

**Valoración de Escenarios para el Transporte de Carga de Productos Hortofrutícolas a
través de Modos Terrestres y Fluviales en la Zodes Dique (Bolívar)**

Juan Carlos Rodríguez Villarreal

Universidad Tecnológica de Bolívar

Facultad de Ingenierías

Maestría en Logística Integral

Cartagena de indias D.T y C.

Mayo, 2017

**Valoración de Escenarios para el Transporte de Carga de Productos Hortofrutícolas a
través de Modos Terrestres y Fluviales en la Zodes Dique (Bolívar)**

Juan Carlos Rodríguez Villarreal

Trabajo de Grado para optar al Título de Magíster en Logística Integral

**Director
Juan Carlos Vergara Schmalbach
Ingeniero Industrial
Magíster en Administración**

Universidad Tecnológica de Bolívar

Facultad de Ingenierías

Maestría en Logística Integral

Cartagena de Indias D.T y C.

Mayo, 2017

Cartagena de Indias, 19 Mayo de 2017

Señores:
COMITÉ EVALUADOR
Maestría en Logística Integral
Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito someter para estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado **“VALORACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL TRANSPORTE DE CARGA DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS A TRAVÉS DE MODOS TERRESTRES Y FLUVIALES EN LA ZONES DIQUE (BOLÍVAR).”** desarrollada por los estudiantes **Juan Carlos Rodríguez Villareal**, en el marco de la **Maestría en Logística Integral**.

Como director del proyecto considero que el trabajo cumple los objetivos planteados y amerita ser presentado para su evaluación.

Cordialmente,

Juan Carlos Vergara Schamalbach
Director de Trabajo de Grado

Cartagena de Indias, 19 Mayo de 2017

Señores:
COMITÉ EVALUADOR
Maestría en Logística Integral
Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos someter para estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado **“VALORACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL TRANSPORTE DE CARGA DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS A TRAVÉS DE MODOS TERRESTRES Y FLUVIALES EN LA ZODES DIQUE (BOLÍVAR).”** desarrollada en el marco de la **Maestría en Logística Integral**.

Cordialmente,

Juan Carlos Rodríguez Villarreal
Investigador del proyecto

Señores:

COMITÉ EVALUADOR

Maestría en Logística Integral

Facultad de Ingeniería

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos poner a su consideración nuestra constancia que el estudiante Alberto Araque Angulo participó como autor intelectual en el trabajo de grado titulado **“VALORACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL TRANSPORTE DE CARGA DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS A TRAVÉS DE MODOS TERRESTRES Y FLUVIALES EN LA ZODES DIQUE (BOLÍVAR).”**



Juan Carlos Vergara Schamalbach

Director de Trabajo de Grado



Juan Carlos Rodríguez Villarreal

Investigador del proyecto

Nota de aceptación

Firma del Jurado 1

Firma del Jurado 2

Firma del Jurado 3

Cartagena de Indias, 18 Mayo de 2017

Agradecimientos

Queremos agradecer a Dios, por haber tenido la bendición de cursar un posgrado para superarnos como personas.

A nuestro director de tesis, El profesor Juan Carlos VergaraSchmalbach, quien nos aportó su esfuerzo y dedicación para culminar satisfactoriamente este documento de gran importancia para el desarrollo profesional en nuestras vidas.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar en representación del, Profesor Jaime Acevedo quien es nuestro director de la maestría, por su respaldo académico en este proyecto de grado.

y a nuestra profesional de apoyo,

Silvia Majul, quien estuvo siempre pendiente de nuestras inquietudes y necesidades sobre todo en lo concerniente a nuestro trabajo de grado.

Muchas gracias, sin su apoyo no hubiese sido posible terminar el presente documento.

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo primero que todo a Dios, que me llena de fuerzas para seguir adelante día a día.

Y a mi familia, mis padres, y hermano, quienes me han acompañado durante todo el transcurso de mi vida, y me han brindado su apoyo incondicional, para salir adelante en la vida.

Juan Carlos

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	24
1. Generalidades.....	26
1.1. Planteamiento del problema	26
1.1.1. Delimitación Geográfica	26
1.1.2. Desafíos.	27
1.1.2.1. Infraestructura de transporte	27
1.1.2.2. Alta Representación del Costo del Transporte Dentro del Costo Logístico	40
1.1.2.3. Conectividad limitada del Transporte Multimodal.	41
1.1.3. Formulación del problema.....	41
1.2. Justificación	41
1.3. Objetivos.....	49
1.3.1. Objetivo General	49
1.3.2. Objetivos Específicos	50
1.4. Metodología.....	51
1.4.1. Tipo De Investigación	52
1.4.2. Fuentes de Información	52
1.4.2.1. Fuentes de Información Primaria	52
1.4.2.2. Fuentes de Información Secundaria	52

1.4.3. Delimitación Del Problema	53
1.4.3.1. Delimitación Temporal	53
1.4.3.2. Delimitación Espacial	53
2. Marco Referencial	54
2.1. La Dinámica de Sistemas y su Relación con las Cadenas Agrícolas	54
2.2. Modelación y Simulación de Cadenas de Suministro	55
2.3. Modelado y simulación de cadenas agrícolas	58
2.4. Simulación de Sistemas de Eventos Discretos	60
2.5. Consideración para la simulación de cadenas agrícolas.....	62
3. Caracterización de la Zodes Dique	64
3.1. Caracterización Municipio de Arjona	64
3.1.1. Generalidades.	64
3.1.2. Productos Hortofrutícolas.....	65
3.1.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Arjona	66
3.2. Caracterización Municipio de Arroyohondo	68
3.2.1. Generalidades	68
3.2.2. Productos Hortofrutícolas.....	69
3.3. Caracterización Municipio de Calamar	71
3.3.1. Generalidades	71
3.3.2. Productos Hortofrutícolas.....	73
3.3.3. Infraestructura de Transportedel municipio deCalamar	74
3.4. Caracterización Municipio de Cartagena	75
3.4.1. Generalidades	75

3.4.2. Productos Hortofrutícolas.....	76
3.4.3. Infraestructura de Transportedel municipio deCartagena	78
3.5. Caracterización Municipio de Clemencia	79
3.5.1. Generalidades	79
3.5.2. Productos Hortofrutícolas.....	80
3.5.3 Infraestructura de Transportedel municipio de Clemencia	82
3.6. Caracterización Municipio de Mahates	83
3.6.1. Generalidades	83
3.6.2. Productos Hortofrutícolas.....	84
3.6.3. Infraestructura de Transportedel municipio de Mahates	85
3.7. Caracterización Municipio de San Cristóbal	86
3.7.1. Generalidades.	86
3.7.2. ProductosHortofrutícolas.....	87
3.7.3. Infraestructura de Transportedel municipio de San Cristóbal.....	87
3.8. Caracterización Municipio de San Estanislao	89
3.8.1. Generalidades.	89
3.8.2. Productos Hortofrutícolas.....	90
3.9. Caracterización Municipio de Santa Catalina	92
3.9.1. Generalidades.	92
3.9.2. Productos Hortofrutícolas.....	93
3.9.3. Infraestructura de Transportedel municipio de Santa Catalina	94
3.10. Caracterización Municipio de Santa Rosa.....	95
3.10.1. Generalidades	95

3.10.2. Productos Hortofrutícolas.....	96
3.10.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Santa Rosa.....	98
3.11. Caracterización Municipio de Soplaviento	99
3.11.1. Generalidades.	99
3.11.2. Productos Hortofrutícolas.....	100
3.11.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Sopla Viento.....	101
3.12. Caracterización Municipio de Turbaco	102
3.12.1. Generalidades.	102
3.12.2. Productos Hortofrutícolas.....	103
4.12.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Turbaco	104
3.13. Caracterización Municipio de Turbana	106
3.13.1. Generalidades.	106
3.13.2. Productos Hortofrutícolas.....	107
3.14. Caracterización Municipio de Villanueva	109
3.14.1. Generalidades.	109
3.14.2. Productos Hortofrutícolas.....	110
3.15. Caracterización General de la Zodes Dique	113
3.15.1. Generalidades	113
3.2.1. Infraestructura de Vías y Transporte	117
3.2.1.1. Consolidado de la Red Vial de la Zodes Dique según el tipo de vías.....	120
3.2.1.2. Vías Primarias de la Zodes Dique.	122
3.2.1.3. Vías Secundarias de la Zodes Dique.....	124
3.2.1.4. Vías Terciarias de la Zodes Dique	126

3.2.1.5. Vehículos de transporte de carga terrestre	130
3.2.1.6. Proyectos y Prospectiva de Logística.....	132
3.3. Situación Competitiva	133
4. Diseño y Simulación del Modelo de la Cadena Hortofrutícola	136
4.1. Diseño del Modelo Conceptual	136
4.2. Diseño del Modelo de Simulación	139
4.2.1 Generalidades del modelo	139
4.2.2. Locaciones.....	140
4.2.3. Entidades	141
4.2.4. Redes	142
4.2.5. Recursos.	142
4.2.6. Optimización de la cantidad de recursos	143
4.2.7. Proceso.	147
4.2.8. Arribos.....	148
4.2.9. Periodicidad de la Cosecha.....	158
4.3. Formulación de Escenarios en la cadena de suministros en la Zodes Dique para el transporte de productos hortofrutícolas.....	159
4.3.1. Formulación de escenario Modo terrestre (Escenario 1).....	160
4.3.2. Formulación de escenario multimodal terrestre-fluvial (Escenario 2)	162
4.3.3. Identificación de costos y medios del transporte fluvial.	164
4.3.4. Variaciones del escenario multimodal (Escenario 2-1 y 2-2)	165
4.3.5. Validación del modelo de simulación.....	

4.4 Resultados de la simulación	167
5. Valoración del Negocio Hortofrutícola de la Zodes Dique	174
5.1. Análisis Costo Beneficio	176
5.1.1. Objetivo del Proyecto y Valoración de Diferentes Alternativas	176
5.1.2. Identificación de los Costos y Beneficios	177
5.1.3. Cuantificación de los Beneficios y Costos	179
5.1.5. Interpretación de los Resultados y Criterios de Decisión.....	181
Conclusiones	184
Recomendacione de investigaciones futuras.....	201
Referencias	202

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Estado de la red vial nacional al año 2013.....	31
Tabla 2. Estado de la red vial arterial.....	32
Tabla 3. Estado de la red vial del departamento de Bolívar según su calidad	34
Tabla 4. Estado de la red vial del departamento de Bolívar según el material	35
Tabla 5. Estado de la red vial del departamento del Atlántico.....	36
Tabla 6. Clasificación de vehículos de carga según su sistema de propulsión:	38
Tabla 7. Límites de peso bruto para vehículos de transporte a nivel nacional.....	39
Tabla 8:Denominaciones de vehículos de carga	39
Tabla 9. Participación del costo de transporte en la operación logística.	40
Tabla 10. Características de la red fluvial	40
Tabla 11. Comparativo intermodal de costos de movilización.	43
Tabla 12. Operacionalización de las variables	53
Tabla 13. Productoshortofrutícolasdel municipio de Arjona en el periodo 2007 a 2014.....	66
Tabla 14. Infraestructura de transporte del municipio de Arjona	67
Tabla 15. Productos Hortofrutícolas municipio de Arroyohondo en el periodo 2007 a 2014 .	70
Tabla 16. Infraestructura de Transportedel municipio de Arroyohondo.....	70
Tabla 17. Productos Hortofrutícolas municipio de Calamar en el periodo 2007 a 2014	73
Tabla 18. Infraestructura de Transportedel municipio de Calamar.....	74

Tabla 19. Productos Hortofrutícolas municipio de Cartagena en el periodo 2007 a 2014	77
Tabla 20. Infraestructura de Transportedel municipio de Cartagena.....	78
Tabla 21. Productos Hortofrutícolas municipio de Clemencia en el periodo 2007 a 2014	81
Tabla 22. Infraestructura de Transportedel municipio de Clemencia	82
Tabla 23.Productos Hortofrutícolas municipio de Mahates en el periodo 2007 a 2014	84
Tabla 24. Infraestructura de Transportedel municipio de Mahates.....	85
Tabla 25. Productos Hortofrutícolas municipio de San Cristóbal en el periodo 2007 a 2014.	87
Tabla 26. Infraestructura de Transportedel municipio de San Cristóbal.	88
Tabla 27. Productos Hortofrutícolas municipio de San Estanislao en el periodo 2007 a 2014	90
Tabla 28. Infraestructura de Transportedel municipio de San Estanislao.....	91
Tabla 29. Productos Hortofrutícolas municipio de San Catalina en el periodo 2007 a 2014 ..	93
Tabla 30. Infraestructura de Transportedel municipio de Santa Catalina	94
Tabla 31. Productos Hortofrutícolas municipio de San Rosa en el periodo 2007 a 2014.....	97
Tabla 32. Infraestructura de Transportedel municipio de Santa Rosa	98
Tabla 33. Productos Hortofrutícolas municipio de Soplaviento en el periodo 2007 a 2014 .	101
Tabla 34. Infraestructura de Transportedel municipio de Sopla Viento	101
Tabla 35. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbaco en el periodo 2007 a 2014	104
Tabla 36. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbana en el periodo 2007 a 2014	107
Tabla 37.Infraestructura de Transportedel municipio de Turbana.....	108
Tabla 38. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbana en el periodo 2007 a 2014	111
Tabla 39. Infraestructura de Transportedel municipio de Villanueva.....	112
Tabla 40. Municipios de la Zodes Dique	114
Tabla 41. Clasificación de cultivos Hortofrutícolas según el municipio de Origen	114

Tabla 42. Producción Agrícola y área cosechada por productos	116
Tabla 43. Estado de la red vial de la Zodes Dique por Municipios.	117
Tabla 44. Total de KM. Redes viales del Departamento.	121
Tabla 45. Vías primarias que atraviesan el departamento de Bolívar.	123
Tabla 46. Red vial secundarias del departamento de Bolívar	125
Tabla 47. Red vial Terciaria del departamento de Bolívar	127
Tabla 48. Límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga.	130
Tabla 49. Locaciones, capacidades y cantidades en la Zodes Dique.	140
Tabla 50. Entidades y sus velocidades en la Zodes Dique para modelo de simulación en Promodel	141
Tabla 51. Redes y sus interfaces para modelo de simulación en Promodel	142
Tabla 52. Recursos y unidades para modelo de simulación en Promodel	142
Tabla 53. Porcentaje de utilización de recursos y tiempo promedio en sistema	146
Tabla 54. Numero de viajes para el municipio de Arjona	149
Tabla 55. Número de viajes para el municipio de Arroyohondo	149
Tabla 56. Número de viajes para el municipio de Calamar	150
Tabla 57. Número de viajes para el municipio de Cartagena	150
Tabla 58. Número de viajes para el municipio de Clemencia	152
Tabla 59. Número de viajes para el municipio de Mahates	152
Tabla 60. Número de viajes para el municipio de San Cristóbal	154
Tabla 61. Número de viajes para el municipio de San Estanislao	154
Tabla 62. Numero de viajes para el municipio de Santa Catalina	154
Tabla 63. Número de viajes para el municipio de Santa Rosa	155

Tabla 64. Número de viajes para el municipio de Soplaviento.....	155
Tabla 65. Número de viajes para el municipio de Turbaco	156
Tabla 66. Número de viajes para el municipio de Turbana	156
Tabla 67. Número de viajes para el municipio de Villanueva	158
Tabla 68Lista consolidada de la producción (T) por municipios de productos hortofrutícolas	158
Tabla 69. Periodicidad de la cosecha de los productos hortofrutícolas	159
Tabla 70. Parámetros fijados para el Escenario 1	161
Tabla 71. Parámetros constantes fijados para todos los escenarios	161
Tabla 72. Parámetros constantes fijados para todos los escenarios	162
Tabla 73. Parámetros fijados para el Escenario 2	164
Tabla 74. Parámetros fijados para el Escenario 2-1 y 2-2.....	165
Tabla 75. Registro de entradas y contenidos máximos por locación	168
Tabla 76. Registro de entradas y contenidos máximos por locación para el escenario 2	169
Tabla 77. Registro por entidad para el escenario 1	170
Tabla 78. Registro de entradas por recurso para el escenario 1	171
Tabla 79. Registro de entradas por recurso para el escenario 2	171
Tabla 80. Porcentaje de utilización por recurso por escenario.....	173
Tabla 81. Valoración económica por escenario	174
Tabla 82. Flujo de vehículos por escenario.....	175
Tabla 83. Indicadores adicionales por escenario.....	175
Tabla 84. Proporción de cosotos sobre las ventas.....	178
Tabla 85. Precio pagado pro tonelada según el producto.....	179

Tabla 86. Costo total por escenarios	179
Tabla 87. Costo de producción según el producto	180
Tabla 88. Utilidad según el escenario	180
Tabla 89. Ratio	180
Tabla 90. Relación y Analisis de resultados.	183
Tabla 91. Límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga.	185
Tabla 92. Costos de producción según el producto.....	198
Tabla 93: Utilidad de los escenarios	198
Tabla 94: Ratio de los escenarios.....	199

Lista de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Zonas de desarrollo económico y social “Zodes” del departamento de Bolívar	26
Ilustración 2. Red arterial pavimentada (Km por millón de habitante):.....	27
Ilustración 3. Red vial pavimentada (% sobre el total de la red)	28
Ilustración 4. Número de Kms de vías pavimentadas y no pavimentadas por países de la región latinoamericana.....	29
Ilustración 5. Número de Kms de vías férreas construidas en la región latinoamericana.	29
Ilustración 6. Número de aeropuertos construidos en la región latinoamericana.	30
Ilustración 7. Países con el mayor número de kms de vías fluviales.	31
Ilustración 8. Distribución de la red vial nacional	32
Ilustración 9. Estado de la red vial arterial (pavimentado a cargo del INVIAS)	33
Ilustración 10. Estado de la red vial arterial afirmado (No pavimentado), (Ver Ilustración 10).	33
Ilustración 11. Estado de la Red Vial del departamento de Bolívar	34
Ilustración 12. Estado de la Red Vial del departamento de Bolívar	35
Ilustración 13. Estado de la red vial del departamento de Bolívar.....	36
Ilustración 14. Estado de la red vial del departamento del Atlántico.....	37
Ilustración 15. Estado de la red vial del departamento del Atlántico.....	37
Ilustración 16. Ubicación geográfica del municipio de Arjona	65
Ilustración 17. Ubicación geográfica del municipio de Arroyohondo.....	69

Ilustración 18. Ubicación geográfica del municipio de Calamar	72
Ilustración 19. Ubicación geográfica del municipio de Cartagena	76
Ilustración 20. Ubicación geográfica del municipio de Clemencia	80
Ilustración 21. Ubicación geográfica del municipio de Mahates	83
Ilustración 22. Ubicación geográfica del municipio de San Cristóbal.....	86
Ilustración 23. Ubicación geográfica del municipio de San Estanislao	89
Ilustración 24. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catalina	92
Ilustración 25. Ubicación geográfica del municipio de Santa Rosa.....	96
Ilustración 26. Ubicación geográfica del municipio de Soplaviento	100
Ilustración 27. Ubicación geográfica del municipio de Turbaco	103
Ilustración 28. Ubicación geográfica del municipio de Turbana	106
Ilustración 29. Ubicación geográfica del municipio de Villanueva.....	110
Ilustración 30. Ubicación de la Zodes Dique en el departamento de Bolívar.....	113
Ilustración 31. Red vial primaria de la Zodes Dique en el departamento de Bolívar	122
Ilustración 32. Red vial terciaria en la Zodes Dique en el departamento de Bolívar.....	126
Ilustración 33. Pesos máximos permitidos en carreteas nacionales.....	131
Ilustración 34. Esquema de referencia de una cadena de suministro	136
Ilustración 35: Esquema según el proceso actual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique.....	137
Ilustración 36: Esquema geográfico y ubicación de rutas del Escenario 1.	160
Ilustración 37: Esquema geográfico y ubicación de rutas del Escenario 2.	163
Ilustración 38. Costo de producción (\$ por hectárea)	181
Ilustración 39. Porcentaje del costo de producción.....	182

Ilustración 40. Utilidad (\$)	182
Ilustración 41. Ratio	183
Ilustración 42. Esquema de referencia de una cadena de suministro	188
Ilustración 43: Esquema según el proceso actual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique.	189

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Instrucciones del modelo	211
Anexo 2. Plantilla de Costos de Transporte Inter-Municipal.....	235

Introducción

Colombia presenta un problema de rezago en su infraestructura de transporte, dicho componente es un pilar en el índice de desempeño logístico calculado por el banco mundial, en el cual el país se ubica en el puesto 94 de un total de 160 países en el año 2016. (Ramirez, 2016) Adicional a esta medición, el costo de transporte representa un total del 70% del costo total logístico en Colombia, lo cual se ubica por encima del promedio regional y mundial según el indicador Doing business. (Cámara de Comercio de Cali, 2016) Las anteriores mediciones reflejan un desempeño bajo en comparación con países desarrollados en el mundo, y es prueba que el costo de vida y la competitividad del país requiere de medidas de cambio.

