

Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel

Diana Yaneth Díaz Granados Pineda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Sogamoso - Boyacá

2022

Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel

Diana Yaneth Díaz Granados Pineda

Trabajo para optar al título de ingeniero industrial

Director

Ricardo Javier Pineda M.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Ingeniería Industrial

Sogamoso - Boyacá

2022

Resumen

En la actualidad se busca la obtención de procesos más eficientes en los que se puedan optimizar todos los recursos que interfieren en el mismo, una herramienta que permite perseguir este objetivo es la simulación, que se convierte en un recurso útil con el que se pueden poner en contexto todas las variables que interfieren dentro de un proyecto y que favorece la toma de decisiones sin tener que poner en marcha las alternativas de mejora planteadas. Existen muchas situaciones en las que se puede poner en práctica la simulación para encontrar soluciones a problemáticas productivas identificadas, en este caso la problemática que centra el estudio de este proyecto aplicado es la inexistencia de una red de aprovechamiento (micro rutas) en la ciudad de Sogamoso y que abarca temáticas como: teoría de redes, redes neuronales y técnica del vecino más cercano.

El análisis de la información y la simulación de los sistemas desarrollado en este informe consta de seis etapas: primera, definición de variables. En esta etapa se establecen los elementos que intervienen en la simulación como son locaciones, recursos (vehículos, contenedores), entidades (volúmenes de residuos sólidos aprovechables), atributos, distancias, tiempos entre otros. Segunda, diseño del entorno de trabajo en software ProModel Se realiza el diseño en el software de las 16 micro rutas de aprovechamiento teniendo como base los planos de las mismas para poder disponer las variables que intervienen en la simulación, a fin de darle una representación gráfica más dinámica. Tercera, simulaciones iniciales. Se lleva a cabo la simulación de las 16 micro rutas teniendo contenedores con capacidad de 500 kilos de material aprovechable y un tiempo de recolección de 20 min y se analizarán los resultados arrojados de la simulación. Cuarta, variación de las simulaciones iniciales (Propuesta de Simulación 2). En esta oportunidad se realiza la simulación de las 16 micro rutas, variando la capacidad de los

contenedores proponiendo contenedores de 250 kilos y un tiempo de recolección de 10 min. Quinta, variación de las simulaciones iniciales (Propuesta de Simulación 3). Se proponen contenedores de 100 kilos y un tiempo de recolección de 4 minutos por micro ruta. Sexta, resumen y conclusiones de la simulación con ProModel. Una vez se han realizado todas las simulaciones propuestas anteriormente se realiza un resumen de los hallazgos encontrados en la simulación y una comparación de los aspectos más relevantes durante el proceso de simulación de las tres propuestas planteadas.

Palabras Clave: Optimización, simulación, red de aprovechamiento, macro ruta, micro ruta, ProModel.

Abstract

At present, it is sought to obtain more efficient processes in which all the resources that interfere with it can be optimized, a tool that allows this objective to be pursued is simulation, which becomes a useful resource with which in context all the variables that interfere within a project and that favor decision-making without having to implement the proposed improvement alternatives. There are many situations in which the simulation can be put into practice to find solutions to identified productive problems, in this case the problem that focuses the study of this applied project is the non-existence of a use network (micro routes) in the city of Sogamoso and that covers topics such as: network theory, neural networks and the nearest neighbor technique.

The analysis of the information and the simulation of the systems developed in this report consists of six stages: first, definition of variables. In this stage, the elements that intervene in the simulation are established, such as locations, resources (vehicles, containers), entities (volumes of usable solid waste), attributes, distances, times, among others. Second, design of the work environment in ProModel software. The design of the 16 exploitation micro routes is carried out in the software, based on their plans to be able to arrange the variables that intervene in the simulation, in order to give it a graphic representation. more dynamic. Third, initial simulations. The simulation of the 16 micro routes is carried out having containers with a capacity of 500 kilos of usable material and a collection time of 20 min and the results of the simulation will be analyzed. Fourth, variation of the initial simulations (Simulation Proposal 2). In this opportunity, the simulation of the 16 micro routes is carried out, varying the capacity of the containers, proposing containers of 250 kilos and a collection time of 10 minutes. Fifth, variation of the initial simulations (Simulation Proposal 3). Containers of 100 kilos and a collection time of 4 minutes per micro route are proposed. Sixth, summary and conclusions of the simulation with

ProModel. Once all the previously proposed simulations have been carried out, a summary of the findings found in the simulation and a comparison of the most relevant aspects during the simulation process of the three proposed proposals is made.

Keywords: Optimization, simulation, utilization network, macro route, micro route, ProModel.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	9
Lista de Figuras.....	12
Lista de Anexos.....	14
Introducción	16
Planteamiento del Problema	18
Justificación	21
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Marco referencial	24
Marco conceptual.....	24
Marco teórico	32
Marco Histórico	71
Estado del Arte.....	75
Marco legal	79
Metodología	82
Tipo y enfoque de investigación.....	82
Procedimiento de la metodología.....	82
Análisis de Resultados	85
Diagnóstico de la Red de Aprovechamiento del Servicio Público de Aseo en Sogamoso.....	85
Frecuencia de recolección de residuos.....	85
Establecimiento de Macro y Micro rutas	86
Recolección y transporte de residuos para aprovechamiento	87
Mapas de recolección de residuos sólidos no aprovechables	90
Método de contenedores	98
Cálculo de los contenedores en punto fijo, nodos de la red Población actual y futura.....	99
Producción media de RSU (Residuos Sólidos Urbanos - Pr)	99
Producción de diseño para la pre recogida y recogida, Prd - Fracción reciclable	101
Cálculo número de contenedores	103
Asignación de contenedores por macro ruta.....	105

Análisis del diagnóstico	108
Matriz DOFA	108
Matriz de estrategias DOFA	110
Conclusiones del capítulo	112
Análisis de resultados: simulación de los sistemas mediante el uso del software ProModel y evaluación de resultados	113
Primera etapa definición de variables	113
Segunda etapa diseño de los entornos y montaje de las 16 micro rutas de aprovechamiento	117
Tercera, Cuarta y Quinta Etapa Alternativas de Simulación	124
Sexta Etapa Conclusiones de la Simulación realizada en ProModel	124
Alternativa 1. Contenedores con llenado de 500 Kg	124
Alternativa 2. Contenedores con llenado de 250 Kg	172
Alternativa 3. Contenedores con llenado de 100 Kg	204
Resumen Macro Ruta Sur	236
Resumen Macro Ruta Centro.....	242
Resumen Macro Ruta Norte.....	250
Conclusiones del Capítulo	253
Conclusiones Finales	255
Referencias Bibliográficas	256

Lista de Tablas

Tabla 1. Total recicladores censados por punto	88
Tabla 2. Rutas de aprovechamiento	90
Tabla 3. Valores típicos de PPC (Kg/[habitante*día]) para municipios colombianos	100
Tabla 4. Formula cálculo de contenedores.	101
Tabla 5. Producción de diseño - Fracción reciclable	102
Tabla 6. Características de los contenedores	103
Tabla 7. Número de contenedores	104
Tabla 8. Contenedores macro ruta Sur.	105
Tabla 9. Contenedores macro ruta Norte.	106
Tabla 10. Contenedores macro ruta Centro	107
Tabla 11. Matriz de evaluación DOFA	109
Tabla 12. Matriz DOFA	110
Tabla 13. Contenedores por micro ruta	118
Tabla 14. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Magdalena	126
Tabla 15. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Rosario	129
Tabla 16. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta UPTC	132
Tabla 17. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Venecia	135
Tabla 18. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Sugamuxi	138
Tabla 19. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Monquirá	141
Tabla 20. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Parque de la Villa	144
Tabla 21. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Seis de Septiembre	147
Tabla 22. Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Santa Inés	150
Tabla 23. Estadísticas Alternativa 1 Micro La Castellana	153
Tabla 24. Estadísticas Alternativa 1 Micro Santa Helena	156
Tabla 25. Estadísticas Alternativa 1 Micro Veinte de Julio	159
Tabla 26. Estadísticas Alternativa 1 Micro Libertador	162

Tabla 27. Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Parque Industrial	165
Tabla 28. Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Recreo – La Pradera	168
Tabla 29. Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Asodea	171
Tabla 30. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Magdalena	173
Tabla 31. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Rosario	175
Tabla 32. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta UPTC	177
Tabla 33. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Venecia	179
Tabla 34. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Sugamuxi	181
Tabla 35. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Monquirá	183
Tabla 36. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Parque de la Villa	185
Tabla 37. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Seis de Septiembre	187
Tabla 38. Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Santa Inés	189
Tabla 39. Estadísticas Alternativa 2 Micro La Castellana	191
Tabla 40. Estadísticas Alternativa 2 Micro Santa Helena	193
Tabla 41. Estadísticas Alternativa 2 Micro Veinte de Julio	195
Tabla 42. Estadísticas Alternativa 2 Micro Libertador	197
Tabla 43. Estadísticas Alternativa 2 Micro Parque Industrial	199
Tabla 44. Estadísticas Alternativa 2 Micro Recreo – La Pradera	201
Tabla 45. Estadísticas Alternativa 2 Micro Asodea	203
Tabla 46. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Magdalena	205
Tabla 47. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Rosario	207
Tabla 48. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta UPTC	209
Tabla 49. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Venecia	211
Tabla 50. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Sugamuxi	213
Tabla 51. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Monquirá	215
Tabla 52. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Parque de la Villa	217
Tabla 53. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Seis de Septiembre	219

Tabla 54. Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Santa Inés	221
Tabla 55. Estadísticas Alternativa 3 Micro La Castellana	223
Tabla 56. Estadísticas Alternativa 3 Micro Santa Helena	225
Tabla 57. Estadísticas Alternativa 3 Micro Veinte de Julio	227
Tabla 58. Estadísticas Alternativa 3 Micro Libertador	229
Tabla 59. Estadísticas Alternativa 3 Micro Parque Industrial	231
Tabla 60. Estadísticas Alternativa 3 Micro Recreo – La Pradera	233
Tabla 61. Estadísticas Alternativa 3 Micro Asodea	235
Tabla 62. Resumen Micro ruta Magdalena (Macro Ruta Sur	237
Tabla 63. Resumen Micro ruta Rosario (Macro Ruta Sur)	238
Tabla 64. Resumen Micro Ruta UPTC (Macro Ruta Sur)	239
Tabla 65. Resumen Micro Ruta Venecia (Macro Ruta Sur)	240
Tabla 66. Resumen Micro Ruta Sugamuxi (Macro Ruta Sur)	241
Tabla 67. Resumen Micro Ruta Monquirá (Macro Ruta Sur)	242
Tabla 68. Resumen Micro Ruta Parque de la Villa (Macro Ruta Centro)	243
Tabla 69. Resumen Micro Ruta Seis de Septiembre (Macro Ruta Centro)	244
Tabla 70. Resumen Micro Ruta Santa Inés (Macro Ruta Centro)	245
Tabla 71. Resumen Micro Ruta La Castellana (Macro Ruta Centro)	246
Tabla 72. Resumen Micro Ruta Santa Helena (Macro Ruta Centro)	247
Tabla 73. Resumen Micro Ruta Veinte de Julio (Macro Ruta Centro)	248
Tabla 74. Resumen Micro Ruta Libertador (Macro Ruta Centro)	249
Tabla 75. Resumen Micro Ruta Libertador (Macro Ruta Centro)	250
Tabla 76. Resumen Micro Ruta Recreo – La Pradera (Macro Ruta Norte)	251
Tabla 77. Resumen Micro Ruta Asodea (Macro Ruta Norte)	252

Lista de Figuras

Figura 1. Figura de la Red	34
Figura 2. Gráfica no Dirigida	35
Figura 3. Gráfica Dirigida o Digráfica	36
Figura 4. Concepto de árbol de expansión mínima: a) no es un árbol de expansión; b) no es un árbol de expansión; c) árbol de expansión.	39
Figura 5. Diagrama de PERT	42
Figura 6. Esquema Red Neuronal	46
Figura 7. Pantalla de inicio de ProModel	54
Figura 8. Opción FILE ProModel	55
Figura 9. Opción FILE ProModel	56
Figura 10. Opción VIEW ProModel	57
Figura 11. Opción BUILD ProModel	58
Figura 12. Opción BUILD_LOCATIONS ProModel	59
Figura 13. Opción BUILD_ENTITIES ProModel	60
Figura 14. Opción BUILD_PATH_NETWORKS ProModel	61
Figura 15. Opción BUILD_RESOURCES ProModel	62
Figura 16. Opción BUILD_PROCESSING ProModel	63
Figura 17. Opción BUILD_ARRIVALS ProModel	64
Figura 18. Funciones específicas ProModel	65
Figura 19. Función Contador en ProModel	66
Figura 20. Función Cola en ProModel	67
Figura 21. Función Indicador en ProModel	68
Figura 22. Función Posicionador en ProModel	69
Figura 23. Versión estudiantil ProModel	70
Figura 24. Caracterización población de recicladores ciudad de Sogamoso	89
Figura 25. Macro ruta Norte	91
Figura 26. Micro rutas pertenecientes a la macro ruta norte	92
Figura 27. Macro ruta Centro	93
Figura 28. Micro rutas pertenecientes a la macro ruta centro	94

Figura 29. Macro ruta Sur	96
Figura 30. Micro rutas pertenecientes a la macro ruta sur	97
Figura 31. Micro rutas pertenecientes a la macro ruta sur	98
Figura 32. Locaciones definidas en el sistema de simulación.	114
Figura 33. Entidades definidas en el sistema de simulación.	115
Figura 34. Recurso definido en el sistema de simulación	116
Figura 35. Red de ruta definida en la micro ruta Rosario.	119
Figura 36. Recurso definido en la micro ruta Rosario.	120
Figura 37. Proceso definido en la micro ruta Rosario.	121
Figura 38. Montaje final de las micro rutas.	122
Figura 39. Dinámica de la simulación	123
Figura 40. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Magdalena	125
Figura 41. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Rosario.	128
Figura 42. Mapa Alternativa 1. Micro ruta UPTC.	131
Figura 43. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Venecia.	134
Figura 44. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Sugamuxi.	137
Figura 45. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Monquirá.	140
Figura 46. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Parque de la Villa.	143
Figura 47. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Seis de septiembre.	146
Figura 48. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Santa Inés	149
Figura 49. Mapa Alternativa 1. Micro ruta La Castellana.	152
Figura 50. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Santa Helena.	155
Figura 51. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Veinte de Julio.	158
Figura 52. Mapa Alternativa 1. Micro ruta Libertador.	161
Figura 53. Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Parque Industrial.	164
Figura 54. Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Recreo – La Pradera	167
Figura 55. Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Asodea	170

Lista de Anexos

Anexo A. Resúmen Analítico	265
Anexo B. ProModel - micro ruta magdalena (cap. 500)	275
Anexo C. ProModel - micro ruta rosario (cap. 500)	276
Anexo D. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 500)	277
Anexo E. ProModel - micro ruta Venecia (cap. 500)	278
Anexo F. ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 500)	279
Anexo G. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 500)	280
Anexo H. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 500)	281
Anexo I. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 500)	282
Anexo J. ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 500)	283
Anexo K. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 500)	284
Anexo L. ProModel - micro ruta santa helena (cap. 500)	285
Anexo M. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 500)	286
Anexo N. ProModel - micro ruta libertador (cap. 500)	287
Anexo O. ProModel - parque industrial (cap. 500)	288
Anexo P. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 500)	289
Anexo Q. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 500)	290
Anexo R. ProModel - micro ruta magdalena (cap. 250)	291
Anexo S. ProModel - micro ruta rosario (cap. 250)	292
Anexo T. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 250)	293
Anexo U. ProModel - micro ruta Venecia (cap. 250)	294
Anexo V. ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 250)	295
Anexo W. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 250)	296
Anexo X. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 250)	297
Anexo Y. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 250)	298
Anexo Z. ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 250)	299
Anexo AA. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 250)	300
Anexo AB. ProModel - micro ruta santa helena (cap. 250)	301
Anexo AC. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 250)	302

Anexo AD. ProModel - micro ruta libertador (cap. 250)	303
Anexo AE. ProModel - parque industrial (cap. 250)	304
Anexo AF. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 250)	305
Anexo AG. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 250)	306
Anexo AH. ProModel - micro ruta magdalena (cap. 100)	307
Anexo AI. ProModel - micro ruta rosario (cap. 100)	308
Anexo AJ. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 100)	309
Anexo AK. ProModel - micro ruta Venecia (cap. 100)	310
Anexo AL. ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 100)	311
Anexo AM. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 100)	312
Anexo AN. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 100)	313
Anexo AO. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 100)	314
Anexo AP. ProModel - micro ruta santa helena (cap. 100)	315
Anexo AQ. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 100)	316
Anexo AR. ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 100)	317
Anexo AS. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 100)	318
Anexo AT. ProModel - micro ruta libertador (cap. 100)	319
Anexo AU. ProModel - parque industrial (cap. 100)	320
Anexo AV. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 100)	321
Anexo AW. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 100)	322

Introducción

El aprovechamiento de residuos sólidos hace referencia a la selección, transporte y tratamiento que reciben estos a fin de ser eliminados del entorno en el que habita una comunidad y reincorporados tras nuevos procesamientos al mercado como productos nuevos. Los residuos son recogidos en lugares donde los productores (domiciliarios, comerciales o industriales) los disponen, recogidos y trasladados por los recicladores de oficio hasta las bodegas de acopio para posteriormente ser seleccionados y clasificados dependiendo de sus características físicas y de uso. Sogamoso es una ciudad que se ubica en el departamento de Boyacá, y que actualmente cuenta con tres macro rutas para la recolección de los residuos sólidos no aprovechables (basuras comunes sin selección ni tratamiento en la fuente), denominadas macro rutas Norte, Sur y Centro. En la actualidad Sogamoso no cuenta con puntos de recolección definidos destinados para la disposición de los residuos sólidos aprovechables (micro rutas), lo que genera un desperdicio de recursos ya que al ser mezclados con otros tipos de desechos sus propiedades se ven alteradas generando pérdidas económicas y aumento en los niveles de contaminación en la ciudad.

Esta propuesta de investigación simula la red de aprovechamiento de la ciudad de Sogamoso (micro rutas) para la optimización de los procesos de recolección y transporte haciendo uso de la simulación a través de un software denominado ProModel, basándose en los datos obtenidos del proyecto de grado para Maestría en Gerencia de Proyectos titulado “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso” (Pineda, 2021), tomando como referencia la instalación de contenedores en puntos fijos y los recursos de

transporte y operación que interviene en el proceso. La simulación en las micro rutas desde su concepto técnico pretende establecer alternativas según escenarios de utilización de la red de aprovechamiento para la ciudad, obteniendo datos para la toma de decisiones sobre las soluciones que más se adapten a las condiciones de los procesos de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables.

La metodología de este proyecto se basó en tres etapas fundamentales que son: **Primera**, el diagnóstico de la situación actual y las problemáticas asociadas al objeto de investigación de la ciudad de Sogamoso en cuanto a sus macro y micro rutas la recolección. **Segunda**, análisis de la información obtenida de diversas fuentes para determinar variables que intervienen en el proceso siguiente de simulación. **Tercera**, simulación de los sistemas de recolección y transporte de material aprovechable en la red de aprovechamiento (micro rutas), definiendo aspectos relevantes dentro del entorno del software ProModel como entidades, locaciones, recursos, variables y procesos. En esta última etapa se realizan diferentes escenarios de simulación a fin de evaluarlos y determinar la alternativa que más se ajuste a las necesidades del proceso por su rendimiento y comportamiento de análisis, de acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las corridas de simulación realizadas.

Planteamiento del Problema

Descripción del problema

Sogamoso es un municipio que se encuentra ubicado en el centro-oriente del departamento de Boyacá, este municipio actualmente cuenta con 3 macro rutas (Centro, Norte y Sur), las cuales a su vez se componen de 16 micro rutas para el servicio público de aseo; la problemática existente radica en la inexistencia de la red de aprovechamiento definidas dentro del municipio, que garanticen las micro rutas para la operación por parte de los recicladores de oficio normalizados en la ciudad de Sogamoso; entiéndase micro ruta como “la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos” (Ley 142 de 1994). Por tal razón si los recicladores de oficio no cumplen con la normatividad exigida no podrán operar en sus tareas de recolección de residuos sólidos aprovechables a partir del plazo máximo para la aplicación de este requisito (año 2023). Según la norma “las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán establecer macro rutas y micro rutas que deben seguir los vehículos recolectores, de acuerdo a las necesidades y sin desconocer las normas de tránsito, dichas rutas se deben diseñar de acuerdo a la eficiencia en la asignación de recursos teniendo en cuenta una serie de aspectos relevantes” (Decreto 1077 de 2015). Entre estos aspectos se enuncian entre ellos, primero, tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal, segundo, el uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.), tercero, zonas de difícil acceso, cuarto, tipo de usuario o generador, quinto, ubicación de áreas públicas como plazas, parques o similares, sexto, el tipo de residuos según sean aprovechables o no aprovechables, entre otros.

Planteamiento del problema

En Sogamoso se genera un alto desaprovechamiento de residuos con grandes pérdidas a nivel económico por no tener establecida la red de aprovechamiento, García (2015) lo indica: “el municipio genera un alto volumen de residuos sólidos, pero solo el 89,6% de estos son aprovechables representados por materia orgánica e inorgánicos reciclables, no obstante, dado el precario sistema organizacional para el aprovechamiento de estos materiales, en el municipio no se alcanza más del 5% de aprovechamiento de los mismos”. Además de lo anterior, la inadecuada selección de residuos sólidos representa impactos negativos en el medio ambiente, en la salud de la comunidad, en el control de plagas y en el orden de los espacios públicos del municipio. Por otra parte, el relleno sanitario del municipio de Sogamoso Terrazas del porvenir ha reducido su vida útil de manera considerable, aproximadamente se estiman 2 años de su uso antes de su cierre, “se calcula que para el año 2017, el relleno había realizado una disposición de residuos de 683.696,51 Ton/Año, y que el 45% de estos residuos eran generados por el municipio de Sogamoso con un total de 28.367,71 Toneladas” (Súper servicios, 2018. P. 74).

Para generar una solución a la problemática identificada la propuesta de investigación denominada simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para la optimiza de los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel, emplea la simulación para el establecimiento de la red de aprovechamiento para la ciudad de Sogamoso, a fin de utilizar los datos obtenidos como una herramienta para la toma de decisiones en cuanto a las soluciones que más se ajusten a las necesidades de recolección y transporte de los residuos sólidos aprovechables. “La simulación no encuentra una solución óptima, pero encuentra varias soluciones cercanas a las óptimas, con lo que puede brindar mayores posibilidades para seleccionar la que se ajuste más a la realidad” (Jianghong, 2010). La simulación se muestra como

una técnica útil que complementa de una manera eficiente modelos en pro de la optimización en diferentes procesos; esta es una técnica que permite no solo diseñar sino analizar el desempeño de una actividad o sistema arrojando datos importantes que son la base para realizar mejoras sin necesidad de implementar estrategias en el sistema real o de trabajo en campo que incurre en costos innecesarios o arriesgados que se pueden simular con Software.

Con base en lo anterior surge la pregunta de investigación para resolver la problemática identificada. **¿Qué herramienta tecnológica de modelos de redes y suministros se puede aplicar para optimizar la red de aprovechamiento público en la ciudad de Sogamoso?**

Justificación

La simulación y la optimización van de la mano, esta unión busca las configuraciones ideales para un sistema. La simulación por un lado captura la eficiencia de un sistema y la optimización asigna recursos de manera limitada a fin de mejorar el desempeño de dicho sistema. Según Bernal & Bernal (s.f.), “los procesos de simulación son una herramienta que permite promover el desarrollo tecnológico y la sustentabilidad; fortaleciendo y generando capacidades que mejoran la eficiencia en la utilización de los recursos existentes, la simulación permite conocer mejor un sistema y predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones”. Algunos resultados obtenidos de investigaciones como la de Peña & Forero (2012), denominada “modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la Empresa Muebles & Accesorios S.A. para el mejoramiento de su sistema de inventarios, se presentaron mejoras de ahorro entre el 10% y el 12% y un crecimiento en los indicadores del 1.20 sobre la línea base establecida”. Para Jaimes (2016), en su proyecto de grado denominado “simular el impacto de un plan de gestión para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile expone que con el uso de la simulación se plantean dos situaciones de mejora, que presentan resultados positivos en los indicadores, estimando que dichas situaciones representaban entre el 10% y el 12 % de ahorro representando un incremento en los indicadores del 1.20 sobre la línea base establecida”. Por lo anterior este trabajo de investigación Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para la optimización de los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel, medirá las variables del proceso de recolección y transporte en la ciudad de Sogamoso, optimizando los resultados inherentes a distancias y otros recursos que intervienen en las mismas.

Dado que los recicladores de oficio formalizados deben contar con la red de aprovechamiento para desempeñar sus operaciones de recolección y transporte de los residuos sólidos aprovechables antes del plazo máximo, es decir, el año 2023, es necesario coadyuvar con dicho requisito legal, desde la pertinencia social y los propósitos de desarrollo regional que se inculcan en el proceso formativo en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Objetivos

Objetivo General

Realizar la simulación de la red de aprovechamiento en el servicio público de aseo de la ciudad de Sogamoso, para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel.

Objetivos Específicos

Diagnosticar por medio de la consulta y extracción de información en fuentes documentales tanto del municipio, como de otras investigaciones las condiciones actuales de la red de aprovechamiento (micro ruta) del servicio público de aseo de la ciudad de Sogamoso, estableciendo los parámetros que se usaran en la simulación.

Analizar las principales variables de la simulación que intervienen en la red de aprovechamiento (micro rutas) del servicio público de aseo definiendo las alternativas que optimizan los procesos de recolección y transporte de residuos aprovechables.

Evaluar las alternativas propuestas con el uso de la simulación, mediante estadísticos e indicadores de gestión para determinar la optimización de la red de aprovechamiento.

Marco referencial

En el marco de referencia se realiza un compendio de conceptos y teorías que soportan la propuesta de investigación y que sirven para el desarrollo metodológico de la misma.

Marco conceptual

En el marco conceptual se recopilan los conceptos fundamentales de las técnicas y herramientas empleadas en el desarrollo de este proyecto aplicado.

Macro ruta

Esta se entiende según el decreto 1713 de 2002, como “la división geográfica de una ciudad, población o zona para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar el servicio de recolección de residuos” (p. 4).

La macro ruta se define según el decreto 2981 de 2013: La división ya sea de una ciudad, zona o área para la asignación de recursos y equipos para optimizar la recolección de residuos, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, también se incluye el corte de césped y la poda de árboles en vías y áreas públicas. (p.4)

En cuanto a la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP (s.f.), en su glosario define a la macro ruta como “la división geográfica de una ciudad, población o zona para la distribución de equipos y recursos para optimizar el servicio”.

Micro ruta

Se entiende como “la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico, dentro del ámbito de una frecuencia predeterminada” (decreto 1713 de 2002, p. 4).

Según el decreto 2981 de 2013 la micro ruta se define como: Descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos; además del barrido y limpieza de vías y áreas públicas; y/o corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas, dentro de una frecuencia determinada. (p. 4)

En cuanto a la UAESP (s.f.), en su glosario define a la micro ruta como, “la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico, dentro del ámbito de una frecuencia determinada”.

Aprovechamiento

Se menciona en el decreto 1713 de 2002 que: El aprovechamiento es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (p. 1).

El aprovechamiento se define en el decreto 2981 de 2013, como: “La actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje, (p.2)

Tal y como lo cita superintendencia de servicios públicos (s.f.), “esta actividad es complementaria al servicio público de aseo y se encarga de la recolección de residuos aprovechables, su transporte de manera selectiva hasta la estación de clasificación y aprovechamiento y por último la clasificación y pesaje de dichos residuos”.

Teoría de redes

Según Obregón (2005) la teoría de redes hace parte del campo de la investigación de operaciones que estudia problemas de naturaleza combinatoria como la relación de rutas por medio de distintos algoritmos, esta teoría resulta bastante útil en la toma de decisiones de problemas complejos.

Dentro de la teoría de redes se utilizan términos relevantes como red que consiste en una serie de puntos y líneas que sirven para unir otros puntos, dichos puntos son denominados nodos o vértices y las líneas reciben el nombre de arcos o aristas; para Obregón (2005) los arcos reciben el nombre de los nodos en los que terminan, y la dirección es dada por la cabeza de la flecha que indica la finalidad de la línea que termina representando el arco.

Para Winston (2005), “una gráfica o red se define mediante dos conjuntos de símbolos: nodos y arcos. Primero se define un conjunto de puntos extremos o vértices. Los vértices de una gráfica o red también se llaman nodos” (p. 413).

Teoría de la ruta más corta

En su libro Obregón (2005) expone que: El problema de la ruta más corta es uno de los problemas más importantes de la optimización combinatoria con muchas aplicaciones, tanto directas como subrutinas en otros algoritmos. Los algoritmos para este tipo de problema se han

estudiado desde la década de los 50's y continúan siendo un área de activa investigación.

Encontrar la ruta más corta entre dos nodos de una red, en la que cada arco tiene un costo (o longitud) no negativos un problema en cierto tipo de actividades, (p. 1)

Alonso (2008) expone que entre los problemas de optimización en redes el de la ruta más corta ha sido el más estudiado, ya que aparece en muchos campos como las comunicaciones, el transporte, la planificación de mantenimiento, optimización en inversiones entre otros, este se trata de encontrar el camino más corto entre el nodo inicial y el final dentro de una red, teniendo en cuenta que a cada arco se le asignan un escalar positivo que representa la longitud, el tiempo y costo en que se incurre por ser atravesado.

Teoría del árbol de expansión mínima

Según Hillier y Lieberman (1991): El problema del árbol de expansión mínima tiene algunas similitudes con la versión principal del problema de la ruta más corta. En ambos casos se considera una red no dirigida y conexa, en la que la información dada incluye alguna medida de longitud positiva —distancia, costo, tiempo, etc.— asociada con cada ligadura. Los dos problemas involucran también el hecho de seleccionar un conjunto de ligaduras con la longitud total más corta entre todos los conjuntos de ligaduras que satisfacen cierta propiedad. Para el árbol de expansión mínima la propiedad que se requiere es que las ligaduras seleccionadas deben proporcionar una trayectoria entre cada par de nodos. (p. 340)

Para Izar (1996): Los árboles de expansión mínima forman redes no dirigidas donde a cada rama tiene un costo no negativo asociado a ella. La metodología consiste en hallar una red conexa que incluya a todos los nodos de modo que el costo total de ella sea el mínimo. (p. 223)

Técnica de Evaluación y revisión de proyectos – PERT (project evaluation and review techniques)

Para Salazar (2019), el método PERT es: Un algoritmo basado en la teoría de redes, diseñado para facilitar la planificación de proyectos. El resultado final de la aplicación de este algoritmo será un cronograma para el proyecto, en el cual se podrá conocer la duración total del mismo, y la clasificación de las actividades según su criticidad. (párr. 1).

Según el artículo encontrado en la página de internet ingeniería industrial online.com, (s.f): El método PERT (Project Evaluation and Review Techniques), es un algoritmo basado en la teoría de redes diseñado para facilitar la planificación de proyectos. El resultado final de la aplicación de este algoritmo será un cronograma para el proyecto, en el cual se podrá conocer la duración total del mismo, y la clasificación de las actividades según su criticidad, el algoritmo PERT se desarrolla mediante intervalos probabilísticos, considerando tiempos optimistas, probables y pesimistas, lo cual lo diferencia del método CPM que supone tiempos determinísticos. (párr. 1)

Redes neuronales

Atria Innovation (2019), menciona en su artículo en internet que: “Las redes neuronales artificiales son un modelo inspirado en el funcionamiento del cerebro humano. Está formado por un conjunto de nodos conocidos como neuronas artificiales que están conectadas y transmiten señales entre sí. Estas señales se transmiten desde la entrada hasta generar una salida. El funcionamiento de las redes se asemeja al del cerebro humano. Las redes reciben una serie de valores de entrada y cada una de estas entradas llega a un nodo llamado neurona. Las neuronas de la red están a su vez agrupadas en capas que forman la red neuronal. Cada una de las neuronas

de la red posee a su vez un peso, un valor numérico, con el que modifica la entrada recibida. Los nuevos alores obtenidos salen de las neuronas y continúan su camino por la red. (párr. 1)

Para Cevallos (2004), en su artículo científico expone que: Las redes neuronales artificiales-RNA o Redes Neuronales, se basan en la concepción sobre el funcionamiento del sistema nervioso central humano y en la teoría general de redes a la solución de problemas. Las redes neuronales artificiales, tienen en su base lo que se conoce como la Neurona Artificial la misma que se ha desarrollado aspirando que se asemeje al funcionamiento de una neurona biológica, así cada neurona artificial tiene entradas y salidas, pesos sinápticos, reglas de propagación, función de activación y función de salida. Las neuronas individuales se agrupan según determinadas arquitecturas conformando capas y el conjunto de capas forma la red neuronal. (p. 32)

Técnica del vecino más cercano – KNN (K- Nearest – Neighbor)

Según el artículo encontrado en la página de internet Aprende Machine Learning (2018) la técnica del vecino más cercano: Es un algoritmo basado en instancia de tipo supervisado de Machine Learning. Puede usarse para clasificar nuevas muestras (valores discretos) o para predecir (regresión, valores continuos). Al ser un método sencillo, es ideal para introducirse en el mundo del aprendizaje automático. Sirve esencialmente para clasificar valores buscando los puntos de datos “más similares” (por cercanía) y haciendo conjeturas de nuevos puntos basado en esa clasificación. En el vecino más cercano la “K” significa la cantidad de “puntos vecinos” que tenemos en cuenta en las cercanías para clasificar los “n” grupos -que ya se conocen de antemano, pues es un algoritmo supervisado-. (párr. 1)

En el artículo de AprendeIA de González (2019) se expone que: El K vecinos más cercanos es uno de los algoritmos de clasificación más básicos y esenciales en Machine Learning. Pertenece al dominio del aprendizaje supervisado y encuentra una aplicación intensa en el reconocimiento de patrones, la minería de datos y la detección de intrusos. El clasificador KNN, por sus siglas en inglés, es también un algoritmo de aprendizaje no paramétrico y basado en instancias; no paramétrico significa que no hace suposiciones explícitas sobre la forma funcional de los datos, evitando modelar mal la distribución subyacente de los datos. El aprendizaje basado en la instancia significa que nuestro algoritmo no aprende explícitamente un modelo, en lugar de ello, opta por memorizar las instancias de formación que posteriormente se utilizan como “conocimiento” para la fase de predicción. (párr. 1)

Simulación.

Según Hillier y Lieberman (1991), La simulación se clasifica en un escalón muy alto entre las técnicas que más se usan. Aún más, debido a que es una herramienta tan flexible, poderosa e intuitiva, sus aplicaciones crecen con rapidez de manera continua. Esta técnica involucra el uso de una computadora para imitar (simular) la operación de un proceso o sistema completo. En el caso de este tipo de sistemas, la computadora genera y registra las ocurrencias de los eventos que impulsan el sistema como si en realidad estuviera en operación física. Debido a su velocidad, la computadora puede simular incluso años de operación en cuestión de segundos. (p. 871)

García, García & Cárdenas (2006) plantean que en la actualidad existen un sinnúmero de software de simulación que permiten tener una visión más amplia de los sistemas que coadyuvan en la toma de decisiones, permitiendo realizar mejoras que se ajusten a las necesidades. La simulación reúne relaciones lógicas probabilísticas y matemáticas que reúne las características

propias de un sistema. La simulación tiene por objetivo comprender, analizar y mejorar las condiciones de un sistema a fin de hacerlo más efectivo y eficiente.

Optimización de modelos de simulación

Según Rodríguez & Iturralde (2008): Los modelos de optimización pretenden determinar el nivel de variables que optimizan la función objetivo previamente fijada, teniendo en cuenta determinadas restricciones impuestas por variables exógenas. El avance en este campo ha sido superior que el experimentado por los métodos de simulación, fundamentalmente por el desarrollo de técnicas de programación matemática y su aplicación informática, siendo la programación lineal la técnica más utilizada dentro de estos modelos. (p. 5)

ProModel

En el manual de ProModel (s.f.) encontramos que este software es: Herramienta de simulación que funciona en computadoras personales en un ambiente Windows. Mediante una combinación ideal de facilidad de uso, flexibilidad y potencia, permite diseñar y analizar sistemas de producción y servicios de todo tipo y tamaño y modelar prácticamente toda situación, en forma casi real, mediante sus capacidades gráficas y de animación. ProModel fue concebido como una herramienta para ingenieros y gerentes que desean lograr reducciones de costos, mejoras en la productividad e incrementar las ventajas estratégicas en la producción de bienes y servicios. (p. 1)

Según el artículo encontrado en la página de internet Simular (s.f.), se define el software ProModel como: Una poderosa tecnología de simulación que trabaja bajo ambiente Windows, para simular, analizar y optimizar sistemas de todo tipo, de diferentes complejidades y tamaños. El Software ProModel provee la perfecta combinación entre facilidad de uso y completa

flexibilidad para modelar cualquier situación. Las capacidades de animación de ProModel permiten que la simulación cobre vida. La simulación con ProModel es una herramienta para replicar procesos de una forma real, accediendo de esta manera a modelos que permiten evaluar todas las ideas antes de implementarlas directamente en la realidad. La utilización de esta poderosa herramienta es una manera innovadora de mejorar procesos, reducir costos y demostrar resultados. (par. 1)

Para García, García & Cárdenas (2013), el uso de ProModel permite conocer mejor el problema y alcanzar resultados más confiables, se enfoca a procesos de fabricación, líneas de ensamble y de trans.f.ormación entre otros. En ProModel se distinguen unos módulos que permiten hacer un estudio mucho más completo sobre el modelo que se desea simular, como por ejemplo el área de trabajo en la que se define el modelo y sus componentes; editor grafico con unas bibliotecas que permiten una mejor presentación visual del modelo; resultados que es una interfaz que facilita la administración, el manejo y el análisis de la información.

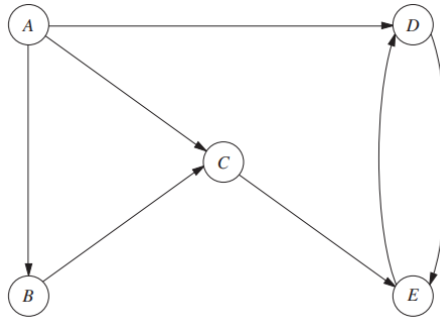
Marco teórico

En el marco teórico se expone el soporte contextual de las técnicas y herramientas que fueron utilizadas para el planteamiento del problema de investigación y su posterior solución.

Hillier y Lieberman, (1991) afirman que: Una representación de redes proporciona un poderoso apoyo visual y conceptual para mostrar las relaciones entre las componentes de los sistemas, de tal modo que se usa casi en todos los ámbitos científicos, sociales y económicos. Los problemas de redes pueden clasificarse esencialmente en cinco áreas: ruta más corta, flujo máximo, árbol de expansión mínima, flujo a costo mínimo y, planeación y control de proyectos. (p. 331)

Según Obregón, (2005): El problema de la ruta más corta, es considerado por los investigadores como un problema central dentro del área de redes, debido a la variedad de aplicaciones prácticas, a la existencia de métodos de solución eficientes y a la aplicación de subrutinas en la búsqueda de una buena solución en problemas complejos. Sin embargo, en las asignaturas en las cuales se abordan esta clase de problemas, suele presentarse de manera simplificada y poco clara, es decir, a menudo no se reconoce o no se subraya la importancia que tiene el estudio de este tipo de problemas tanto su aspecto teórico y por la gran diversidad de aplicaciones. (p. III)

Hillier y Lieberman, 1991 en su libro exponen que: Una red consiste en un conjunto de puntos y un conjunto de líneas que unen ciertos pares de puntos. Los puntos se llaman nodos (o vértices); las líneas se llaman arcos (o ligaduras, aristas o ramas). Los arcos se etiquetan al dar el nombre de los nodos en sus puntos terminales; los arcos de una red pueden tener un flujo de algún tipo que pase por ellos. La dirección se indica al agregar una cabeza de flecha al final de la línea que representa el arco. Cuando se etiqueta un arco dirigido con el nombre de los nodos que unen, siempre se pone primero el nodo de donde viene y después el nodo hacia dónde va, esto es, un arco dirigido del nodo A al nodo B debe etiquetarse como AB y no como BA. Otra manera de etiquetarlo es $A \rightarrow B$. (p. 333). La figura 1. expuesta a continuación muestra la distribución de una red dirigida nombrando los nodos que la unen.

Figura 1*Figura de la Red*

Fuente: Hillier y Lieberman, 1991

Nota: la figura muestra la distribución de una red dirigida, se puede observar que DE–ED es un ciclo (dirigido) porque DE y ED son arcos distintos.

Dentro de la teoría de redes se manejan diferentes términos que resultan de gran importancia para su entendimiento, como, por ejemplo: Gráfica No Dirigida, que según el libro de Obregón (2005), se define como: Un par no ordenado de nodos, las conexiones son bidireccionales, es decir, el orden no importa.

$G = (V, E)$, donde:

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}$$

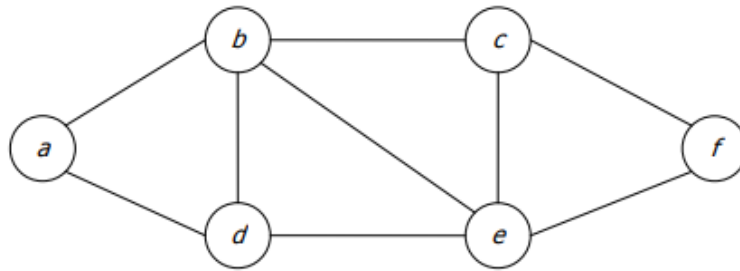
$$E = \{(a, b), (a, d), (b, c), (b, d), (b, e), (c, e), (c, f), (d, e), (e, f)\}$$

Sin embargo, como el orden de los arcos no importa el arco (a, b) también puede considerarse como (b, a), siendo lo mismo para todos los demás arcos, (p. 4)

En la figura 2 se puede observar un ejemplo de una gráfica no dirigida en la que el orden de sus conexiones no cobra mayor importancia.

Figura 2

Gráfica no Dirigida



Fuente: Obregón, 2005

Nota: La figura muestra una gráfica no dirigida, que se caracteriza por que el orden de las conexiones no tiene importancia.

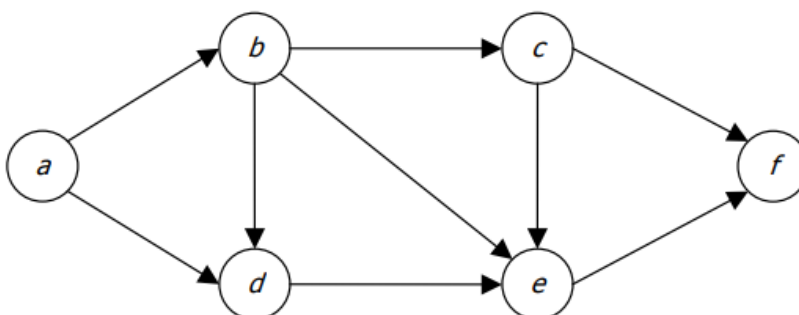
Continuando con Obregón (2005), podemos definir la gráfica dirigida o Digráfica como:
 Una gráfica en la que un arco es un par ordenado. Esto es, si (a, b) es un arco dirigido, entonces a es el nodo inicial (el arco sale del nodo) y b es el nodo final (el arco entra al nodo). La conexión es únicamente del nodo inicial al nodo final. Ver figura 3.

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}$$

$$E = \{(a, b), (a, d), (b, c), (b, d), (b, e), (c, e), (c, f), (d, e), (e, f)\}$$

Figura 3

Gráfica Dirigida o Digráfica



Fuente: Obregón, 2005

Nota: la figura muestra una gráfica dirigida que se caracteriza por que su conexión se da únicamente del nodo inicial al final.

Gráfica Simple, en esta considera un nodo fuente (únicamente salen arcos) y un nodo sumidero (únicamente entran arcos). No existen arcos múltiples, es decir, dos nodos están conectados por un arco o por ninguno, tampoco existen rizos, esto es, ningún nodo está conectado a sí mismo por un arco. Gráfica Múltiple en la que existe la posibilidad de varios arcos entre el mismo par de nodos. Gráfica Conectada, en la que todos los nodos están conectados

directa o indirectamente a todos los demás nodos, esto es, existe una ruta desde cualquier nodo a cualquier otro nodo de la red. (p 4-5).

Teoría de la ruta más corta

Para Obregón (2005) el problema de la ruta más corta es fundamental en muchas áreas, como la investigación de operaciones, la ciencia de la computación y la ingeniería, debido a diferentes razones como por ejemplo la existencia de métodos de solución eficientes en cuanto a tiempo y costos; cuando no se tienen conocimientos sobre una red se pueden iniciar estudios de modelos complejos con diferentes algoritmos para conocer aspectos relevantes de dicha red, además se utiliza con frecuencia en subrutinas para la solución de problemas combinatorios, así en el caso de problemas para los que no se existe un algoritmo exacto, los algoritmos empleados en la ruta más corta pueden dar como resultado soluciones eficientes con resultados muy positivos.

Algoritmos de la ruta más corta

Según lo expuesto en el libro de Hillier y Lieberman, (1991), los algoritmos relacionados a la ruta más corta son: Objetivo de la n -ésima iteración: encontrar el n -ésimo nodo más cercano al origen. (Este paso se repetirá para $n = 1, 2, \dots$ hasta que el n -ésimo nodo más cercano sea el nodo destino.). Datos de la n -ésima iteración: $n - 1$ nodos más cercanos al origen —que se encontró en las iteraciones previas—, incluida su ruta más corta y la distancia desde el origen. (Estos nodos y el origen se llaman nodos resueltos; el resto son nodos no resueltos.). Candidatos para n -ésimo nodo más cercano: cada nodo resuelto que tiene conexión directa por una ligadura con uno o más nodos no resueltos proporciona un candidato, esto es, el nodo no resuelto que tiene la ligadura más corta. (Los empates proporcionan candidatos adicionales.).

Cálculo del n-ésimo nodo más cercano: para cada nodo resuelto y sus candidatos, se suma la distancia entre ellos y la distancia de la ruta más corta desde el origen a este nodo resuelto. El candidato con la distancia total más pequeña es el n-ésimo nodo más cercano —los empates proporcionan nodos resueltos adicionales—, y su ruta más corta es la que genera esta distancia. (p. 336).

Teoría del árbol de expansión mínima

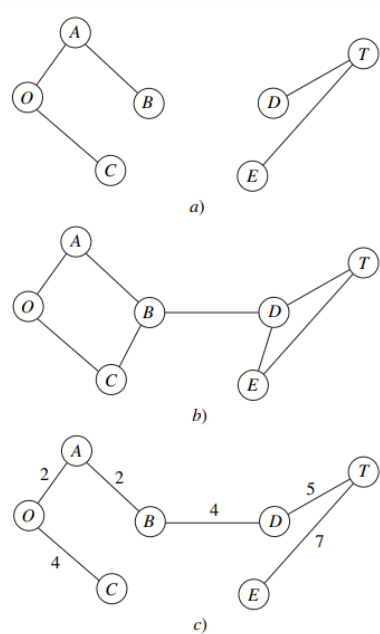
El problema del árbol de expansión mínima se puede resumir de la siguiente manera, según el libro de Hillier y Lieberman, 1991: 1. Se tienen los nodos de una red, pero no las ligaduras. En su lugar se proporcionan las ligaduras potenciales y la longitud positiva de cada una si se insertan en la red. 2. Se desea diseñar la red con suficientes ligaduras para satisfacer el requisito de que haya un camino entre cada par de nodos. 3. El objetivo es satisfacer este requisito de manera que se minimice la longitud total de las ligaduras insertadas en la red.

Algunas aplicaciones de estos árboles son: 1. Diseño de redes de telecomunicación (redes de fibra óptica, de computadoras, telefónicas, de televisión por cable, etcétera). 2. Diseño de redes de transporte para minimizar el costo total de proporcionar las ligaduras (vías ferroviarias, carreteras, etcétera). 3. Diseño de una red de líneas de transmisión de energía eléctrica de alto voltaje. 4. Diseño de una red de cableado de equipo eléctrico —como sistemas de cómputo— para minimizar la longitud total de cable. 5. Diseño de una red de tuberías para conectar varias localidades. (p. 340-341).

En la figura 4 se puede observar el concepto de árbol de expansión.

Figura 4

Concepto de árbol de expansión mínima: a) no es un árbol de expansión; b) no es un árbol de expansión; c) árbol de expansión



Fuente: Hillier y Lieberman, 1991

Nota: La figura explica que a no es un árbol de expansión ya que los nodos O, A, B y C no están conectados con los nodos D, E y T. b no es un árbol de expansión porque posee dos ciclos (O-A-B-C-O y D-T-E-D).

Algoritmos de la teoría del árbol de expansión mínima

Hillier y Lieberman, (1991) exponen en su libro un algoritmo del problema de expansión mínima, que se compone de los siguientes pasos: 1. Se selecciona, de manera arbitraria, cualquier nodo y se conecta, es decir, se agrega una ligadura al nodo distinto más cercano. 2. Se identifica el nodo no conectado más cercano a un nodo conectado y se conectan estos dos nodos, esto es, se agrega una ligadura entre ellos. Este paso se repite hasta que todos los nodos están conectados. 3. Rompimiento de empates: los empates del nodo más cercano distinto (paso 1) o del nodo no conectado más cercano (paso 2), se pueden romper en forma arbitraria, pero el algoritmo debe llegar a una solución óptima. No obstante, estos empates son señal de que pueden existir (pero no necesariamente) soluciones óptimas múltiples. Todas esas soluciones se pueden identificar si se trabaja con las demás formas de romper los empates al final. (p. 342).

Técnica de evaluación y revisión de proyectos – PERT

Para Fernández, (s.f) la técnica PERT al igual que el diagrama de Gantt parte de: La descomposición del proyecto en una serie de actividades u obras parciales, donde la actividad se entiende como la ejecución de una tarea, que exige para su realización la utilización de recursos (mano de obra, maquinaria, materiales, etc.), un suceso es un acontecimiento, un punto en el tiempo, una fecha en el calendario, este suceso no consume recursos, solo nos indica el inicio y el fin de una actividad. Para representar las diferentes actividades en que se descompone un proyecto, así como sus sucesos, se utiliza una estructura grafo, los arcos del grafo representan las actividades, y los vértices, los sucesos. (párr. 2).

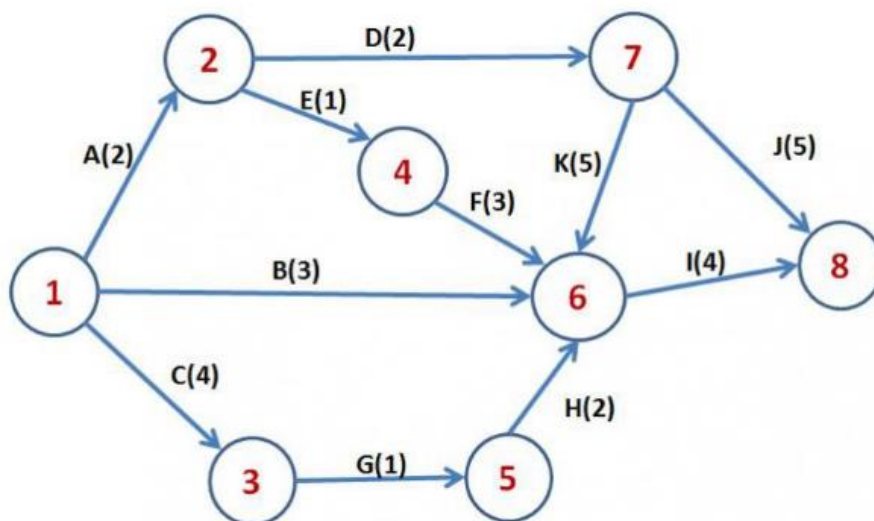
Si las actividades son A, B, C y D. para poder iniciar las actividades B, C y D es necesario que haya finalizado la actividad A. El vértice que representa el final de la actividad A,

a su vez, es el comienzo de la actividad B. Una vez se descompone el proyecto en actividades, la fase siguiente del método PERT consiste en establecer las prelacións existentes entre las diferentes actividades. Estas relaciones indican el orden en que deben ejecutarse dichas actividades. Por razones de tipo técnico, económico o jurídico, las diferentes actividades que constituyen un proyecto deben ejecutarse según un cierto orden. Dentro de los objetivos de esta técnica encontramos: ayudar a la planeación y control de un proyecto, determinar la probabilidad de cumplir con fechas de entregas específicas, identificar aquellas actividades que es más probable que se conviertan en cuellos de botella, calificar actividades y analizar los tiempos, evaluación de los efectos de los cambios en el proyecto, entre otras. Entre sus ventajas encontramos que es un método sencillo, idóneo para proyectos complejos, proporciona varios planes de ejecución, y dentro de sus desventajas hallamos, que solo admite relaciones de tipo final/comienzo, con demora nula, además de que utiliza un método de representación gráfica como complemento. (p. 4-5).

La figura 5 expone el esquema del diagrama PERT con rutas, puntos críticos y tiempos.

Figura 5

Diagrama de PERT



Fuente. Sinnaps (s.f.)

Nota. La figura muestra el esquema de un diagrama PERT, en el que se establecen las rutas críticas, ofreciendo una comprensión gráfica de los requisitos de tiempo y la prelación entre tareas, permitiendo la toma de decisiones teniendo en cuenta la secuencia de las mismas.

Redes neuronales

Según Cevallos (2004) considera que una red neuronal tiene: Una capa de entrada y una capa de salida y dependiendo de su uso, se tendrá una o más capas ocultas (intermedias), cada capa tiene su respectiva función de activación y salida para poder trans.f.ormar una entrada en salida. Las redes de neuronas artificiales tienen un mecanismo de aprendizaje, que se basa en el criterio de prueba y error, es decir, que se aplica una función para determinada entrada y si no se obtiene la salida buscada; se vuelve a probar la red variando los datos; este proceso se repite hasta obtener la salida buscada; si no se llega a la solución con una red se debe hacer uso de otro algoritmo.

Una vez que se ha logrado la salida buscada, se culmina la etapa de aprendizaje de la red y ahora se puede dar a la red una entrada cualquiera entonces la red opera y obtiene la salida respectiva según las funciones de la red entrenada. Dentro de las redes neuronales se destacan dos modelos, los supervisados (Perceptrón, Backpropagation BP, Adalina, LVQ, GRNN, Perceptrón Multicapa, Madalina) y los no supervisados (Realimentación de Hopfield y el Unidireccional de Mapas de Kohonen); siendo el más utilizado el de la Red Backpropagation. (p. 32)

Mitich, (2001) expone en su escrito que: Las redes neuronales son más que otra forma de emular ciertas características propias de los humanos, como la capacidad de memorizar y de asociar hechos. Si se examinan con atención aquellos problemas que no pueden expresarse a través de un algoritmo, se observará que todos ellos tienen una característica en común: la experiencia. El hombre es capaz de resolver estas situaciones acudiendo a la experiencia acumulada. Así, parece claro que una forma de aproximarse al problema consista en la construcción de sistemas que sean capaces de reproducir esta característica humana. En definitiva, las redes neuronales no son más que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, que es el ejemplo más perfecto del que disponemos para un sistema que es capaz de

adquirir conocimiento a través de la experiencia. Una red neuronal es un nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona. (p. 4).

