

Modelo matemático basado en algoritmos genéticos para optimizar las utilidades en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros

Mathematical model based on genetic algorithms to optimize profits in an underground passenger transport company

Jorge Luis Mantilla Flores* 

Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Av. Universitaria s/n – Ciudad Universitaria, Huaraz, Perú.

* Autor correspondiente: jorgemf2729@hotmail.com (J. Mantilla)

DOI: [10.17268/rev.cyt.2023.02.01](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2023.02.01)

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal objetivo mejorar las utilidades en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, habiendo diseñado para ello un modelo de programación matemática y un modelo de algoritmos genéticos con la intención de obtener soluciones para alcanzar niveles óptimos de las utilidades de la empresa. El tipo de investigación fue aplicada, la técnica que se aplicó fue la encuesta y la muestra estuvo conformada por todas las variables de ingresos, costos y utilidades de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros del territorio peruano. Los resultados comprobaron que la implementación de un modelo matemático basado en algoritmos genéticos contribuye significativamente en la optimización de las utilidades, visto que se logró incrementar la utilidad asociada al bus económico, al bus cama, al bus mixto y al bus super cama, lográndose tasa de ocupación óptimas de 58,33%, 85,00%, 58,33% y 95,00%, respectivamente. El modelo implementado se sustentó en un tamaño de cromosoma de longitud de 19 bits, el tamaño de la población fue de 10 cromosomas, el método de selección es probabilístico con 4 cromosomas, cruzamiento con cuatro cromosomas, tipo de cruzamiento multipunto y proceso de mutación a partir de la segunda iteración de tipo probabilístico.

Palabras clave: algoritmo genético; cromosoma; utilidad; empresas de transporte.

ABSTRACT

The main objective of this research was to improve profits in an interprovincial passenger transport company, having designed a mathematical programming model and a genetic algorithm model with the purpose of reaching solutions for a future optimization of the company's profits. The type of research was applied, the technique that was applied was the survey and the sample was made up of all the variables of income, costs and profits of an interprovincial passenger transport company in the Peruvian territory. The results confirmed that the implementation of a mathematical model based on genetic algorithms contributes significantly to the optimization of profits, since the profit associated with the economic bus was improved, to the sleeper bus, to the mixed bus and to the super sleeper bus, achieving an optimal occupancy rate of 58.33%, 85.00%, 58.33% and 95.00%, respectively. The implemented model was based on a chromosome size of 19 bits, the population size was 10 chromosomes, the selection method is probabilistic with 4 chromosomes, crossing with four chromosomes, type of multipoint crossing and mutation process a from the second iteration of probabilistic type.

Keywords: genetic algorithm; chromosome; utility; transport companies.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel general, las organizaciones realizan grandes esfuerzos en generar utilidades, ya que de lo contrario podrían presentar problemas económicos respecto a la cobertura de las necesidades empresariales y de los trabajadores por tratar de cubrir los requerimientos familiares. Desde una perspectiva social, esta situación



también tiene repercusiones importantes al incrementar los niveles de escasez de los productos o servicios y estimular el incremento de precios; mientras que en el plano laboral se produce una reducción de los puestos de trabajo (Salvatierra y Salvatierra, 2018).

En el caso específico de las organizaciones que se dedican a las actividades relacionadas con el transporte, el problema de la rentabilidad pasa por estimar los costos de transporte y la cantidad de ingresos óptimos para cada uno de los vehículos que prestan estos servicios (Uzcátegui, Pozo, Espinoza y Beltrán, 2018) y, aunado a esto, se debe tomar en cuenta la satisfacción de los requerimientos de los usuarios en lo relativo a la demanda de pasajeros y entrega de productos (Zapata et al., 2020).

A efecto de la optimización de los recursos, son diversos los estudios que han investigado las metodologías, técnicas de solución basados en programación lineal y no lineal, algoritmos evolutivos, colonia de hormigas, etc. y que presentan propuestas de modelos de software informáticos sustentados en algoritmos genéticos para proceder a optimizar las utilidades o rendimientos de empresas de transportes (Herrera, 2015). Al respecto, Salvatierra y Salvatierra (2018) coinciden en señalar que la aplicación de algoritmos genéticos para encontrar soluciones óptimas a este problema también ha sido investigada, y se han empleado de manera exitosa en investigaciones de optimización de programación lineal y no lineal, programación entera, entre otras.

Aunado a estas últimas consideraciones, los algoritmos genéticos no solo sirven para optimizar redes de transporte, sino que incluso van a permitir simular fallas aleatorias y ataques dirigidos a las propias redes de transporte que han sido diseñadas y realizar iteraciones para minimizar los efectos de estos imprevistos (Gen et al., 2018; Xiao, 2012).

En el caso particular del Perú, de acuerdo con la información suministrada por la Superintendencia de Transporte Terrestre (SUTRAN), el sector transporte para el año 2017 aportó un 2,25% al Producto Bruto Interno - PBI (SUTRAN, 2018). Este aporte económico al PBI nacional fue insignificante comparado con el aporte que realizaron las empresas similares en Chile, Argentina y Colombia (INEI, 2018).

En lo referente a las particularidades que se presentan en la ciudad de Huaraz en el Perú, existen en promedio doce empresas de transporte interprovincial de pasajeros que transportan pasajeros a distintas provincias del país y ninguna de ellas dispone de un sistema de automatización de la optimización de sus costos, tampoco de sus utilidades, por lo que dichos desembolsos en los que incurren lo realizan de manera informal, sin tener en cuenta que existen herramientas tecnológicas que ayudan a minimizar los costos y maximizar las utilidades.

En este sentido, las utilidades o diferencia entre la sumatoria de ingresos y egresos (Tarquin y Blank, 2012), de las empresas de transporte interprovincial de pasajeros no han sido suficientes, afectando las economías institucionales respecto a las inversiones futuras, adquisición de nuevos buses, apertura de nuevos destinos, programación de los buses, cancelación de sueldos a los trabajadores, entre otros inconvenientes, lo cual, en ciertos casos, ha conducido a que más de un trabajador disminuya su rendimiento y otros tengan que abandonar la empresa en busca de mejores condiciones salariales. Todo ello en un contexto de incremento de la población usuaria que requiere el servicio de transporte.

Dada esta realidad problemática y con la finalidad de maximizar las utilidades de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, el presente estudio tuvo como objetivo proponer un modelo matemático de maximización de utilidades basado en la aplicación de algoritmos genéticos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Objeto de estudio

El estudio tuvo el objetivo de optimizar la utilidad que obtiene el transportista interestatal de pasajeros. Asimismo, se consideró que fue una investigación de tipo aplicada, en tanto se propuso un modelo matemático y un modelo de algoritmo genético, asimismo se propuso un prototipo, es decir, estructura computacional (pantallas), de cómo sería los reportes de datos del futuro sistema de optimización.