Las oportunidades en materia de logística en Colombia son muchas, la geografía nacional cuenta con grandes vías fluviales en todo el territorio, además la nación tiene costas con dos océanos y la ubicación geográfica es privilegiada, por lo cual existe un potencial grande que se debe aprovechar para ganar terreno en el desempeño logístico mundial lo cual repercutiría en una mejor calidad de vida nacional. En la Zonas Dique la situación no es diferente, las vías en mal estado, y la poca construcción de estas, tanto primarias, secundarias y terciarias, hacen de la distribución de productos básicos como los hortofrutícolas, una tarea compleja. Dichos inconvenientes afectan así mismo el desempleo, el ingreso per cápita de los campesinos de la región.

En el presente documento se plantea la formulación de escenarios de transporte de productos hortofrutícolas y la evaluación por medio de una relación de costo beneficio para la elección de la mejor combinación que lleve a cabo la distribución de productos a la ciudad de Cartagena y

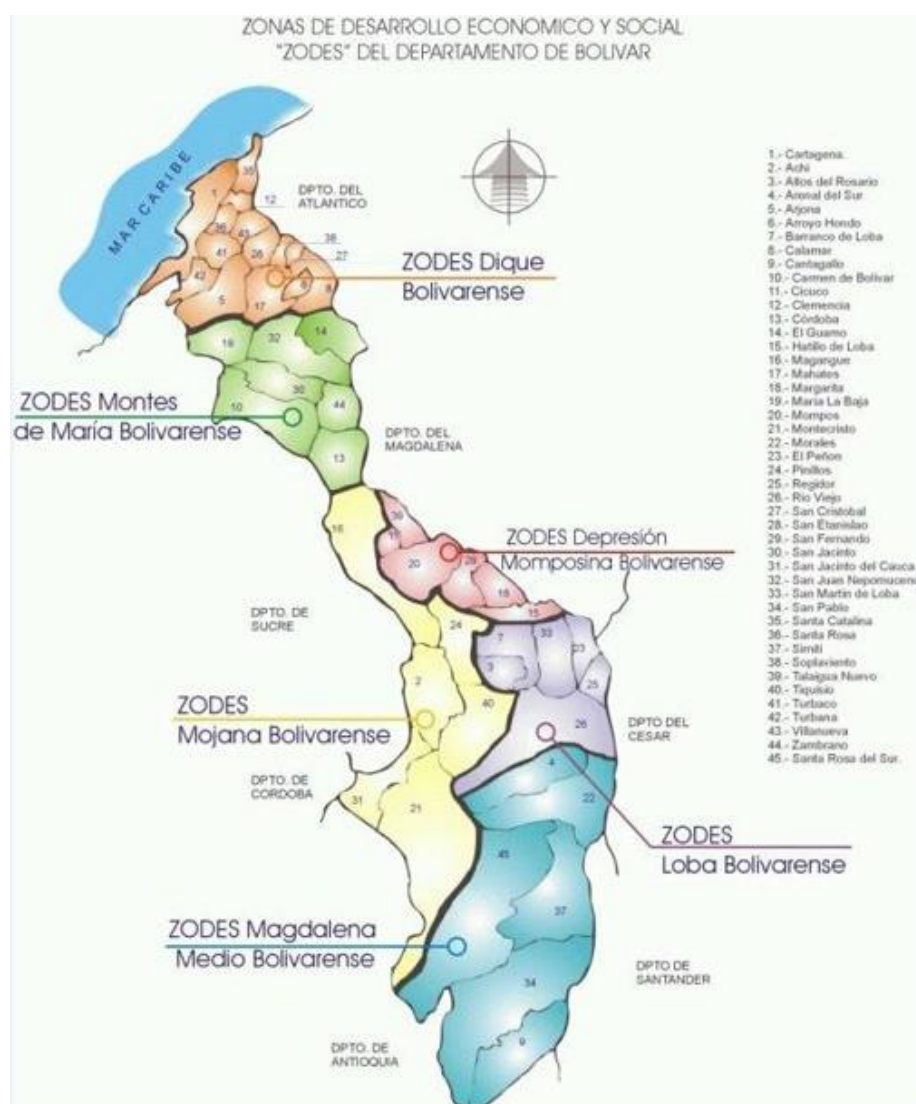
posteriormente a Barranquilla. Dicho estudio, se llevará a cabo para plantear una solución a la problemática en la Zodes Dique en cuanto a su efectividad en el transporte terrestre y fluvial al menor costo de transporte. Para lograr este objetivo, se propone realizar un modelo del sistema de transporte y simulación a través del software Promodel de la producción de productos hortofrutícolas del año 2014, que es el año de referencia tomado para el presente estudio.

1. Generalidades

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Delimitación Geográfica. La región objeto de estudio es la ZodesDique ubicada en el departamento de Bolívar.(Ver Ilustración 16).

Ilustración 1. Zonas de desarrollo económico y social “Zodes” del departamento de Bolívar



Fuente: Gobernación de Bolívar

Esa región del Norte del Departamento de Bolívar es atravesada de este a oeste por el canal del Dique, el cual se ramifica en el río Magdalena en la zona del municipio de Calamar, y desemboca en la bahía de Cartagena muy cerca del corregimiento de Pasacaballos. En la región de la Zonas Diques se producen productos hortofrutícolas (Ver++++), que sirven para el consumo en ciudades capitales importantes como Cartagena y Barranquilla entre otras.

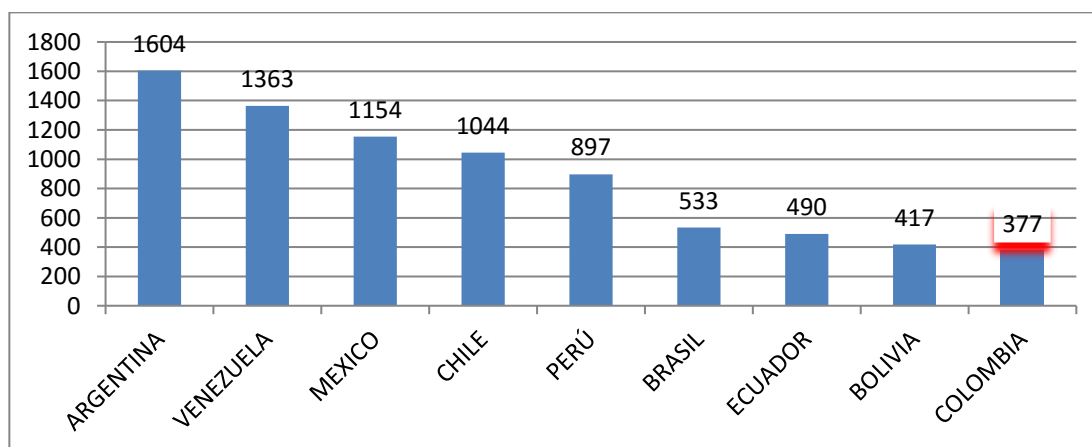
1.1.2. Desafíos.

1.1.2.1. Infraestructura de transporte. La infraestructura de transporte en Colombia presenta niveles de desarrollo por debajo de la media de países latinoamericanos y desarrollos a nivel internacional. (Yepes, 2013).

Este rezago afecta a la infraestructura necesaria para los distintos modos de transporte tales como carretero, férreo, fluvial. (Yepes, 2013).

A continuación, se aprecia en el gráfico 2 la posición que ocupa Colombia según la cantidad de km de vías por millón de habitantes con relación a países de la región. (Ver Ilustración 2)

Ilustración 2. Red arterial pavimentada (Km por millón de habitante):

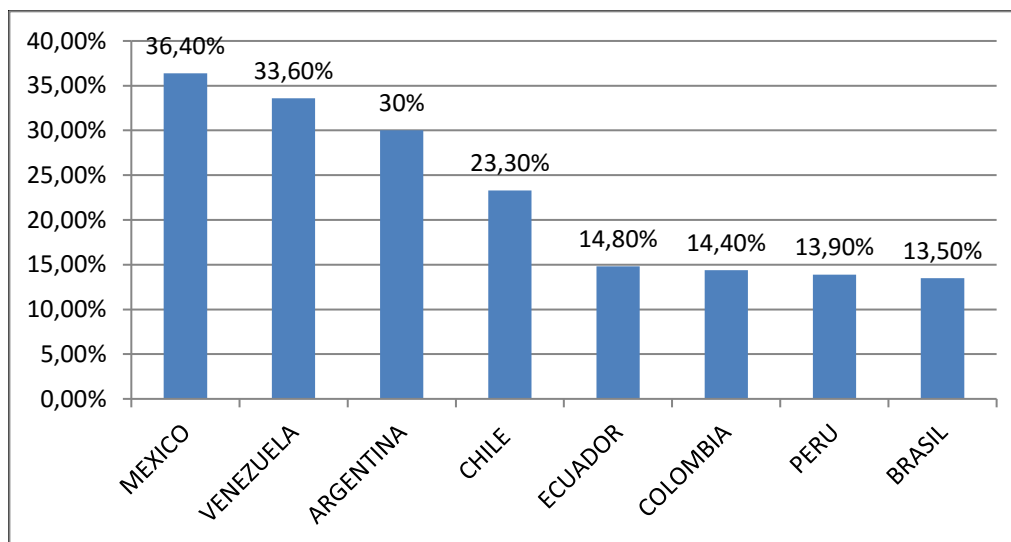


Fuente: CIA WorldFact Book y DANE datos 2008, 2009 y 2010

La posición de Colombia es la última en comparación con países de la región.

En el gráfico 3 se puede apreciar el % pavimentado sobre el total de la red construida.(Ver Ilustración 3)

Ilustración 3. Red vial pavimentada (% sobre el total de la red)



Fuente: La infraestructura en el desarrollo integral de América Latina. CAF 2013.

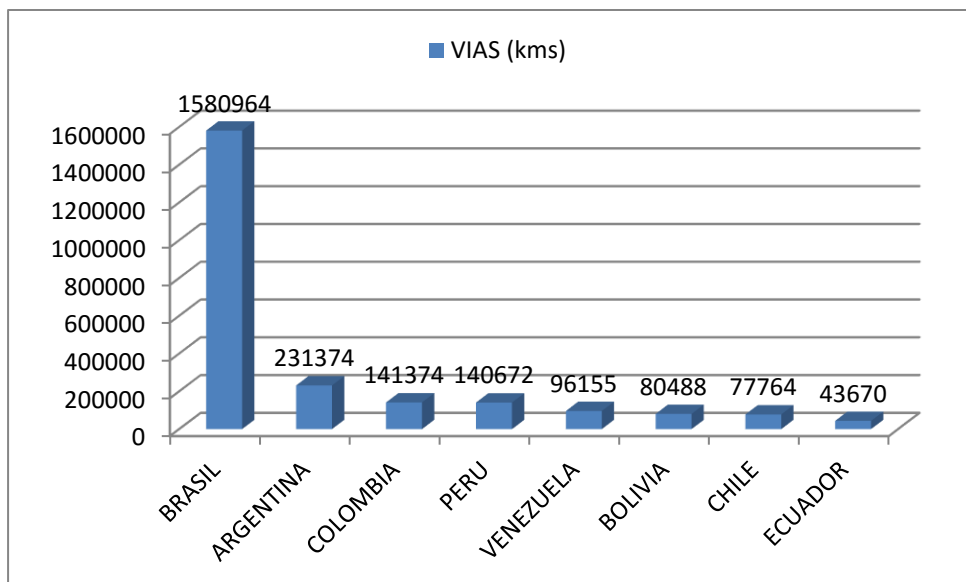
Tal como afirma Yepes (2013), el rezago absoluto se aprecia en su totalidad debido a la cantidad de vías aun sin pavimentar. Tal como se aprecia en el Gráfico 4, Colombia presenta un bajo porcentaje de la red vial pavimentada sobre la totalidad de sus vías en relación a países de la región.

Si se aprecia comparativamente el estado actual de la infraestructura para cada uno de los distintos modos de transporte del país con relación a países de la región, las estadísticas señalarían lo siguiente:

Modo Carretero: Colombia cuenta hoy entre vías pavimentada y no pavimentadas con un total de 141374 kms según la Central de inteligencia estadounidense hasta 2012. (Ver Ilustración

4)

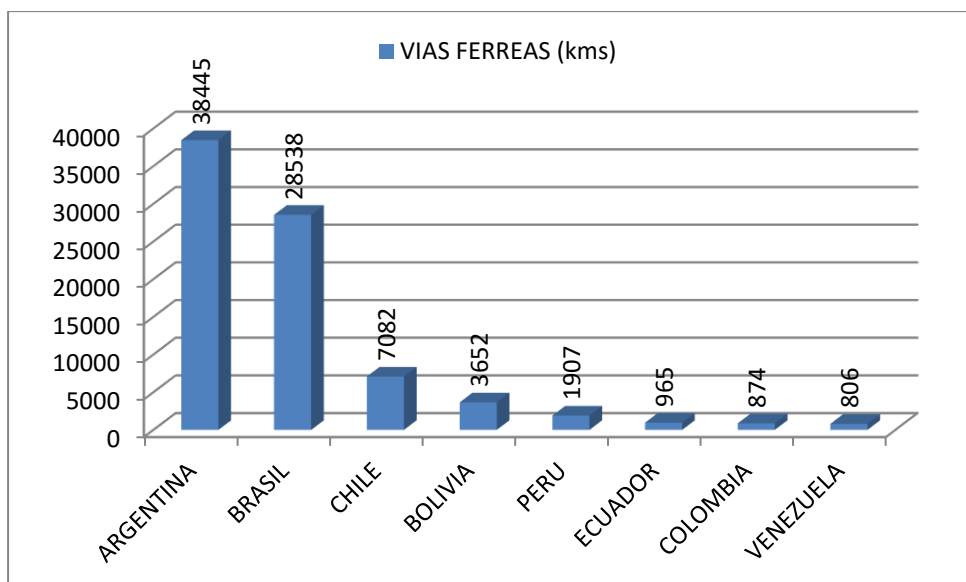
Ilustración 4. Número de Kms de vías pavimentadas y no pavimentadas por países de la región latinoamericana



Fuente: The World fact book. Datos actualizados entre 2002 – 2012.

Modo Férreo: La infraestructura en el modo férreo el país se encuentra solo apenas por encima de Venezuela con 874 km de vías ferroviarias. (Ver Ilustración 5)

Ilustración 5. Número de Kms de vías férreas construidas en la región latinoamericana.

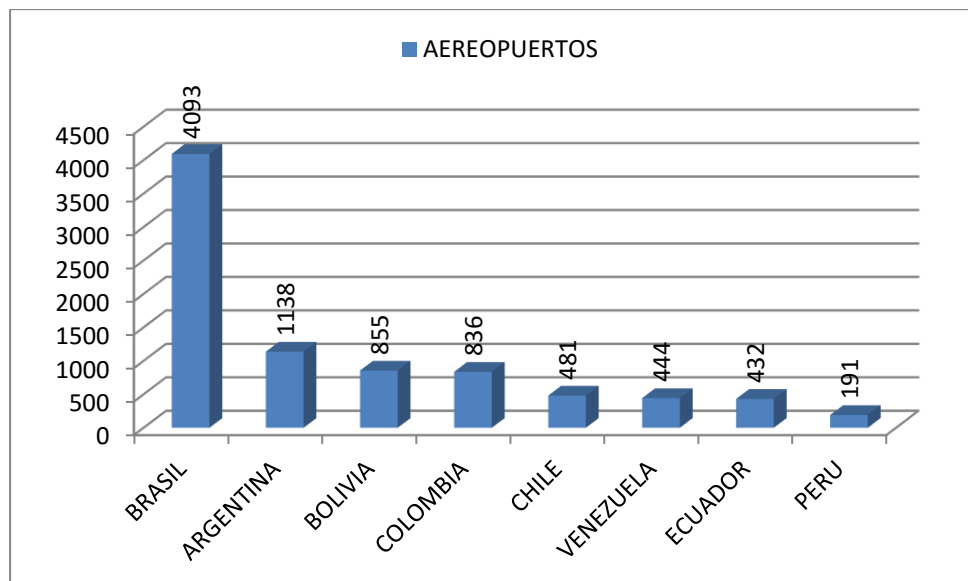


Fuente: The World fact book. Datos actualizados entre 2008 – 2012

Modo Aéreo: En la parte aeroportuaria, el país cuenta con 836 terminales aéreas.

