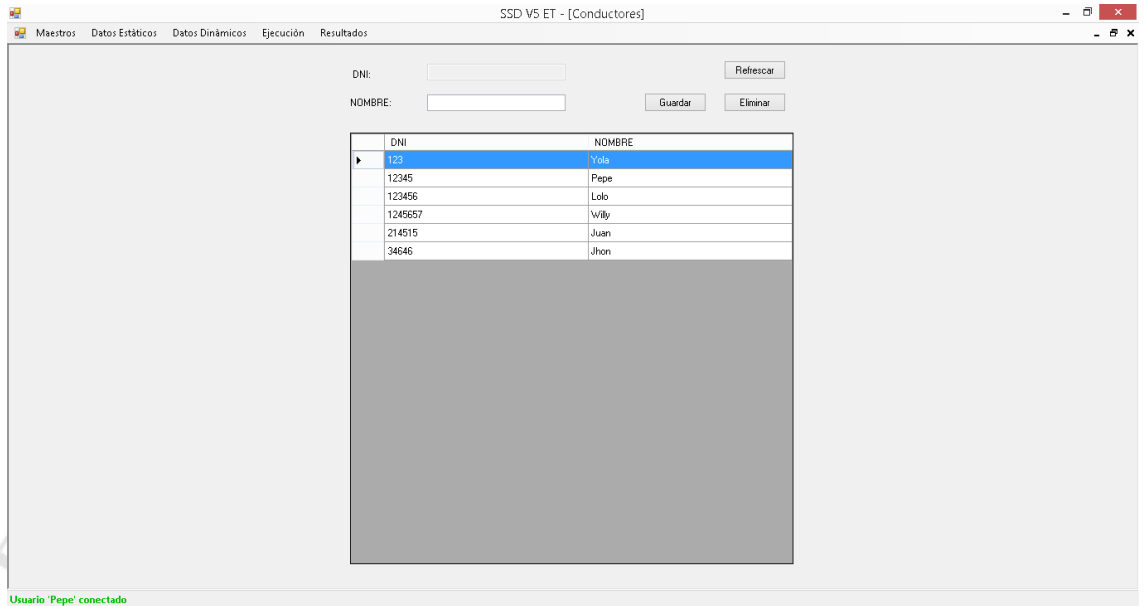
Maestro Conductores:

a) Visualizar/Modificar:

Aquí se puede visualizar todos los conductores disponibles con las opciones de:

- Guardar: Para modificar el nombre de un conductor.
- Eliminar: Elimina el conductor seleccionado.
- Refrescar: Actualiza la lista.

Figura 5.17
Interfaz conductor

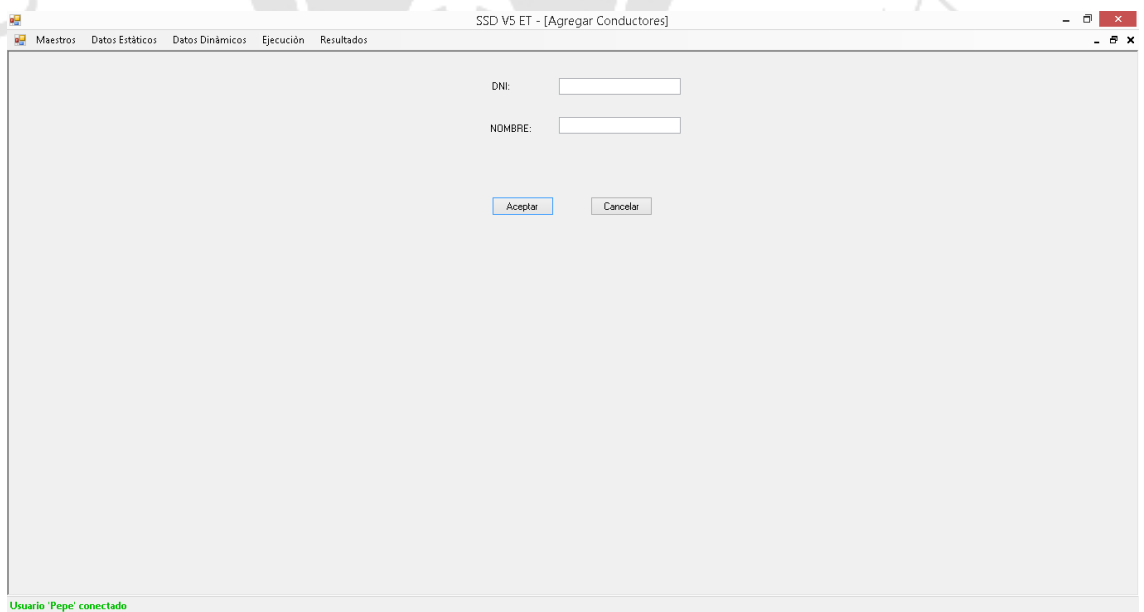


Fuente: Elaboración propia

b) Agregar:

En esta opción se permite hacer el ingreso de un nuevo conductor, los campos son: DNI y Nombre.

Figura 5.18
Nuevo conductor



Fuente: Elaboración propia

Maestro Ciudades:

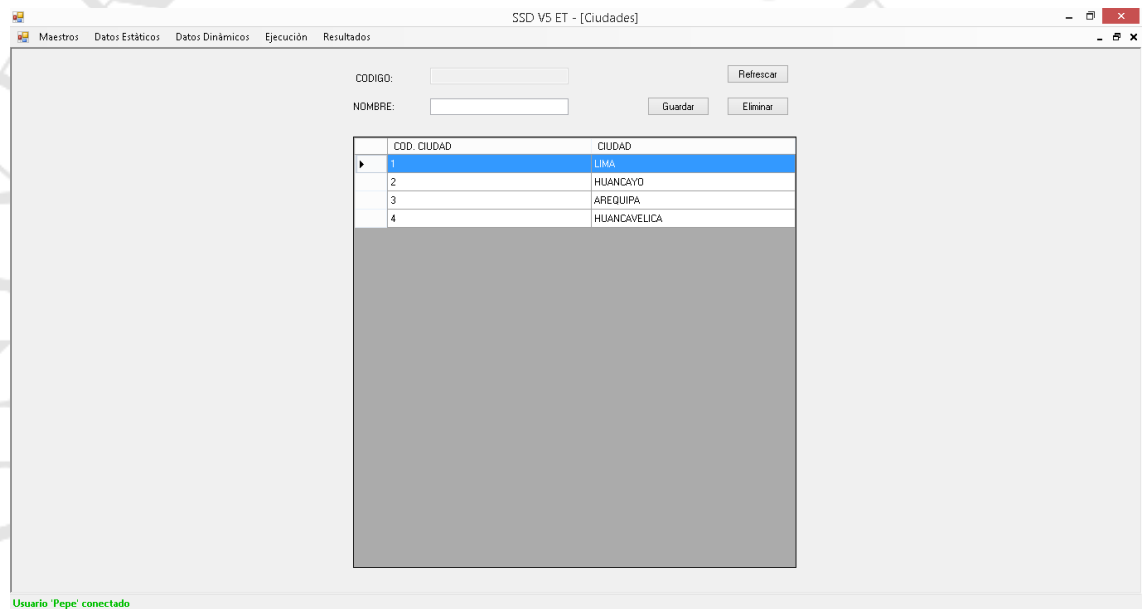
a) Visualizar/Modificar:

Aquí se puede visualizar todas las ciudades correspondientes a las rutas de viaje con las opciones de:

- Guardar: Para modificar el nombre de una ciudad.
- Eliminar: Elimina la ciudad seleccionada.
- Refrescar: Actualiza la lista.

Figura 5.19

Interfaz ciudad



Fuente: Elaboración propia

b) Agregar:

En esta opción se permite hacer el ingreso de una nueva ciudad, los campos son: Código y Nombre.

Figura 5.20
Nueva ciudad

SSD V5 ET - [Agregar Ciudad]

Maestros Datos Estáticos Datos Dinámicos Ejecución Resultados

CODIGO:

NOMBRE:

Aceptar Cancelar

Usuario 'Pepe' conectado

Fuente: Elaboración propia

Maestro Días:

Aquí se puede modificar los días de programación con 2 fechas de ingreso con el uso de calendarios.

Figura 5.21
Interfaz días

SSD V5 ET - [Días]

Maestros Datos Estáticos Datos Dinámicos Ejecución Resultados

Dia de Inicio: Wednesday, June 17, 2015

Dia de Fin: Wednesday, June 17, 2015

Aceptar Cancelar

Usuario 'Pepe' conectado

Fuente: Elaboración propia

Costo de viajes:

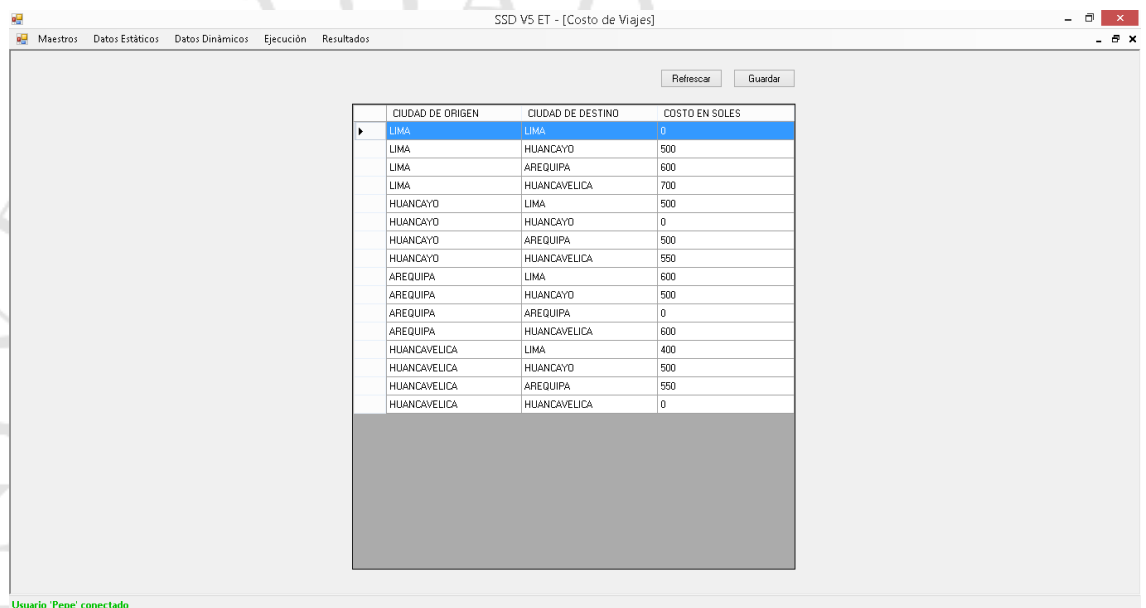
Permite el ingreso de los costos promedio por cada ruta recorrida, tiene dos opciones:

-Refrescar: Actualiza la lista.

-Guardar: Guarda los cambios realizados.

Figura 5.22

Costo de viajes



The screenshot shows a software window titled 'SSD V5 ET - [Costo de Viajes]'. The interface includes a menu bar with 'Maestros', 'Datos Estáticos', 'Datos Dinámicos', 'Ejecución', and 'Resultados'. There are 'Refrescar' and 'Guardar' buttons. A table displays the following data:

CIUDAD DE ORIGEN	CIUDAD DE DESTINO	COSTO EN SOLES
LIMA	LIMA	0
LIMA	HUANCAYO	500
LIMA	AREQUIPA	600
LIMA	HUANCAVELICA	700
HUANCAYO	LIMA	500
HUANCAYO	HUANCAYO	0
HUANCAYO	AREQUIPA	500
HUANCAYO	HUANCAVELICA	550
AREQUIPA	LIMA	600
AREQUIPA	HUANCAYO	500
AREQUIPA	AREQUIPA	0
AREQUIPA	HUANCAVELICA	600
HUANCAVELICA	LIMA	400
HUANCAVELICA	HUANCAYO	500
HUANCAVELICA	AREQUIPA	550
HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	0

Fuente: Elaboración propia

Asignación De La Tripulación:

En esta interfaz se podrá realizar la asignación del piloto y copiloto a un determinado bus. La condición indispensable para esta asignación es que se tenga el doble o más de conductores disponibles en contraste con la cantidad de buses disponibles. Presenta dos opciones:

-Refrescar: Actualiza la lista.