En cuanto al diseño fue experimental, puesto que se propuso un modelo matemático basado en algoritmos genéticos, por las veces de captación de datos fue transversal o transeccional, porque, se tomó datos una sola vez durante todo el tiempo que duró la investigación.

2.2 Instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada en el presente estudio para la recolección de información fue la encuesta, con la cual se tuvo la intención de estimar que el modelo matemático basado en los algoritmos genéticos contribuyó a la optimización de las utilidades de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros.

Por otra parte, la muestra del estudio estuvo conformada por todas las variables de ingresos, costos y utilidades de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros del Perú, durante el período comprendido entre julio del 2019 hasta agosto del 2020.

2.3 Métodos y técnicas

La estrategia aplicada para el desarrollo de la investigación consistió en cuatro fases, las cuales se describen de la siguiente forma:

Fase 1: Diagnóstico situacional de las utilidades de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, el cual consistió en aplicar la técnica de recolección de datos de los costos de mantenimiento, para ello se utilizó como instrumento la ficha de recopilación de costos de mantenimiento de buses.

Para el diagnóstico de los ingresos se aplicó la técnica de toma de datos de los ingresos por cada bus, como instrumento se aplicó la ficha de recopilación de ingresos por bus. Estos datos fueron procesados en Microsoft Excel para obtener el cálculo de las utilidades (Sánchez et al., 2018). Además, se aplicó el programa SPSS V.28 para el desarrollo de la prueba de ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre las partidas de costos e ingresos por cada tipo de bus, así se planteó lo siguiente:

H_0 = No existen diferencias significativas en la partida analizada según tipo de bus.

H_a = Existen diferencias significativas en la partida analizada según tipo de bus.

Nivel de significancia = 5% (0,05).

Regla de decisión = Se acepta H_0 si el p-valor obtenido de la prueba supera al nivel de significancia fijado ($p > 0,05$); en caso contrario, se acepta H_a , así se acepta que existen diferencias significativas en la partida analizada según tipo de bus.

Fase 2: Determinación de las variables de estudio: el cual consistió en el estudio analítico de las variables constituyentes, las dimensiones e indicadores, la escala de medición. Para ello se utilizaron técnicas de observación; como instrumento se empleó los registros de ingresos y egresos de una empresa de transporte interprovincial de pasajeros.

Elaboración del modelo matemático:

Con las variables identificadas en la fase 1, se procedió a crear el diccionario de variables, aplicando la técnica e instrumento usados en esta misma fase.

Luego se procedió a modelar la programación matemática para cada origen y destino, teniendo en cuenta los buses y capacidades.

Se aplicó la técnica de captación de datos de costos e ingresos Reyna, Echeverría y Borja, 2019), y como instrumento se empleó la ficha de recopilación de costos de mantenimiento de buses y la ficha de recopilación de ingresos por bus, ambas desarrolladas en la fase 2.

Se elaboró la función objetivo y restricciones del modelo aplicando las mismas técnicas e instrumentos para esta fase.

Fase 3: Elaboración del modelo de algoritmo genético, en el cual se procedió a establecer la cantidad de cromosomas, el tamaño de alelos del cromosoma, el método de cruzamiento, el método de selección de la nueva población, el cálculo del nuevo fitness, el método de mutación, la determinación del nuevo cromosoma en función de la mutación, la condición de parada del modelo de algoritmo genético.

Las técnicas e instrumentos aplicados para ésta fueron las fórmulas matemáticas del modelo de programación matemática y las fórmulas del modelo de algoritmos genéticos.

Fase 4: Elaboración del prototipo de la interfaz del futuro software de algoritmo genético, el prototipo fue desarrollado en el lenguaje de programación Visual Basic.Net, el cual es parte del sistema Visual Studio de la empresa Microsoft, que consistió en aplicar el programa SPSS V.28 para el desarrollo de la prueba de t-Student para determinar si el valor promedio de los niveles de utilidad que se han simulado es mayor a la utilidad obtenida por la empresa, así se planteó lo siguiente:

H_0 = La media de la utilidad simulada del tipo de bus no es mayor a la utilidad actual registrada en la empresa.

H_a = La media de la utilidad simulada del tipo de bus es mayor a la utilidad actual registrada en la empresa.

Nivel de significancia = 5% (0,05). Regla de decisión = Se acepta H_0 si el p-valor obtenido de la prueba supera

al nivel de significancia fijado ($p > 0,05$); en caso contrario, se acepta H_0 , así se acepta que la media de la utilidad simulada del tipo de bus es mayor a la utilidad actual registrada en la empresa.

Luego, para precisar que la propuesta ha sido rentable, se ha determinado la rentabilidad sobre la inversión (ROI), considerando las adecuaciones propuestas (Baca, 2013).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se muestra la evidencia empírica encontrada que permitió establecer el cumplimiento de cada objetivo (tanto específicos, como general); así como, comprobar la hipótesis planteada inicialmente. Para el desarrollo de cada sección, se hace uso de la estadística descriptiva e inferencial con la finalidad de obtener el resultado deseado.

Objetivo específico 1: Estimar los costos, ingresos, utilidades y rentabilidad por cada tipo de bus en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros

Para el desarrollo de este objetivo, se ha procedió a obtener los valores de las partidas de costos e ingresos directamente de la empresa bajo estudio en una sola ruta, para luego determinar las utilidades y rentabilidad. En este caso, se ha optado por una sola ruta, siguiendo lo expresado por Norianda et al. (2019) y Montero (2021), visto que el modelo puede ser replicado a las otras rutas, considerando en todos los casos, la independencia entre ellas. En cuanto a los costos, se encontró que los costos operativos del bus (costo de chofer, copiloto y terramoza) es el que mayor incide en la estructura de egresos, llegándose a ubicar en el 40,00% de los costos del tipo de bus económico y del bus cama; así como, el 39,00% de los egresos del bus mixto y el 38,00% del bus super cama. En contraposición, el costo por mantenimiento es el que menos incide en la estructura de costo, ubicándose en el 3,00% de los costos totales para el bus mixto y el 3,00% para el bus super cama. En este caso, no se incluyen el costo de depreciación de los activos fijos, visto que los mismos no reflejan una salida de efectivo (Sapag y Sapag, 2014) y la medición que se realizará de los costos se efectúa desde el punto de vista económico y no contable (Baca, 2013).