Ventajas de la red neuronal

Para Mitich (2001), las neuronas artificiales se asemejan mucho al cerebro humano, lo que hace que posea ciertas ventajas como por ejemplo: El aprendizaje adaptativo; auto - organización, ya que puede crear su propia representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje; tolerancia a fallos, operación en tiempo real, ya que se pueden realizar en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad; fácil inserción dentro de la tecnología existente, se pueden obtener chips para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. (p. 8)

Función de entrada (input function) en la red neuronal

Mitich (2001), expone que: la neurona trata a muchos valores de entrada como si fueran uno solo; esto recibe el nombre de entrada global. Por lo tanto, ahora nos enfrentamos al problema de cómo se pueden combinar estas simples entradas (in_{i1}, in_{i2}, \dots) dentro de la entrada global, gin_i . Esto se logra a través de la función de entrada, la cual se calcula a partir del vector entrada. La función de entrada puede describirse así:

$$input_i = (in_{i1} * w_{i1}) * (in_{i2} * w_{i2}) * \dots * (in_{in} * w_{in}) \text{ (p. 12)}$$

Función de activación (activation function) en la red neuronal

Mitich (2001), resalta que las neuronas artificiales tienen diferentes estados de activación: Las neuronas artificiales tienen diferentes estados de activación; algunas de ellas solamente dos, al

igual que las biológicas (activa o inactiva), pero otras pueden tomar cualquier valor dentro de un conjunto determinado. La función activación calcula el estado de actividad de una neurona; transformando la entrada global (menos el umbral, Θ_i) en un valor (estado) de activación, cuyo rango normalmente va de (0 a 1) o de (-1 a 1). Esto es así, porque una neurona puede estar totalmente inactiva (0 o -1) o activa (1), (p. 14).

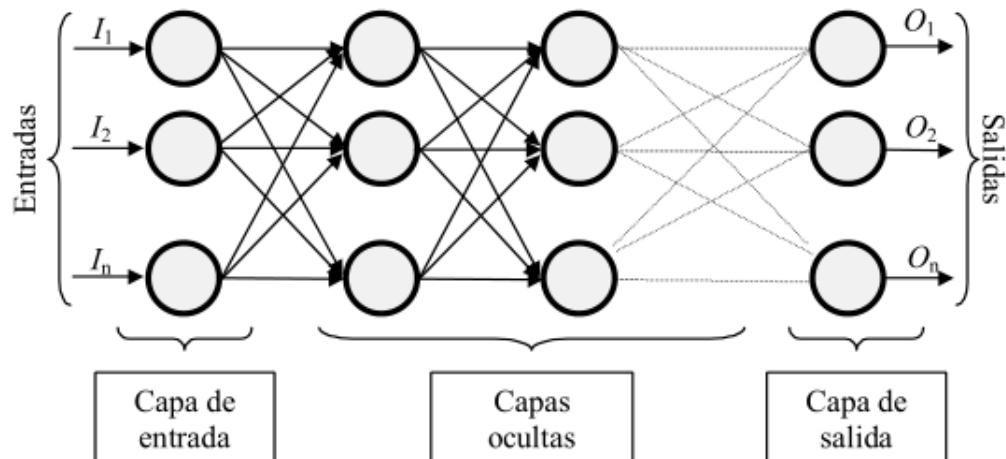
Función de salida (output function) en la red neuronal

La función de salida para Mitich (2001) es: Un valor se transmite a las neuronas vinculadas. Si la función de activación está por debajo de un umbral determinado, ninguna salida se pasa a la neurona subsiguiente. Normalmente, no cualquier valor es permitido como una entrada para una neurona, por lo tanto, los valores de salida están comprendidos en el rango [0, 1] o [-1, 1].

También pueden ser binarios {0, 1} o {-1, 1}. (p. 15).

Niveles o capas de una red neuronal

Mitich (2001) describe la distribución de las neuronas de la siguiente manera: La distribución de neuronas dentro de la red se realiza formando niveles o capas, con un número determinado de dichas neuronas en cada una de ellas. A partir de su situación dentro de la red, se distinguen tres tipos de capas: De entrada, que es la capa que recibe directamente la información proveniente de las fuentes externas de la red. Ocultas que son internas a la red y no tienen contacto directo con el entorno exterior. El número de niveles ocultos puede estar entre cero y un número elevado. De salidas que transmiten información de la red hacia el exterior. (p. 16). La figura 6 muestra la conexión entre las neuronas en la red.

Figura 6*Esquema Red Neuronal***Fuente.** Matich (2001)

Nota. La figura muestra la estructura de una red multicapa, en la que cada neurona está conectada con neuronas de un nivel superior.

Técnica del vecino más cercano KNN

Para Flórez (2008), la técnica del vecino más cercano KNN es: Un método no paramétrico, que se utiliza para predecir o clasificar un nuevo dato basándose en observaciones conocidas o pasadas; se puede definir el problema de la búsqueda del vecino más cercano así: Dado un conjunto de puntos $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ en un espacio métrico X con función de distancia d , permitiendo algún procesamiento de P de manera eficiente y respondiendo a dos tipos de soluciones; el vecino más cercano y el rango. El algoritmo utilizado para la búsqueda del vecino más cercano es de fuerza bruta o exhaustiva, que calcula todas las distancias de un individuo a los individuos donantes y asigna al conjunto de vecinos más cercanos, aquel cuya distancia sea mínima. (p. 51)

Reglas de decisión y selección de la distancia del vecino más cercano

Continuando con el escrito de Flórez, (2008), se describen los métodos de decisión de esta técnica, que se relacionan con la noción de: Proximidad o similitud entre los individuos. El índice de similitud entre individuos más utilizado es la métrica de Minkowski:

$$d(i, j) = (|x_{i1} - x_{j1}|^q + |x_{i2} - x_{j2}|^q + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^q)^{1/p}$$

Con $p = 2$, se tiene la distancia euclídea como:

$$d(i, j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2}$$

Se generaliza la distancia euclídea como:

$$d^2(i, j) = (i - j)'A(i - j)$$

Donde A es una matriz positiva definitiva. Esta métrica satis.f.ace los requisitos matemáticos de distancia:

$$d(i, j) \geq 0, d(i, j) = 0, d(i, j) = d(j, i), d(i, j) \leq d(i, h) + d(h, j)$$

Existen algoritmos que encajan en el esquema de la familia AESA (Approximating Eliminating Search Algorithm) que resultan eficientes cuando la distancia es costosa, el esquema de búsqueda por aproximación y eliminación se resume como: Primero, de entre los individuos del conjunto de entrenamiento, se selecciona un candidato vecino más cercano. Segundo, se calcula la distancia d al individuo en cuestión. Tercero, si la distancia es menor que la del vecino más cercano hasta el momento, d_{nn} , se actualiza el vecino más cercano y se eliminan del conjunto de entrenamiento los individuos que no puedan estar más cerca del vecino más cercano. Cuarto, se repite los pasos anteriores hasta que no queden individuos por seleccionar. (p. 52-58)

Búsqueda exhaustiva para el vecino más cercano

Según Micó (1996), la búsqueda exhaustiva para el vecino más cercano consiste en: Un método trivial para resolver el problema de la búsqueda del vecino más próximo consiste en recorrer la lista de prototipos, para cada prototipo se calcula la distancia a la muestra y se guarda aquel que es más cercano hasta el momento, sin embargo, el coste en número de distancias calculadas es proporcional al tamaño del conjunto de prototipos. En muchos problemas en los que se aplica la técnica de búsqueda de vecinos, este método es prohibitivo debido a que el coste inherente al cálculo de la distancia d puede ser elevado. Como consecuencia, han ido surgiendo en los últimos años una serie de técnicas más sofisticadas que realizan un preproceso para reducir el número de distancias a calcular en la fase de búsqueda a cotas sublineales. Se trata de buscar un compromiso entre el coste (temporal y espacial) asociado al preproceso y el coste de la fase de búsqueda. (p. 10)

Optimización de operaciones

Según el artículo de Addere consulting group (s.f.) la optimización de operaciones: Un modelo que combina: Métodos de Ingeniería como los son la investigación de operaciones, que a su vez es una rama de las matemáticas que consiste en el uso de modelos matemáticos, estadística y algoritmos que son útiles en el proceso de toma de decisiones con el fin último de optimizar o mejorar su manera de funcionar. La investigación de operaciones permite analizar la toma de decisiones basándose en los escasos recursos, a fin de encontrar la solución más eficiente para lograr optimizar un objetivo plenamente definido como puede ser la maximización de recursos o beneficios o la minimización de los costos. Métodos de la Administración de Operaciones, esta a su vez se encarga de investigar la ejecución de todas las actividades posibles a fin de generar un

mayor valor agregado mediante la planificación, la organización, la dirección y el control en la producción de bienes y servicios a fin de aumentar la calidad, la productividad, satisfacer las necesidades del cliente y disminuir eficientemente los costos. Su principal objetivo es encontrar una ventaja competitiva. Dirección de Operaciones: consiste en planificar, organizar, gestionar, dirigir y controlar, las operaciones a efecto de lograr optimizar la función de producción y el servicio, el modelo permite optimizar los procesos y sus operaciones utilizando herramientas de mejora continua tomando como pilares del modelo, la integración de sistemas de calidad, tecnologías de la información y de innovación tecnológica mediante por medio de las cuales se pretende generar una mayor competitividad para que se vea reflejado en el incremento de utilidades y un mayor posicionamiento en el mercado. La optimización de operaciones se aplica a todas las empresas que deseen mejorar la gestión y el control de sus operaciones, esta permite minimizar los riesgos de decisión estratégica, anticiparse a los inconvenientes y evaluar el impacto real de las decisiones. (párr. 1)

Simulación

Según Hillier y Lieberman (1991) la simulación juega un papel bastante importante en la investigación de operaciones, ya que: Un modelo de simulación cumple la función de sintetizar la construcción de cada componente y evento, después el modelo corre el sistema simulado a fin de obtener observaciones estadísticas que dan muestra del desempeño de dicho sistema como resultado de los eventos que se generaron de manera aleatoria; es necesario de estos procesos de simulación se lleven a cabo a través de una computadora debido a que estas simulaciones requieren del procesamiento de una gran cantidad de datos. En la investigación de operaciones es necesario seguir una serie de pasos cuando se va a hacer uso de la simulación, dentro de estos pasos se destacan: Realizar un análisis teórico preliminar, se hace uso de la simulación para

experimentar y valorar el desempeño real, cuando se elige el diseño, se hace una prueba al sistema real a fin de ajustar detalles. Para preparar la simulación de un sistema complejo, es necesario contar con un modelo de simulación detallado que consta de varios bloques de construcción: 1. Definir el estado del sistema. 2. Identificar los estados posibles que pueden ocurrir dentro de sistema. 3. Identificar los eventos posibles que pueden cambiar el estado del sistema. 4. Contar con un reloj de simulación. 5. Un método para generar los eventos de manera aleatoria. 6. Una fórmula para identificar las transiciones de los estados que generan los diferentes tipos de eventos.

Es posible que se sean necesarias varias simulaciones para poder obtener estimaciones más exactas a cerca del desempeño del sistema. La simulación usualmente se utiliza cuando el sistema a resolver es bastante complejo para encontrar una solución de manera analítica. (p. 871 – 872)

García, García & Cárdenas (2013), definen la simulación como: Un conjunto de métodos y aplicaciones que intentan imitar el comportamiento real de un sistema, haciendo uso de computadoras y software. Según el tipo de ecuaciones matemáticas que componen los modelos de simulación estos se pueden clasificar en modelos continuos en los que la relación de las variables se define mediante el uso de ecuaciones diferenciales, permitiendo conocer el comportamiento de las mismas en determinado tiempo y los modelos discretos en los que se utilizan ecuaciones evaluadas en un punto determinado para analizar las variables que realmente interesan dentro de un sistema analizando su cambio respecto del tiempo bajo situaciones determinadas. (p. 2)

Para García, García & Cárdenas (2013), existen otros conceptos importantes dentro de la simulación como lo son: Sistema que es un de un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo; estos a su vez pueden dividirse en elementos que son relevantes dentro de la construcción de un sistema de simulación; entre ellos se tienen las entidades, que es la representación de los flujos de entrada y salida en un sistema; cuando entran al sistema son responsables de su cambio. El estado del sistema es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento de tiempo determinado. Un evento es un cambio en el estado actual del sistema, estos eventos a su vez se descomponen en eventos actuales (aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado), y eventos futuros (cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de simulación). Las localizaciones son todos aquellos lugares en los que la pieza puede detenerse para ser trans.f.ormada o esperar a serlo. Los recursos son aquellos dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación. Un atributo es una característica de una entidad como color, peso, tamaño o cilindraje. Las variables son condiciones cuyos valores pueden ser modificados por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. El reloj de la simulación es el contador de tiempo de la simulación. (p. 4)

Ventajas y desventajas de la simulación

García, García & Cárdenas (2013), en su libro mencionan las siguientes ventajas y desventajas relevantes de la simulación: Ventajas: Herramienta útil para conocer el impacto de los cambios en determinado proceso sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad. Brinda conocimiento del proceso actual, permitiendo ver cómo se comporta el modelo frente a diferentes escenarios. Se puede utilizar como medio de capacitación para tomar decisiones. Es más económico que realizar cambios reales en los procesos. Permite probar y evaluar diferentes escenarios a fin de encontrar las condiciones para los procesos. Es bastante útil en procesos bastante complejos. Los

paquetes de software para simulación facilitan su utilización. Desventajas: La simulación no es una herramienta de optimización, Esta puede ser costosa cuando es utilizada para resolver problemas muy sencillos en lugar de hacer uso de soluciones analíticas; un buen estudio de simulación requiere de bastante tiempo y es necesario que el analista tenga un buen dominio del paquete de simulación. (p. 9-10).

Pasos para realizar un estudio de simulación

García, García & Cárdenas (2013), consideran que es necesario tener en cuenta diferentes parámetros a la hora de realizar un estudio de simulación, entre los que resaltan: Primero: definir, en esta etapa es necesario conocer el sistema a modelar, para lo que es necesario conocer el origen del estudio y el establecimiento de los supuestos del mismo. Además de ellos es necesario definir las variables, la interacción entre estas, los alcances y las limitaciones. Segundo: generar un modelo de simulación base, cuando ya se cuente con el modelo conceptual se genera la simulación base, no es necesario que sea muy detallado ya que requiere de mucha información estadística sobre el comportamiento de las variables. Tercero: recolectar y analizar datos, aquí se establece que información puede ser útil para cada una de las variables que se necesitan dentro de la simulación. Cuarto: generar el modelo preliminar, en esta etapa la información obtenida en los pasos anteriores se integra para generar un modelo lo más cercano a la realidad de la problemática a simular, cuando esta etapa está terminada el modelo está listo para realizar su primera prueba. Quinto: verificar el modelo, cuando se han identificado las distribuciones de probabilidad de las variables y se han implantado los supuestos acordados, se realiza un proceso de verificación para comprobar que todos los parámetros utilizados funcionen de manera correcta. Sexto: validar el modelo, esta etapa consiste en realizar pruebas con información de entrada que sea real para observar el comportamiento del sistema y analizar los

resultados. Séptimo: generar el modelo final en esta etapa ya se puede realizar la simulación y estudiar el comportamiento del proceso simulado. Octavo: determinar los escenarios para el análisis, se acuerdan escenarios a analizar, se hace uso de un escenario pesimista, uno optimista y uno intermedio. Noveno: análisis la sensibilidad, cuando se tienen los resultados de los escenarios se realizan pruebas estadísticas para comparar dichos escenarios y establecer cual se acopla mejor al sistema. Decimo: realizar documentación del modelo, sugerencias y conclusiones, una vez se tiene el análisis de los resultados se efectúa la documentación correspondiente, allí se incluyen los supuestos del modelo generado, sus variables, alcances, límites, se incluyen sugerencias sobre el uso del modelo y los resultados obtenidos, y por ultimo las conclusiones. (p. 12 – 15)

ProModel

Según el manual de ProModel (s.f.), se destacan algunas aplicaciones relevantes de dicho software como lo son, “líneas de ensamble, sistemas de manufactura flexible, producción por lotes, justo a tiempo y Sistemas de producción KANBAN, sistemas de cola y optimización de la distribución en planta y el manejo de materiales”. (p. 1).

Como construir un modelo en ProModel

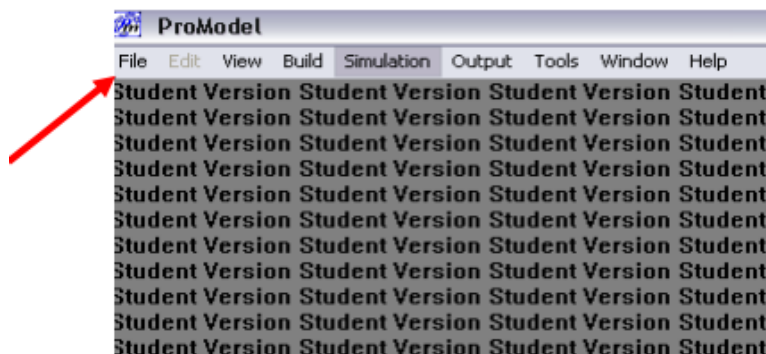
En el manual de ProModel (s.f.) se describen aspectos importantes que hacen parte de la interfase del software, y que son fundamentales para su manejo y comprensión, la pantalla de inicio cuenta con 9 opciones, ver figura 7; entre estas opciones las más relevantes son:

Opción FILE, donde se pueden encontrar los módulos para realizar un nuevo modelo y darle características específicas como las unidades de tiempo y distancia, además de ello se encuentran módulos como abrir, guardad, salir entre otros, ver figura 8 y 9. Opción VIEW con la

que se puede establecer las condiciones de la pantalla de trabajo como tamaño, color, cuadrícula etc., ver figuras 10. Opción BUILD, donde se encuentran todos los módulos para poder crear un nuevo modelo de simulación, a su vez dentro de esta opción se encuentran los módulos de Locations (lugares fijos del sistema como maquinas, estaciones de trabajo, colas, etc.), módulo de Entities (referente a los artículos que se procesan dentro del sistema como materias primas, piezas, cargas, productos terminados etc.), modulo Path Networks (definen la trayectoria por donde los recursos y las entidades pueden desplazarse a través del sistema), modulo Resources (puede ser una persona, una herramienta, un vehículo u otro objeto que pueda servir de auxilio para la entidad o la locación), modulo Processing (define la secuencia del proceso y la manera en la que las entidades fluirán dentro de cada locación establecida, relaciona el tiempo y los recursos dispuestos para la operación), modulo Arrivals (aquí se introduce toda la información que se refiere a la manera en la que las entidades entraran al sistema), (p. 6 – 22). Ver figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Figura 7

Pantalla de inicio de ProModel

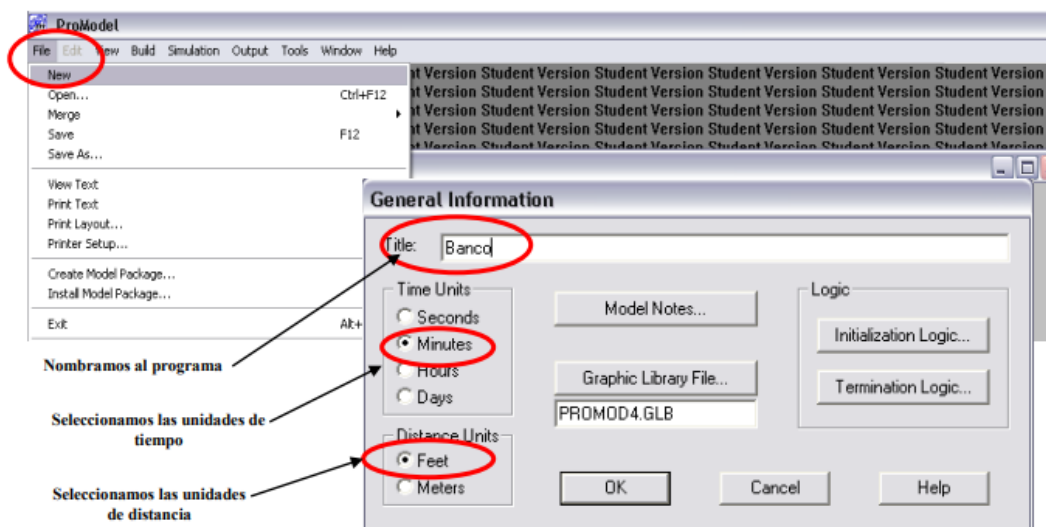


Fuente. Manual ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra las 9 opciones con las que cuenta la pantalla de inicio del software ProModel.

Figura 8

Opción FILE ProModel

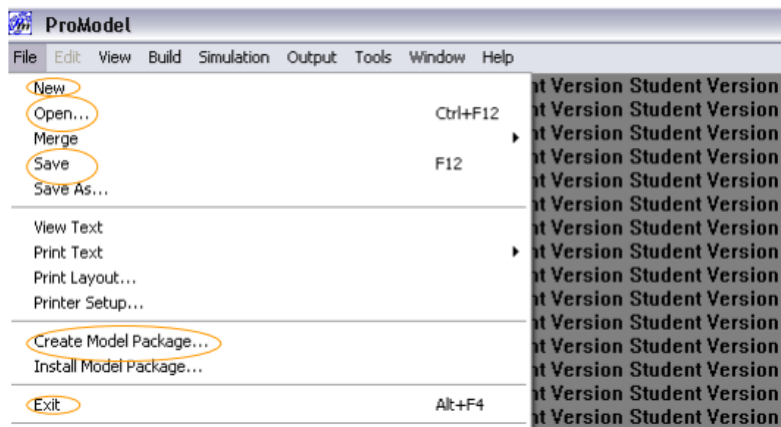


Fuente: Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la opción FILE y el módulo NEW con la que podemos generar un nuevo modelo, añadiendo nombre y las características de tiempo y distancia a utilizar.

Figura 9

Opción FILE ProModel

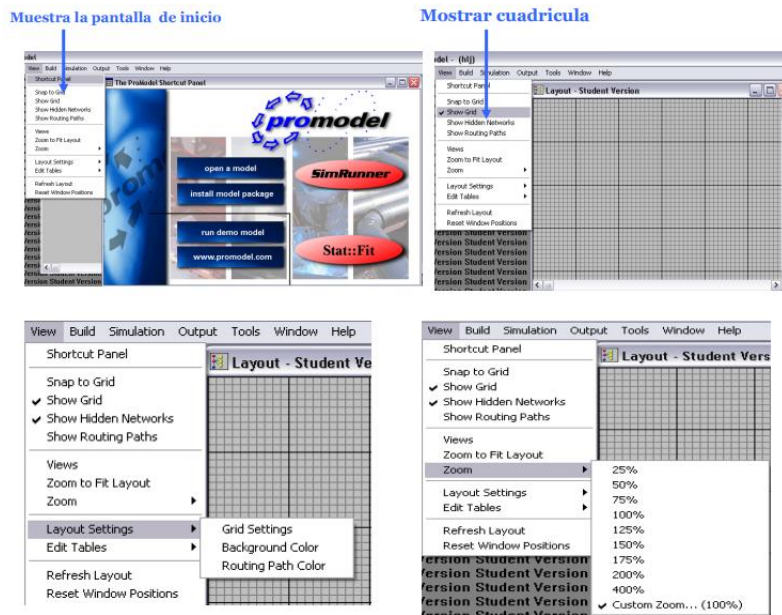


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la opción FILE en la que se puede encontrar los módulos de nuevo, abrir, guardar, salir y la opción que es Create Model Package para crear un paquete del modelo que sea transportable con gráficas, así como con los dibujos insertados.

Figura 10

Opción VIEW ProModel

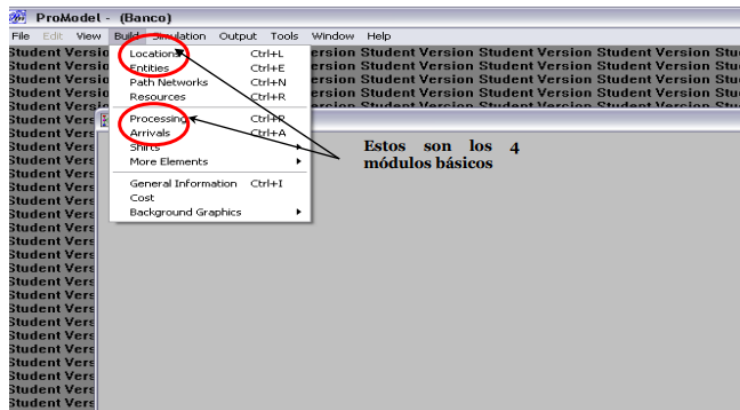


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la opción VIEW, que posee módulos para crear una vista o ambiente de trabajo como hacer más grande la pantalla o reducirla, permitir o no cuadrícula, cambiar color de la pantalla, ver rutas y procesos, entre otros.

Figura 11

Opción *BUILD ProModel*



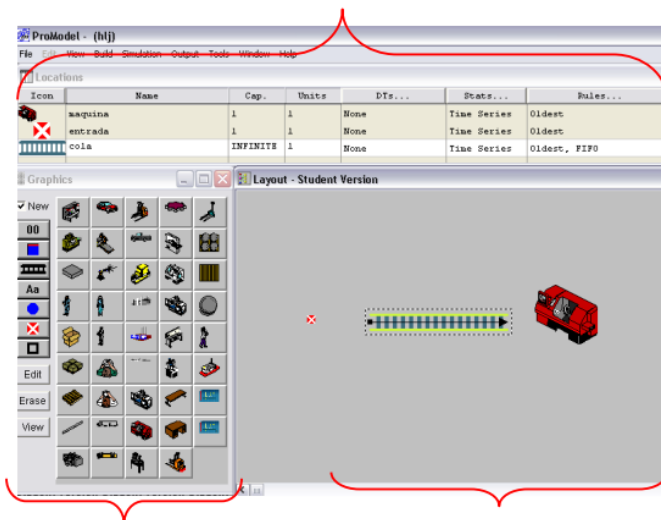
Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la opción BUILD, y resalta los módulos más relevantes dentro de esta que son locations, entities, processing y arrivals.

Figura 12

Opción BUILD_LOCATIONS ProModel

En esta parte se da nombre y características a las locaciones, como es: capacidad, unidades, (cuantas localidades de ese tipo va a haber) unidades de tiempo, especificamos series de tiempos, reglas.



De aquí se toman las locaciones, se da click en un botón y se arrastra a hacia la parte del layout donde queremos que se localice.

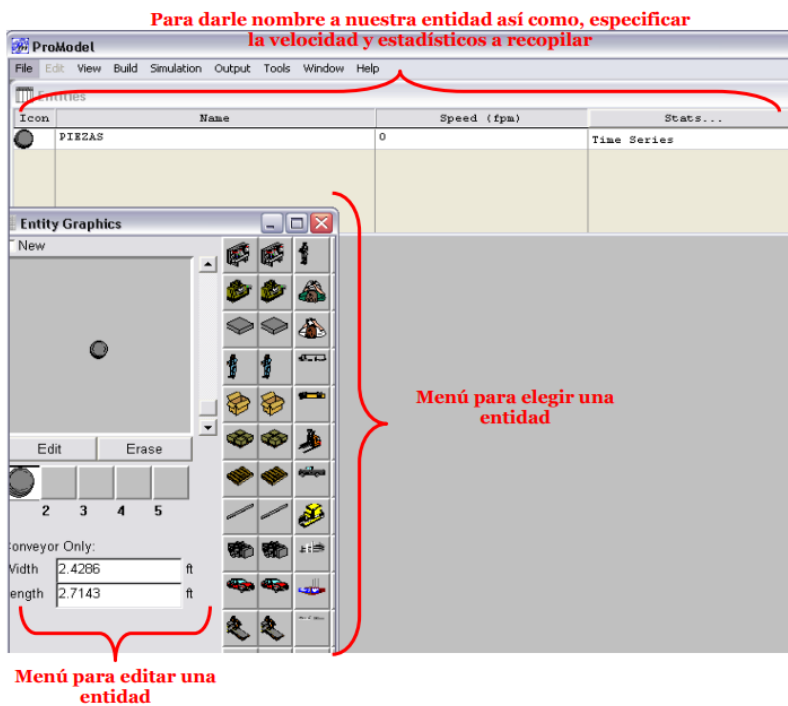
Layout donde se sitúan las locaciones

Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Locations que hace parte de la opción BUILD, Locations fijos en el sistema como maquinas.

Figura 13

Opción BUILD_ENTITIES ProModel

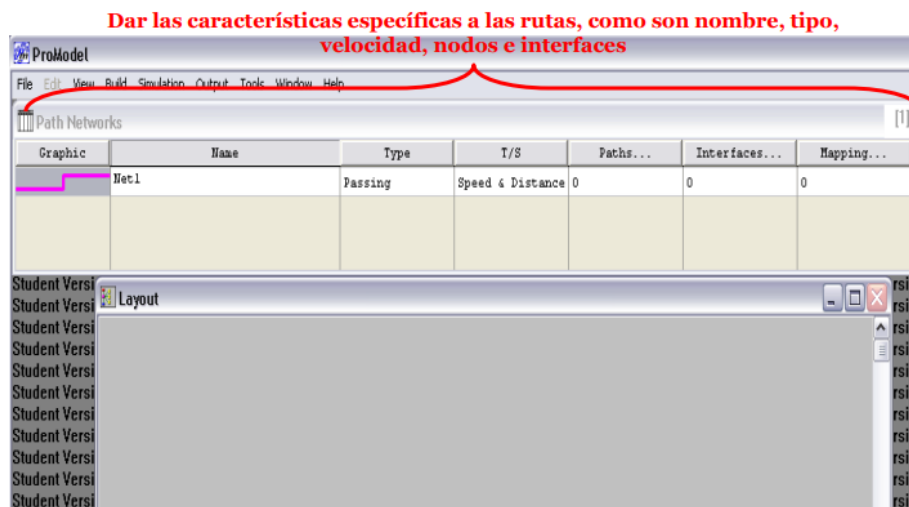


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Entities que hace parte de la opción BUILD, se conoce como Entities a los artículos que se procesan en el sistema.

Figura 11

Opción BUILD_PATH_NETWORKS ProModel



Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Path Networks que hace parte de la opción BUILD, este se refiere a las trayectorias posibles donde las entidades y los recursos pueden viajar al moverse a través del sistema.

Figura 12

Opción *BUILD_RESOURCES* ProModel

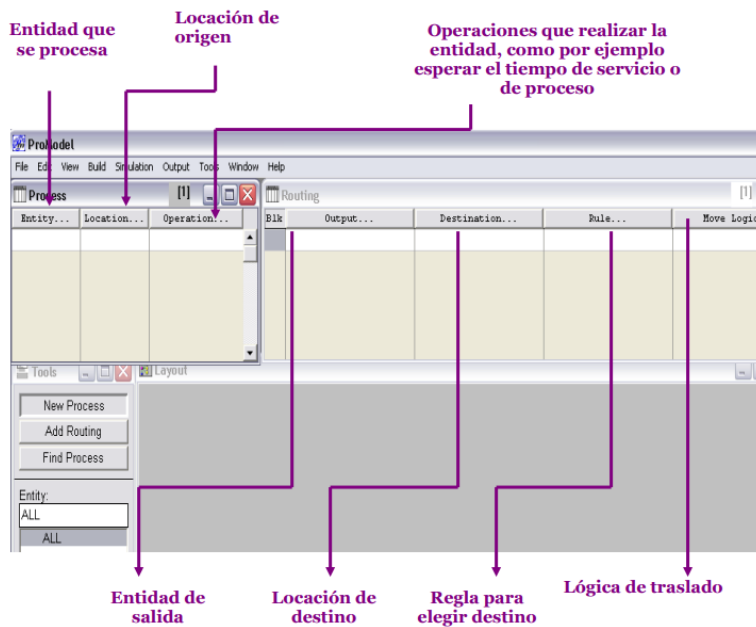


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Resources que hace parte de la opción BUILD.

Figura 16

Opción BUILD PROCESSING ProModel

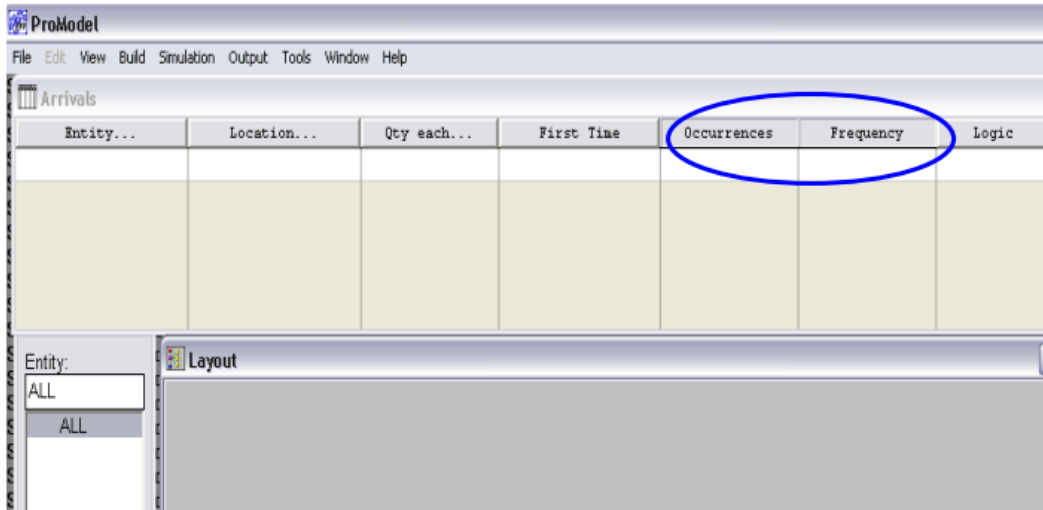


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Processing que hace parte de la opción BUILD, este módulo define la secuencia del proceso y la lógica en la que fluirán las entidades en el sistema.

Figura 17

Opción BUILD ARRIVALS ProModel



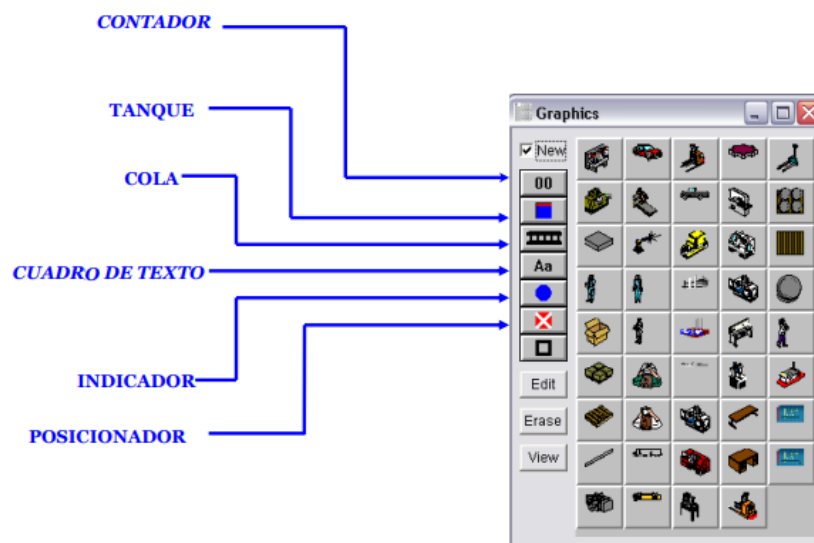
Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra el módulo Arrivals de la opción BUILD, en este se introduce la información referente a la manera en la llegan las entidades al sistema.

Existen algunos gráficos que realizan algunas funciones específicas ver figura 18, el manual de ProModel (s.f.) destaca dentro de estas funciones gráficos como: Contador, que indica el número de entidades que se encuentran en una locación específica, ver figura 19; cola que cumple dos funciones la primera trabajar como cola especificando la prioridad de entrada en el sistema y la segunda trabajar como banda con el fin de transportar sin tener en cuenta prioridad de llegada al sistema, ver figura 20; indicador que se encarga de señalar cuando la locación está ocupada o no, esta cambia de color dependiendo de su estado, ver figura 21, posicionador que ayuda a visualizar a las entidades cuando llegan a una determinada locación, ver figura 22. (p. 12 – 16)

Figura 18

Funciones específicas ProModel



Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra algunas funciones específicas del software ProModel como contador, tanque, cola, cuadro de texto, indicador y posicionador, estas hacen mucho más eficiente la simulación del sistema.

Figura 19

Función Contador en ProModel

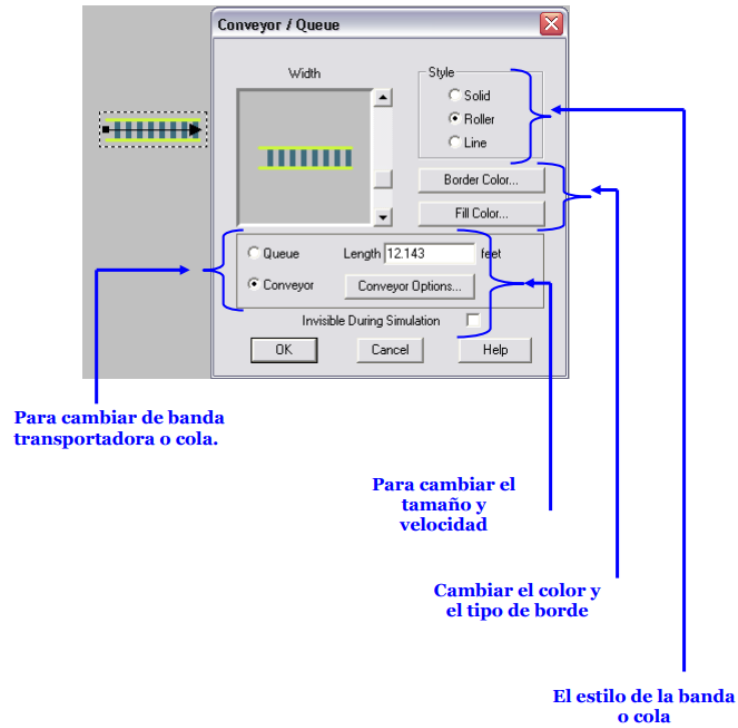


Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la función específica contador, y se especifica los botones donde se pueden hacer modificaciones como el tamaño y el color del botón contador además del tipo, el tamaño y el color de la letra.

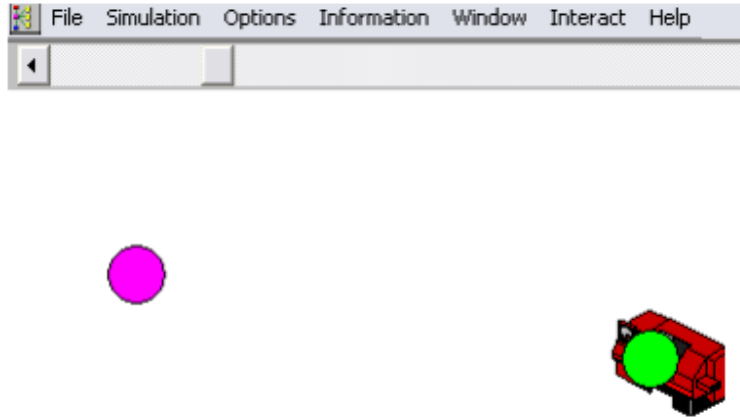
Figura 20

Función Cola en ProModel



Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la función cola y las diferentes opciones existentes como lo con el cambio de cola a banda, el cambio de tamaño y velocidad, y el estilo de la misma (solid, roller, liner).

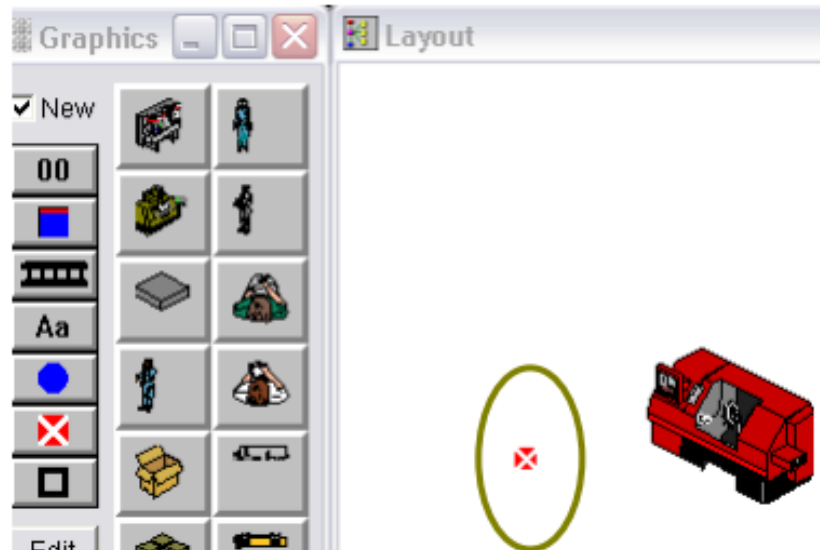
Figura 21*Función Indicador en ProModel*

Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la función indicador de ProModel, que señala el estado de una locación, se puede observar que cambia de color dependiendo del estado.

Figura 22

Función Posicionador en ProModel



Fuente. Manual de ProModel (s.f.)

Nota. La figura muestra la función posicionador que muestra cuando las entidades entran a cierta locación.

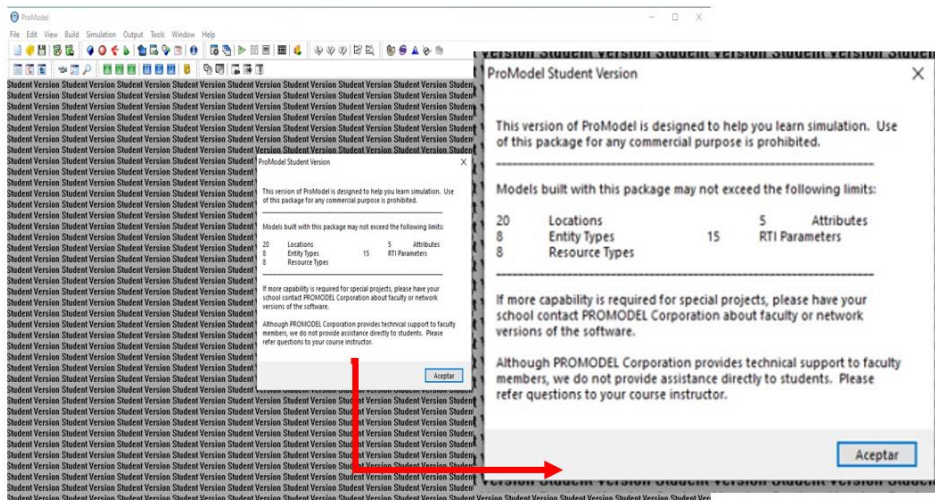
Versión estudiantil de ProModel

ProModel es un programa de simulación de eventos discretos, que es utilizado usualmente para evaluar, planificar o diseñar sistemas de fabricación, almacenaje, logística entre otras operaciones.

Actualmente existe una versión de este software que está especialmente diseñada para uso educativo ProModel 7.5 con descarga gratuita que se caracteriza por presentar capacidades limitadas de sus funciones como por ejemplo 20 locaciones, 8 entidades, 8 recursos, 5 atributos y 15 macros de interfaz de tiempo para ejecución, ver figura 23.

Figura 23

Versión estudiantil ProModel



Fuente. Propia

Nota. La imagen muestra la página principal de ProModel en su versión estudiantil, allí se especifican las limitaciones de uso con las que cuenta respecto a locaciones, entidades, recursos y atributos.

Marco Histórico

Se pueden resaltar fechas importantes para el tema referente a la red neuronal que son realmente representativas como lo resalta Matich, (2001) en su libro Redes neuronales, conceptos básicos y aplicaciones:

En 1936 Alan Turing fue el primero en estudiar el cerebro como una forma de ver el mundo de la computación; en 1949 Donald Hebb se convirtió en el primero en explicar los procesos del aprendizaje, desarrollando una regla de como el aprendizaje ocurría, para el año 1950 Karl Lashley, encontró que la información no era almacenada en forma centralizada en el cerebro, sino que era distribuida encima de él; en el año 1957 Frank Rosenblatt inició el desarrollo del Perceptron, la red neuronal más antigua; un modelo capaz de generalizar, es decir, después de haber aprendido una serie de patrones podía reconocer otros similares, aunque no se le hubiesen presentado en el entrenamiento. En 1960 Bernard Widroff y Marcian Hoff desarrollaron el modelo Adaline (ADAptative LINear Elements), la primera red neuronal aplicada a un problema real. En 1969 Marvin Minsky y Seymour Papert probaron que el Perceptrons no era capaz de resolver problemas relativamente fáciles, en el año 1974 Paulerbos desarrolló la idea básica del algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation). En 1986 David Rumelhart y G. Hinton. redescubrieron el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás (backpropagation). Y a partir de 1986, el panorama fue alentador con respecto a las investigaciones y el desarrollo de las redes neuronales. Actualmente existen un sin número de trabajos que se publican anualmente, las aplicaciones nuevas que surgen (sobre todo en el área de control) y las empresas que lanzan al mercado productos nuevos, tanto hardware como software (sobre todo para simulación). (p. 6-8)

En el año 2004, en España, en la tesis de Margarita y Hurtado (2004) sobre la optimización de la recolección de residuos urbanos mediante el enfoque sistémico, se expone:

El trabajo de investigación se han diseñado y probado modelos basados en el Enfoque Sistémico y la Teoría Estadística de la Agregación, que permiten mejorar significativamente el aprovechamiento de los recursos (vehículos, tripulaciones, etc.) durante la operación de recolección de basura, sea domiciliaria o en puntos específicos del área de recolección. De la revisión bibliográfica sobre el tema se concluyó que, en general, los sistemas de recolección de basura se diseñan y operan basándose en criterios de decisión que limitan fuertemente su habilidad para hacer frente a las numerosas fuentes de variabilidad y, por lo tanto, impiden explotar de la mejor manera los recursos disponibles. Los experimentos realizados validaron estas conclusiones. Los nuevos modelos propuestos, el Modelo de Rutas Agregadas (MRA) y el Modelo Sistémico con restricciones de Tiempo (MST), consideran elementos fundamentales que existen en el mundo real, como son las restricciones de tiempo (Frecuencia de recolección y horas de trabajo de las tripulaciones) y el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. El modelo MRA consiste básicamente en la definición de rutas de tamaño equivalente a la frecuencia de recolección. El modelo MST, se compone de cuatro elementos conceptualmente novedosos para un sistema de recolección de basura: Ruta única, buffer único de equipos, mecanismo de reemplazo de equipos en ruta y mecanismo de control de frecuencia de recolección. La combinación de estos elementos permite que el MST opere siempre de la misma manera y cumpla con la frecuencia exigida en cada punto de la ruta única, independientemente de la variabilidad existente en la cantidad de basura que se genera, la variabilidad en la distribución geográfica y peso de la misma, los obstáculos que aparecen en los recorridos y la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos. (párr. 1)

Vásquez, (2005) presenta un modelo de simulación denominado: Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile, que permite simular el impacto de un plan de gestión de para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile. El modelo fue construido utilizando dinámica de sistemas y programado en Powersim. El modelo integra los diversos componentes participantes, tales como: población, condición socioeconómica, recolección de residuos, vertederos ilegales de residuos, estaciones de trans.f.erencias y rellenos sanitarios. Se concluye que una campaña informativa y funcional, la cual aumenta los residuos reciclados, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en los rellenos sanitarios y en los costos asociados a la producción, recolección y disposición de los residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana de Chile, (párr. 1)

En un artículo publicado en el 2007 por Pineda y Loera, (2007) titulado Bien recolectado, pero mal tratada, el manejo municipal de la basura en la ciudad de Obregón, Hermosillo y Nogales, Sonora, exponen que su trabajo: Hace un acercamiento a la manera cómo los gobiernos municipales manejan la basura desde el punto de vista del enfoque denominado gestión integral de los residuos sólidos. Para ello, primeramente, se revisan el concepto y los tipos de basura, así como las características del modelo de gestión integral de la basura y algunas ideas sobre el papel de los "pepenadores". Posteriormente, se exponen los procesos de recolección y tratamiento de la basura, así como las actividades de reciclaje y pepena que se llevan a cabo en Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales en el estado de Sonora (México). El estudio muestra que los servicios de estas ciudades están abocados principalmente a la etapa de la recolección y no contemplan ni la reducción ni el reciclaje. De las tres ciudades, sólo Hermosillo ha emprendido actividades parciales de reciclado y promoción de la reducción. En lo que se refiere al

tratamiento, únicamente Hermosillo cuenta con un relleno sanitario que funciona adecuadamente, mientras que en Nogales el relleno sanitario con que se cuenta se maneja como tiradero y Ciudad Obregón carece enteramente de un sitio adecuado para el confinamiento de la basura. Por último, se revisa la situación del reciclado informal que hacen los pepenadores y se sugieren medidas a fin de formalizar su labor). (párr. 1).

Para el año 2012, Velazco y Gaitán, (2012), formulan una estrategia para optimizar la recolección de residuos sólidos domiciliarios del municipio de Madrid en Cundinamarca, en dicha estrategia se analizan “los tiempos y volúmenes de recolección de residuos, en unas rutas específicas a fin de establecer las alternativas que permitieran optimizar los procesos de recolección y transporte de los residuos teniendo como base lo estipulado en el PGIRS”. (p. 9)

En el año 2015, se desarrolla en la ciudad de Bogotá para las localidades de Santa Fe y la Candelaria el diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica, en este proyecto el macro y micro ruteo propuesto que permite, según Angulo y Ospina, (2015): La prestación del servicio de aseo a toda la localidad, falencia actual que retrasa el cumplimiento de las metas del plan de inclusión, pero la problemática no solo es el incumplimiento de un documento, si no la mala o nula prestación de un servicio por el cual los usuarios están pagando y los materiales que están llegando al relleno Doña Juana para ser dispuestos, que podrían estar siendo introducidos nuevamente al ciclo productivo; estas situaciones tienen impactos económicos como bajos ingresos a los recicladores y pago por un servicio de mala calidad, impactos ambientales como el aumento de residuos dispuestos y todas las consecuencias que se desprenden de esta práctica, presión sobre los recursos naturales para la producción de materias primas e insumos, impactos sociales ya que si el usuario no se encuentra conforme con el servicio prestado y no evidencia el compromiso por parte de los recicladores y del Estado en

fortalecer al gremio, a fin de que puedan llegar a ser Empresas prestadoras de Servicios Públicos competitivas, productivas y con enfoque social, que permita mejores condiciones de vida para la población recicladora será aún más complejo educar a la población en el manejo adecuado de residuos sólidos. (p. 8)

Estado del Arte

A continuación, se describe el Estado del Arte de proyectos que se han llevado a lo largo de los últimos años, mostrando la cohesión entre la optimización de procesos y el uso de la simulación a fin de promover la toma de decisiones que logren hacer más eficiente y productiva una actividad.

Cevallos (2004), en su artículo titulado Aplicación de redes neuronales para optimizar problemas multirespuesta en mejora de la calidad, expone sobre la aplicación de redes neuronales en problemas multirespuesta para el mejoramiento de la calidad, a partir de un análisis conceptual se establece una aplicación que demuestra la eficacia de las redes neuronales utilizando la red backpropagation con entrenamiento, mediante el algoritmo backpropagation – traingdm, ratificando la ventaja de lo propuesto por Tong y Hsieh en lo que se referente a trabajar con la Red Neuronal Inversa y luego con la Directa, además de la ventaja existente al trabajar con Redes Neuronales frente a los métodos de regresión múltiple ajustados, la función de deseabilidad y otros métodos convencionales, para la solución de Problemas de Optimización Multirespuesta. (p. 31)

Restrepo y Viuche, (2012) en su trabajo de grado denominado diseño de un modelo de simulación utilizando el software ProModel para programar la producción de alimentos concentrados de la empresa Itacol de Occidente Ltda., presenta:

Un caso estudio para la creación de un modelo para la programación de la producción en una empresa del sector alimenticio, específicamente en el subsector de alimentos concentrados de la ciudad de Palmira, el cual incorporó la utilización de la simulación como herramienta de apoyo en la toma de decisiones. Inicialmente se efectuó el diagnóstico de la situación inicial de la empresa analizando los factores que influyen en la programación de la producción; con base en estos criterios se identificó la problemática y se crearon varias alternativas de solución. En el software de simulación ProModel se realizó la corrida de los modelos de la secuencia propuesta en que se debía programar la producción, se comparó el desempeño de cada uno de estos modelos (actual y propuesto) y se observó que la nueva secuencia de producción mejoró los criterios de tiempo en espera, unidades en el sistema y utilización de recursos. (p. 13)

Peña y Forero (2012), estos autores en su proyecto de grado denominado modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa muebles y accesorios S.A, para el mejoramiento del sistema de inventarios, proponen, realizar un sistema de inventarios para una bodega de papel haciendo uso de la simulación. Inicialmente se analizan los procesos a fin de establecer posibles fallas y alternativas de mejoras en los procesos de recepción, almacenamiento y distribución. Haciendo uso del software ProModel se logró plantear un modelo de recepción, almacenamiento y despacho que facilita la planificación de presupuestos, además de ello se propone una distribución de planta más eficiente, se establece un modelo de inventarios que se ajusta a las necesidades y las capacidades de la empresa haciendo que esta pueda ser mucho más productiva administrando de mejor forma sus recursos.

En la tesis de grado denominada optimización de un problema de ruteo con restricciones de capacidad utilizando algoritmos inteligentes de Daza, Montoya y Narducci, (2009), se expone

que: Los problemas de enrutamiento son de mayor tamaño que 20 clientes, pero existen métodos no exactos de solución con muy buenos resultados, estos procesos se conocen como algoritmos heurísticos y meta heurísticos, que permite a través de iteraciones lógicas llegar a obtener soluciones óptimas o cercanas al óptimo en determinados casos. Cuando se aplica el problema de enrutamiento a problemas reales surgen otros tipos de restricciones como el tiempo, capacidad, número de vehículos, factores ambientales, de tráfico, semaforización, horas pico, zonas urbanas y contaminación acústica. Tal es el caso del ruteo de vehículos con dependencia del tiempo, en el que el tiempo de salida del vehículo determina el costo de la ruta, puesto que según la hora en que se realice el recorrido, se tendrá mayor o menor tráfico, lo que conlleva a elevar el costo no solo por distancia resimulación, sino por el tiempo que se gasta el vehículo en recorrer la ruta. Esta investigación se pretendía conocer y resolver un problema de ruteo vehicular con capacidad CVRP, además de incluir dos restricciones como el tiempo y la capacidad teniendo en cuenta el tiempo como el recorrido de la ruta del vehículo para realizar la recolección de basuras y la llegada al relleno sanitario de cada uno de los barrios.

En el proyecto de grado denominado diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de santa fe y la candelaria de la ciudad de Bogotá D.C, de Angulo y Ospina (2015) se expone: El diseño de rutas de recolección que abarcan la totalidad de los usuarios de las localidades, considerando variables socioeconómicas dentro del diseño a fin de maximizar los beneficios económicos para los recicladores y ambientales para la ciudad. Para el diseño de las rutas se hizo uso de la información obtenida de encuestas para obtener un esquema de recolección más equitativo e incluyente, con la que se pudiera maximizar la cantidad de residuos recogidos, lo cual representa mayores ingresos y menos residuos enviados a disposición final. El desarrollo de la investigación se realizó con el

apoyo de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) a través del gestor territorial de la localidad. (p. 8).