-Guardar: Guarda las asignaciones establecidas.

Figura 5.23
Asignación de tripulación

PLACA	DNI PILOTO	NOMBRE PILOTO	DNI COPILOTO	NOMBRE COPILOTO	PILOTO	COPILOTO
EED-341	123	Yola	12345	Pepe		
ESS-322	214515	Juan	34646	Jhon		
FFD-56	123456	Lolo	1245657	Willy		

Fuente: Elaboración propia

Estado inicial:

En esta interfaz se puede registrar la ubicación en la que se encuentra cada bus al iniciar la programación. Tiene dos opciones:

- Actualizar: Vuelva a cargar la lista.
- Guardar: Guarda los cambios realizados.

Figura 5.24
Estado inicial

BUS	CIUDAD	UBICACION INICIAL
EED-341	LIMA	<input type="checkbox"/>
EED-341	HUANCAYO	<input type="checkbox"/>
EED-341	AREQUIPA	<input checked="" type="checkbox"/>
EED-341	HUANCAVELICA	<input type="checkbox"/>
ESS-322	LIMA	<input type="checkbox"/>
ESS-322	HUANCAYO	<input type="checkbox"/>
ESS-322	AREQUIPA	<input checked="" type="checkbox"/>
ESS-322	HUANCAVELICA	<input type="checkbox"/>
FFD-56	LIMA	<input type="checkbox"/>
FFD-56	HUANCAYO	<input checked="" type="checkbox"/>
FFD-56	AREQUIPA	<input type="checkbox"/>
FFD-56	HUANCAVELICA	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia

Demanda y precios:

Permite el registro y modificación de la demanda de viajes estimada y el precio de los pasajes, también se puede modificar la relación Precio-Demanda para el uso de Revenue Management. Presenta dos opciones:

- Refrescar: Vuelva a cargar la lista.
- Guardar: Guarda los cambios realizados.

Figura 5.25
Demanda de viajes y precios

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	DEMANDA DE VIAJES	PRECIO DE PASAJES
6/15/2015	LIMA	LIMA	0	0
6/15/2015	LIMA	HUANCAYO	4	50
6/15/2015	LIMA	AREQUIPA	2	45
6/15/2015	LIMA	HUANCAVELICA	3	50
6/15/2015	HUANCAYO	LIMA	2	50
6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAYO	0	0
6/15/2015	HUANCAYO	AREQUIPA	5	45
6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAVELICA	4	60
6/15/2015	AREQUIPA	LIMA	2	50
6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAYO	3	50
6/15/2015	AREQUIPA	AREQUIPA	0	0
6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAVELICA	2	45
6/15/2015	HUANCAVELICA	LIMA	3	45
6/15/2015	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	50
6/15/2015	HUANCAVELICA	AREQUIPA	2	50
6/15/2015	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	0	0
6/16/2015	LIMA	LIMA	0	0
6/16/2015	LIMA	HUANCAYO	2	45
6/16/2015	LIMA	AREQUIPA	1	50
6/16/2015	LIMA	HUANCAVELICA	3	50
6/16/2015	HUANCAYO	LIMA	3	55
6/16/2015	HUANCAYO	HUANCAYO	0	0

Relación Precio-Demanda:
 Mayor Precio: %
 Menor Demanda: %

Usuario 'Pepe' conectado

Fuente: Elaboración propia

Programación:

Permite visualizar la programación de viajes y la contribución marginal, ambos resultados de la solución del modelo matemático.

Figura 5.26
Programación I

BUS	DNI PILOTO	NOMBRE PILOTO	DNI COPILOTO	NOMBRE COPILOTO	DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO
EED-341	123	Yola	12345	Pepe	6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAVELICA
EED-341	123	Yola	12345	Pepe	6/16/2015	HUANCAVELICA	HUANCAYO
EED-341	123	Yola	12345	Pepe	6/17/2015	HUANCAYO	AREQUIPA
ESS-322	214515	Juan	34646	Jhon	6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAVELICA
ESS-322	214515	Juan	34646	Jhon	6/16/2015	HUANCAVELICA	HUANCAYO
ESS-322	214515	Juan	34646	Jhon	6/17/2015	HUANCAYO	AREQUIPA
FFD-56	123456	Lolo	1245657	Willy	6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAVELICA
FFD-56	123456	Lolo	1245657	Willy	6/16/2015	HUANCAVELICA	AREQUIPA
FFD-56	123456	Lolo	1245657	Willy	6/17/2015	AREQUIPA	HUANCAYO

Contribución Marginal Estimada: S/ 23340

Usuario 'Pepe' conectado

Fuente: Elaboración propia

Demanda y precios (resultado):

Permite visualizar la demanda y el precio estimados resultados de la aplicación de Revenue Management, así como el número total de viajes a realizar por cada ruta en cada día de la programación.

Figura 5.27

Programación II

SSD V5 ET - [Demanda y Precios]

Maestros Datos Estáticos Datos Dinámicos Ejecución Resultados

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	TOTAL DE VIAJES	DEMANDA DE VIAJES	PRECIO DE PASAJES
6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAVELICA	2	2	54
6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1	3	72
6/16/2015	HUANCAVELICA	AREQUIPA	1	2	72
6/16/2015	HUANCAVELICA	HUANCAYO	2	2	66
6/17/2015	HUANCAYO	AREQUIPA	2	2	72

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	DEMANDA DE VIAJES	PRECIO DE PASAJES
6/15/2015	AREQUIPA	AREQUIPA	0	0
6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAVELICA	2	54
6/15/2015	AREQUIPA	HUANCAYO	3	50
6/15/2015	AREQUIPA	LIMA	2	50
6/15/2015	HUANCAVELICA	AREQUIPA	2	50
6/15/2015	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	0	0
6/15/2015	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	50
6/15/2015	HUANCAVELICA	LIMA	3	45
6/15/2015	HUANCAYO	AREQUIPA	5	45
6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	72
6/15/2015	HUANCAYO	HUANCAYO	0	0
6/15/2015	HUANCAYO	LIMA	2	50
6/15/2015	LIMA	AREQUIPA	2	45
6/15/2015	LIMA	HUANCAVELICA	3	50

Usuario 'Pepe' conectado

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

4.1. Pruebas

Se realizaron las pruebas de software del sistema de soporte de decisiones donde se verificó lo siguiente:

- a) La interfaz funciona correctamente.
- b) El ingreso de datos se ejecuta bien.
- c) La modificación de datos se realiza en forma normal.
- d) Se permite la eliminación de datos.
- e) La conexión con la Base de Datos es estable.
- f) Los resultados han sido validados.

- **Pruebas de Calidad**

Para la evaluación de calidad del sistema se adaptaron las secciones de "Administración de proyectos específicos" y "Desarrollo y Mantenimiento de software" de la plantilla MOPROSOFT. Detalles del proceso de evaluación y cálculo de resultados en el **ANEXO 4**.

Los resultados de dicha evaluación son los siguientes respectivamente:

- a) Administración de proyectos específicos:

Resultado: 2.105 puntos

Significado: Cumple ampliamente las especificaciones.

- b) Desarrollo y Mantenimiento de software:

Resultado: 2.041 puntos

Significado: Cumple ampliamente las especificaciones

Controles:

Para proveer mayor confianza a la empresa se proporcionará controles de calidad del proyecto para que pueda ser ejecutado correctamente y con riesgos de falla aceptables.

- **Prueba de Resultados:**

Para las pruebas del prototipo se ejecutó el sistema en la segunda modalidad donde se activa el enfoque de Revenue Management con un escenario donde se registraron la mitad de recursos (20 buses) de la empresa y un período de 5 días de programación por el límite en el procesamiento de variables:

Maestros:

a) Buses: Se cargaron 20 buses disponibles, con su respectiva capacidad de pasajeros.

Tabla 6.1

Carga de buses

PLACA	CAP. DE PASAJEROS
A5H-957	60
A8V-741	50
AV-220	50
B2J-951	50
B56-19	50
C26-55	50
CA-456	60
CJ-242	50
D18-678	60
DA-251	50
DJ3-065	45
R0A-345	50
R39-975	50
RS-456	60
RT6-32	60
TA34-26	60
TS7-19	60
XL3-52	50
XMG-192	50
XN6-521	60

Fuente: Elaboración propia

b) Conductores: Se inicializó el escenario con 42 conductores disponibles.

Tabla 6.2

Carga de conductores

DNI	NOMBRE
10018464	Enrique Cuentas Rodriguez
10144128	Juan Peralta Vera
10252690	Josias Alderete Velita
10777938	Jorge Negrete Cordova
19948733	Jesus Chavez Cardenas
19962891	Demetrio Mallqui Cordova
19968540	Victoriano Casas Mayhuasca
19976880	Fredy Cosme Caceres
19981010	Teofines Villar Simeon
19982336	Samuel Diaz Palomino
19997406	Agustin Cerron Peralta
20007731	Cesar Bisalaya Yauri
20046996	Nehemias Andrade Vasquez
21242061	Fredy Yupanqui Leon
25710466	Freddy Vega Perez
25725674	Gerardo Olivos Silva
25753085	Carlos Valverde Llanos
25774322	Jaime Zabaleta Jacobo
25776709	Dante Rodriguez Comejo
25835003	Jesus Valderrama Criollo
25843630	Josue Chalco Palacios
2690071	Jorge Luna Moran
31036946	Ciro Sierra Tapia
31043691	Luis Vargas Montes
31602553	David Tinoco Cerna
33342669	Cesar Alva Castillejo
4007364	David Travezaño Blas
41874254	Teodoro Vera Otiniano
42680323	Victor Cardenas Gallegos
43016812	Freddy Cajavilca Palacios
44333729	Francis Aquino Luyo
44909838	Victor Martinez Pomajambo
6771642	Luis Cabrera Guaboche
7080588	Victor Acuña Camargo
72359665	Erwin Matos Dorregaray
7984894	Jorge Valera Galvez
8152149	Victor Martinez Zulueta
8421166	Marcos Fernandez Rodriguez
8636986	Cirilo Maravi Mayta
9015500	Manuel Durand Mallma
9651881	Rafael Ccoto De la Rosa
9933279	Victor Vilchez Torres

Fuente: Elaboración propia

c) Ciudades: Se cargaron las 4 ciudades correspondientes: Lima, Huancayo, Huancavelica y Ayacucho.

Tabla 6.3

Carga de ciudades

	COD. CIUDAD	CIUDAD
▶	1	LIMA
	2	HUANCAYO
	3	AYACUCHO
	4	HUANCAVELICA

Fuente: Elaboración propia

d) Días: La proyección de días fue por una semana desde el 1 de Noviembre hasta el 5 de Noviembre del 2015.

Datos Estáticos:

a) Costos por Viaje:

Los costos por realizar un viaje (costos variables) son:

*Combustible (Petróleo): 10.2 Nuevos Soles por galón.

*Viático (Piloto y Copiloto): 40 Nuevos Soles en total.

*Peaje: 50 Nuevos Soles aprox. depende de la ruta.

*Salida del Bus ò Parada: 160 Nuevos Soles.

El número de galones por ruta son los siguientes:

*Lima-Huancayo/Huancayo-Lima: 80 galones.

*Huancayo-Hvca./Hvca.-Huancayo: 29 galones.

*Lima-Hvca./Hvca.-Lima:110 galones.

*Ayacucho-Hvca./Hvca.-Ayacucho:100 galones

Con estos datos, se pudo llenar la siguiente información:

Tabla 6.4

Costos por viaje

	CIUDAD DE ORIGEN	CIUDAD DE DESTINO	COSTO EN SOLES
▶	LIMA	LIMA	160
	LIMA	HUANCAYO	1066
	LIMA	AYACUCHO	2671
	LIMA	HUANCAVELICA	1372
	HUANCAYO	LIMA	1066
	HUANCAYO	HUANCAYO	160
	HUANCAYO	AYACUCHO	1855
	HUANCAYO	HUANCAVELICA	545
	AYACUCHO	LIMA	2671
	AYACUCHO	HUANCAYO	1855
	AYACUCHO	AYACUCHO	160
	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1270
	HUANCAVELICA	LIMA	1372
	HUANCAVELICA	HUANCAYO	545
	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1270
	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	160

Fuente: Elaboración propia

b) Asignación de Tripulación:

Se asignó respectivamente un piloto y un copiloto a cada bus.