(Ver Ilustración 6)

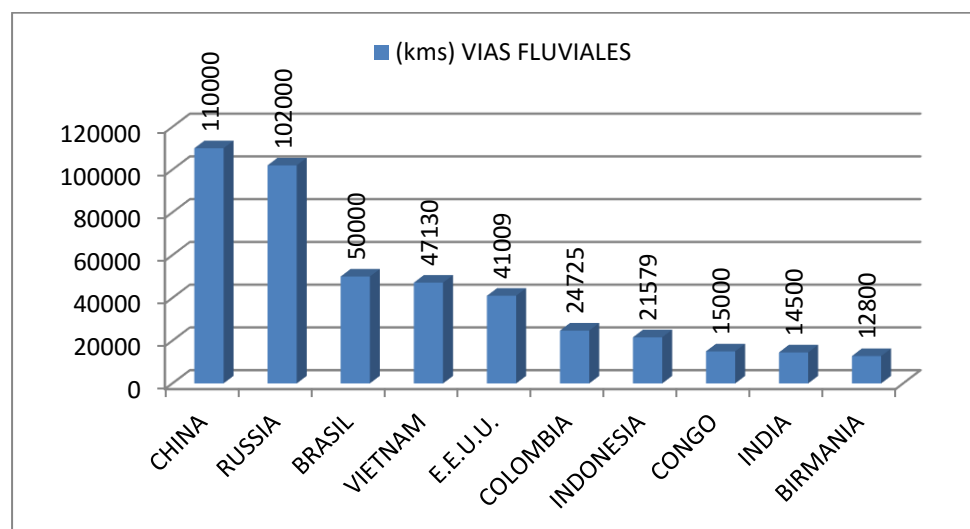
Ilustración 6. Número de aeropuertos construidos en la región latinoamericana.



Fuente: The World fact book. Actualizado 2013

Modo Fluvial: En el ámbito fluvial, el país cuenta con una gran riqueza de ríos, lo cual no solo lo sitúa en los principales lugares en la región si no que, desde la perspectiva internacional, Colombia ocupa el sexto puesto con más vías fluviales navegables. Dicha ventaja hoy en día no es bien aprovechada por la poca infraestructura de transporte fluvial. Demostrando que el país cuenta con un potencial aun por explotar para mejorar la competitividad en la logística del transporte nacional de mercancías. (Ver Ilustración 7).

Ilustración 7. Países con el mayor número de kms de vías fluviales.



Fuente: The World fact book. Actualizado 2009 – 2012

Panorama Nacional

La distribución de las cantidades de kilómetros de vías del país, (**Ver Tabla 1**)

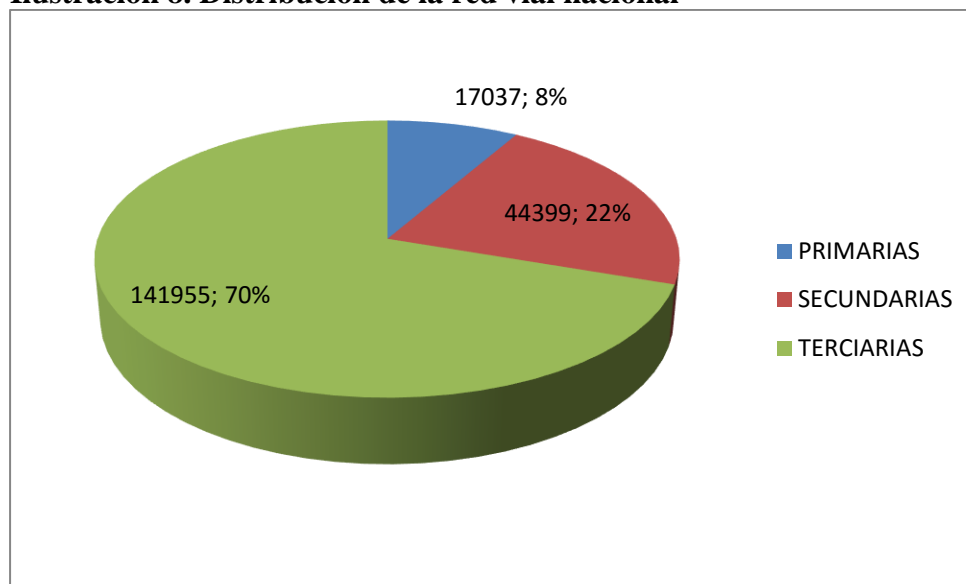
Tabla 1. Estado de la red vial nacional al año 2013.

Red Vial Nacional	
Características Físicas	
La Red Vial Total de Carreteras En Colombia =	203,391 Km
Red Vial Primaria =	17,037 Km
Entidad a Cargo	Numero De Km
No Concesionado - Invias	11.835km
Concesionado Ani	5202 Km
Red Vial Secundaria Y Terciaria =	186.354 Km
Entidad a Cargo	Numero De Km
Secundarias	
Departamentos	44.399 Km
Terciarias	
Invias	27.577 Km
DEPARTAMENTOS	13.959 KM
MUNICIPIOS	100.419 KM

Fuente: Ministerio de transporte - Invias 2013

Dicha distribución de las vías según su tipo y km se pueden apreciar en el grafico 8. (Ver Ilustración 8).

Ilustración 8. Distribución de la red vial nacional



Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013.

El estado de la red vial arterial se aprecia cómo sigue en la tabla 2.(Ver

Tabla 2)

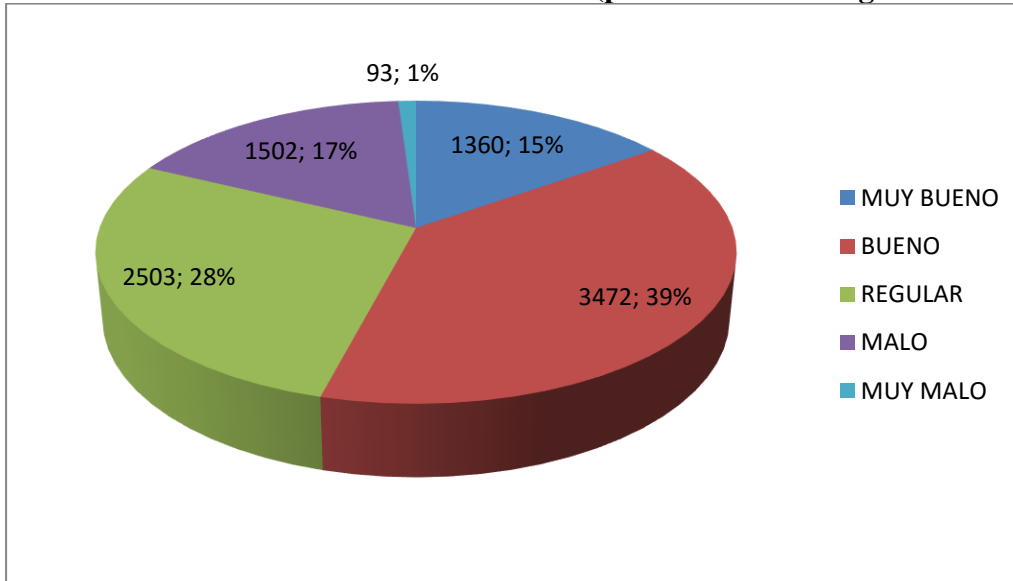
Tabla 2. Estado de la red vial arterial

Estado De La Red Vial Arterial		
Total, Red Vial Pavimentada A Cargo Del Invias	=	8930 Km
Total, Red Vial Afirmada (No Pavimentada) =		2880 Km
Kilómetros Según El Tipo De Vía		
Estado	Pavimentado A Cargo Del Invias	Afirmado (No Pavimentado)
Muy Bueno	1360	14,6
Bueno	3472	307,3
Regular	2503	871,6
Malo	1502	1078
Muy Malo	93	609

Fuente: Ministerio de transporte – Invias 2013.

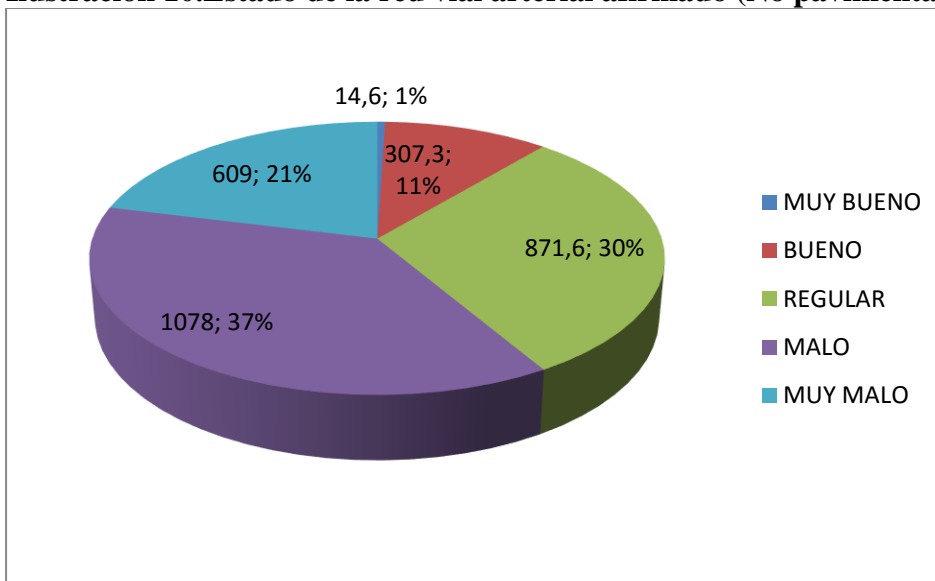
El estado pavimentado y no pavimentado se aprecia en la ilustración 9 e ilustración 10 respectivamente. (Ver Ilustración 9)

Ilustración 9. Estado de la red vial arterial (pavimentado a cargo del INVIAS)



Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013.

Ilustración 10. Estado de la red vial arterial afirmado (No pavimentado), (Ver Ilustración 10).



Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013.

Situación actual de la infraestructura de transporte modo carretero Dpto. de Bolívar y Atlántico.

A continuación, se describe el estado de las vías según su calidad del departamento de Bolívar. (Ver Tabla 3), (Ver Ilustración 11 Ilustración 12)

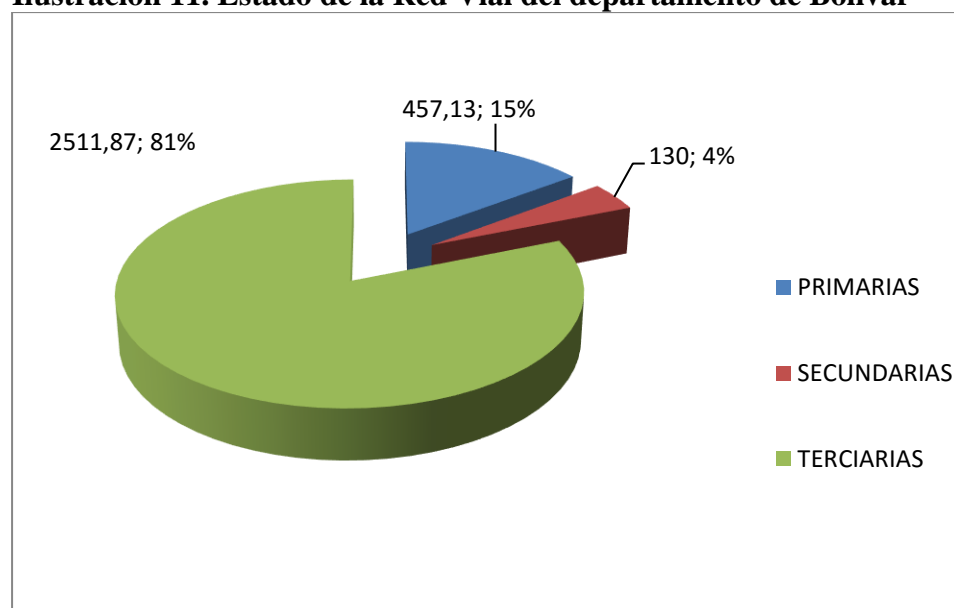
Tabla 3. Estado de la red vial del departamento de Bolívar según su calidad

Clasificación	Bueno (Km)	Regular (Km)	Malo (Km)	Total (Km)
Primarias	365,03	57,1	35	457,13
Secundarias	33	47,45	49,55	130
Terciarias	98,62	982,99	1430,26	2511,87
Total	496,65	1087,54	1514,81	3099

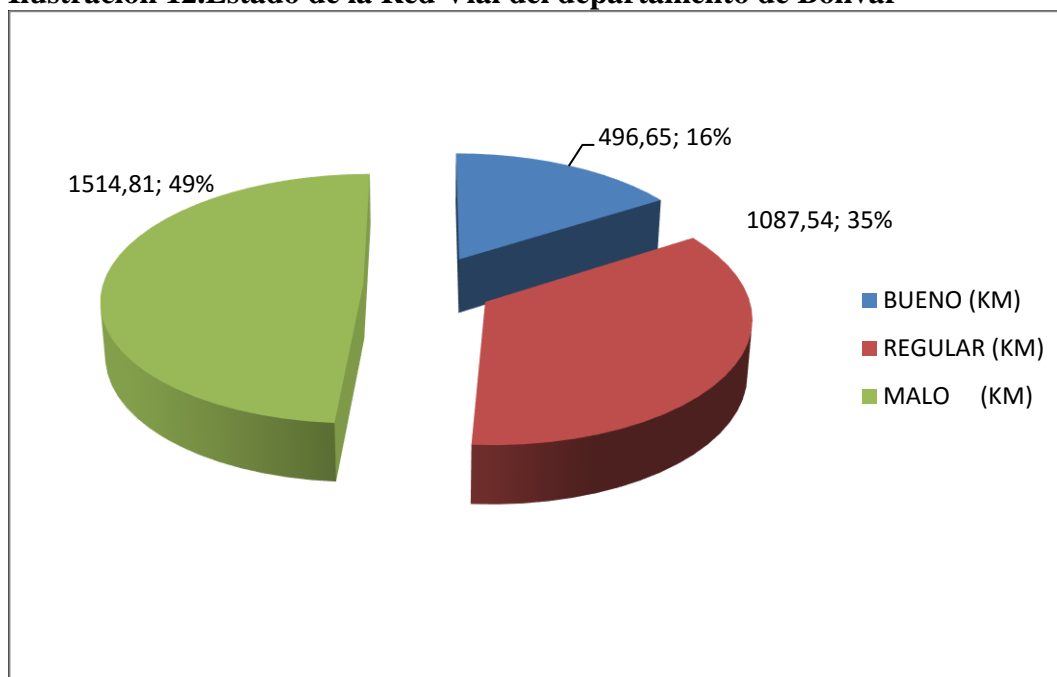
Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013.

El estado de la red vial del departamento de Bolívar se aprecia en la ilustración 11 e ilustración 13. (Ver Ilustración 11 e Ilustración 12)

Ilustración 11. Estado de la Red Vial del departamento de Bolívar



Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013

Ilustración 12. Estado de la Red Vial del departamento de Bolívar

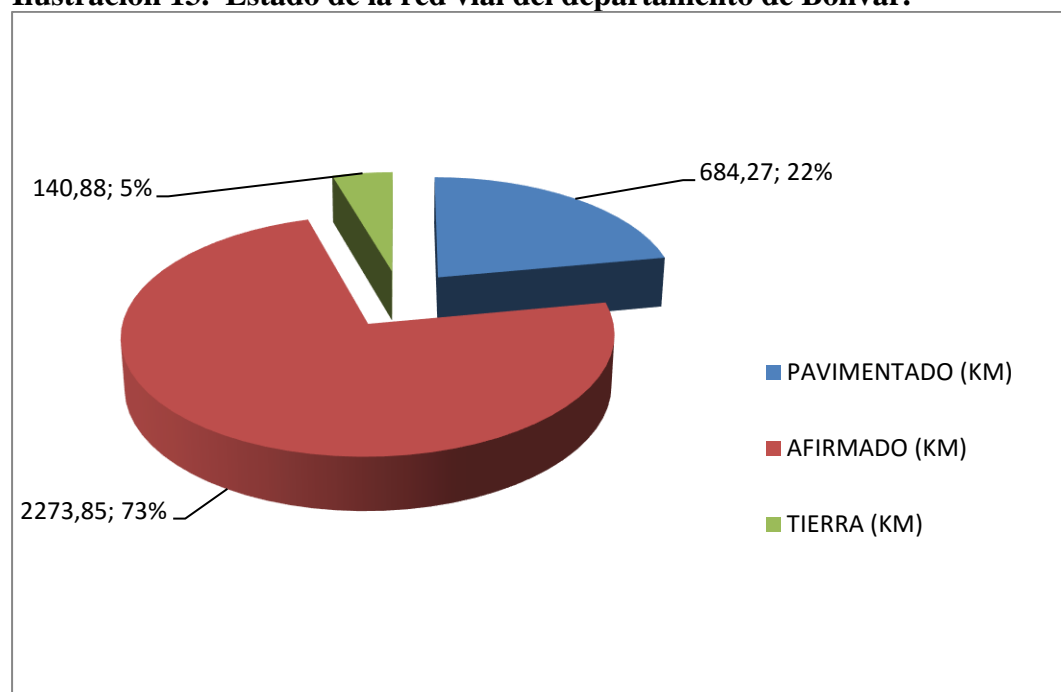
Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013

Estado de la red vial del departamento de Bolívar según el material del terreno. (Ver Tabla 4) y (Ver Ilustración 13).

Tabla 4. Estado de la red vial del departamento de Bolívar según el material

Clasificación	Pavimentado (Km)	Afirmado (Km)	Tierra (Km)	Total (Km)
Primarias	453,5	3,63	0	457,13
Secundarias	86,95	42,05	1	130
Terciarias	143,82	2228,17	139,88	2511,87
Total	684,27	2273,85	140,88	3099

Fuente: Plan de desarrollo Departamento de Bolívar 2012-2015.

Ilustración 13. Estado de la red vial del departamento de Bolívar.

Fuente: Autores según datos del ministerio de transporte - Invias 2013.