Ramírez, L. (2016), en su proyecto denominado una solución al problema de ruteo de vehículos abierto (OVRP), implementando la heurística del vecino más cercano, se presenta una alternativa de solución para el ruteo de vehículos a un bajo costo de inversión, en la que se pudiera determinar el número de rutas (equivalente a la cantidad de vehículos) necesarias para que las PYMES efectúen la distribución de productos a nivel geográfico en una ciudad como Bogotá, cumpliendo con los compromisos de entrega adquiridos con sus clientes. El desarrollo de este trabajo de grado se logró presentar una alternativa de solución de ruteo de vehículos para las pequeñas y medianas empresas PYMES, que deben diseñar su distribución como un caso que se ajusta al problema de ruteo de vehículos abierto OVRP, con la implementación del algoritmo de Vecino más Cercano, además de ello se encontraron tres grupos de soluciones a los problemas de ruteo de vehículos, denominados métodos exactos, heurísticas y metaheurísticas. Los métodos exactos proporcionaron soluciones óptimas pero ineficientes computacionalmente, mientras que las heurísticas y las metaheurísticas proporcionan soluciones aproximadas a la óptima en tiempos computacionales más racionales, siendo la heurística del vecino más cercano el algoritmo que se implementó como método de solución, la cual tiene como medida de desempeño la minimización de la distancia total resimulación por el conjunto de rutas.

Jiménez J. (2019) en su proyecto presenta el desarrollo de una serie de talleres de producción y logística desarrollados por medio del software ProModel, en este se resalta la importancia de la simulación en el desarrollo integral del ingeniero industrial, siendo un componente esencial que le brinda la capacidad de desarrollar diferentes habilidades. Este proyecto constaba de 4 talleres con diferentes complejidades con los cuales se podían utilizar

distintos comandos del software a fin de encontrar soluciones optimas a las situaciones que cada taller presentaba.

Marco legal

A continuación, se realizará una descripción de la legislación colombiana que aplica para la solución del problema planteado.

La Ley 142 del 11 de julio de 1994 “por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones” (p. 1); de este se contempla el Art 15 referente a las personas autorizadas para la prestación del servicio público de aseo.

Decreto 596 de 2016: Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones. (p. 1). Resaltando artículos como: Art 2.3.2.5.2.1.6. Registro de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento. Las personas prestadoras del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento deben estar debidamente registradas en la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios con forme a lo establecido en el del artículo 79 de la ley 142 de 1994. Las personas prestadoras de servicios públicos y aquellas que, en general, realicen actividades que las haga sujeto de aplicación de la presente Ley, estarán sujetos al control y vigilancia de la Superintendencia. (p. 5)

Decreto 1713 del 06 de agosto de 2002: Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de

Residuos Sólidos. (p. 1), teniendo como referencia los capítulos 3,4 y 7. Recolección, Transporte y Sistema de aprovechamiento de residuos sólidos.

Resolución 2184 del 26 de diciembre de 2019: Por el cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. en lo relativo a su artículo 4: Adóptese en el territorio nacional, el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente, de la siguiente manera: color verde para depositar residuos orgánicos aprovechables; color blanco para depositar los residuos aprovechables, como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón; color negro para depositar los residuos no aprovechables. A partir del 1 de enero de 2021, los municipios y distritos deberán implementar el código de colores para la presentación de los residuos sólidos en bolsas u otros recipientes, en el marco de los programas de aprovechamiento. (p. 4)

Resolución 276 del 29 de abril de 2016: Por la cual se reglamentan los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio acorde con lo establecido en el capítulo 5 del título 2 de la parte 3 del Decreto 1077 de 2015 adicionado por el Decreto 596 del 11 de abril de 2016, en lo referente a los artículos 1, 2 y 3 que corresponden a los objetivos, su aplicación y la integridad de la actividad de aprovechamiento. (p. 3).

Decreto 1077 de 2015 en su artículo 2.3.2.2.2.3.30 que hace referencia a: El establecimiento de macro rutas y micro rutas y los aspectos a tener en cuenta para su diseño como por ejemplo el tipo de vías existentes, el uso del suelo, la recolección en zonas industriales, zonas de difícil acceso, tipo de usuario, entre otros. Además de ello los artículos 2.3.2.2.2.3.31, 2.3.2.2.2.3.32, 2.3.2.2.2.3.33, 2.3.2.2.2.3.34 referentes a los horarios de recolección, la

frecuencia de la recolección, la divulgación de frecuencias, rutas y horarios, y el cumplimiento de las rutas. (p. 3).

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se realizó un diagnóstico de la situación a través de la recolección de diferentes referentes bibliográficos obtenidos de entidades territoriales y otros proyectos de investigación. A continuación, se presenta una descripción de la metodología que se llevó a cabo en el estudio de investigación denominado “Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte utilizando simulación mediante el uso del software (ProModel)” a fin de cumplir con los objetivos ya establecidos.

Tipo y enfoque de investigación

La investigación descriptiva tiene por objeto describir ya sea una población, un fenómeno o una situación procurando brindar información del objeto de estudio haciendo referencia al qué, cómo, cuándo y dónde sin necesidad de brindar información sobre el por qué sucede dicho problema de investigación. Los métodos cuantitativos permiten recolectar información cuantificable sobre condiciones específicas de la problemática tal como distancias, costos y volúmenes de producción de residuos sólidos aprovechables haciendo uso de la estadística.

Procedimiento de la metodología

Identificación de la Problemática

Diagnóstico de la situación actual de las micro rutas de aprovechamiento del servicio público de aseo. Para realizar el diagnóstico es necesario llevar a cabo varias etapas, entre ellas encontramos: Primera etapa, recolección de la información consultando fuentes de entidades territoriales como la secretaria de gobierno, secretaria de gestión del riesgo, la empresa de servicios públicos de aseo Coservicios S.A. E.S.P y otros proyectos de investigación que abordan la temática tratada como por ejemplo el PIE (Proyecto de Investigación Especial) desarrollado

actualmente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, del cual se puede obtener información relevante como las micro rutas en la red de aprovechamiento y las distancias más cortas entre ellas las encontradas a través de los algoritmos del Vecino Más Cercano (KNN) y Redes Neuronales. Segunda etapa, recolección de datos del estudio de investigación para el título de maestría de la UNAD, titulado “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso” (Pineda, 2021), del cual se podrán extraer datos para el cálculo de contenedores y distancias entre las micro rutas de aprovechamiento del servicio público de aseo de la ciudad. Tercera etapa, resumen y conclusiones del diagnóstico, en esta etapa se procede a extraer los aspectos más valiosos obtenidos de las fuentes referenciales consultadas a fin de establecer aquellos aspectos que sean de ayuda en el desarrollo del proyecto.

Análisis de la información y simulación de los sistemas

El análisis de la información y la simulación de los sistemas se desarrollará por medio de distintas etapas, entre estas encontramos: Primera etapa, definición de variables, se establecen los elementos que intervienen en la simulación como son locaciones, recursos (vehículos, contenedores), entidades (volúmenes de residuos sólidos aprovechables), atributos, distancias, tiempos entre otros. Segunda etapa, diseño del entorno de trabajo e el software ProModel, se realiza el montaje de las 16 micro rutas de aprovechamiento teniendo como base los planos de las mismas para poder disponer dentro de ellos las variables que intervienen en la simulación, a fin de darle una representación gráfica más dinámica. Tercera etapa, simulación de la primera alternativa con contenedores de 500 kilogramos de capacidad y un tiempo de recolección de 20 minutos y se analizan los resultados obtenidos. Cuarta etapa, variación de las simulaciones iniciales (alternativa de simulación 2), en la que se realiza la simulación de las 16 micro rutas,

variando la capacidad de los contenedores proponiendo contenedores de 250 kilogramos y un tiempo de recolección de 10 minutos. Quinta etapa, variación de las alternativas iniciales, se proponen contenedores de 100 kilogramos y un tiempo de recolección de 4 minutos por micro ruta. Sexta etapa, resumen y conclusiones de la simulación con ProModel, una vez realizadas todas las simulaciones propuestas anteriormente se realiza un compendio de los hallazgos encontrados en la simulación y una recapitulación sobre los aspectos más relevantes durante el proceso de simulación de las tres propuestas planteadas.

Análisis de resultados

En esta etapa se llevó a cabo el análisis de los resultados según las tablas de resumen que arroja el software ProModel después de cada simulación y que permiten observar de manera ordenada los datos obtenidos de las simulaciones. Las tablas contendrán información importante a cerca de las simulaciones iniciales (16 micro rutas) y de las simulaciones de las alternativas 2 y 3; además de una tabla resumen final con los resultados obtenidos de todas las simulaciones. Por último, se realiza un resumen de los datos obtenidos en las simulaciones y se genera a partir de dichos datos las conclusiones a cerca de la optimización de la red de aprovechamiento mediante la simulación con el software.

Conclusiones finales y recomendaciones

Por último, se realizó una reflexión final a cerca de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto aplicado, además se condensan las sugerencias que se gestaron durante el desarrollo del mismo.

Análisis de Resultados

Diagnóstico de la Red de Aprovechamiento del Servicio Público de Aseo en Sogamoso

El diagnóstico permite recopilar la información necesaria acerca de la situación actual de la red de aprovechamiento del servicio público de aseo en la ciudad de Sogamoso; a fin de establecer problemas, necesidades, recursos existentes y disponibles, así como el reconocimiento de normas y leyes que puedan aportar en el desarrollo del proyecto.

Según el Decreto 1077 de 2015, se entiende como macro ruta a “la división geográfica de una ciudad, zona o área de prestación del servicio para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar la actividad de recolección de residuos, ubicados en las vías y áreas públicas”.

La empresa encargada de la prestación de servicios públicos de acueducto, alcantarillado, servicio ordinario y especial de aseo y alumbrado público de Sogamoso COSERVICIOS S.A. E.S.P. ha dividido geográficamente la ciudad en 3 macro rutas, Cerno, Norte y Sur, que a su vez se dividen las 21 micro rutas.

Frecuencia de recolección de residuos

El Decreto 1077 establece en su artículo 2.3.2.2.3.32. que: “la frecuencia de recolección dependerá de la naturaleza y cantidad de generación de residuos, de los programas de aprovechamiento de la zona, cuando haya lugar a esta acción, y características del clima, entre otros. En el caso de servicios a grandes generadores, la frecuencia dependerá de las cantidades y características de la producción. La frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos no aprovechables será de dos (2) veces por semana”. Además “la persona prestadora del servicio público de aseo determinará el horario de la recolección de los residuos sólidos teniendo en cuenta la cantidad de residuos generados, las características de cada zona, la jornada de trabajo, el clima, la capacidad de los equipos, las dificultades generadas por el tráfico

vehicular o peatonal y cualquier otro elemento que pueda tener influencia en la prestación del servicio.

La actividad de recolección de residuos sólidos en la ciudad de Sogamoso se realiza de lunes a sábado en horarios de 7 am a 5 pm y cada una de las micro rutas cuenta con una frecuencia de recolección de 2 veces a la semana. La macro ruta Centro cubre 6 zonas de la ciudad y le corresponde la recolección los días lunes y jueves; la macro ruta Norte cubre 5 zonas y le corresponden los días miércoles y sábados para la recolección de residuos y la macro ruta Sur cubre 8 zonas y la recolección se realiza los días martes y viernes, estas zonas que cubren cada una de las macro rutas también son denominadas micro rutas que se definen según el decreto 1077 de 2015 como:

La descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos; de barrido y limpieza de vías y áreas públicas; y/o corte de césped y poda de árboles ubicados en las zonas y áreas públicas, dentro de una frecuencia determinada. (364)

Establecimiento de Macro y Micro rutas

De acuerdo al artículo 2.3.2.2.2.3.30 del Decreto 1077 de 2015 se establece que: Las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán establecer macro rutas y micro rutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las necesidades y cumpliendo con las normas de tránsito. Estas rutas deberán diseñarse atendiendo a la eficiencia en la asignación de recursos físicos y humanos.

Para el diseño de macro rutas y micro rutas deberá tenerse en cuenta, entre otros aspectos, los siguientes: Primero, Tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado

de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal. Segundo, Uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.). Tercero, Ubicación de hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud, así como entidades asistenciales. Cuarto, Recolección en zonas industriales. Quinto, Zonas de difícil acceso. Sexto, Tipo de usuario o generador. Séptimo, Ubicación de áreas públicas como plazas, parques o similares. Octavo, Presencia de barreras geográficas naturales o artificiales. Noveno, Tipo de residuos según sean aprovechables o no aprovechables. (375- 376).

Recolección y transporte de residuos para aprovechamiento

La recolección y transporte de residuos para aprovechamiento es una actividad complementaria del servicio público de aseo, el decreto 1077 de 2015 establece en su artículo 2.3.2.2.8.78 que estas son: El conjunto de actividades complementarias de aseo realizada por la persona prestadora del servicio público, dirigidas a efectuar la recolección de los residuos sólidos de manera separada para su transporte hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento o a las plantas de aprovechamiento.

El aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos, tiene como propósitos fundamentales: Primero, racionalizar el uso y consumo de las materias primas provenientes de los recursos naturales. Segundo, recuperar valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos. Tercero, disminuir el consumo de energía en los procesos productivos que utilizan materiales reciclados. Cuarto, aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios al reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada. Quinto, reducir el caudal y la carga contaminante de lixiviados en el relleno sanitario, especialmente cuando se aprovechan residuos orgánicos. Sexto, disminuir los impactos ambientales, tanto por demanda y uso de materias primas como por los procesos de disposición

final. Séptimo, garantizar la participación de los recicladores de oficio, en las actividades de recuperación y aprovechamiento, con el fin de consolidar productivamente estas actividades y mejorar sus condiciones de vida. (P. 285 – 286)

En el año 2020 se realiza la caracterización a la población recicladora de la ciudad de Sogamoso por parte del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios PGIRS 2016 – 2027 en busca de la identificación del total de la población dedicada al reciclaje, se censaron aproximadamente 305 personas de las cuales se logró obtener información relevante a cerca de dicha población. Para este censo se tomaron como referencia 5 puntos estratégicos que se identificaron como los centros de acopio o bodegas de reciclaje del municipio. La tabla 1 muestra la cantidad de recicladores de oficio que fueron censados.

Tabla 1

Total, recicladores censados por punto

RECICLADORES CENSADOS POR PUNTO		
ECA	Nº RECICLADORES CENSADOS	%
AGREUNIDOS E.S. P	186	61,0%
ARFUSOG	70	23,0%
APRORECICLADORES	29	9,5%
RECUPERA E.S.P.	10	3,3%
BODEGA DKES	10	3,3%
	305	100, 0%

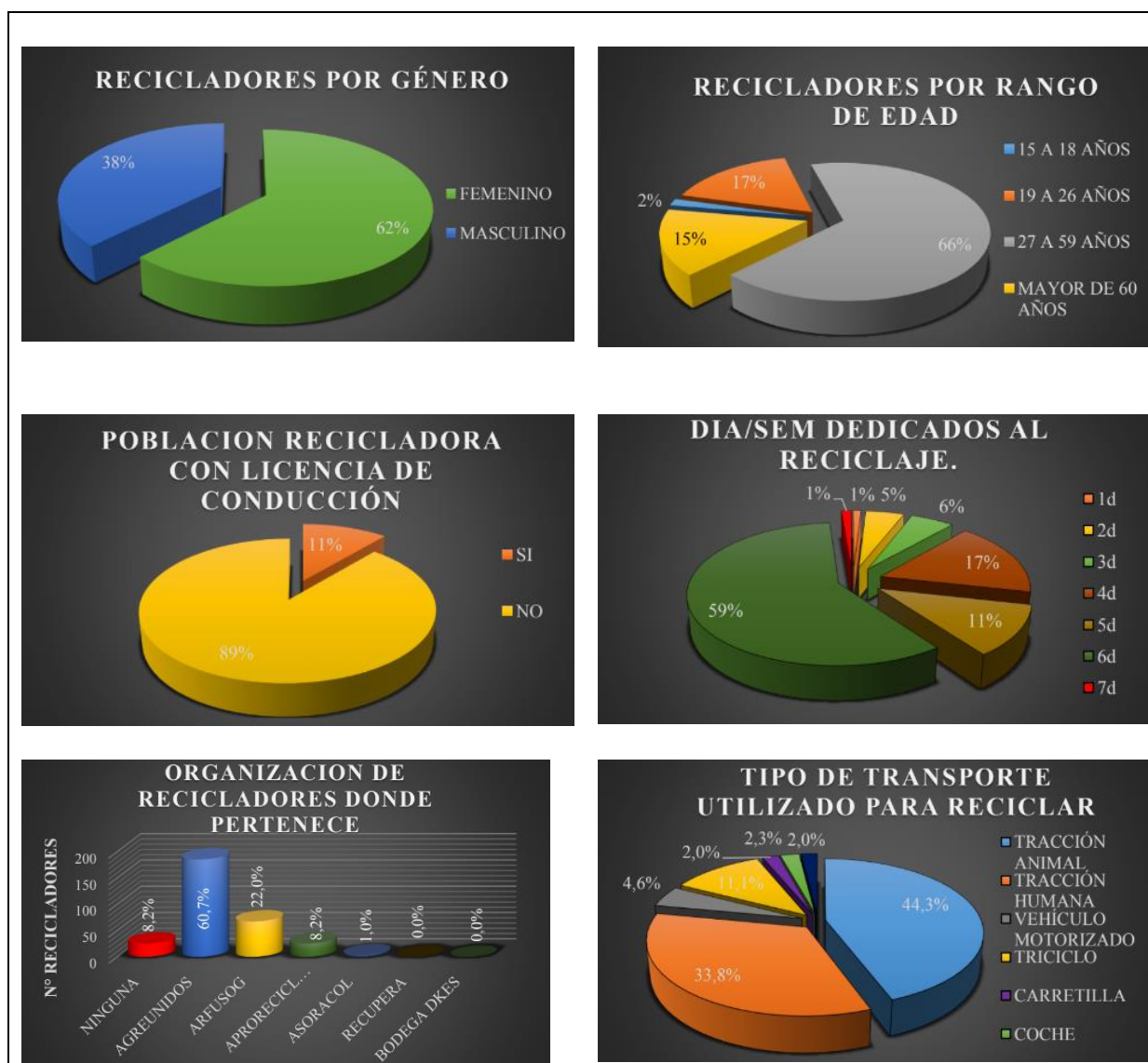
Fuente. PGIRS Sogamoso

Nota. En la figura se describe la cantidad de recicladores de oficio que fueron censados en los cinco puntos de acopio estratégicos en la ciudad de Sogamoso.

El censo realizado a esta población permitió recopilar información relevante de la misma como, por ejemplo:

Figura 24

Caracterización población de recicladores ciudad de Sogamoso



Fuente. PGIRS Sogamoso 2016 – 2027

Nota. En la tabla se registran las preguntas más relevantes realizadas a los recicladores de oficio de la ciudad de Sogamoso.

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios – PGIRS 2016 – 2027 de la ciudad de Sogamoso en lo referente al aspecto de aprovechamiento en su línea base aclara que no existen rutas selectivas para este proceso.

Tabla 2

Rutas de Aprovechamiento

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO
		NO HAY RUTAS
Cobertura de rutas selectivas (Cobrs) en el último año:		(En conformación
$Cob_{rs} = \frac{\text{Barrios con disponibilidad de rutas seletivas}}{\text{Total de barrios}} \times 100$	%	acorde al proceso
Dónde:		de formalización
Rs generados (Ton) = Rs dispuestos + Rs aprovechables		de las ECA)

Fuente. PGIRS Sogamoso 2016 – 2021

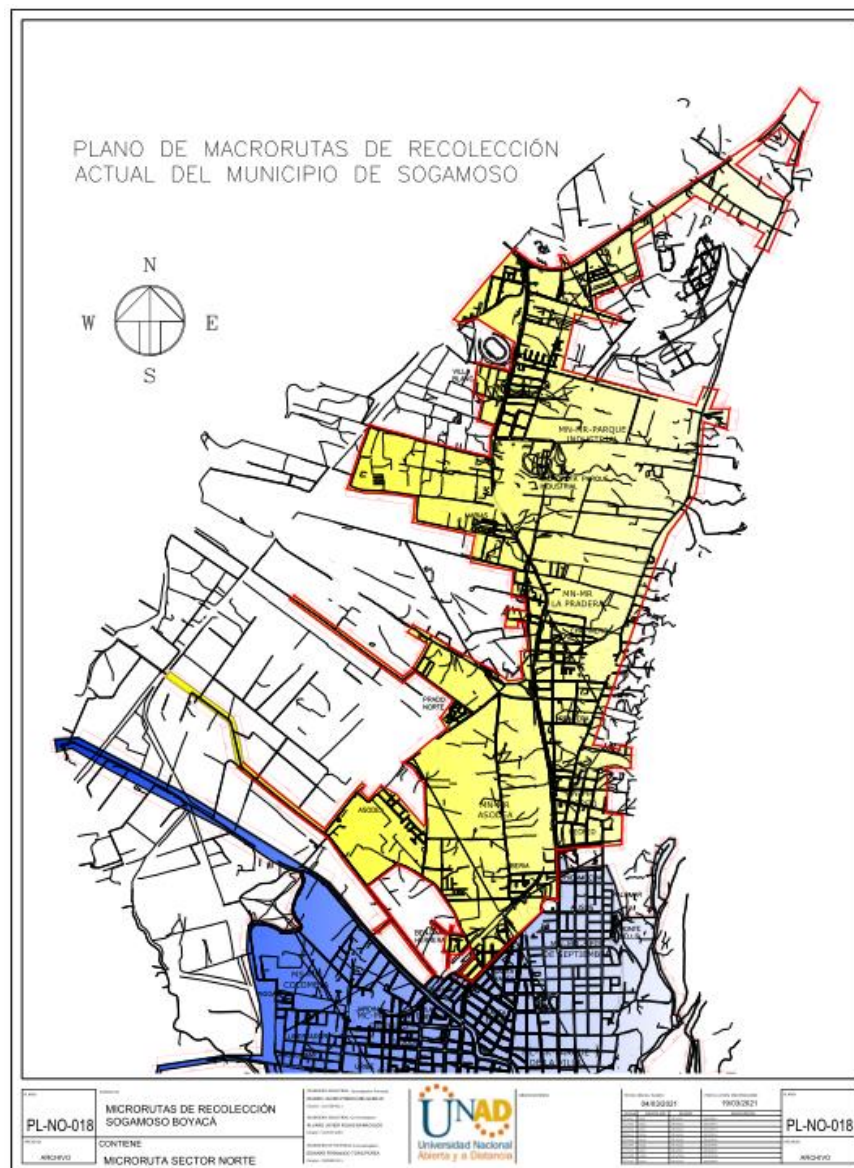
Nota. La figura el análisis realizado en el PGIRS de la ciudad de Sogamoso referente a la cobertura de rutas selectivas para el proceso de aprovechamiento de residuos.

Mapas de recolección de residuos sólidos no aprovechables

A continuación, se muestran en los planos de la ciudad de Sogamoso las macro rutas norte, centro y sur y sus respectivas micro rutas de recolección de residuos no aprovechables, a partir de las cuales se ha diseñado la red de Aprovechamiento de residuos sólidos. La figura 25 expone la macro ruta Norte.

Figura 25

Macro ruta Norte



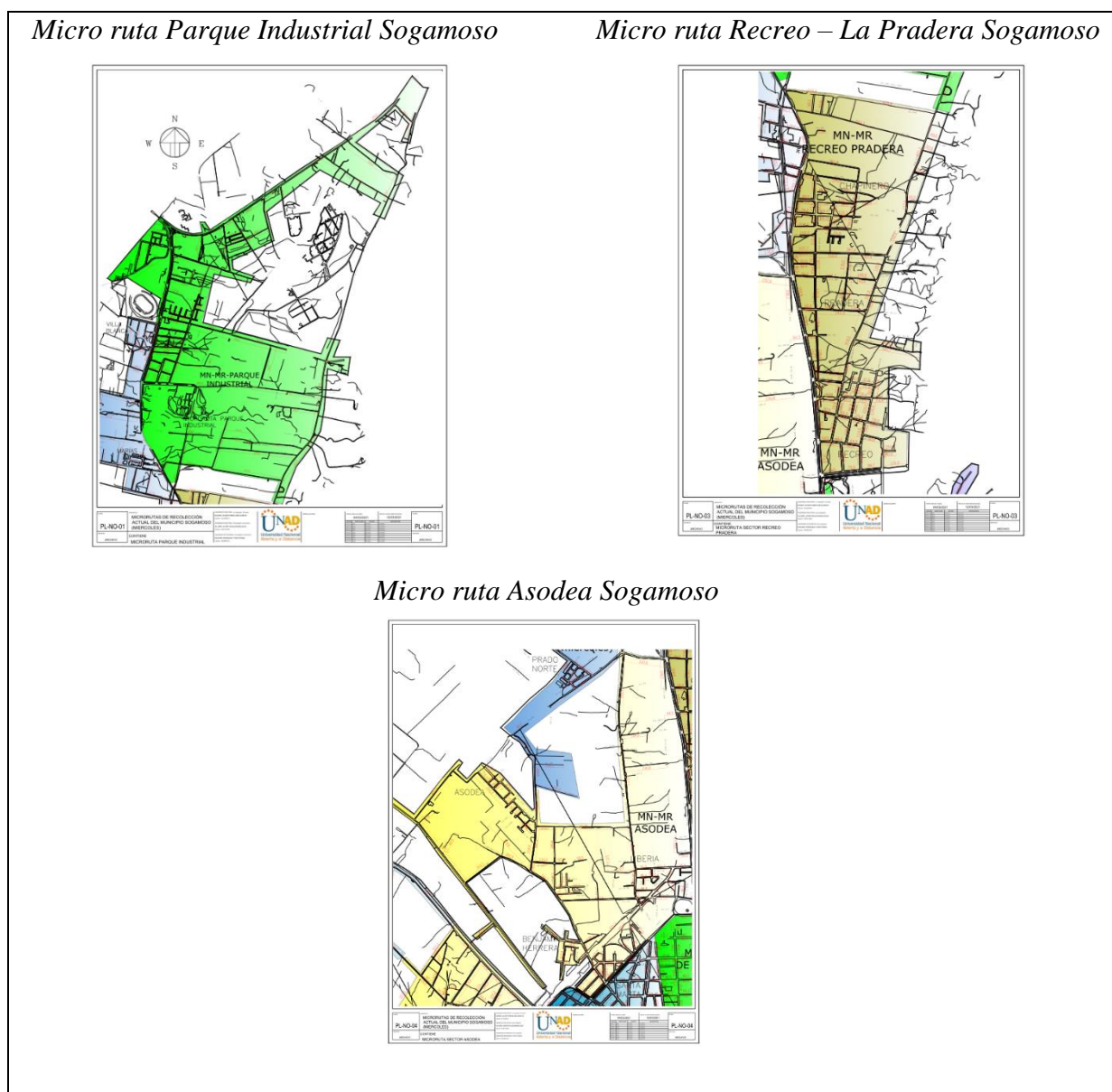
Fuente: UNAD

Nota. La figura muestra la macro ruta Norte de Residuos Sólidos No Aprovechables en la ciudad de Sogamoso.

La figura 26 relaciona las 3 micro rutas que componen la macro ruta norte de la ciudad de Sogamoso, es decir, parque industrial, recreo – la pradera y Asodea.

Figura 26

Micro Rutas pertenecientes a la Macro ruta Norte



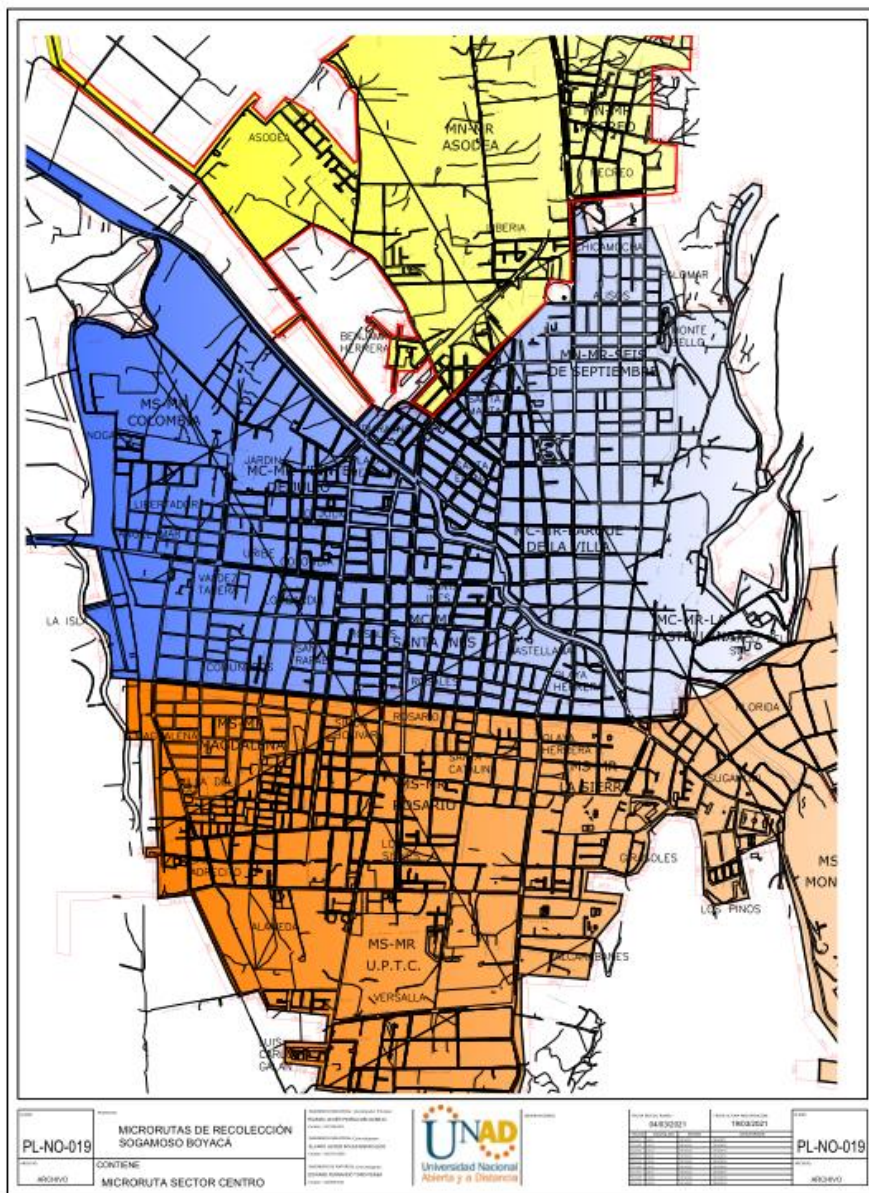
Fuente: UNAD.

Nota: Micro rutas de recolección de residuos sólidos no aprovechables en la macro ruta norte de la ciudad de Sogamoso.

La figura 27 expone la macro ruta centro.

Figura 27

Macro ruta Centro



Fuente: UNAD

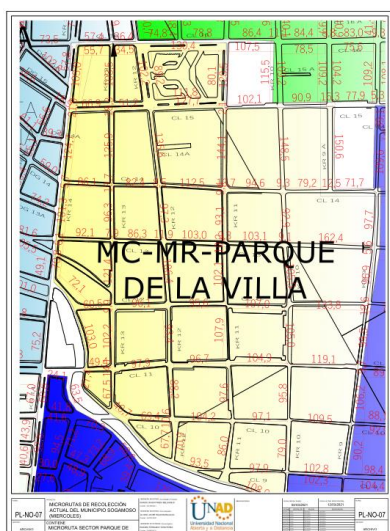
Nota. La figura muestra la macro ruta centro de residuos sólidos no aprovechables en la ciudad de Sogamoso.

La figura 28 relaciona las 7 micro rutas que componen la macro ruta centro de la ciudad de Sogamoso, es decir, parque de la villa, santa Inés, seis de septiembre, la castellana, santa helena, veinte de julio y libertador.

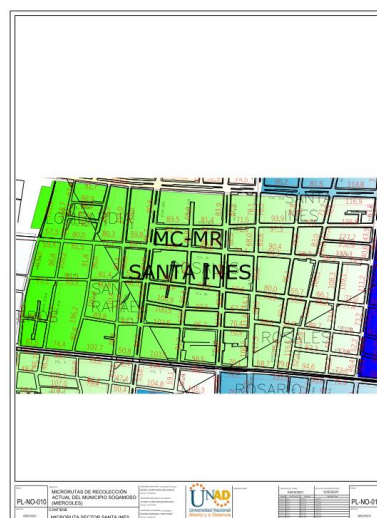
Figura 28

Micro Rutas pertenecientes a la Macro ruta Centro

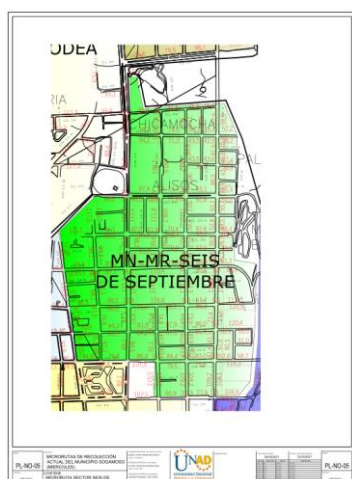
Micro ruta Plaza de la Villa Sogamoso



Micro ruta Santa Inés Sogamoso



Micro ruta Seis de Septiembre Sogamoso



Micro ruta La Castellana Sogamoso

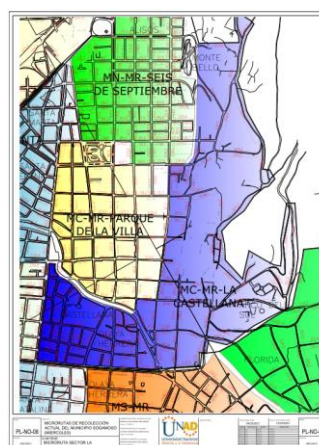


Figura 28

Micro Rutas pertenecientes a la Macro ruta Centro

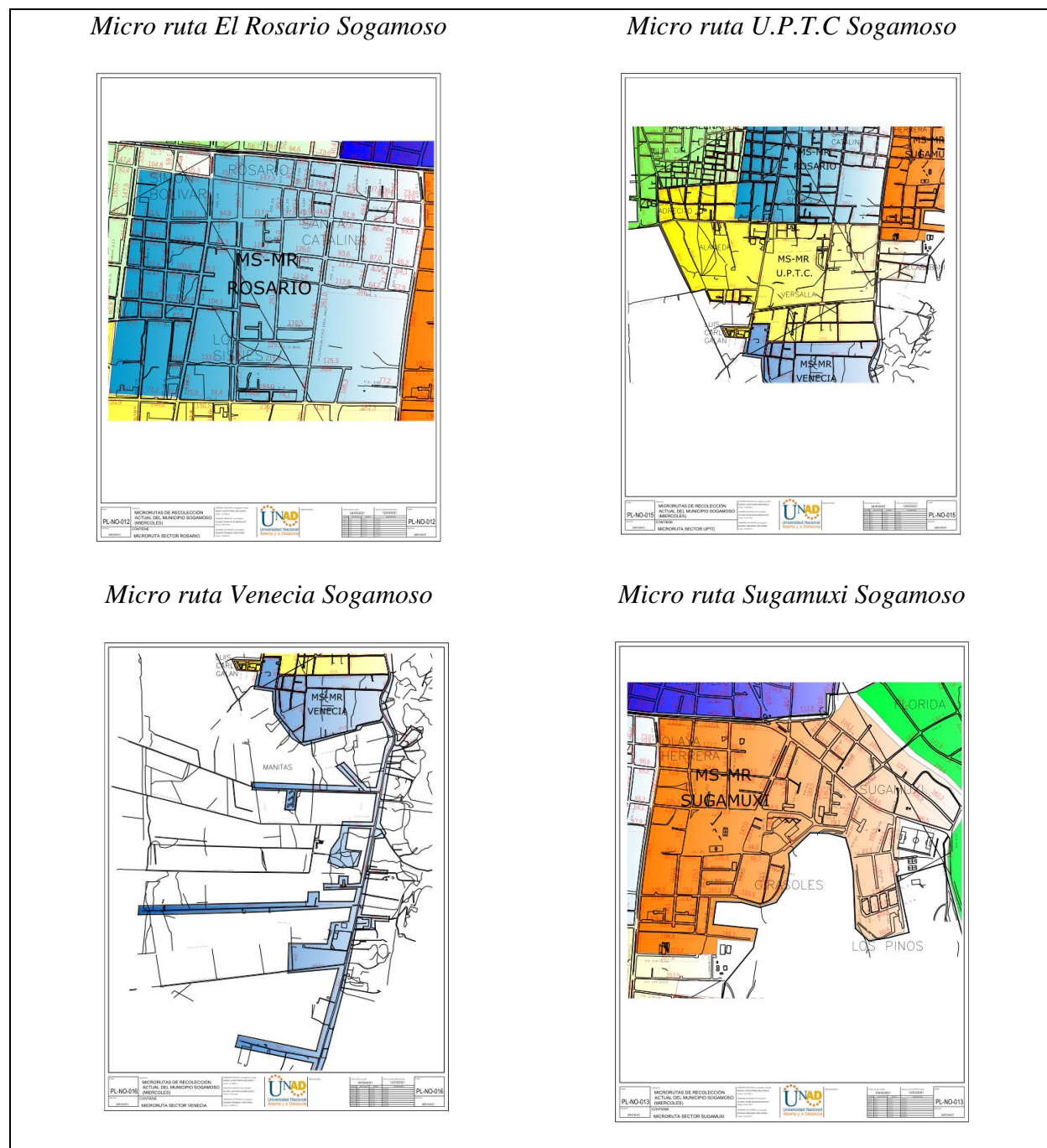


Fuente: UNAD.

Nota: Micro rutas de recolección de residuos sólidos no aprovechables en la macro ruta centro de la ciudad de Sogamoso.

Figura 30

Micro Rutas pertenecientes a la Macro ruta Sur

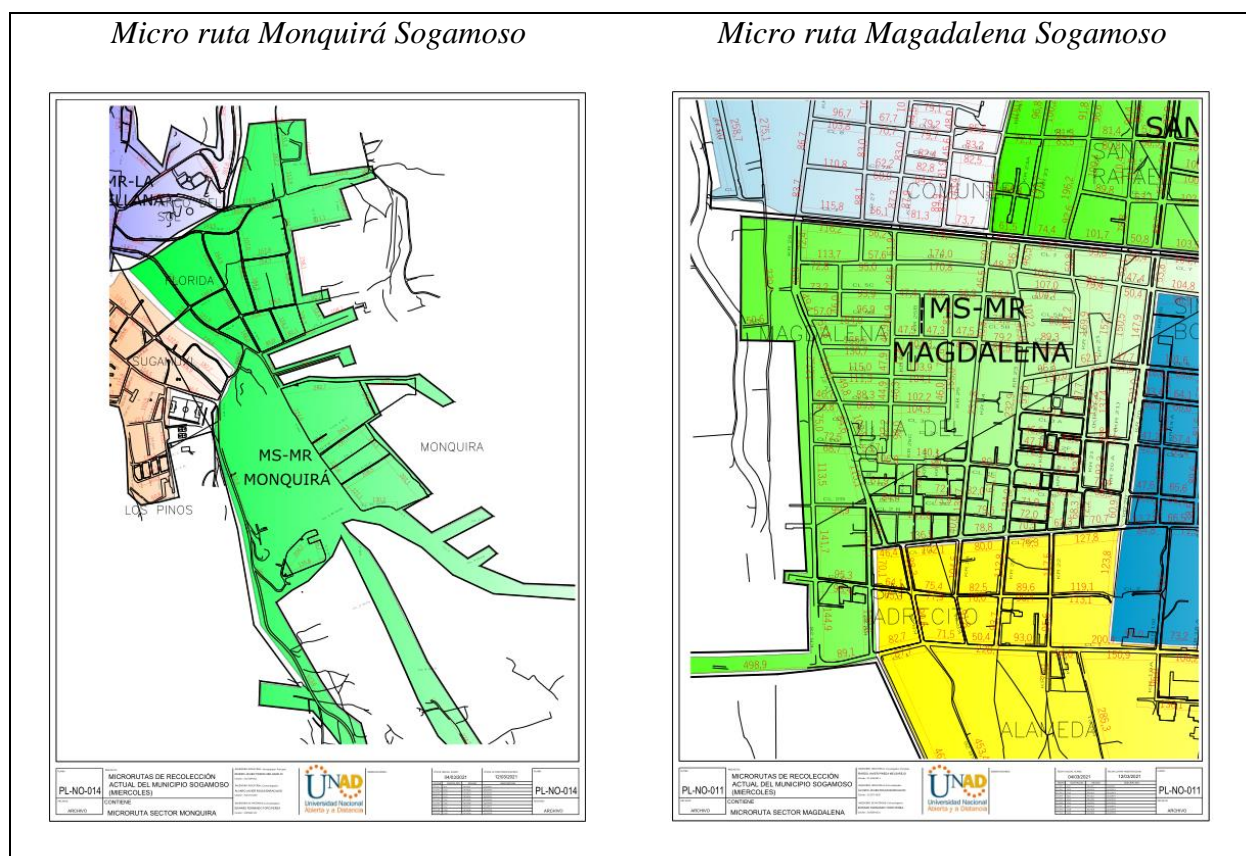


Fuente: UNAD

Nota: Micro rutas de recolección de RRSS No Aprovechables en la macro ruta Sur de la ciudad de Sogamoso.

Figura 31

Micro Rutas pertenecientes a la Macro ruta Sur



Fuente: UNAD.

Nota: Micro rutas de recolección de RRSS No Aprovechables en la macro ruta Sur de la ciudad de Sogamoso.

Método de contenedores

Según Pineda (2021), en el estudio de investigación para el título de maestría de la UNAD, titulado Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso, expone que:

El método de contenedores contempla la disposición de equipos de abastecimientos temporales, ubicados en zonas críticas de recolección, con el fin de identificar la micro ruta de aprovechamiento, donde cada nodo supone un punto de análisis y los centroides de las rutas suponen las distancias entre cuadras para el mismo concepto. Los contenedores que se consideran en el estudio como los nodos de red, deberán disponerse de tal manera que los recicladores de oficio tengan fácil acceso, para que puedan realizar las operaciones de rutina sin problemas. (p. 72)

De este se utilizan algunas tablas concluyentes para el estudio objeto de este documento.

Cálculo de los contenedores en punto fijo, nodos de la red Población actual y futura

Para Pineda. (2021): La población de la localidad en estudio para el año 2021 es de 114.486 habitantes según datos de la Alcaldía municipal. Nivel de complejidad medio (RAS, 2000). De aquellas según el DANE 2019, 70.431 pertenecen al caso urbano y tienen acceso a los servicios públicos domiciliarios, además son habitantes mayores de 7 años y menores de 70, quienes se consideran como población potencial productora de residuos sólidos aprovechables. (p. 75)

Producción media de RSU (Residuos Sólidos Urbanos - Pr)

Pineda. (2021), expone que: La producción per cápita, PPC, se define como la cantidad generada de residuos por un habitante por día (Kilogramos/[habitante*día]), por tanto, la PPC según el nivel de complejidad es de 0,45 Kilogramo/[habitante*día] (RAS, 2000). Los métodos utilizados para estimar la PPC (número de cargas, peso-volumen y balance de masas) tienen en cuenta la cantidad de residuos generados por día y el número de habitantes del área en estudio. Se han establecido valores típicos de PPC para el país; datos que se utilizan cuando no se cuenta con la información necesaria para su determinación. (p.76)

Ver tabla 3 con los valores típicos de producción per cápita. Ver tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3

*Valores típicos de PPC (Kg/[habitante*día]) para municipios colombianos*

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0,3	0,75	0,45
Medio	0,3	0,95	0,45
Medio alto	0,3	1	0,53
Alto	0,44	1,1	0,79

Fuente: RAS 2020

Nota: La tabla muestra los valores típicos de producción per cápita.

En su proyecto Pineda, (2021) expone en la tabla 4 las fórmulas empeladas para calcular el número de contenedores necesarios en cada macro ruta y afirma que: Sogamoso es considerado un municipio de mediana complejidad y con límites inferiores de tolerancia, por lo que se tomará el valor de 0.45 Kilogramo/[habitante*día]). (p. 76)

Tabla 4

Formula cálculo de contenedores

Ecuación	Fórmula de la ecuación
Fracción reciclable (Ecuación 2)	$Pr = \frac{PPC * Pob * \%Rec}{1000}$
Coficiente punta diario de distribución heterogénea (Ecuación 3)	$Cpdh = \frac{7}{n} ; 1 + \frac{7}{n}$
Producción de diseño (Ecuación 4)	$Prd = PPC * Pob. * Cps * Cpdh * \%Reciclabe$
Número de contenedores (Ecuación 5)	$Número\ de\ contenedores = \frac{Prd}{p * V}$

Fuente: Pineda (2021)

Nota: La tabla muestra las fórmulas empleadas para el cálculo de contenedores en la macro ruta centro de Sogamoso.

Fracción reciclable

Utilizando la fórmula 2 para hallar la fracción reciclable, se tiene:

$$Pr = \frac{PPC * Pob * \%Rec}{1000} = 0,45 * 46.939 * 0,21 = 4.435\text{Ton/d}$$

$$Pr = 4.4 \text{ Ton/día}$$

Producción de diseño para la pre recogida y recogida, Prd - Fracción reciclable

Coficiente punta diario de distribución heterogénea, *Cpdh*, para una frecuencia de recolección de la fracción reciclable de dos (2) días por semana, martes y viernes:

$$Cpdh = \left[\frac{7}{n} ; 1 + \frac{7}{n} \right] = \left[\frac{7}{2} ; 1 + \frac{7}{2} \right] = [3,5; 4] \rightarrow Cpdh = \frac{3,5 + 4}{2} = 3.75$$

$$Cpdh = 3,75 \text{ redondeando el límite superior a } 4$$

$$Prd = PPC * Pob. * Cps * Cpdh * \% \text{ Reciclable} = 0,45 * 46.939 *$$

$$0,21 * 1,3 * 3,75 * = 21.624 \text{ Ton/d} = 22 \text{ Ton/día}$$

Tabla 5*Producción de diseño - Fracción reciclable*

Zona de concentración	Producción Per cápita - PPC	Población por zona - Pob (Habitantes)	Fracción Reciclable - %Rec	Total, Reciclable/día (Kg/día)	Porcentaje de concentración	Porcentaje de concentración	Producción de diseño - Prd (Ton/día)
Zona Sur							
Zona Centro	0,45	114.454	21%	10.816	1,3	3,75	52,728
Zona Norte							

Fuente: Pineda (2021)

Nota. La tabla muestra los valores tomados el cálculo de la producción de diseño – fracción reciclable

Cálculo número de contenedores

Según Pineda, (2021) teniendo en cuenta los datos de la tabla 6, se puede resolver la ecuación 5 expuesta en la tabla 4 para poder de esta manera encontrar el número de contenedores. Ver figura 31.

Tabla 6

Características de los contenedores

Características de los contenedores	
Capacidad	2,4 metros cúbicos
Densidad interior	0,2 Ton/metros cúbicos

Fuente: Pineda (2021)

Nota. La tabla muestra las características de capacidad y densidad de los contenedores.

$$\text{Número de contenedores} = \frac{\text{Prd}}{p * V}$$

$$\text{Número de contenedores} = \frac{21.624 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{día}}\right)}{0,2 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} * 2,40 \text{ m}^3} = 45 \text{ contenedores}$$

Al aplicar la ecuación 5, se encuentra la cantidad de contenedores, que para este caso es de 111 distribuidos en todas las micro rutas. Ver tabla 7.

Tabla 7*Número de contenedores*

Zona de concentración	Producción Percápita – PPC	Población por zona - Pob (Habitantes)	Fracción Reciclable - %Rec	Total, Reciclable/día (Kg/día)	Porcentaje de concentración	Porcentaje de concentración	Producción de diseño - Prd (Ton/día)	Número de contenedores
Zona Sur								
Zona Centro	0,45	114.454	21%	10.816	1,3	3,75	53	111
Zona Norte								

Fuente: Pineda (2021)

Nota. La tabla muestra la cantidad de contenedores necesarios según la producción per cápita, la población cantidad reciclable entre otros.

Asignación de contenedores por macro ruta

En las tablas 8, 9 y 10 se resumen la cantidad de contenedores asignados para cada una de las micro rutas que conforman las macro rutas, norte, centro y sur.

Tabla 8

Contenedores macro ruta Sur

MACRO RUTA - SUR				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Monquirá	781.118	0,065	7,268350194	8
Sugamuxi	586.972	0,049	5,461809931	6
El Rosario	610.900	0,051	5,684461417	6
Magdalena	478.433	0,040	4,451847977	5
U.P.T.C.	720.194	0,060	6,701448692	7
Venecia	755.307	0,063	7,028177279	8
Totales	3.932.924	0,330	37	40

Fuente. Pineda (2021)

Nota. La tabla describe la asignación de contenedores en la macro ruta sur, teniendo en cuenta el área, la proporción y la asignación de recolectores.

Tabla 9*Contenedores macro ruta Norte*

MACRO RUTA - NORTE				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Recreo - La pradera	967.790	0,081	9,005341829	10
Asodea	1.319.004	0,111	12,27341528	13
Parque Industrial	1.361.738	0,114	12,67105289	13
Totales	3.648.532	0,306	34	36

Fuente. Pineda (2021)

Nota. La tabla describe la asignación de contenedores en la macro ruta norte, teniendo en cuenta el área, la proporción y la asignación de recolectores.

Tabla 10*Contenedores macro ruta Centro*

MACRO RUTA - CENTRO				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Libertador	717.933	0,060	6,68040995	7
Veinte de Julio	723.230	0,061	6,729698855	7
Santa Inés	486.350	0,041	4,525516141	5
Santa Elena	422.221	0,035	3,92879192	4
Parque de la Villa	485.572	0,041	4,518276804	5
Seis de Septiembre	559.300	0,047	5,204320299	6
La Castellana	952.931	0,080	8,867080541	9
Totales	4.347.537	0,364	40	43

Fuente. Pineda (2021)

Nota. La tabla describe la asignación de contenedores en la macro ruta norte, teniendo en cuenta el área, la proporción y la asignación de recolectores.

Análisis del diagnóstico

Es necesario el desarrollo de un diagnóstico que permita conocer la situación actual de la red de aprovechamiento de la ciudad de Sogamoso, dicho diagnóstico es fundamental en la toma de decisiones, se parte de la identificación de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que proporcionarán una visión global de la verdadera situación. Con dichos factores identificados, se realiza una matriz DOFA de estrategias con las que se podrán promover el alcance los objetivos orientados al desarrollo de la red de aprovechamiento y al cumplimiento de los requisitos legales establecidos para su conformación y funcionamiento.

Matriz DOFA

El análisis FODA según once, (2007): Consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. (p. 114).

La matriz DOFA resultante del análisis diagnóstico se muestra en la tabla 11 y la matriz de estrategias FODA en la tabla 12.

Tabla 11*Matriz de evaluación DOFA*

Oportunidades	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor volumen de residuos sólidos aprovechables. 2. Disminución de los niveles de contaminación ambiental. 3. Generación de empleo. 4. Asociación y formalización de recicladores de oficio. 5. Beneficios del régimen por contar con recicladores de oficio que estén debidamente formalizados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La implementación de las estrategias requiere de una inversión considerable por parte de las asociaciones de reciclaje. 2. Requiere de inversión inicial para la adquisición de vehículos para la recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables. 3. Implementación deficiente de estrategias de aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables generados en la ciudad. 4. Falta de colaboración de los recicladores de oficio para cumplir con las disposiciones de una red de aprovechamiento.
Amenazas	Fortalezas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reformas en la legislación colombiana que afecten las operaciones de la red de aprovechamiento. 2. Apoyo deficiente de las entidades gubernamentales a las asociaciones encargadas de las tareas de aprovechamiento de residuos. 3. Informalidad de las personas dedicadas a las labores de aprovechamiento. 4. Incumplimiento de requisitos legales de bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento. 5. Ausencia de seguimiento y control de entidades públicas sobre los establecimientos que realizan las actividades de aprovechamiento. 6. Inexistencia de campañas educativas, para concientizar sobre el reciclaje, el reúso, el aprovechamiento y la adecuada presentación de los residuos aprovechables. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiempos de transporte más cortos ya que se van a implementar vehículos diferentes a los utilizados normalmente. 2. Se adapta a las macro rutas de recolección de residuos sólidos No aprovechables en cuanto a frecuencia y horarios. 3. Desarrollo de la actividad con un número reducido de personal. 4. Innovación en las actividades de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables. 5. Implementación de los lineamientos establecidos en la norma para la creación de micro rutas de aprovechamiento. 6. Conocimientos sobre la cantidad de residuos sólidos aprovechables generados en la ciudad. 7. Aumento de la tasa de aprovechamiento respecto a la cantidad de residuos potencialmente aprovechables. 8. Incremento potencial de la vida útil del relleno sanitario. 9. Apoyo a la adopción y cumplimiento del decreto 596 de 2016.

Fuente: Propia

Nota. La tabla muestra los factores encontrados en el diagnóstico.

Matriz de estrategias DOFA

Tabla 12

Matriz DOFA

Fortalezas		Debilidades	
1.	Tiempos de transporte más cortos ya que se van a implementar vehículos diferentes a los utilizados normalmente.	1.	La implementación de las estrategias requiere de una inversión considerable por parte de las asociaciones de reciclaje.
2.	Se adapta a las macro rutas de recolección de residuos sólidos No aprovechables en cuanto a frecuencia y horarios.	2.	Requiere de inversión inicial para la adquisición de vehículos para la recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables.
3.	Desarrollo de la actividad con un número reducido de personal.	3.	Implementación deficiente de estrategias de aprovechamiento de residuos sólidos aprovechables generados en la ciudad.
4.	Innovación en las actividades de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables.	4.	Falta de colaboración de los recicladores de oficio para cumplir con las disposiciones de una red de aprovechamiento.
5.	Implementación de los lineamientos establecidos en la norma para la creación de micro rutas de aprovechamiento.		
6.	Conocimientos sobre la cantidad de residuos sólidos aprovechables generados en la ciudad.		
7.	Aumento de la tasa de aprovechamiento respecto a la cantidad de residuos potencialmente aprovechables.		
8.	Incremento potencial de la vida útil del relleno sanitario.		
9.	Apoyo a la adopción y cumplimiento del decreto 596 de 2016.		
Oportunidades		ESTRATEGIAS – FO	
1.	Mayor volumen de residuos sólidos aprovechables.	1.	FO1. F1; F2; F3; F4; O1; O2; O3: Generación de una red de aprovechamiento que cumpla con las normas establecidas y que garantice un manejo más eficiente de los residuos sólidos.
2.	Disminución de los niveles de contaminación ambiental.	2.	FO2. F3; F5; F6; O1; O2; O5: Creación de programas de aprovechamiento con los que se puedan impulsar el desarrollo sostenible de la comunidad y la protección del medio ambiente.
3.	Generación de empleo.	3.	FO3. F3; F7; F8; O1; O2; O3; O5: Fomento de la tecnificación de procesos recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables a fin alcanzar un mayor beneficio de los mismos.
4.	Asociación y formalización de recicladores de oficio.		
5.	Beneficios del régimen por contar con recicladores de oficio que estén debidamente formalizados.		
		ESTRATEGIAS – DO	
		1.	DO1. D1; D2; O1: Gestionar alianzas estratégicas que permitan financiar la adquisición de maquinaria y equipo para el desarrollo de las actividades de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables.
		2.	DO2. D3; D4; O1: Implementar puntos estratégicos para llevar a cabo la recolección de residuos sólidos aprovechables que garanticen un mayor aprovechamiento de los mismos.
		3.	DO3. D2; D3; D4; O1; O2: Implementar campañas de capacitación a la ciudadanía sobre la importancia del aprovechamiento y sobre buenas prácticas de selección en la fuente.