En la tabla 1, se presenta los resultados de la prueba de ANOVA, en el cual se observa que ninguna de las partidas que componen el costo presentan diferencias significativas por tipo de transporte, observándose entonces que la estructura de costo se mantiene estadísticamente igual para cada uno de esos tipos, con una confianza del 95,00% ($p > 0,05$). De esta manera, no hay variabilidad de las partidas de costos por tipo de buses, considerándose como un factor constante dentro del modelo matemático a plantear.

Tabla 1. Prueba de ANOVA para la estructura de costos por tipo de buses.

Partida	F	Sig.
Costo de combustible (72,00 km por galón)	0,254	0,857
Costo de lubricante	0,043	0,988
Costo de neumáticos	0,190	0,901
Costo operativo de bus	0,007	0,999
Costo de mantenimiento	0,001	0,999
Costos administrativos	0,008	0,999

Fuente: SPSS (V. 28.0).

El ingreso promedio del bus, con un factor de ocupación de 90,00%, los datos indican que los ingresos semanales fueron variables y que el promedio de ingreso mensual para el bus económico fue de 74.550,00 soles, para el bus cama fue 74.250,00 soles, para el bus mixto fue 129.300,00 soles, y para el bus super cama fue 128.400,00 soles. En la tabla 2, se muestra la prueba ANOVA para las cantidades demandadas de pasajeros por tipo de bus ($p < 0,05$), encontrando que existen diferencias significativas entre ellas y demostrando el poco control que tiene la empresa sobre la determinación de ingresos en función de lograr una distribución adecuada de pasajeros.

Tabla 2. Prueba de ANOVA para la demanda de pasajeros por tipo de buses

Partida	F	Sig.
Demanda de pasajeros	4,175	0,031

Fuente: SPSS (V. 28.0).

Las utilidades fueron consecuencia de la administración de las dos variables anteriores, al respecto, los datos indican que, las utilidades semanales fueron variables y que el promedio de las utilidades mensuales para el bus económico fue de 30.688,20 soles, para el bus cama fue 28.862,67 soles, para el bus mixto fue 85.138,52 soles, y para el bus super cama fue 84.238,52 soles.

Objetivo específico 2: Formular un modelo de algoritmo genético y modelo matemático que contribuya en las utilidades por cada tipo de servicio de pasajeros en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros.

El modelo que se desarrolló basado en el problema de la empresa en la aplicación de estrategias que permitan maximizar su utilidad. Dicho modelo se sustenta en el algoritmo genético o modelo generacional, el cual permite obtener el valor máximo de una función que, visto que no se conoce su comportamiento, no es derivable o que posiblemente tenga muchos puntos máximos. De esta manera, en el anexo 1 se presenta el modelo general propuesto.

En resumen, se plantearon los siguientes modelos matemáticos:

Modelo matemático de utilidad de bus económico:

$$MAX UTBTE = \sum_{i=1}^i PPBTEi * NPBTEi + \sum_{i=1}^i IGEBTEi - (\sum_{i=1}^i CCBTEi + \sum_{i=1}^i CLBTEi + \sum_{i=1}^i CNBTEi + \sum_{i=1}^i COBTEi + \sum_{i=1}^i CMBTEi + \sum_{i=1}^i CADBTEi) \quad (1)$$

Modelo matemático de utilidad de bus cama:

$$MAX UTBTBC = \sum_{j=1}^j PPBTBCj * NPBTBCj + \sum_{j=1}^j IGEBTBCj - (\sum_{j=1}^j CCBTBCj + \sum_{j=1}^j CLBTBCj + \sum_{j=1}^j CNBTBCj + \sum_{j=1}^j COBTBCj + \sum_{j=1}^j CMBTBCj + \sum_{j=1}^j CADBTBCj) \quad (2)$$

Modelo matemático de utilidad de bus mixto:

$$MAX UTBTM = \sum_{k=1}^k PPBTMk * NPBTMk + \sum_{k=1}^k IGEBTMk - (\sum_{k=1}^k CCBTMk + \sum_{k=1}^k CLBTMk + \sum_{k=1}^k CNBTMk + \sum_{k=1}^k COBTMk + \sum_{k=1}^k CMBTMk + \sum_{k=1}^k CADBTMk) \quad (3)$$

Modelo matemático de utilidad de bus super cama:

$$MAX UTBTBSC = \sum_{q=1}^q PPBTSCq * NPBTSCq + \sum_{q=1}^q IGEBTSCq - (\sum_{q=1}^q CCBTSCq + \sum_{q=1}^q CLBTSCq + \sum_{q=1}^q CNBTSCq + \sum_{q=1}^q COBTSCq + \sum_{q=1}^q CMBTSCq + \sum_{q=1}^q CADBTSCq) \quad (4)$$

Objetivo específico 3: Elaborar prototipo de simulación de resultados aplicando VISUAL BASIC.NET para que contribuya con un modelo de programación matemática.

Para determinar las cantidades óptimas al mes, se parte de los supuestos obtenidos del análisis de costos, donde se destaca que los costos variables se ubican en promedio en 75,00% al mes y los costos fijos constituyen solamente el 25,00%.

Obtención de la cantidad de pasajeros óptima para el bus económico:

Partiendo de la ecuación (1), conociendo que la utilidad óptima es S/. 244.647,00, que se ha considerado ingresos por giros y encomiendas de S/. 90.000,00, que el precio del pasaje es S/. 60,00 y que los costos variables representan el 44,00% de los ingresos (según la ficha de registro), se obtuvo:

$$NPTBE = 8,365$$

Este valor representa la cantidad de pasajeros atendidos al mes por los 8 buses, que involucra una cantidad de pasajeros promedio de 1.046,00 para cada uno de ellos y un total de 35,00 pasajeros en cada salida, lo cual representa una tasa de ocupación del 58,33%.

Obtención de la cantidad de pasajeros óptima para el bus cama:

Partiendo de la ecuación (2), conociendo que la utilidad óptima es S/. 355.800,00, que se ha considerado ingresos por giros y encomiendas de S/. 120.000,00, que el precio del pasaje es S/. 80,00 y que los costos variables representan el 44,00% de los ingresos (según la ficha de registro), se obtuvo que:

$$NPBTBC = 9,260$$

Este valor representa la cantidad de pasajeros atendidos al mes por los 6 buses, que involucra una cantidad de pasajeros promedio de 1.543,00 para cada uno de ellos y un total de 59,00 pasajeros en cada salida, lo cual representa una tasa de ocupación del 85,00%.