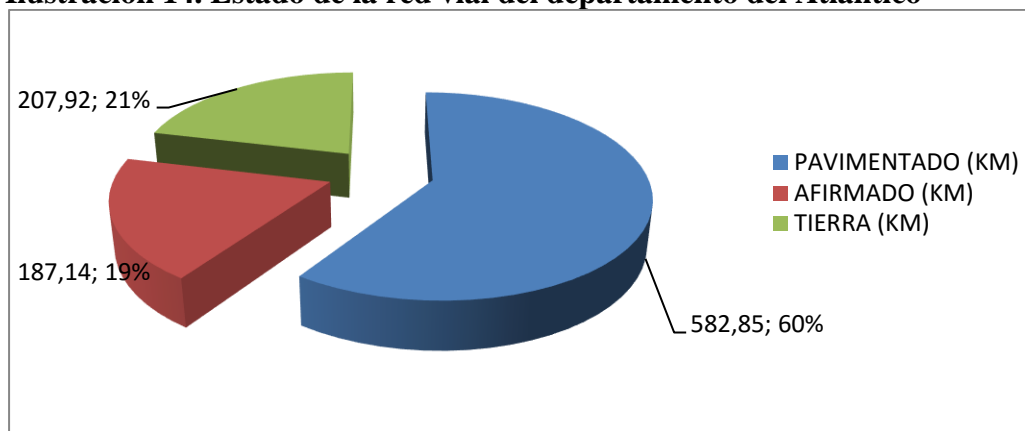
Tabla 5. Estado de la red vial del departamento del Atlántico

Clasificación	Pavimentado (Km)	Afirmado (Km)	Tierra (Km)	Total (Km)
Primarias	232,51	26	0	258,51
Secundarias	341,51	150,04	79,8	571,35
Terciarias	8,83	11,1	128,12	148,05
Total	582,85	187,14	207,92	977,91

Fuente: Autores según datos del plan vial departamental del Atlántico 2009 – 2018.

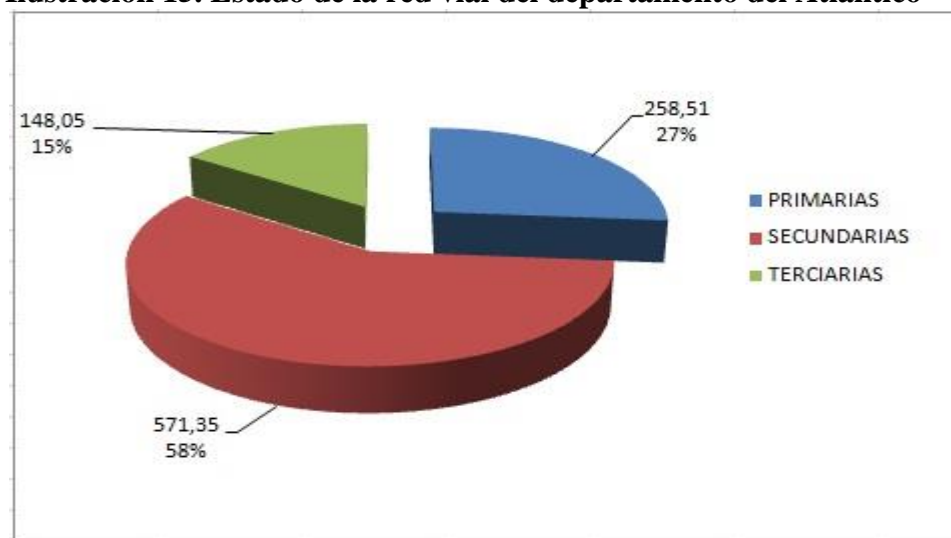
Estado de la red vial del departamento del Atlántico según su material (Ver Ilustración 14 e Ilustración 15).

Ilustración 14. Estado de la red vial del departamento del Atlántico



Fuente: Autores con información del plan vial departamental del Atlántico 2009 – 2018.

Ilustración 15. Estado de la red vial del departamento del Atlántico



Fuente: Autores con información del plan vial departamental del Atlántico 2009 - 2018.

De acuerdo a las estadísticas anteriormente citadas se observa que el Departamento de Bolívar cuenta actualmente con una infraestructura en mal estado con un 49%; Vías en estado de afirmado con una representación del 73% y vías terciarias con un 81% de representación del total de vías. Lo anterior indica que, en una alta representación del total de vías en el departamento de Bolívar, no se encuentran en condiciones de primera calidad tales como las vías pavimentadas. Esto representa un desafío a la movilidad de los productos en la zona debido a estas condiciones.

Las condiciones actuales de la red vial en Bolívar (Gobernación de Bolívar, Departamento Administrativo de Planeación, 2012), representan un desafío a la movilidad, dinamismo e interconectividad en el transporte terrestre de los productos hortofrutícolas al utilizar esta red vial, a los diferentes actores como productores, distribuidores, consumidores y transportadores, estas últimas además de esta situación deben cumplir con las características exigidas para sus vehículos utilizados para el transporte de carga desde la recepción de la carga hasta su entrega final en el siguiente nodo logístico por la red vial nacional.

En Colombia el ministerio de transporte es quien regula el transporte de carga terrestre y los vehículos utilizados para esta actividad, determinando los requisitos y condiciones específicas para su operación normal en la red vial de Colombia ((Ministerio de Transporte, 2004), así como aspectos técnicos, limitaciones de peso bruto, pesos máximos por eje y dimensiones, esta clasificación está consagrada en la norma técnica colombiana NTC 4788” tipología para vehículos de transporte de carga terrestre”.(Ver Tabla 6)

Tabla 6. Clasificación de vehículos de carga según su sistema de propulsión:

Vehículos automotores		
	Vehículo Rígido	Tracto camión
Camioneta	Camión	
Vehículos no automotores		
Semirremolque	Remolque	Remolque balanceado

Fuente: Elaborado por el autor según artículos 1-12. De la resolución 004100.

Dentro de estos requisitos se encuentran límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga a nivel nacional los cuales deben seguir lo establecido en el artículo 8° del decreto 4100 del 28 de diciembre de 2004. (Ver Tabla 7).

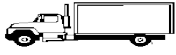

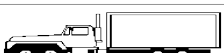
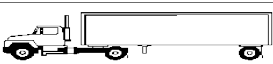

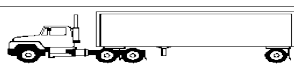
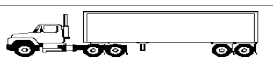

Tabla 7. Límites de peso bruto para vehículos de transporte a nivel nacional.

Vehículos	Designación	Máximo PBV, KG	Tolerancia positiva de medición Kg.	
Camiones	2	16000	+	400
	3	28000	+	700
	4	31000(1)	+	775
	4	36000(2)	+	900
	4	32000(3)	+	800
Tracto-Camión con Semirremolque	2S1	27000	+	675
	2S2	32000	+	800
	2S3	40500	+	1013
	3S1	29000	+	725
	3S2	48000	+	1200
	3S3	52000	+	1300

Fuente: Elaborado por el autor según artículos 1-12. De la resolución 004100.

El gobierno además de fijar las disposiciones sobre los pesos vehiculares también establece las denominaciones de los vehículos de carga con base en la disposición de los ejes basados en la NTC vigentes (Ministerio de Transporte, 2004). (VerTabla 8).

Tabla 8: Denominaciones de vehículos de carga

Designación	Configuración del Vehículo	DESCRIPCIÓN
2		Camión de dos ejes. Camión sencillo.
3		Camión de tres ejes. Doble tréque.
C4		Camión rígido de cuatro ejes.
2S1		Tracto camión de dos ejes con semirremolque de un eje.
2S2		Tracto camión de dos ejes con semirremolque de dos ejes.
3S1		Tracto camión de tres ejes con semirremolque de un eje.
CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
3S2		Tracto camión de tres ejes con semirremolque de dos ejes.
3S3		Tracto camión de tres ejes con semirremolque de tres ejes.

Fuente: Elaborado por el autor según artículos 1-12. De la resolución 004100

1.1.2.2. Alta Representación del Costo del Transporte Dentro del Costo Logístico. Así como en la región la situación actual de la infraestructura presenta claros signos de atraso, a nivel nacional también existe de forma generalizada este tipo de problemática, por lo cual esto representa una debilidad en la competitividad nacional y trae con ello un gran problema como lo es el aumento en el Costo del Transporte. A continuación, se describe el alto porcentaje de participación de los costos de transporte en las operaciones logísticas de Colombia en comparación con países desarrollados: Tal como se aprecia a continuación¹:(Ver Tabla 9)

Tabla 9. Participación del costo de transporte en la operación logística.

Participación del costo de Transporte en la operación Logística	
Colombia	78,76%
Países Miembro de la OCDE	48%
Países miembros CIVETS	41%
Países Asia oriental y pacífico	43%
América Latina	43%

Fuente: Indicador Doing Business: <http://espanol.doingbusiness.org/>.

De acuerdo a la anterior información se refleja el problema del costo del transporte en Colombia debido a su alta representación en los costos totales logísticos, e indica una necesidad de proponer acciones de mejora en el sector transporte.

Esta situación no es ajena a la Zodes Dique en el departamento de Bolívar, el cual como se manifestó representa signos de atrasos en la infraestructura vial. (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Características de la red fluvial

El Sistema Fluvial Comprende = 24.725 Km De Longitud
 La Red Fluvial Del País Considerable Navegables De 18.225 Km
 De Estos, 14.015 Km Permiten Navegación Permanente Y 4.210 Km Transitoria
 6.500 Km De Longitud Son Considerados No Navegables.

Fuente: Elaborado por el autor Conpes 3758. Plan para restablecer la navegabilidad del Rio magdalena

¹Indicador Doing Business: <http://espanol.doingbusiness.org/>

1.1.2.3. Conectividad limitada del Transporte Multimodal². El canal del Dique es la arteria fluvial que representa una oportunidad de desarrollo para el transporte multimodal en la zona de influencia.

Mas sin embargo esta oportunidad no es aprovechada debido a que se presenta una deficiente infraestructura para la integración de los modos de transporte Carretero y fluvial en la Zodes Dique. La infraestructura requerida son puertos de transferencia fluvial, Vías para la conexión de los centros de producción de cargas de productos hortofrutícolas al canal del Dique y puertos fluviales en las cabeceras municipales.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál modo de transporte (Terrestre-fluvial) ofrece una mejor relación Costo Beneficio para la distribución de los productos Hortofrutícolas desde la Zodes Canal del Dique (Bolívar) hasta los puertos de Cartagena y Barranquilla?

1.2. Justificación

El transporte en Colombia es un costo que tiene una participación del 78,76% en el costo total de los productos comercializados en las operaciones de comercio exterior; en América Latina este costo alcanza un 43% (Departamento Nacional de Planeación, 2013). Esta toma mayor relevancia y participación cuando se presentan deficiencias en la infraestructura vial de la región, como en el departamento de Bolívar, Zodes canal del Dique, la carencia de carreteras en buen estado y la inexistencia de alternativas para la interconexión con otros modos de transporte, entre

²Conpes 3758. Plan para restablecer la navegabilidad del Rio magdalena.

las zonas donde se generan los productos y su salida de la Zodes canal del Dique hasta la ciudad Cartagena de Indias D. T. y C., para su comercialización. Lo anterior le restan eficiencia y competitividad a la región.(Departamento Nacional de Planeación, 2013).

Con esta investigación se busca ofrecer una alternativa diferente al transporte de carga carretero a la Zodes Canal del Dique (Bolívar), donde se cultivan productos hortofrutícolas como Mango, Guayaba, Melón, Guanábana, Limón, y Naranja, etc.,(Agronet, 2013) ofreciendo a los productores, comercializadores, distribuidores y transportadores, de la Zodes Canal del Dique (Bolívar), un soporte en la identificación y selección del modo de transporte que les permita aumentar la eficiencia en la distribución y la rentabilidad en la comercialización de sus productos en la ciudad Cartagena de Indias D. T. y C.

El interés de lograr la reactivación del transporte fluvial de carga expresado por el gobierno en el CONPES 3758, aparece el canal del Dique con una participa en 115 Km navegables del total del río Magdalena(Departamento Nacional de Planeación, 2013). El gobierno nacional y departamental buscan desarrollar la infraestructura vial del departamento de Bolívar de los modos de transporte carretero y fluvial, aprovechando esta vía hidrográfica para ofrecer diversas alternativas logísticas de transporte e interconectividad a los productores, comercializadores, distribuidores y transportadores, en el traslado de los productos Hortofrutícolas desde la Zodes canal del Dique y la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C.,(Departamento Nacional de Planeación, 2013).

Con el desarrollo de la infraestructura vial y fluvial, también se busca beneficiar a los habitantes de la Zodes canal del Dique con el mejoramiento de sus condiciones de accesibilidad y movilidad, sin restar importancia al impacto altamente positivo que el uso de esta alternativa de transporte puede generar al medio ambiente, reduciendo la emisión de gases de efecto

invernadero entre otros.(Gobernación de Bolívar, Departamento Administrativo de Planeación, 2012).

Según datos arrojados en el Plan de inversiones en infraestructura de transporte, el modo de transporte fluvial es más competitivo, por su mayor capacidad, eficiencia y bajos costos de interconexión. (; Departamento Nacional de Planeación, 2013).(Ver Tabla 11).

Tabla 11. Comparativo intermodal de costos de movilización.

Modo	Toneladas por Unidad	Equipo para 7200 Ton (Unidades requeridas)	Costo \$(Ton / Km)	Velocidad (km/h)
Carretero	35	206 camiones	216	50
Férreo	35 ton/vagón	204 vagones	176	25
Fluvial	1.200 ton/barcaza	6 barcazas	144	14

Fuente: Ministerio de Transporte, 2004 y Diseño de obras de encauzamiento, Emdepa, 2011.

El Dique bolivarense es el soporte y despensa agropecuaria de Cartagena y Barranquilla, tiene un potencial marítimo y acuícola, está cruzado por los principales corredores viales del Caribe Colombiano. Conformado por los municipios de Turbaco, Arjona, Calamar, Arroyo Hondo, Clemencia, Mahates, San Cristóbal, San Estanislao de Kostka, Santa Catalina, Santa Rosa de Lima, Turbaco y Turbana, de este Zodes forma parte el Distrito de Cartagena de Indias, núcleo industrial, portuario y turístico del departamento.

Dentro de los beneficios que se obtendrían con la reactivación y desarrollo del transporte fluvial como alternativa logística para el transporte de carga en la Zodes canal del Dique están:

-La Zodes canal del Dique será provista de la infraestructura logística para el transporte y desarrollo de actividades logísticas de mercancías.

El desarrollo del transporte multimodal de carga en la Zodes canal del Dique, contribuye a la competitividad y al crecimiento económico de las actividades productivas de los municipios que hacen parte de la Zodes, por la articulación de los modos de transporte carretero y fluvial frente

al evidente aumento en el flujo de carga transportada.(Gobernación de Bolívar, Departamento Administrativo de Planeación, 2012).

También se espera por la parte ambiental, la reducción de emisiones por combustión en la Zodes, con el aprovechamiento y la preservación generada por la mayor capacidad del medio de transporte, y los demás recursos naturales renovables en el Canal del Dique.(Departamento Nacional de Planeación, 2013).

La búsqueda de soluciones logísticas de transporte que mitiguen el impacto en los costos y en el medio ambiente del transporte de carga carretero (Méndez de paredes & Obuiña Barbolla, 2002), en países europeos como España ven en la interconectividad una alternativa importante a desarrollar. El transporte fluvial se ha convertido en uno de las principales alternativas para la resolución de este problema logístico del transporte de carga carretero, este modo de transporte el cual no solo traerá beneficios económicos, también logrará obtener un dinamismo positivo en la logística de la comercialización de sus productos, con una mejor interconexión y multimodalidad en la distribución a los diferentes países de la región(Méndez de paredes & Obuiña Barbolla, 2002).

Identificada la problemática de transporte en las Zodes Canal del Dique (Bolívar) se utiliza el método de simulación para la búsqueda de la mejor solución mediante los métodos de simulación aplicados en problemas reales en sistemas complejos. El uso de esta técnica de simulación ha intensificado su aplicación en diversos sectores, principalmente en la logística.(Coss, 2003) El método de Simulación mediante Eventos Discretos podrá definir la construcción y diseño de diferentes escenarios para determinar cuál puede ser la mejor opción para el transporte de productos hortofrutícolas desde las Zodes Canal del Dique hacia los principales nodos logísticos

de la Zodes y sus alrededores, logrando la interconectividad entre los modos de transporte terrestre y fluvial.

Al realizar este proyecto se busca obtener resultados que permitan crear y desarrollar estrategias que otorguen herramientas a los diferentes productores, transportadores, distribuidores y comercializadores de los productos hortofrutícolas en la consecución de las soluciones a la problemática de la carencia de alternativas de transporte de sus productos desde la Zodes Canal del Dique, logrando abrir una ventana con mayores posibilidades en la expansión sus negocios dirigidos a la satisfacción de la demanda en la ciudad de Cartagena y el desarrollo sus cadenas de abastecimiento, sin dejar de pensar en la alternativa de exportación de estos productos.

También se busca contribuir con los diferentes observatorios logísticos en Colombia, con material valioso de estudio para el desarrollo proyectos posteriores que requieran información sobre este tipo de trabajos específicamente el transporte de productos hortofrutícolas desde la Zodes Canal del Dique (Bolívar), mediante la aplicación del modelo de Simulación de eventos discretos en este tipo de sistemas.

Con el uso de la técnica de simulación se podrá determinar la mejor alternativa de transporte en la distribución para los productores de la Zodes Canal del Dique (Bolívar), donde los factores externos como los ambientales, políticos, económicos, tecnológicos e infraestructura, se pueden incluir como afectantes (generadores de motricidad) de los valores de las variables de entrada y posiblemente modificadores de su comportamiento (Amezquita, J. A., Vergara S., J. C., & Maza, F. (2006)).

Los escenarios recomendados en este modelo de simulación de eventos discretos en este sistema logístico serian:

- Transporte Fluvial
- Transporte Terrestre
- Transporte multimodal (Fluvial/terrestre)

Al finalizar la simulación de cada uno de los escenarios creados se buscará resolver el interrogante existente sobre la viabilidad y rentabilidad del transporte fluvial mostrando cual es la mejor opción de transporte para los productos hortofrutícolas provenientes de las Zonas Canal del Dique (Bolívar), recreando la situación actual con posibles eventos futuros, basados en la información recolectada para cada escenario. Los resultados arrojados de dicha simulación otorgara a los diferentes actores de esta cadena de suministro (productores, comercializadores, distribuidores, transportadores e inversionistas, las bases necesarias para la creación y el desarrollo de un sistema de distribución basado en un modo de transporte eficiente, el cual aumentara su competitividad y rentabilidad.

Lo anterior acompañado de la identificación de diferentes puntos estratégicos para la ubicación recomendada de plataformas logística a lo largo de las rutas de comunicación.