Amenazas

1. Reformas en la legislación colombiana que afecten las operaciones de la red de aprovechamiento.
2. Apoyo deficiente de las entidades gubernamentales a las asociaciones encargadas de las tareas de aprovechamiento de residuos.
3. Informalidad de las personas dedicadas a las labores de aprovechamiento.
4. Incumplimiento de requisitos legales de bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento.
5. Ausencia de seguimiento y control de entidades públicas sobre los establecimientos que realizan las actividades de aprovechamiento.
6. Inexistencia de campañas educativas, para concientizar sobre el reciclaje, el reúso, el aprovechamiento y la adecuada presentación de los residuos aprovechables.

ESTRATEGIAS – FA

1. **FA1. F3; F4; F6; F7; A6:** Desarrollar campañas de concientización sobre el aprovechamiento de residuos sólidos, su manejo y disposición final.
2. **FA2. F9; A3; A4:** Brindar asesoría a los recicladores de oficio y a las empresas de aprovechamiento sobre las normas existentes referentes a su actividad y los requisitos exigidos para su cumplimiento.
3. **FA3. F4; F5; F6; A2; A5:** Gestionar apoyo técnico y económico de las entidades gubernamentales que garanticen un desarrollo eficiente de las actividades de aprovechamiento.

ESTRATEGIAS – DA

1. **DA1. D1; D2; A2; A3; A4:** Gestionar recursos para la adquisición de maquinaria y equipo como inversión inicial para el desarrollo de los procesos de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables.
2. **DA2. D3; A1; A2; A4; A5:** Promover el acompañamiento a las asociaciones de reciclaje a fin de evaluar sus procesos y su cumplimiento de requisitos legales; brindándoles las herramientas de mejora necesarias para que puedan desarrollar su actividad de manera óptima ya cogida a la normatividad.
3. **DA3. D3; D4; A2; A3; A5:** Tramitar apoyo y acompañamiento de asociaciones ambientales de avalen el desarrollo de los procesos aplicados por parte de las asociaciones de reciclaje, brindando los lineamientos para la mejora continua de dichos procesos.
4. **DA4. D1; D2; D3; A1; A2; A3; A4; A5:** Promover el desarrollo de estudios con los que se pueda conocer la situación actual de la actividad de aprovechamiento y que justifiquen la asignación de recursos para el adelanto de proyectos de aprovechamiento de residuos sólidos que promuevan el desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente.

Fuente. Propia

Nota. La tabla expone las estrategias FODA propuestas, tras el análisis diagnóstico de la situación problema. Las estrategias FO resultan de combinar fortalezas y oportunidades, las estrategias DO de combinar debilidades y oportunidades, las estrategias FA de combinar fortalezas y amenazas y las estrategias DA de combinar debilidades y amenazas.

Conclusiones del capítulo

El cálculo para el número de contenedores se realiza teniendo en cuenta la producción media de residuos sólidos, la población y las capacidades de contenedores según estándares de estudios de investigación, este número de contenedores permite calcular los nodos de las rutas de recolección para establecer puntos de referencia en el entorno de simulación y estos se determinan como locaciones en el sistema de simulación.

La implementación de micro rutas de aprovechamiento promueve la adquisición de nuevas tecnologías que permitan generar un aprovechamiento real de los residuos sólidos aprovechables generados en la ciudad, logrando de esta manera reducir de manera considerable los niveles de contaminación además de promover la generación de empleo.

La promoción de estudios de investigación es de gran importancia ya que se convierte en una fuente relevante de información sobre el estado actual de la ciudad frente a los procesos de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables, que pueda aportar soluciones eficientes que promuevan el desarrollo sostenible de la ciudad y la preservación del medio ambiente.

Análisis de resultados: simulación de los sistemas mediante el uso del software ProModel y evaluación de resultados

ProModel es un software de simulación, que se caracteriza por ser flexible en su uso a pesar de lo compleja que es su interfase. ProModel puede simular cualquier tipo de sistema desde Justo a Tiempo hasta Teoría de Restricciones. Este software permite optimizar los modelos simulados a fin de encontrar los valores que más se ajusten a las necesidades del proceso a simular permitiendo maximizar producciones minimizando recursos económicos y humanos.

Primera etapa definición de variables

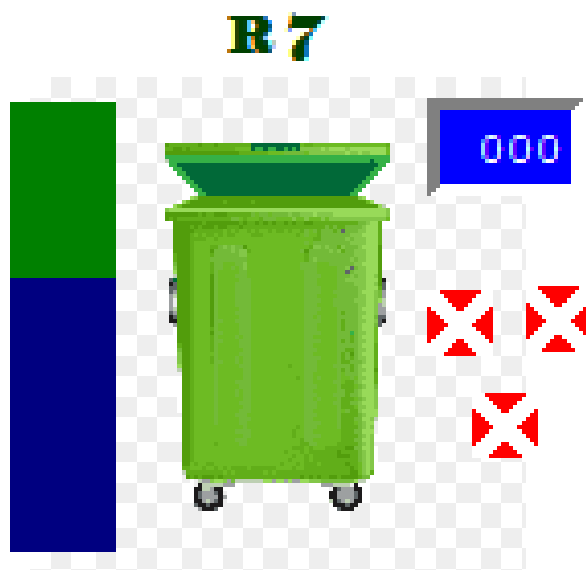
Haciendo uso de las funciones específicas del software ProModel y teniendo en cuenta los parámetros establecidos en su versión estudiantil, se procedió a definir los elementos que iban a ser parte de la simulación de las 16 micro rutas, dentro de estos elementos encontramos: 1. Locaciones que son aquellos lugares fijos que hacen parte del sistema y que para este caso serían los contenedores asignados a cada una de las micro ruta que componen las macro rutas norte, centro y sur de la ciudad de Sogamoso, y las bodegas que son el lugar de disposición final del material aprovechable después de su recolección y transporte. 2. Entidades que son los elementos procesados en el sistema, en la simulación se estableció una entidad denominada material aprovechable y que representa el material que llega a los contendores, y que posteriormente es transportados a las bodegas. 3. Recursos, que son aquellos que brindan colaboración tanto a las locaciones como a las entidades dentro del sistema y que para este caso se identifican como Carro Transportador, que hace la función de transportar el material a las bodegas. 4. Arribos, información sobre la entrada de las entidades al sistema, es decir, la manera en la que el material aprovechable llegara a los contendores para ser transportados. 5. Proceso, secuencia en la que fluirán los elementos de la simulación dentro del sistema, este proceso básicamente consiste en la

Llegada del material aprovechable a los contenedores para posteriormente generarse el arribo del carro transportador para su cargue y posterior transporte hacia la bodega de almacenaje o a otro punto de recolección hasta completar la capacidad del vehículo.

En las figuras 32, 33 y 34 se puede observar la forma en la que se identifican los contenedores o locaciones, el material aprovechable o entidades, os carros transportadores o recursos dentro del layout de simulación del software ProModel.

Figura 32

Locaciones definidas en el sistema de simulación



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra la identificación de los contenedores dentro del sistema, estos están compuestos por el nombre de cada locación (que son las iniciales de la micro ruta a la que pertenecen y el número de su ubicación), un medidor, un contador y tres puntos para la ubicación de entidades.

Figura 33

Entidades definidas en el sistema de simulación.



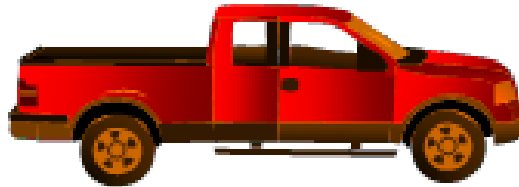
MATERIAL_APROVECHABLE

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra la identificación de las entidades dentro del sistema, las cajas naranjas representan el material aprovechable que es el que llega a los contenedores y las cajas verdes son el material transportado, que es agrupado para posteriormente ser llevado a las bodegas.

Figura 34

Recurso definido en el sistema de simulación.



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra la identificación del recurso dentro del sistema, que son denominados Carro Transportador y que tienen la función de acompañar al material transportado hasta la bodega de almacenamiento.

Segunda etapa diseño de los entornos y montaje de las 16 micro rutas de aprovechamiento

Después de haber determinado los elementos que compondrían la simulación y la cantidad de contenedores que habían sido asignados a cada una de las micro rutas y los tiempos estimados de recolección, se procedió a realizar el diseño de cada uno de los 16 entornos, para ello se utilizó como fondo el plano realizado en Google Maps, en el que se establecieron las distancias entre contenedores y el recorrido establecido para cada una de las micro rutas. Sobre estos planos se localizaron cada uno de los contenedores con las especificaciones establecidas para las locaciones. En la tabla 13 se describe la cantidad de contenedores establecidos para cada micro ruta.

Tabla 13*Contenedores por micro ruta*

MACRO RUTA - SUR				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Monquirá	781.118	0,065	7,268350194	8
Sugamuxi	586.972	0,049	5,461809931	6
El Rosario	610.900	0,051	5,684461417	6
Magdalena	478.433	0,040	4,451847977	5
U.P.T.C.	720.194	0,060	6,701448692	7
Venecia	755.307	0,063	7,028177279	8
Totales	3.932.924	0,330	37	40
MACRO RUTA - NORTE				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Recreo - La pradera	967.790	0,081	9,005341829	10
Asodea	1.319.004	0,111	12,27341528	13
Parque Industrial	1.361.738	0,114	12,67105289	13
Totales	3.648.532	0,306	34	36
MACRO RUTA - CENTRO				
Micro ruta	Área (m2)	Proporción	Asignación recolectores (nodos)	Asignación recolectores (nodos)
Libertador	717.933	0,060	6,68040995	7
Veinte de Julio	723.230	0,061	6,729698855	7
Santa Inés	486.350	0,041	4,525516141	5
Santa Elena	422.221	0,035	3,92879192	4
Parque de la Villa	485.572	0,041	4,518276804	5
Seis de Septiembre	559.300	0,047	5,204320299	6
La Castellana	952.931	0,080	8,867080541	9
Totales	4.347.537	0,364	40	43

Fuente. Pineda (2021)

Nota. La tabla describe la asignación de contenedores en las macro ruta sur, norte y centro teniendo en cuenta el área, la proporción y la asignación de recolectores.

De igual manera se establecieron las entidades y el recurso, posteriormente se trazaron las rutas y las interfases que muestran el recorrido que debe llevar la entidad en compañía del recurso desde el momento en el que el material transportado se carga para ser dirigido a la bodega. El procedimiento, es decir, la secuencia que llevaría la simulación se desarrolla a fin de lograr que la entidad cumpla con la captura del recurso para transportar el material y dirigirlo a la locación destino.

En la figura 35 se define la ruta de las micro rutas identificando la cantidad de contenedores y las distancias entre estos; en la figura 26 se observa el recurso definido, es decir, el carro transportador al que se le establece una ruta y una velocidad. En la figura 37 se puede observar la estructura del proceso establecido para que se cumpla el requisito de recolección y transporte de material aprovechable por micro ruta.

Figura 35

Red de ruta definida en la micro ruta Rosario

```
*****
*                               *
*           Redes de Ruta           *
*                               *
*****
```

Nombre	Tipo	T/V	Desde	Hasta	BI	Distancia/Tiempo	Factor de Velocidad
ROSARIO	No-Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N1	N2	Bi	300	1
			N2	N3	Bi	448	1
			N3	N4	Bi	448	1
			N4	N5	Bi	448	1
			N5	N6	Bi	448	1
			N6	N7	Bi	448	1

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra la ruta definida en la micro ruta Rosario, se observan las distancias existentes entre las locaciones (contenedores) con respecto a la bodega de almacenamiento.

Figura 36

Recurso definido en la micro ruta Rosario

```

*****
*                               *
*                               *
*****

```

Nombre	Rec	Ent	Buscar	Buscar	Ruta	Movimiento	Costos
Carro_Transportador 1	Por Unidad	Más Cercano	Más	Más	Tiempo ROSARIO	Vacío: 500 mpm	
		Home: N1	Lleno: 500 mpm				

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra las características del recurso asignado en la micro ruta Rosario como, por ejemplo, la velocidad y la ruta asignada.

Figura 37

Proceso definido en la micro ruta Rosario

* Procesamiento *						

Proceso			Enrutamiento			
Entidad	Locación	Operación	Blk	Salida	Destino	Regla Lógica de Movimiento
MATERIAL_APROVECHABLE R_1		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE R_2		Wait Until TOTAL_VIAJES_REALIZADOS = 1				
		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE R_3		Wait Until TOTAL_VIAJES_REALIZADOS = 2				
		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE R_4		Wait Until TOTAL_VIAJES_REALIZADOS = 3				
		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE R_5		Wait Until TOTAL_VIAJES_REALIZADOS = 4				
		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE R_6		Wait Until TOTAL_VIAJES_REALIZADOS = 5				
		Get Carro_Transportador				
		Wait 20 min				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	FIRST 1	Move With Carro_Transportador	Then Free
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA						
MATERIAL_APROVECHABLE BODEGA	Accum 1					
		Wait 20 min				
		Inc TOTAL_VIAJES_REALIZADOS				
		1	MATERIAL_APROVECHABLE EXIT	FIRST 1		

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra parte del proceso asignado en la micro ruta Rosario.

El montaje final por micro ruta está definido por una bodega de almacenamiento, unos contenedores, un material aprovechable y un carro transportador. Ver figuras 38 y 39.

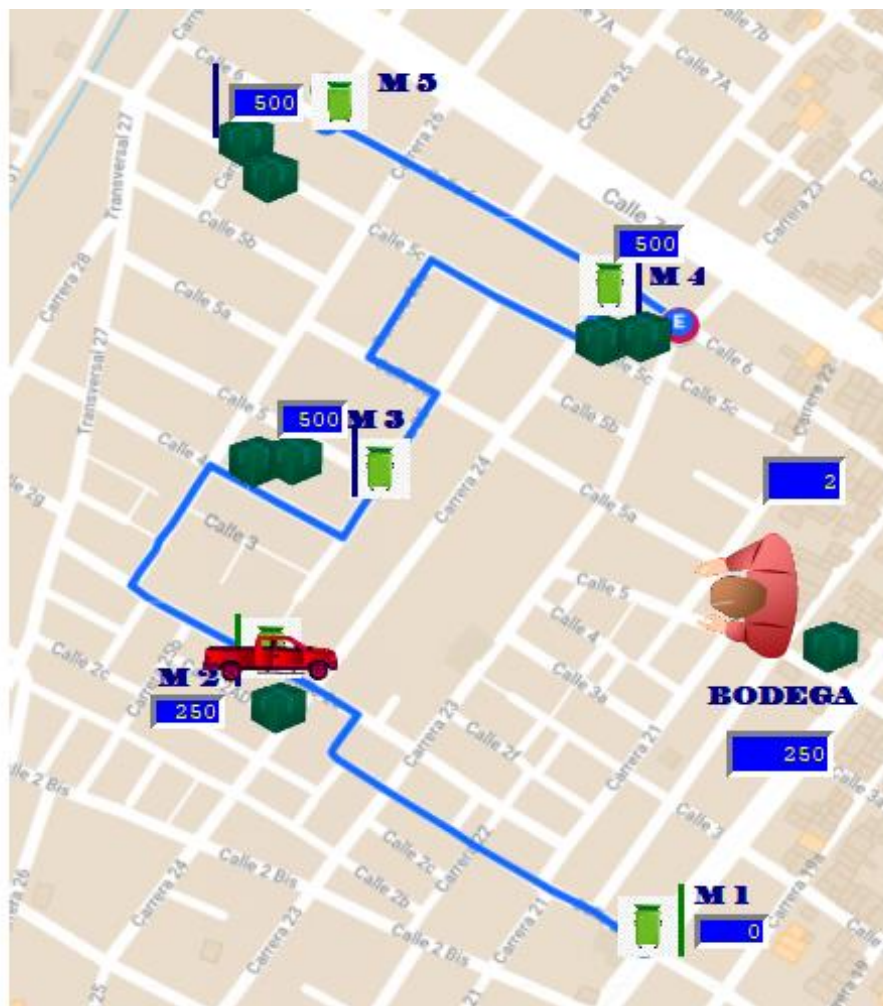
Figura 38

Montaje final de las micro rutas



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra el montaje de las locaciones, recursos, entidades y rutas final de las micro rutas antes de ponerse en marcha la simulación.

Figura 39*Dinámica de la simulación***Fuente.** Propia

Nota. La figura muestra un ejemplo de la dinámica de la simulación, en el que se observa el traslado del recurso (Carro Transportador) por cada una de las locaciones (Contenedores), para recolectar el material y transportarlo hacia la bodega.

Tercera, Cuarta y Quinta Etapa Alternativas de Simulación

Se llevaron a cabo tres alternativas de simulación pertenecientes a las tres propuestas planteadas que consistían en una variación de la capacidad de los contenedores y en el tiempo de recolección establecido para cada vehículo. La primera alternativa de simulación se llevó a cabo en las 16 micro rutas de aprovechamiento teniendo una capacidad en los contenedores de 500 kilogramos y un tiempo de recolección de 20 minutos. La segunda alternativa consistía en la simulación de las 16 micro rutas con contenedores de 200 kilogramos y 10 minutos de recolección y la tercera y última alternativa planteaba la utilización de contenedores de 100 kilogramos y un tiempo de recolección de 4 minutos para cada una de las 16 micro rutas de aprovechamiento. Mas adelante se expondrán por medio de graficas los resultados obtenidos en cada una de las alternativas de simulación.

Sexta Etapa Conclusiones de la Simulación realizada en ProModel

ProModel permitió la creación de entornos dinámicos que mostraran la llegada del material reciclable a los contenedores de almacenamiento para posteriormente ser transportados por vehículos (recursos) establecidos. El desarrollo de estas simulaciones arrojó estadísticas interesantes que pueden dar una idea sobre la efectividad del sistema planteado, destacando valores como tiempos, entradas y salidas del sistema, así como tiempos muertos del recurso encargado del transporte del material, entre otros. Estos valores serán resumidos y analizados más adelante.

Alternativa 1. Contenedores con llenado de 500 Kg

Se realizaron las primeras simulaciones de simulación, partiendo de una capacidad máxima por contenedor de 500 kg y de un tiempo de descargue del contendor de 20 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados por micro ruta:

Macro ruta Sur

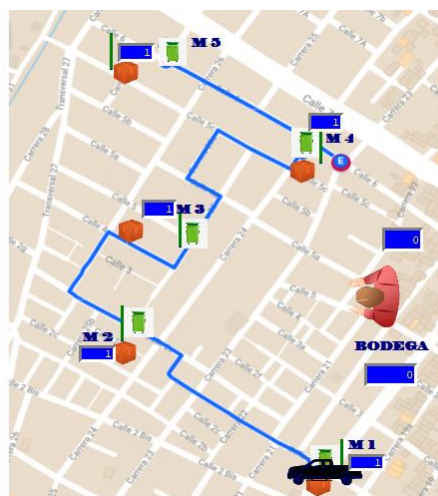
La macro ruta Sur está compuesta por 6 micro rutas: Magdalena, Rosario, UPTC, Venecia, Sugamuxi y Monquirá. A continuación, se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones realizadas.

Micro ruta Magdalena (Macro Ruta Sur)

La micro ruta Magdalena está compuesta por 5 contenedores, ver figura 40; en la tabla 14 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo B. ProModel - micro ruta Magdalena (Cap. 500)).

Figura 40

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Magdalena



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Magdalena, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla14*Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Magdalena*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	5	0	2,1632	0,0358	1,460733	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,654956	67,5265	30,81854	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,69 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Simulado (Hr)	Capacidad	Total Entradas (Viajes)	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
M 1	3,691333	999999	1	0,343333	0,093011	1	0	9,30E-06
M 2	3,691333	999999	1	1,0429	0,282527	1	0	2,83E-05
M 3	3,691333	999999	1	1,768267	0,479032	1	0	4,79E-05
M 4	3,691333	999999	1	2,519433	0,682527	1	0	6,83E-05
BODEGA	3,691333	999999	5	0,333333	0,451508	1	0	4,52E-05
M 5	3,691333	999999	1	3,2964	0,893011	1	0	8,93E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Ttrabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,02466	5	0,369133	0,0358	0	0	54,8492	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,691333	50	4,849196	0	45,1508	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Magdalena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 16 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 26 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 17,52 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 32 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 15,6 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 45,15 %.

Micro ruta Rosario (Macro Ruta Sur)

La micro ruta rosario está compuesta por 6 contenedores, ver figura 41; en la tabla 15 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo C. ProModel - micro ruta rosario (cap. 500)).

Figura 41

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Rosario



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Rosario, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 15

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Rosario

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	6	0	2,577556	0,047333	1,863556	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,836365	72,29934	25,8643	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 4,56 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Simulado (Hr)	Capacidad	Total Entradas (Viajes)	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
R 1	4,568	999999	1	0,343333	0,075161	1	0	7,52E-06
R 2	4,568	999999	1	1,044933	0,228751	1	0	2,29E-05
R 3	4,568	999999	1	1,7764	0,388879	1	0	3,89E-05
R 4	4,568	999999	1	2,537733	0,555546	1	0	5,56E-05
R 5	4,568	999999	1	3,328933	0,728751	1	0	7,29E-05
R 6	4,568	999999	1	4,15	0,908494	1	0	9,08E-05
BODEGA	4,568	999999	6	0,333333	0,437828	1	0	4,38E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,568	6	0,380667	0,047333	0	0	56,21716	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	4,568	50	6,217162872	0	43,78284	0		

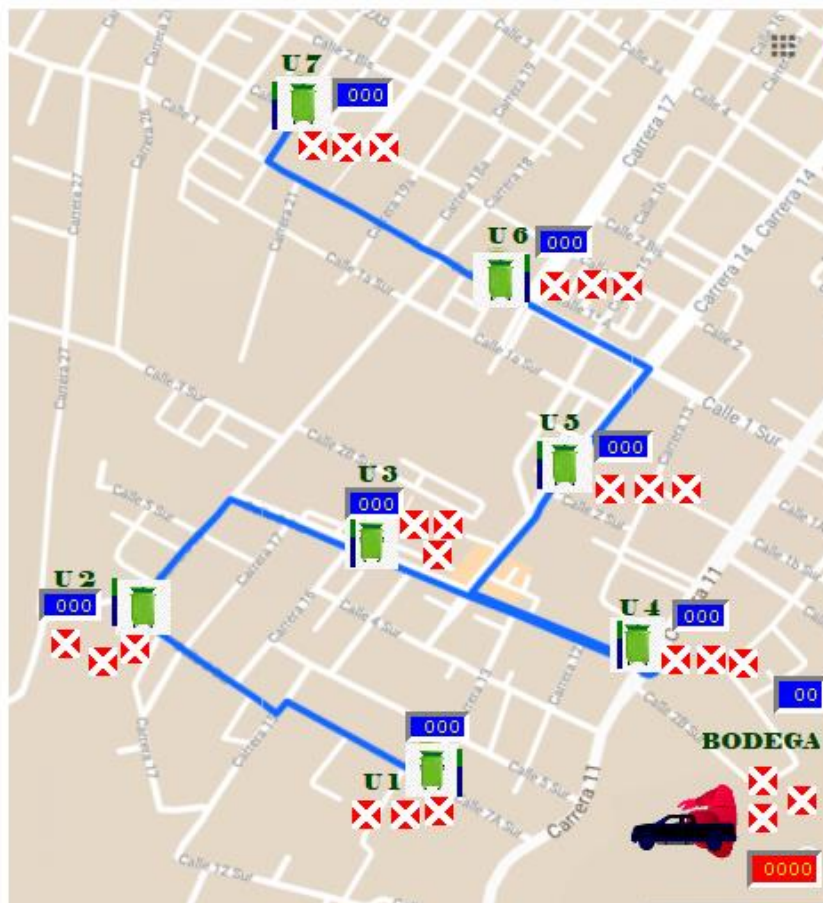
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Rosario, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 58 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,7 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 18,63 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 42 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 16 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 43,78 %.

Micro ruta UPTC (Macro Ruta Sur)

La micro ruta UPTC está compuesta por 7 contenedores, ver figura 42; en la tabla 16 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo D. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 500)).

Figura 42*Mapa Alternativa 1. Micro ruta UPTC*

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta UPTC, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 16

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta UPTC

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	2,9456	0,0473	2,231633	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,605785	75,76159	22,63263	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 5,32 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Simulado (Hr)	Capacidad	Total Entradas (Viajes)	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
U 1	5,328867	999999	1	0,343333	0,064429	1	0	6,44E-06
U 2	5,328867	999999	1	1,042433	0,19562	1	0	1,96E-05
U 3	5,328867	999999	1	1,7664	0,331478	1	0	3,31E-05
U 4	5,328867	999999	1	2,515233	0,472002	1	0	4,72E-05
U 5	5,328867	999999	1	3,288933	0,617192	1	0	6,17E-05
U 6	5,328867	999999	1	4,0875	0,767049	1	0	7,67E-05
U 7	5,328867	999999	1	4,910933	0,921572	1	0	9,22E-05
BODEGA	5,328867	999999	7	0,333333	0,437867	1	0	4,38E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,995533	7	0,380633	0,0473	0	0	56,21333	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	5,328867	50	6,213329	0	43,78667	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta UPTC, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

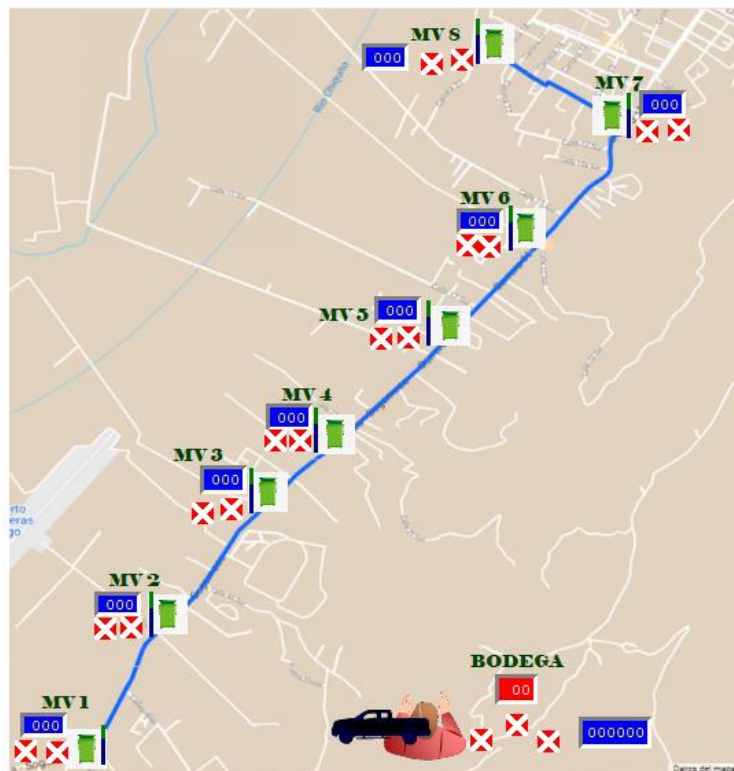
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 57 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 19,12 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 horas y 04 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 7 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 43,78 %.

Micro ruta venecia (macro ruta sur)

La micro ruta Venecia está compuesta por 8 contenedores, ver figura 43; en la tabla 17 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo E ProModel - micro ruta Venecia (cap. 500)).

Figura 43

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Venecia



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Venecia, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 17

Estadísticas Alternativa I Micro ruta Venecia

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	8	0	3,7165	0,114417	2,935417	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,078613	78,98336	17,93802	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 7,16 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Simulado (Hr)	Capacidad	Total Entradas (Viajes)	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MV 1	7,164	999999	1	0,343333	0,047925	1	0	4,79E-06
MV 2	7,164	999999	1	1,059833	0,147939	1	0	1,48E-05
MV 3	7,164	999999	1	1,836	0,256281	1	0	2,56E-05
MV 4	7,164	999999	1	2,671833	0,372953	1	0	3,73E-05
MV 5	7,164	999999	1	3,567333	0,497953	1	0	4,98E-05
MV 6	7,164	999999	1	4,5225	0,631281	1	0	6,31E-05
MV 7	7,164	999999	1	5,537333	0,772939	1	0	7,73E-05
MV 8	7,164	999999	1	6,611833	0,922925	1	0	9,23E-05
BODEGA	7,164	999999	8	0,333333	0,372232	1	0	3,72E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	4,49733	8	0,44775	0,114417	0	0	62,77685	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	7,164	50	12,77685	0	37,22315	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Venecia, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

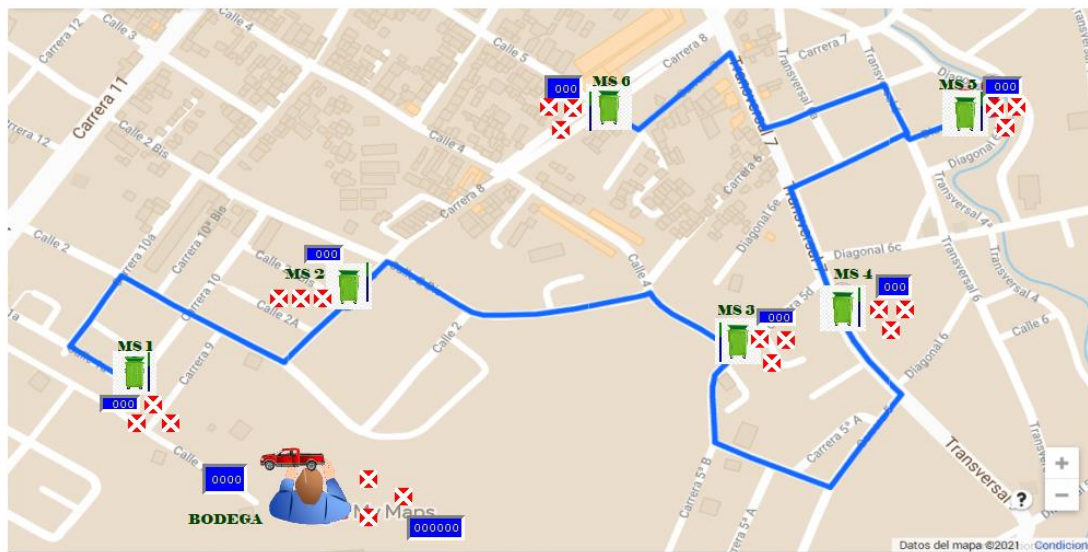
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 3 horas 42 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 27,87 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 22,01 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 horas y 47 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 5 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 37,22 %.

Micro ruta Sugamuxi (macro ruta sur)

La micro ruta Sugamuxi está compuesta por 6 contenedores, ver figura 44; en la tabla 18 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo F. ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 500)).

Figura 44

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Sugamuxi



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Sugamuxi, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 18

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Sugamuxi

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	6	0	2,581833	0,04825	1,866917	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,868827	72,30973	25,82144	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 4,57 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MS 1	4,579	999999	1	0,343333	0,07498	1	0	7,50E-06
MS 2	4,579	999999	1	1,0453	0,228281	1	0	2,28E-05
MS 3	4,579	999999	1	1,777867	0,388265	1	0	3,88E-05
MS 4	4,579	999999	1	2,541033	0,554932	1	0	5,55E-05
MS 5	4,579	999999	1	3,3348	0,728281	1	0	7,28E-05
MS 6	4,579	999999	1	4,159167	0,908313	1	0	9,08E-05
BODEGA	4,579	999999	6	0,333333	0,436777	1	0	4,37E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,579	6	0,381583	0,04825	0	0	56,32234	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	4,579	50	6,322341	0	43,67766	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Sugamuxi, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

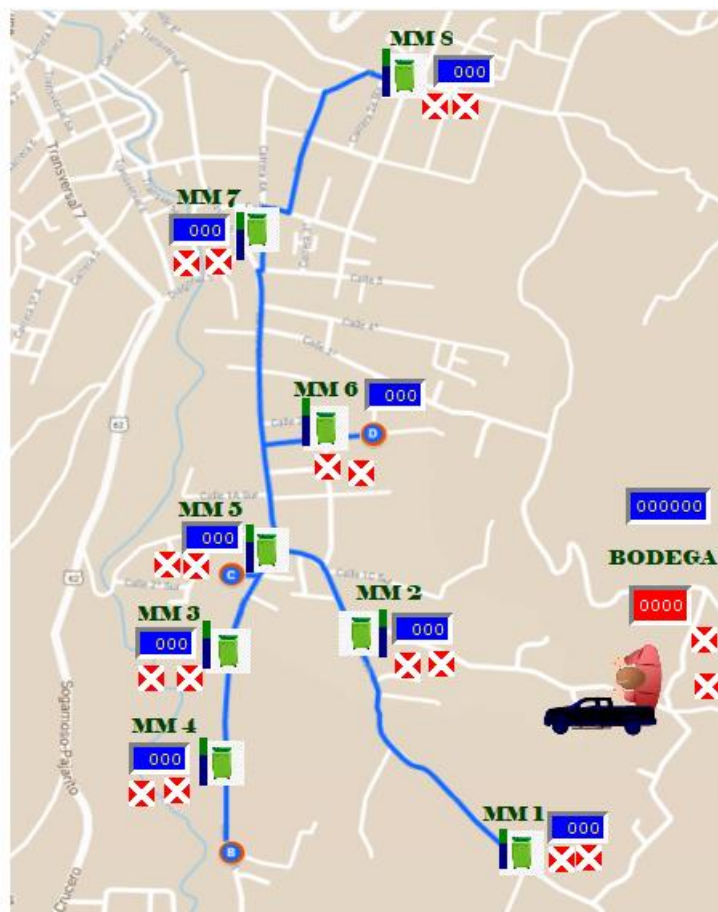
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 35 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,82 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 18,62 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 42 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 7 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 43,67 %.

Micro ruta Monquirá (macro ruta sur)

La micro ruta Monquirá está compuesta por 8 contenedores, ver figura 45; en la tabla 19 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo G. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 500)).

Figura 45

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Monquirá



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Sugamuxi, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 19

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Monquirá

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	8	0	3,2971	0,086183	2,54425	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,613913	77,1663	20,21979	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 5,71 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas (Viajes)	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MM 1	5,712267	999999	1	0,343333	0,060105	1	0	6,01E-06
MM 2	5,712267	999999	1	1,051767	0,184124	1	0	1,84E-05
MM 3	5,712267	999999	1	1,803733	0,315765	1	0	3,16E-05
MM 4	5,712267	999999	1	2,599233	0,455027	1	0	4,55E-05
MM 5	5,712267	999999	1	3,438267	0,601909	1	0	6,02E-05
MM 6	5,712267	999999	1	3,9875	0,698059	1	0	6,98E-05
MM 7	5,712267	999999	1	4,580267	0,80183	1	0	8,02E-05
MM 8	5,712267	999999	1	5,216567	0,913222	1	0	9,13E-05
BODEGA	5,712267	999999	8	0,333333	0,466832	1	0	4,67E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	4,0456	8	0,419517	0,086183	0	0	70,82302	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	5,712267	58,753	12,06993	0	29,17698	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Monquirá, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 3 horas 18 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 24,73 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 19,08 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 horas y 20 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 2 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 58,75 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 29,17 %.

Macro ruta Centro

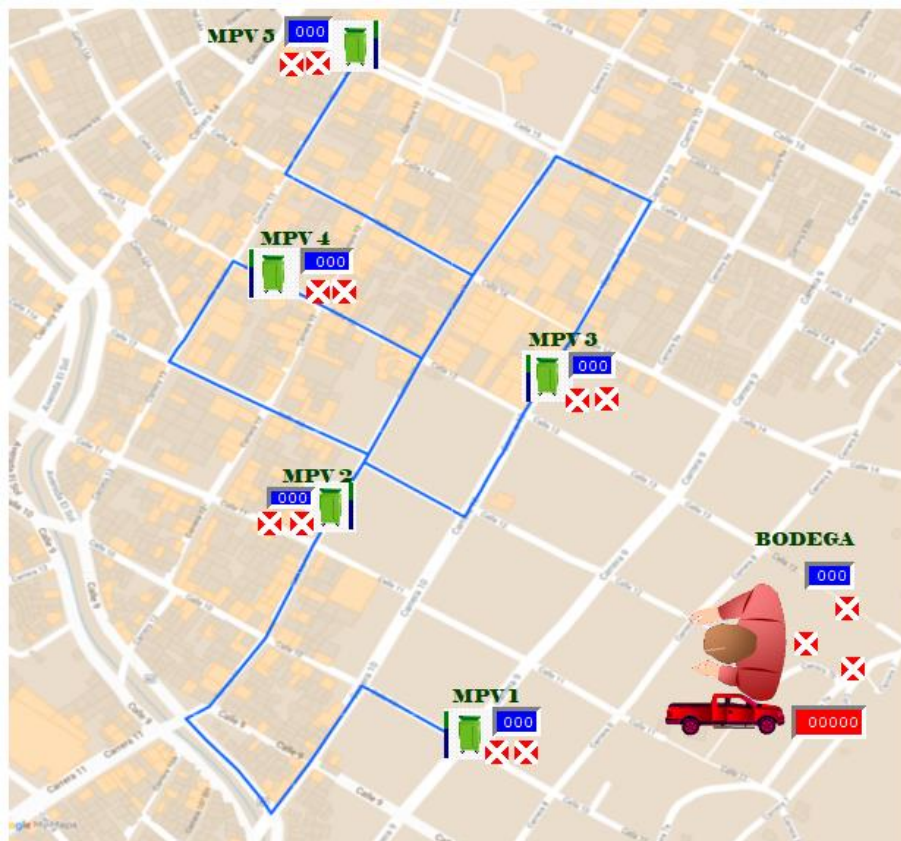
La macro ruta Centro está compuesta por 7 micro rutas: Parque de la Villa, Seis de Septiembre, Santa Inés, La Castellana, Santa Helena, Veinte de Julio y Libertador. A continuación se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas.

Micro ruta Parque de la Villa (Macro Ruta Centro)

La micro ruta Parque de la Villa está compuesta por 5 contenedores, ver figura 46; en la tabla 20 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo H. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 500)).

Figura 46

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Parque de la Villa



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Parque de la Villa, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 20

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Parque de la Villa

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	5	0	2,241867	0,055467	1,519733	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,474129	67,78875	29,73712	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,88 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPV 1	3,888	999999	1	0,343333	0,088306	1	0	8,83E-06
MPV 2	3,888	999999	1	1,052733	0,270765	1	0	2,71E-05
MPV 3	3,888	999999	1	1,8076	0,464918	1	0	4,65E-05
MPV 4	3,888	999999	1	2,607933	0,670765	1	0	6,71E-05
MPV 5	3,888	999999	1	3,453733	0,888306	1	0	8,88E-05
BODEGA	3,888	999999	5	0,333333	0,428669	1	0	4,29E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,221333	5	0,3888	0,055467	0	0	57,13306	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,888	50	7,133059	0	42,86694	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Parque de la Villa, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

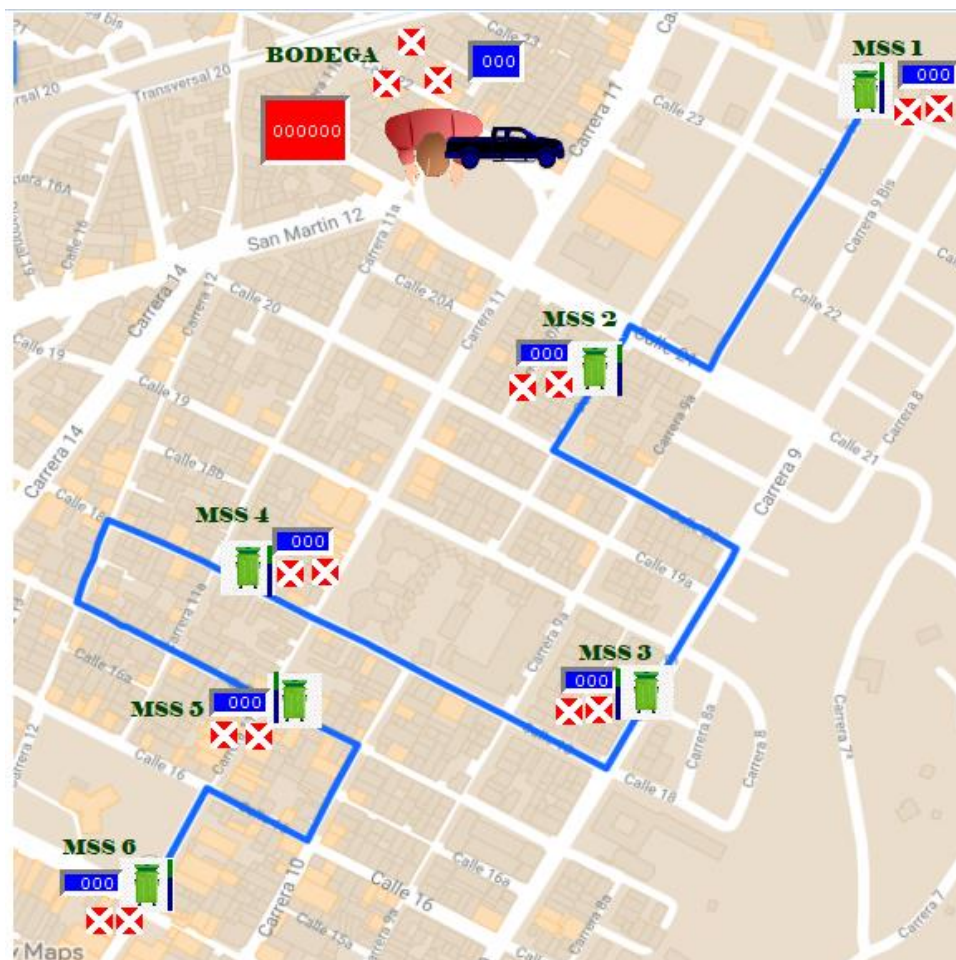
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 15 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 26,90 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 18 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 24 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 42,86 %.

Micro ruta Seis de septiembre (macro ruta centro)

La micro ruta seis de septiembre está compuesta por 6 contenedores, ver figura 47; en la tabla 21 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo I. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 500)).

Figura 47

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Seis de septiembre



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Seis de Septiembre, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 21

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Seis de Septiembre

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	6	0	2,5655	0,04475	1,854083	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,744299	72,26986	25,98584	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 4,53 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSS 1	4,537	999999	1	0,343333	0,075674	1	0	7,57E-06
MSS 2	4,537	999999	1	1,0439	0,230086	1	0	2,30E-05
MSS 3	4,537	999999	1	1,772267	0,390625	1	0	3,91E-05
MSS 4	4,537	999999	1	2,528433	0,557292	1	0	5,57E-05
MSS 5	4,537	999999	1	3,3124	0,730086	1	0	7,30E-05
MSS 6	4,537	999999	1	4,124167	0,909007	1	0	9,09E-05
BODEGA	4,537	999999	6	0,333333	0,44082	1	0	4,41E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,537	6	0,378083	0,04475	0	0	55,91801	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	4,537	50	5,918007	0	44,08199	0		

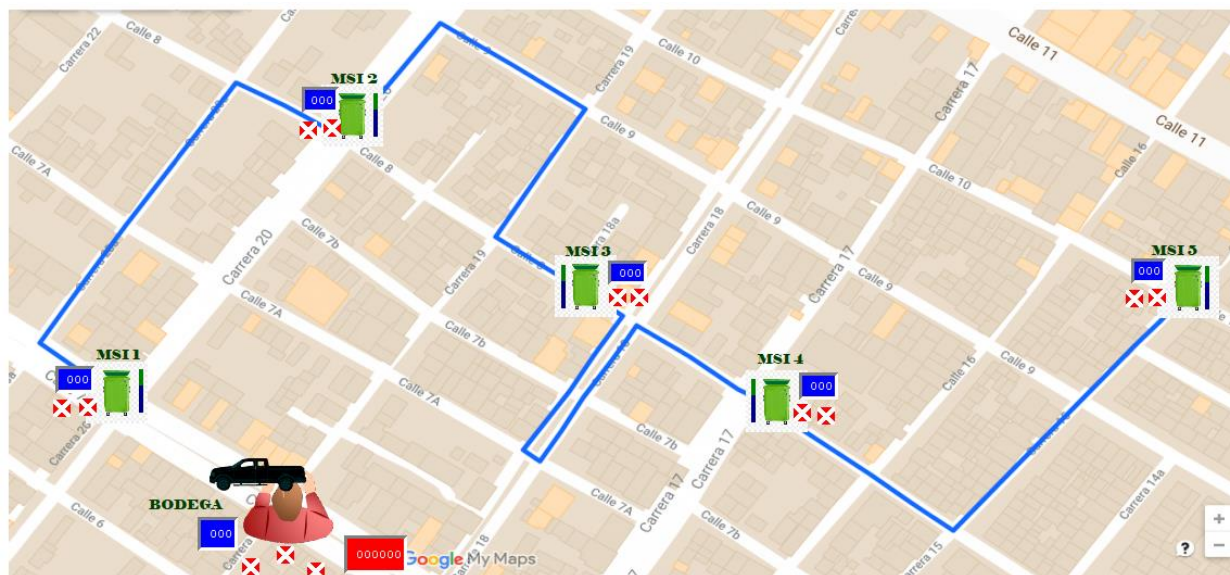
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Seis de Septiembre, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 34 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,65 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 18,54 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 41 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 7 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 44,08 %.

Micro ruta Santa Inés (Macro Ruta Centro)

La micro ruta Santa Inés está compuesta por 5 contenedores, ver figura 48; en la tabla 22 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo J. ProModel - micro ruta Santa Inés (cap. 500)).

Figura 48*Mapa Alternativa 1. Micro ruta Santa Inés*

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Santa Inés, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 22

Estadísticas Alternativa 1 Micro ruta Santa Inés

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	5	0	2,164	0,036	1,461333	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,663586	67,52927	30,80715	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,69 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSI 1	3,693333	999999	1	0,343333	0,09296	1	0	9,30E-06
MSI 2	3,693333	999999	1	1,043	0,282401	1	0	2,82E-05
MSI 3	3,693333	999999	1	1,768667	0,478881	1	0	4,79E-05
MSI 4	3,693333	999999	1	2,520333	0,682401	1	0	6,82E-05
MSI 5	3,693333	999999	1	3,298	0,89296	1	0	8,93E-05
BODEGA	3,693333	999999	5	0,333333	0,451264	1	0	4,51E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,026667	5	0,369333	0,036	0	0	54,87365	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,693333	50	4,873646	0	45,12635	0		

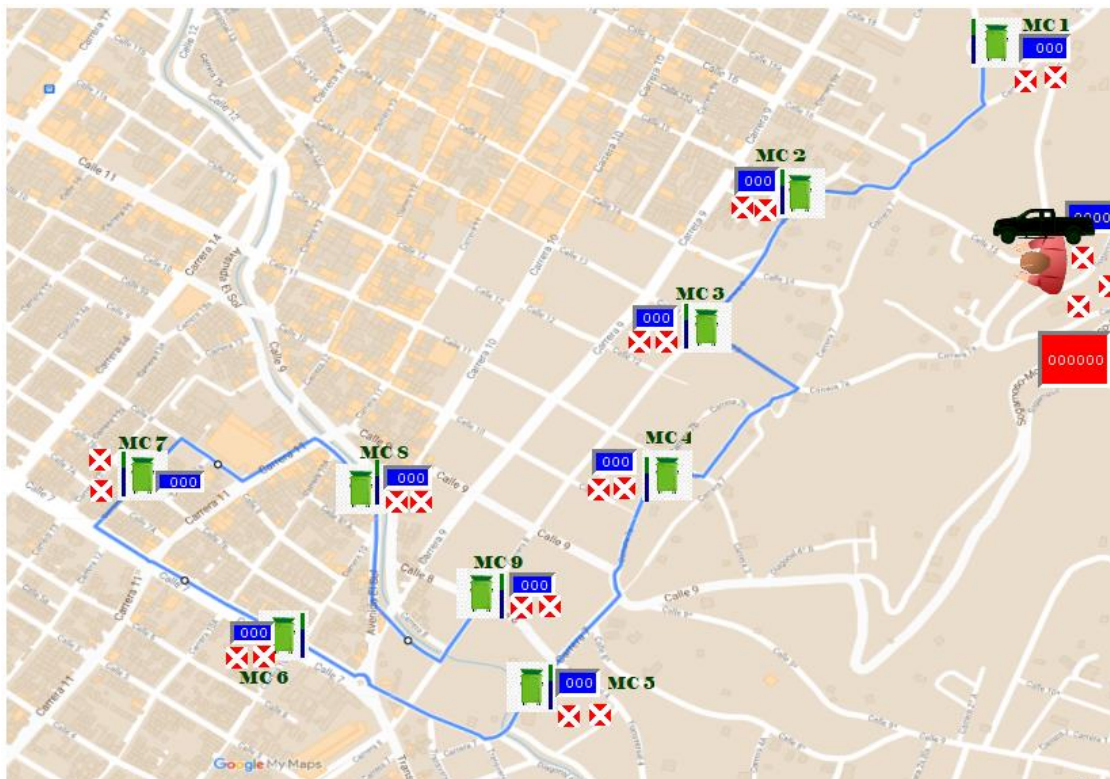
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Inés, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 horas 10 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,96 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 17,53 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 horas y 20 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 10 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 45,12 %.

Micro ruta La Castellana (Macro Ruta Centro)

La micro ruta La Castellana está compuesta por 9 contenedores, ver figura 49; en la tabla 23 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo K. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 500)).

Figura 49*Mapa Alternativa 1. Micro ruta La Castellana*

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta La Castellana, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 23

Estadísticas Alternativa 1 Micro La Castellana

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	3,836889	0,070533	3,099689	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,838295	80,78652	17,37519	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 7,26 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MC 1	7,2696	999999	1	0,343333	0,047229	1	0	4,72E-06
MC 2	7,2696	999999	1	1,045133	0,143768	1	0	1,44E-05
MC 3	7,2696	999999	1	1,7772	0,24447	1	0	2,44E-05
MC 4	7,2696	999999	1	2,539533	0,349336	1	0	3,49E-05
MC 5	7,2696	999999	1	3,332133	0,458365	1	0	4,58E-05
MC 6	7,2696	999999	1	4,155	0,571558	1	0	5,72E-05
MC 7	7,2696	999999	1	5,008133	0,688915	1	0	6,89E-05
MC 8	7,2696	999999	1	5,891533	0,810434	1	0	8,10E-05
MC 9	7,2696	999999	1	6,8052	0,936118	1	0	9,36E-05
BODEGA	7,2696	999999	9	0,333333	0,412677	1	0	4,13E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	4,2696	9	0,403867	0,070533	0	0	58,73225	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	8,656	80,32579	11,0097	0	8,66451	0		

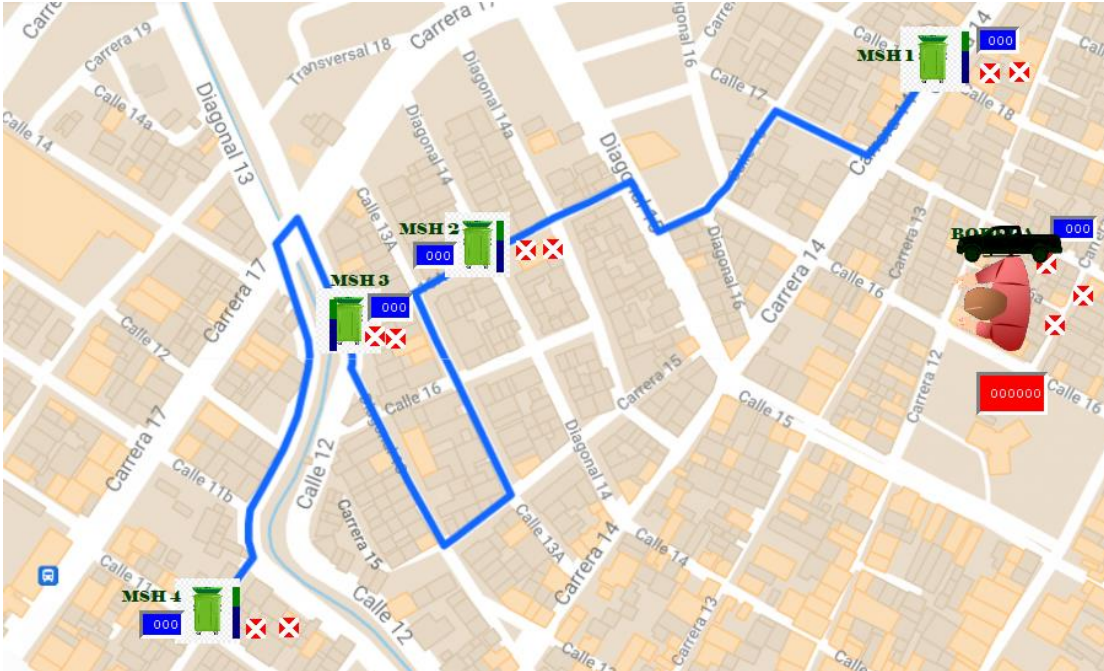
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta La Castellana, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 3 horas 50 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,57 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 21 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 horas y 54 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 4 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 80,32 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 8,66 %.

Micro ruta Santa Helena (Macro Ruta Centro)

La micro ruta Santa Helena está compuesta por 4 contenedores, ver figura 50; en la tabla 24 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo L. ProModel - micro ruta santa helena (cap. 500)).

Figura 50***Mapa Alternativa 1. Micro ruta Santa Helena*****Fuente.** Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Santa Helena, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 24

Estadísticas Alternativa 1 Micro Santa Helena

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	4	0	1,797333	0,0342	1,096467	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,902819	61,00519	37,09199	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,94 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSH 1	2,940267	999999	1	0,343333	0,116769	1	0	1,17E-05
MSH 2	2,940267	999999	1	1,046133	0,355795	1	0	3,56E-05
MSH 3	2,940267	999999	1	1,7812	0,605795	1	0	6,06E-05
MSH 4	2,940267	999999	1	2,548533	0,866769	1	0	8,67E-05
BODEGA	2,940267	999999	4	0,333333	0,453474	1	0	4,53E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,606933	4	0,367533	0,0342	0	0	54,65264	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,940267	50	4,652639	0	45,34736	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Helena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

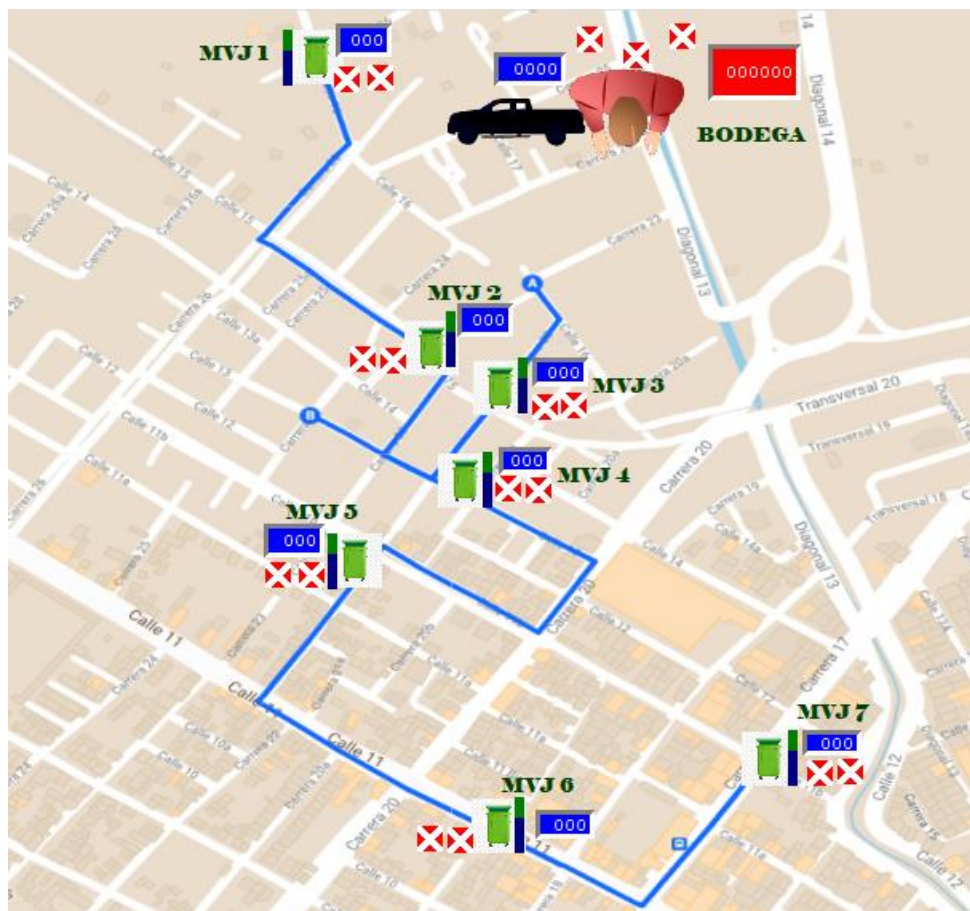
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora 48 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 26,95 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 14 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 hora y 1 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 13 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 45,34 %.