Obtención de la cantidad de pasajeros óptima para el bus mixto:

Partiendo de la ecuación (3), conociendo que la utilidad óptima es S/. 280.405,00, que se ha considerado ingresos por giros y encomiendas de S/. 90.000,00, que el precio del pasaje es S/. 65,00 y que los costos variables representan el 44,00% de los ingresos (según la ficha de registro), se obtuvo que:

$$NTBTMK = 9,052$$

Este valor representa la cantidad de pasajeros atendidos al mes por los 7 buses, que involucra una cantidad de pasajeros promedio de 1.293,00 para cada uno de ellos y un total de 43,00 pasajeros en cada salida, lo cual representa una tasa de ocupación del 58,33%.

Obtención de la cantidad de pasajeros óptima para el bus super cama:

Partiendo de la ecuación (4), conociendo que la utilidad óptima es S/. 395.200,00, que se ha considerado ingresos por giros y encomiendas de S/. 90.000,00, que el precio del pasaje es S/. 90,00 y que los costos variables representan el 44,00% de los ingresos (según la ficha de registro), se obtuvo que:

$$NPBTSC = 8,565$$

Este valor representa la cantidad de pasajeros atendidos al mes por los 5 buses, que involucra una cantidad de pasajeros promedio de 1.712,00 para cada uno de ellos y un total de 57,00 pasajeros en cada salida, lo cual representa una tasa de ocupación del 95,00%.

Objetivo general: Diseñar un modelo matemático basado en algoritmos genéticos para que contribuya en optimizar las utilidades en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros.

En esta sección se evaluó si el modelo matemático basado en algoritmos genéticos contribuye en optimizar las utilidades en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, para ello se aplica la prueba t-Student para comprobar si la media de las utilidades que arrojan el modelo supera al valor actual de la utilidad de la empresa.

Optimización de la utilidad asociada al bus económico:

Como se aprecia en la tabla 3, el promedio de las utilidades que arroja la simulación descrita en el anexo 2, es S/. 199.518,60, que es superior a la utilidad registrada en el mes bajo estudio en la empresa de S/. 30.688,20 (valor de prueba). Luego, al realizar la comprobación de que los valores obtenidos superan al valor de prueba, se encontró un valor de t-Student de 10,375 con $p < 0,001$, el cual es inferior al 5,00% (0,05) de significancia fijado, indicando entonces que el promedio de las utilidades simuladas en el modelo supera significativamente al valor registrado, con un intervalo de confianza de IC = (132.030,35 – 205.640,44).

Tabla 3. Prueba t-Student para comparar la media de las utilidades del bus económico con el valor de prueba S/. 30.688,20.

Bus económico	t	p-valor	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
	10,375	< 0,001	132.020,35	205.640,44
Valor de prueba	30.688,20			
Promedio de utilidad bus económico	199.518,60			

Fuente: SPSS (V. 28.0).

Optimización de la utilidad asociada al bus cama:

Como se aprecia en la tabla 4, el promedio de las utilidades que arroja la simulación descrita en el anexo 3, es S/. 290.540,60, que es superior a la utilidad registrada en el mes bajo estudio en la empresa de S/. 28.862,67 (valor de prueba). Luego, al realizar la comprobación de que los valores obtenidos superan al valor de prueba, se encontró un valor de t-Student de 29,463 con $p < 0,001$, el cual es inferior al 5,00% (0,05) de significancia fijado, indicando entonces que el promedio de las utilidades simuladas en el modelo supera significativamente al valor registrado, con un intervalo de confianza de IC = (241.586,36 – 281.769,50).

Tabla 4. Prueba t-Student para comparar la media de las utilidades del bus cama con el valor de prueba S/. 28.862,67.

Bus cama	t	p-valor	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
	29,463	< 0,001	241.586,36	281.769,50
Valor de prueba	28.862,67			

Bus cama	t	p-valor	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
	29,463	< 0,001	241.586,36	281.769,50
Promedio de utilidad bus económico	290.540,60			

Fuente: SPSS (V. 28.0).

Optimización de la utilidad asociada al bus mixto:

Como se aprecia en la tabla 5, el promedio de las utilidades que arroja la simulación descrita en el anexo 4, es S/. 234.528,20, que es superior a la utilidad registrada en el mes bajo estudio en la empresa de S/. 85.138,52 (valor de prueba). Luego, al realizar la comprobación de que los valores obtenidos superan al valor de prueba, se encontró un valor de t-Student de 13,590 con $p < 0,001$, el cual es inferior al 5,00% (0,05) de significancia, fijado, indicando entonces que el promedio de las utilidades simuladas en el modelo supera significativamente al valor registrado, con un intervalo de confianza de IC = (124.522,49 – 174.256,67).

Tabla 5. Prueba t-Student para comparar la médea de las utilidades del bus mixto con el valor de prueba S/. 85.138,52.

Bus mixto	t	p-valor	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
	13,590	< 0,001	124.522,49	174.256,67
Valor de prueba	85.138,52			
Promedio de utilidad bus económico	234.528,20			

Fuente: SPSS (V. 28.0).

Optimización de la utilidad asociada al bus super cama:

Como se aprecia en la tabla 6, el promedio de las utilidades que arroja la simulación descrita en el anexo 5, es S/. 214.983,50, que es superior a la utilidad registrada en el mes bajo estudio en la empresa de S/. 84.238,52 (valor de prueba). Luego, al realizar la comprobación de que los valores obtenidos superan al valor de prueba, se encontró un valor de t-Student de 5,148 con $p < 0,001$, el cual es inferior al 5,00% (0,05) de significancia fijado, indicando entonces que el promedio de las utilidades simuladas en el modelo supera significativamente al valor registrado, con un intervalo de confianza de IC = (73.295,18 – 188.194,78).

Tabla 6. Prueba t-Student para comparar la media de las utilidades del bus super cama con el valor de prueba S/. 84.238,52.

Bus super cama	t	p-valor	Intervalo de confianza (95%)	
			Inferior	Superior
	5,148	< 0,001	73.295,18	188.194,78
Valor de prueba	84.238,52			
Promedio de utilidad bus económico	214.983,50			

Fuente: SPSS (V. 28.0).