Tabla 6.5

Asignación de tripulación

PLACA	CAP. DE PASAJEROS	DNI PILOTO	PILOTO	DNI COPILOTO	COPILOTO
A5H-957	60	10018464	Enrique Cuentas ...	10144128	Juan Peralta Vera
A8V-741	50	10252690	Josias Alderete Ve...	10777938	Jorge Negrete Cor...
AV-220	50	19948733	Jesus Chavez Car...	19962891	Demetrio Mallqui C...
B2J-951	50	19968540	Victoriano Casas ...	19976880	Fredy Cosme Cac...
B56-19	50	19981010	Teofines Villar Sim...	19982336	Samuel Diaz Palo...
C26-55	50	19997406	Agustin Cerron Per...	20007731	Cesar Bisalaya Yauri
CA-456	60	20046996	Nehemias Andrad...	21242061	Fredy Yupanqui L...
CJ-242	50	25710466	Freddy Vega Perez	25725674	Gerardo Olivos Silva
D18-678	60	25753085	Carlos Valverde Ll...	25774322	Jaime Zabaleta Ja...
DA-251	50	25776709	Dante Rodriguez ...	25835003	Jesus Valderrama ...
DJ3-065	45	25843630	Josue Chalco Pala...	2690071	Jorge Luna Moran
R0A-345	50	31036946	Ciro Sierra Tapia	31043691	Luis Vargas Montes
R39-975	50	31602553	David Tinoco Cerna	33342669	Cesar Alva Castillejo
RS-456	60	4007364	David Travezaño ...	41874254	Teodoro Vera Otin...
RT6-32	60	42680323	Victor Cardenas ...	43016812	Freddy Cajavilca P...
TA34-26	60	44333729	Francis Aquino Luyo	44909838	Victor Martinez Po...
TS7-19	60	6771642	Luis Cabrera Guab...	7080588	Victor Acuña Cam...
XL3-52	50	72359665	Erwin Matos Dorre...	7984894	Jorge Valera Galvez
XMG-192	50	8152149	Victor Martinez Zul...	8421166	Marcos Fernandez...
XN6-521	60	8636986	Cirilo Maravi Mayta	9015500	Manuel Durand M...

Fuente: Elaboración propia

Datos dinámicos:

a) Estado Inicial:

Al iniciar la programación, los buses se encontraban en una ciudad determinada:

Tabla 6.6

Estado inicial de la programación

BUS	DEPARTAMENTO
A5H-957	LIMA
B2J-951	HUANCAVELICA
A8V-741	HUANCAYO
CJ-242	LIMA
ROA-345	LIMA
TS7-19	HUANCAYO
XMG-192	HUANCAVELICA
RS-456	AYACUCHO
AV-220	AYACUCHO
DJ3-065	HUANCAVELICA
R39-975	HUANCAYO
RT6-32	HUANCAVELICA
D18-678	HUANCAYO
DA-251	AYACUCHO
TA34-26	LIMA
XL3-52	AYACUCHO
XN6-521	LIMA
B56-19	HUANCAYO
C26-55	AYACUCHO
CA-456	HUANCAVELICA

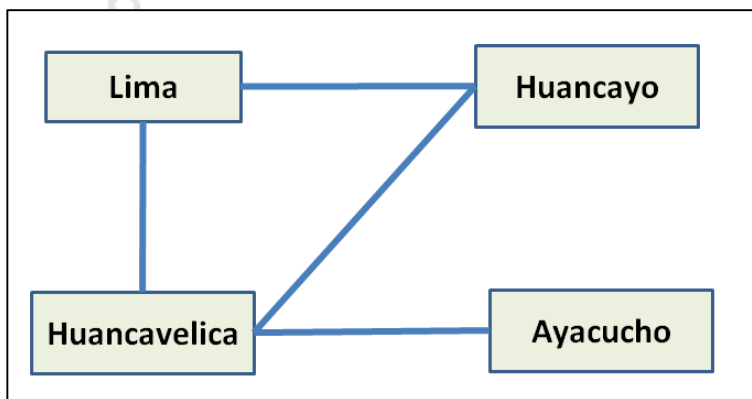
Fuente: Elaboración propia

b) Demanda y Precios:

Muestra todas las posibles rutas en el siguiente gráfico:

Figura 6.1

Rutas para la programación



Fuente: Elaboración propia

El precio y la demanda tienen un aumento de 30% los fines de semana y feriados. Por otro lado, la relación demanda precio para el uso de Revenue Management es que al aumentar 20% el precio de los pasajes, la demanda estimada bajará un 30%. De tal forma que para este escenario se cargaron los siguientes datos:



Tabla 6.7

Datos de demanda y precio para la programación

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	DEMANDA	PRECIO
01-nov-15	LIMA	HUANCAYO	4	40
01-nov-15	LIMA	HUANCVELICA	3	50
01-nov-15	HUANCAYO	LIMA	4	40
01-nov-15	HUANCAYO	HUANCVELICA	4	30
01-nov-15	AYACUCHO	HUANCVELICA	4	45
01-nov-15	HUANCVELICA	LIMA	4	45
01-nov-15	HUANCVELICA	HUANCAYO	4	35
01-nov-15	HUANCVELICA	AYACUCHO	4	45
02-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	30
02-nov-15	LIMA	HUANCVELICA	2	40
02-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	30
02-nov-15	HUANCAYO	HUANCVELICA	3	30
02-nov-15	AYACUCHO	HUANCVELICA	3	40
02-nov-15	HUANCVELICA	LIMA	3	30
02-nov-15	HUANCVELICA	HUANCAYO	4	25
02-nov-15	HUANCVELICA	AYACUCHO	3	30
03-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	30
03-nov-15	LIMA	HUANCVELICA	2	40
03-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	30
03-nov-15	HUANCAYO	HUANCVELICA	3	30
03-nov-15	AYACUCHO	HUANCVELICA	2	30
03-nov-15	HUANCVELICA	LIMA	3	30
03-nov-15	HUANCVELICA	HUANCAYO	4	25
03-nov-15	HUANCVELICA	AYACUCHO	2	30
04-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	30
04-nov-15	LIMA	HUANCVELICA	3	40
04-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	30
04-nov-15	HUANCAYO	HUANCVELICA	3	30
04-nov-15	AYACUCHO	HUANCVELICA	2	30
04-nov-15	HUANCVELICA	LIMA	3	35
04-nov-15	HUANCVELICA	HUANCAYO	3	30
04-nov-15	HUANCVELICA	AYACUCHO	2	30
05-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	30
05-nov-15	LIMA	HUANCVELICA	3	40
05-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	30
05-nov-15	HUANCAYO	HUANCVELICA	3	30
05-nov-15	AYACUCHO	HUANCVELICA	4	45
05-nov-15	HUANCVELICA	LIMA	3	30
05-nov-15	HUANCVELICA	HUANCAYO	3	25
05-nov-15	HUANCVELICA	AYACUCHO	4	45

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.2

Datos de relación demanda y precio para la programación

Relación Precio-Demanda:		
Mayor Precio:	<input type="text" value="20"/>	%
Menor Demanda:	<input type="text" value="30"/>	%

Fuente: Elaboración propia

Resultados de Ejecución del Sistema:

Para el prototipo se buscó solamente un óptimo local por los límites de procesamiento que se tuvieron al hacer las pruebas y arrojó la siguiente programación (se oculta los nombres de los pilotos para mejor visualización del reporte y se adjunta detalle de ingresos y costos por viaje):



Tabla 6.8

Resultados de programación del sistema

DIA	BUS	DNI PILOTO	DNI COPILOTO	ORIGEN	DESTINO	INGRESO (S./.)	COSTO (S./.)
01-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	LIMA	HUANCAVELICA	3600	1372
01-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCAYO	LIMA	2500	1066
01-nov-15	AV-220	19948733	9015500	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
01-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAVELICA	LIMA	2750	1372
01-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1750	545
01-nov-15	C26-55	19997406	8636986	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2750	1270
01-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAVELICA	HUANCAYO	2400	545
01-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	LIMA	HUANCAYO	2500	1066
01-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAYO	LIMA	3000	1066
01-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
01-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	HUANCAVELICA	AYACUCHO	2475	1270
01-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	LIMA	HUANCAVELICA	3000	1372
01-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1750	545
01-nov-15	RS-456	44909838	25835003	AYACUCHO	HUANCAVELICA	3300	1270
01-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAVELICA	AYACUCHO	3300	1270
01-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	LIMA	HUANCAYO	3000	1066
01-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCAYO	LIMA	3000	1066
01-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2750	1270
01-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCAVELICA	HUANCAYO	2000	545
01-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	LIMA	HUANCAYO	3000	1066
02-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1800	545
02-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
02-nov-15	AV-220	19948733	9015500	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2500	1270
02-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	LIMA	HUANCAYO	1750	1066
02-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	0	160
02-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
02-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAYO	LIMA	2100	1066
02-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCAYO	LIMA	1750	1066
02-nov-15	D18-678	19976880	10144128	LIMA	HUANCAYO	2100	1066
02-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
02-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
02-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
02-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAVELICA	LIMA	1750	1372
02-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCAVELICA	LIMA	2100	1372
02-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	AYACUCHO	HUANCAVELICA	3000	1270
02-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
02-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
02-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1500	1270
02-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
02-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
03-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	HUANCAYO	LIMA	2100	1066
03-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
03-nov-15	AV-220	19948733	9015500	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
03-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
03-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
03-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAYO	LIMA	1750	1066
03-nov-15	CA-456	19962891	10777938	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
03-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
03-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
03-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1500	1270

(Continuación)

Resultados de programación del sistema

DIA	BUS	DNI PILOTO	DNI COPILOTO	ORIGEN	DESTINO	INGRESO (S./.)	COSTO (S./.)
03-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
03-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
03-nov-15	R39-975	25753085	4007364	LIMA	HUANCAYO	1750	1066
03-nov-15	RS-456	44909838	25835003	LIMA	HUANCAYO	2100	1066
03-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCABELICA	HUANCAYO	1800	545
03-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCABELICA	AYACUCHO	1800	1270
03-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCABELICA	AYACUCHO	1800	1270
03-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	AYACUCHO	HUANCABELICA	1500	1270
03-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCABELICA	LIMA	1500	1372
03-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCABELICA	LIMA	1800	1372
04-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	LIMA	HUANCABELICA	3000	1372
04-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
04-nov-15	AV-220	19948733	9015500	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
04-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCABELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	B56-19	20046996	2690071	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
04-nov-15	C26-55	19997406	8636986	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
04-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCABELICA	LIMA	2400	1372
04-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCABELICA	HUANCABELICA	0	160
04-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCABELICA	LIMA	2400	1372
04-nov-15	DA-251	72359665	25776709	HUANCABELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
04-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCABELICA	AYACUCHO	1750	1270
04-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAYO	LIMA	1750	1066
04-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCAYO	HUANCABELICA	1800	545
04-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAYO	LIMA	2100	1066
04-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	AYACUCHO	HUANCABELICA	1800	1270
04-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	AYACUCHO	HUANCABELICA	1800	1270
04-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	HUANCABELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
04-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	LIMA	HUANCABELICA	3000	1372
05-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	HUANCABELICA	LIMA	2100	1372
05-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCABELICA	HUANCAYO	1500	545
05-nov-15	AV-220	19948733	9015500	HUANCABELICA	HUANCAYO	1500	545
05-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
05-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
05-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
05-nov-15	CA-456	19962891	10777938	LIMA	HUANCABELICA	3000	1372
05-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCABELICA	AYACUCHO	2250	1270
05-nov-15	D18-678	19976880	10144128	LIMA	HUANCAYO	2100	1066
05-nov-15	DA-251	72359665	25776709	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
05-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	AYACUCHO	HUANCABELICA	2475	1270
05-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	AYACUCHO	HUANCABELICA	2750	1270
05-nov-15	R39-975	25753085	4007364	LIMA	HUANCAYO	1750	1066
05-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCABELICA	AYACUCHO	2700	1270
05-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	LIMA	HUANCABELICA	3000	1372
05-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCABELICA	LIMA	2100	1372
05-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCABELICA	AYACUCHO	2700	1270
05-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
05-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCAYO	HUANCABELICA	1500	545
05-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCABELICA	AYACUCHO	2700	1270

Fuente: Elaboración propia

El ingreso total esperado es de 190200 soles y el costo total esperado de los viajes es de 95689 soles, obteniendo así una contribución marginal de **94511** soles.