Micro ruta Veinte de Julio (Macro Ruta Centro)

La micro ruta magdalena está compuesta por 7 contenedores, ver figura 51; en la tabla 25 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo M. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 500)).

Figura 51

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Veinte de Julio



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Veinte de Julio, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 25

Estadísticas Alternativa 1 Micro Veinte de Julio

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	3,0112	0,0596	2,284933	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,979277	75,88115	22,13957	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 5,50 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MVJ 1	5,501067	999999	1	0,343333	0,062412	1	0	6,24E-06
MVJ 2	5,501067	999999	1	1,046533	0,190242	1	0	1,90E-05
MVJ 3	5,501067	999999	1	1,7828	0,324083	1	0	3,24E-05
MVJ 4	5,501067	999999	1	2,552133	0,463934	1	0	4,64E-05
MVJ 5	5,501067	999999	1	3,354533	0,609797	1	0	6,10E-05
MVJ 6	5,501067	999999	1	4,19	0,76167	1	0	7,62E-05
MVJ 7	5,501067	999999	1	5,058533	0,919555	1	0	9,20E-05
BODEGA	5,501067	999999	7	0,333333	0,42416	1	0	4,24E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	3,167733	7	0,392933	0,0596	0	0	57,58398	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	5,501067	50	7,583984	0	42,41602	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Veinte de Julio, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

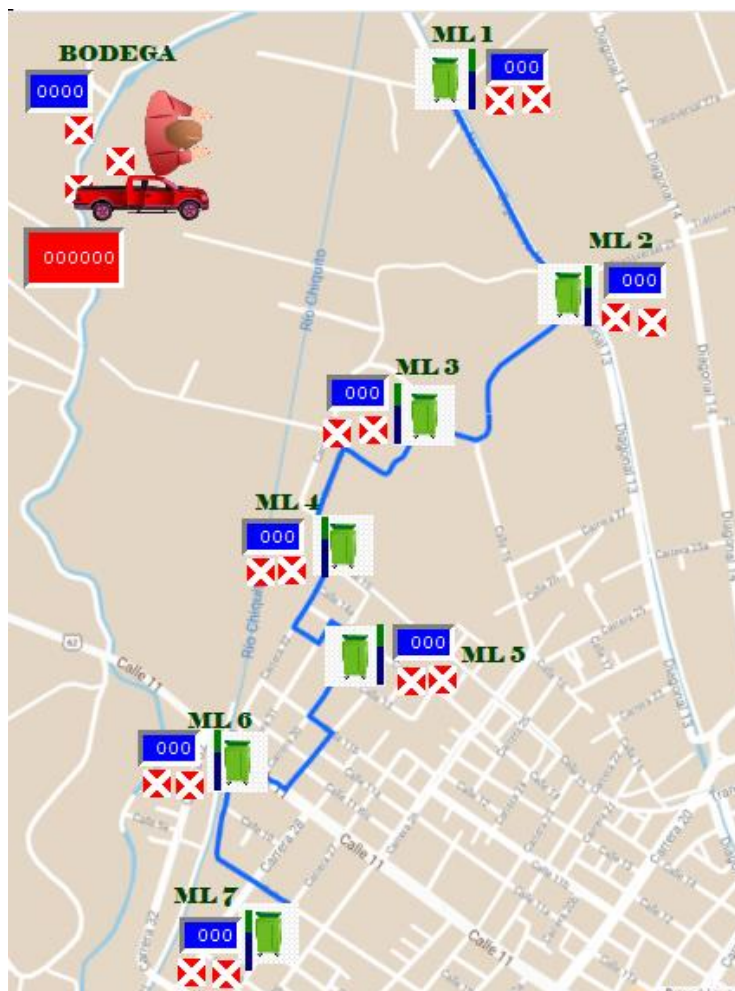
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 3 hora 6 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,81 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 20 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 hora y 18 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 12 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 42,41 %.

Micro ruta libertador (macro ruta centro)

La micro ruta Libertador está compuesta por 7 contenedores, ver figura 52; en la tabla 26 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo N. ProModel - micro ruta libertador (cap. 500)).

Figura 52

Mapa Alternativa 1. Micro ruta Libertador



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Libertador, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 26

Estadísticas Alternativa 1 Micro Libertador

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	3,044267	0,0658	2,3118	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,16144	75,93947	21,89909	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 5,58 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
ML 1	5,587867	999999	1	0,343333	0,061443	1	0	6,14E-06
ML 2	5,587867	999999	1	1,0486	0,187657	1	0	1,88E-05
ML 3	5,587867	999999	1	1,791067	0,320528	1	0	3,21E-05
ML 4	5,587867	999999	1	2,570733	0,460056	1	0	4,60E-05
ML 5	5,587867	999999	1	3,3876	0,606242	1	0	6,06E-05
ML 6	5,587867	999999	1	4,241667	0,759085	1	0	7,59E-05
ML 7	5,587867	999999	1	5,132933	0,918586	1	0	9,19E-05
BODEGA	5,587867	999999	7	0,333333	0,417571	1	0	4,18E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	3,254533	7	0,399133	0,0658	0	0	58,24286	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	5,587867	50	8,24286	0	41,75714	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Libertador, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

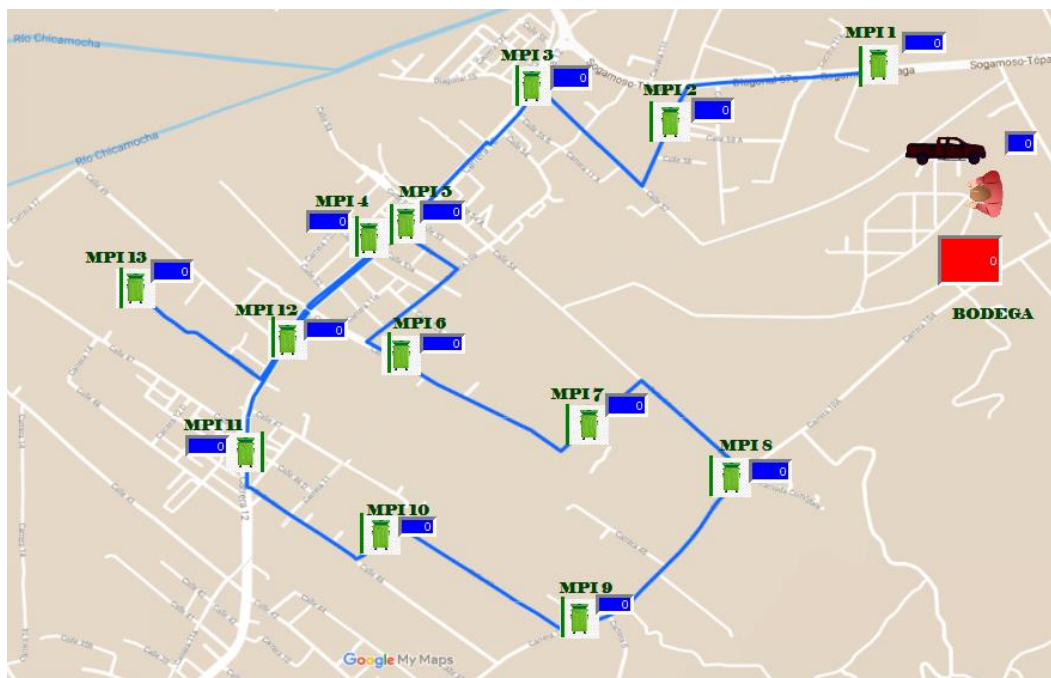
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 3 horas 6 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 26,09 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 20 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 3 hora y 8 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 2 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 41,75 %.

Macro ruta Norte

La macro ruta Norte está compuesta por 3 micro rutas: Parque Industrial, Recreo – Pradera y Asodea. En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas.

Micro ruta Parque Industrial (Macro Ruta Norte)

La micro ruta Parque Industrial está compuesta por 13 contenedores, ver figura 53; en la tabla 27 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo O. ProModel - parque industrial (cap. 500)).

Figura 53*Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Parque Industrial*

Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Parque Industrial, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 27

Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Parque Industrial

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	13	0	6,090933	0,1476	5,276667	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,423274	86,6315	10,94523	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 12,50 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPI 1	12,50427	999999	1	0,343333	0,027457	1	0	2,75E-06
MPI 2	12,50427	999999	1	1,052933	0,084206	1	0	8,42E-06
MPI 3	12,50427	999999	1	1,8084	0,144623	1	0	1,45E-05
MPI 4	12,50427	999999	1	2,609733	0,208707	1	0	2,09E-05
MPI 5	12,50427	999999	1	3,456933	0,27646	1	0	2,76E-05
MPI 6	12,50427	999999	1	4,35	0,347881	1	0	3,48E-05
MPI 7	12,50427	999999	1	5,288933	0,42297	1	0	4,23E-05
MPI 8	12,50427	999999	1	6,273733	0,501727	1	0	5,02E-05
MPI 9	12,50427	999999	1	7,3044	0,584153	1	0	5,84E-05
MPI 10	12,50427	999999	1	8,380933	0,670246	1	0	6,70E-05
MPI 11	12,50427	999999	1	9,503333	0,760007	1	0	7,60E-05
MPI 12	12,50427	999999	1	10,6716	0,853437	1	0	8,53E-05
MPI 13	12,50427	999999	1	11,88573	0,950534	1	0	9,51E-05
BODEGA	12,50427	999999	13	0,333333	0,346548	1	0	3,47E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	8,170933	13	0,480933	0,1476	0	0	65,34516	
Nombre	Tiempo Programado	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	12,50427	50	15,34516	0	34,65484	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 6 horas 5 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 28,11 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 24 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 6 horas y 6 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 1 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 34,65 %.

Micro ruta Recreo – La Pradera (Macro Ruta Norte)

La micro ruta Recreo – La pradera está compuesta por 10 contenedores, ver figura 54; en la tabla 28 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo P. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 500)).

Figura 54

Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Recreo – La Pradera



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Parque Industrial, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 28

Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Recreo – La Pradera

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	4,212267	0,0694	3,4762	0,666667	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,647569	82,52564	15,82679	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 8,05 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MRP 1	8,054667	999999	1	0,343333	0,042625	1	0	4,26E-06
MRP 2	8,054667	999999	1	1,0432	0,129515	1	0	1,30E-05
MRP 3	8,054667	999999	1	1,769467	0,219682	1	0	2,20E-05
MRP 4	8,054667	999999	1	2,522133	0,313127	1	0	3,13E-05
MRP 5	8,054667	999999	1	3,3012	0,409849	1	0	4,10E-05
MRP 6	8,054667	999999	1	4,106667	0,509849	1	0	5,10E-05
MRP 7	8,054667	999999	1	4,938533	0,613127	1	0	6,13E-05
MRP 8	8,054667	999999	1	5,7968	0,719682	1	0	7,20E-05
MRP 9	8,054667	999999	1	6,681467	0,829515	1	0	8,30E-05
MRP 10	8,054667	999999	1	7,592533	0,942625	1	0	9,43E-05
BODEGA	8,054667	999999	10	0,333333	0,413839	1	0	4,14E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	4,721333	10	0,402733	0,0694	0	0	58,61612	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	8,054667	50	8,616123	0	41,38388	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

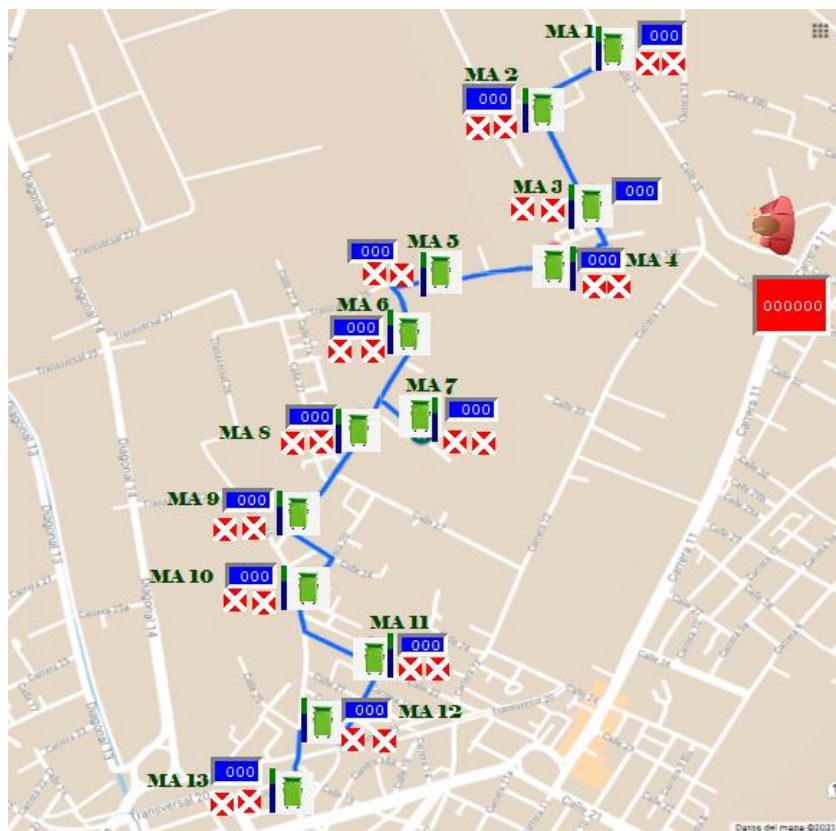
Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 4 horas 13 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 25,27 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 21 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 4 horas y 16 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 41,38 %.

Micro ruta Asodea (Macro Ruta Norte)

La micro ruta magdalena está compuesta por 5 contenedores, ver figura 55; en la tabla 29 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 1 (Ver Anexo Q. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 500)).

Figura 55

Mapa Alternativa 1. Micro Ruta Asodea



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra los componentes de simulación para la micro ruta Parque Industrial, en el que se identifica el recorrido y la cantidad de contenedores que la componen.

Tabla 29

Estadísticas Alternativa 1 Micro Ruta Asodea

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	13	0	5,151713	0,071292	4,439395	0,641026	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,383856	86,17318	12,44296	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 10,05 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MA 1	10,05453	999999	1	0,343333	0,034147	1	0	3,41E-06
MA 2	10,05453	999999	1	1,039367	0,103373	1	0	1,03E-05
MA 3	10,05453	999999	1	1,754133	0,174462	1	0	1,74E-05
MA 4	10,05453	999999	1	2,487633	0,247414	1	0	2,47E-05
MA 5	10,05453	999999	1	3,239867	0,322229	1	0	3,22E-05
MA 6	10,05453	999999	1	4,010833	0,398908	1	0	3,99E-05
MA 7	10,05453	999999	1	4,4672	0,444297	1	0	4,44E-05
MA 8	10,05453	999999	1	5,275633	0,524702	1	0	5,25E-05
MA 9	10,05453	999999	1	6,1028	0,60697	1	0	6,07E-05
MA 10	10,05453	999999	1	6,9487	0,691101	1	0	6,91E-05
MA 11	10,05453	999999	1	7,813333	0,777096	1	0	7,77E-05
MA 12	10,05453	999999	1	8,6967	0,864953	1	0	8,65E-05
MA 13	10,05453	999999	1	9,5988	0,954674	1	0	9,55E-05
BODEGA	10,05453	999999	13	0,333333	0,430983	1	0	4,31E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	5,7212	13	0,373892	0,0662	0	0	56,9017	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	10,05453	48,34237	8,559323	0	43,0983	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Asodea, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 5 horas 9 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 23,77 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 20 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 5 horas y 11 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 2 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 48,34 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 43,09 %.

Alternativa 2. Contenedores con llenado de 250 Kg

La segunda alternativa consiste en la simulación del sistema de recolección y transporte de material aprovechable haciendo uso de contenedores de 250 Kg y empleando un tiempo de descargue de contenedor de 10 minutos; y se obtuvieron los siguientes resultados por micro ruta:

Macro ruta sur

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 6 micro rutas que componen la macro ruta Sur.

Micro ruta magdalena (macro ruta sur)

La micro ruta magdalena está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 30 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo R. ProModel - micro ruta magdalena (cap. 250)).

Tabla 30

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Magdalena

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	0,819924	0,022714	0,487686	0,309524	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,770292	59,47939	37,75031	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,09 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
M 1	2,099733	999999	1	0,176667	0,084138	1	0	8,41E-06
M 2	2,099733	999999	2	0,26145	0,249032	2	0	2,49E-05
M 3	2,099733	999999	1	0,914933	0,435738	1	0	4,36E-05
M 4	2,099733	999999	2	0,630583	0,600632	2	0	6,01E-05
BODEGA	2,099733	999999	3	0,333333	0,476251	1	0	4,76E-05
M 5	2,099733	999999	1	1,7048	0,811913	1	0	8,12E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,7664	5	0,1318	0,02148	0	0	36,49987	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,099733	31,38494	5,114935	0	63,50013	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Magdalena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 49 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,83 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 5,85 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 60 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 11 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,38 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 63,50 %.

Micro ruta rosario (macro ruta sur)

La micro ruta rosario está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 31 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo S. ProModel - micro ruta rosario (cap. 250)).

Tabla 31*Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Rosario*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,879096	0,023244	0,578074	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,644129	65,75776	31,59811	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,32 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
R 1	2,3288	999999	1	0,176667	0,075862	1	0	7,59E-06
R 2	2,3288	999999	2	0,262467	0,225409	2	0	2,25E-05
R 3	2,3288	999999	1	0,923067	0,39637	1	0	3,96E-05
R 4	2,3288	999999	4	0,317833	0,545918	3	0	5,46E-05
R 5	2,3288	999999	1	1,7292	0,742528	1	0	7,43E-05
R 6	2,3288	999999	2	1,038733	0,892076	2	0	8,92E-05
BODEGA	2,3288	999999	3	0,333333	0,429406	1	0	4,29E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,8288	8	0,08865	0,01495	0	0	35,58914	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,175633	55,74545	9,781826	0	34,47272	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Rosario, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 53 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 8,79 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 5,78 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 39 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 14 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 55,74 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 34,47 %.

Micro ruta UPTC (macro ruta sur)

La micro ruta UPTC está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 32 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo T. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 250)).

Tabla 32

Estadísticas Alternativa 2 micro ruta UPTC

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	1,074737	0,02638	0,748357	0,3	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,454555	69,63163	27,91381	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,95 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
U 1	2,953	999999	1	0,176667	0,059826	1	0	5,98E-06
U 2	2,953	999999	2	0,261217	0,176916	2	0	1,77E-05
U 3	2,953	999999	1	0,913067	0,3092	1	0	3,09E-05
U 4	2,953	999999	2	0,629417	0,42629	2	0	4,26E-05
U 5	2,953	999999	1	1,6992	0,575415	1	0	5,75E-05
U 6	2,953	999999	2	1,022483	0,692505	2	0	6,93E-05
U 7	2,953	999999	1	2,535067	0,858472	1	0	8,58E-05
BODEGA	2,953	999999	4	0,333333	0,451518	1	0	4,52E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,8288	8	0,08865	0,01495	0	0	35,58914	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,953	31,5092	6,407044	0	62,08376	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta UPTC, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora 4 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,21 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,41 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 15 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 11 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,50 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 62,08 %.

Micro ruta Venecia (macro ruta sur)

La micro ruta Venecia está compuesta por 8 contenedores, en la tabla 33 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo U. ProModel - micro ruta Venecia (cap. 250)).

Tabla 33

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Venecia

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	12	0	1,288556	0,053056	0,957722	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	4,117444	74,32526	21,5573	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,70 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MV 1	3,701333	999999	1	0,176667	0,047731	1	0	4,77E-06
MV 2	3,701333	999999	2	0,269917	0,145848	2	0	1,46E-05
MV 3	3,701333	999999	1	0,982667	0,26549	1	0	2,65E-05
MV 4	3,701333	999999	2	0,672917	0,363608	2	0	3,64E-05
MV 5	3,701333	999999	1	1,908	0,51549	1	0	5,15E-05
MV 6	3,701333	999999	2	1,135583	0,613608	2	0	6,14E-05
MV 7	3,701333	999999	1	2,952667	0,797731	1	0	7,98E-05
MV 8	3,701333	999999	2	1,657917	0,895848	2	0	8,96E-05
BODEGA	3,701333	999999	4	0,333333	0,360231	1	0	3,60E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,701333	8	0,162917	0,04975	0	0	45,96542	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,701333	35,21254	10,75288	0	54,03458	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Venecia, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora 17 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,66 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 7,18 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 26 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 35,21 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 54,03 %.

Micro ruta sugamuxi (macro ruta sur)

La micro ruta Sugamuxi está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 34 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo V. ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 250).

Tabla 34

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Sugamuxi

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,881011	0,023733	0,5795	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,693874	65,7767	31,52943	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,33 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MS 1	2,3354	999999	1	0,176667	0,075647	1	0	7,56E-06
MS 2	2,3354	999999	2	0,26265	0,224929	2	0	2,25E-05
MS 3	2,3354	999999	1	0,924533	0,395878	1	0	3,96E-05
MS 4	2,3354	999999	2	0,636583	0,54516	2	0	5,45E-05
MS 5	2,3354	999999	1	1,7336	0,742314	1	0	7,42E-05
MS 6	2,3354	999999	2	1,041117	0,891596	2	0	8,92E-05
BODEGA	2,3354	999999	3	0,333333	0,428192	1	0	4,28E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,8354	6	0,118933	0,0203	0	0	35,77117	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,3354	30,55579	5,215381	0	64,22883	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Sugamuxi, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 53 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 8,81 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 5,79 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 1 minuto, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 8 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 35,21 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 54,03 %.

Micro ruta Monquirá (macro ruta sur)

La micro ruta Monquirá está compuesta por 8 contenedores, en la tabla 35 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo W. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 250)).

Tabla 35

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Monquirá

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	12	0	1,218644	0,039611	0,901256	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,250424	73,95558	22,794	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,44 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MM 1	3,4432	999999	1	0,176667	0,051309	1	0	5,13E-06
MM 2	3,4432	999999	2	0,265883	0,15444	2	0	1,54E-05
MM 3	3,4432	999999	1	0,9504	0,276022	1	0	2,76E-05
MM 4	3,4432	999999	2	0,65275	0,379153	2	0	3,79E-05
MM 5	3,4432	999999	1	1,8112	0,526022	1	0	5,26E-05
MM 6	3,4432	999999	2	1,08315	0,629153	2	0	6,29E-05
MM 7	3,4432	999999	1	2,759067	0,801309	1	0	8,01E-05
MM 8	3,4432	999999	2	1,557083	0,90444	2	0	9,04E-05
BODEGA	3,4432	999999	4	0,333333	0,387237	1	0	3,87E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,4432	8	0,14275	0,03765	0	0	41,9145	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,4432	33,16682	8,747677	0	58,0855	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Monquirá, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora 13 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,13 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,76 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 22 minuto, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 33,16 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 58,08 %.

Macro ruta centro

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 7 micro rutas que componen la macro ruta Norte.

Micro ruta parque de la villa (macro ruta centro)

La micro ruta Parque de la Villa está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 36 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo X. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 250)).

Tabla 36

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Parque de la Villa

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	0,564876	0,036762	0,347162	0,180952	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,507958	61,45805	32,03399	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,35 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPV 1	1,357067	999999	1	0,176667	0,130183	1	0	1,30E-05
MPV 2	1,357067	999999	2	0,266367	0,392562	2	0	3,93E-05
MPV 3	1,357067	999999	1	0,654267	0,482118	1	0	4,82E-05
MPV 4	1,357067	999999	2	0,505167	0,744498	2	0	7,44E-05
MPV 5	1,357067	999999	1	1,2228	0,901061	1	0	9,01E-05
BODEGA	1,357067	999999	3	0,033333	0,073688	1	0	7,37E-06
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,923733	5	0,151467	0,03328	0	0	68,06838	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,357067	55,80664	12,26174	0	31,93162	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Parque de la Villa, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 34 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 6,77 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 4,16 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 43 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 55,80 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 31,93 %.

Micro ruta seis de septiembre (macro ruta centro)

La micro ruta seis de septiembre está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 37 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo Y. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 250)).

Tabla 37

Estadísticas Alternativa 2 Micro ruta Seis de Septiembre

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,8737	0,021867	0,574056	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,502766	65,70397	31,79327	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,31 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSS 1	2,3102	999999	1	0,176667	0,076472	1	0	7,65E-06
MSS 2	2,3102	999999	2	0,26195	0,226777	2	0	2,27E-05
MSS 3	2,3102	999999	1	0,918933	0,397772	1	0	3,98E-05
MSS 4	2,3102	999999	2	0,633083	0,548077	2	0	5,48E-05
MSS 5	2,3102	999999	1	1,7168	0,743139	1	0	7,43E-05
MSS 6	2,3102	999999	2	1,032017	0,893444	2	0	8,93E-05
BODEGA	2,3102	999999	3	0,333333	0,432863	1	0	4,33E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,8102	6	0,116133	0,0189	0	0	35,07056	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,3102	30,16189	4,908666	0	64,92944	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Seis de Septiembre, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 52 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 8,73 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 5,74 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 1 minuto, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 30,16 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 64,92 %.

Micro ruta santa Inés (macro ruta centro)

La micro ruta Santa Inés está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 38 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo Z. ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 250).

Tabla 38

Estadísticas Alternativa 2 ruta Santa Inés

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	0,820381	0,022857	0,488	0,309524	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,786162	59,48456	37,72928	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,10 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSI 1	2,101333	999999	1	0,176667	0,084074	1	0	8,41E-06
MSI 2	2,101333	999999	2	0,2615	0,24889	2	0	2,49E-05
MSI 3	2,101333	999999	1	0,915333	0,435596	1	0	4,36E-05
MSI 4	2,101333	999999	2	0,630833	0,600412	2	0	6,00E-05
MSI 5	2,101333	999999	1	1,706	0,811865	1	0	8,12E-05
BODEGA	2,101333	999999	3	0,333333	0,475888	1	1	4,76E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,101333	5	0,132	0,0216	0	0	36,54822	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,101333	31,40863	5,139594	0	63,45178	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Inés, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 49 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,84 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 5,86 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 60 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 11 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,40 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 63,45 %.

Micro ruta la castellana (macro ruta centro)

La micro ruta la castellana está compuesta por 9 contenedores, en la tabla 39 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AA. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 250)).

Tabla 39

Estadísticas Alternativa 2 Micro La Castellana

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio	Tiempo de Bloqueo Promedio	
Material Aprovechable	13	0	1,378995	0,036441	1,047682	0,294872	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,642579	75,97433	21,3831	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,99 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MC 1	3,993067	999999	1	0,176667	0,044243	1	0	4,42E-06
MC 2	3,993067	999999	2	0,262567	0,131511	2	0	1,32E-05
MC 3	3,993067	999999	1	0,923867	0,231368	1	0	2,31E-05
MC 4	3,993067	999999	2	0,636167	0,318636	2	0	3,19E-05
MC 5	3,993067	999999	1	1,7316	0,433652	1	0	4,34E-05
MC 6	3,993067	999999	2	1,040033	0,52092	2	0	5,21E-05
MC 7	3,993067	999999	1	2,599867	0,651095	1	0	6,51E-05
MC 8	3,993067	999999	2	1,474167	0,738363	2	0	7,38E-05
MC 9	3,993067	999999	1	3,528667	0,883698	1	0	8,84E-05
BODEGA	3,993067	999999	5	0,333333	0,41739	1	0	4,17E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,659733	9	0,14523	0,039185	0	0	41,56538	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,993067	32,7334	8,831975	0	58,43462	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta La Castellana, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora 23 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,2 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,98 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 35 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 12 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 32,73 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 58,43 %.

Micro ruta santa helena (macro ruta centro)

La micro ruta santa helena está compuesta por 4 contenedores, en la tabla 40 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AB. ProModel - micro ruta santa helena (cap. 250)).

Tabla 40

Estadísticas Alternativa 2 Micro Santa Helena

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	6	0	0,615244	0,019467	0,318	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,164054	51,68677	45,14917	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,50 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSH 1	1,5024	999999	1	0,176667	0,11759	1	0	1,18E-05
MSH 2	1,5024	999999	2	0,263067	0,350195	2	0	3,50E-05
MSH 3	1,5024	999999	1	0,927867	0,61759	1	0	6,18E-05
MSH 4	1,5024	999999	2	0,638667	0,850195	2	0	8,50E-05
BODEGA	1,5024	999999	2	0,333333	0,443734	1	0	4,44E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,5024	4	0,112533	0,013067	0	0	33,43983	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,5024	29,96095	3,478878	0	66,56017	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Helena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 37 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,22 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 4,77 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 47 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 10 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 29,96 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 66,56 %.

Micro ruta veinte de julio (macro ruta centro)

La micro ruta veinte de julio está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 41 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AC. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 250)).

Tabla 41

Estadísticas Alternativa 2 Micro Veinte de Julio

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	1,106307	0,03376	0,772547	0,3	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,051595	69,83115	27,11726	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,07 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MVJ 1	3,076	999999	1	0,176667	0,057434	1	0	5,74E-06
MVJ 2	3,076	999999	2	0,263267	0,171175	2	0	1,71E-05
MVJ 3	3,076	999999	1	0,929467	0,302167	1	0	3,02E-05
MVJ 4	3,076	999999	4	0,319833	0,415908	3	0	4,16E-05
MVJ 5	3,076	999999	1	1,7484	0,568401	1	0	5,68E-05
MVJ 6	3,076	999999	2	1,049133	0,682141	2	0	6,82E-05
MVJ 7	3,076	999999	1	2,633467	0,856134	1	0	8,56E-05
BODEGA	3,076	999999	4	0,333333	0,433463	1	0	4,33E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,242667	9	0,111585	0,026489	0	0	40,39879	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,076	32,64846	7,750325	0	59,60121	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Veinte de Julio, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora y 6 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,48 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,62 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 15 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 9 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 29,96 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 66,56 %.

Micro ruta libertador (macro ruta centro)

La micro ruta libertador está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 42 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AD. ProModel - micro ruta libertador (cap. 250)).

Tabla 42

Estadísticas Alternativa 2 Micro Libertador

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	1,12222	0,03748	0,78474	0,3	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,339809	69,92747	26,73273	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,13 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
ML 1	3,138	999999	1	0,176667	0,056299	1	0	5,63E-06
ML 2	3,138	999999	2	0,2643	0,168451	2	0	1,68E-05
ML 3	3,138	999999	1	0,937733	0,298832	1	0	2,99E-05
ML 4	3,138	999999	2	0,644833	0,410984	2	0	4,11E-05
ML 5	3,138	999999	1	1,7732	0,565073	1	0	5,65E-05
ML 6	3,138	999999	2	1,062567	0,677225	2	0	6,77E-05
ML 7	3,138	999999	1	2,683067	0,855024	1	0	8,55E-05
BODEGA	3,138	999999	4	0,333333	0,424899	1	0	4,25E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,304667	7	0,148781	0,0376	0	0	41,57638	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,138	33,18887	8,387508	0	58,42362	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Libertador, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora y 7 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 9,61 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,73 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 19 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 12 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 33,18 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 58,42 %.

Macro ruta Norte

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 3 micro rutas que componen la macro ruta Norte.

Micro ruta parque industrial (macro ruta norte)

La micro ruta parque industrial está compuesta por 13 contenedores, en la tabla 43 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AE. ProModel - parque industrial (cap. 250)).

Tabla 43

Estadísticas Alternativa 2 Micro Parque Industrial

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	19	0	2,191775	0,068863	1,824667	0,298246	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,141889	83,25062	13,60749	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 7,00 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPI 1	7,008267	999999	1	0,176667	0,025208	1	0	2,52E-06
MPI 2	7,008267	999999	2	0,266467	0,076044	2	0	7,60E-06
MPI 3	7,008267	999999	1	0,955067	0,136277	1	0	1,36E-05
MPI 4	7,008267	999999	2	0,655667	0,187112	2	0	1,87E-05
MPI 5	7,008267	999999	1	1,8252	0,260435	1	0	2,60E-05
MPI 6	7,008267	999999	2	1,090733	0,31127	2	0	3,11E-05
MPI 7	7,008267	999999	1	2,787067	0,397683	1	0	3,98E-05
MPI 8	7,008267	999999	2	1,571667	0,448518	2	0	4,49E-05
MPI 9	7,008267	999999	1	3,840667	0,548019	1	0	5,48E-05
MPI 10	7,008267	999999	2	2,098467	0,598855	2	0	5,99E-05
MPI 11	7,008267	999999	1	5,152667	0,735227	1	0	7,35E-05
MPI 12	7,008267	999999	2	2,754467	0,786062	2	0	7,86E-05
MPI 13	7,008267	999999	1	6,389733	0,911742	1	0	9,12E-05
BODEGA	7,008267	999999	7	0,333333	0,33294	1	0	3,33E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	3,674933	13	0,20321	0,079477	0	0	52,43712	
Nombre	Tiempo Programado	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	7,008267	37,69453	14,74259	0	47,56288	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 2 hora y 12 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 10,11 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 8,42 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 hora 29 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 17 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 37,69 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 47,56 %.

Micro ruta recreo – la pradera (macro ruta norte)

La micro ruta recreo – la pradera está compuesta por 10 contenedores, en la tabla 44 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AF. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 250)).

Tabla 44

Estadísticas Alternativa 2 Micro Recreo – La Pradera

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	15	0	1,430489	0,029733	1,122978	0,277778	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,078543	78,50308	19,41838	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 4,09 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MRP 1	4,093333	999999	1	0,176667	0,04316	1	0	4,32E-06
MRP 2	4,093333	999999	2	0,2616	0,127818	2	0	1,28E-05
MRP 3	4,093333	999999	1	0,916133	0,223811	1	0	2,24E-05
MRP 4	4,093333	999999	2	0,631333	0,308469	2	0	3,08E-05
MRP 5	4,093333	999999	1	1,7084	0,417362	1	0	4,17E-05
MRP 6	4,093333	999999	2	1,027467	0,50202	2	0	5,02E-05
MRP 7	4,093333	999999	1	2,553467	0,623811	1	0	6,24E-05
MRP 8	4,093333	999999	2	1,45	0,708469	2	0	7,08E-05
MRP 9	4,093333	999999	1	3,451333	0,84316	1	0	8,43E-05
MRP 10	4,093333	999999	2	1,898933	0,927818	2	0	9,28E-05
BODEGA	4,093333	999999	5	0,333333	0,407166	1	0	4,07E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,593333	10	0,127933	0,0314	0	0	38,92508	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	4,093333	31,25407	7,67101	0	61,07492	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora y 25 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 8,58 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 6,74 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 1 hora 36 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 11 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,25 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 61,07 %.

Micro ruta Asodea (macro ruta norte)

La micro ruta Asodea está compuesta por 13 contenedores, en la tabla 45 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 2 (Ver Anexo AG. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 250)).

Tabla 45.

Estadísticas Alternativa 2 Micro Asodea

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	19	0	1,862709	0,030305	1,54293	0,289474	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	1,626946	82,83258	15,54047	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 5,53 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr.)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo por entrada Promedio (Hr.)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MA 1	5,5392	999999	1	0,176667	0,031894	1	0	3,19E-06
MA 2	5,5392	999999	2	0,259683	0,093762	2	0	9,38E-06
MA 3	5,5392	999999	1	0,9008	0,162623	1	0	1,63E-05
MA 4	5,5392	999999	2	0,62175	0,224491	2	0	2,24E-05
MA 5	5,5392	999999	1	1,6624	0,300116	1	0	3,00E-05
MA 6	5,5392	999999	2	1,00255	0,361984	2	0	3,62E-05
MA 7	5,5392	999999	1	2,461467	0,444372	1	0	4,44E-05
MA 8	5,5392	999999	2	1,402083	0,50624	2	0	5,06E-05
MA 9	5,5392	999999	1	3,298	0,595393	1	0	5,95E-05
MA 10	5,5392	999999	2	1,82035	0,657261	2	0	6,57E-05
MA 11	5,5392	999999	1	4,172	0,753177	1	0	7,53E-05
MA 12	5,5392	999999	2	2,25735	0,815045	2	0	8,15E-05
MA 13	5,5392	999999	1	5,083467	0,917726	1	0	9,18E-05
BODEGA	5,5392	999999	7	0,333333	0,42124	1	0	4,21E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	2,205867	13	0,134036	0,035646	0	0	39,82284	
Nombre	Tiempo Programado	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	5,5392	31,45701	8,365829	0	60,17716	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Asodea, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 1 hora y 52 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 8,59 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 7,12 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 2 hora 7 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 15 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,45 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 60,17 %.

Alternativa 3. Contenedores con llenado de 100 Kg

La tercera alternativa consiste en la simulación del sistema de recolección y transporte de material aprovechable haciendo uso de contenedores de 100 Kg y un tiempo de descargue de contenedor de 4 minutos; y se obtuvieron los siguientes resultados por micro ruta:

Macro ruta Sur

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 6 micro rutas que componen la macro ruta Sur.

Micro ruta magdalena (macro ruta sur)

La micro ruta magdalena está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 46 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AH. ProModel - micro ruta magdalena (cap. 100)).

Tabla 46

Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Magdalena

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,210244	0,012578	0,093963	0,103704	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	5,982454	44,69225	49,3253	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 0,78 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
M 1	0,789867	999999	1	0,076667	0,097063	1	0	9,71E-06
M 2	0,789867	999999	2	0,11145	0,2822	2	0	2,82E-05
M 3	0,789867	999999	2	0,151233	0,382934	2	0	3,83E-05
M 4	0,789867	999999	2	0,191017	0,483668	2	0	4,84E-05
BODEGA	0,789867	999999	1	0,333333	0,422012	1	0	4,22E-05
M 5	0,789867	999999	2	0,2308	0,584402	2	0	5,84E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,189867	5	0,035973	0,002	0	0	24,03781	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	0,789867	22,77178	1,266036	0	75,96219	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Magdalena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 13 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,52 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,12 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 16 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 31,45 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 60,17 %.

Micro ruta rosario (macro ruta sur)

La micro ruta rosario está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 47 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AI. ProModel - micro ruta rosario (cap. 100)).

Tabla 47

Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Rosario

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	0,330427	0,021413	0,17568	0,133333	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,48051	53,16762	40,35187	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,37 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
R 1	1,375467	999999	1	0,076667	0,055739	1	0	5,57E-06
R 2	1,375467	999999	2	0,112467	0,163532	2	0	1,64E-05
R 3	1,375467	999999	2	0,153267	0,222858	2	0	2,23E-05
R 4	1,375467	999999	2	0,194067	0,282183	2	0	2,82E-05
R 5	1,375467	999999	2	0,234867	0,341508	2	0	3,42E-05
R 6	1,375467	999999	1	0,957467	0,696103	1	0	6,96E-05
BODEGA	1,375467	999999	2	0,333333	0,484684	1	0	4,85E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,442133	6	0,057911	0,015778	0	0	32,14424	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,375467	25,26173	6,882513	0	67,85576	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Rosario, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 20 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,30 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,75 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 25 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 5 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 25,26 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 67,85 %.

Micro ruta UPTC (Macro Ruta Sur)

La micro ruta UPTC está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 48 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AJ. ProModel - micro ruta UPTC (cap. 100)).

Tabla 48

Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta UPTC

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	12	0	0,359156	0,017208	0,219725	0,122222	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	4,791332	61,17823	34,03044	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,42 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
U 1	1,422	999999	1	0,076667	0,053915	1	0	5,39E-06
U 2	1,422	999999	2	0,111217	0,156423	2	0	1,56E-05
U 3	1,422	999999	2	0,150767	0,212049	2	0	2,12E-05
U 4	1,422	999999	2	0,190317	0,267675	2	0	2,68E-05
U 5	1,422	999999	2	0,229867	0,323301	2	0	3,23E-05
U 6	1,422	999999	1	0,924967	0,650469	1	0	6,50E-05
U 7	1,422	999999	2	0,535367	0,752977	2	0	7,53E-05
BODEGA	1,422	999999	2	0,333333	0,468823	1	0	4,69E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,422	7	0,048548	0,011738	0	0	29,67651	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,422	23,89827	5,778247	0	70,32349	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta UPTC, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 22 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,07 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,88 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 26 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 4 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 23,89 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 70,32 %.

Micro ruta venecia (macro ruta sur)

La micro ruta venecia está compuesta por 8 contenedores, en la tabla 49 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AK. ProModel - micro ruta venecia (cap. 100)).

Tabla 49

Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Venecia

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	14	0	0,477512	0,037655	0,325571	0,114286	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	7,885617	68,1808	23,93358	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,89 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MV 1	1,896333	999999	1	0,076667	0,040429	1	0	4,04E-06
MV 2	1,896333	999999	2	0,119917	0,126472	2	0	1,26E-05
MV 3	1,896333	999999	2	0,168167	0,17736	2	0	1,77E-05
MV 4	1,896333	999999	2	0,216417	0,228247	2	0	2,28E-05
MV 5	1,896333	999999	2	0,264667	0,279135	2	0	2,79E-05
MV 6	1,896333	999999	1	1,151167	0,607049	1	0	6,07E-05
MV 7	1,896333	999999	2	0,657167	0,693092	2	0	6,93E-05
MV 8	1,896333	999999	2	0,705417	0,74398	2	0	7,44E-05
BODEGA	1,896333	999999	2	0,333333	0,351556	1	0	3,52E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,829667	8	0,082563	0,021146	0	0	43,7511	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,896333	34,83037	8,920724	0	56,2489	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Venecia, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 29 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,58 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,44 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 32 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 34,83 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 56,24 %.

Micro ruta sugamuxi (macro ruta sur)

La micro ruta Sugamuxi está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 50 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AL. ProModel - micro ruta sugamuxi (cap. 100)).

Tabla 50*Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Sugamuxi*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	0,331747	0,02189	0,176523	0,133333	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,598408	53,21028	40,19131	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,38 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MS 1	1,382067	999999	1	0,076667	0,055472	1	0	5,55E-06
MS 2	1,382067	999999	2	0,11265	0,163017	2	0	1,63E-05
MS 3	1,382067	999999	2	0,153633	0,222324	2	0	2,22E-05
MS 4	1,382067	999999	2	0,194617	0,281631	2	0	2,82E-05
MS 5	1,382067	999999	2	0,2356	0,340939	2	0	3,41E-05
MS 6	1,382067	999999	1	0,962233	0,696228	1	0	6,96E-05
BODEGA	1,382067	999999	2	0,333333	0,482369	1	0	4,82E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,448733	6	0,058706	0,016083	0	0	32,46828	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,382067	25,48599	6,982297	0	67,53172	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Sugamuxi, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 20 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,31 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,76 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 25 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 5 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 34,83 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 56,24 %.

Micro ruta Monquirá (macro ruta sur)

La micro ruta Monquirá está compuesta por 8 contenedores, en la tabla 51 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AM. ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 100)).

Tabla 51*Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Monquirá*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	14	0	0,437755	0,02786	0,29561	0,114286	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,364185	67,52857	26,10725	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,71 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MM 1	1,718867	999999	1	0,076667	0,044603	1	0	4,46E-06
MM 2	1,718867	999999	2	0,115883	0,134837	2	0	1,35E-05
MM 3	1,718867	999999	2	0,1601	0,186286	2	0	1,86E-05
MM 4	1,718867	999999	2	0,204317	0,237734	2	0	2,38E-05
MM 5	1,718867	999999	2	0,248533	0,289183	2	0	2,89E-05
MM 6	1,718867	999999	1	1,0463	0,608715	1	0	6,09E-05
MM 7	1,718867	999999	2	0,6007	0,698949	2	0	6,99E-05
MM 8	1,718867	999999	2	0,644917	0,750398	2	0	7,50E-05
BODEGA	1,718867	999999	2	0,333333	0,387852	1	0	3,88E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,6522	8	0,065421	0,016104	0	0	37,94361	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,718867	30,44836	7,495249	0	62,05639	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Monquirá, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 26 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,28 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,21 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 29 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 34,83 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 56,24 %.

Macro ruta Centro

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 7 micro rutas que componen la macro ruta Centro.

Micro ruta parque de la villa (macro ruta centro)

La micro ruta parque de la villa está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 52 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AN. ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 100)).

Tabla 52*Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Parque de la Villa*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,229911	0,021319	0,104889	0,103704	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	9,272505	45,6215	45,106	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 0,86 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPV 1	0,868533	999999	1	0,0766	0,0882	1	0	8,83E-06
MPV 2	0,868533	999999	2	0,1163	0,2679	2	0	2,68E-05
MPV 3	0,868533	999999	2	0,161	0,3708	2	0	3,71E-05
MPV 4	0,868533	999999	2	0,2057	0,4738	2	0	4,74E-05
MPV 5	0,868533	999999	2	0,2504	0,5767	2	0	5,77E-05
BODEGA	0,868533	999999	1	0,3333	0,3837	1	0	3,84E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,268533	5	0,051707	0,002	0	0	30,91802	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	0,868533	29,76666	1,151366	0	69,08198	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Parque de la Villa, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 14 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,75 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,26 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 17 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 29,76 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 69,08 %.

Micro ruta Seis de Septiembre (Macro Ruta Centro)

La micro ruta seis de septiembre está compuesta por 6 contenedores, en la tabla 53 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AO. ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 100)).

Tabla 53*Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Seis de Septiembre*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	10	0	0,326707	0,02007	0,173303	0,133333	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,143125	53,04555	40,81133	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,35 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSS 1	1,356867	999999	1	0,076667	0,056503	1	0	5,65E-06
MSS 2	1,356867	999999	2	0,11195	0,165013	2	0	1,65E-05
MSS 3	1,356867	999999	4	0,076117	0,22439	3	0	2,24E-05
MSS 4	1,356867	999999	2	0,192517	0,283767	2	0	2,84E-05
MSS 5	1,356867	999999	2	0,2328	0,343144	2	0	3,43E-05
MSS 6	1,356867	999999	1	0,944033	0,695745	1	0	6,96E-05
BODEGA	1,356867	999999	2	0,333333	0,491328	1	0	4,91E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,423533	8	0,041754	0,011188	0	0	31,21407	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,356867	24,61799	6,596079	0	68,78593	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Seis de Septiembre, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 20 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,26 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,76 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 24 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 4 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 24,61 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 68,78 %.

Micro ruta santa Inés (macro ruta centro)

La micro ruta santa Inés está compuesta por 5 contenedores, en la tabla 54 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AP. ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 100)).

Tabla 54*Estadísticas Alternativa 3 Micro ruta Santa Inés*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	9	0	0,210444	0,012667	0,094074	0,103704	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,019007	44,70257	49,27842	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 0,79 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSI 1	0,790667	999999	1	0,076667	0,096965	1	0	9,70E-06
MSI 2	0,790667	999999	2	0,1115	0,28204	2	0	2,82E-05
MSI 3	0,790667	999999	2	0,151333	0,382799	2	0	3,83E-05
MSI 4	0,790667	999999	2	0,191167	0,483558	2	0	4,84E-05
MSI 5	0,790667	999999	2	0,231	0,584317	2	0	5,84E-05
BODEGA	0,790667	999999	1	0,333333	0,421585	1	0	4,22E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,190667	5	0,036133	0,002	0	0	24,11467	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	0,790667	22,84992	1,264755	0	75,88533	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Inés, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 13 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,52 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,12 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 16 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 22,84 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 75,88 %.

Micro ruta la castellana (macro ruta centro)

La micro ruta la castellana está compuesta por 9 contenedores, en la tabla 55 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AQ. ProModel - micro ruta la castellana (cap. 100)).

Tabla 55*Estadísticas Alternativa 3 Micro La Castellana*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	16	0	0,435829	0,019221	0,308275	0,108333	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	4,410176	70,73299	24,85683	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,66 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MC 1	1,669867	999999	1	0,076667	0,045912	1	0	4,59E-06
MC 2	1,669867	999999	2	0,112567	0,134821	2	0	1,35E-05
MC 3	1,669867	999999	2	0,153467	0,183807	2	0	1,84E-05
MC 4	1,669867	999999	2	0,194367	0,232793	2	0	2,33E-05
MC 5	1,669867	999999	2	0,235267	0,281779	2	0	2,82E-05
MC 6	1,669867	999999	1	0,960067	0,574936	1	0	5,75E-05
MC 7	1,669867	999999	2	0,554267	0,663845	2	0	6,64E-05
MC 8	1,669867	999999	2	0,595167	0,712831	2	0	7,13E-05
MC 9	1,669867	999999	2	0,636067	0,761817	2	0	7,62E-05
BODEGA	1,669867	999999	2	0,333333	0,399233	1	0	3,99E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Ttrabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado (Viajes)	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,536533	9	0,048985	0,01063	0	0	32,13031	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,669867	26,40131	5,729	0	67,86969	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta La Castellana, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 26 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,90 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,05 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 29 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 3 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 26,04 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 67,86 %.

Micro ruta santa helena (macro ruta centro)

La micro ruta santa Helena está compuesta por 4 contenedores, en la tabla 56 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AR. ProModel - micro ruta santa Helena (cap. 100)).

Tabla 56

Estadísticas Alternativa 3 Micro Santa Helena

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	7	0	0,206229	0,015257	0,076686	0,114286	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	7,398171	37,18482	55,41701	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 0,71 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MSH 1	0,7168	999999	1	0,076667	0,106957	1	0	1,07E-05
MSH 2	0,7168	999999	2	0,113067	0,315476	2	0	3,15E-05
MSH 3	0,7168	999999	2	0,154467	0,43099	2	0	4,31E-05
MSH 4	0,7168	999999	2	0,195867	0,546503	2	0	5,47E-05
BODEGA	0,7168	999999	1	0,333333	0,46503	1	0	4,65E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Ttrabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,183467	4	0,043367	0,0025	0	0	25,59524	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	0,7168	24,20015	1,395089	0	74,40476	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Helena, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 12 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,09 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,15 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 17 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 5 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 24,20 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 74,40 %.

Micro ruta veinte de julio (macro ruta centro)

La micro ruta veinte de julio está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 57 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AS. ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 100)).

Tabla 57*Estadísticas Alternativa 3 Micro Veinte de Julio*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	12	0	0,376922	0,022333	0,232367	0,122222	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	5,925184	61,64844	32,42638	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,50 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MVJ 1	1,504	999999	1	0,076667	0,050975	1	0	5,10E-06
MVJ 2	1,504	999999	2	0,113267	0,150621	2	0	1,51E-05
MVJ 3	1,504	999999	2	0,154867	0,20594	2	0	2,06E-05
MVJ 4	1,504	999999	2	0,196467	0,261259	2	0	2,61E-05
MVJ 5	1,504	999999	2	0,238067	0,316578	2	0	3,17E-05
MVJ 6	1,504	999999	1	0,978267	0,650443	1	0	6,50E-05
MVJ 7	1,504	999999	2	0,564067	0,750089	2	0	7,50E-05
BODEGA	1,504	999999	2	0,333333	0,443262	1	0	4,43E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,504	7	0,057333	0,014667	0	0	33,51064	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,504	26,6844	6,826241	0	66,48936	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Veinte de Julio, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 22 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,16 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,99 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 27 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 5 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 26,68 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 66,48 %.

Micro ruta libertador (macro ruta centro)

La micro ruta libertador está compuesta por 7 contenedores, en la tabla 58 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AT. ProModel - micro ruta libertador (cap. 100)).

Tabla 58

Estadísticas Alternativa 3 Micro Libertador

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	12	0	0,385878	0,024917	0,238739	0,122222	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	6,45714	61,86904	31,67382	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,54 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
ML 1	1,545333	999999	1	0,076667	0,049612	1	0	4,96E-06
ML 2	1,545333	999999	2	0,1143	0,147929	2	0	1,48E-05
ML 3	1,545333	999999	2	0,156933	0,203106	2	0	2,03E-05
ML 4	1,545333	999999	2	0,199567	0,258283	2	0	2,58E-05
ML 5	1,545333	999999	2	0,2422	0,31346	2	0	3,13E-05
ML 6	1,545333	999999	1	1,005133	0,650431	1	0	6,50E-05
ML 7	1,545333	999999	2	0,578533	0,748749	2	0	7,49E-05
BODEGA	1,545333	999999	2	0,333333	0,431406	1	0	4,31E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,545333	7	0,061762	0,016143	0	0	35,28904	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,545333	27,9767	7,312338	0	64,71096	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Libertador, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 23 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,30 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,04 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 27 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 4 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 26,97 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 64,71 %.

Macro ruta Norte

En las siguientes tablas se resumirán los datos más relevantes obtenidos de cada una de las simulaciones de simulación realizadas, en las 3 micro rutas que componen la macro ruta Norte.

Micro ruta parque industrial (macro ruta norte)

La micro ruta parque industrial está compuesta por 13 contenedores, en la tabla 59 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AU. ProModel - parque industrial (cap. 100)).

Tabla 59

Estadísticas Alternativa 3 Micro Parque Industrial

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	23	0	0,742504	0,036203	0,596157	0,110145	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	4,875783	80,28997	14,83425	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 3,07 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por Entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MPI 1	3,073333	999999	1	0,076667	0,024946	1	0	2,49E-06
MPI 2	3,073333	999999	2	0,116467	0,075792	2	0	7,58E-06
MPI 3	3,073333	999999	2	0,161267	0,104946	2	0	1,05E-05
MPI 4	3,073333	999999	2	0,206067	0,1341	2	0	1,34E-05
MPI 5	3,073333	999999	2	0,250867	0,163254	2	0	1,63E-05
MPI 6	3,073333	999999	1	1,061467	0,34538	1	0	3,45E-05
MPI 7	3,073333	999999	2	0,608867	0,396226	2	0	3,96E-05
MPI 8	3,073333	999999	2	0,653667	0,42538	2	0	4,25E-05
MPI 9	3,073333	999999	2	0,698467	0,454534	2	0	4,55E-05
MPI 10	3,073333	999999	2	0,743267	0,483688	2	0	4,84E-05
MPI 11	3,073333	999999	1	2,2756	0,740434	1	0	7,40E-05
MPI 12	3,073333	999999	4	0,607967	0,79128	4	0	7,91E-05
MPI 13	3,073333	999999	2	1,260733	0,820434	2	0	8,20E-05
BODEGA	3,073333	999999	3	0,333333	0,32538	1	0	3,25E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	1,473333	14	0,078524	0,026714	0	0	47,93926	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	3,073333	35,77007	12,1692	0	52,06074	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta

Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 45 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 3,42 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,75 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 45 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 0 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 35,77 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 52,06 %.

Micro ruta Recreo – La Pradera (Macro Ruta Norte)

La micro ruta recreo – la pradera está compuesta por 10 contenedores, en la tabla 60 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AV. ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 100)).

Tabla 60.