Seguidamente, se determinará la rentabilidad sobre la inversión (ROI) considerando la utilidad global de la empresa por todos los buses y las nuevas inversiones que se reflejan en la tabla 7. Así, visto que la ROI se expresa de la siguiente manera:

$$ROI = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Inversiones}} = \frac{UTBTE+UTBTBC+UTBTM+UTBTSC}{\text{Inversiones}} \quad (5)$$

Tabla 7. Inversiones para la puesta en marcha de la propuesta

Descripción	Cantidad	Costo unitario en	Monto en S/.	%
Desarrollo e implementación de un software basado en el modelo matemático empleado	1	50.000	50.000	9,42%
Repotenciación de buses	26	15.000	390.000	73,44%
Equipos de comunicaciones	26	3.500	91.000	17,14%

Descripción	Cantidad	Costo unitario en	Monto en S/.	%
	Total		531.000	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, sustituyendo en la ecuación 5, se tiene:

$$ROI = \frac{244.647 + 355.800 + 280.405 + 355.800}{531.000} = \frac{1.236.652}{531.000} = 2.33$$

El ROI de 2.33 indica que, por cada sol invertido, la empresa de transporte gana S/. 2.33.

En cuanto al primer objetivo específico, los resultados del estudio comprueban que la empresa bajo estudio no había logrado optimizar su utilidad, en vista del poco control observado en la cantidad de pasajeros atendidos por cada tipo de bus, determinándose que a diferencias de los costos que no presentaron diferencias significativas por tipo bus, la demanda de pasajeros denotaba importantes diferencias ($F = 4,175$; $p < 0,05$), siendo el factor que debe ser gestionado en el modelo. De hecho, se aprecia que la rentabilidad por tipo de bus varía desde 63,59% (bus cama) hasta 190,75% (bus super cama), bajo el modelo de administración de ingresos y costos que aplica la empresa. Esta apreciación en cuanto a la incidencia de la volatilidad de la demanda en la rentabilidad también fue manifestada por Latunde et al. (2019), quienes demostraron que la gestión de ingresos es un aspecto central para la mejora de las rutas de los buses y alcanzar los niveles de rentabilidad deseados. Sin embargo, del estudio de Norienda et al. (2019) se desprende que, en otros casos, se requiere de una gestión mayormente enfocada en la minimización de los costos.

Basado en lo anterior, estudios como los de Dmitrichenko et al. (2018), denotan la importancia de lograr una óptima red de rutas, considerando la necesidad de incrementar los ingresos, manteniendo los niveles de costos lo más bajo posible. Una realidad similar fue la que se abordó en el presente estudio, lo cual como señalaron Samson et al. (2018), se asocia al pobre desempeño de las empresas de transporte en ser eficientes, siendo que, en este caso, más del 84,00% de las rutas exhibían un pobre rendimiento.

Amamifechukwu (2020) encontró, por su parte, que la red que presentó un recorrido más alto tiene el menor costo de operador y viceversa, por lo que los pasajeros prefieren los viajes directos que disminuyan el tiempo de recorrido, en tanto que los operadores se inclinan por los más largos que puedan incrementar el volumen de demanda y que pueden satisfacer mientras disminuyen sus costos medios de servicio en el proceso. Por ello, debe prestarse mayor atención a los ingresos que a los costos.

Vistas las debilidades presentes en la administración de ingresos y costos, se planteó en el segundo objetivo específico, un modelo de algoritmo genético y modelo matemático que contribuya en las utilidades por cada tipo de servicio de pasajeros en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, el cual se sustenta en una población de 10 cromosomas y un tamaño de cromosoma de 19 alelos o bits, lo cual alcanza para generar utilidades suficientes para 10 años de operación de los buses, en condiciones de subutilización, considerando las restricciones del modelo. Este tipo de estrategia fue implementada por Bermúdez (2018), logrando en ese caso la generación de un ahorro en combustible del 5,37% para la microempresa apícola y del 2,04% para la planta industrial de huevo al aplicar los modelos de optimización basados en algoritmos genéticos, elevando los niveles de ingreso con una mejor gestión de los recursos y de los tiempos.

Incluso este tipo de estrategias han sido empleadas en el planteamiento de soluciones de movilización en zonas de producción agrícola hasta la planta de procesamiento, lo cual fue demostrado por Arias (2017), logrando un ahorro de 14,38% en el costo por kg del producto trasladado y la creación de 144 rutas con un recorrido total de 5.838,00 km, con el modelo de programación lineal. Un enfoque interesante, en el uso de estos modelos, también lo plantearon Nurprihatin et al. (2021), al establecer la asignación eficiente de entrega desde los centros de distribución de arroz a los diferentes destinos de Indonesia, esto se relaciona con el presente estudio, visto que el modelo empleado se sustenta en una mejora asignación.

Con base al modelo presentado, en el tercer objetivo específico se elaboró un prototipo de simulación de resultados, aplicando VISUAL BASIC.NET, con el cual se logró optimizar la utilidad de cada tipo bus; observándose que para el bus económico con una capacidad de 58,33% de los 8 buses que se pueden adquirir, la utilidad máxima mensual es de S/. 244.647,00. Por su parte, con el bus cama es posible un valor óptimo de la utilidad de S/. 355.800,00, logrando una capacidad instalada de 85,00% de los 6 buses que se pueden operar;

en cambio, para el bus mixto, la utilidad óptima fue S/. 280.405,00, teniendo una tasa de ocupación del 58,33% para los 7 buses que se proponen adquirir. En el caso del bus super cama, el valor óptimo de la utilidad fue de S/. 355.800,00 con una tasa de ocupación de 95,00% para los 5 buses propuestos a invertir. De igual modo, Montero (2021) concluyó que las simulaciones realizadas sobre la base de la programación lineal entera contribuyen con el modelamiento y la resolución de los problemas de ruteo de vehículos que se generan en las aplicaciones prácticas, con lo cual Agámez (2021), sugiere que es una excelente herramienta para la toma de decisiones.

En general, el modelo basado en algoritmos genéticos permite a la empresa controlar la cantidad demandada, tratando de mantener las tasas de ocupación necesaria para asegurar su operatividad en los próximos 10 años; es así como, con base a la prueba t-Student se logró mejorar los niveles de utilidad para cada tipo de vehículo: bus económico ($t = 10,375$; $p < 0,05$), bus cama ($t = 29,463$; $p < 0,05$), bus mixto ($t = 13,590$; $p < 0,05$) y bus super cama ($t = 5,148$; $p < 0,05$). Un resultado que también fue obtenido por Ballesteros (2019), al lograr maximizar la utilidad de empresas de transporte y explica cómo la implementación del algoritmo genético se convierte en un factor fundamental en la solución del problema de ruteo de vehículos con entregas.

También, Wang y Ma (2020) encontraron que modelos con similares características como el algoritmo NSGA-II, permitió encontrar el óptimo en la resolución problema de ruteo de autobuses, reduciendo el costo y mejorando los tiempos de viaje. Al respecto, Villamarín et al. (2019) también lograron aplicar un modelo matemático de transporte usando programación lineal que redujo los costos menores en una empresa comercializadora de combustibles en el Ecuador, incluso bajando de \$ 231.091,00 a \$ 206.354,00.