En el caso del análisis de un sistema de transporte, se recomienda aplicar la simulación cuando la naturaleza del sistema es variable, interconectado y complejo a la vez, donde se descarte la experimentación en el sistema real debido a su alto costo y tiempos requeridos, por su dificultad en el control de las condiciones de experimentación o simplemente, porque el sistema propuesto no existe actualmente (Robinson, 2004). La complejidad del problema contemplado en este proyecto, involucra la interconexión de los distintos municipios, la selección del modo de transporte, la consideración de las características de los recursos, la producción de diversos víveres y el costo del sistema, elementos que varían a lo largo del periodo de tiempo e involucran

cierta complejidad a la hora de caracterizar el sistema, características que encajan en el diseño de una simulación.

Se pueden considerar tres grandes modelos de simulación: Dinámica de Sistemas (DS), Simulación de Eventos Discretos (SED) y Simulación Basada en Agentes (SBA). El primero de ellos es la DS, empleado para entender el comportamiento de un sistema en el largo plazo, focalizando en el manejo de escenarios y la dinámica de las retroalimentaciones desde un nivel estratégico (Sumari, Ibrahim, Zakaria, & Ab Hamid, 2013).

La SBA analiza el sistema a través de los individuos que los componen donde, cada uno de ellos, tienen un comportamiento individualizado (Siebers, Macal, Garnett, Buxton, & Pidd, 2010). Este método requiere de la interacción entre agentes (por ejemplo, individuos, compañías, países) bajo una estructura que permita una comunicación frecuente entre cada uno de ellos, y es usualmente aplicado a problemas distribuidos, complejos y heterogéneos (Siebers et al., 2010). La SBA podrá ser utilizada para analizar el sistema desde diferentes niveles de abstracción y decisión (estratégico, táctico y operacional) (Robinson, 2004).

La SED se puede considerar como una forma de abordaje computacional para el diseño de modelos y la solución de problemas (Leemis & Park, 2006), que entiende la operación de un sistema como una secuencia discreta de eventos en el tiempo, donde cada evento ocurre en un instante en particular en el tiempo y marca un cambio en el estado del sistema (Shankar, 2015). En este sentido, los eventos serán considerados como puntos discretos en el tiempo (Brailsford, Churilov, & Dangerfield, 2014). Al emplear la SED, el modelo se ajustará a un horizonte de

tiempo determinado (discreto o continuo) marcado por un inicio y fin, donde los eventos serán activados en un momento determinado una vez se ejecuta la simulación.

Para abordar el problema del sistema de transporte en la Zodes Canal Del Dique, se optó por seleccionar la SED, teniendo en cuenta el alcance de la simulación, el periodo de tiempo de la corrida y las características de las operaciones:

- Alcance de la simulación: Involucra la selección y prueba de escenarios adecuados a diferentes modos de transportes. La SED facilita el diseño de escenarios, donde los parámetros iniciales son ajustados de acuerdo al modo de transporte seleccionado. También se podrá incluir variables aleatorias, adaptando el modelo a condiciones reales sustentadas en el método de Monte Carlo, con aplicabilidad orientada en el mejoramiento del diseño y operación del el sistema (Brailsford et al., 2014).
- Periodo de la corrida: Los estados del sistema cambiarán según el volumen de la producción de los municipios en un periodo de tiempo, los transportes realizados y las toneladas movilizadas. De acuerdo a una programación previa de los arribos, los eventos (producción y transporte) serán ejecutados en tiempos determinados. El periodo de la corrida se considerará como corto plazo (último año de estadísticas oficiales sobre transporte y producción en la Zodes), característica propia de la SED. Este modelo es apropiada cuando las variables cambian en tiempos discretos y/o estados discretos, y es el modelo de simulación más usado en el campo de la Investigación de Operaciones (Siebers et al., 2010).

- Características de las operaciones: Para el diseño de modelo de una cadena de suministro se requerirá información de la producción periódica de los cultivos, ubicación de los municipios y centros de acopio, distancias, medios y modos de transporte. Con esta información, bajo un modelo SED, se podrá simular las operaciones en espacios de tiempos cortos (días), analizando el sistema desde niveles operativos y tácticos, focalizando más en su proceso (Sumari, Ibrahim, Zakaria, & Ab Hamid, 2013).

De acuerdo al alcance del presente proyecto, no se requerirá la programación de individuos (SBA), debido a que se establecerá un estándar para el transporte terrestre y fluvial basado en una programación general para el transporte de carga. A nivel de decisión, se descarta el análisis estratégico sugerido por DS, aterrizando el modelo a un análisis operacional limitado para un año de ejecución, adecuado para el desarrollo de la SED.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Valorar escenarios para el transporte de carga de productos hortofrutícolas a través de modos terrestres y fluviales en la Zodes Dique (Bolívar) que tienen como destino la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C. y Barranquilla, a través de la Simulación de Eventos Discretos.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar el funcionamiento general del sistema del flujo de carga terrestre de productos hortofrutícolas que tienen como origen la Zodes Dique (Bolívar) y destino, la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C., identificando las variables (incluidos sus comportamientos), entidades, atributos, procesos, recursos y relaciones que hacen parte del mismo.
2. Identificar los costos y medios que se podrían requerir para el transporte fluvial de la carga de productos hortofrutícolas generados desde la Zodes Dique y con destino a la ciudad de Cartagena de Indias D. T. H y C.
3. Construir un modelo del sistema basado en el flujo de carga y teniendo en cuenta los modos de transporte terrestre y fluvial, aplicando el concepto de Simulación de Eventos Discretos.
4. Simular el modelo construido empleando el software ProModel y validar la simulación a partir de los resultados arrojados.
5. Diseñar escenarios que incluyan el transporte en modo terrestre, fluvial o multimodal para el transporte de carga de productos hortofrutícolas y la ubicación recomendada de plataformas logística a lo largo de las rutas de comunicación.
6. Realizar un análisis de costo-beneficio de las alternativas o escenarios propuestos, seleccionando la mejor opción para el transporte de carga de productos hortofrutícolas en la zona.

1.4. Metodología

El presente proyecto propone la valoración de escenarios para el transporte de carga de productos hortofrutícolas a través de modos terrestres y fluviales en las Zodes Canal del Dique (Bolívar) y contará de las siguientes fases de desarrollo:

Fase 1 – Conceptualización del sistema: Se diseñará el modelo conceptual del sistema, definiendo cada uno de los elementos que hacen parte del sistema, a partir de la recolección de los datos primarios y secundarios, relacionados con los procesos de transporte y distribución terrestre de productos hortofrutícolas que salen de la Zodes Canal del Dique (Bolívar).

Fase 2 – Modelación del sistema: Se escogerá el método y software a utilizar para la simulación de cadenas agrícolas con todos sus actores y variables a considerar.

Fase 3-Simulación del sistema logístico: Se procederá a establecer el mapa completo de variables, constantes, entidades, atributos, procesos y relaciones que hacen parte del sistema desarrollado, empleando el software Promodel. El modelo creado necesitará ser validado con la realidad, mostrando congruencia con los resultados arrojados en la simulación. La simulación del modelo se realizará a través de la metodología de Simulación de Eventos Discretos.

Fase 4 – Análisis y validación de los resultados: Los resultados serán contratados de acuerdo a los valores previos obtenidos de variables clave que caracterizan el sistema, aplicando herramientas estadísticas que consideren las pruebas de hipótesis sobre parámetros conocidos.

Fase 5 - Interpretación de resultados, diseño y valoración de escenarios: Como última fase, se analizarán los resultados y se realizarán pruebas sobre diferentes escenarios bajo un horizonte de tiempo no mayor a los 5 años.

1.4.1. Tipo De Investigación. Se establece que esta investigación es de tipo correlacional, así mismo como descriptiva y propositiva. Dicha investigación pretende establecer variables referidas al desempeño del sistema logístico para una región determinada y así poder identificar sus relaciones y comportamientos, para lograr el diseño de propuestas (escenarios) que coadyuven a la solución de los problemas detectados. Además, esta investigación conduce a la descripción de la situación actual frente a la problemática planteada, atribuyéndole un aspecto de tipo descriptivo.

1.4.2. Fuentes de Información.

1.4.2.1. Fuentes de Información Primaria. El estudio requiere de la recopilación y acceso de fuente primaria producida en sitio de origen de la producción y transporte de productos hortofrutícolas. Esta información hace referencia a los costos de producción, costo de transporte terrestres, capacidades, volúmenes transportados, estimación de los costos de transporte fluvial, entre otros aspectos. Para ello, se procederá a la constatación de datos primarios (en los aspectos mencionados) bajo trabajo de campo. De igual manera, se contará con información suministradas por las empresas y entidades del gobierno relacionadas con la temática.

1.4.2.2. Fuentes de Información Secundaria. A pesar de que este tipo de fuentes no influyen directamente en el estudio, son de gran vitalidad para saber cuáles fueron los enfoques que se le dieron a trabajos que precedieron al presente y cuáles son los aspectos no abordados por los mismos, para que en el caso dado sean tocados en esta investigación. Dentro de fuentes de información secundarias hacen parte: libros, artículos publicados, revistas electrónicas, periódicos, revistas especializadas, boletines informativos, monografías y entre otros documentos que abordan temas de simulación de diferentes sistemas de transporte.

1.4.3. Delimitación Del Problema

1.4.3.1. Delimitación Temporal. La simulación del flujo de carga movilizada por medios terrestres y fluviales que tiene como origen la ZodesCanal del Dique (Bolívar) desde los municipios Cartagena, Turbaco, Arjona, Calamar, ArroyoHondo, Clemencia, Mahates, San Cristóbal, San Estanislao de Kostka, Santa Catalina, Santa Rosa de Lima, Turbaco y Turbana, partiendo de la recolección de datos históricos de años anteriores (2011 al 2013), e información actualizada (2014).

1.4.3.2. Delimitación Espacial. El área de estudio para el desarrollo de esta investigación lo comprender la ZodesCanal del Dique (Bolívar) desde los municipiosCartagena, Turbaco, Arjona, Calamar, ArroyoHondo, Clemencia, Mahates, SanCristóbal, San Estanislao de Kostka, Santa Catalina, Santa Rosa de Lima, Turbaco, Turbana, y las vías circundantes a este lugar (punto de destino de los productos).

1.4.4. Operacionalización de las variables. A continuación, se presentan las variables que se trataran en el presente trabajo:(Ver Tabla 12)

Tabla 12. Operacionalización de las variables

Operacionalización De Las Variables			
Variable	Dimensión	Descripción	Tipo
Modelado	Entidades	Equivalente a las toneladas de carga transportada por producto hortofrutícola	Cuantitativa
	VARIABLES Y CONSTANTES	Costo de transporte, tiempos de transporte, número de vehículos, matriz origen-destino.	Cuantitativa/Cualitativa
	Atributos	VARIABLES DEL SISTEMA RELACIONADAS AL TIEMPO DE ENTRADA Y SALIDA	Cuantitativa
Simulación	Proyección de Variables	Proyección a 5 años de los datos	Cuantitativa
	Número de Corridas	Número de veces en que correrá el modelo	Cuantitativa
	Capacidad Máxima	Momento de ruptura del modelo proyectado	Cuantitativa

Fuente: Elaboración de los autores

2. Marco Referencial

El marco referencial del presente proyecto describe la literatura sobre los conceptos de simulación, partiendo desde un punto de vista general hasta la particularidad de la teoría, pasando por temáticas como la modelación de cadenas de suministro logística y agroindustriales, y finalmente se trata el método de la Simulación de Eventos Discretos (SED), método adoptado en este proyecto.

2.1. La Dinámica de Sistemas y su Relación con las Cadenas Agrícolas

La internacionalización de los mercados transfiere a las organizaciones la presión de buscar sistemas logísticos eficientes para mover sus productos cada vez con mayor rapidez y a bajo costo, en esa búsqueda se debe tener al estado como el gran aliado en este proceso, en el desarrollo de proyectos logísticos que buscan el mejoramiento de la infraestructura actual de cada país (Nedelescu-Ionescu & Ovidiu, 2014). En los países que poseen una gran diversidad geográfica, la inversión en el desarrollo de la infraestructura vial, corredores de carga e interconexión entre los modos de transportes existentes, es clave para la disminución en los tiempos de tránsito, costos y manipulación de la carga, impactando favorablemente la competitividad de los productos movilizados al interior del país, en su intención de ingresar a los diferentes mercados nacionales e internacionales.

El desarrollo del transporte intermodal puede llegar a resolver muchos de los problemas logísticos que actualmente afectan a los productores, distribuidores y comercializadores del país, la carencia de vías primarias para sacar los productos de las zonas de producción, la falta de acopios logísticos para el manejo, adecuación y distribución de estos productos, crean la

necesidad de desarrollar proyectos enfocados en sistemas logísticos modernos y eficientes para lograr un desarrollo sostenible en las diferentes cadenas productivas(Nedelescu-Ionescu & Ovidiu, 2014).

En las cadenas agrícolas los diferentes sistemas logísticos de transporte juegan un papel esencial en las regiones donde se producen, distribuyen y comercializan los productos perecederos del sector hortofrutícola(Espín Gómez, 2004). Estos sistemas deben hacer un esfuerzo constante por ser dinámicos, innovadores y eficientes, con el fin de disminuir los tiempos de entrega, prolongando la vida útil de los productos y acortando su proceso de maduración, de esta forma se puede asegurar la entrega o venta de un producto más fresco, higiénico, sin exceso de manipulación a los consumidores finales(Espín Gómez, 2004).

En este sentido, la integración de las cadenas de suministros donde cada actor debe contar con procesos internos que le agreguen valor, la ubicación geográfica de las infraestructuras logísticas, el uso de tecnologías actuales, pueden llevar finalmente al éxito de estas cadenas, proponiendo un desarrollo sostenible, con altos niveles de competitividad y una presentación positiva en el aspecto ambiental sobre las regiones y el país (Peña, Nieto Alemán, & Rodríguez, 2008).

2.2.Modelación y Simulación de Cadenas de Suministro

Para Coss (2000, p. 12), la simulación es una:

Técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo” (Coss R. , 1993)

Y cuenta con las siguientes etapas de desarrollo:

- Definición del sistema
- Formulación del modelo
- Colección de datos
- Implementación del modelo en la computadora
- Validación
- Experimentación
- Interpretación
- Documentación

Por otro lado, las cadenas de suministro logísticas son sistemas que logran interrelacionar de manera conjunta, todos sus elementos, asociándolos con sus funciones a través del alcance de un mismo objetivo, desde la elaboración de un producto hasta su consumo final (Owerns & Warner, 2003). Los sistemas deben proveer de una interacción constante y efectiva en el flujo de recursos esenciales, como los materiales e información a través de toda la cadena, permitiendo el engrane de cada uno de los eslabones de dicha cadena de forma eficiente, basados en la correcta utilización de los recursos (Ratliff & Nulty, 1996)

Al caracterizar un sistema logístico se obtendrán los modelos a usar como referencia, los cuales serán los soportes para el desarrollo de estrategias necesarias para la configuración de mejores cadenas logísticas. Con una clara identificación y una acertada implementación en cada uno de los componentes de un sistema logístico se puede aumentar la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro (Transportation Research Parte E 42, 2006), donde la correcta gestión de la misma podrá mejorar la fluidez en la colocación de insumos, productos y equipos desde las zonas productivas hasta los lugares deseados o esperados y viceversa, para

así cumplir con el propósito de entrega eficiente y oportuna, con el menor costo posible (Owerns & Warner, 2003)

Los problemas en el funcionamiento de un sistema logístico pueden atribuirse a la complejidad y la dimensión de sus procesos, al momento de desarrollar e integrar la recolección, el transporte y la distribución de los bienes provenientes de las zonas de producción. La recreación de estos procesos mediante el uso de técnicas de simulación para modelar las redes logísticas, se convierte en una herramienta fundamental para la búsqueda de las diferentes soluciones a los diversos problemas que se puedan presentar a lo largo de la cadena de suministro, observando la dinámica de cada sistema de forma individual y detallada, para asegurar la integración en cada uno de sus puntos de forma eficiente (Steadie Sefie, 2011), (Yalaoui, Chehade, Yalaoui, & Amodeo, 2013).

Los modelos de simulación aplicados en los diferentes sistemas logísticos alcanzan la facultad de recrearlos y así poderlos cotejar con otros similares en diferentes escenarios para evaluar completamente su comportamiento y funcionalidad. Entendiendo que la simulación de los sistemas logísticos busca encontrar la mejor solución (Angerhofer & Angelides, 2000), otorgando de herramientas y alternativas a la dirección en las organizaciones para el diseño, nueva tecnología, infraestructura y direccionamiento de sus estrategias para el correcto desarrollo de las operaciones de abastecimiento, transporte y distribución de los bienes producidos (Slats, Bhola, Evers, & Dijkhuizen, 1995).

La técnica de simulación en el análisis de sistemas es ampliamente usada en diferentes campos, debido a sus avances metodológicos y la mayor disponibilidad del software necesario para su aplicación, esta técnica que ofrece las siguientes ventajas (Coss, 2003):

- La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema.
- A través de un estudio de simulación, se puede observar el efecto de los cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema.
- La técnica de simulación puede ser usada para experimentar con nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poco o ninguna información.
- A través de la técnica de simulación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.

2.3. Modelado y simulación de cadenas agrícolas

Una cadena de suministro agrícola puede ser modelada con distintos métodos y software, dependiendo del enfoque, objetivo o problema tratado. Entre los métodos de simulación de cadenas agrícolas se encuentra la Dinámica de Sistemas, método que permite analizar las interacciones entre los distintos actores tales como: Agricultores, Mayoristas, Minoristas y Consumidores. Para (Forrester, 1961), la Dinámica de Sistemas (o DS, por sus siglas en inglés) es capaz de describir fenómenos sociales y económicos debido a su capacidad de representación y adaptabilidad a un modelo matemático. Algunas calidades para lograr un trabajo óptimo en la modelación bajo la metodología DS son tener un pensamiento dinámico, causal, perspectivo, operacional, cíclico, cuantitativo y científico Richmond, como se citó en (Amezquita, Vergara Schmalbach, & Maza, 2008) Las etapas para la ejecución de un estudio de simulación por medio de la metodología DS son las siguientes (Amezquita, Vergara Schmalbach, & Maza, 2008).

- Definición del núcleo problema de estudiar.
- Identificación de variables y establecer sus relaciones.
- Construcción y simulación del modelo.
- Interpretación de resultados.