Estadísticas Alternativa 3 Micro Recreo – La Pradera

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	18	0	0,449215	0,016511	0,332704	0,1	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	3,675549	74,06339	22,26106	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 1,68 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MRP 1	1,6832	999999	1	0,076667	0,045548	1	0	4,55E-06
MRP 2	1,6832	999999	2	0,11116	0,132605	2	0	1,33E-05
MRP 3	1,6832	999999	2	0,151533	0,180054	2	0	1,80E-05
MRP 4	1,6832	999999	2	0,191467	0,227503	2	0	2,28E-05
MRP 5	1,6832	999999	2	0,2314	0,274952	2	0	2,75E-05
MRP 6	1,6832	999999	1	0,934933	0,55545	1	0	5,55E-05
MRP 7	1,6832	999999	2	0,540733	0,642506	2	0	6,43E-05
MRP 8	1,6832	999999	2	0,580667	0,689956	2	0	6,90E-05
MRP 9	1,6832	999999	2	0,6206	0,737405	2	0	7,37E-05
MRP 10	1,6832	999999	2	0,6272	0,745247	2	0	7,45E-05
BODEGA	1,6832	999999	2	0,333333	0,396071	1	0	3,96E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,516533	10	0,043053	0,0086	0	0	30,68758	
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	1,6832	25,57826	5,109316	0	69,31242	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Recreo – La Pradera, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 27 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,69 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 1,99 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 29 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 2 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 25,57 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 69,31 %.

Micro ruta Asodea (macro ruta norte)

La micro ruta Asodea está compuesta por 13 contenedores, en la tabla 61 se resumen las principales estadísticas producto de la simulación. En el video de simulación se muestra el resultado para la alternativa 3 (Ver Anexo AW. ProModel - micro ruta Asodea (cap. 100)).

Tabla 61.*Estadísticas Alternativa 3 Micro Asodea*

Entidad Resumen								
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Hr)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Hr)	Tiempo Esperando Promedio (Hr)	Tiempo En Operación Promedio (Hr)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Hr)	
Material Aprovechable	23	0	0,606248	0,015558	0,480545	0,110145	0	
Entidad Estado								
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado				
Material Aprovechable	2,566272	79,26543	18,1683	0				
Resumen Locaciones								
La siguiente tabla muestra datos para una simulación de 2,39 horas, tiempo suficiente para encontrar los tiempos promedio de operación y espera.								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
MA 1	2,395	999999	1	0,076667	0,032011	1	0	3,20E-06
MA 2	2,395	999999	2	0,109683	0,091594	2	0	9,16E-06
MA 3	2,395	999999	2	0,1477	0,12334	2	0	1,23E-05
MA 4	2,395	999999	2	0,185717	0,155087	2	0	1,55E-05
MA 5	2,395	999999	2	0,223733	0,186834	2	0	1,87E-05
MA 6	2,395	999999	1	0,8851	0,369562	1	0	3,70E-05
MA 7	2,395	999999	2	0,5139	0,429144	2	0	4,29E-05
MA 8	2,395	999999	2	0,551917	0,460891	2	0	4,61E-05
MA 9	2,395	999999	2	0,589933	0,492637	2	0	4,93E-05
MA 10	2,395	999999	2	0,62795	0,524384	2	0	5,24E-05
MA 11	2,395	999999	1	1,7872	0,746221	1	0	7,46E-05
MA 12	2,395	999999	2	0,96495	0,805804	2	0	8,06E-05
MA 13	2,395	999999	2	1,002967	0,83755	2	0	8,38E-05
BODEGA	2,395	999999	3	0,333333	0,417537	1	0	4,18E-05
Resumen Recurso								
Nombre	Tiempo de Trabajo (Hr)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Hr)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Hr)	Tiempo Viaje a Estacionar Promedio (Hr)	% Bloqueado En Viaje	% Utilización	
Carro Transportador	0,728333	13	0,04291	0,013115	0	0	30,41058	
Nombre	Tiempo Programado	% En Uso	% Viaje Para Utilizar	% Viaje a Estacionar	% Inactivo	% Down		
Carro Transportador	2,395	23,29158	7,118998	0	69,58942	0		

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta

Asodea, referentes a las entidades, los recursos y locaciones.

Según las estadísticas de simulación el tiempo en el sistema promedio es de 36 minutos, que se define como el tiempo de recorrido en la ruta sin incluir la descarga del material aprovechable en la bodega. Se concluye un tiempo entre nodos de 2,79 minutos; a este se considera un tiempo entre nodos ya que los contenedores se dispusieron para la simulación de forma equidistante entre ellos. El tiempo en área es de 2,21 minutos que se resume en el tiempo esperando promedio entre la cantidad de contenedores que hacen parte del sistema. Se da una distancia supuesta entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta, que se obtiene de la sumatoria del tiempo por entrada promedio en minutos entre la cantidad de contenedores menos 1, que en este caso es de 40 minutos, es decir una diferencia con respecto al tiempo en el sistema promedio de 4 minutos que sería el recorrido entre la ubicación de la bodega y el inicio de la ruta. El porcentaje de uso del carro transportador es del 23,29 %, es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga es del 69,58 %.

Resumen Macro Ruta Sur

Las siguientes tablas muestran de manera más resumida los datos más relevantes hallados después de realizadas las simulaciones de simulación pertenecientes a las tres propuestas planteadas, resaltando el tiempo que dura el proceso de recolección y transporte del material aprovechable, el total de salidas (material aprovechable), así como los porcentajes de operación e inactividad del recurso empleado, entre otros.

Tabla 62.*Resumen Micro ruta Magdalena (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor (Kg)	Tiempo Promedio en el Sistema (Material Aprovechable) (Hr)	Tiempo por entrada promedio (Material Aprovechable) (Hr)	Porcentaje Uso del Recurso Vehículo (%)	Porcentaje Inactividad del Recurso (%)
500	2,16	30,81	54,8	45,15
250	0,81	37,8	31,38	63,5
100	0,21	49,32	22,77	75,96

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Magdalena, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 54,8% y con una capacidad de uso del 50% será de 31,38% de uso.

Tabla 63*Resumen Micro ruta R**osario (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (Material Aprovechable) (Hr)	Tiempo por entrada promedio (Material Aprovechable) (Hr)	Porcentaje Uso del Recurso Vehículo (%)	Porcentaje Inactividad del Recurso (%)
500	0,87	25,86	56,21	43,78
250	1,87	31,59	35,58	34,47
100	0,33	40,35	32,14	67,85

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Rosario, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 56,21 % y con una capacidad de uso del 50% será de 32,14% de uso.

Tabla 64*Resumen Micro Ruta UPTC (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	2,94	22,63	56,21	43,78
250	1,07	27,91	35,58	62,08
100	0,35	34,03	29,67	70,32

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta UPTC, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 56,21 % y con una capacidad de uso del 50% será de 35,58% de uso.

Tabla 65*Resumen Micro Ruta Venecia (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	3,71	17,93	62,77	37,22
250	1,28	21,55	45,96	54,03
100	0,47	29,93	43,75	56,24

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Venecia, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 62,77 % y con una capacidad de uso del 50% será de 45,96% de uso.

Tabla 66*Resumen Micro Ruta Sugamuxi (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	2,58	25,82	56,32	43,67
250	0,88	31,52	35,77	64,22
100	0,33	40,19	32,46	67,53

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Sugamuxi, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 56,32 % y con una capacidad de uso del 50% será de 35,77% de uso.

Tabla 67*Resumen Micro Ruta Monquirá (Macro Ruta Sur)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	3,29	20,21	70,82	29,17
250	1,21	22,79	41,91	58,08
100	0,43	26,10	37,94	62,05

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Monquirá, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 70,82 % y con una capacidad de uso del 50% será de 41,91% de uso.

Resumen Macro Ruta Centro

Las siguientes tablas muestran de manera más resumida los datos más relevantes hallados después de realizadas las simulaciones de simulación pertenecientes a las tres propuestas planteadas, resaltando el tiempo que dura el proceso de recolección y transporte del material aprovechable, el total de salidas (material aprovechable), así como los porcentajes de operación e inactividad del recurso empleado, entre otros.

Tabla 68*Resumen Micro Ruta Parque de la Villa (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	2,24	29,73	57,13	42,86
250	0,56	32,03	68,06	31,93
100	0,22	45,10	30,91	69,08

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Parque de la Villa, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a una cantidad media de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a la cantidad de recorridos que debe realizar. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 57,13 % y con una capacidad de uso del 50% será de 68,06% de uso.

Tabla 69.*Resumen Micro Ruta Seis de Septiembre (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	2,56	25,98	55,91	44,08
250	0,87	31,79	35,07	64,92
100	0,32	40,81	31,21	68,78

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Seis de Septiembre, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 55,91 % y con una capacidad de uso del 50% será de 35,07% de uso.

Tabla 70*Resumen Micro Ruta Santa Inés (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	2,16	30,80	54,87	45,12
250	0,82	37,72	52,41	47,58
100	0,21	49,27	24,11	75,88

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Inés, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 54,87 % y con una capacidad de uso del 50% será de 52,41% de uso.

Tabla 71*Resumen Micro Ruta La Castellana (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	3,83	17,37	58,73	8,66
250	1,37	21,38	41,56	58,43
100	0,43	24,35	32,13	67,86

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta La Castellana, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 58,73 % y con una capacidad de uso del 50% será de 41,56% de uso.

Tabla 72*Resumen Micro Ruta Santa Helena (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	1,79	37,09	54,63	45,34
250	0,61	45,14	33,43	66,56
100	0,20	54,41	25,56	66,48

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Santa Helena, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 54,63 % y con una capacidad de uso del 50% será de 33,43% de uso.

Tabla 73*Resumen Micro Ruta Veinte de Julio (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	3,01	22,13	57,58	45,41
250	1,10	27,11	40,39	32,64
100	0,37	32,42	33,51	66,48

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Veinte de Julio, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 57,58 % y con una capacidad de uso del 50% será de 40,39% de uso.

Tabla 74*Resumen Micro Ruta Libertador (Macro Ruta Centro)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	3,04	21,89	58,24	41,75
250	1,12	26,73	41,57	58,42
100	0,38	31,67	35,28	64,71

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Libertador, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 58,24 % y con una capacidad de uso del 50% será de 41,57% de uso.

Resumen Macro Ruta Norte

Tabla 75

Resumen Micro Ruta Libertador (Macro Ruta Centro)

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	6,09	10,94	65,34	34,65
250	2,19	13,60	62,21	12,93
100	2,42	34,45	54,02	15,73

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Parque Industrial, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 65,34 % y con una capacidad de uso del 50% será de 62,21% de uso.

Tabla 76*Resumen Micro Ruta Recreo – La Pradera (Macro Ruta Norte)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	4,99	21,70	81,22	7,91
250	2,06	44,43	52,43	47,56
100	0,78	14,03	47,93	52,06

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta La Pradera, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 81,22 % y con una capacidad de uso del 50% será de 52,43% de uso.

Tabla 77*Resumen Micro Ruta Asodea (Macro Ruta Norte)*

Capacidad Contenedor	Tiempo Promedio en el Sistema (material Aprovechable)	Porcentaje Operación (Material Aprovechable)	Porcentaje Uso del Recurso %	Porcentaje Inactividad del Recurso %
500	5,15	56,90	43,09	6,24
250	1,86	15,54	39,82	60,17
100	0,60	18,16	30,41	69,58

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los estadísticos más relevantes obtenidos de la simulación de la micro ruta Asodea, arrojadas en las tres simulaciones de simulación propuestas.

Se observa que a mayor cantidad de uso de la Locación – Contenedor el tiempo de uso del Recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable. El porcentaje de uso contenedor al máximo (500 Kg) es de 43,09 % y con una capacidad de uso del 50% será de 39,82% de uso.

Conclusiones del Capítulo

El uso del software ProModel en los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos se convierte en una estrategia practica que permite la interacción de todos los componentes vitales dentro del proceso como lo son el carro transportador, los puntos de recolección o contenedores, los tiempos de transporte y recolección así como las distancias que componen cada recorrido desde una bodega de almacenamiento hasta los puntos que componen la micro ruta de aprovechamiento, a fin de analizar su interacción en busca de la optimización del mismo en pro de la obtención de resultados que favorezcan el normal desarrollo de los procesos; analizando las ventajas y desventajas de las estrategias implementadas en busca de las mejores soluciones que favorezcan la toma de decisiones.

El uso del software ProModel en el desarrollo de este proyecto de investigación arrojó datos estadísticos importantes, que permiten identificar los tiempos en los que se realizan los procesos de recolección y transporte de residuos sólidos aprovechables en la ciudad de Sogamoso, descartando posibles cuellos de botella que puedan afectar el normal desarrollo de los procesos. Teniendo en cuenta las capacidades tanto de los contenedores como de los carros recolectores se analizó la dinámica del proceso buscando la optimización del mismo hasta llegar a una solución que interviniera todas las variables y que describiera de la forma más precisa el proceso completo.

Existe una relación directa entre los resultados que se obtuvieron de la simulación en el software ProModel con las variables de distancia, capacidad, tiempos y velocidades de las entidades y recursos empleados en el proceso de aprovechamiento. Teniendo en cuenta que las simulaciones del sistema son infinitas ya que es muy difícil predecir el uso de los contenedores y

las distancias entre las bodegas de aprovechamiento de los recicladores de oficio , indicando esto que el uso de los contenedores varía dependiendo las condiciones externas del sistema, tal como fechas de recolección, de producción de los residuos sólidos, los sectores donde se ubican los contenedores , el tipo de población y sobre todo la falta de cultura de aprovechamiento por la inexistencia de programas específicos que se realicen por las autoridades municipales y otros organismos interesados en el proceso.

Los tiempos de operación en cada micro ruta se han obtenido de acuerdo a las variables de simulación como las distancias entre contenedores, los tiempos promedio de cargue al vehículo de transporte, las velocidades permitidas en zonas residenciales y de alto tráfico vehicular, así como las capacidades de los vehículos y contenedores.

Conclusiones Finales

Las técnicas de redes permiten tomar decisiones de manera razonable y eficiente, ya que con la aplicación de cada uno de sus algoritmos se puede llegar a soluciones en las que intervengan todas las variables que hacen parte del problema de estudio intentando encontrar las soluciones que más se ajusten a las necesidades del mismo. Con el uso de los algoritmos de redes se realizó el cálculo del número de contenedores necesarios en cada una de las micro rutas para suplir las necesidades del sistema, y así simular por medio del software el comportamiento de los mismos encontrando valores útiles en la toma de decisiones.

El uso de ProModel permite contextualizar todas las variables que hacen parte del sistema objeto de estudio tales como capacidades de contenedores, distancias entre contenedores, cantidades de residuos sólidos aprovechables, cantidad de vehículos recolectores, capacidades y velocidades de los mismos, convirtiéndose en una herramienta que permite realizar una interacción entre todos los componentes que interfieren en el proceso a fin de analizar su comportamiento.

Referencias Bibliográficas

Addere. (s.f). *Optimización de Operaciones*.

<http://www.addere.net/es/content/gesti%C3%B3n-por-procesos-optimizaci%C3%B3n-de-operaciones>

Alcaldía Sogamoso. (2020). Plante de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios - PGIRS.

https://drive.google.com/drive/folders/1PH8BEDd-G_FTj2tiCPkcjERsxZ7q4XIR

Alonso, J. (2008). *Flujo en redes y gestión de proyectos*. Netbiblo:

https://books.google.com.co/books?id=UQpy6PGbo9MC&pg=PA59&dq=teoria+de+la+ruta+mas+corta&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwifkszd_MPzAhX6RzABHbxzC8IQuwV6BAgEEAc#v=onepage&q=teoria%20de%20la%20ruta%20mas%20corta&f=false

Angulo, G. & Ospina, A. (2015). Diseño de rutas para la recolección de residuos aprovechables fracción inorgánica en las localidades de Santa Fe y la Candelaria de la ciudad de Bogotá D.C.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2483/2015gesselleangulo.pdf?sequence=12>

Aprende Machine Learning, (2018). *Clasificar con K-Nearest – Neighbor ejemplo en Python*.

<https://www.aprendemachinlearning.com/clasificar-con-k-nearest-neighbor-ejemplo-en-python/>

Atria Innovación, (2019). *Que son las redes neuronales y sus funciones*.

<https://www.atriainnovation.com/que-son-las-redes-neuronales-y-sus-funciones/>

Blanco, A. (s.f). la programación según el método PERT.

<https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/78764/00820083009654.pdf?sequence=1>

Cevallos, A. (2004). *Aplicación de redes neuronales para optimizar problemas multirespuesta en mejora de la calidad*. Volumen 7, numero 2. Pp. 31-34.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81670205.pdf>

Daza, J. Montoya, & Narducci, F. (2009). Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. Scielo.

<http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n12/n12a03.pdf>

Decreto 2981 de 2013. (2013, 20 de diciembre). *Presidente de la Republica de Colombia*.

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/decreto-2981-de-2013-reglamentario-del-servicio-publico-de-aseo.pdf>

Decreto 1077 de 2015. (26 de mayo de 2016). Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=77216

Decreto 596 de 2016. (11 de abril de 2016). Presidente de la Republica.

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20596%20DEL%2011%20DE%20ABRIL%20DE%202016.pdf>

Decreto 1713 de 2002. (6 de agosto de 2002). Presidente de la República. Diario oficial N 44.893.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=5542

Fernández, S. (s.f). Gestión de proyectos redes PERT – CPM técnicas de evaluación y revisión de proyectos.

<https://www.estadistica.net/INVESTIGACION/PERT-CPM.pdf>

Flórez, (2008). *Métodos de los K más cercanos*.

<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6504/04Caja04de07.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fullana, C. & Urquía, E. (2009). Los modelos de simulación: herramienta multidisciplinar de investigación. http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf

García, E, García, H. & Cárdenas, L, (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel.

<https://cffgblog.files.wordpress.com/2017/03/libro-simulacion-y-analisis-de-sistemas-2da-edicion.pdf>

González, L, (2019). *K vecinos más cercanos- Teoría*.

<https://aprendeia.com/k-vecinos-mas-cercanos-teoria-machine-learning/>

Hiller y Lieberman. (1991). *Introducción a la investigación de operaciones*. Novena Edición.

McGraw Hill. https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf

Hiram, E., Martínez, F. & Monroy F. (s.f). Simulación: conceptos y evolución.

http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/11_06_simulacion.pdf

Ingeniería Industrial Online.com. (s.f). *PERT – Técnica de evaluación y revisión de proyectos.*

<https://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>

Izar, J. (1996). *Fundamentos de la Investigación de Operaciones para Administración.*

Universidad Autónoma de San Luis Potosí – Unidad Zona Media.

https://books.google.com.co/books?id=piS59lBXhi0C&printsec=frontcover&dq=investigacion+de+operaciones&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=investigacion%20de%20operaciones&f=false

Jiménez, M. (2019). Aplicación de ProModel en problemas de producción y logística para su implementación en el laboratorio de simulación de la universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/714/digital_17351.pdf?sequence=1

Juárez, C. (2005). *Fusión de Datos: Imputación y Validación.*

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6504/04Caja04de07.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Ley 142 de 1994. (11 de julio de 1994). Congreso de la República. Diario oficial N 41.433.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=2752

Ley 1713 de 2002. (2002, 6 de agosto). Presidente de la Republica de *Colombia*. Modificado por el decreto nacional838 de 2005.

<https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2002decreto1713.pdf>

Margarita, M. & Hurtado, E. (2004). *Optimización de la recolección de residuos urbanos mediante el enfoque sistémico*. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=216208>

Márquez, N, (s.f.) Macro y Micro ruteo de residuos sólidos residenciales.

<file:///C:/Users/User/Downloads/MACRO%20Y%20MICRO%20RUTEO%20DE%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20RESIDENCIALES.pdf>

Matich, D. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*.

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monogriais/matich-redesneuronales.pdf

Obregón, B. (2005). *Teoría de Redes: El problema de la ruta más corta*. [Tesis de maestría – Universidad Autónoma de México].

<file:///D:/DIANITA/0602395.pdf>

Peña, E. & Forero, E (2012). Modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa muebles & accesorios s.a., para el mejoramiento de su sistema de inventarios.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9271/PROYECTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pineda, P. & Loera, E. (2007). *Bien recolectada pero mal tratada: El manejo municipal de la basura en la ciudad de Obregón, Hermosillo y Nogales, Sonora*. Scielo.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572007000200006&script=sci_abstract

Pineda, R. (2021). *Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso*.

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4819>

Ponce, H, (2007). La matriz DOFA: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>

ProModel, (s.f). *Manual ProModel*. <https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/02/manual-ProModel.pdf>

Quintana, B. (2005). Teoría de Redes: El problema de la ruta más corta.

<http://132.248.9.195/pd2005/0602395/0602395.pdf>

Ramírez, L. (2016). Una solución al problema de ruteo de vehículos abierto (OVRP), implementando la heurística del vecino más cercano.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2985/RamirezRodriguezLuisErnesto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Resolución 276 de 2016. (7 de mayo de 2016. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col157820.pdf>

Resolución 2184 de 2019. (26 de diciembre de 2019). Ministro de ambiente y desarrollo

sostenible y la secretaria general del ministerio de vivienda, ciudad y territorio encargada de las funciones del despacho del ministro de vivienda, ciudad y territorio.

<http://www.andi.com.co/Uploads/res. 2184 ->

[2019 por la cual se modifica la resolucion 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plasticas y se adoptan otras disposiciones 1.pdf](#)

Restrepo, D. Viuche, J. (2012). Diseño de un modelo de simulación utilizando el software

ProModel para programar la producción de alimentos concentrados de la empresa Itacol de Occidente Ltda. [Trabajo de grado por el título de ingeniería industrial].

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10893/18132/CB-0522949.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, A. Iturralde, T. (2008). Modelización financiera Aplicada. Recuperada de:

https://books.google.com.co/books?id=gsggCwoUJ-gC&pg=PA6&dq=Optimizaci%C3%B3n+de+Modelos+de+Simulaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwir1vqx_sPzAhUyTTABHVZBD0QuwV6BAgJEAk#v=onepage&q=Optimizaci%C3%B3n%20de%20Modelos%20de%20Simulaci%C3%B3n&f=false

Simular, (s.f). Software ProModel.

<https://simulart.cl/software-de-simulacion/software-ProModel/>

Sinnaps, (s.f). Diagrama PERT. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/diagrama-de-pert>

Solarte, G. (2015). Optimización de un problema de ruteo con restricciones de capacidad utilizando algoritmos inteligentes (algoritmo genético modificado).

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=62853>

Super servicios. (s.f). ABC de la actividad de Aprovechamiento:

[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Aseo/abc de la actividad de aprovechamiento v2.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Aseo/abc%20de%20la%20actividad%20de%20aprovechamiento%20v2.pdf)

UAESP. (s.f). Definición Micro Ruta. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/micro-ruta>

UAESP. (s.f). Definición Macro Ruta. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/macro-ruta>

UAESP. (s.f). Definición Reciclaje. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/reciclaje>

Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP. *Definición de macro ruta.* (s.f).

<https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/macro-ruta>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP. *Definición de micro ruta.* (s.f).

<https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/micro-ruta>

Vargas, J. (2010). Manual ProModel. <https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/02/manual-ProModel.pdf>

Velazco, O. Gaitán, J. (2012). Formular estrategias para optimizar la recolección de residuos sólidos domiciliarios del municipio de Madrid. [Trabajo de grado especialidad en gestión ambiental urbana].

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3223/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>

Winston, L. (2005). *Investigación de Operaciones. Aplicación y algoritmos*. Cuarta Edición.

Copyright. <https://es.calameo.com/read/00084000223a91248b4af>

Anexos

Para ver simulaciones en ProModel ir a: <https://bit.ly/3neJw84>

Anexo A

Resumen Analítico - RAE.

RESUMEN ANALÍTICO - RAE	
1. Información general	
Tema	Diseño y gestión de redes de suministros
Título	Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso de software ProModel.
Autores	Diana Yaneth Diaz Granados Pineda
Director	Ing. Ricardo Javier Pineda Melgarejo
Fuente Bibliográfica	<p>Se referencian 51 fuentes bibliográficas, entre las más importantes tenemos:</p> <p>Alcaldía Sogamoso. (2020). Plante de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios - PGIRS. https://drive.google.com/drive/folders/1PH8BEDd-G_FTj2tiCPkcjERsxZ7q4XIR</p> <p>Alonso, J. (2008). <i>Flujo en redes y gestión de proyectos</i>. Netbiblo: https://books.google.com.co/books?id=UQpy6PGbo9MC&pg=PA59&dq=teoria+de+la+ruta+mas+corta&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwifkszd_MPzAhX6RzABHbxzC8IQuwV6BAgEEAc#v=onepage&q=teoria%20de%20la%20ruta%20mas%20corta&f=false</p> <p>Cevallos, A. (2004). <i>Aplicación de redes neuronales para optimizar problemas multirespuesta en mejora de la calidad</i>. Volumen 7, numero 2. Pp. 31-34. https://www.redalyc.org/pdf/816/81670205.pdf</p> <p>Decreto 2981 de 2013. (2013, 20 de diciembre). <i>Presidente de la Republica de Colombia</i>. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/decreto-2981-de-2013-reglamentario-del-servicio-publico-de-aseo.pdf</p> <p>Flórez, (2008). <i>Métodos de los K más cercanos</i>. https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6504/04Caja0</p> <p>Hillier y Lieberman. (1991). <i>Introducción a la investigación de operaciones</i>. Novena Edición. McGraw Hill. https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf</p> <p>Matich, D. (2001). <i>Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones</i>. https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monografias/matich-redesneuronales.pdf</p> <p>Obregón, B. (2005). <i>Teoría de Redes: El problema de la ruta más corta</i>. [Tesis de maestría – Universidad Autónoma de México]. file:///D:/DIANITA/0602395.pdf</p>

	<p>Pineda, R. (2021). Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso. [Tesis de maestría – Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD] https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42473/rjpinedam.pdf?sequence=3&isAllowed=y</p> <p>ProModel, (s.f). <i>Manual ProModel</i>. https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/02/manualProModel.pdf</p>
Año	2022
Resumen	<p>En la actualidad se busca la obtención de procesos más eficientes en los que se puedan optimizar todos los recursos que interfieren en el mismo, una herramienta que permite perseguir este objetivo es la simulación, que se convierte en un recurso útil con el que se pueden poner en contexto todas las variables que interfieren dentro de un proyecto y que favorece la toma de decisiones sin tener que poner en marcha las alternativas de mejora planteadas. Existen muchas situaciones en las que se puede poner en práctica la simulación para encontrar soluciones a problemáticas productivas identificadas, en este caso la problemática que centra el estudio de este proyecto aplicado es la inexistencia de una red de aprovechamiento (micro rutas) en la ciudad de Sogamoso y que abarca temáticas como: teoría de redes, redes neuronales y técnica del vecino más cercano.</p> <p>El análisis de la información y la simulación de los sistemas desarrollado en este informe consta de seis etapas: primera, definición de variables. En esta etapa se establecen los elementos que intervienen en la simulación como son locaciones, recursos (vehículos, contenedores), entidades (volúmenes de residuos sólidos aprovechables), atributos, distancias, tiempos entre otros. Segunda, diseño del entorno de trabajo en software ProModel Se realiza el diseño en el software de las 16 micro rutas de aprovechamiento teniendo como base los planos de las mismas para poder disponer las variables que intervienen en la simulación, a fin de darle una representación gráfica más dinámica. Tercera, simulaciones iniciales. Se lleva a cabo la simulación de las 16 micro rutas teniendo contenedores con capacidad de 500 kilos de material aprovechable y un tiempo de recolección de 20 min y se analizarán los resultados arrojados de la simulación. Cuarta, variación de las simulaciones iniciales (Propuesta de Simulación 2). En esta oportunidad se realiza la simulación de las 16 micro rutas, variando la capacidad de los contenedores proponiendo contenedores de 250 kilos y un tiempo de recolección de 10 min. Quinta, variación de las simulaciones iniciales (Propuesta de Simulación 3). Se proponen contenedores de 100 kilos y un tiempo de recolección de 4 minutos por micro ruta. Sexta, resumen y conclusiones de la simulación con ProModel. Una vez se han realizado todas las simulaciones propuestas anteriormente se realiza un resumen de los hallazgos encontrados en la simulación y una comparación de los aspectos más relevantes durante el proceso de simulación de las tres propuestas planteadas.</p>
Palabras Claves	Optimización, simulación, red de aprovechamiento, macro ruta, micro ruta, ProModel.

Contenidos	Planteamiento del problema Justificación Objetivos Marco Referencial Metodología Análisis de resultados Análisis de resultados: simulación de los sistemas mediante el uso del software ProModel y evaluación de resultados. Conclusiones finales
2. Descripción del Problema de investigación	
<p>Sogamoso es un municipio que se encuentra ubicado en el centro-oriente del departamento de Boyacá, este municipio actualmente cuenta con 3 macro rutas (Centro, Norte y Sur), las cuales a su vez se componen de 16 micro rutas para el servicio público de aseo; la problemática existente radica en la inexistencia de la red de aprovechamiento definidas dentro del municipio, que garanticen las micro rutas para la operación por parte de los recicladores de oficio normalizados en la ciudad de Sogamoso; entiéndase micro ruta como “la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos” (Ley 142 de 1994). Por tal razón si los recicladores de oficio no cumplen con la normatividad exigida no podrán operar en sus tareas de recolección de residuos sólidos aprovechables a partir del plazo máximo para la aplicación de este requisito (año 2023). Según la norma “las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán establecer macro rutas y micro rutas que deben seguir los vehículos recolectores, de acuerdo a las necesidades y sin desconocer las normas de tránsito, dichas rutas se deben diseñar de acuerdo a la eficiencia en la asignación de recursos teniendo en cuenta una serie de aspectos relevantes” (Decreto 1077 de 2015). Entre estos aspectos se enuncian entre ellos, primero, tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal, segundo, el uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.), tercero, zonas de difícil acceso, cuarto, tipo de usuario o generador, quinto, ubicación de áreas públicas como plazas, parques o similares, sexto, el tipo de residuos según sean aprovechables o no aprovechables, entre otros.</p> <p>En Sogamoso se genera un alto desaprovechamiento de residuos con grandes pérdidas a nivel económico por no tener establecida la red de aprovechamiento, García (2015) lo indica: “el municipio genera un alto volumen de residuos sólidos, pero solo el 89,6% de estos son aprovechables representados por materia orgánica e inorgánicos reciclables, no obstante, dado el precario sistema organizacional para el aprovechamiento de estos materiales, en el municipio no se alcanza más del 5% de aprovechamiento de los mismos”. Además de lo anterior, la inadecuada selección de residuos sólidos representa impactos negativos en el medio ambiente, en la salud de la comunidad, en el control de plagas y en el orden de los espacios públicos del municipio. Por otra parte, el relleno sanitario del municipio de Sogamoso Terrazas del porvenir ha reducido su vida útil de manera considerable, aproximadamente se estiman 2 años de su uso antes de su cierre, “se calcula que para el año 2017, el relleno había realizado una disposición de residuos de 683.696,51 Ton/Año, y que el 45% de estos residuos eran generados por el municipio de Sogamoso con un total de 28.367,71 Toneladas” (Súper servicios, 2018. P. 74).</p>	

Para generar una solución a la problemática identificada la propuesta de investigación denominada simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para la optimiza de los procesos de recolección y transporte mediante el uso de software ProModel, emplea la simulación para el establecimiento de la red de aprovechamiento para la ciudad de Sogamoso, a fin de utilizar los datos obtenidos como una herramienta para la toma de decisiones en cuanto a las soluciones que más se ajusten a las necesidades de recolección y transporte de los residuos sólidos aprovechables. “La simulación no encuentra una solución óptima, pero encuentra varias soluciones cercanas a las óptimas, con lo que puede brindar mayores posibilidades para seleccionar la que se ajuste más a la realidad” (Jianghong, 2010). La simulación se muestra como una técnica útil que complementa de una manera eficiente modelos en pro de la optimización en diferentes procesos; esta es una técnica que permite no solo diseñar sino analizar el desempeño de una actividad o sistema arrojando datos importantes que son la base para realizar mejoras sin necesidad de implementar estrategias en el sistema real o de trabajo en campo que incurre en costos innecesarios o arriesgados que se pueden simular con Software.

Con base en lo anterior surge la pregunta de investigación para resolver la problemática identificada. **¿Qué herramienta tecnológica de modelos de redes y suministros se puede aplicar para optimizar la red de aprovechamiento público en la ciudad de Sogamoso?**

3. Objetivos

Objetivo general

Realizar la simulación de la red de aprovechamiento en el servicio público de aseo de la ciudad de Sogamoso, para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel.

Objetivos específicos

- Diagnosticar por medio de la consulta y extracción de información en fuentes documentales tanto del municipio, como de otras investigaciones las condiciones actuales de la red de aprovechamiento (micro ruta) del servicio público de aseo de la ciudad de Sogamoso, estableciendo los parámetros que se usaran en la simulación.
- Analizar las principales variables de la simulación que intervienen en la red de aprovechamiento (micro rutas) del servicio público de aseo definiendo las alternativas que optimizan los procesos de recolección y transporte de residuos aprovechables.
- Evaluar las alternativas propuestas con el uso de la simulación, mediante estadísticos e indicadores de gestión para determinar la optimización de la red de aprovechamiento.

4. Metodología

Para el desarrollo de la investigación se realizó un diagnóstico de la situación a través de la recolección de diferentes referentes bibliográficos obtenidos de entidades territoriales y otros proyectos de investigación. A continuación, se presenta una descripción de la metodología que se llevó a cabo en el estudio de investigación denominado “Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte utilizando simulación mediante el uso de software (ProModel)” a fin de cumplir con los objetivos ya establecidos.

Procedimiento de la metodología

- *Identificación de la Problemática*

Diagnóstico de la situación actual de las micro rutas de aprovechamiento del servicio público de aseo. Para realizar el diagnóstico es necesario llevar a cabo varias etapas, entre ellas encontramos: Primera etapa, recolección de la información consultando fuentes de entidades territoriales como la secretaria de gobierno, secretaria de gestión del riesgo, la empresa de servicios públicos de aseo Coservicios S.A. E.S.P y otros proyectos de investigación que abordan la temática tratada como por ejemplo el PIE (Proyecto de Investigación Especial) desarrollado actualmente en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, del cual se puede obtener información relevante como las micro rutas en la red de aprovechamiento y las distancias más cortas entre ellas las encontradas a través de los algoritmos del Vecino Más Cercano (KNN) y Redes Neuronales. Segunda etapa, recolección de datos del estudio de investigación para el título de maestría de la UNAD, titulado “Propuesta para la optimización de los puntos de recolección de residuos sólidos aprovechables en la Macro ruta – centro en la ciudad de Sogamoso” (Pineda, 2021), del cual se podrán extraer datos para el cálculo de contenedores y distancias entre las micro rutas de aprovechamiento del servicio público de aseo de la ciudad. Tercera etapa, resumen y conclusiones del diagnóstico, en esta etapa se procede a extraer los aspectos más valiosos obtenidos de las fuentes referenciales consultadas a fin de establecer aquellos aspectos que sean de ayuda en el desarrollo del proyecto.

- ***Análisis de la información y simulación de los sistemas.***

El análisis de la información y la simulación de los sistemas se desarrollará por medio de distintas etapas, entre estas encontramos: Primera etapa, definición de variables, se establecen los elementos que intervienen en la simulación como son locaciones, recursos (vehículos, contenedores), entidades (volúmenes de residuos sólidos aprovechables), atributos, distancias, tiempos entre otros. Segunda etapa, diseño del entorno de trabajo e el software ProModel, se realiza el montaje de las 16 micro rutas de aprovechamiento teniendo como base los planos de las mismas para poder disponer dentro de ellos las variables que intervienen en la simulación, a fin de darle una representación gráfica más dinámica. Tercera etapa, simulación de la primera alternativa con contenedores de 500 kilogramos de capacidad y un tiempo de recolección de 20 minutos y se analizan los resultados obtenidos. Cuarta etapa, variación de las simulaciones iniciales (alternativa de simulación 2), en la que se realiza la simulación de las 16 micro rutas, variando la capacidad de los contenedores proponiendo contenedores de 250 kilogramos y un tiempo de recolección de 10 minutos. Quinta etapa, variación de las alternativas iniciales, se proponen contenedores de 100 kilogramos y un tiempo de recolección de 4 minutos por micro ruta. Sexta etapa, resumen y conclusiones de la simulación con ProModel, una vez realizadas todas las simulaciones propuestas anteriormente se realiza un compendio de los hallazgos encontrados en la simulación y una recapitulación sobre los aspectos más relevantes durante el proceso de simulación de las tres propuestas planteadas.

- ***Análisis de resultados***

En esta etapa se llevó a cabo el análisis de los resultados según las tablas de resumen que arroja el software ProModel después de cada simulación y que permiten observar de manera ordenada los datos obtenidos de las simulaciones. Las tablas contendrán información importante a cerca de las simulaciones iniciales (16 micro rutas) y de las simulaciones de las alternativas 2 y 3; además de una tabla resumen final con los resultados obtenidos de todas las simulaciones. Por último, se realiza un resumen de los datos obtenidos en las simulaciones y se genera a partir de dichos datos las conclusiones a cerca de la optimización de la red de aprovechamiento mediante la simulación con el software.

- ***Conclusiones finales y recomendaciones***

Por último, se realizó una reflexión final a cerca de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto aplicado, además se condensan las sugerencias que se gestaron durante el desarrollo del mismo.

5. Referentes Teóricos

Hillier y Lieberman, (1991) afirman que: Una representación de redes proporciona un poderoso apoyo visual y conceptual para mostrar las relaciones entre las componentes de los sistemas, de tal modo que se usa casi en todos los ámbitos científicos, sociales y económicos. Los problemas de redes pueden clasificarse esencialmente en cinco áreas: ruta más corta, flujo máximo, árbol de expansión mínima, flujo a costo mínimo y, planeación y control de proyectos. (p. 331)

Para Obregón (2005) el problema de la ruta más corta es fundamental en muchas áreas, como la investigación de operaciones, la ciencia de la computación y la ingeniería, debido a diferentes razones como por ejemplo la existencia de métodos de solución eficientes en cuanto a tiempo y costos; cuando no se tienen conocimientos sobre una red se pueden iniciar estudios de modelos complejos con diferentes algoritmos para conocer aspectos relevantes de dicha red, además se utiliza con frecuencia en subrutinas para la solución de problemas combinatorios, así en el caso de problemas para los que no se existe un algoritmo exacto, los algoritmos empleados en la ruta más corta pueden dar como resultado soluciones eficientes con resultados muy positivos.

Según lo expuesto en el libro de Hillier y Lieberman, (1991), los algoritmos relacionados a la ruta más corta son: Objetivo de la n-ésima iteración: encontrar el n-ésimo nodo más cercano al origen. (Este paso se repetirá para $n = 1, 2, \dots$ hasta que el n-ésimo nodo más cercano sea el nodo destino.). Datos de la n-ésima iteración: $n - 1$ nodos más cercanos al origen —que se encontró en las iteraciones previas—, incluida su ruta más corta y la distancia desde el origen. (Estos nodos y el origen se llaman nodos resueltos; el resto son nodos no resueltos.). Candidatos para n-ésimo nodo más cercano: cada nodo resuelto que tiene conexión directa por una ligadura con uno o más nodos no resueltos proporciona un candidato, esto es, el nodo no resuelto que tiene la ligadura más corta. (Los empates proporcionan candidatos adicionales.). Cálculo del n-ésimo nodo más cercano: para cada nodo resuelto y sus candidatos, se suma la distancia entre ellos y la distancia de la ruta más corta desde el origen a este nodo resuelto. El candidato con la distancia total más pequeña es el n-ésimo nodo más cercano —los empates proporcionan nodos resueltos adicionales—, y su ruta más corta es la que genera esta distancia. (p. 336).

Según Cevallos (2004) considera que una red neuronal tiene: Una capa de entrada y una capa de salida y dependiendo de su uso, se tendrá una o más capas ocultas (intermedias), cada capa tiene su respectiva función de activación y salida para poder trans.f.ormar una entrada en salida. Las redes de neuronas artificiales tienen un mecanismo de aprendizaje, que se basa en el criterio de prueba y error, es decir, que se aplica una función para determinada entrada y si no se obtiene la salida buscada; se vuelve a probar la red variando los datos; este proceso se repite hasta obtener la salida buscada; si no se llega a la solución con una red se debe hacer uso de otro algoritmo. Una vez que se ha logrado la salida buscada, se culmina la etapa de aprendizaje de la red y ahora se puede dar a la red una entrada cualquiera entonces la red opera y obtiene la salida respectiva según las funciones de la red entrenada. Dentro de las redes neuronales se destacan dos modelos, los supervisados (Perceptrón, Backpropagation BP, Adalina, LVQ, GRNN, Perceptrón Multicapa, Madalina) y los no supervisados (Realimentación de Hopfield y el Unidireccional de Mapas de Kohonen); siendo el más utilizado el de la Red Backpropagation. (p. 32).

Según Hillier y Lieberman (1991) la simulación juega un papel bastante importante en la investigación de operaciones, ya que: Un modelo de simulación cumple la función de sintetizar

la construcción de cada componente y evento, después el modelo corre el sistema simulado a fin de obtener observaciones estadísticas que dan muestra del desempeño de dicho sistema como resultado de los eventos que se generaron de manera aleatoria; es necesario de estos procesos de simulación se lleven a cabo a través de una computadora debido a que estas simulaciones requieren del procesamiento de una gran cantidad de datos. En la investigación de operaciones es necesario seguir una serie de pasos cuando se va a hacer uso de la simulación, dentro de estos pasos se destacan: Realizar un análisis teórico preliminar, se hace uso de la simulación para experimentar y valorar el desempeño real, cuando se elige el diseño, se hace una prueba al sistema real a fin de ajustar detalles. Para preparar la simulación de un sistema complejo, es necesario contar con un modelo de simulación detallado que consta de varios bloques de construcción: 1. Definir el estado del sistema. 2. Identificar los estados posibles que pueden ocurrir dentro de sistema. 3. Identificar los eventos posibles que pueden cambiar el estado del sistema. 4. Contar con un reloj de simulación. 5. Un método para generar los eventos de manera aleatoria. 6. Una fórmula para identificar las transiciones de los estados que generan los diferentes tipos de eventos. Es posible que se sean necesarias varias simulaciones para poder obtener estimaciones más exactas a cerca del desempeño del sistema. La simulación usualmente se utiliza cuando el sistema a resolver es bastante complejo para encontrar una solución de manera analítica. (p. 871 – 872)

García, García & Cárdenas (2013), en su libro mencionan las siguientes ventajas y desventajas relevantes de la simulación: Ventajas: Herramienta útil para conocer el impacto de los cambios en determinado proceso sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad. Brinda conocimiento del proceso actual, permitiendo ver cómo se comporta el modelo frente a diferentes escenarios. Se puede utilizar como medio de capacitación para tomar decisiones. Es más económico que realizar cambios reales en los procesos. Permite probar y evaluar diferentes escenarios a fin de encontrar las condiciones para los procesos. Es bastante útil en procesos bastante complejos. Los paquetes de software para simulación facilitan su utilización. Desventajas: La simulación no es una herramienta de optimización, Esta puede ser costosa cuando es utilizada para resolver problemas muy sencillos en lugar de hacer uso de soluciones analíticas; un buen estudio de simulación requiere de bastante tiempo y es necesario que el analista tenga un buen dominio del paquete de simulación. (p. Según el manual de ProModel (s.f.), se destacan algunas aplicaciones relevantes de dicho software como lo son, “líneas de ensamble, sistemas de manufactura flexible, producción por lotes, justo a tiempo y Sistemas de producción KANBAN, sistemas de cola y optimización de la distribución en planta y el manejo de materiales”. (p. 1).

6. Referencias conceptuales

Macro ruta: Esta se entiende según el decreto 1713 de 2002, como “la división geográfica de una ciudad, población o zona para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar el servicio de recolección de residuos” (p. 4).

Micro ruta: Se entiende como “la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico, dentro del ámbito de una frecuencia predeterminada” (decreto 1713 de 2002, p. 4).

Aprovechamiento: Se menciona en el decreto 1713 de 2002 que: El aprovechamiento es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o

incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (p. 1).

Teoría de redes: Según Obregón (2005) la teoría de redes hace parte del campo de la investigación de operaciones que estudia problemas de naturaleza combinatoria como la relación de rutas por medio de distintos algoritmos, esta teoría resulta bastante útil en la toma de decisiones de problemas complejos. Dentro de la teoría de redes se utilizan términos relevantes como red que consiste en una serie de puntos y líneas que sirven para unir otros puntos, dichos puntos son denominados nodos o vértices y las líneas reciben el nombre de arcos o aristas; para Obregón (2005) los arcos reciben el nombre de los nodos en los que terminan, y la dirección es dada por la cabeza de la flecha que indica la finalidad de la línea que termina representando el arco.

Redes neuronales: Atria Innovation (2019), menciona en su artículo en internet que: “Las redes neuronales artificiales son un modelo inspirado en el funcionamiento del cerebro humano. Está formado por un conjunto de nodos conocidos como neuronas artificiales que están conectadas y transmiten señales entre sí. Estas señales se transmiten desde la entrada hasta generar una salida. El funcionamiento de las redes se asemeja al del cerebro humano. Las redes reciben una serie de valores de entrada y cada una de estas entradas llega a un nodo llamado neurona. Las neuronas de la red están a su vez agrupadas en capas que forman la red neuronal. Cada una de las neuronas de la red posee a su vez un peso, un valor numérico, con el que modifica la entrada recibida. Los nuevos alores obtenidos salen de las neuronas y continúan su camino por la red. (párr. 1)

Técnica del vecino más cercano – KNN (K- Nearest – Neighbor): Según el artículo encontrado en la página de internet Aprende Machine Learning (2018) la técnica del vecino más cercano: Es un algoritmo basado en instancia de tipo supervisado de Machine Learning. Puede usarse para clasificar nuevas muestras (valores discretos) o para predecir (regresión, valores continuos). Al ser un método sencillo, es ideal para introducirse en el mundo del aprendizaje automático. Sirve esencialmente para clasificar valores buscando los puntos de datos “más similares” (por cercanía) y haciendo conjeturas de nuevos puntos basado en esa clasificación. En el vecino más cercano la “K” significa la cantidad de “puntos vecinos” que tenemos en cuenta en las cercanías para clasificar los “n” grupos -que ya se conocen de antemano, pues es un algoritmo supervisado-. (párr. 1)

Simulación: Según Hillier y Lieberman (1991), la simulación se clasifica en un escalón muy alto entre las técnicas que más se usan. Aún más, debido a que es una herramienta tan flexible, poderosa e intuitiva, sus aplicaciones crecen con rapidez de manera continua. Esta técnica involucra el uso de una computadora para imitar (simular) la operación de un proceso o sistema completo. En el caso de este tipo de sistemas, la computadora genera y registra las ocurrencias de los eventos que impulsan el sistema como si en realidad estuviera en operación física. Debido a su velocidad, la computadora puede simular incluso años de operación en cuestión de segundos. (p. 871)

ProModel: En el manual de ProModel (s.f.) encontramos que este software es: Herramienta de simulación que funciona en computadoras personales en un ambiente Windows. Mediante una combinación ideal de facilidad de uso, flexibilidad y potencia, permite diseñar y analizar sistemas de producción y servicios de todo tipo y tamaño y modelar prácticamente toda situación, en forma

casi real, mediante sus capacidades gráficas y de animación. ProModel fue concebido como una herramienta para ingenieros y gerentes que desean lograr reducciones de costos, mejoras en la productividad e incrementar las ventajas estratégicas en la producción de bienes y servicios. (p. 1)

7. Resultados

Como resultado de la realización de cada una de las simulaciones teniendo presente las 3 alternativas planteadas respecto a la capacidad de los contenedores (500 kilogramos, 250 kilogramos y 100 kilogramos), se obtiene datos relevantes que dan muestra del funcionamiento de cada uno de los sistemas.

Se obtienen a partir de la simulación unos tiempos en el sistema promedio, que se resume como el tiempo de recorrido en las rutas sin incluir la descarga del material aprovechable en las bodegas, además se dan unos tiempos entre nodos o contenedores que tiene una disposición equidistante, lo que permite establecer los tiempos entre estas y los posibles retrasos generados según las condiciones de los contenedores. A partir de los resultados de simulación se puede obtener el porcentaje de uso del carro transportador es decir el porcentaje que recorre el sistema con carga y el porcentaje de inactividad o de recorrido en el sistema sin carga.

La simulación nos permite observar que a mayor cantidad de uso de la locación – contenedor el tiempo de uso del recurso Vehículo es mayor, debido a que el vehículo debe hacer menos recorridos y transportará mayor cantidad de material aprovechable.

8. Conclusiones

Según los resultados de simulación se tienen tiempos de trabajo (descargue de los contenedores) promedio de 20 minutos (148 minutos totales promedio por ruta) con una diferencia de 5 minutos, los tiempos de descargue para simulaciones con 100 kilogramos de uso en los contenedores es de 15 minutos promedio y el de simulaciones con 500 kilogramos es de 25 minutos promedio, lo cual indica que estos tiempos incluyen el descargue de contenedores, el cargue de los vehículos, la preparación del contenedor para siguientes usos y los tiempos muertos, siendo insistente la necesidad de incentivar a la comunidad en el uso permanente de los contenedores.

El porcentaje de uso del vehículo para el cargue y descargue de material aprovechable (contenedor - vehículo) es del 81 % (148 minutos), considerando el tiempo promedio de las tres alternativas de simulación de 3,03 horas (182 minutos), que es el tiempo promedio que dura el proceso de recolección, transporte y descargue del material durante todo el recorrido en las micro rutas, indicándonos que 34 minutos que corresponden al 19% es el tiempo que tarda el vehículo en recorrer las micro rutas de principio a fin (6,627 kilómetros promedio por ruta) y a razón de 30 km/h que es la velocidad permitida en zonas urbanas; por lo cual en un estudio de viabilidad financiera los costos asociados al uso del vehículo deben incluirse (gastos de mantenimiento de vehículos, combustibles, llantas, salarios, etc.) para tener cálculos más exactos.

De los tiempos de trabajo (descargue de los contenedores) promedio de 20 minutos, 16 minutos que es tiempo promedio de espera que considera la simulación es el tiempo de descargue de los contenedores y de cargue de los vehículos y los 4 minutos restantes considerados en la simulación como tiempos de operación corresponde al tiempo que se debe tener en cuenta para la preparación de los contenedores para futuros usos (limpieza del área de trabajo que incluye contenedor y zona de disposición del mismo).

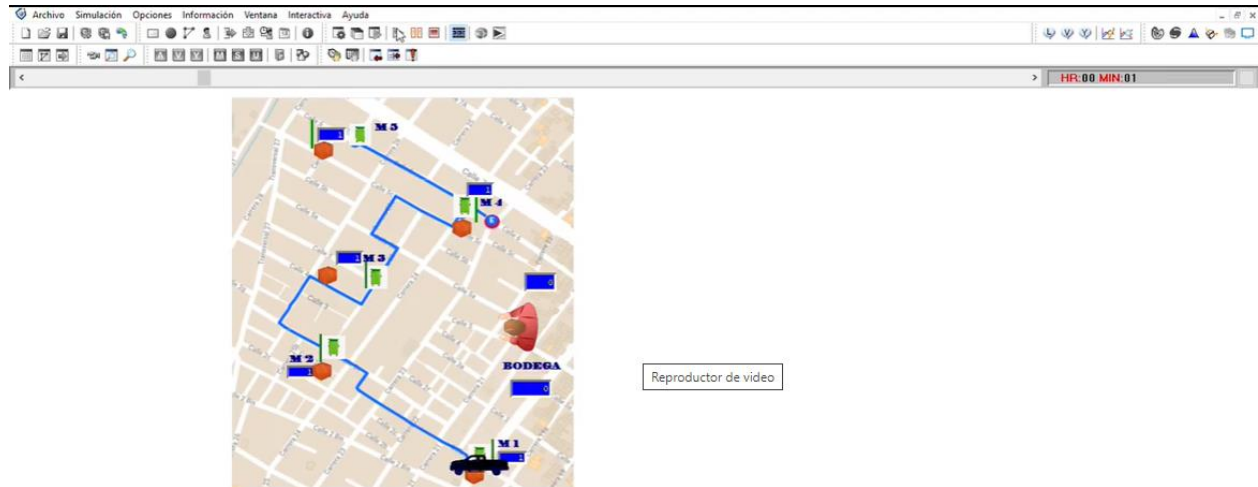
Según los datos de simulación teniendo en cuenta una distancia promedio de recorrido de las 16 micro rutas de 6,627 kilómetros, el tiempo promedio que tarda el vehículo para desplazarse entre cada uno de los contenedores es de 4,59 minutos, los cuales se encuentran separados entre sí a razón de 445 metros en promedio.

Fuente. Propia

Nota. Resumen analítico del proyecto de grado Simulación de la red de aprovechamiento de Sogamoso para optimizar los procesos de recolección y transporte mediante el uso del software ProModel.