De manera similar, Jiménez (2022) encontró mejoras en la gestión de ruta del transporte de acopio de leche, logrando porcentaje de utilización de 82,4% y garantizando mayores beneficios; se observa que estos porcentajes de utilización permiten una mejor gestión del transporte de rutas en la empresa, lo cual también fue alcanzado en el presente estudio. En atención a ello, un aspecto que debe considerarse es que, si bien es ampliamente difundida la utilidad de estos modelos, debe considerarse el error relativo de cada modelo; en este caso, se ha considerado una tolerancia de 99,00%, pero en modelos como el implementado por Zhang et al. (2022), se ha tenido que conformarse con un rango aceptable del 15,00%.

4. CONCLUSIONES

Se comprobó la hipótesis general, en cuanto a que la implementación de un modelo matemático basado en algoritmos genéticos contribuye significativamente en la optimización de las utilidades en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, visto que se logró incrementar la utilidad asociada al bus económico ($t = 10,375$; $p < 0,01$), al bus cama ($t = 29,463$; $p < 0,01$), al bus mixto ($t = 13,590$; $p < 0,01$) y al bus super cama ($t = 5,148$; $p < 0,01$). En este sentido, se comprobó que, para todos los tipos de buses, el valor promedio de la utilidad obtenida de la simulación supera al valor registrado por la empresa, en el mes bajo análisis.

En cuanto a la primera hipótesis específica, se comprobó que la estimación de los ingresos, utilidades y rentabilidad presenta diferencias significativas por cada tipo de bus presenta en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros, esto obedece a que la demanda de pasajeros varía notablemente entre tipo de buses ($F = 4,175$; $p < 0,05$), generando una alta variabilidad en los ingresos por pasajeros que incide en que la rentabilidad de los tipos de buses sea significativamente distinta. En el caso de la estructura de costos, se apreció que las partidas que la componen no experimentaron variaciones significativas entre los tipos de buses, reflejando que es posible establecer un control sobre ellas, al momento de desarrollar el modelo.

En cuanto a la tercera hipótesis específica, se determinó un tamaño de cromosoma de longitud de 19 bits, el tamaño de la población fue de 10 cromosomas, el método de selección es probabilístico con 4 cromosomas, cruzamiento con cuatro cromosomas, tipo de cruzamiento multipunto y proceso de mutación a partir de la segunda iteración de tipo probabilístico, lo cual contribuye significativamente en las utilidades por cada tipo de servicio de pasajeros en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros.

Con relación a la tercera hipótesis específica, el modelo del prototipo de simulación de resultados se realizó aplicando Visual Basic .Net, para ello se tomaron todas las variables de ingresos, costos y restricciones del modelo de programación matemática y estas variables dieron origen a las interfaces para cada uno de los tipos de buses, encontrándose para cada bus una tasa de ocupación óptima, siendo para el bus económico de 58,33%

con una utilidad de S/. 244.647,00, para el bus cama de 85,00% con una utilidad de S/. 355.800,00, para el bus mixto de 58,33% con una utilidad de S/. 234.528,22 y para el bus super cama de 95,00% con una utilidad de S/. 355.800.

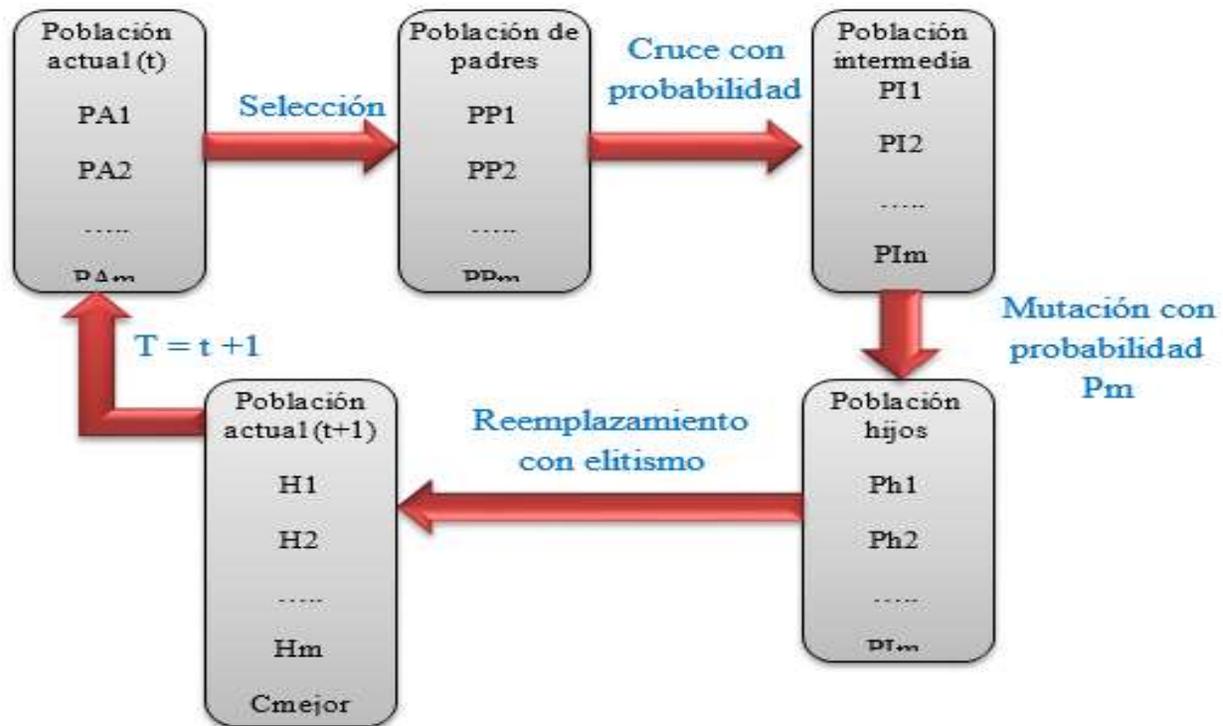
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agámez, A. (2021). Modelos de optimización para el diseño estratégico-táctico de una red de transporte intermodal. Tesis Doctoral, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España.
- Amamifechukwu, O. (2020). Simulation-based optimisation of public transport networks. Tesis Doctoral, University of Cape Town, Suráfrica.
- Arias, F. (2017). Aplicación de la Teoría de Grafos en el diseño de rutas de transporte desde las zonas de producción agrícola hasta la planta de procesamiento. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, San Miguel.
- Baca, G. (2013). Evaluación de proyectos. 7ma ed. México: Mc Graw-Hill.
- Ballesteros, P. (2019). Aplicación De Técnicas metaheurísticas para La Solución Del Problema De Ruteo De Vehículos Con Entregas Y Recogidas Simultáneas. Tesis doctoral, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Bermúdez, A. y Quecano, M. (2012). Modelación matemática de la gestión logística del transporte de residuos orgánicos en la empresa control ambiental de Colombia LTDA. Tesis de grado, Universidad Libre, Colombia.
- Dmitrichenko, N., Khrutba, V., Spasichenko, O., y Khrutba, Y. (2018). Ecological and Economic Principles to Improve the Route Network of Urban Transport. *Urban Economics and Management*, 6(1), 131-144.
- Gen, M., Lin, L., Yun, Y., e Inoue, H. (2018). Recent Advances in Hybrid Priority-based Genetic Algorithms for Logistics and SCM Network Design. *Computers y Industrial Engineering*, 1-29.
- Herrera, I. (2015). Diseño y evaluación de un algoritmo genético para ruteo vehicular que permita optimizar la distribución en una empresa comercializadora de autopartes en Quito. Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador, Ecuador.
- INEI. (2018). Estadística de transporte 2017. Lima. Perú.
- Jiménez, M. (2022). Algoritmo de Clarke and Wright para mejorar la gestión de ruta del transporte de acopio de leche en Cañete, 2020. Tesis de Maestría, Universidad Cesar Vallejos, Lima, Perú.
- Latunde, T., Oluwaseun, J., Odunayo, O., y Deborah, D. (2019). Sensitivity of Parameters in the Approach of Linear Programming to a Transportation Problem. *Journal Nigerian Society of Physical Sciences*, 1, 116-121.
- Montero, A. (2021). Modelos y algoritmos basados en programación lineal entera para problemas de ruteo de vehículos. Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Norienda, M., Alwaddood, Z., Ahmad, N., y Mohamad, N. (2019). Optimization of Private Bus Scheduling in UiTM Shah Alam Using Integer Linear Programming. *Journal of Advanced Research in Computing and Applications*, 15(1), 26-34.
- Nurprihatin, F., Regina, T., y Dwinoor, G. (2021). Optimizing rice distribution routes in Indonesia using a two-step linear programming considering logistics costs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-8.
- Reyna, F., Echeverría, G., y Borja, G. (2019). La evaluación de proyectos de inversión: una perspectiva financiera. *Opuntia Brava*, 11(2), 465-473. <https://opuntiaabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiaabrava/article/download/938/1084>.
- Salvatierra, A y Salvatierra, R. (2018). Distribución óptima de amortiguadores viscosos no lineales para una edificación aporcionada de concreto armado mediante algoritmos genéticos. Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Sánchez, C., Sulbarán, B., y Sotomayor, M. (2018). Principales métodos de evaluación de proyectos de inversión para futuros emprendedores en el Ecuador. *Revista Espacios*, 39(24), 23-34. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n24/a18v39n24p23.pdf>.