Para los precios de los pasajes, que podrían haberse modificado por el uso de Revenue Management, se encontraron que para la mayoría de casos es conveniente aumentar el precio y aceptar el costo de perder cierto porcentaje de su demanda quedando de la siguiente forma:



Tabla 6.9

Resultados de precio propuesto por el sistema

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	DEMANDA ESTIMADA	PRECIO PROPUESTO	RESULTADO CANT. VIAJES
1-Nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	50	3
1-Nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	60	2
1-Nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	50	3
1-Nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	35	2
1-Nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	3	55	3
1-Nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	40	3
1-Nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	3	55	2
2-Nov-15	LIMA	HUANCAYO	2	35	1
2-Nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	1	50	1
2-Nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	35	2
2-Nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	30	3
2-Nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2	50	2
2-Nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	2	35	1
2-Nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	4	25	4
3-Nov-15	LIMA	HUANCAYO	2	35	2
3-Nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	1	50	1
3-Nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	35	2
3-Nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	2	35	2
3-Nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	30	3
4-Nov-15	LIMA	HUANCAYO	2	35	1
4-Nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	50	2
4-Nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	35	2
4-Nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	30	3
4-Nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	30	3
4-Nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	35	1
5-Nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	50	2
5-Nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	35	2
5-Nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	30	3
5-Nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	3	55	3
5-Nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	25	3
5-Nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	3	55	3

Fuente: Elaboración propia

De tal forma, se puede observar que el número total de viajes con pasajeros en ese período fue de 92, repartidos de la siguiente manera:

Tabla 6.10

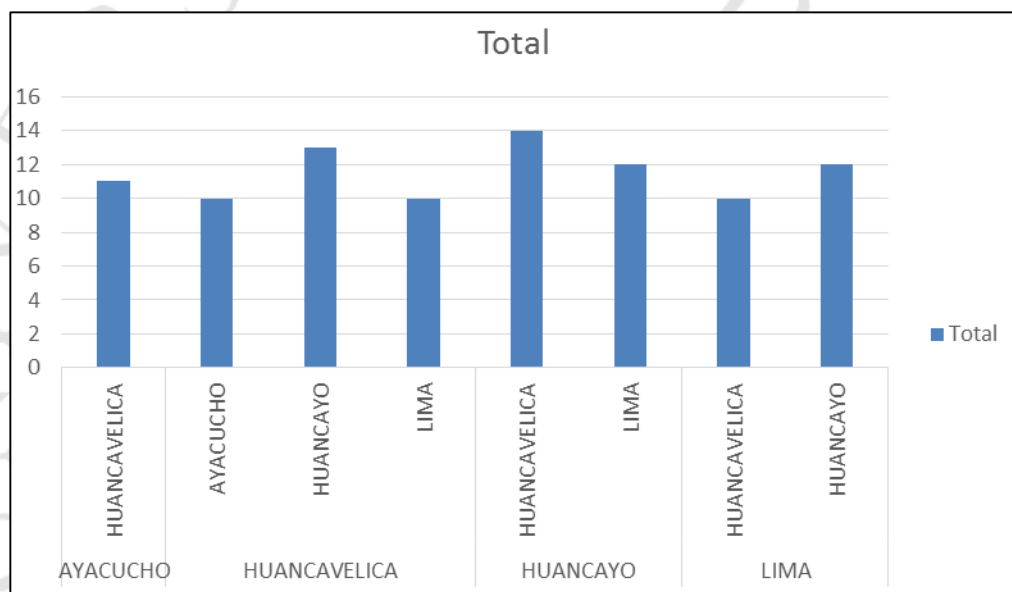
Resultados de programación total viajes del sistema

		DESTINO				TOTAL
		AYACUCHO	HUANCAVELICA	HUANCAYO	LIMA	
ORIGEN	AYACUCHO	0	11	0	0	11
	HUANCAVELICA	10	0	13	10	33
	HUANCAYO	0	14	0	12	26
	LIMA	0	10	12	0	22
	TOTAL	10	35	25	22	92

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.3

Resultados de total de viajes del sistema



Fuente: Elaboración propia

Resultados de una programación armada por la empresa:

Gracias al apoyo del Sr. Josep Rocca, encargado de supervisar la programación de viajes, armamos un escenario de simulación con los 20 buses corridos en el ejemplo para el prototipo y el resultado fue lo siguiente:

Tabla 6.11

Resultados de programación manual

DIA	BUS	DNI PILOTO	DNI COPILOTO	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	INGRESO (S/.)	COSTO (S/.)
01-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	LIMA	HUANCAYO	2400	1066
01-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
01-nov-15	AV-220	19948733	9015500	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
01-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1750	545
01-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
01-nov-15	C26-55	19997406	8636986	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2250	1270
01-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAVELICA	HUANCAYO	2100	545
01-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	LIMA	HUANCAYO	2000	1066
01-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
01-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
01-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	HUANCAVELICA	LIMA	2025	1372
01-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	LIMA	HUANCAVELICA	2500	1372
01-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAYO	LIMA	2000	1066
01-nov-15	RS-456	44909838	25835003	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2700	1270
01-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAVELICA	LIMA	2700	1372
01-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	LIMA	HUANCAVELICA	3000	1372
01-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCAYO	LIMA	2400	1066
01-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
01-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCAVELICA	AYACUCHO	2250	1270
01-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	LIMA	HUANCAYO	2400	1066
02-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	HUANCAYO	LIMA	1800	1066
02-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1500	1270
02-nov-15	AV-220	19948733	9015500	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2000	1270
02-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
02-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
02-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
02-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
02-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
02-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAVELICA	LIMA	1800	1372
02-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
02-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	LIMA	HUANCAYO	1350	1066
02-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1250	545
02-nov-15	R39-975	25753085	4007364	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
02-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
02-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
02-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
02-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
02-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2000	1270
02-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
02-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
03-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	LIMA	HUANCAYO	1800	1066
03-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
03-nov-15	AV-220	19948733	9015500	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1500	1270
03-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
03-nov-15	B56-19	20046996	2690071	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
03-nov-15	C26-55	19997406	8636986	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
03-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
03-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1250	545
03-nov-15	D18-678	19976880	10144128	LIMA	HUANCAYO	1800	1066
03-nov-15	DA-251	72359665	25776709	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1500	1270

(Continuación)

Resultados de programación manual

DIA	BUS	DNI PILOTO	DNI COPILOTO	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	INGRESO (S./.)	COSTO (S./.)
03-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	HUANCAYO	LIMA	1350	1066
03-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
03-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
03-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
03-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
03-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
03-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCAVELICA	LIMA	1800	1372
03-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
03-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1500	1270
03-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCAVELICA	LIMA	1800	1372
04-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	HUANCAYO	LIMA	1800	1066
04-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	AYACUCHO	AYACUCHO	0	160
04-nov-15	AV-220	19948733	9015500	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1500	1270
04-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1500	1270
04-nov-15	B56-19	20046996	2690071	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
04-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	CA-456	19962891	10777938	HUANCAYO	LIMA	1800	1066
04-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
04-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
04-nov-15	DA-251	72359665	25776709	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	LIMA	HUANCAYO	1350	1066
04-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
04-nov-15	R39-975	25753085	4007364	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
04-nov-15	RS-456	44909838	25835003	HUANCAVELICA	LIMA	2100	1372
04-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
04-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	HUANCAVELICA	LIMA	2100	1372
04-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	LIMA	HUANCAYO	1800	1066
04-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
04-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	HUANCAVELICA	LIMA	1750	1372
04-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
05-nov-15	A5H-957	19968540	25843630	LIMA	HUANCAYO	1800	1066
05-nov-15	A8V-741	20007731	10018464	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2250	1270
05-nov-15	AV-220	19948733	9015500	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
05-nov-15	B2J-951	19982336	8421166	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2250	1270
05-nov-15	B56-19	20046996	2690071	LIMA	HUANCAYO	1500	1066
05-nov-15	C26-55	19997406	8636986	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
05-nov-15	CA-456	19962891	10777938	LIMA	HUANCAYO	1800	1066
05-nov-15	CJ-242	19981010	25725674	HUANCAVELICA	LIMA	1500	1372
05-nov-15	D18-678	19976880	10144128	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
05-nov-15	DA-251	72359665	25776709	HUANCAYO	LIMA	1500	1066
05-nov-15	DJ3-065	8152149	31036946	HUANCAYO	LIMA	1350	1066
05-nov-15	ROA-345	6771642	31602553	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
05-nov-15	R39-975	25753085	4007364	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1500	545
05-nov-15	RS-456	44909838	25835003	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
05-nov-15	RT6-32	43016812	7984894	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1500	545
05-nov-15	TA34-26	41874254	31043691	LIMA	HUANCAVELICA	2400	1372
05-nov-15	TS7-19	42680323	25710466	HUANCAYO	HUANCAVELICA	1800	545
05-nov-15	XL3-52	44333729	9933279	HUANCAVELICA	HUANCAYO	1250	545
05-nov-15	XMG-192	7080588	21242061	LIMA	HUANCAVELICA	2000	1372
05-nov-15	XN6-521	9651881	25774322	HUANCAVELICA	AYACUCHO	2700	1270

Fuente: Elaboración propia

El ingreso total esperado es de 166975 soles y el costo total esperado de los viajes es de 95349 soles, obteniendo así una contribución marginal de **71626** soles.

La demanda estimada y precio con que se armó la programación fueron:

Tabla 6.12

Precios de la programación

DIA	CIUDAD ORIGEN	CIUDAD DESTINO	CANT. VIAJE	DEMANDA	PRECIO
01-nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2	4	45
01-nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	4	45
01-nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	2	4	35
01-nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	2	4	45
01-nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	4	30
01-nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	4	40
01-nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	3	50
01-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	4	40
02-nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2	3	40
02-nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	3	30
02-nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	4	25
02-nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	3	3	30
02-nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	3	30
02-nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	3	30
02-nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	2	40
02-nov-15	LIMA	HUANCAYO	2	3	30
03-nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2	2	30
03-nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	2	30
03-nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	4	25
03-nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	3	3	30
03-nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	3	30
03-nov-15	HUANCAYO	LIMA	2	3	30
03-nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	2	40
03-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	3	30
04-nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	1	2	30
04-nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	2	30
04-nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	3	30
04-nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	3	3	35
04-nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	3	30
04-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	3	30
04-nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	2	3	40
04-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	3	30
05-nov-15	AYACUCHO	HUANCAVELICA	2	4	45
05-nov-15	HUANCAVELICA	AYACUCHO	1	4	45
05-nov-15	HUANCAVELICA	HUANCAYO	3	3	25
05-nov-15	HUANCAVELICA	LIMA	2	3	30
05-nov-15	HUANCAYO	HUANCAVELICA	3	3	30
05-nov-15	HUANCAYO	LIMA	3	3	30
05-nov-15	LIMA	HUANCAVELICA	3	3	40
05-nov-15	LIMA	HUANCAYO	3	3	30

Fuente: Elaboración propia

El total de viajes que se realizaron en dicho período fue de 93 repartidos de la siguiente forma:

Tabla 6.13

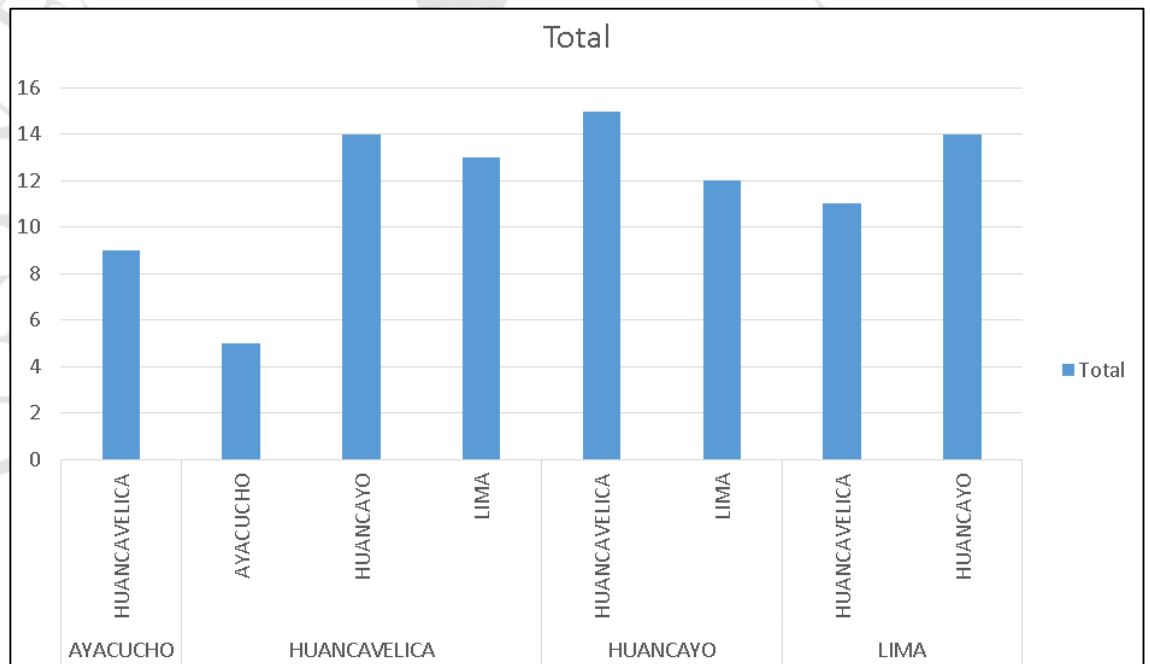
Resultados de total de viajes manual

		DESTINO				
		AYACUCHO	HUANCAVELICA	HUANCAYO	LIMA	TOTAL
ORIGEN	AYACUCHO	0	9	0	0	9
	HUANCAVELICA	5	0	14	13	32
	HUANCAYO	0	15	0	12	27
	LIMA	0	11	14	0	25
	TOTAL	5	35	28	25	93

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.4

Resultados de programación manual



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis Económico:**

Los resultados de programación del prototipo frente a los resultados de la programación de la empresa con 5 días de horizonte y 20 buses fueron:

Tabla 6.14

Contribución marginal de las pruebas

RESULTADO EMPRESA	RESULTADO PROTOTIPO	DIFERENCIA
S/. 71,626	S/. 94,511	S/. 22,885

Fuente: Elaboración propia

Dicha diferencia entre los 2 resultados en un horizonte anual se podría interpretar de la siguiente forma:

$$22885 \times 6 \times 12 = 1647720 \text{ PEN}$$

Se plantea 3 posibles escenarios:

Pesimista (20% de lo proyectado) = 329544 PEN

Realista (50% de lo proyectado) = 823860 PEN

Optimista (75% de lo proyectado) = 1235790 PEN

Costos:

1. Licencia Lingo: Una versión extendida con opción de correr modelos no lineales.

Tabla 6.15

Resultados de programación

LINGO						
Version	Base	Options				
		Barrier	Nonlinear	Global	Stochastic	Conic
Super	\$495	\$150	\$150	\$150	\$150	\$150
Hyper	\$995	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300
Industrial	\$2,995	\$900	\$900	\$900	\$900	\$900
Extended	\$4,995	\$1,500	\$1,500	\$1,500	\$1,500	\$1,500

Version	Base			Nonlinear	Global	
	Linear Models			Nonlinear	Multistart	Global Solver
	Constraints	Variables	Integers	Variables	NL Variables	NL Variables
Super	1,000	2,000	200	200	200	10
Hyper	4,000	8,000	800	800	800	20
Industrial	16,000	32,000	3,200	3,200	3,200	50
Extended	Unrestricted	Unrestricted	Unrestricted	Unrestricted	Unrestricted	Unrestricted

Fuente: (Lingo, 2015)

2. Licencia Forecast Pro: Una licencia individual de la versión Unlimited, que será utilizada para calcular el pronóstico de la demanda en el Sistema de

Planeamiento de Demanda que si bien se encuentra fuera del alcance de este trabajo de investigación, será incluido en la versión final del sistema.

Figura 6.5

Resultados de programación

	Forecast Pro Unlimited			
	Forecaster License	Single License	2-license Bundle	6+ license bundle
		\$4,995	\$7,990	\$3,000 per license

Fuente: (Pro, 2016)

3. Una CPU dedicada a correr el modelo matemático para las programaciones con las siguientes características:

-Familia de procesador: Procesador Intel® Core™ i7 último modelo de 4ta generación

-Procesador: Intel® Core™ i7-4790 con gráficos Intel HD 4600 (3,6 GHz, 8 MB de caché, 4 núcleos)

-Chipset: Intel® Q85 Express

-Memoria estándar: SDRAM DDR3 de 8 GB y 1600 MHz (2 x 4 GB) soporta hasta 32Gb RAM

-Disco Duro: SATA de 500GB

El costo aproximado con una extensión de garantía es de 3000 PEN.

4. Mejora de la red LAN: 200 USD.

5. Sistema de Soporte de Decisiones con 1 año de soporte y capacitación: 50000 USD.

6. Sistema de Planificación de Demanda con 1 año de soporte y capacitación: 50000 USD.

A una tasa de cambio de 3.5 soles por dólar, los costos, las depreciaciones y las amortizaciones son:

Tabla 6.16

Costos, amortizaciones y depreciaciones

COSTOS EN SOLES Y AÑOS DE AMORTIZACIÓN/DEPRECIACIÓN		
ITEM	COSTO	AMORT./DEP.
LICENCIA LINGO	22733	4
CPU	3000	10
MEJORA RED LAN	700	1
SISTEMA SOPORTE DE DECISIONES	175000	5
FORECAST PRO	17500	4
SISTEMA PLANIFICACION DEMANDA	175000	5

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en consideración un costo anual a partir del segundo año como soporte de ambos sistemas por 60000 soles, una inversión inicial de 100000 soles otorgados por los accionistas de la empresa, un costo de oportunidad del 25%, impuesto a la renta del 30%, estimación del valor de mercado del CPU después del quinto año por 1500 soles, la evaluación en un horizonte de 5 años para los 3 escenarios serían los siguientes:

Tabla 6.17

Evaluación económica pesimista

EVALUACION ECONOMICA (Nuevos Soles)						
TICLLAS S.A.C.						
a) Depreciación anual:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	V. Libros
Lingo lic.	5683	5683	5683	5683		0
CPU	300	300	300	300	300	1500
LAN	700					0
S.S.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Forecast PRO	4375	4375	4375	4375		0
S.P.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Total Anual	81058	80358	80358	80358	70300	1500
b) Elaboración del EE.RR.:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	
I. Contr. Marginal	329544	329544	329544	329544	329544	
(-)Costo Soporte		60000	60000	60000	60000	
(-)Dep y Amort.	82158	81458	81458	81458	71400	
Valor Mercado					1500	
(-)Valor Libros					1500	
U. A. I.	247386	188086	188086	188086	198144	
Imp. 30%	74216	56426	56426	56426	59443	
U. Neta	173170	131660	131660	131660	138701	
c) F. de Caja Económico:						
Dep. y Amort.	81058	80358	80358	80358	70300	
Valor Libros					1500	
Capital Trabajo					1000	
FNRI. Econ.	-100000	254228	212018	212018	212018	211501
d) Aplicación de Técnicas de Descuento Financiero:						
VAN Econ.=	S/. 703,774.85			ROI	2.41	
TIR Econ.=	241.40%					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 6.18

Evaluación económica realista

EVALUACION ECONOMICA (Nuevos Soles)						
TICLLAS S.A.C.						
a) Depreciación anual:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	V. Libros
Lingo lic.	5683	5683	5683	5683		0
CPU	300	300	300	300	300	1500
LAN	700					0
S.S.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Forescast PR	4375	4375	4375	4375		0
S.P.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Total Anual	81058	80358	80358	80358	70300	1500
b) Elaboración del EE.RR.:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	
I. Contr. Mar	823860	823860	823860	823860	823860	
(-)Costo Soporte		60000	60000	60000	60000	
(-)Dep y Amc	82158	81458	81458	81458	71400	
Valor Mercado					1500	
(-)Valor Libros					1500	
U. A. I.	741702	682402	682402	682402	692460	
Imp. 30%	222511	204721	204721	204721	207738	
U. Neta	519191	477681	477681	477681	484722	
c) F. de Caja Económico:						
Dep. y Amori	81058	80358	80358	80358	70300	
Valor Libros					1500	
Capital Trabajo					1000	
FNRI. Econ.	-100000	600249	558039	558039	558039	557522
d) Aplicación de Técnicas de Descuento Financiero:						
VAN Econ.=	S/. 1,634,322.74			ROI	5.94	
TIR Econ.=	594.13%					

Fuente: Elaboración propia

SCIENTIA ET PRAXIS

Tabla 6.19

Evaluación económica optimista

EVALUACION ECONOMICA (Nuevos Soles)						
TICLLAS S.A.C.						
a) Depreciación anual:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	V. Libros
Lingo lic.	5683	5683	5683	5683		0
CPU	300	300	300	300	300	1500
LAN	700					0
S.S.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Forecast PR	4375	4375	4375	4375		0
S.P.D.	35000	35000	35000	35000	35000	0
Total Anual	81058	80358	80358	80358	70300	1500
b) Elaboración del EE.RR.:						
Rubros	A1	A2	A3	A4	A5	
I. Contr. Mar	1235790	1235790	1235790	1235790	1235790	
(-)Costo Soporte		60000	60000	60000	60000	
(-)Dep y Amc	82158	81458	81458	81458	71400	
Valor Mercado					1500	
(-)Valor Libros					1500	
U. A. I.	1153632	1094332	1094332	1094332	1104390	
Imp. 30%	346090	328300	328300	328300	331317	
U. Neta	807542	766032	766032	766032	773073	
c) F. de Caja Económico:						
Dep. y Amort	81058	80358	80358	80358	70300	
Valor Libros					1500	
Capital Trabajo					1000	
FNRI. Econ.	-100000	888600	846390	846390	846390	845873
d) Aplicación de Técnicas de Descuento Financiero:						
VAN Econ.=	S/. 2,409,779.32			ROI	8.84	
TIR Econ.=	884.30%					

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, según los indicadores de evaluación económicos, este proyecto se consideraría muy rentable.

- **Observaciones de Resultados**

-El tiempo para generar el óptimo local del modelo fue de aproximadamente 15 minutos, tiempo aceptable para el área de Administración.

-Se puede observar que en conclusión el estudio CIDDAT (véase en la sección 1.1.1) se valida cuando mencionan que una distribución adecuada de los recursos afecta directamente en la rentabilidad de las empresas de transporte, ya que al

probar distintos escenarios en una programación de viajes se obtienen distintos ingresos económicos.

-Los resultados fueron los esperados brindando una contribución marginal mayor en un 31.95 % de la corrida del sistema frente a la programación tradicional (94511 soles generado por el sistema y 71626 soles generado por el programador humano).

4.2 Conclusiones y recomendaciones

Para el proyecto realizado se pudieron formular algunas observaciones en el transcurso de la planificación y construcción, para luego elaborar las conclusiones y finalmente hacer recomendaciones para futuros proyectos.

- **Conclusiones del proyecto**

-Luego de realizar las pruebas de calidad y resultados del sistema se logra verificar que los objetivos específicos planteados se lograron de la siguiente manera:

Tabla 7.1

Objetivos y resultados

Objetivo Específico	Resultado
Formular el modelo matemático que permita obtener una programación eficiente de los viajes con el objetivo de maximizar la contribución marginal.	Se formuló el modelo matemático como base para la investigación con las respectivas restricciones y el objetivo requerido.
Definir las estructuras de datos necesarias que usará el modelo matemático para obtener la solución al problema propuesto.	Se logró definir una estructura de datos y se diseñó un diagrama relacional.
Realizar la validación del modelo.	Se validó el modelo con un análisis de resultados.
Implementar un prototipo funcional del sistema de soporte de decisiones que permita la ejecución del modelo, la selección de escenarios y la visualización de resultados.	Se logró el desarrollo del prototipo con los requerimientos mencionados.

Fuente: Elaboración propia

-El sistema de soporte de decisiones para una empresa de transporte terrestre interprovincial, desarrollado en este proyecto, sirvió para mejorar el proceso de programación de viajes y así tomar mejores decisiones al momento de la planificación.

-Una correcta programación de viajes en este tipo de empresas mejora significativamente el manejo de sus recursos, la toma de decisiones y la rentabilidad.

-La aplicación de Revenue Management en el proyecto estuvo enfocada en la fijación de precios para alinear la demanda estimada a la oferta de la empresa y así, obtener una mejor contribución marginal.