De acuerdo a (Amezquita, Vergara Schmalbach, & Maza, 2008), el tipo de modelo DS se compone de variables, relaciones y sus retroalimentaciones. Entre las variables se encuentran: acumulador (Stocks), de flujo (Flows), convertidores (converters) y de decisión (decisions). Adicionalmente, las variables que en la cadena afectan tanto a los actores directos e indirectos tales como la relación entre el precio y la demanda. (Teimoury, Nedaei, Ansari, & Sabbaghi, 2013). Cabe resaltar que adicionalmente en las consideraciones a tener en cuenta para el proceso de simulación es que estas variables (Precio y demanda) de los alimentos, dependen de políticas gubernamentales, inflación, ciclos de producción de los productos alimenticios, el clima y la infraestructura logística, entre otros (Teimoury *et al*). Otro tipo de consideración a tener en cuenta es aquel sobre el tipo de cadena agrícola a modelar. En este sentido cabe mencionar que existen dos tipos de cadenas agrícolas: Las Cadenas agrícolas de productos perecederos y las de productos no perecederos (Ahumada & Villalobos, 2009). Las relaciones entre variables pueden ser positivas o negativas al igual que las retroalimentaciones.

En una cadena de suministro de productos agrícolas actúan diferentes actores. Los actores corresponden a la “descripción de todos los participantes en una actividad económica que se relacionan para llevar unos insumos a un producto final y entregárselo a los consumidores finales” (Peña, Nieto Alemán, & Rodríguez, 2008). En una cadena agrícola se pueden considerar como actores principales (Naoum K. Tsolakis & Toka, 2013):

- Productores agrícolas
- Cooperativas agrícolas
- Plantas de producción
- Mayoristas
- Detallistas
- Consumidores

Un caso de estudio en el cual se puede apreciar la utilidad de la simulación de eventos discretos en cadenas de suministro agrícolas, es el estudio sobre la cadena agrícola de la caña de azúcar, naranjas e industria de madera y la aplicación de la simulación de eventos discretos en ello. (Iannoni & Morabito, 2004) Los autores plantean como principal problema a estudiar para los administradores de la logística de dicha cadena de suministro agrícola, el desabastecimiento de materia prima entre los centros de producción y las plantas de procesamiento. A su vez como problema secundario, el nivel de materia prima acumulada para ser descargada, evitando la pérdida por ser de tipo perecedero. Es entonces como la metodología de simulación de eventos discretos se utiliza en la cadena de suministro agrícola de la caña de azúcar, madera y naranjas, para obtener respuestas en la mejora de las eficiencias y tiempos de entrega, evitando el desabastecimiento y procurando el suministro continuo de materia prima entre los centros de producción y las plantas de procesamiento (Iannoni & Morabito, 2004).

2.4. Simulación de Sistemas de Eventos Discretos

Banks (2004) se refiere a la metodología de la simulación en distintos aspectos, inicialmente trata los diferentes modelos que existen desde los puntos de vista probabilísticos y matemáticos.

Se pueden citar modelos de simulación discretos y continuos, como un primer sub grupo. Los modelos discretos son aquellos en los que los eventos se presentan en un periodo de tiempo puntual. Un Ejemplo puede ser las llegadas de personas a un banco; y los modelos continuos, presentan eventos de manera y valga la redundancia, en un periodo continuo en el tiempo, como ejemplo se puede citar el nivel de agua en una represa, que varía conforme llueve o se evapora por las condiciones del clima.

En otro subgrupo, se puede citar los modelos determinísticos o estocásticos. Los modelos estocásticos, son aquellos modelos en los que el comportamiento es aleatorio entre los periodos de tiempo que transcurren por cada evento, mientras que los modelos determinísticos, no presentan comportamiento aleatorio. Finalmente se cita los modelos estáticos y dinámicos. Los modelos Estáticos, están representados por métodos de simulación como Monte Carlo. Y los dinámicos, son aquellos que están determinados por condiciones tales como el horario de atención.

Banks (2004) define los siguientes componentes para un sistema de simulación discreto:

- **Entidad:** Son aquellos elementos que reciben una transformación, Ej.: Clientes en una sala de espera o en un consultorio médico, Materia prima,
- **Atributo:** Son las características del sistema, Ej.: Capacidad, Longitud, Velocidad.
- **Actividad:** Son los procesos que ejecuta el sistema, Ej.: Soldadura, Pintura.
- **Estado:** Los estados que se presenten en los elementos del sistema, Ej.: Niveles de inventarios, estado de los servidores.
- **Evento:** Son aquellas acciones o hechos que se presentan, Ej.: Llegadas de clientes a la cola.

- **Servidores:** Son los entes encargados de prestar la atención a las entidades para surtir alguna transformación en ellos. Ej.: Estación de gasolina, Empleado en un banco.
- **Colas:** Es el conjunto de entidades acumuladas en espera para ser atendidas por los servidores: Ej.: Cola en un banco o en un cine.

2.5.Consideración para la simulación de cadenas agrícolas

Los elementos generales que se deben tener en cuenta para la simulación de cadenas agrícolas son: capacidades y localización geográfica, rendimientos y desperdicios, actores, locaciones, rutas, recursos, potencialidades y amenazas (Amezquita, Vergara-Schmalbach, & Maza, 2001).Entre las capacidades y localización geográfica se tienen en cuenta:

- Instalaciones de acopio: Número y localización de instalaciones, capacidad de acopio, tiempos de procesamiento.
- Bodegas: Numero y localización, capacidad, proporción de productos que almacena.
- Transporte: Tipo, localización, cantidad, capacidad, origen - destino.
- Cultivos (producción): Capacidad real, capacidad máxima, localización.
- Procesamiento agroindustrial: Localización, capacidad de procesamiento, características de los productos.

Para caracterizar los rendimientos y desperdicios se consideran:

- Cultivos: Rendimiento, producción máxima, proporción de desperdicios, insumos, temporadas de producción, tipo de consolidación, unidad de medida empleada.
- Transporte: Número de viajes
- Procesamiento agroindustrial: Rendimientos

Entre otros elementos que harán parte de la caracterización de la cadena agrícola se encuentran:

- Actores: Identificación, características, localización
- Enlaces y cadena de suministro: destino de productos, relación entre actores
- Ciclos de producción: Tiempos de producción por cultivo
- Datos históricos: Áreas cultivables, producción
- Proyecciones a mediano y largo plazo: Producción
- Costos: Transporte, productos, desperdicios, insumos
- Precios: Productos

También se consideran las amenazas y oportunidades que afectan la cadena de suministro agrícola como las capacidades futuras, tendencias del mercado, la competencia, cuellos de botella, productos promisorios y tendencias del mercado.

La simulación de cadenas agroindustriales se puede tratar como un problema complejo, donde existen múltiples actores de las cadenas y frecuentes cambios en ellos, cada uno con interés particulares entre cada uno de los involucrados de la cadena. Cabe resaltar que los consumidores finales tienen exigencias en tiempo, calidad y variedad, y todo esto dentro de un ambiente de constante cambio de los mercados y en tamaños, tendencias y estilos de vida (Kumar & Nigmatullin, 2011).

3. Caracterización de la Zodes Dique

La caracterización de la Zodes Dique, ofrecerá información esencial para la construcción y culminación de este trabajo, con una detallada identificación de las principales características de la Zodes. En este aparte se propone describir la Zodes desde sus generalidades en la producción, cultivos y productos hortofrutícolas, su ubicación geográfica y las diferentes vías de acceso e interconexiones terrestres y fluviales con los eventuales nodos logísticos y la capital del departamento. Considerando las condiciones actuales de la red vial en Bolívar (Gobernación de Bolívar, Departamento Administrativo de Planeación, 2012), el actual esquema representa un desafío a la movilidad, dinamismo e interconectividad en el transporte terrestre de los productos hortofrutícolas.

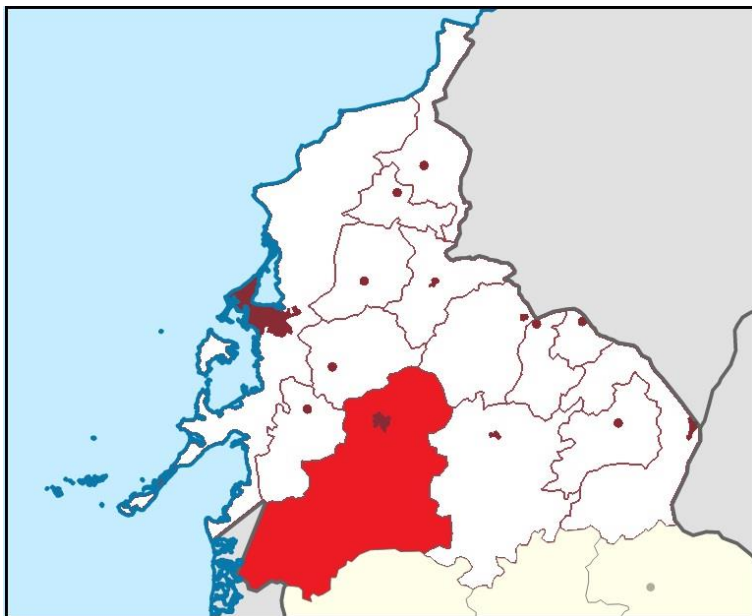
3.1. Caracterización Municipio de Arjona

Arjona es el principal municipio de la ganadería en Bolívar, Arjona fue fundada en 1.716 por Antonio de la Torre y Miranda; y Según la categorización el Municipio es el sexto municipio según su ubicación más cercano a Cartagena. (Alcaldía de Arjona, Bolívar, 2016).

3.1.1. Generalidades.El municipio de Arjonase comunica a través del transporte terrestre y fluvial al momento de transportar los productos cultivados en territorio. Arjona no cuenta con comunicación vía aérea, limita al norte con el municipio de Turbaco, al este con Arenal y Mahates, al sur con Marialabaja y al oeste con Turbana. Su única y principal vía fluvial es el

canal del Dique(Alcaldía de Arjona, Bolivar, 2016). Sus vías de acceso terrestre se encuentran clasificadas como primarias, secundarias y terciarias. (Ver Ilustración 16)

Ilustración 16. Ubicación geográfica del municipio de Arjona



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/arjona>

3.1.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Arjona los cultivos con mayor volumen de producción en toneladas entre los periodos 2007 y 2014 son; a) Yuca con 132862 T y de área cosechada 12300 Ha; b) Maíz con 34593 T y de área cosechada 27683 Ha; c) Plátano con 6915 T y de área cosechada 595 Ha. (Ver Tabla 13)

Tabla 13. Productoshortofrutícolasdel municipio de Arjona en el periodo 2007 a 2014

Arjona															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	16480	17816	16771,25	19369	12894	21601,8	22279,69515	23035,67512							
Mango	600	450	600	600	600	600	600	1400							
Palma De Aceite	455	828	511,25	550	550	712,8	680,4	732,9							
Platano	475	438	710	994	994	1064	1120	1120							
Yuca	14950	16100	14950	17225	10750	19225	19879,29515	19782,77512							
	2007a	2007b	2008a	2008b	2009a	2009b	2010a	2010b	2011a	2011b	2012a	2012b	2013a	2013b	2014a
Total	456	4160	456	4484	468	3096	512	3413	420	2484	576	3895	840	4937	4396
Maiz	456	4160	456	4484	468	3096	512	3413	420	2484	576	3895	840	4937	4396

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.1.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Arjona. En la siguiente tabla se muestra el estado de las vías, su clasificación y su tamaño en kilómetros del municipio de Arjona, En este municipio cuenta con red primaria y terciarias, la primera con un total 36 km pavimentados, de los cuales el 61 % se encuentra en regular estado. En cuanto a las vías tercerías se encuentran afirmadas y en estado regular el 59.9% del total de kilómetros(VerTabla 14).

Tabla 14. Infraestructura de transporte del municipio de Arjona

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Arjona	Red Primaria	36	36	14	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	43,8	0,1	0	-	-	43,7	-	26,2	17,5	-	-	-	-
	Red Terciaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.2. Caracterización Municipio de Arroyohondo

El municipio de Arroyohondo, fundado a la margen derecha de una quebrada de aguas vivas. Cuando las selvas eran vírgenes, nació y se fundó Arroyohondo. Debido a su equilibrada ubicación con los pueblos circunvecinos comenzó su pujante ganadería y agricultura, convirtiéndose en un centro de distribución y consumo agropecuario. La economía de este municipio se basa en la Agricultura, Ganadería, Pesca, Comercio y Servicios (Alcaldía de Municipio de Arroyohondo, Bolívar, 2016).

3.2.1. Generalidades. El municipio de Arroyohondo, se encuentra localizado entre los 74°30'27" de longitud occidental y 10°30'07" de latitud norte de Greenwich. Dentro de sus vías de comunicación se encuentra los modos de transportes terrestre y fluvial para la distribución de los productos cultivados en territorio. Arroyohondo no cuenta con comunicación vía aérea. Limita al norte y al este con el municipio de Calamar, al oeste con el municipio de Mahates (Alcaldía de Municipio de Arroyohondo, Bolívar, 2016). Su única y principal vía fluvial es el canal del Dique. Sus vías de acceso terrestre se encuentran clasificadas como secundarias y terciarias (Ver Ilustración 17).

Ilustración 17. Ubicación geográfica del municipio de Arroyohondo

Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Arroyohondo>

3.2.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Arroyohondo los cultivos con mayor volumen de producción en toneladas durante los periodos de 2009 – 2014 son; a) Yuca con 36816 T y de área cosechada 6136 Ha; b) Maíz con 12744 T y de área cosechada 13470 Ha; c) Ñame con 1390 T y de área cosechada 139 Ha.(VerTabla 15).

Tabla 15. Productos Hortofrutícolas municipio de Arroyohondo en el periodo 2007 a 2014

Arroyohondo															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	5100	5160	4050	4760	5046	4810	4100	5180							
Ñame			150	200	210	130	200	500							
Yuca	5100	5160	3900	4560	4836	4680	3900	4680							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	765	1145	1114	1200	1100	320	840	910	600	800	620	980	490	790	1100
Algodón						30									
Maiz	765	1145	1114	1200	1100	290	840	910	600	800	620	980	490	790	1100

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.2.3. Infraestructura de Transportedel municipio de Arroyohondo.

En la siguiente tabla se muestra el estado de las vías, su clasificación y su tamaño en kilómetros del municipio de Arroyohondo, este municipio no cuenta de una red primaria, sobre su red son pocos los kilómetros de vías secundarias, representados en un 39.11% del total de sus vías. Las vías terciarias se encuentran afirmadas y en mal estado en 17.4 km de vía. (Ver Tabla 16)

Tabla 16. Infraestructura de Transportedel municipio de Arroyohondo

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra				
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	
Arroyohondo	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	16	7	-	3	4	9	5	4	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	24,9	-	-	-	-	24,9	-	7,5	17,4	-	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

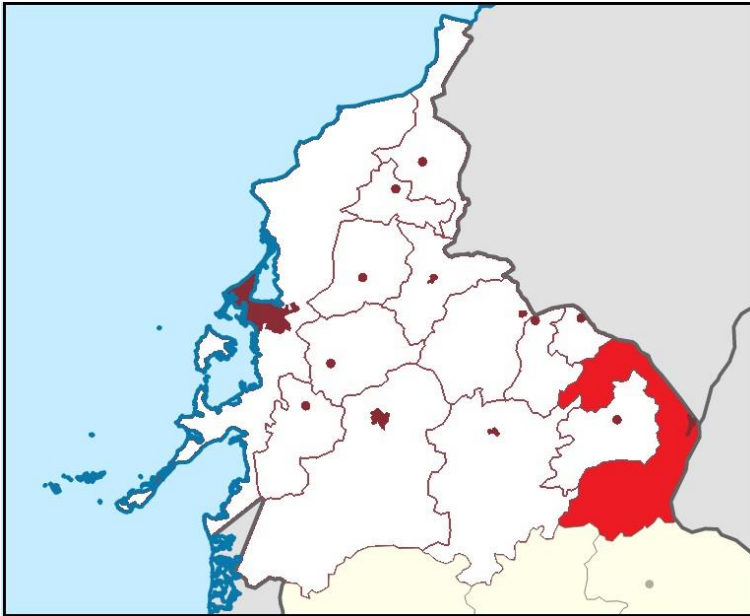
3.3. Caracterización Municipio de Calamar

El municipio de Calamar fue fundado bajo el gobierno del general Tomas Cipriano de Mosquera. Sus Los primeros habitantes se establecieron en una extensa llanura entre las Ciénaga de los Negros y el Río Grande de la Magdalena. Los ecosistemas poseen un potencial hidrológico con 18000 hectáreas de espejos de agua, en este municipio nace el Canal del Dique como un brazo del Río Grande de la Magdalena(Alcaldía de Calamar - Bolívar, 2012).

La economía se caracteriza por ser mixta entre el comercio, ganadería y agricultura, se dedica al acopio de productos agropecuarios que vienen de municipios y corregimientos de tres departamentos, competitiva para el comercio de estos productos primarios y de consumo masivo.

3.3.1. Generalidades: El municipio de Calamar, se encuentra localizado entre las coordenadas 10° 15' de Latitud Norte y a los 74° 55' de Longitud Oeste. Cuenta con transporte terrestre y fluvial para la salida de sus productos. Calamar, posee dos arterias fluviales, el Río Grande de la Magdalena y el Canal del Dique, por medio del Río Magdalena permanecemos en contacto con los departamentos del Magdalena y Atlántico. Presenta vías primarias, secundarias y terciarias, entre las primarias tenemos la Carretera Nacional Troncal del Caribe que comunica al interior del país con la Costa Atlántica específicamente a las ciudades de Sincelejo, Barranquilla y Cartagena. Las vías secundarias nos comunican a los municipios de Arroyohondo, San Cristóbal y Santa Lucía(Alcaldía de Calamar, Bolívar, 2016)(VerIlustración 18)

Ilustración 18. Ubicación geográfica del municipio de Calamar



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Calamar>

3.3.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Calamar los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 68821 y un área cosechada de 11398 Ha; b) Maíz con 42183 t y un área cosechada 30086 ha; c) Plátano con 29848 t y de área cosechada 4333 ha (Ver Tabla 17).

Tabla 17. Productos Hortofrutícolas municipio de Calamar en el periodo 2007 a 2014

Calamar															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
	4269	3244	1806,35	1589	1442	4280	5497	5800							
Guayaba	0	84	84	24	24	60	60	60							
Mango	555	510	510	225	225	300	300	300							
Ñame	24	76	33	80	63	168	175	350							
Palma de aceite						0	0	0							
Plátano	210	90	60	30	30	12	12	30							
Yuca	3480	2484	1119,35	1230	1100	3740	4950	5060							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
	702	1542	678,9	2882	1017,98	1512	924	480	875	360	1538	3780	7806	4320	4572
Ají			50,4		19,98		40				33		66		132
Frijol	6														
Maíz	696	1542	628,5	2882	998	1512	884	480	875	360	1505	3780	7740	4320	4440

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.3.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Calamar. Calamar posee vías primarias, secundarias y terciarias, siendo las vías primarias su mayoría representado en un 60.8% del total de su red vial. Se puede destacar que estas redes primarias se encuentran pavimentadas y en buen estado (Ver Tabla 18).