- Sapag, N. y Sapag, R. (2014). Preparación y evaluación de proyectos. 5ta. ed. México: Mc Graw-Hill.
- Tarquin, A. y Blank, L. (2012). Ingeniería económica. 1ra ed. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Uzcátegui, C., Pozo, B., Espinoza, M., y Beltrán, A. (2018). Principales métodos de evaluación de proyectos de inversión para futuros emprendedores en el Ecuador. Revista Espacios, 39(24), <https://www.revistaespacios.com/a18v39n24/18392423.html>.
- Samson, B., Velez, G., Nobleza, J., Sanchez, D., y Tristan, J. (2018). Optimizing the efficiency, vulnerability and robustness of road-based para-transit networks using genetic algorithm. computational science , 3-14.
- Sutran. (2018). Sutran en cifras 2017. Acciones de fiscalización y monitoreo 2017. Lima. Perú.
- Villamarín, J., Aguilar, G., Llamuca, J., y Villacrés, W. (2019). Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal. Visionario Digital. 3(2), 64-81.
- Wang, C., y Ma, C. (2020). Multi-objective optimization of customized bus routes based on full operation process. Modern Physics Letters B, 1-27.
- Xiao, Z. (2012). Hybrid Ant Algorithm and Applications for Vehicle Routing Problem. Physics Procedia. (25), 1892 – 1899.
- Zapata, J., Vélez, Á., y Arango, M. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. Investigación Administrativa, 49(126).
- Zhang, X., Lauber, L., Liu, H., Shi, J., Xie, M., y Pan, Y. (2022). Travel time prediction of urban public transportation based on detection of single routes. Plos One, 17(1).

ANEXOS

Anexo 1. Modelo generacional de algoritmo genético



Anexo 2. Simulación bus económico

N°	PPTBE	NPTBE	CCTBE	CLTBE	CNTBE	COTBE	CMTBE	CADTBE	UTTBE	UTTBE \$/.
1	100110101110010000	01011011410001010	100110101001110101	101100110100111001	101110101110010110	110110101110010010	100100101000010110	101110101110010010	11011010111001110	\$/112,078.00
2	101011101110010011	11100010110010101	001011001100001100	10100010011011011	101010111011010010	101010101010010011	101011010011010010	101011101010001011	11101111110010111	\$/122,775.00
3	110101101110010001	00110001011011001	100101011010100010	110101100010010011	100100010100110101	111101101010010101	100101101010011001	110111101110010101	110111101110010111	\$/228,247.00
4	101110011110010110	10100011001010110	010100101100101101	101011101110010011	100110110111010110	101011001110010010	101110010010010100	101110010011001011	101110011010010100	\$/190,100.00
5	101110111110101100	1010001010101100	101110100110101000	101110110010101100	101110111110101111	101010101101000100	101110001110100100	101110111110101100	111110110110101101	\$/244,647.00
6	101010101000010011	11010101010011001	100110110101010110	101010101000010011	101010101110011011	101010101011011011	011010101000010010	101110101000010011	111010101110100111	\$/240,551.00
7	011010011010010010	10101001101011110	101100110101111001	101010110010101001	011010011010010010	011001011010011011	010110010010010010	011010011011110010	111010011110010110	\$/239,510.00
8	101110010011001011	01111010101001010	101001001001011011	001011101000010010	101010101010010011	100110011011001001	101111010111001011	1011100010110011001	111010010011111010	\$/238,842.00
9	110101100010010000	11010011000110101	111001010011010101	110101100010010011	110101101010010011	110101101010010010	110101101110010110	1101011000100100111	100101111010010110	\$/155,286.00
10	100110101100100110	10111010100010101	100100101010101010	101010011110010100	101110010011001101	101001101100101110	110110101100101111	1000110011101110101	110111001101100110	\$/223,150.00
							UTTBE \$/. ÓPTIMO	\$/244,647.00	SOLES	