Anexo B

ProModel - micro ruta magdalena (Capacidad 500 Kilogramos)

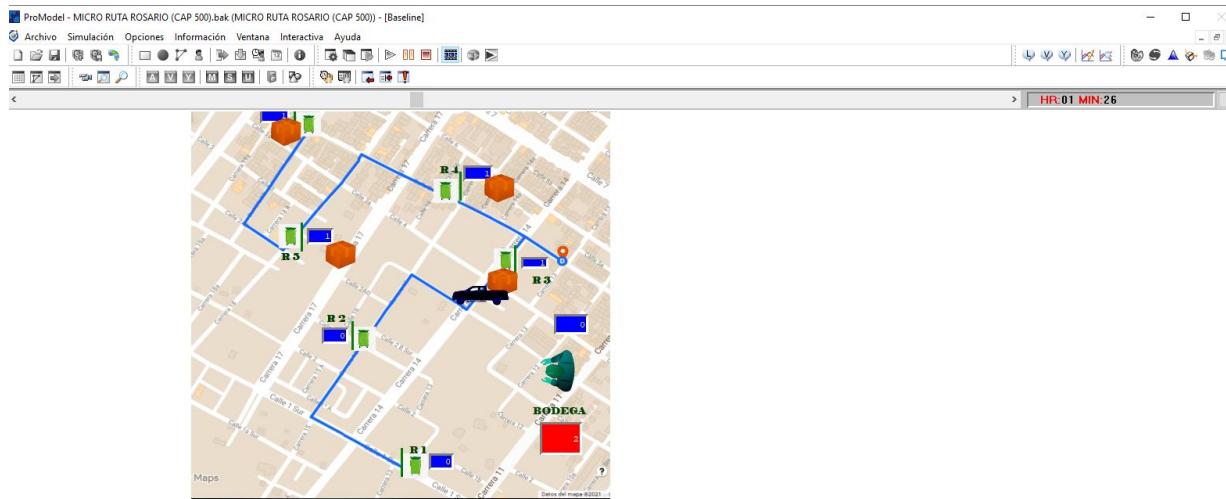


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta magdalena (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo C

ProModel - micro ruta rosario (cap. 500)

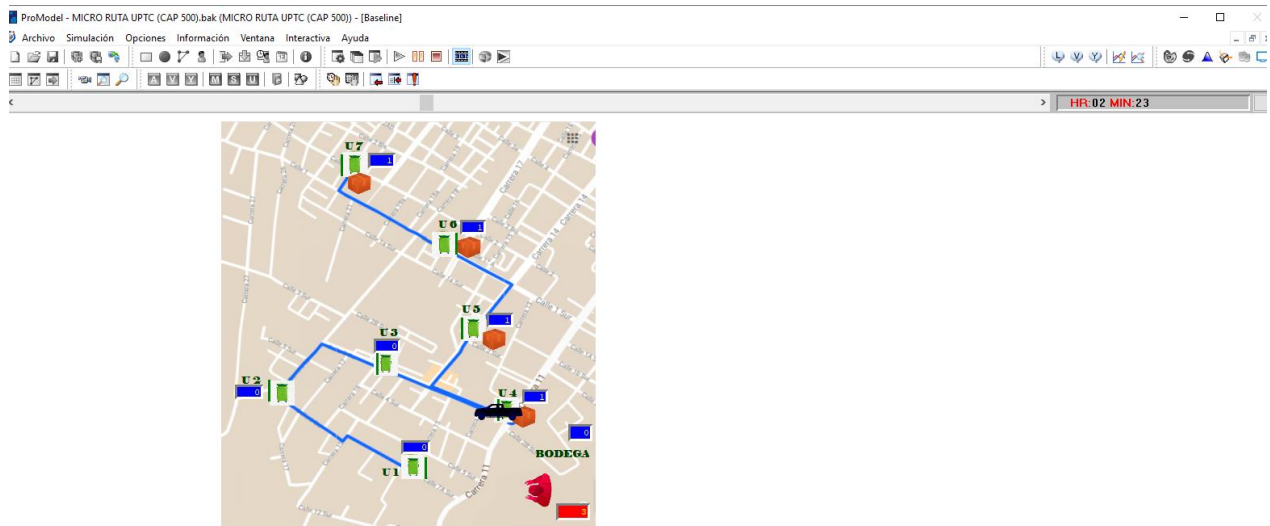


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta rosario (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo D

ProModel - micro ruta UPTC (cap. 500)

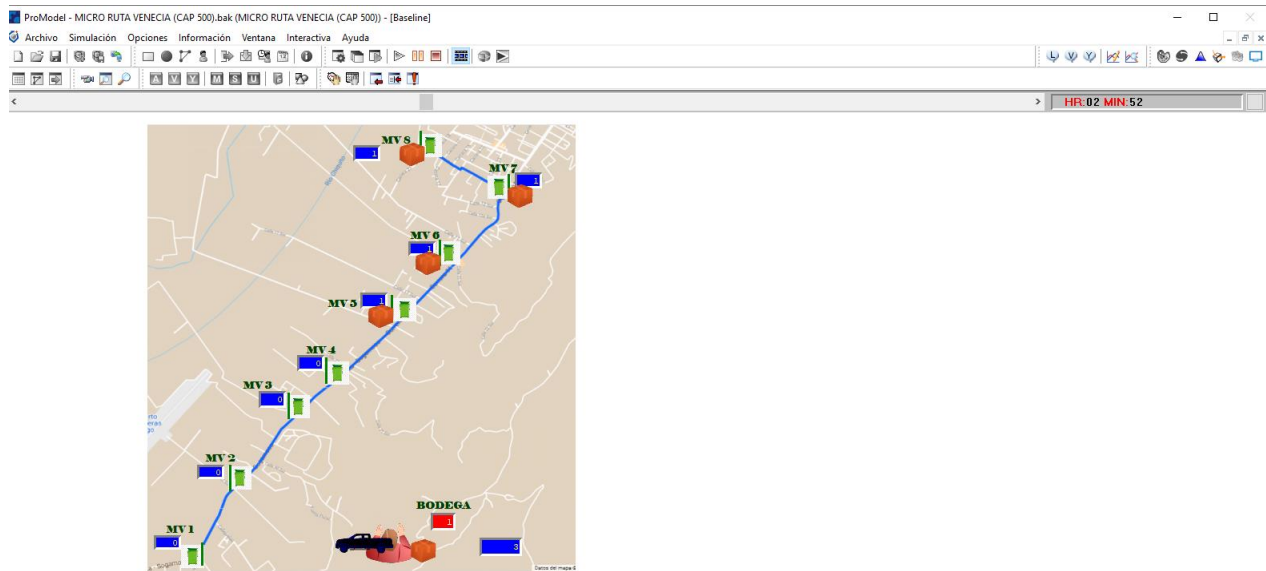


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta UPTC (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo E

ProModel - micro ruta Venecia (cap. 500)

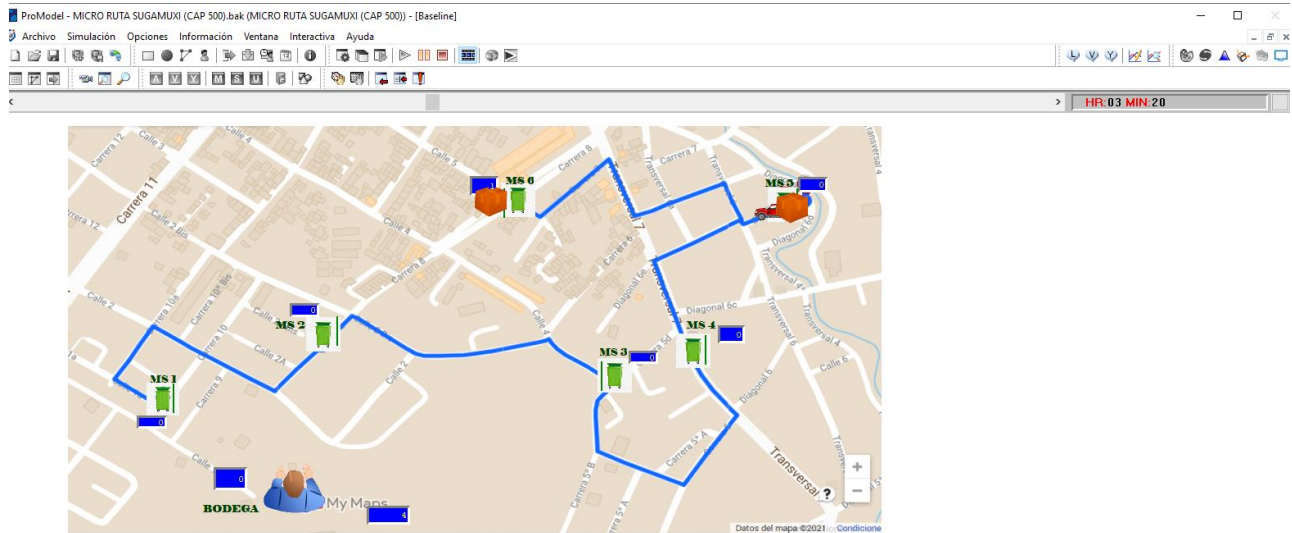


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Venecia (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo F

ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 500)

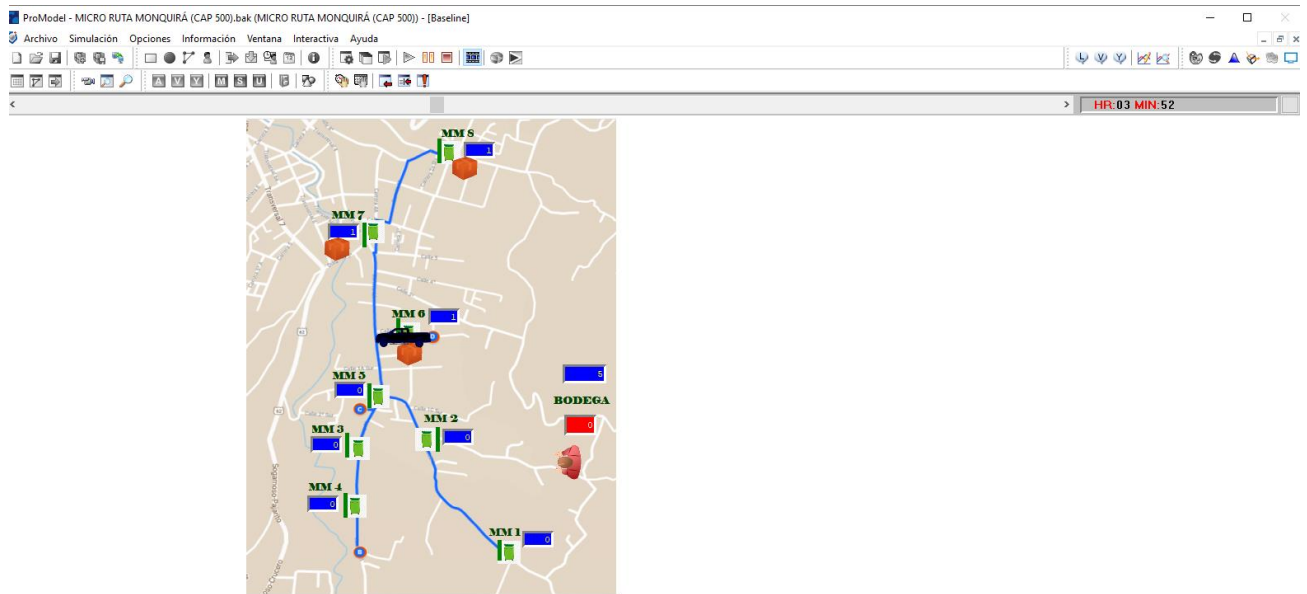


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Sugamuxi (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo G

ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 500)

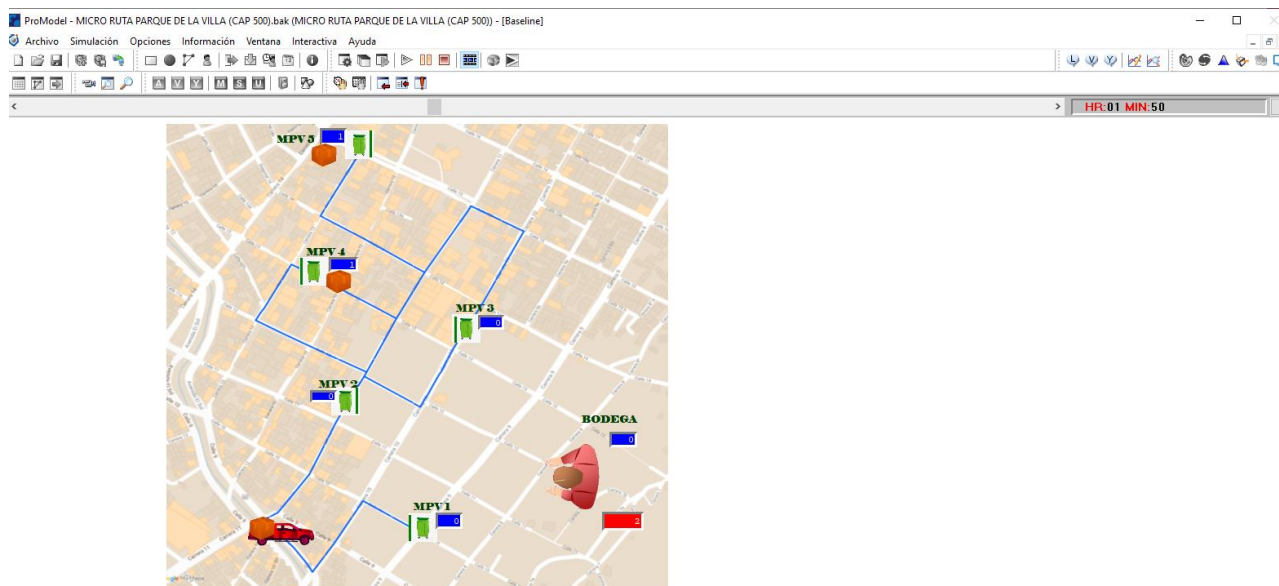


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Monquirá (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo H

ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 500)

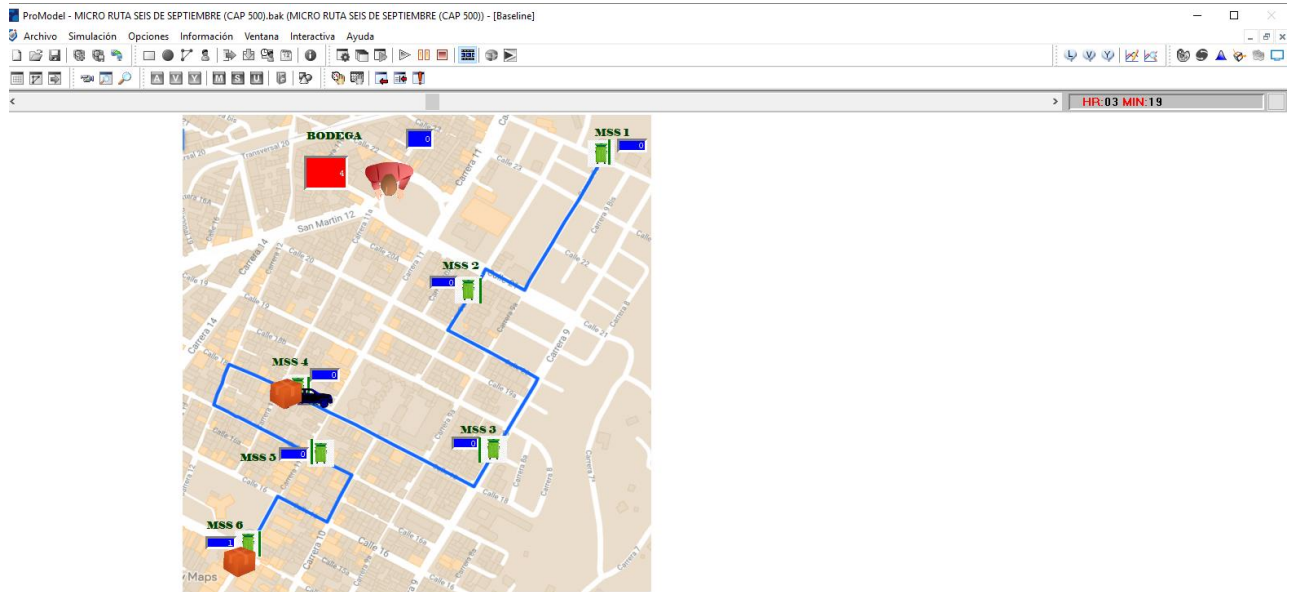


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Parque de la Villa (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo I

ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 500)

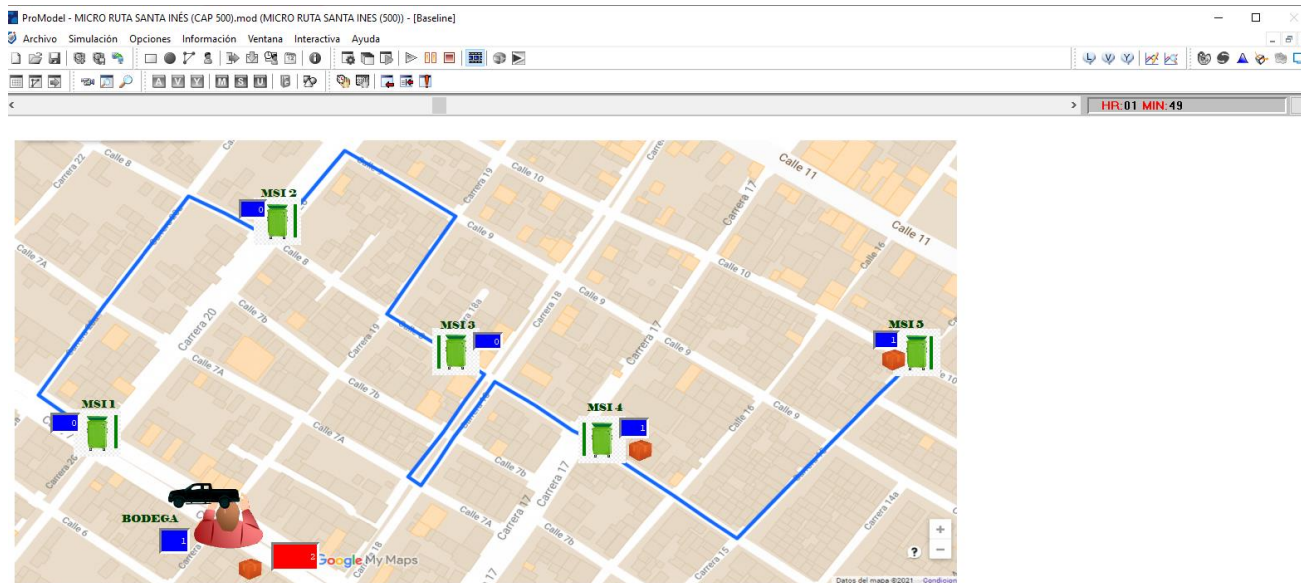


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta seis de septiembre (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo J

ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 500)

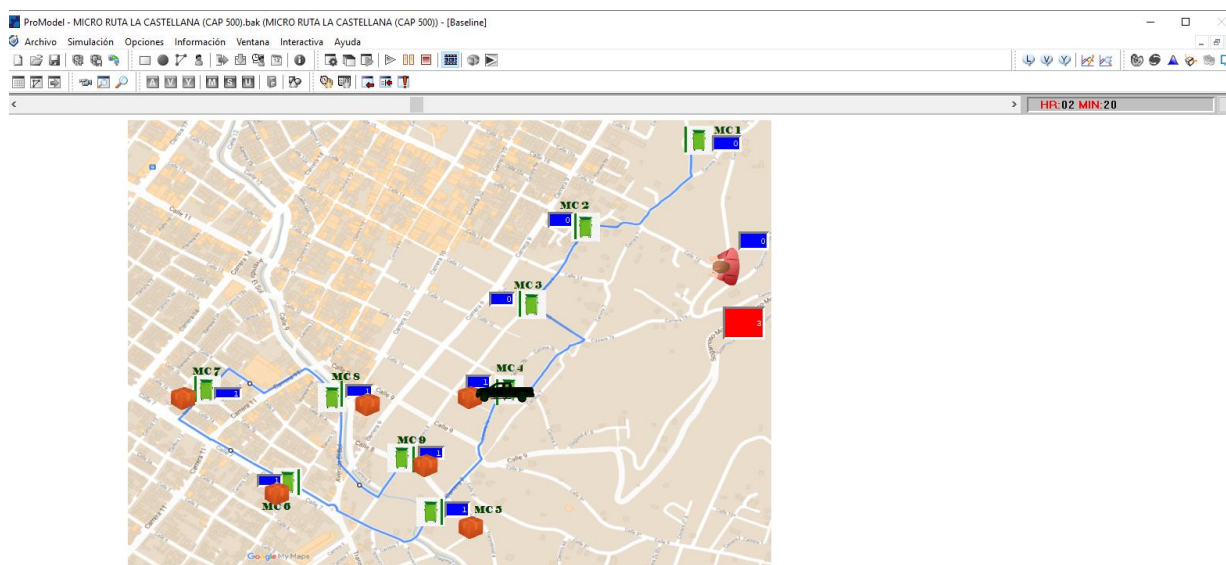


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Santa Inés (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo K

ProModel - micro ruta la castellana (cap. 500)

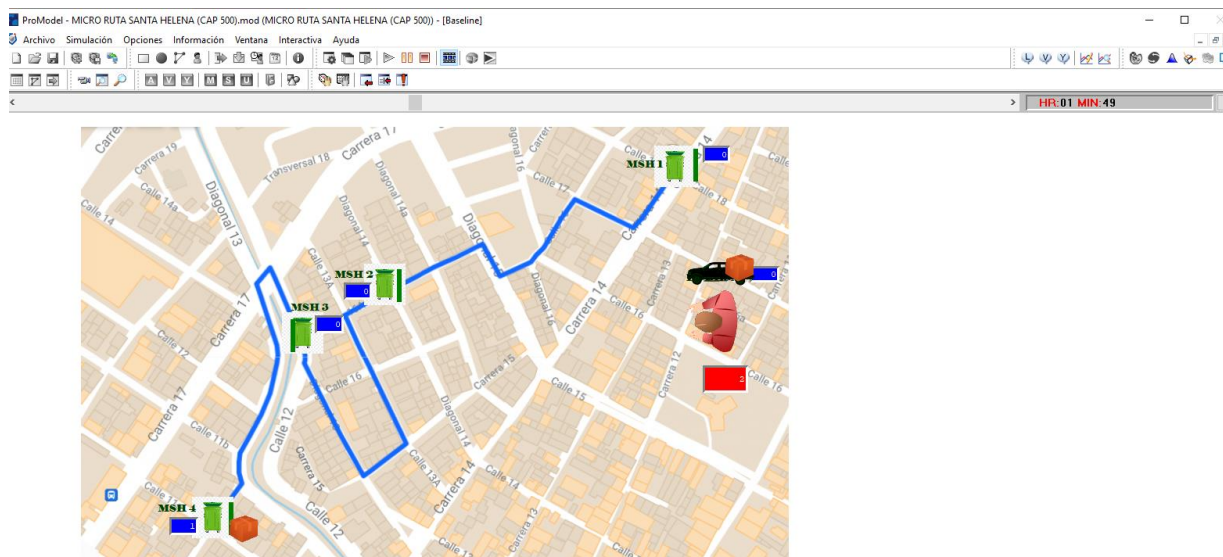


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta la castellana (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo L

ProModel - micro ruta santa helena (cap. 500)

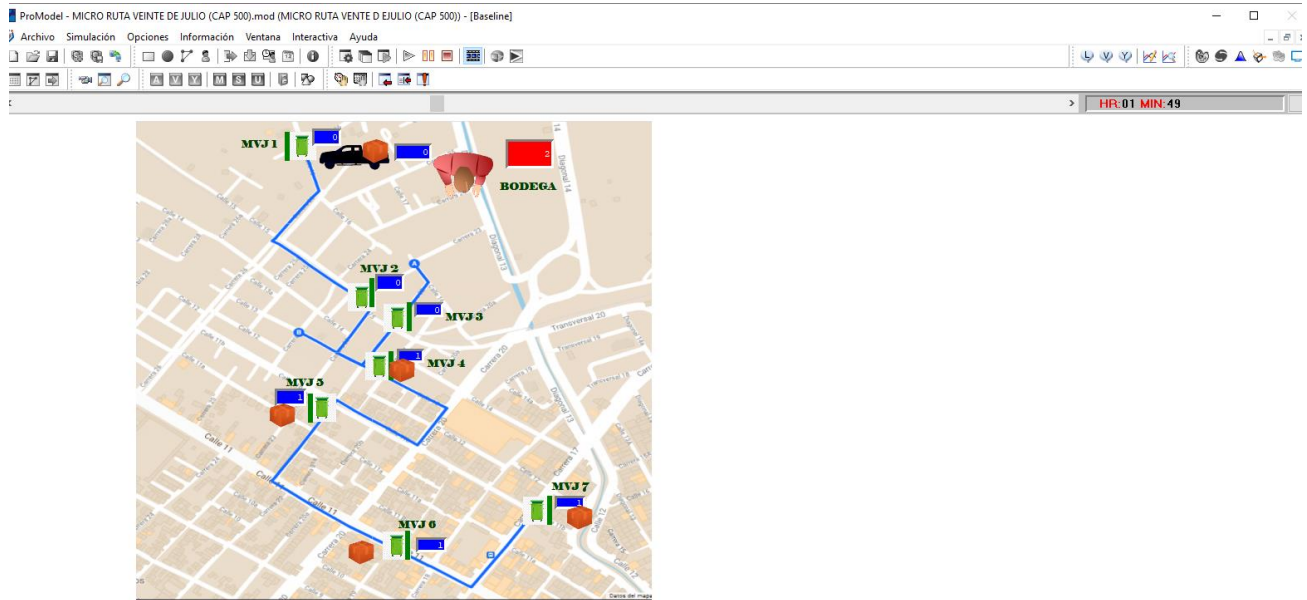


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta santa helena (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo M

ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 500)

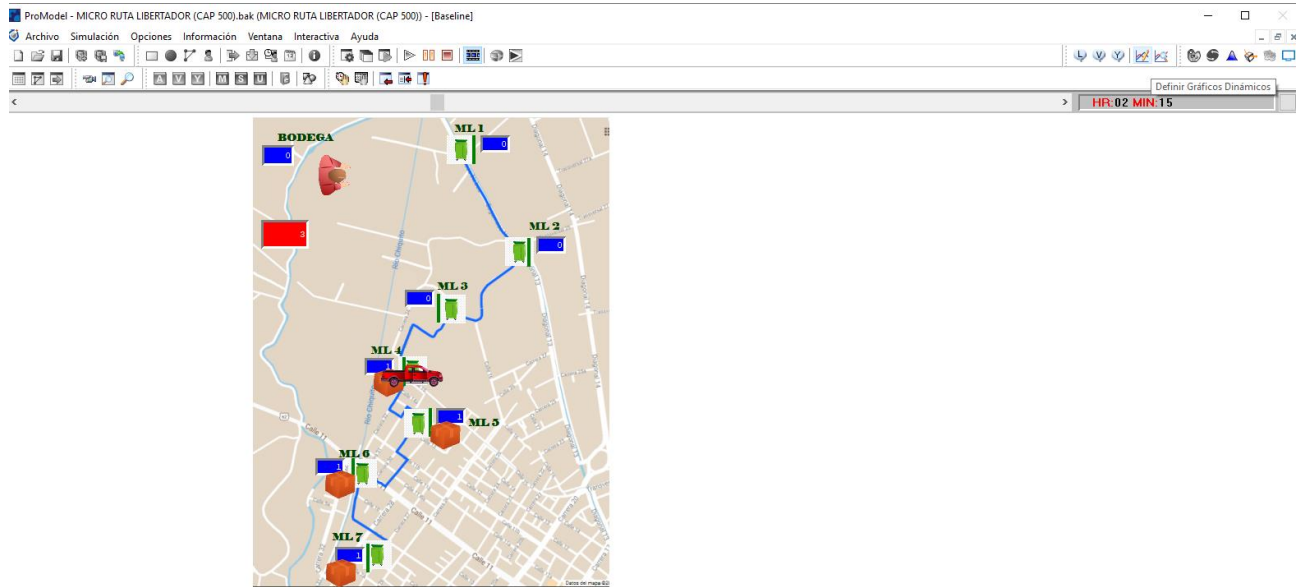


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta veinte de julio (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo N

ProModel - micro ruta libertador (cap. 500)

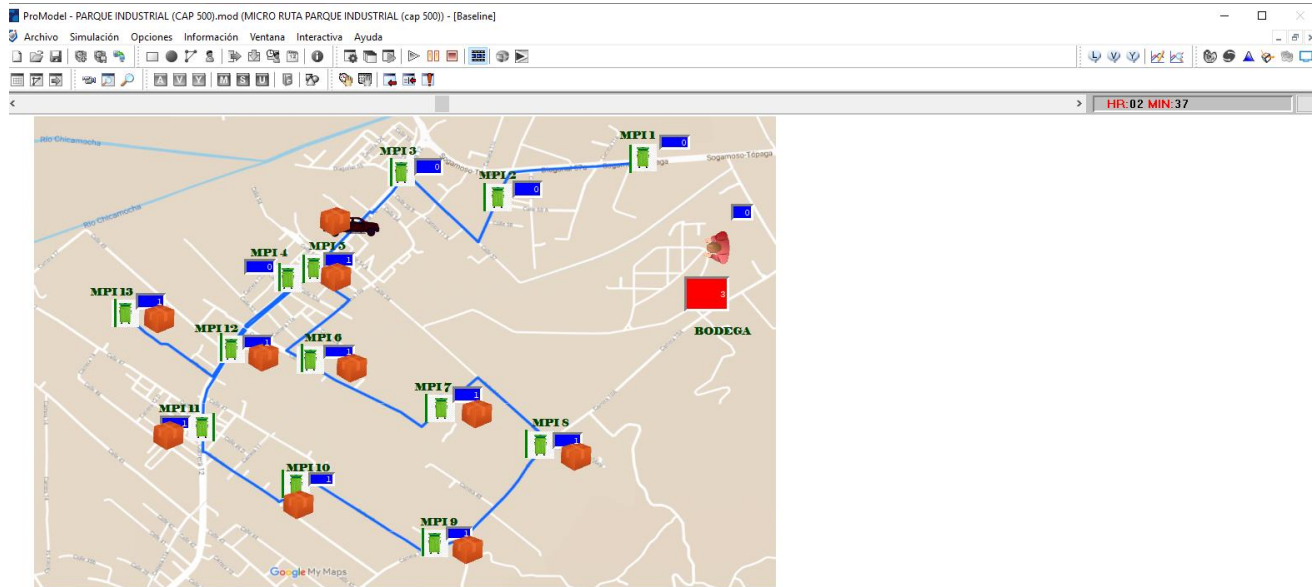


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta libertador (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo O

ProModel - parque industrial (cap. 500)

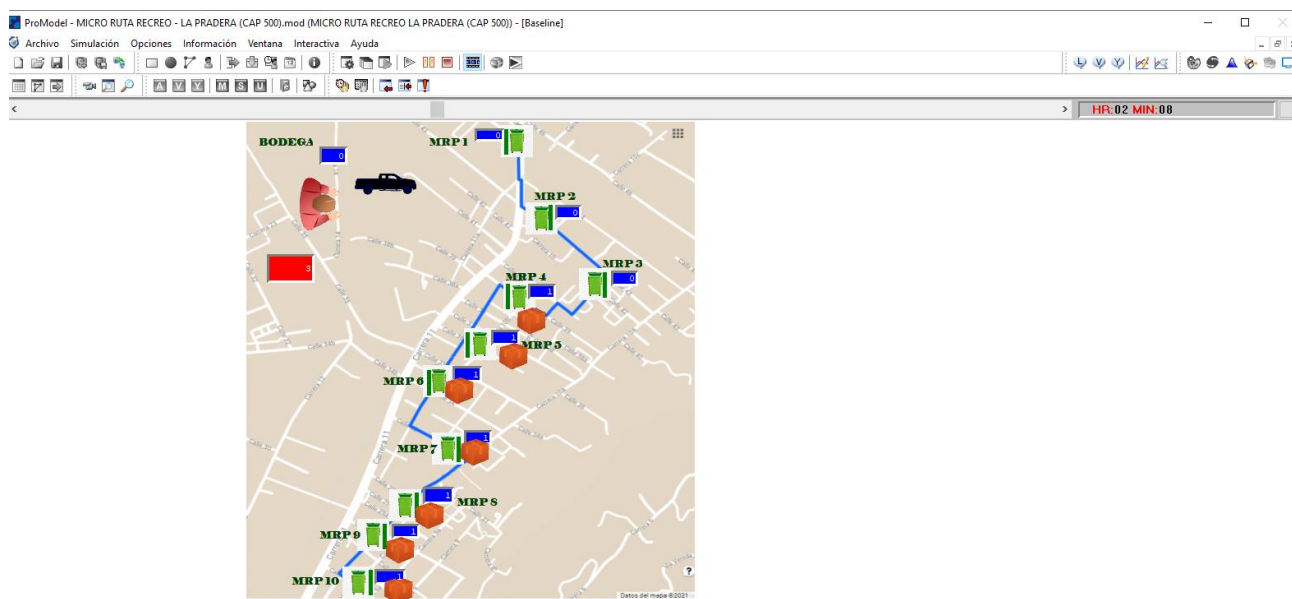


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta parque industrial (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo P

ProModel - micro ruta recreo- la pradera (cap. 500)

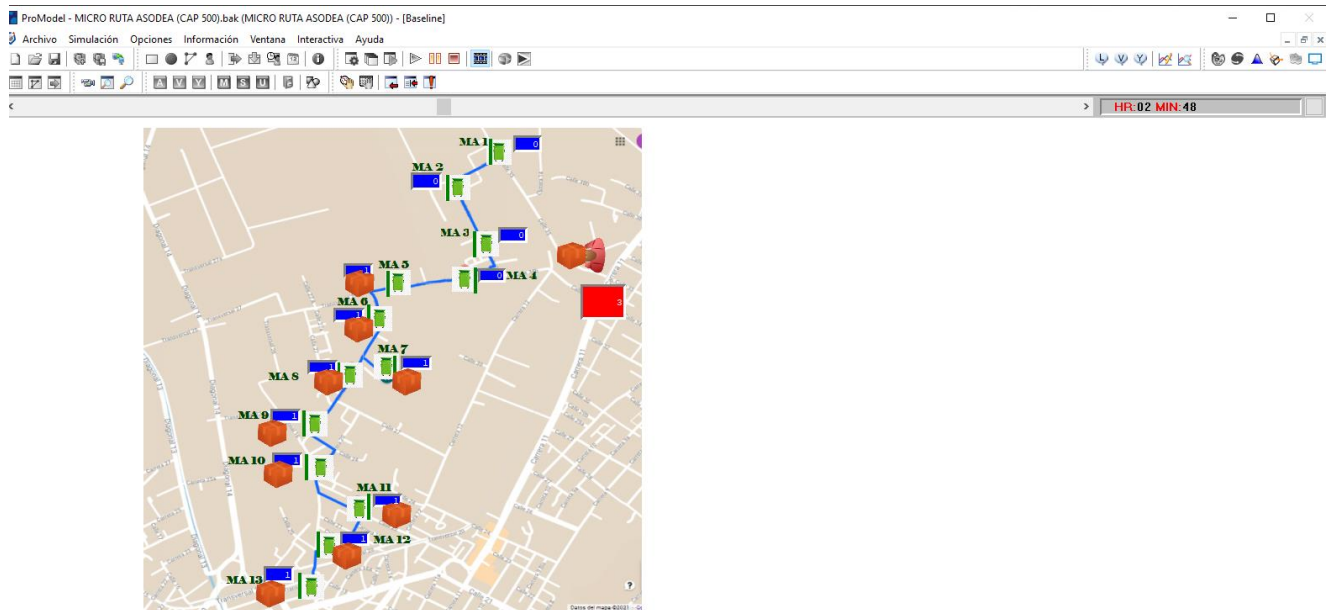


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta recreo – la pradera (Capacidad 500 Kilogramos).

Anexo Q

ProModel - micro ruta Asodea (cap. 500)

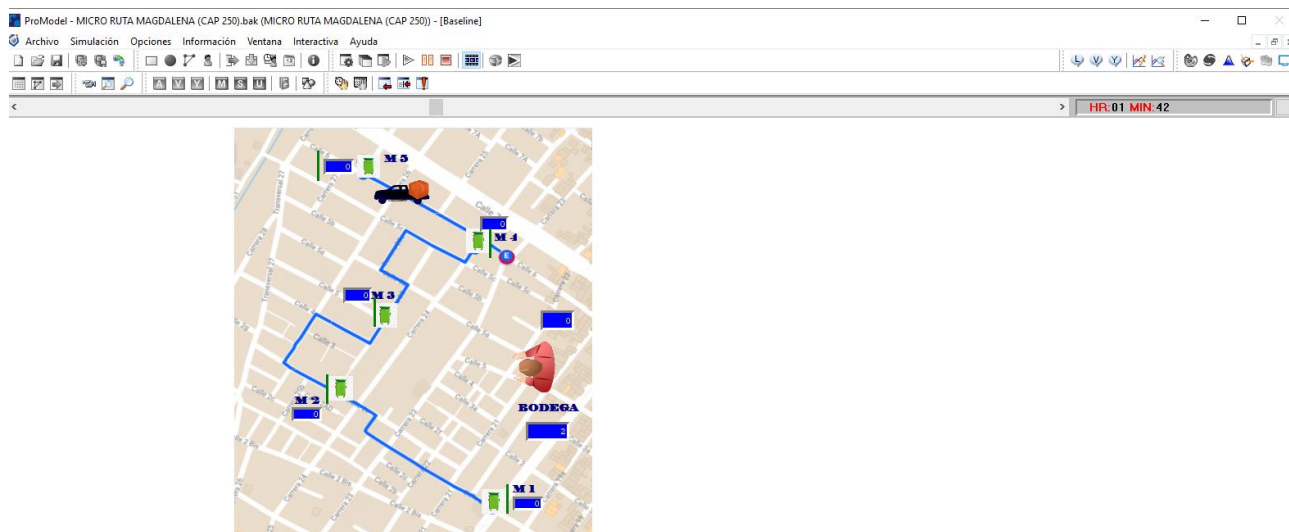


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Asodea (Capacidad 500 T Kilogramos).

Anexo R

ProModel - micro ruta magdalena (cap. 250)

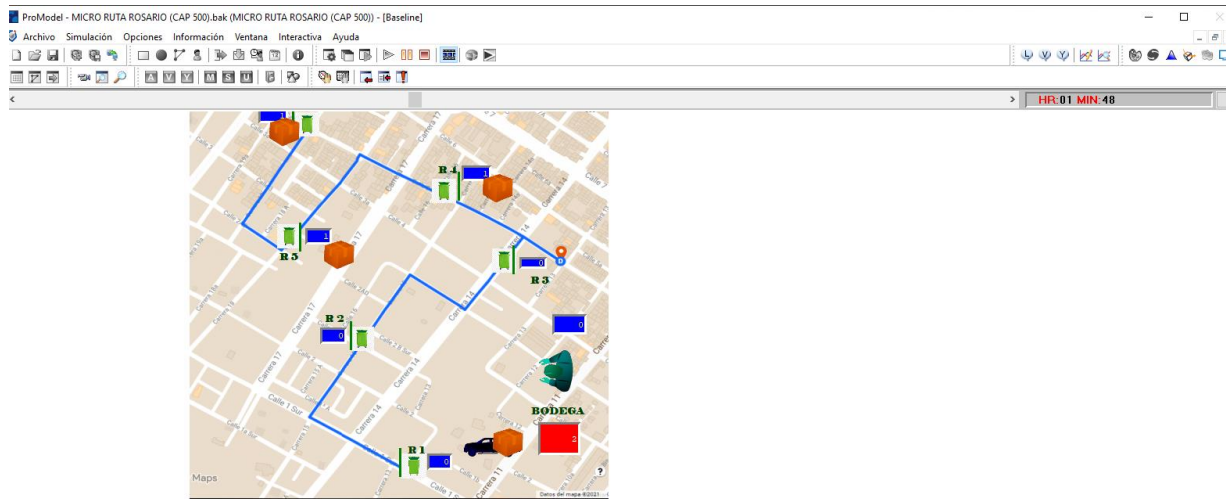


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta magdalena (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo S

ProModel - micro ruta rosario (cap. 250)

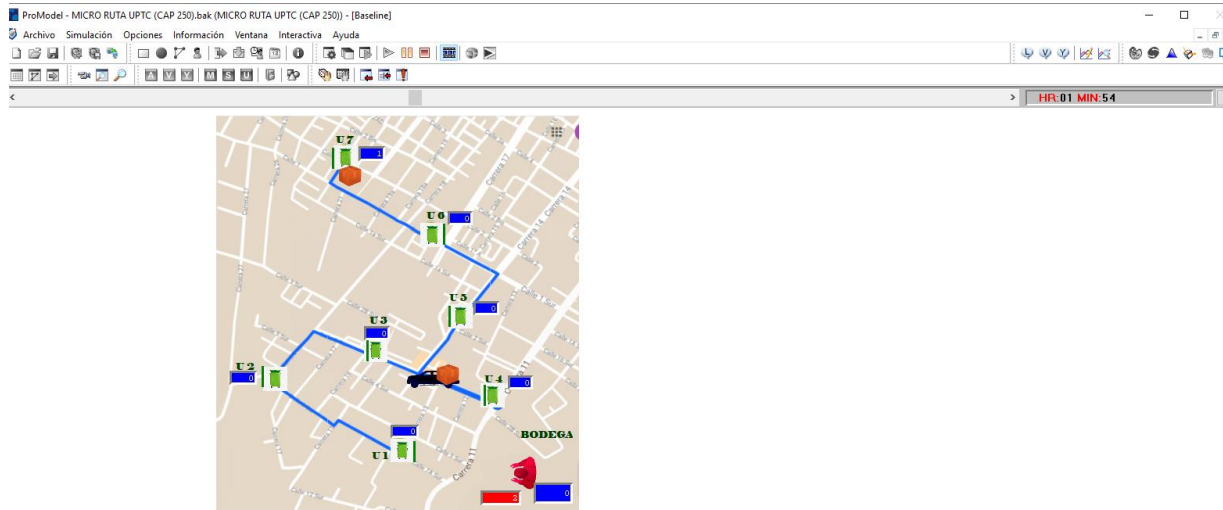


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta rosario (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo T

ProModel - micro ruta UPTC (cap. 250)

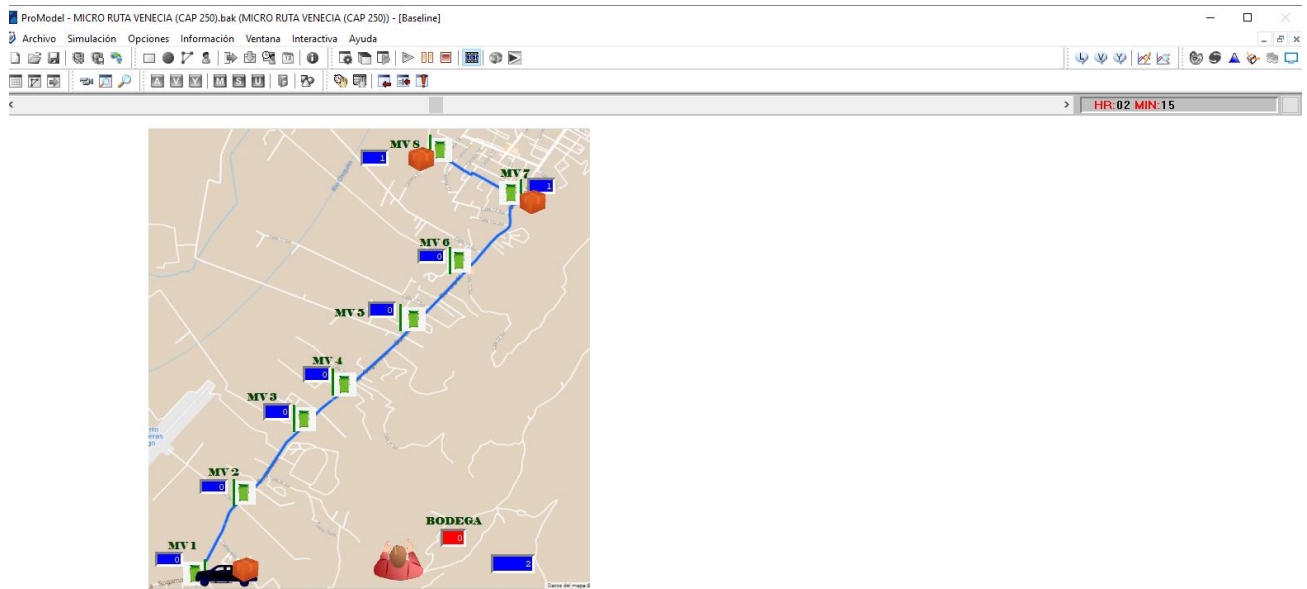


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta UPTC (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo U

ProModel - micro ruta Venecia (cap. 250)

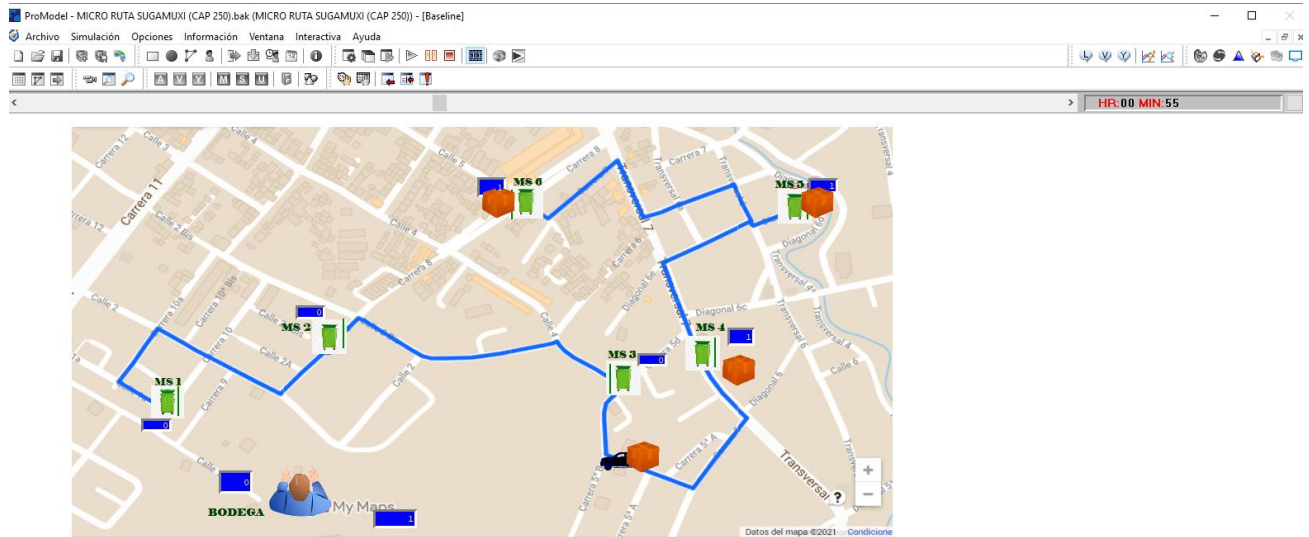


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Venecia (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo V

ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 250)

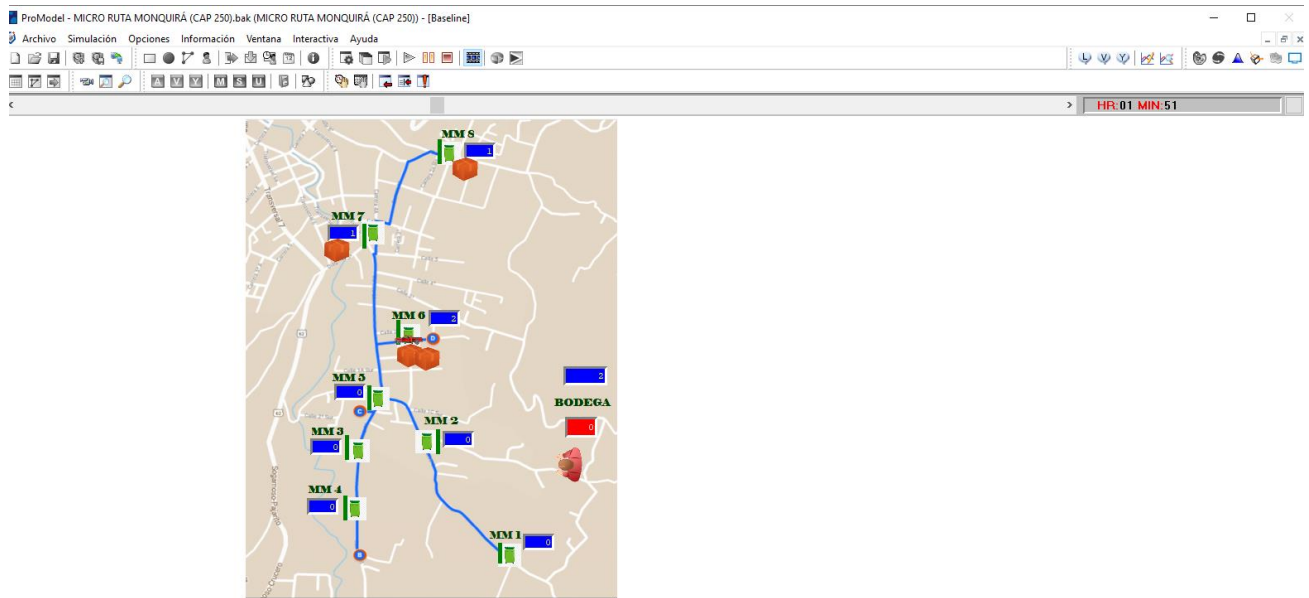


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Sugamuxi (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo W

ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 250)

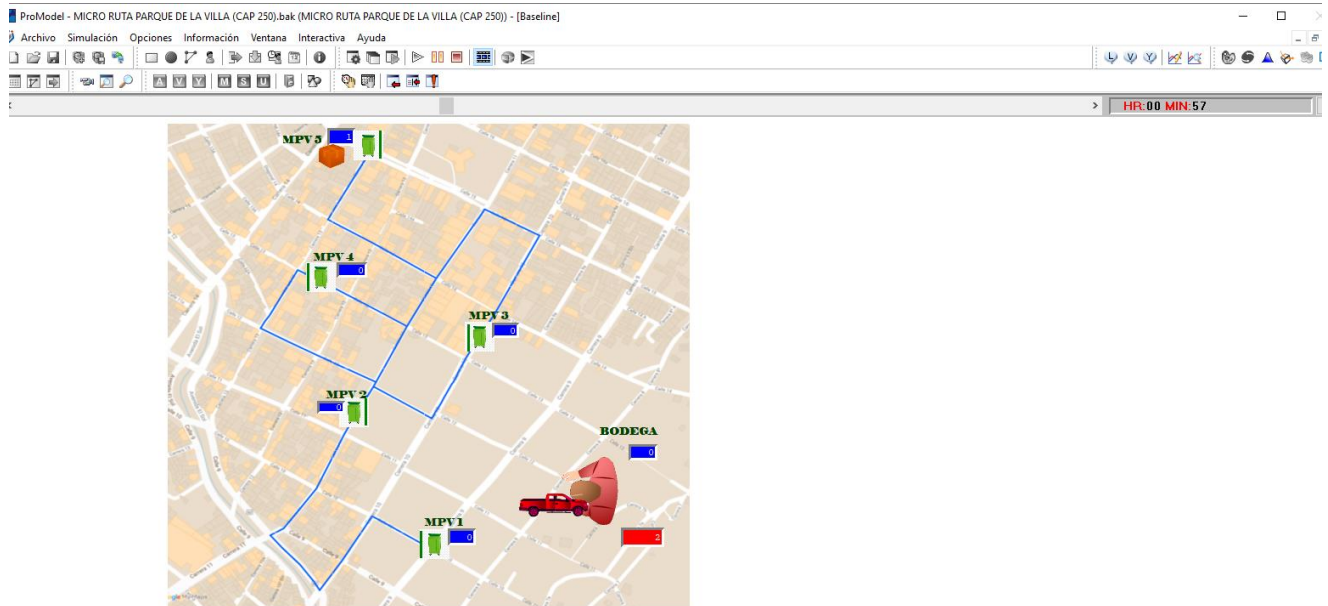


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Monquirá (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo X

ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 250)

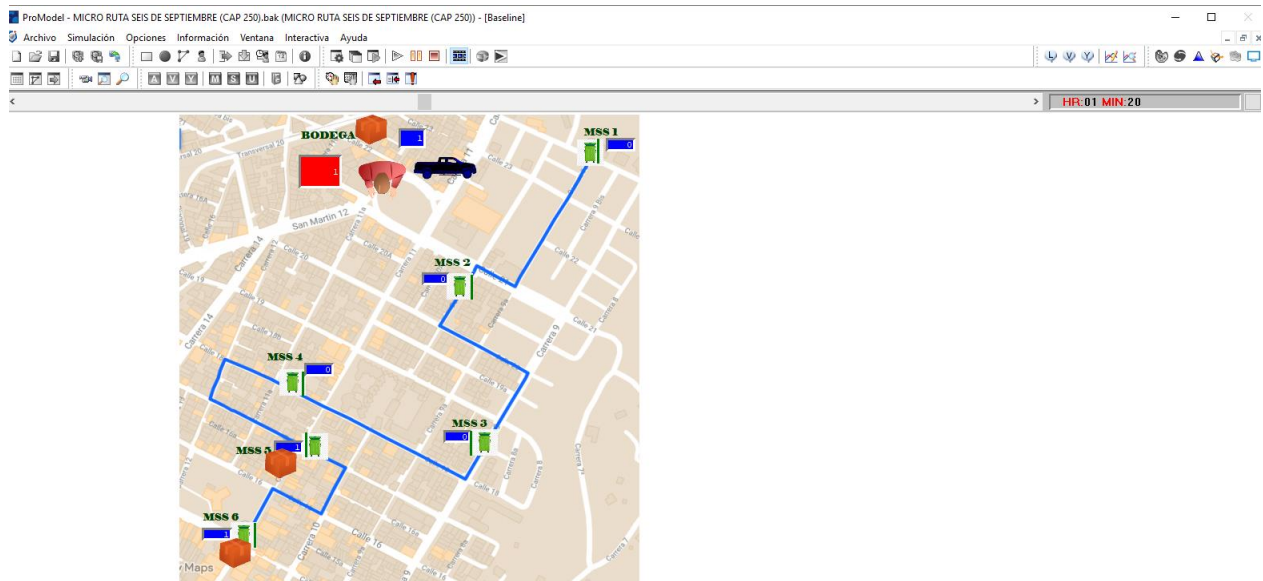


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta parque de la villa (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo Y

ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 250)

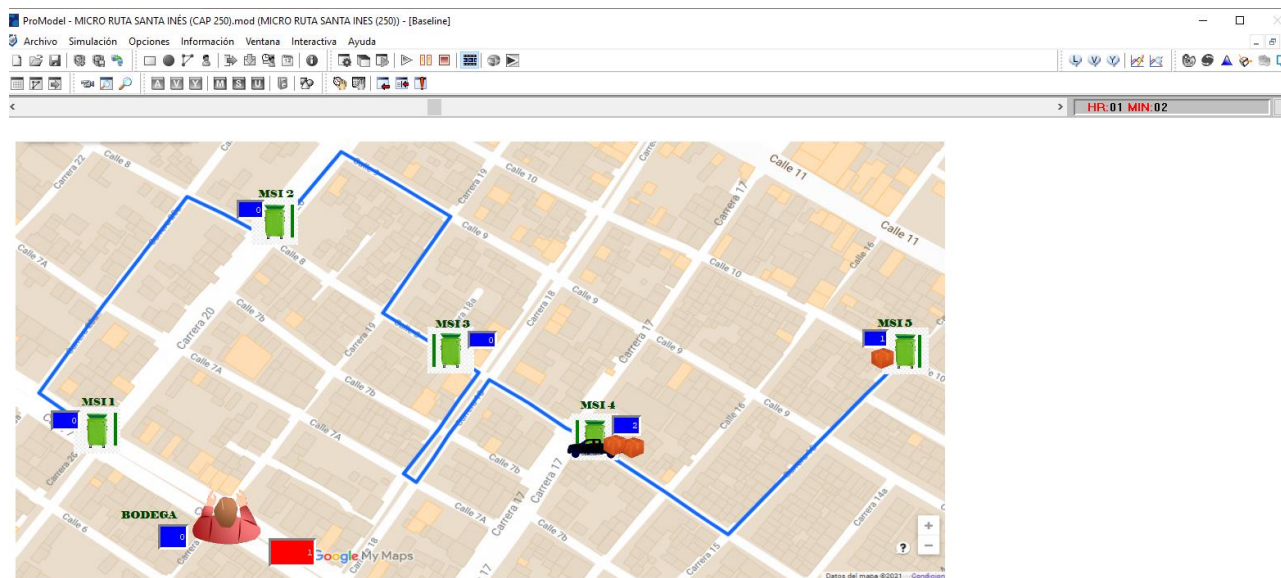


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta seis de septiembre (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo Z

ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 250)