Tabla 18. Infraestructura de Transporte del municipio de Calamar

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas			Afirmado			En Tierra					
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Calamar	Red Primaria	21	21	13	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	2	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	11,5	1,8	-	-	2	9,8	-	3,4	6,4	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

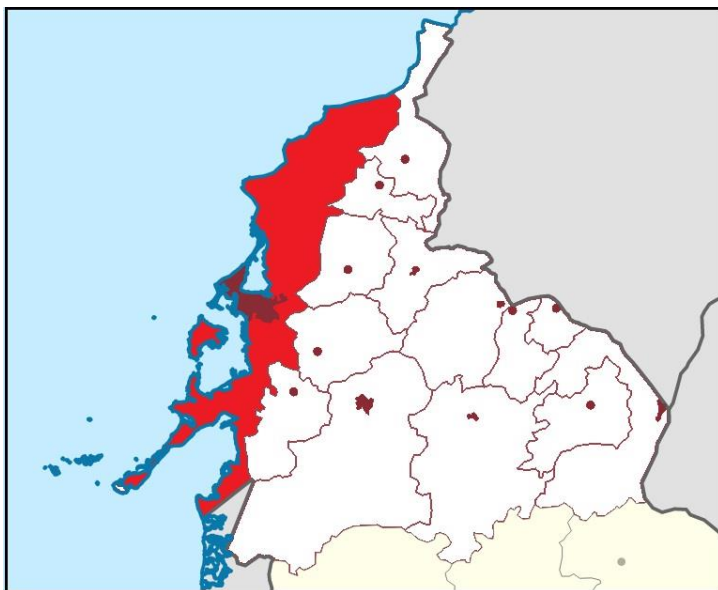
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.4. Caracterización Municipio de Cartagena

El municipio de Cartagena es la capital del departamento de Bolívar, principal nodo logístico de la región debido a la actividad portuaria, turística e industrial que se desarrolla en esta parte del departamento.(Alcaldía de Cartagena, Bolivar, 2016).

3.4.1. Generalidades. Cartagena está localizada en el norte del departamento de Bolívar a orillas del mar Caribe. Se encuentra a 10° 25' 30" latitud norte y 75° 32' 25" de longitud oeste. Cartagena limita al oriente con los municipios de SantaCatalina, Clemencia, Santa Rosa, Turbaco y Turbana; al norte y al occidente con el mar Caribe; y al sur con el municipio de Arjona. La bahía de Cartagena de Indias recibe el principal aporte del canal del Dique, afluente del río Magdalena, adquiriendo condiciones especiales de riqueza productiva para fines de usos pesqueros y de acuacultura. Al sur se encuentra la bahía de Barbacoas, que de igual manera recibe el aporte del canal del Dique a través de los caños Lequerica y Matunilla que le dan carácter estuárico al noreste de la bahía. Cartagena cuenta con el Aeropuerto Internacional Rafael Núñez, en honor al político cartagenero del mismo nombre. Está situado dentro del perímetro urbano de Cartagena de Indias, lo que permite un fácil acceso desde cualquier sitio de la ciudad. En la parte terrestre Cartagena cuenta con vías primarias y secundarias (Alcaldía de Cartagena, Bolivar, 2016) (Ver Ilustración Ilustración 19).

Ilustración 19. Ubicación geográfica del municipio de Cartagena



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Cartagena>

3.4.2. Productos Hortofrutícolas: En el municipio de Cartagena los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Melón con 5640 T y un área cosechada de 225 Ha; b) Maíz con 2201 T y un área cosechada de 2111 Ha; c) Arroz con 5274 T y un área cosechada de 2007 Ha.(VerTabla 19).

Tabla 19. Productos Hortofrutícolas municipio de Cartagena en el periodo 2007 a 2014

Cartagena De Indias															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	6243	5341	5008,5	4635,5	6297,5	4973	6530	6959							
Ciruela	100	100	97,5	97,5	97,5	74	74	74							
Coco	1578	1578	1518	2118	2118	1944	1944	1976							
Guanabana						32	20	20							
Guayaba	90	90	81	81	81	70	70	70							
Mango	340	323	289	119	119	102	102	119							
Ñame		0	564	480	840	225	400	780							
Platano	265	240	205	130	130	126	240	240							
Yuca	3870	3010	2254	1610	2912	2400	3680	3680							
Total	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	295	1072	251	1009	179	523	195	503	807	752	731,5	1715,5	710,88	1820,2	1143,5
Ají												8		7,6	
Arroz	40	94	36	90	36	104	40	63	26	540	45	840	39	900	60
Berenjena										24	40	40	39	40	56
Cilantro												10		8	10
Col											6	15	28,8	12,5	
Frijol												2		3,6	6
Hortalizas varias									136						
Maíz	125	300	113	293	66	126	69	146	50	118	67,5	188,5	80	220,5	97,5
Melón	80	504	56	464	49	217	56	216	560	70	414	500	360	500	700
Patilla									35		72	80	75	96	96
Pepino											32	32	40	32	56
Pimentón											20		25		28
Sorgo	50	174	46	162	28	76	30	78			15		14		14
Tomate											20		10,08		20

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.4.3. Infraestructura de Transportedel municipio deCartagena. El municipio de Cartagena cuenta con 156.8 kilómetros en su red vial, los cuales 111 km pavimentados se encuentran en buen estado, donde el 67% pertenece a su red primaria (**VerTabla 20**).

Tabla 20. Infraestructura de Transportedel municipio de Cartagena

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Cartagena	Red Primaria	81,9	81,9	75	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	7,4	7,4	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	67,5	32,6	33	-	-	34,9	-	15,2	19,7	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.5. Caracterización Municipio de Clemencia

El municipio de Clemencia basa su economía en la agricultura y la ganadería. Abasteciendo a la población de todos los productos agrícolas esenciales como la leche, carne de res, plátano, yuca y maíz. Este municipio está ubicado sobre un terreno de compuesto por suelos en su mayoría arcilloso y arenoso aptos para las actividades agropecuarias e industrias y ladrilleras. (Alcaldía de Clemencia, Bolívar, 2016).

3.5.1. Generalidades. El municipio de clemencia se encuentra situado entre zonas poco montañosas, volcánicas, la zona urbana se encuentra ubicada en un valle de serranías. El modo terrestre es su único y principal vía de comunicación con Barranquilla-Luruaco- Clemencia-Bayunca-Cartagena. No cuenta con los modos de transporte aéreo y fluvial. Clemencia, limita al Oriente con el municipio de Santa Catalina, Luruaco y Repelón (Atlántico). Occidente: Corregimiento de Bayunca (Distrito de Cartagena). Al Norte: Corregimiento de Arroyo Grande, jurisdicción del Distrito de Cartagena. Sur: Municipios de Santa Rosa de Lima y Villanueva. (Alcaldía de Clemencia, Bolívar, 2016). Sus vías de acceso terrestre se encuentran clasificadas como secundarias y terciarias. (Ver Ilustración 20)

Ilustración 20. Ubicación geográfica del municipio de Clemencia



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Clemencia>

3.5.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de clemencia los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 64100 T y un área cosechada 7900 Ha; b) Plátano con 18614 T y un área cosechada de 2692 Ha; c) Mango con 9634 T y un área cosechada de 1098 Ha. (VerTabla 21).

Tabla 21. Productos Hortofrutícolas municipio de Clemencia en el periodo 2007 a 2014

Clemencia															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	10798	11580	11935	11955	13405	13405	14139	15095							
Guayaba	30	200	225	225	225	225	225	225							
Limon					720	720	720	720							
Mango	64	400	450	1580	1680	1680	1680	2100							
Naranja	504	600	720	720											
Ñame			160	80	400	400	720	1200							
Platano	2100	2380	2380	2150	2380	2380	2394	2450							
Yuca	8100	8000	8000	7200	8000	8000	8400	8400							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	200	1300	1300	1300	150	1134	270	650	140	976,5	195	1300	175	1185	1255
Aji						84	140	120			70	70	105		280
Habichuela					30	30	15	15	15	1,5	10	15	20		
Maiz	200	800	800	800	120	720	100	500	110	960	100	1200	50	900	600
Sorgo		500	500	500		300	15	15	15	15	15	15		285	375

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.5.3 Infraestructura de Transportedel municipio de Clemencia

El municipio de Clemencia presenta una red vial con 30.1 kilómetros, en estado pavimentado y afirmado, con un alto porcentaje pertenece a sus vías tercerías, exactamente 19.8 kilómetros de vías (VerTabla 22)

Tabla 22. Infraestructura de Transportedel municipio de Clemencia

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas			Afirmado				En Tierra				
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Clemencia	Red Primaria	10,3	10,3	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria	19,8	-	-	-	-	19,8	-	15,8	4	-	-	-	-
	INVIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

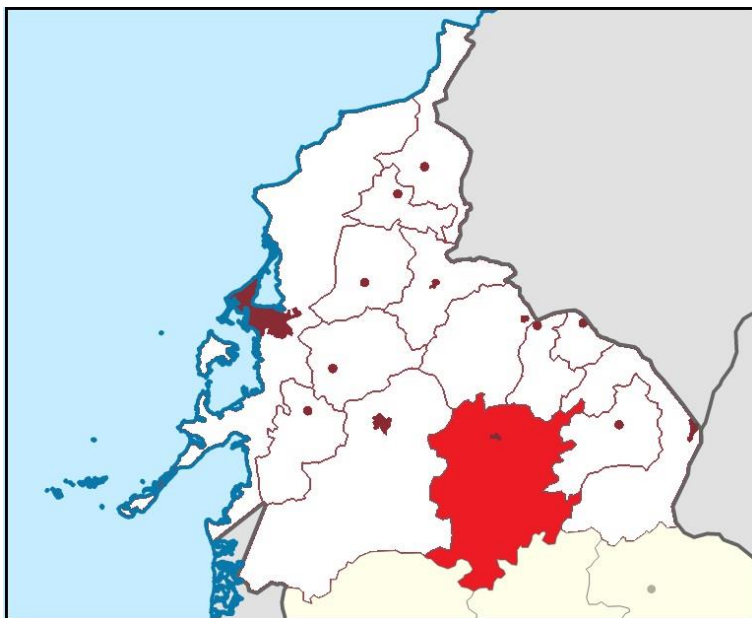
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.6. Caracterización Municipio de Mahates

Mahates Fue fundada En 1.533 por Don Pedro De Heredia quien, su economía se basa en la agricultura, participando de esta actividad unos 9.000 y 11.000 habitantes de su población total.(Alcaldía de Mahates, Bolívar, 2016).

3.6.1. Generalidades: El municipio de Mahates está ubicado en la zona norte del departamento de Bolívar a 55 Km de la capital del departamento vía terrestre, no posee Aeropuerto. En la parte fluvial el municipio es cruzado por caños y quebradas, siendo su principal fuente hidrográfica el Canal del Dique, con una influencia en la zona de aproximadamente de 18.000 Hectáreas. Limita en su margen izquierdo del Canal del Dique con las Coordenadas $10^{\circ} 15'$ de Longitud Norte y $75^{\circ} 11'$ de Longitud Oeste (Alcaldía de Mahates, Bolívar, 2016) (Ver Ilustración 6).

Ilustración 21. Ubicación geográfica del municipio de Mahates



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Mahates>

3.6.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Mahates los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 253955 T y un área cosechada de 26799 Ha; b) Maíz con 47789 T y un área cosechada de 34008 Ha; c) Ñame con 43500 T y un área cosechada de 4350Ha(VerTabla 23).

Tabla 23.Productos Hortofrutícolas municipio de Mahates en el periodo 2007 a 2014

Mahates															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	26725	24187	40177	34662	32426,6	69480	7	88674,6666	90217,2727						
Caña panelera	0	325	0	3500	2975	3500	5000	5000							
Cítricos							3000	3000							
Coco	680	680	680	650	680	680	688	720							
Mango	2800	2800	2800	2600	2800	2100	2100	2850							
Naranja	2250	3000	3000	2800	3000	3000	3000	3200							
Ñame	2500	2500	4000	4000	2000	8000	10000	10500							
Palma de aceite	95	100	117	312	171,6	1600	3420	3420							
Plátano	2400	2400	2400	1800	1800	3600	4800	4800							
Yuca	16000	12382	27180	19000	19000	47000	7	3							
	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013A	2013B	2014A
	A	B	A	B	2009A	B	2010A	2010B	A	B	A	B	10190,	16040,	18032,1586
Total	2078	5516	4407	4436	6129	11754	7176	4203	4729	2481	13011	13965	5	5	6
Ají		750	592	720	705	895	705	720			2080	2600	2600,5	2600,5	3715
Arroz	698	1932	790	1932	585	1932	1932	1932	2100	2016	1380	1380	920	920	1
Maíz	420	1784	1975	1784	2759	4767	2459	1551	1329	465	5391	5825	1470	7320	8490
Melón	960	1050	1050		2080	4160	2080		1300		4160	4160	5200	5200	5200

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.6.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Mahates. La infraestructura vial del municipio de Mahates presenta redes primarias, secundarias y terciarias, siendo esta última la de mayor extensión, expresado en un 63% de 129.9 kilómetros que compone la totalidad de la red (Ver Tabla 24).

Tabla 24. Infraestructura de Transporte del municipio de Mahates

Municipios	Jerarquía De La Red	Total KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Mahates	Red Primaria	26	26	20	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	22	8	8	-	-	14	-	8	6	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	81,9	-	-	-	-	81,9	-	54,3	27,6	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

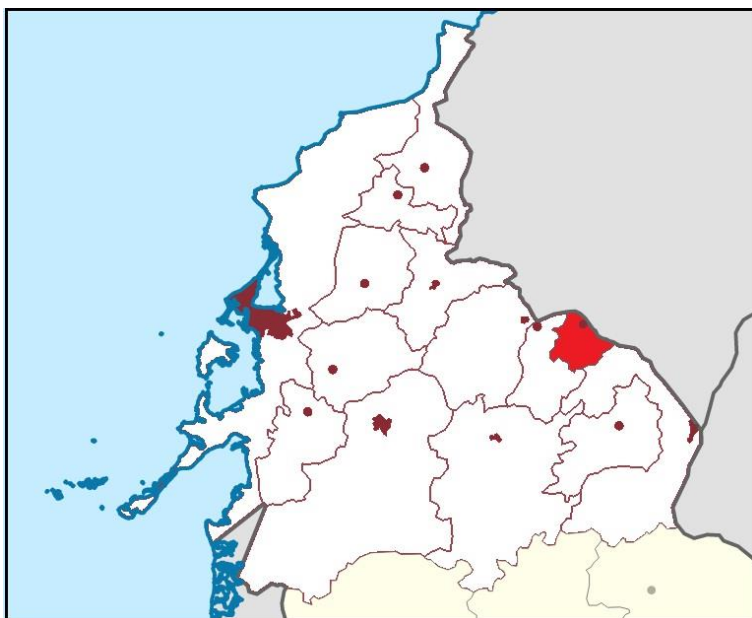
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.7. Caracterización Municipio de San Cristóbal

El municipio de San Cristóbal está situado sobre el margen izquierdo del Canal del Dique, que de paso une las aguas del río Magdalena. Cuenta con una población de 7.839 habitantes (Alcaldía de San Cristóbal, 2016).

3.7.1. Generalidades. El municipio de San Cristóbal situado sobre el margen izquierdo del Canal del Dique, Limita al norte con el departamento del Atlántico, al oeste con Soplaviento, al este con Calamar, y al sur con Mahates. Su única y principal vía fluvial es el Canal del Dique. Sus vías de acceso terrestre se encuentran clasificadas como secundarias y terciarias. Las Coordenadas geográficas de San Cristóbal son 09°53' latitud norte, 75°15' longitud oeste (Alcaldía de San Cristóbal, 2016) (Ver Ilustración 22)

Ilustración 22. Ubicación geográfica del municipio de San Cristóbal



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/SanCristóbal>

3.7.2. Productos Hortofrutícolas: En el municipio de San Cristóbal los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 5875 T y un área cosechada de 765 Ha; b) Maíz con 2693 T y un área cosechada de 1605 Ha; c) Mango con 530 T y un área cosechada de 96 Ha (Ver Tabla 25)

Tabla 25. Productos Hortofrutícolas municipio de San Cristóbal en el periodo 2007 a 2014

San Cristóbal															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	270	500	2410	275	455	795	830	870							
Mango	120	150	110	35	35	25	25	30							
Yuca	150	350	2300	240	420	770	805	840							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	80	80	180	110,5	300	418	300	165	23	150	150	150	210	138	330
Frijol				10,5		18		15				15		3	30
Maíz	80	80	180	100	300	400	300	150	23	150	150	135	210	135	300

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.7.3. Infraestructura de Transporte del municipio de San Cristóbal. San Cristóbal de Bolívar cuenta con una escasa infraestructura vial terrestre, sus vías terciarias manejadas por el INVIAS son afirmadas y en unos 6 kilómetros de regular estado (Ver Tabla 25).

Tabla 26. Infraestructura de Transportedel municipio de San Cristóbal.

Municipios	Jerarquía de la Red	Total KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
San Cristóbal	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria	7,6	-	-	-	7,6	-	6	1,5	-	-	-	-	-
	Red INVIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

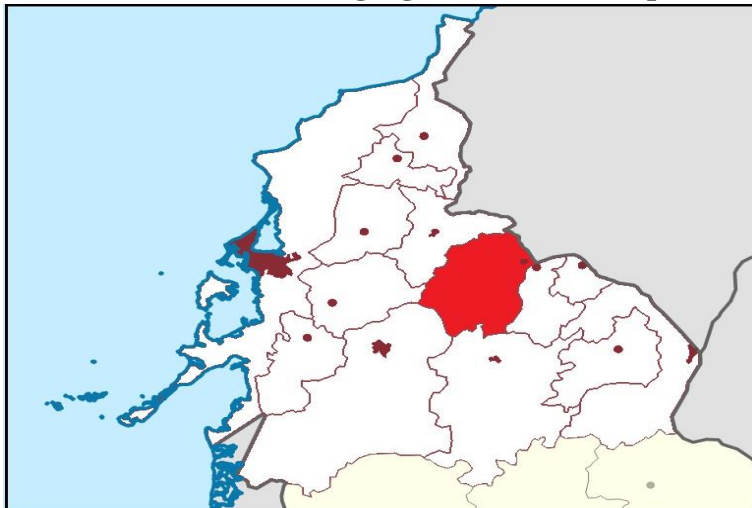
3.8. Caracterización Municipio de San Estanislao

En el municipio de San Estanislao de Kostkasustenta su economía sobre la actividad agrícola con productos principales el maíz y la yuca. También cuenta con otras actividades económicas como la ganadería, transporte, pesca y almacenes comerciales. (Alcaldía de San Estanislao - Bolívar, 2012).