-El sistema propuesto es adaptable a cualquier empresa de transporte terrestre debido a que permite el ingreso de diversos parámetros como flota, tripulación, rutas de viaje, horizontes de programación, datos estáticos y dinámicos.

- **Recomendaciones**

-Las pruebas en el prototipo se hicieron con una licencia prestada en una versión 11 de Lingo que limita el uso de recursos para mejorar el procesamiento del modelo matemático. Para la ejecución en un entorno real se recomienda la compra de una licencia de Lingo en la versión vigente.

- Como se definió en el alcance, el proyecto no abarca el planeamiento de la demanda, así que se asumió que los datos brindados por el responsable de la empresa son los correctos. Por lo tanto, se recomienda la implementación de un módulo para pronosticar la demanda para mejorar la calidad de los resultados.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Lingo: Software diseñado para la construcción de soluciones lineales, no lineales y enteras alcanzando la optimización de forma rápida.

ODBC: Estándar de acceso a base de datos diseñado y desarrollado por SQL Access Group.

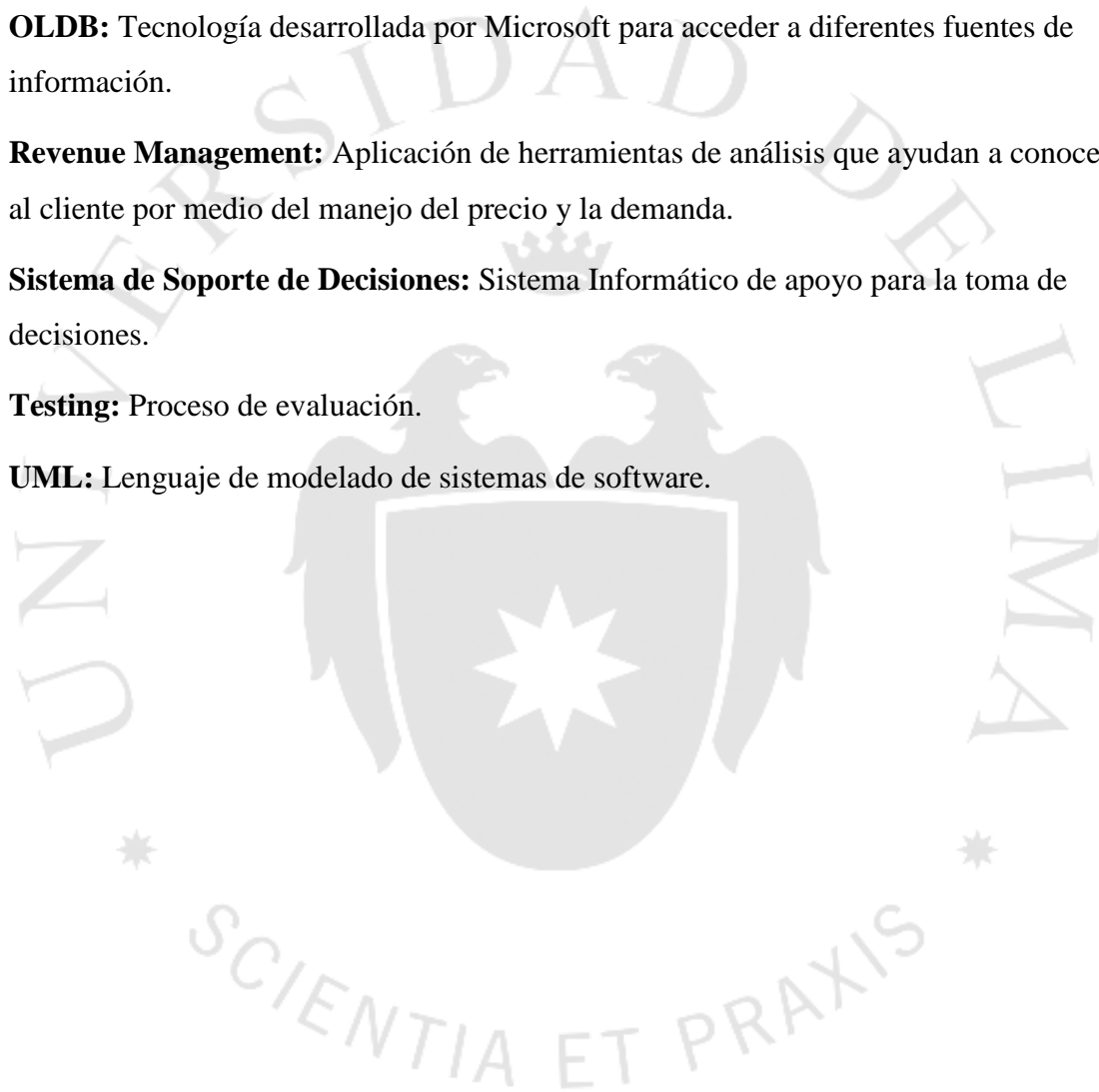
OLDB: Tecnología desarrollada por Microsoft para acceder a diferentes fuentes de información.

Revenue Management: Aplicación de herramientas de análisis que ayudan a conocer al cliente por medio del manejo del precio y la demanda.

Sistema de Soporte de Decisiones: Sistema Informático de apoyo para la toma de decisiones.

Testing: Proceso de evaluación.

UML: Lenguaje de modelado de sistemas de software.



BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, E. a. (2003). *Local search in combinatorial optimization*. Eindhoven y Atlanta: Princeton University Press.
- Albornoz Salazar, J. L. (2012). *MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES*. Retrieved Noviembre 16, 2012, from <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/optimizacion-redes/optimizacion-redes.pdf>
- Anyanwu, K., Kim, H., & Ravindra, P. (2013). Algebraic Optimization for Processing Graph Pattern Queries in the Cloud. *IEEE*, 52-61.
- Bjorklund, P., Varbrand, P., & Yuan, D. (2003). Resource Optimization of Spatial TDMA in Ad Hoc Radio Networks: A Column Generation Approach. *IEEE*.
- Blum, C. a. (1997). *Introduction to linear optimization*. Belmont, Massachusetts: Athenea Scientific.
- Bonrostro, J. P., & Yusta, S. C. (2009). *Diseño de un sistema para la resolución del problema de programación de turnos en un aeropuerto*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Bulnes, M. Á. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE SERVICIO DE TAXIS QUE OPTIMIZA RUTAS DE TRANSPORTE*. Lima: Tesis PUCP.
- Candia-Véjar, A., & González, M. (2011). *Sistemas de ingeniería: problemas, modelos y algoritmos de solución para la ayuda en la toma de decisiones*. Arica: Revista Chilena de Ingeniería.
- Cerrutti, G. G. (2008). *Aplicación de métodos de optimización y simulación en un problema de asignación de un aeropuerto*. Lima: PUCP.
- Cross, R. (1997). *Revenue Management: Hard-Core Tactics for Market Dominatio. Crown Business*. EEUU: Crown Business.
- Crovo, A. S., Martín, C. O., & Rojas, L. P. (2007). *Modelos De Programación Entera Para Un Problema De Programación De Horarios Para Universidades*. Arica: Revista Chilena de Ingeniería.
- Cunquero, R. M. (2003). *Algoritmos Heurísticos en Optimización Combinatoria*. Valencia: Universodad de Valencia. Retrieved 11 01, 2012
- D. Moitre, S. M. (2005). Optimización Dinámica Binivel de Centrales Hidroeléctricas de Bombeo en un Pool Competitivo – Parte I: Modelo y Algoritmo. *IEEE*, 172-177.
- Díaz, A. G. (1996). *Optimización Heurística y Redes Neuronales*. Madrid: Paraninfo.
- Eom, S., & Kim, E. (2006). A survey of Decision Support System Applications. *The Journal of the Operational Research Society*, 1264.

- Forgacs, G. (2010). *Revenue Management: Maximizing Revenue in Hospitality Operations*. Blanda: Educational Inst of the Amer Hotel.
- Frederick Hillier, G. L. (2001). *Investigación de operaciones*.
- Gallego, G., & D. Simchi-Levi, J. (2001). Minimax analysis for finite-horizon inventory models. *IIE Transactions*, 861-874.
- García Sanchez, A., & Ortega Mier, M. (2012). *PROGRAMACIÓN LINEAL*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gayle, L. (1999). *Contabilidad y Administración de los Costos*. México: McGraw-Hill.
- Glover, F. (1986). *Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence*. Computers and Operations Research.
- Grötschel, M. a. (1995). *Handbook of combinatorics, vol. II*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press y North-Holland.
- Guzmán, M. y. (1994). *Matemáticas II*. Madrid: Editorial Anaya.
- Hernandez, R., Miranda, J., & Rey, P. A. (2008). *Programacion de Horarios de Clases y Asignacion de Salas para la Facultad de Ingenieria de la Universidad Diego Portales Mediante un Enfoque de Programacion Entera*. Retrieved 2012, from http://www.dii.uchile.cl/ris/RISXXII/horariosUDP_RISVersion%20FINAL.pdf
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2007). *Introduction to stochastic models in operations research*. Michigan: McGraw-Hill.
- Hoffman, K. a. (2000). *Combinatorial optimization: Current successes and directions for the future*. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. Retrieved Diciembre 2006, from http://iris.gmu.edu/~khoffman/papers/trav_salesman.html
- Huerta, M. K., Fabregat, R., Padilla, J. J., Ravelo, O., & Clotet, R. (2007). Reducción de congestión mediante técnicas de optimización de flujos en redes MPLS. *IEEE*, 352-359.
- J.C.Montero, & M.Vega. (2004). Optimización de la interconexión de cogeneradores en paralelo. *IEEE*, 1-7.
- Jaramillo Quijada, M. (2012, Octubre). *UNIVERSIDAD DE CHILE*. Retrieved Abril 2016, from http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112043/cf-jaramillo_mq.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Karadjov, Y., & Farahmand, M. (2007). Revenue Mnagement circa 2020. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 291-292.
- Keen, P. G. (1978). *Decision support systems: an organizational perspective*. Massachusetts: Addison-Wesley Pub.
- Khachiyan, L. (1979). *A polynomial algorithm in linear programming*. Moscú: Doklady.

- Lawrence, J., & Pasternak, B. (1998). *Applied Management Science*. New York: Wiley.
- Liang, Y., Liu, Y.-J., Luo, X.-N., Xie, L., & Fu, X.-L. (2012). Optimal Scaling Factor Assignment for Patchwise Image Retargeting. *IEEE*, 1.
- Lingo. (2015, 01 01). *Lingo*. Retrieved from <http://www.lindo.com/prices/CommercialPrices.pdf>
- Mainzer, B. (2004). Future of revenue management. Fast forward for hospitality revenue management. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 285-289.
- Masco, M. (2010, Julio 19). *IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA RUP*. Retrieved from <http://malkamasco.blogspot.com/2010/07/implementacion-de-metodologia-rup.html>
- McCord Morse, P., & Kimball, G. (1951). *Methods of Operations Research*. New York: Technology Press of Massachusetts Institute of Technology.
- Merino Maestre, M. (2015, Junio). *Técnicas Clásicas de Optimización*. Retrieved Abril 2016, from Parte I, Programación Lineal y No Lineal: http://www.ehu.es/mae/html/prof/Maria_archivos/plnlapuntes.pdf
- Metaxiotis, K. a. (2004). *The contribution of neural networks and genetic algorithms to business decision support: Academic myth or practical solution? Management Decision*.
- Muñoz, M. A., López, J. A., & Caicedo, E. F. (2007). Optimización por Colonia de Hormigas para la Asignación Dinámica de Recursos en una Plataforma de Experimentación de Temperatura Multizona. *IEEE*, 82-87.
- Osman, I. a. (1996). *Meta-Heuristics: Theory and Applications*. Boston: Kluwer Academic.
- Palencia García, C. (2012). *Licenciatura en Contaduría - Apuntes Digitales Plan 2012*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pinedo, M. (2001). *Scheduling theory, algorithms and systems, 2 ed.* Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Prats Planaguma, L., & Guàrdia Julve, J. (2012). Gestión de precios en un sistema de Revenue Management hotelero en línea. *Pasos*, 511-520.
- Pro, F. (2016). *Forecast Pro*. Retrieved from <http://www.forecastpro.com/products/overview/productpricing.htm>
- Ramos, L. (2006, Marzo 02). Sistemas Inteligentes de Soporte de Decisión en PYMES. Monterrey, México.
- Rardin, R. (1998). *Optimization in Operations Research*. Michigan: Prentice Hall.