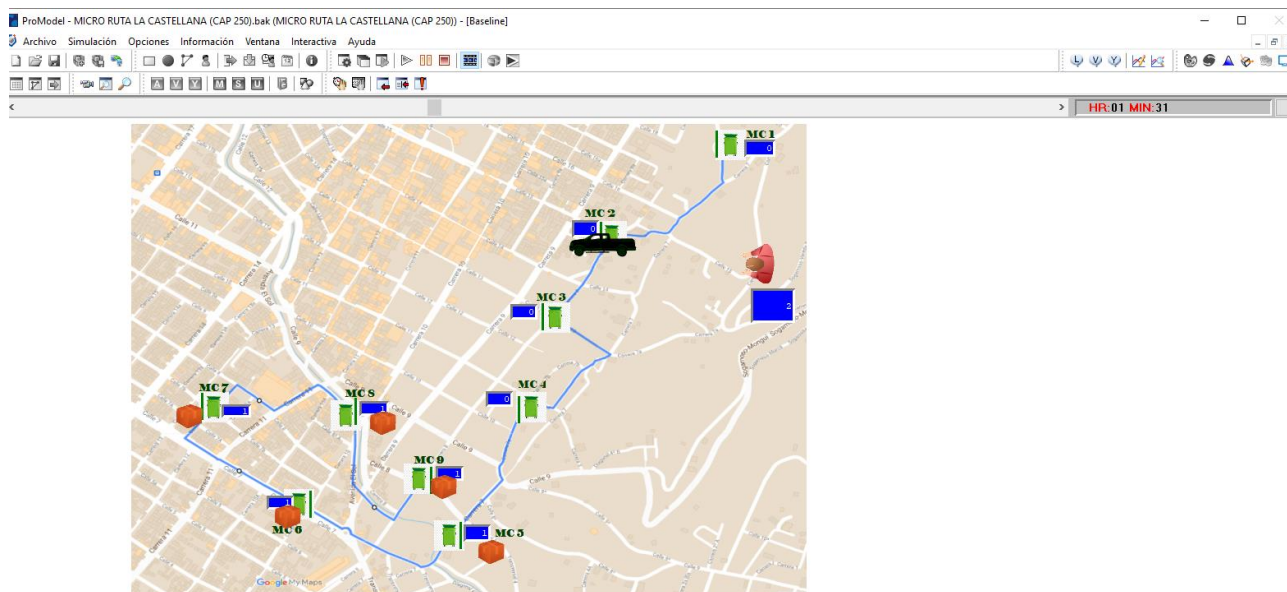


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Santa Inés (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AA

ProModel - micro ruta la castellana (cap. 250)

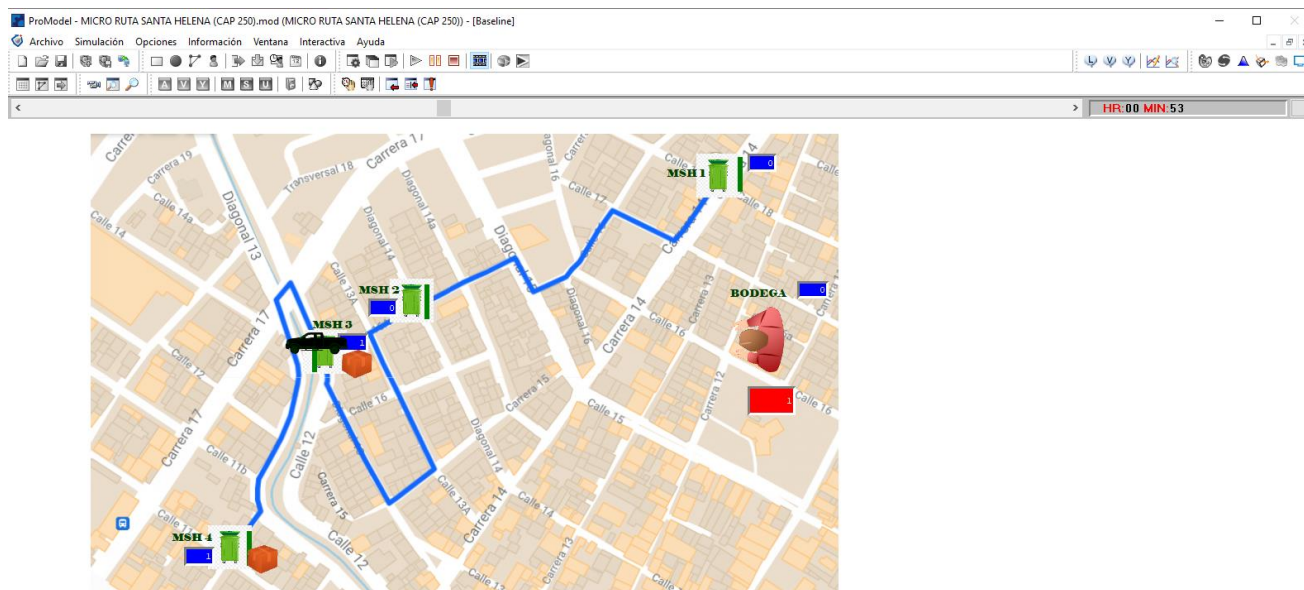


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta la castellana (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AB

ProModel - micro ruta santa helena (cap. 250)

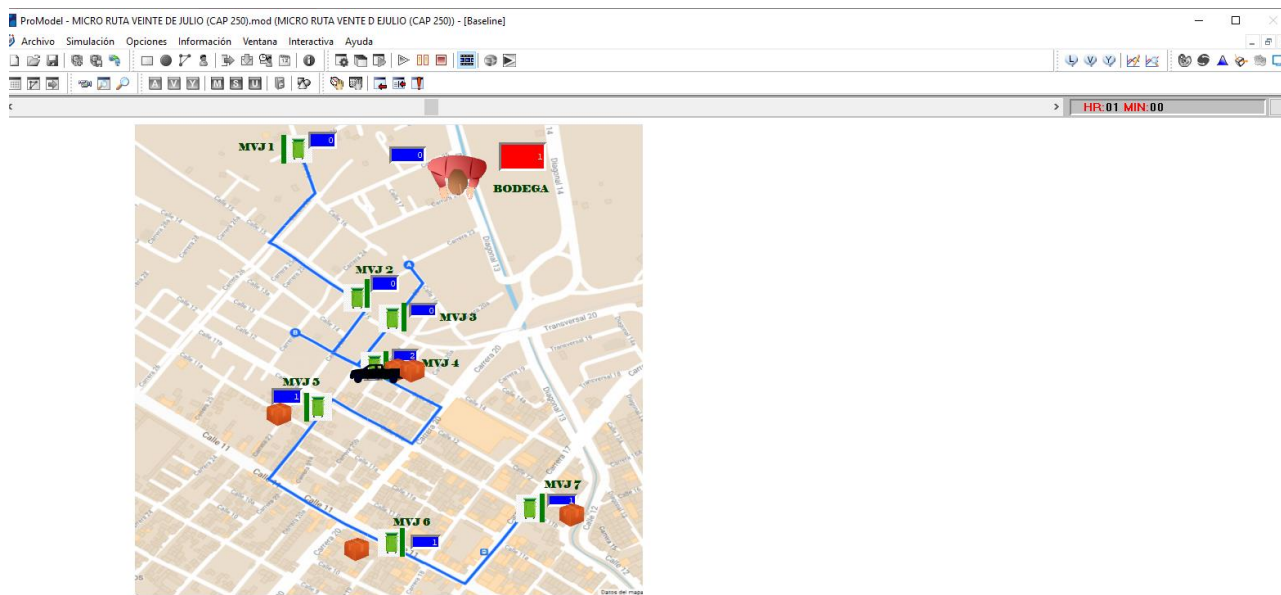


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Santa Helena (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AC

ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 250)

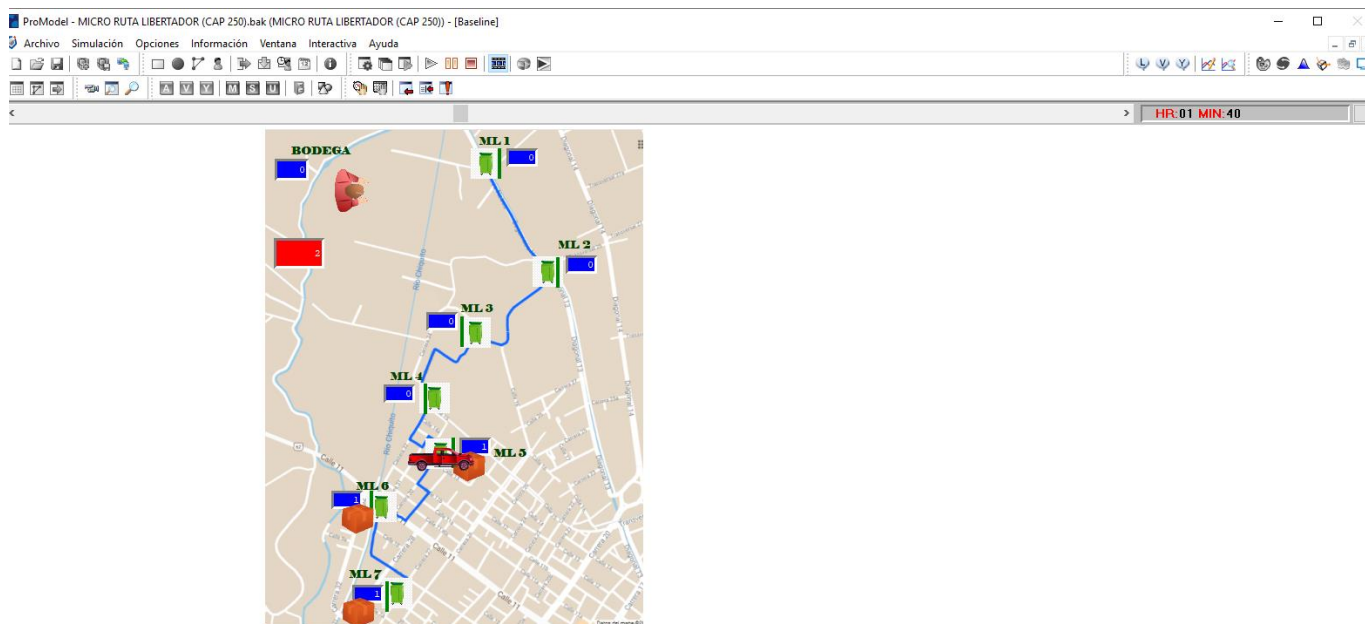


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta veinte de julio (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AD

ProModel - micro ruta libertador (cap. 250)

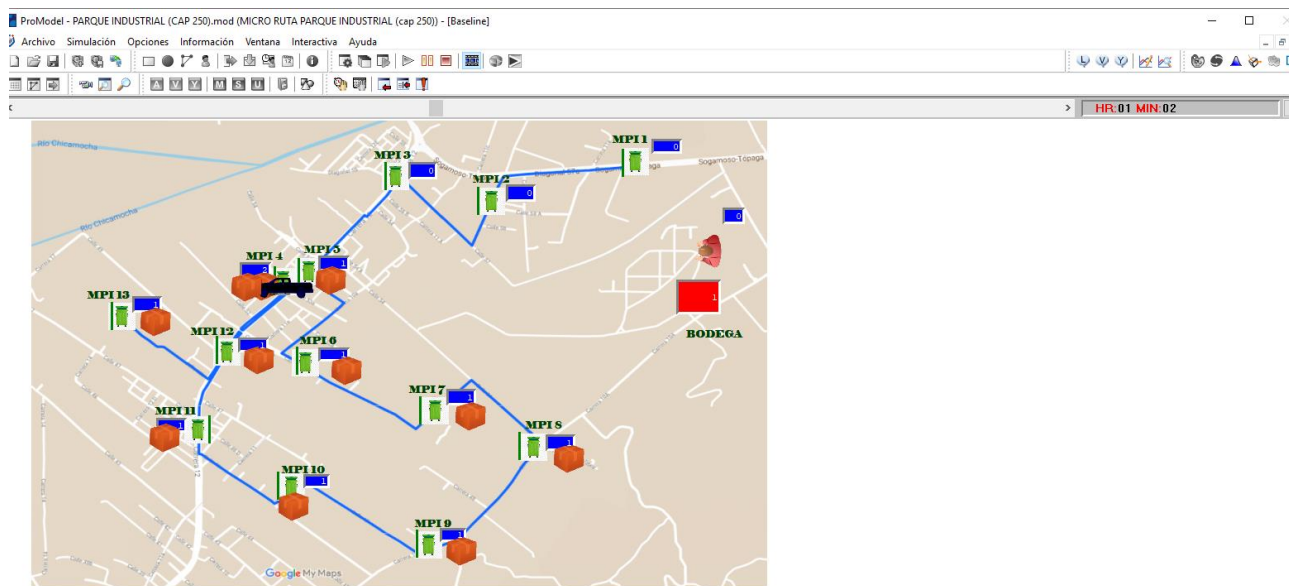


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta libertador (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AE

ProModel - parque industrial (cap. 250)

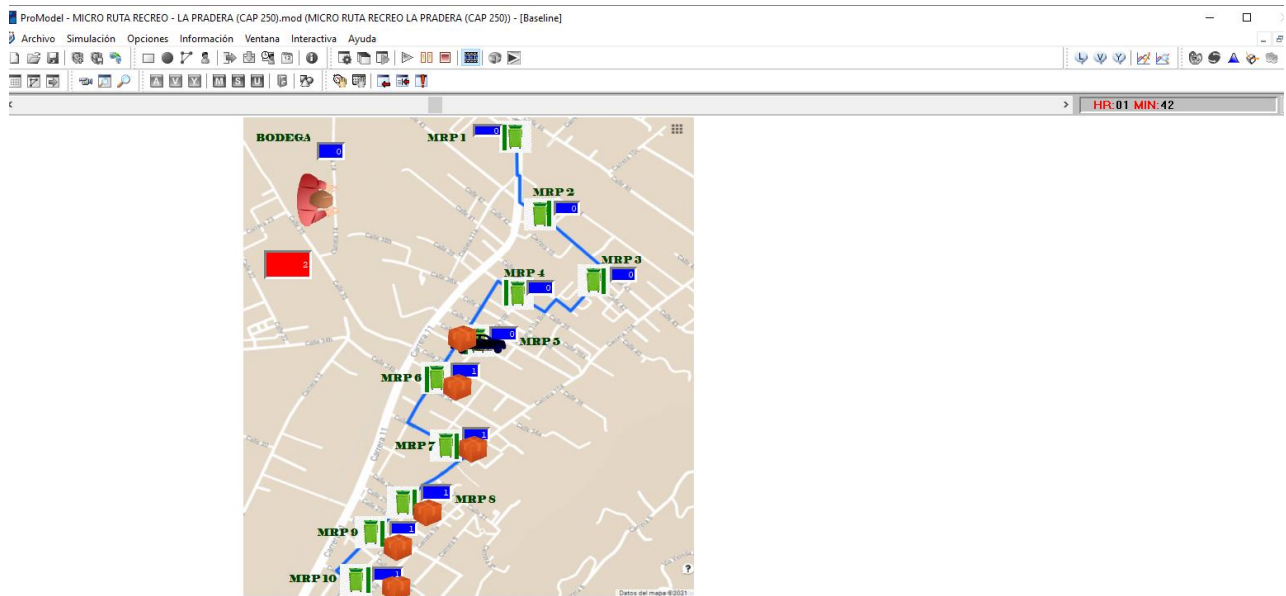


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta parque industrial (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AF

ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 250)

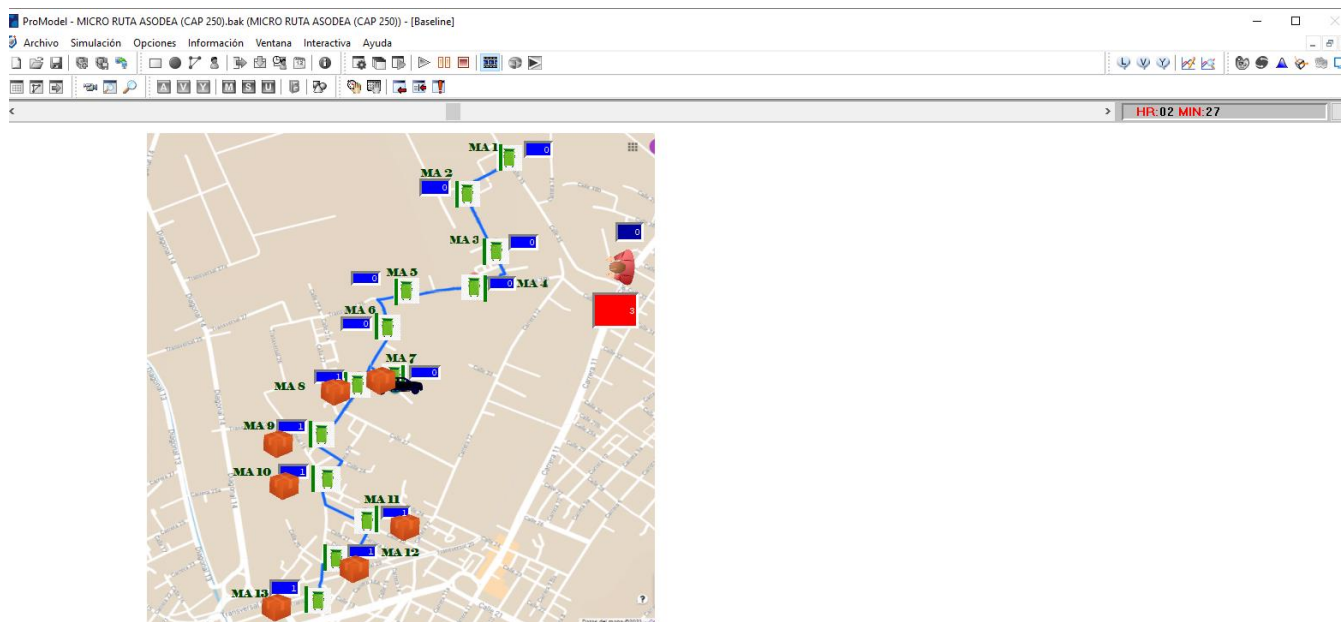


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta recreo – la pradera (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AG

ProModel - micro ruta Asodea (cap. 250)

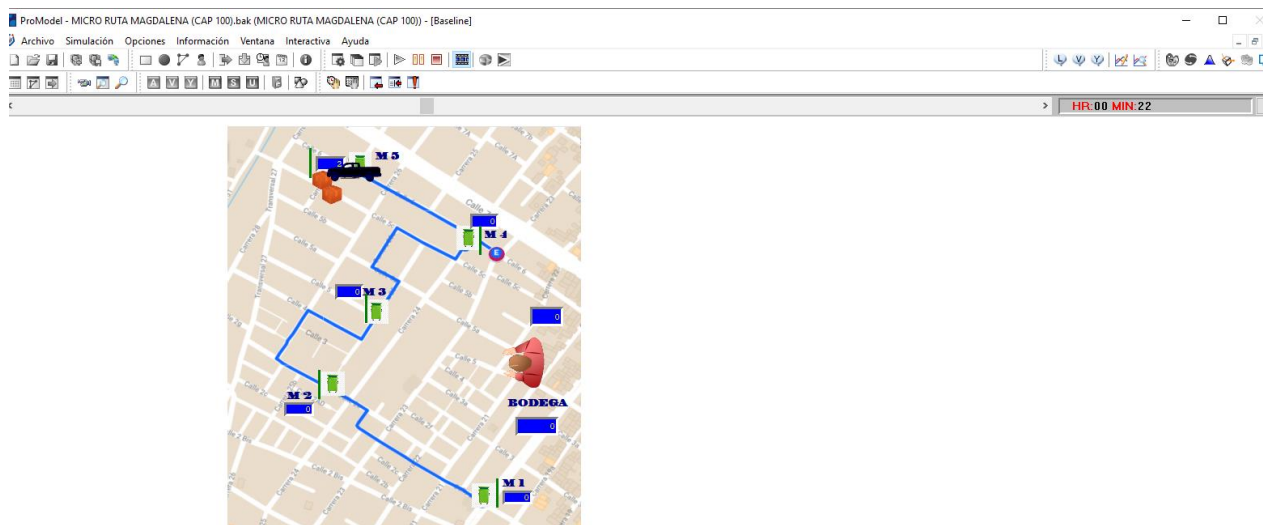


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Asodea (Capacidad 250 Kilogramos).

Anexo AH

ProModel - micro ruta magdalena (cap. 100)

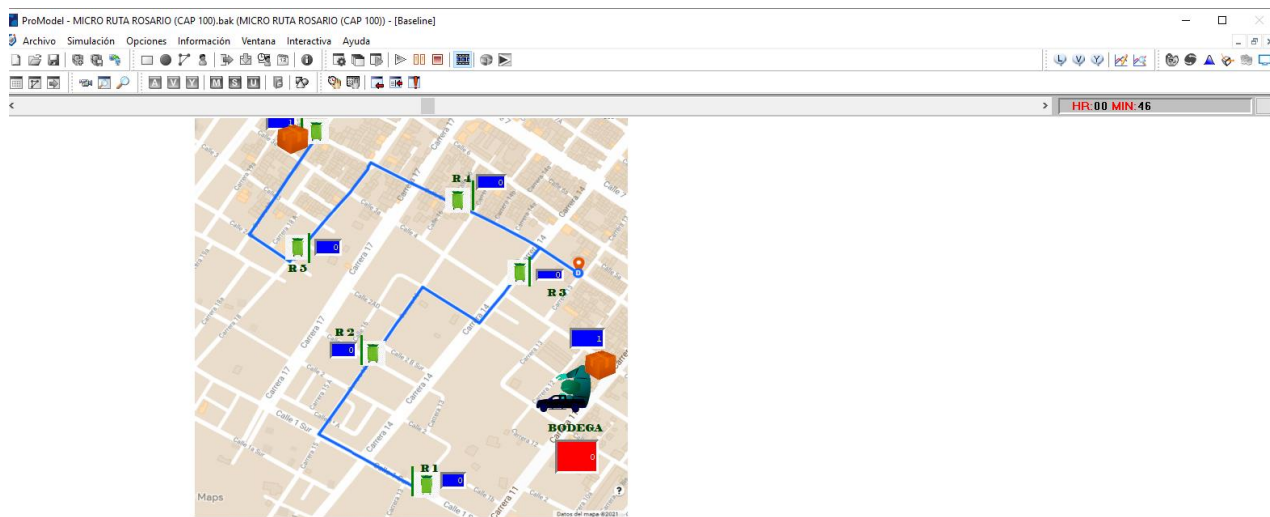


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta magdalena (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AI

ProModel - micro ruta rosario (cap. 100)

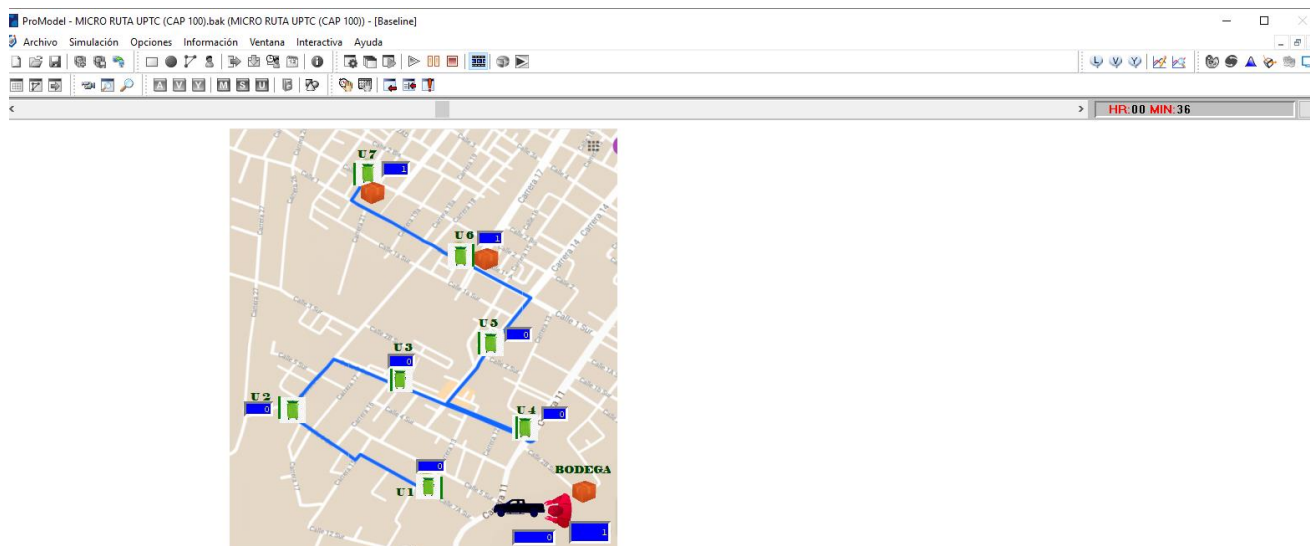


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta rosario (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AJ

ProModel - micro ruta UPTC (cap. 100)

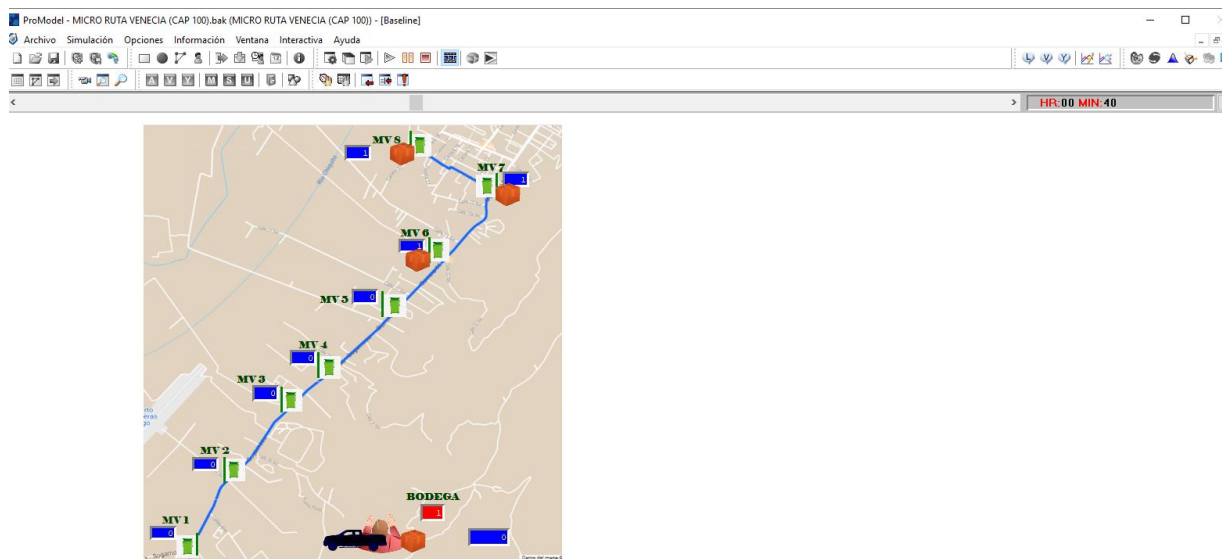


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta UPTC (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AK

ProModel - micro ruta Venecia (cap. 100)

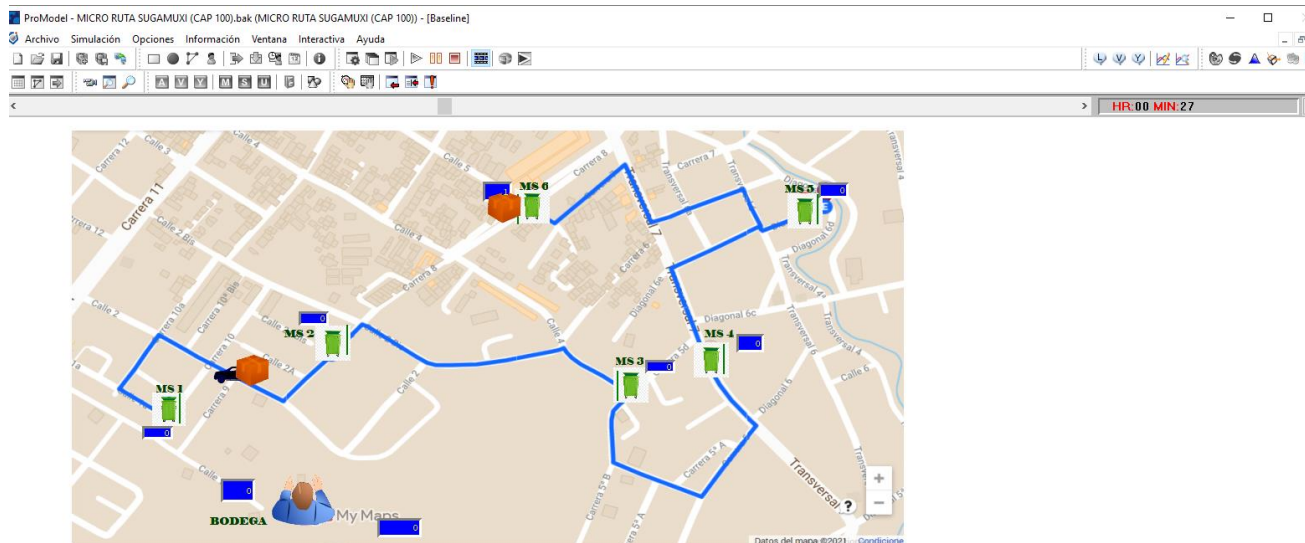


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Venecia (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AL

ProModel - micro ruta Sugamuxi (cap. 100)

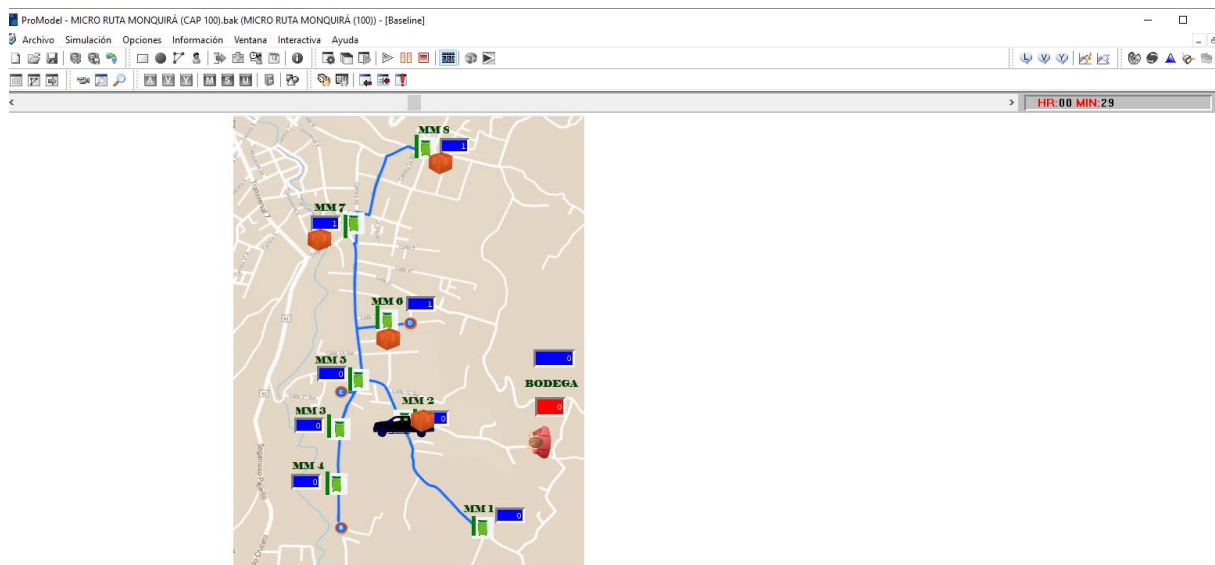


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Sugamuxi (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AM

ProModel - micro ruta Monquirá (cap. 100)

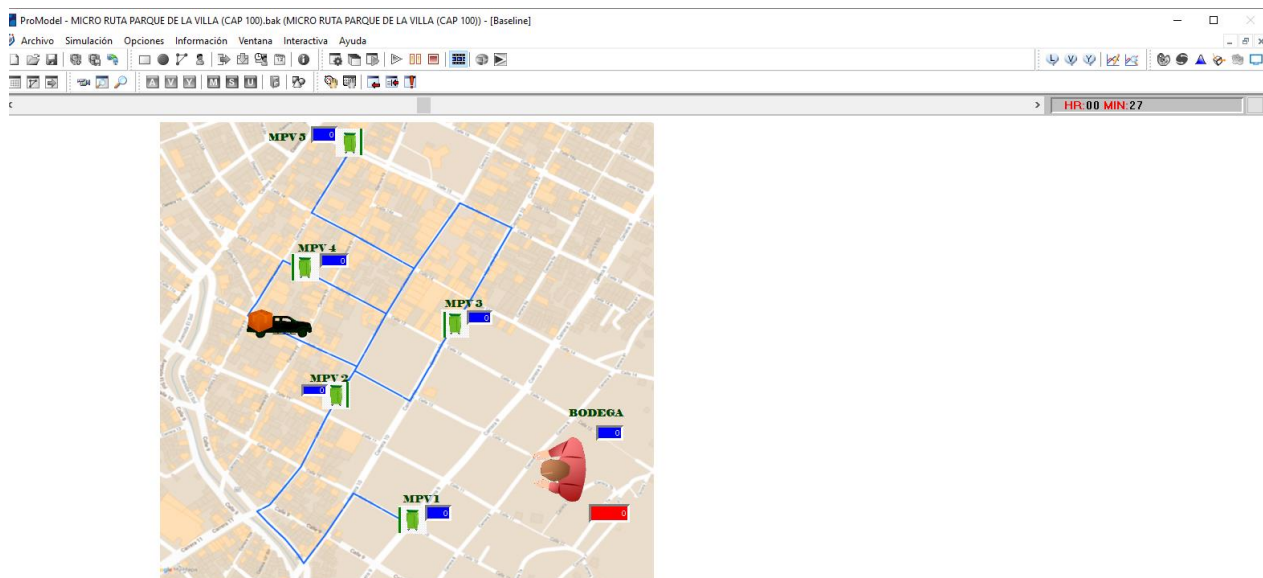


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Monquirá (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AN

ProModel - micro ruta parque de la villa (cap. 100)

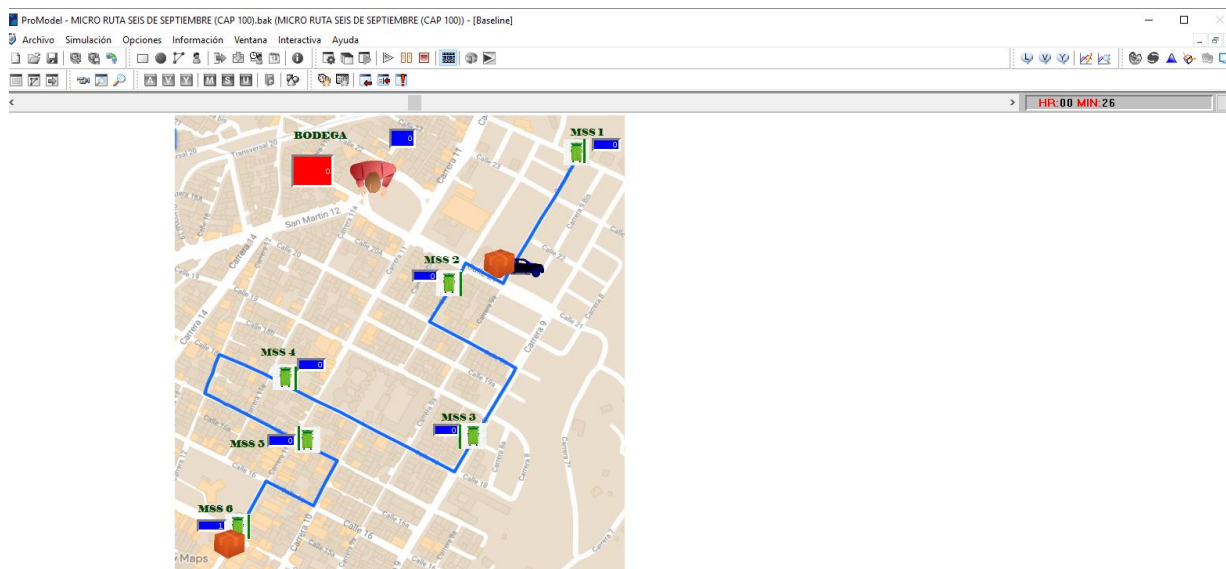


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta parque de la villa (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AO

ProModel - micro ruta seis de septiembre (cap. 100)

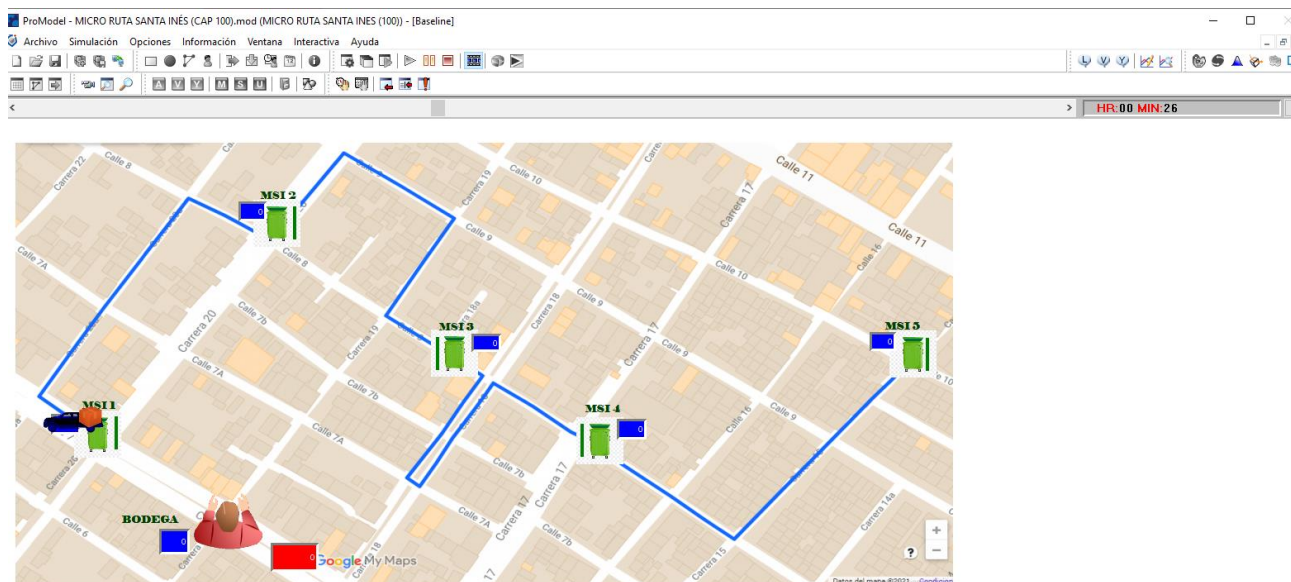


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta seis de septiembre (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AP

ProModel - micro ruta santa Inés (cap. 100)

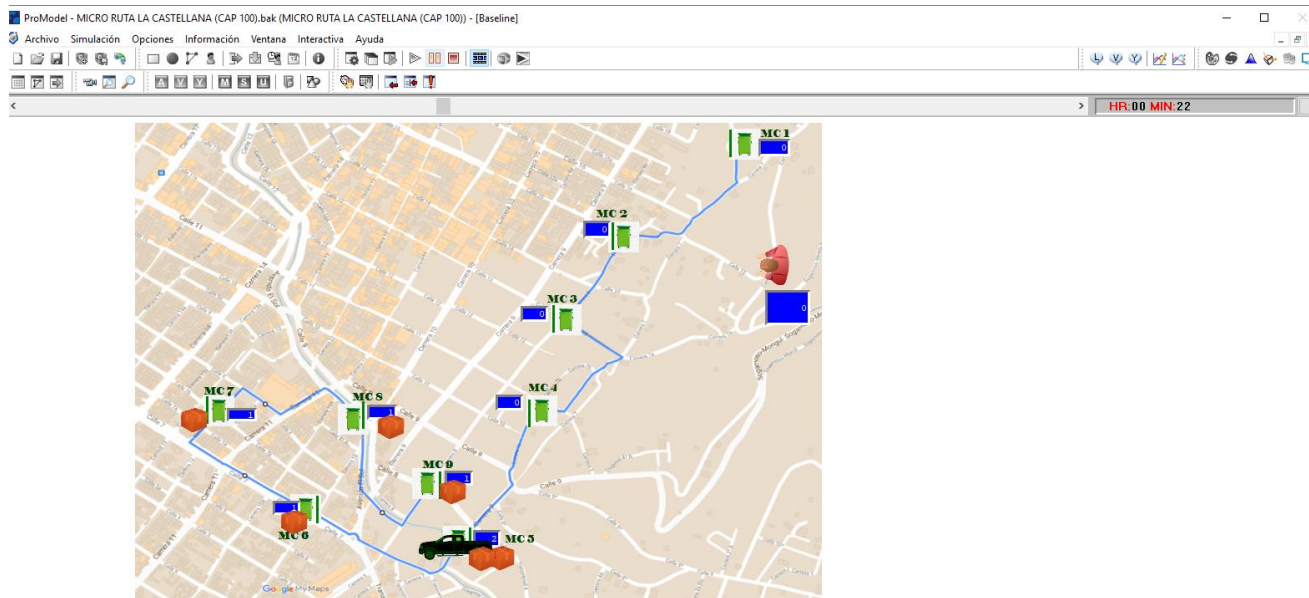


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta santa Inés (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AQ

ProModel - micro ruta la castellana (cap. 100)

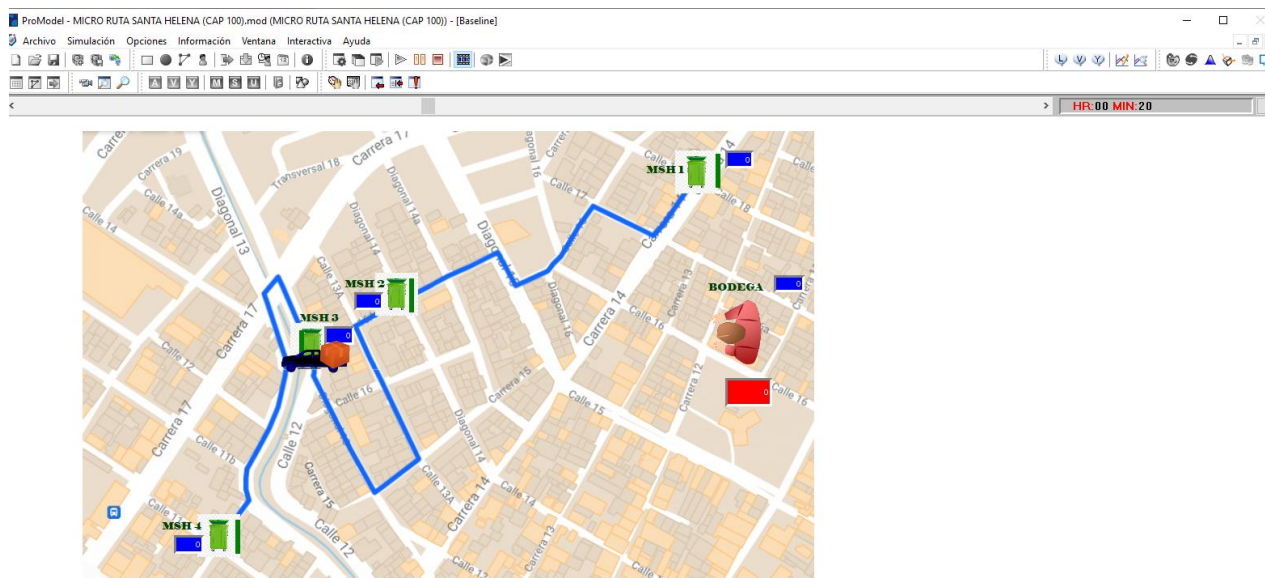


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta la castellana (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AR

ProModel - micro ruta santa helena (cap. 100)

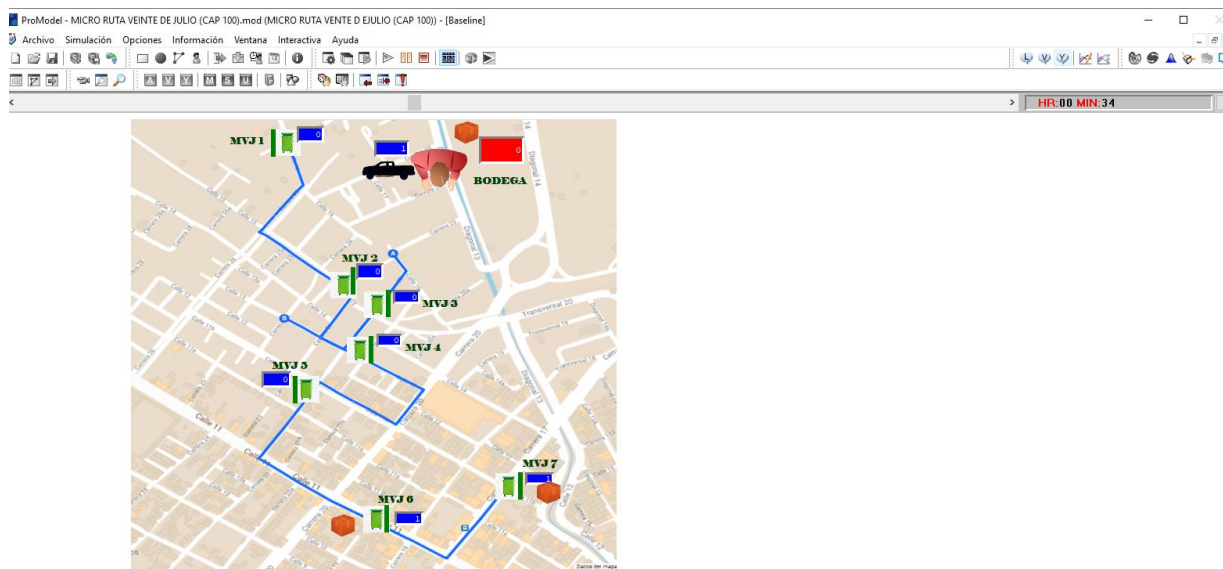


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Santa Helena (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AS

ProModel - micro ruta veinte de julio (cap. 100)

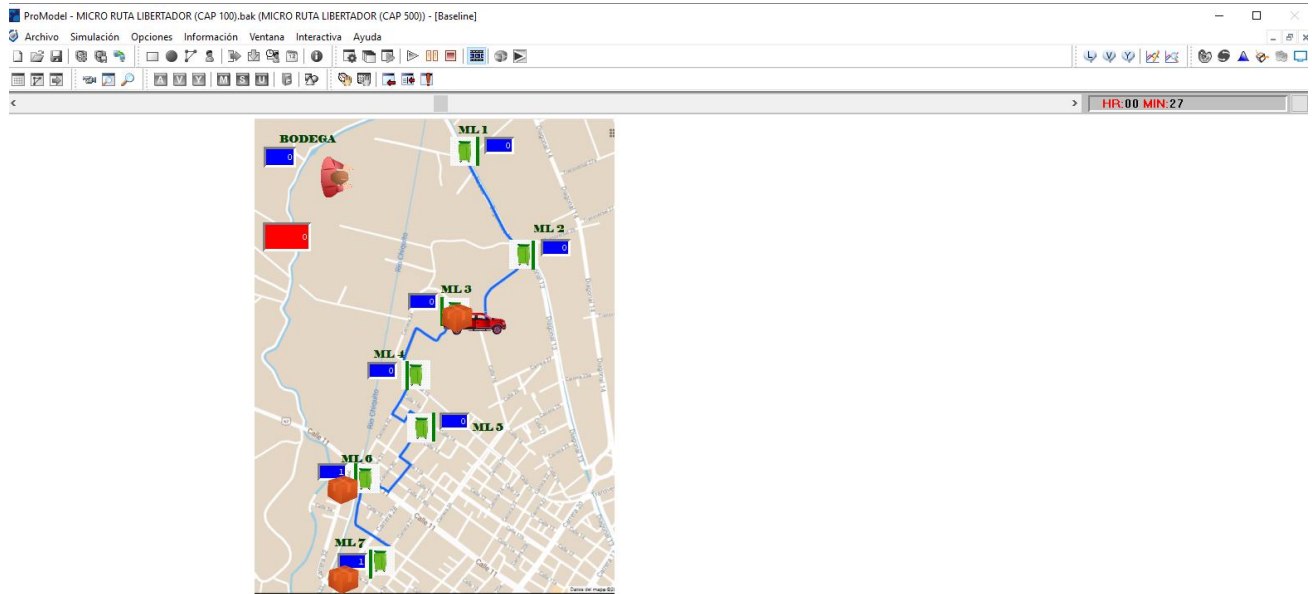


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta veinte de julio (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AT

ProModel - micro ruta libertador (cap. 100)

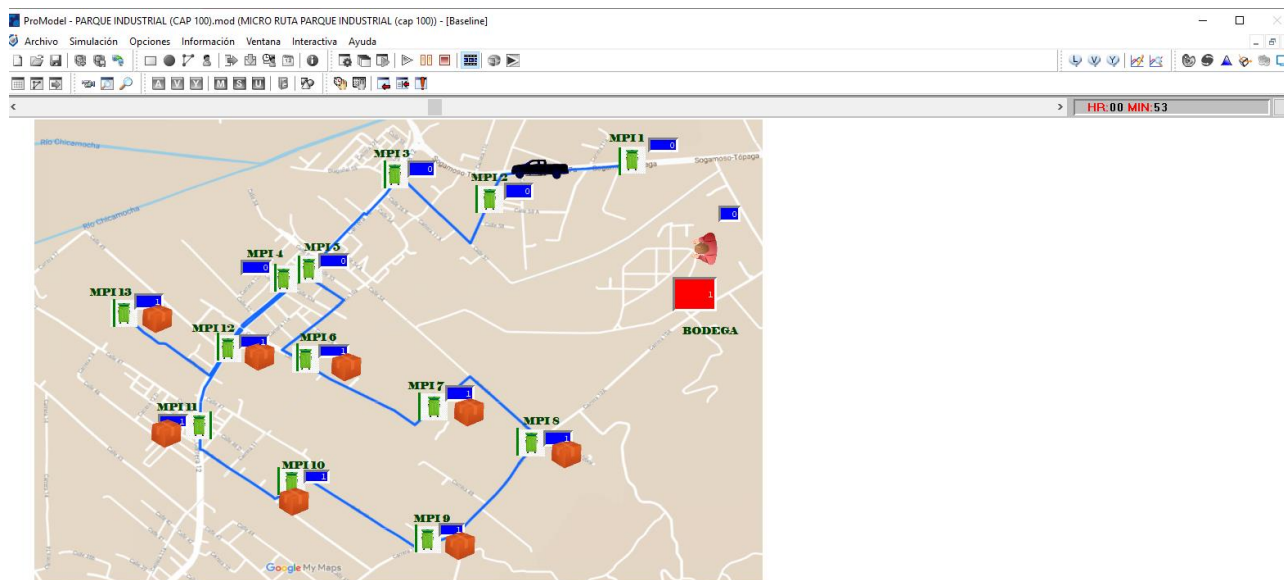


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta libertador (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AU

ProModel - parque industrial (cap. 100)

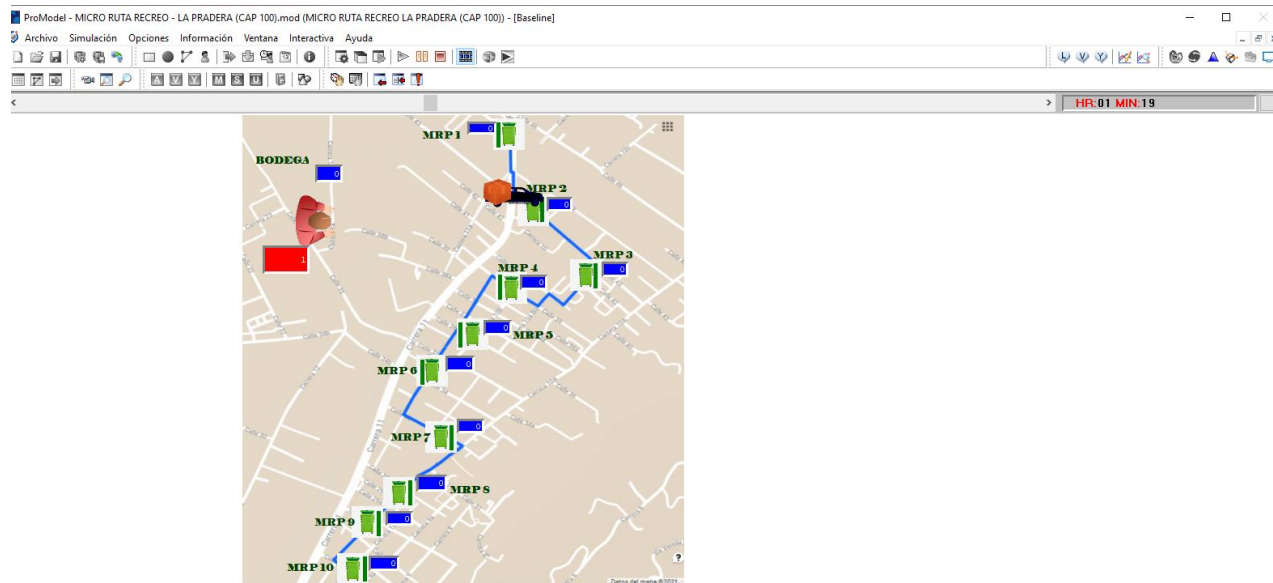


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta parque industrial (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AV

ProModel - micro ruta recreo - la pradera (cap. 100)

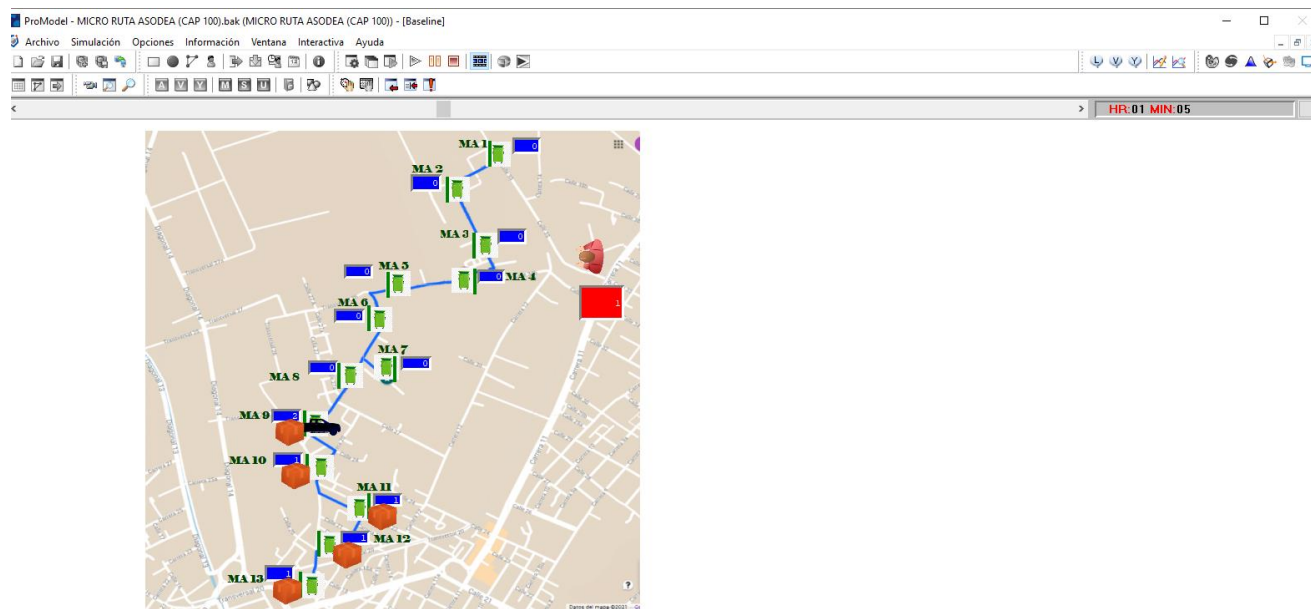


Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta recreo - la pradera (Capacidad 100 Kilogramos).

Anexo AW

ProModel - micro ruta Asodea (cap. 100)



Fuente. Propia

Nota. Simulación en ProModel - micro ruta Asodea (Capacidad 100 Kilogramos).