Anexo 3. Simulación bus cama

N°	PPTBC	NPTBC	CCTBC	CLTBC	CNTBC	COTBC	CMTBC	CADTBC	UTTBC	UTTBC S/.
1	1101011010010011	01011011410001010	1001101001110101	101100110100111001	101110101110010110	110110101110010010	100100101000010110	101110101110010011	110110101110011111	S/310,078.00
2	101011101110010010	11100010110010101	001011001100001100	110111101110010101	101010111011010010	10101010100100011	101011010011010010	101011101010001011	110110101110010101	S/262,880.00
3	011011011010001010	00110001011011001	100101011010100010	110101100010010011	100100010100110101	111101101010010101	100101101010011001	110111101110010101	110111101110010111	S/295,306.00
4	101110011110010110	10100011001010110	010100101100101101	101011101110010011	100110110111010110	101011001110010010	101110010010010100	101110010011001011	101110011010010110	S/270,587.00
5	101110111110101100	10100011010101100	101110100110101000	101110110010101100	101110111110101111	101010101101000100	101110001110100100	101110111110101100	111110110110101101	S/280,345.00
6	101010101000010110	11010101010011001	100110110101010110	101010101000010011	101010101110011011	101010101011011011	011010101000010010	101110101000010011	100101111010111101	S/260,580.00
7	011010011010010010	10101001101010010	101100110101111001	101010110010101001	011010011010010010	011001011010011011	010110010010010010	011010011011110010	111010011110010110	S/289,510.00
8	1011100010110011001	01111010101001010	101001001001011011	001011101000010010	101010101010010011	100110011011001001	101111010111001011	1011100010110011001	111010010011001110	S/355,800.00
9	110101100010010000	11010011000110101	111001010011010101	110101100010010011	110101101010010011	110101101110010110	110101101110010110	1101011000100100111	111101101010010110	S/301,780.00
10	100110101100100110	10111010100010101	100100101010101010	101010011110010100	101110010011001101	101001101100101110	110110101100101111	1000110011101110101	111011001101110110	S/278,540.00
UTTBC S/. ÓPTIMO										S/355,800.00
SOLES										

Anexo 4. Simulación bus mixto

N°	PPTBM	NPTBM	CCTBM	CLTBM	CNTBM	COTBM	CMTBM	CADTBM	UTTBM	UTTBM S/.
1	100110101110010000	01011011410001010	100110101001110101	101100100100111001	101110101110010110	110110101110010010	100100101000010110	101110101110010010	10011010111001010	S/192,078.00
2	101011101110010011	11100010110010101	001011001100001100	10100010011011011	101010111011010010	101010101010010011	101011010011010010	101011101010001011	11101111110010101	S/185,905.00
3	110101101110010001	00110001011011001	100101011010100010	110101101110010011	100100010100110101	111101101010010101	100101101010011001	110111101110010101	11010110111001011	S/280,405.00
4	101110011110010110	10100011001010110	010100101100101101	101011101110010011	100110110111010110	101011001110010010	101110010010010100	101110010011001011	101110011010010100	S/210,548.00
5	101110111110101100	10100011010101100	101110100110101000	101110110010101100	101110111110101111	101010101101000100	101110001110100100	101110111110101100	111110100110101101	S/223,546.00
6	101010101000010011	101110010010010100	100110110101010110	101010101000010011	101010101110011011	101010101011011011	011010101000010010	101110101000010011	111010101110100101	S/225,800.00
7	011010011010010010	101010011010111110	101100110101111001	101010110010101001	011010011010010010	011001011010011011	010110010010010010	011010011011110010	111010011011001010	S/224,230.00
8	101110010011001011	01111010101001010	101001001001011011	001011101000010010	101010101010010011	100110011011001001	101111010111001011	1011100010110011001	111010010011111010	S/255,320.00
9	110101100010010000	11010011000110101	111001010011010101	110101100010010011	110101101010010011	110101101010010010	110101101110010110	1101011000100100111	100101001010010110	S/284,250.00
10	100110101100100110	10111010100010101	100100101010101010	101010011110010100	101110010011001101	101001101100101110	110110101100101111	1000110011101110101	110101001101100110	S/263,200.00
UTTBM S/. ÓPTIMO										S/280,405.00
SOLES										

Anexo 5. Simulación bus super cama

Nº	PPTBSC	NPTBSC	CCTBSC	CLTBSC	CNTBSC	COTBSC	CMTBSC	CADTBSC	UTTBSC	UTTBSC S/.
1	100110101110010101	01011011410001000	100110101001110101	101100110100111001	101110101110010110	110110101110010010	100100101000010110	101110101110010010	11011010111001110	S/112,078.00
2	101011101110011000	11100010110010101	001011001100001100	10100010011011011	101010111011010010	101010101010010011	101011010011010010	101011101010001011	11101111110010111	S/122,775.00
3	110101101110010111	00110001011011001	100101011010100010	110101100010010011	100100010100110101	111101101010010101	100101101010011001	110111101110010101	110111101110010111	S/228,247.00
4	101111011110010100	10100011001010110	010100101100101101	101011101110010011	100110110111010110	101011001110010010	101110010010010100	101110010011001010	101110011010010100	S/190,100.00
5	101110111110101010	10100011010101100	101110100110101010	101110110010101100	101110111110101110	101010101010101010	101110001110100100	101110111110101100	1111101101101010101	S/244,647.00
6	101010101000011011	11110101010011001	101110110101010110	101010111000010011	101010101110011010	101010101011011001	011010101011010010	101110101000010011	111011111110100111	S/395,200.00
7	011010011010011010	10101001101011110	101100110101111001	101010110010101001	011010011010010010	011001011010011011	010110010010010010	011010011011110010	111010011110010110	S/239,510.00
8	101110010011001010	01111010101001010	101001001001011011	001011101000010010	101010101010010011	100110011011001011	101111010111001011	1011100010110011001	111010010011111010	S/238,842.00
9	110101110010010000	11010011000110101	111001010011010101	110101100010010011	110101101010010011	110101101010010010	110101101110010110	1101011000100100111	100101111010010110	S/155,286.00
10	100110101100101110	10111010100110101	100100101010111010	101010011010010100	101110010011001101	101001101100101000	110110101100101111	1000110011101110101	110111001101100110	S/223,150.00
UTTBSC S/. ÓPTIMO										S/395,200.00
SOLES										