- Rojas, L. P., Tapia, S. H., & Castillo, M. J. (2008). *Asignación De Supervisores Forestales. Resolución Mediante Un Algoritmo Tabu Search*. Arica: Revista Chilena de Ingeniería.
- Romainville, M. (2015, Diciembre 11). *El Comercio*. Retrieved from <http://elcomercio.pe/economia/peru/9-empresas-transporte-terrestre-mas-grandes-peru-noticia-1863039/>
- Ruiz, R., & Maroto, C. a. (2005). *Solving the flowshop scheduling problem with sequence dependent setup times using advanced metaheuristics*. *European Journal of Operational Research*.
- Ryzin, G., & McGill, J. (2000). An adaptive algorithm for determining seat protection levels. *Management Sci.*, 760-775.
- Sait, S. M. (1999). *Iterative computer algorithms with applications in engineering: Solving combinatorial optimization problems*. Piscataway: IEEE Computer Society Press.
- Salazar, N. E. (2006). Pruebas de Sintonización de Controladores PID por Métodos Desarrollados en la Escuela de Ingeniería Eléctrica Universidad de Costa Rica. *IEEE*, 1-3.
- SMITH, F. W. (1968). Pattern Classifier Design by Linear Programming. *IEEE*, 367-372.
- Steed, E., & Gu, Z. (2005). An examination of hotel pricing methods: practiced and proposed. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 369-379.
- Turban, E. (1995). *Decision support and expert systems: management support systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Turban, E., Aronson, J., & Liang, T. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Indiana: Prentice Hall.
- Vélez, M. C., & Montoya, J. A. (2007). *Metaheurísticos: Una Alternativa Para La Solución De Problemas Combinatorios En Administración De Operaciones*. Medellín: Revista EIA.
- Vinod, B. (2004). Unloding the value of revenue management in the hotel industry. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 178-190.
- Weatherford, L., & Belobaba, P. P. (2002). Revenue impacts of fare input and demand forecast accuracy in airline yield management. *J. Oper. Res. Soc.*, 811-821.
- Woosley, E., & Hesse, R. (1980). *Applied Management Science*. New York: Science Research Associates.
- Xin, X., Nagar, A., Srivastava, G., Li, Z., Fernandes, F., & Katsaggelos, A. K. (2013). Large Visual Repository Search with Hash Collision Design Optimization. *IEEE*, 62-71.

Yeoman, I., Ingold, A., & McMahon, U. (2001). *Yield Management: Strategies for the Service Industries*. Londres: Cengage Learning.

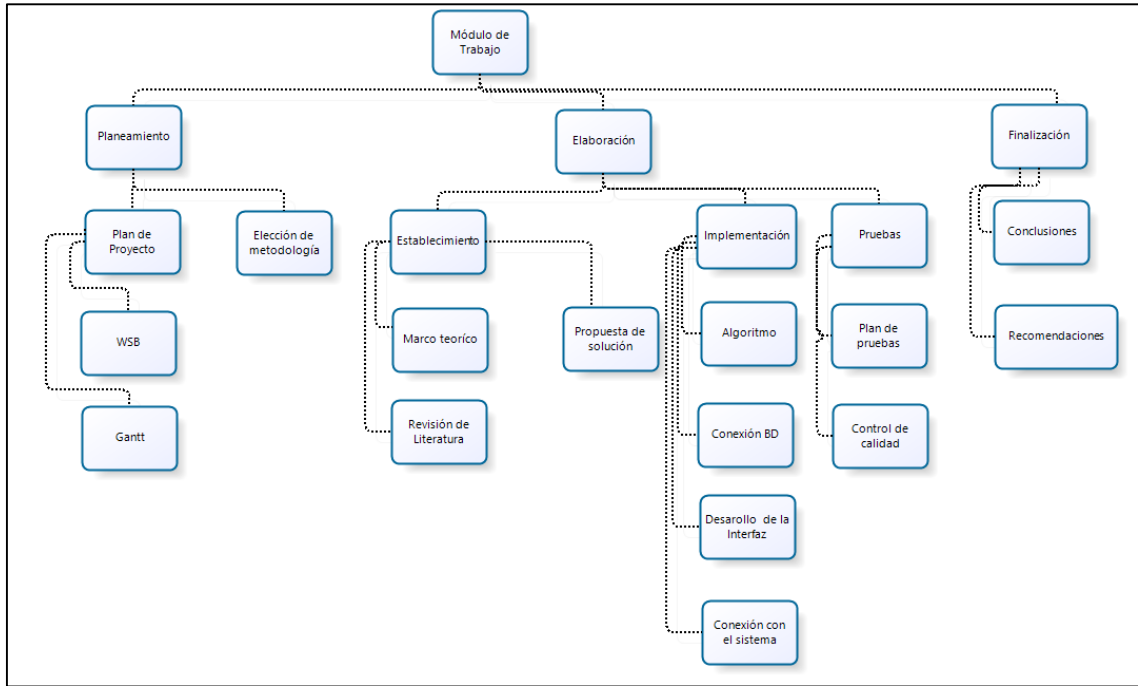




ANEXO 1: EDT Y DIAGRAMA DE GANTT

Figura 8.1

EDT



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.1

Actividades

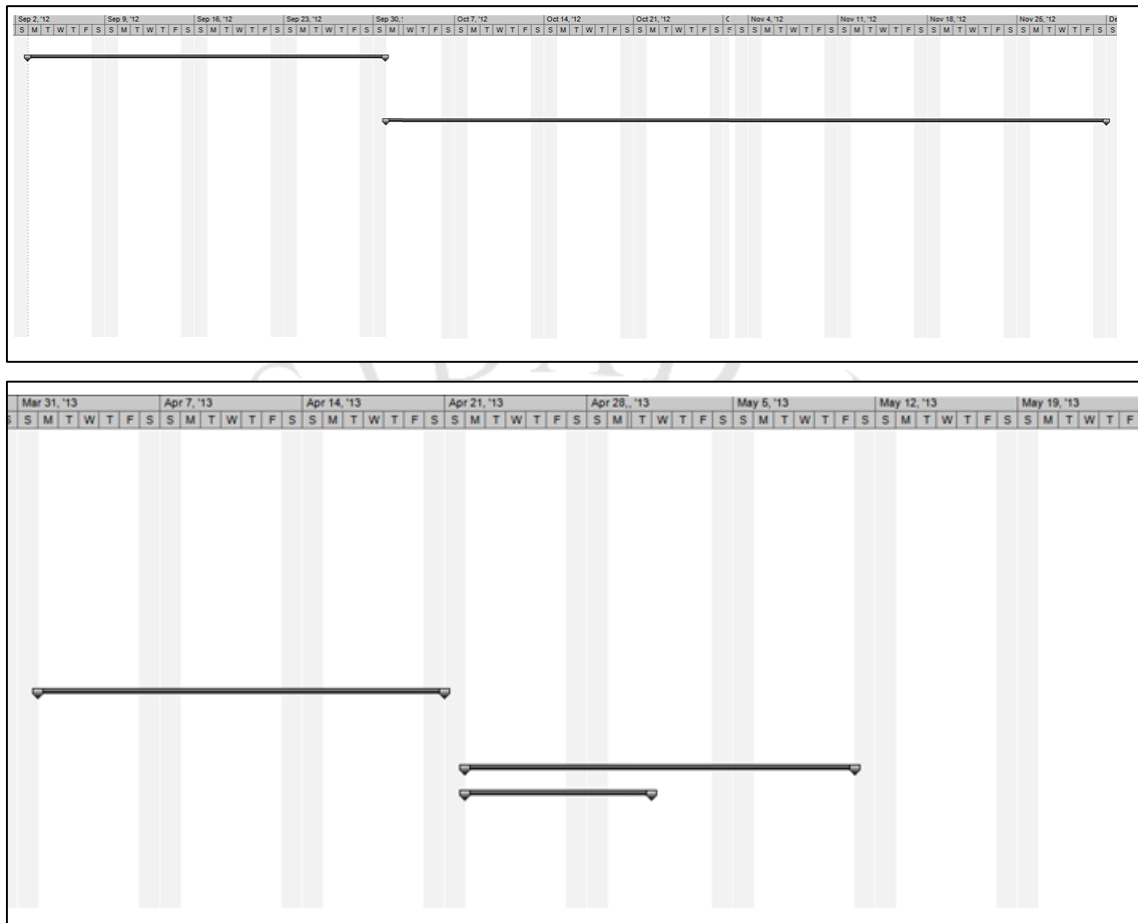
Análisis De Viabilidad Del Proyecto		21 days	Mon 9/3/12	Sun 9/30/12
	Especificación de los conceptos de operación del sistema			
	Definir alcance del proyecto			
	Análisis de viabilidad			
Planeación Del Proyecto		46 days	Mon 10/1/12	Sat 12/1/12
	Planeamiento del problema			
	Revisión de literatura			
	Marco Teórico			
	Propuesta de solución			

Análisis De Requerimientos Del Sistema		16 days	Mon 4/1/13	Sat 4/20/13
	Establecer los requerimientos del sistema			
	Evaluar los requerimientos del sistema			
Diseño De Arquitectura Del Sistema		15 days	Mon 4/22/13	Fri 5/10/13
	Análisis de requerimiento del sistema	7 days	Mon 4/22/13	Tue 4/30/13
	Diagramas de caso de uso			
	Establecer y evaluar los requerimientos del software			
	Diagrama de despliegue			
	Diagrama de componentes			
	Modelo de base de datos			
	Tecnología requerida			
	Diseño de la interfaz gráfica	8 days	Wed 5/1/13	Fri 5/10/13
	Principios básicos			
	Diseño en general			
	Diseño de pantallas			
Construcción		21 days	Mon 5/20/13	Sat 6/15/13
	Tecnología usada			
	Algoritmo de propuesta requerido			
Pruebas		10 days	Mon 6/17/13	Fri 6/28/13
	Pruebas de aceptación			
	Casos de pruebas			
	Pruebas de calidad			
Observaciones Y Conclusiones		5 days	Mon 7/1/13	Fri 7/5/13
	Observaciones			
	Conclusiones			

Fuente: Elaboración propia

Figura 8.2

Diagrama de gantt



Fuente: Elaboración propia

SCIENTIA ET PRAXIS

ANEXO 2: CUADRO DE PREGUNTAS

Tabla 8.2

Cuadro de preguntas

CUADRO DE PREGUNTAS	
PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿De cuantos buses esta compuesta su flota?	Esta compuesta de 31 buses de 2 pisos de marca mercedes benz
¿De cuantos choferes esta compuesta su tripulación?	Contamos con 62 choferes en planilla
¿Quienes realizan el proceso de programación de viajes?	Lo realizamos nosotros (área de administración), pero yo soy el responsable principal
¿Cuales son sus rutas de viaje?	Atendemos las rutas entre : Lima, Junín, Ayacucho y Huancavelica
¿Como realizan el proceso de planificación de viajes?	Manualmente, y este se pasa a las distintas sucursales por foto. Explicación.
¿Cuál es la frecuencia en la que se realiza?	Se realiza semanalmente
¿Qué problemas son los que presentan generalmente?	A veces en el transcurso de la semana cambian los planes y eso nos afecta
¿Cuantos choferes se les asigna a cada viaje?	2 choferes por ley.
¿Hasta cuantos viajes puede realizar un bus al día?	1 solo viaje debido a que luego pasan un proceso largo de mantenimiento.
¿Cuantos asistentes tiene cada bus?	40 en el segundo piso y 10 en el primer piso.
¿Generalmente cuantos pasajes se venden con respecto al número de asientos?	Generalmente se venden todos los pasajes.

Fuente: Elaboración propia



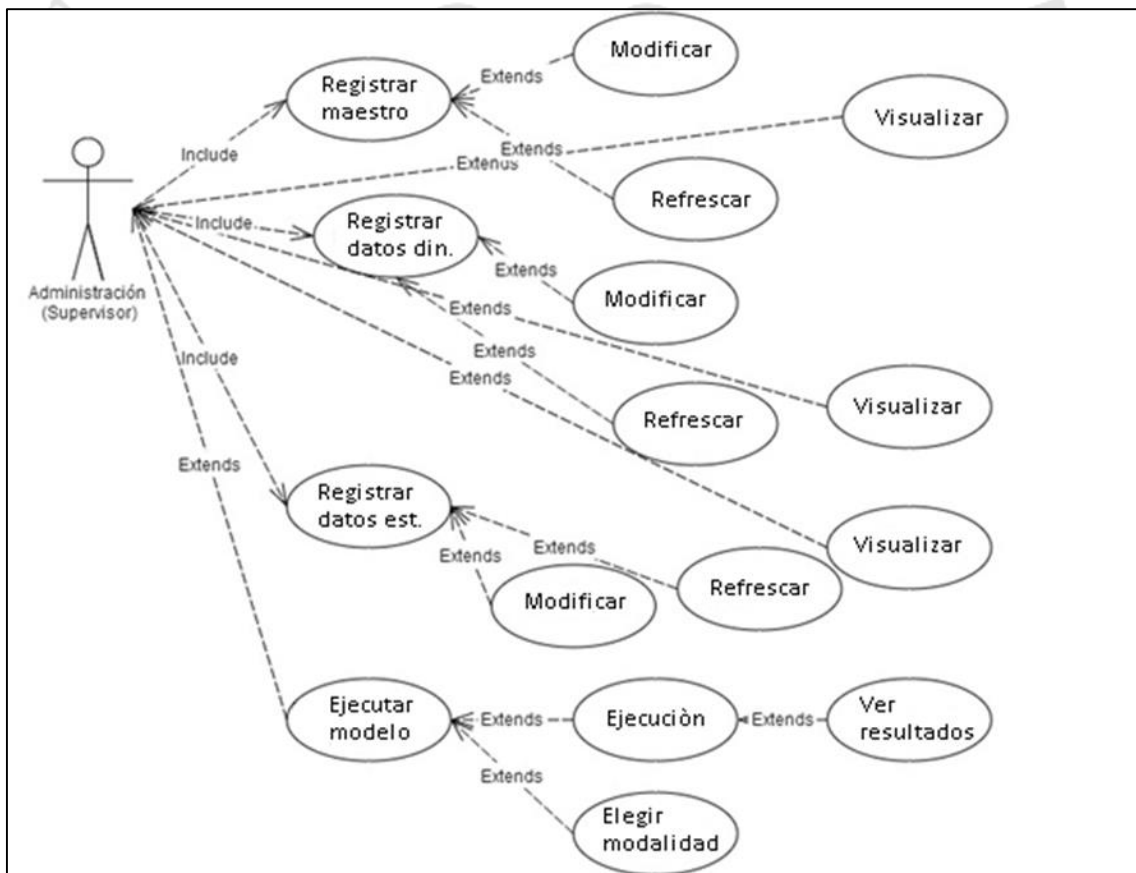
ANEXO 3: DIAGRAMAS

a) Casos De Uso de Sistema

El usuario necesitará realizar el registro de los datos maestros disponibles, datos estáticos y datos dinámicos. Si bien los datos dinámicos y estáticos pueden cambiar, el sistema está apto para heredar esta información, sin embargo se pueden modificar para la programación. Por último para la ejecución del modelo se debe elegir una modalidad de trabajo para ver los resultados.

Figura 8.3

Diagrama de caso de uso de sistema



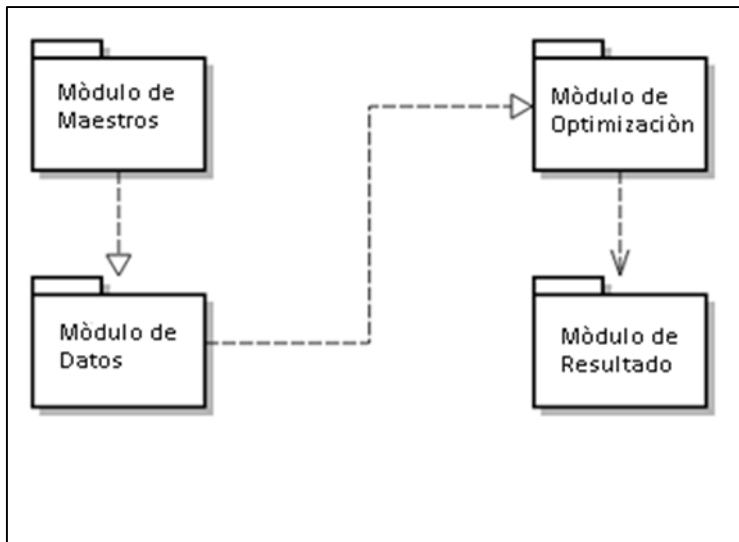
Fuente: Elaboración propia

b) Diagrama de Paquetes

Los módulos conversarán de la siguiente forma, primer el módulo de maestros enviará los datos necesarios al módulo de Datos, en caso se desea acceder al módulo de optimización, podrá comunicarse también con el módulo de resultados.

Figura 8.4

Diagrama de caso de paquetes



Fuente: Elaboración propia

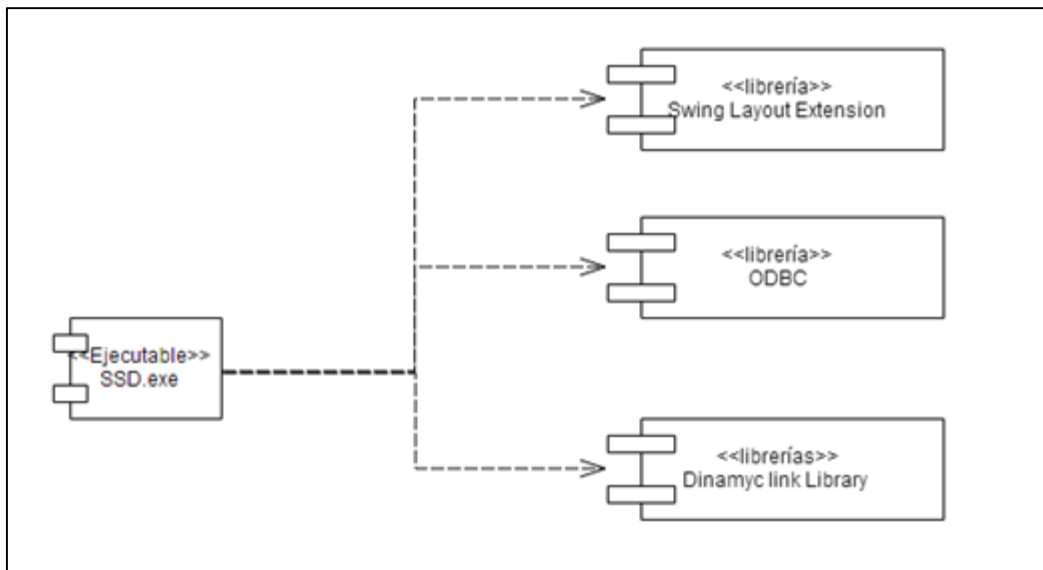
c) Diagrama de Componentes:

Estos diagramas muestran el estado físico del sistema y sus respectivas interrelaciones. Los componentes son los elementos de software en la construcción de la solución informática, son representadas como paquetes o archivos.

Las relaciones son básicas en un diagrama de componentes por que muestran como los componentes se comunican. Para este caso podremos representar cada módulo como un componente.

Figura 8.5

Diagrama de componentes



Fuente: Elaboración propia



ANEXO 4: MODELO MOPROSOFT

Tabla 8.3

Administración de proyectos específicos

Item	Rol	Nombre / Abreviatura	Descripción / Capacitación	Fuente / Destino	No aplicable	0	1	2	3	Relato de evidencia (hechos) encontrado(s) + Referencia
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS ESPECÍFICOS										
Entradas										
1		Documentación de Procesos	Desarrollo De Una sala de concilio la oreja humana	+ Gestión de Procesos			X			Se documentaron todos los procesos realizados en el proyecto, sin embargo no se contaba con un plan estable.
2			Descripción del Producto						X	Existe descripción de la solución.
3			Alcance						X	Capítulo 1 del proyecto de tesis.
4			Objetivos						X	Capítulo 2 del proyecto de tesis.
5			Entregables						X	Se le presento entrabes de avance al profesor del curso.
6		Responsable de Administración del Proceso Específico.		+ Gestión de Proyectos				X		El responsable de la administración del proyecto fue el alumno
7		Configuración de Software		+ Desarrollo y Mantenimiento de Software			X			Se presentian solo los planes de desarrollo.
Salidas										
8			Cebos y Actividades						X	
9			Temas Estimado						X	
10			Plan de Adquisiciones y Capacitación				X			
11		Plan del Proyecto		+ Gestión de Proyectos				X		Capitulo 5 del proyecto de tesis.
12			Equipo de Trabajo						X	
13			Calendario						X	
14			Plan de Manejo de Riesgos				X			
15			Protocolo de Entrega						X	
16		Documentación de Aceptación	Documento que establece la aceptación del Cliente de los entregables establecidos en el proyecto	+ Gestión de Proyectos			X			No se tiene un documento oficial de la aceptación del proyecto de parte del cliente.
17		Plan de Adquisiciones y Capacitación	Contiene la relación de recursos humanos, capacitación, materiales, equipos y herramientas necesarios para la ejecución de proyecto	Gestión de Recursos				X		Se presenta la relación de recursos humanos, materiales, equipos y herramientas para la ejecución del proyecto.
18		Plan de Desarrollo	Descripción del Producto y Entregables	+ Desarrollo y Mantenimiento de Software					X	Capitulo 5 del proyecto de tesis.
19			Equipo de Trabajo						X	
			Calendario						X	
					2.10526316	DESCRIPCIÓN FINAL				
RESULTADOS POR PROMEDIO										
SE CUMPLE AMPLIAMENTE										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.4

Desarrollo y mantenimiento de software

Item	Rol	Nombre / Abreviatura	Descripción / Capacitación	Fuente / Destino	No aplicable	No cumple	Cumple parcialmente	Cumple ampliamente	Cumple completamente	Relato de evidencia (hecho(s) encontrado(s)) + Referencia	
						0	1	2	3		
ADMINISTRACION DE PROYECTOS ESPECIFICOS											
Entradas											
1		Plan de desarrollo	Descripción del Producto	Administración de Proyectos Específicos					X	Capítulo 1 del proyecto de tesis.	
2			Entregables							X	Se presento entregables al profesor del curso
3			Equipo de Trabajo							X	Integrado por el alumno.
4			Calendario							X	Capítulo 5 del proyecto de tesis.
Salidas											
5		Especificación de Requerimientos	Introducción:	Administración de Proyectos Específicos		X				No se cuenta con una introducción.	
6			Funcionales							X	Capítulo 5 del proyecto de tesis.
7			Interfaz con usuario							X	
8			Confiabilidad							X	Si es confiable la información.
9			Eficiencia						X		Cumple ampliamente las especificaciones.
10			Mantenimiento				X				No se menciona
11			Portabilidad							X	Es portable
12			Restricciones de diseño y construcción				X				No se presenta
13		Legales y reglamentarios						X	Se tuvo en consideración todos los temas legales.		
14		Análisis y Diseño	Arquitectónica	Administración de Proyectos Específicos					X	Capítulo 5 del proyecto de tesis.	
15			Detallada								X
16		Componente	Conjunto de unidades de código relacionadas	Administración de Proyectos Específicos					X	Se presenta el código	
17		Software	Sistema de software, destinado a un cliente o usuario, con partes agrupados en stituido por campo su sistemas, posiblemente anidados.	Administración de Proyectos Específicos				X		Resultado del análisis anterior	
18		Configuración de Software	Especificación de Requerimientos	Administración de Proyectos Específicos					X	Capítulo 5 del proyecto de tesis.	
19			Análisis y Diseño								X
20			Software								X
21			Manual de Usuario				X				
22		Manual de Operación			X						
23		Manual de Usuario	Documento electrónico o impreso que describe la forma de uso del software con base a la interfaz del usuario. Éste deberá ser redactado en términos comprensibles a los usuarios.	Administración de Proyectos Específicos		X				No se presenta	
24		Manual de Operación	Documento electrónico o impreso que contenga la información indispensable para la instalación y administración del software, así como el ambiente de operación (sistema operativo, base de datos, servidores, etc.). Éste deberá ser redactado en términos comprensibles al personal responsable de la operación	Administración de Proyectos Específicos		X					
RESULTADOS POR PROMEDIO					2.04166667	DESCRIPCIO			SE CUMPLE AMPLIAMENTE		

Fuente: Elaboración propia