3.8.1. Generalidades. El Municipio de San Estanislao de Kostka, ubicado en la zona norte del Departamento de Bolívar, Está ubicado en la zona de influencia del Canal del Dique. Se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas: 10° 23' 30" de Latitud Norte y a los 75° 07' 55" de Longitud Oeste. Limita al norte: Municipio de Repelón – Atlántico; Sur: Con el Municipio de Arjona y Mahates; Este: Con los Municipios de Soplaviento - Bolívar y el Departamento del Atlántico; Oeste: Con el Municipio de Turbaco y Villanueva – Bolívar. Entre sus vías de comunicación presenta dos rutas directas hacia Cartagena y Barranquilla, Por la parte fluvial el Canal Del Dique es su principal vía para el transporte de sus productos cultivados (Ver

Ilustración 23)

Ilustración 23. Ubicación geográfica del municipio de San Estanislao



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/San+Estanislao>

3.8.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de San Estanislao los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 58750 T y un área cosechada de 8150 Ha; b) Plátano con 14805 T y un área cosechada de 995 Ha; c) Maíz con 11446 T y un área cosechada de 14320 Ha(VerTabla 27)

Tabla 27. Productos Hortofrutícolas municipio de San Estanislao en el periodo 2007 a 2014

SAN ESTANISLAO															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	14395	11070	5505	7270	15620	8530	10690	11460							
Guayaba	0	400													
Higuerilla							0	200							
Limón			400	390	400	200	200	210							
Naranja	80	80	80	80	80	40									
Ñame	700	1125	0	800	1440	640	1440	2000							
Plátano	15	15	825	1800	1800	3450	3450	3450							
Yuca	13600	9450	4200	4200	11900	4200	5600	5600							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	1350	1775	1115	2127,5	800	240	338	172	1444	1280	348	1210,5	302	852	1284
Frijol		0	170	0	0	0	18	12	84	80	28	10,5	28	70	140
Maíz	1350	900	945	1007,5	800	240	320	160	1360	1200	320	1200	160	680	804
Melón													114	102	340
Sorgo		875		1120											

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.8.3. Infraestructura de Transportedel municipio de San Estanislao

La red vial de este municipio se compone de vías secundarias y terciarias, a cargo del INVIAS en unos 51.6 kilómetros de vía afirmada (Ver Tabla 27).

Tabla 28. Infraestructura de Transportedel municipio de San Estanislao

Municipios	Jerarquía de la Red	Total KM.	Pavimentadas			Afirmado			En Tierra					
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
San Estanislao	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	11	11	9	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	51,6	-	-	-	-	51,6	-	39,4	12,2	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

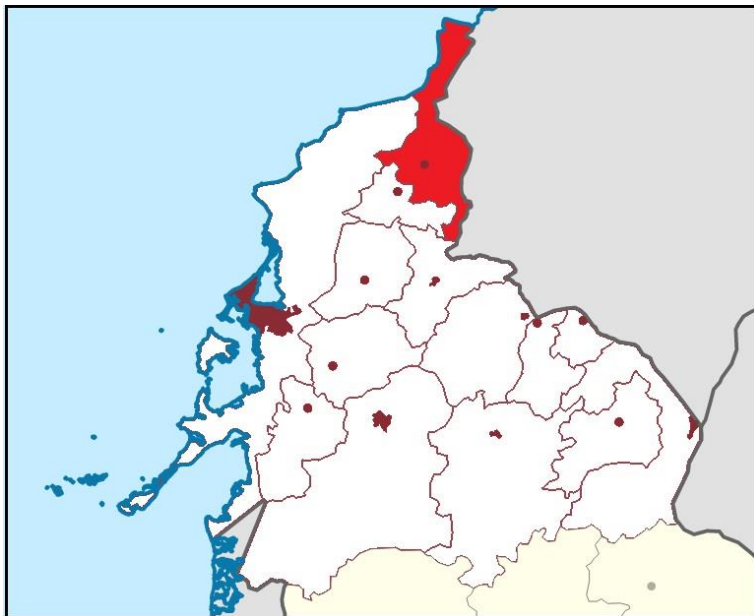
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.9. Caracterización Municipio de Santa Catalina

El municipio de Santa Catalina de Alejandría, está localizado al Norte del Departamento de Bolívar, su terreno es plano, con ligeras pendientes hacia el Noroeste representadas en la parte Costera sobre el Litoral Caribe. Su base económica es la agricultura, la ganadería, también se presenta la explotación Pesquera, Salinera y Turística (Alcaldía de Santa Catalina, Bolívar, 2016).

3.9.1. Generalidades. El municipio de Santa Catalina solo tiene como vía de comunicación la forma terrestre, con las rutas: Barranquilla-Luruaco-Santa Catalina-Bayunca-Cartagena y Barranquilla-Lomita Arena-Santa Catalina, para el transporte de los productos cultivados en territorio (Alcaldía de Santa Catalina, Bolívar, 2016). Sus vías de acceso terrestre se encuentran clasificadas como Primarias, secundarias y terciarias (Ver Ilustración 24).

Ilustración 24. Ubicación geográfica del municipio de Santa Catalina



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/SantaCatalina>

3.9.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Santa Catalina los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 19247 T y un área cosechada de 1171 Ha; b) Mango con 17100 T y un área cosechada de 950 Ha; c) Plátano con 10030 T y un área cosechada de 1057 Ha. (Ver Tabla 1)

Tabla 29. Productos Hortofrutícolas municipio de San Catalina en el periodo 2007 a 2014

Santa Catalina															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	4115	4894	6368	5008	12827	4670	5135	2	6234,						
Aguacate		12	12	30	30	48	48	70							
Coco	96	99	108	100	108	108	108	160							
Guanabana						100	100	100							
Guayaba	0	154													
Limón	154	154	154	0	154	154	154	154							
Mango	1800	1800	3150	2070	2070	2070	2070	2070							
Palma de aceite				0	0	0	0	205,2							
Plátano	1400	870	1500	1440	1440	1240	1040	1100							
Yuca	665	1805	1444	1368	9025	950	1615	2375							
	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Total	211	220	285	136	85,5	55	126	62	156	168	228	727	336	679	700
Ahuyama											48	24	60	30	70
Melón	211	140	285	116	85,5	55	126	62	156	168	180	498	276	444	630
Maíz												160		160	
Sorgo		80		20								45		45	

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.9.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Santa Catalina. El municipio de Santa Catalina cuenta con tres tipos de vías, primarias, secundarias y terciarias, siendo esta última la de mayor extensión con 37.8 kilómetros de vía, cabe notar que esta vía se encuentra en estado afirmado en un 80% del total de su extensión (Ver Tabla 30)

Tabla 30. Infraestructura de Transporte del municipio de Santa Catalina

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Santa	Red Primaria	20	20	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	21,3	14,3	-	4	10	7	-	7	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	37,8	4,5	4	-	-	33,3	-	27,5	5,8	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.10. Caracterización Municipio de Santa Rosa

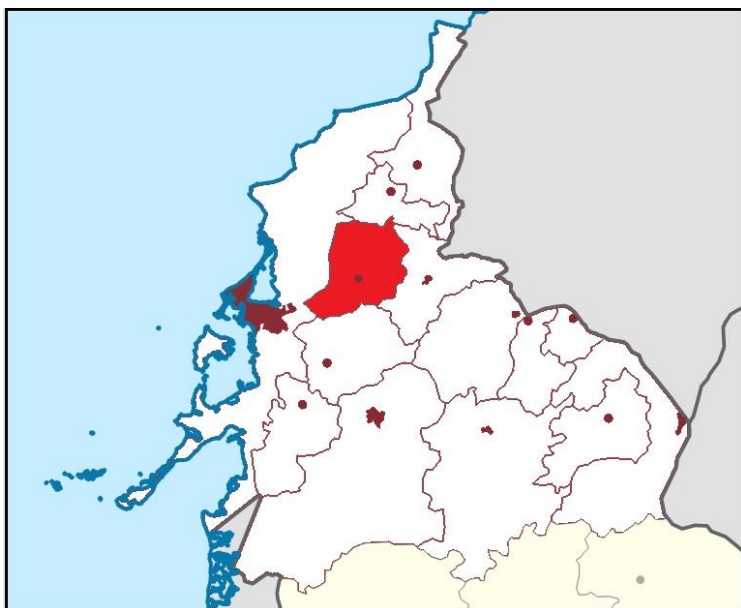
El Municipio de Santa Rosa de Lima ubicado al norte del departamento de Bolívar, sus territorios están clasificados por comunas, barrios, corregimientos y veredas, la extensión del municipio es de 28.000 Km², con una altura sobre el nivel del mar de 650 Mts. Dentro su economía se destaca la agricultura y la minería como actividades principales (Alcaldía de Santa Rosa, Bolívar, 2016).

3.10.1. Generalidades. El Municipio de Santa Rosa de Lima ubicado al norte del departamento de Bolívar a los 10° 26' 57" de latitud norte y a 75° 20' 53" de longitud oeste, a una altura de 32 metros sobre el nivel del mar y a 24 kilómetros de distancia de la capital del Departamento. Limita al norte con el Municipio de Santa Catalina, al Sur con el Municipio de Turbaco, al Este con el Municipio de Villanueva y al Oeste con el Municipio de Cartagena.

El Municipio de Santa Rosa cuenta dentro de sus vías de comunicación con un aeródromo llamado Gabriel Antonio Caro, vías terrestres secundarias facilitando la comunicación con los municipios de Simiti, y San Pablo. En la parte fluvial el municipio es cruzado por caños y quebradas, también se encuentra a 30 km el río Magdalena, para el transporte de sus productos(Alcaldía de Santa Rosa, Bolívar, 2016) (Ver

Ilustración 30).

Ilustración 25. Ubicación geográfica del municipio de Santa Rosa



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/SantaRosa>

3.10.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Santa rosa los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007- 2014 son a) Mango con 11054 T y un área cosechada de 703 Ha; b) Yuca con 6239 T y un área cosechada de 786 Ha; c) Plátano con 4325 T y un área cosechada de 935 Ha. (Ver Tabla 31).

Tabla 31. Productos Hortofrutícolas municipio de San Rosa en el periodo 2007 a 2014

Santa Rosa															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	1763	1352	1857	2995	3594	2360	2264	4018							
Guayaba	357	328	120	495	660	390	12	138							
Limon						180	100	120							
Mango	700	544	1260	1350	2304	1440	1728	1728							
Platano	56	48	27	70	70	80	64	232							
Yuca	650	432	450	1080	560	270	360	1800							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	180	214	72	145	139	238	417	252,5	225	179	158	346	104	182	881
Berenjena	180	144	48	96	100	50	300	50	160	50	128	100	80	80	480
Maiz		70	24	49	39	26	117	58,5	65	39	30	156	24	39	221
Melon						162		144		90		90		63	180

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.10.3. Infraestructura de Transporte del municipio de Santa Rosa. Este es un municipio que presenta limitaciones en su red vial, donde no posee vías primarias y su red secundaria solo es de 10km de los cuales el 50% esta pavimentada y en mal estado (Ver Tabla 32).

Tabla 32. Infraestructura de Transporte del municipio de Santa Rosa

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas			Afirmado				En Tierra				
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Santa Rosa	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	10	10	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria	32,9	-	-	-	-	32,9	-	26,3	6,6	-	-	-	-
	Red INVIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.11. Caracterización Municipio de Soplaviento

El Municipio de Soplaviento tiene una extensión de 94 Km², este terreno tiene como característica principal es que sus suelos son a suelos bajos e inundables. Presenta conexiones viales con San Cristóbal de forma terrestre y con el municipio de San Estanislao de Kostka vía fluvial.(Alcaldía de Soplaviento, Bolívar, 2016).

3.11.1. Generalidades. El municipio de Soplaviento está ubicado al norte del departamento de Bolívar, a 55 Km. de la capital (Cartagena), sobre la margen ribereña izquierda en el kilómetro 33.5 del Canal del Dique, Limita al norte con el Departamento del Atlántico, por medio del Canal del Dique, por el Este con el municipio de San Cristóbal, por el Sur con el municipio de Mahates y por el Oeste con el municipio de San Estanislao de Kostka.

Existe intercomunicación terrestre con el municipio de San Cristóbal, a través del cual podemos llegar a la troncal de oriente para acceder al interior del país y a su vez con otros municipios como Villanueva, Santa Rosa para llegar a la capital del departamento con la Carretera de la cordialidad que nos intercomunica con varios municipios del Departamento del Atlántico y su capital Barranquilla (Alcaldía de Soplaviento, Bolívar, 2016)(Ver Ilustración 26).

Ilustración 26. Ubicación geográfica del municipio de Soplaviento



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Soplaviento>

3.11.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Soplaviento los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 8954 T y un área cosechada de 1088 Ha; b) Maíz con 2675 T y un área cosechada de 2670 Ha; c) Guayaba con 1180 T y un área cosechada de 114 Ha. (Ver Tabla 33).

Tabla 33. Productos Hortofrutícolas municipio de Soplaviento en el periodo 2007 a 2014

Soplaviento															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	2570	260	2660	1752	392	316	888	1768							
Guayaba	240	220	220	120	120	100	80	80							
Mango	80	40	40	32	32	72	88	88							
Yuca	2250	0	2400	1600	240	144	720	1600							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	500	210	150	85	460	380	324	230	50	72	38	88	119	106	230
Frijol		60		30	60	60	24	30	10	12	8	18	9	16	30
Maiz	500	150	150	55	400	320	300	200	40	60	30	70	110	90	200

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.11.3. Infraestructura de Transportedel municipio de Sopla Viento. Sopla viento es un municipiocon una carencia vial notoria, sin vías primarias, ni secundarias. En cuanto a su red vial terciaria el 100% se encuentra en estado afirmado (**VerTabla 34**).

Tabla 34. Infraestructura de Transportedel municipio de Sopla Viento

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas			Afirmado				En Tierra					
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	
Soplaviento	Red Primaria		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	5,7	-	-	-	-	5,7	-	4,5	1,1	-	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrrea).

3.12. Caracterización Municipio de Turbaco

El municipio de Turbaco es el más cercano a la capital del departamento, con el cual hace conexión vía terrestre con una red vial primaria y secundaria. Este municipio tiene como principal características las variadas fuentes hidrográficas y la composición de sus suelos(Alcaldía de Turbaco, Bolívar, 2016).

3.12.1. Generalidades. El municipio de Turbaco presenta una posición geográfica de Turbaco lo sitúa a los 10 grados, 19 minutos y 30 segundos de latitud norte; y a 1 grado, 17 minutos y 29 segundos de longitud oeste. Este municipio limita al norte con los municipios de Santa Rosa y Villanueva. Al este con San Estanislao de Kostka, Arenal; Al Sur con Arjona y Turbana y al Occidente con Turbana y Cartagena; Turbaco no cuenta con comunicación vía aérea. En el sistema vial urbano encontramos vías primarias y secundarias; también cuentan con vías terciarias, sobre el transporte fluvial el Municipio de Turbaco no cuenta con vías de comunicaciones fluviales(Alcaldía de Turbaco, Bolívar, 2016).El suelo de Turbaco es fértil en el 80%, Seco, de roca caliza con restos de corales petrificados, muy permeable a las aguas lluvias y abunda la piedra de naturaleza calcárea(Ver Ilustración 27).

Ilustración 27. Ubicación geográfica del municipio de Turbaco



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Turbaco,+Bolívar>

3.12.2. Productos Hortofrutícolas: En el municipio de Turbaco los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007 – 2014 son a) Yuca con 81865 T y un área cosechada de 5870 Ha; b) Naranja con 16025 T y un área cosechada de 1070 Ha; c) Caña panelera con 12563 T y un área cosechada de 977 Ha. (Ver Tabla 35).

Tabla 35. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbaco en el periodo 2007 a 2014

		Turbaco													
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	25172	20956	20385	21010	6600	11572	7608	7624							
Caña Panelera	1617	1621	1610	1670	2100	2145	900	900							
Guanabana	150	150	150	140	150	112	128	144							
Mango	1280	960	1960	1400	1400	990	680	680							
Naranja	2625	2625	2625	2600	2625	2325	300	300							
Yuca	19500	15600	14040	15200	325	6000	5600	5600							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	480	1360	675	1360	450	544	570	1439	455	897	384	481	456	507	520
Maiz	480	1110	675	1110	450	444	570	1065	455	897	384	481	456	507	520
Sorgo		250		250		100		374							

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

4.12.3. Infraestructura de Transportedel municipio de Turbaco. Turbaco es el municipio as cercano ala capital del departamento cuanta con una red de vías primarias y terciarias. Las primeras pavimentadas y en buen estado (Ver

Tabla 39)

Tabla35: Infraestructura de Transportedel municipio de Turbaco

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Turbaco	Red Primaria	18	18	10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	50,5	6,2	1,4	1	3,9	44,3	-	36,4	7,9	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

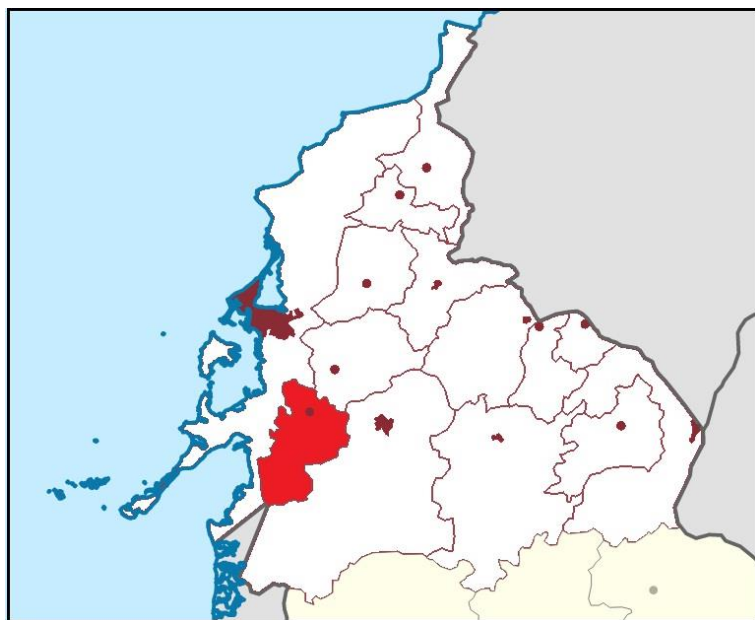
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.13. Caracterización Municipio de Turbana

Turbana ubicado en la zona de influencia del Canal del Dique, con una extensión es 159.35Km, dedicados a la agricultura. La fuente principal laborar del municipio se encuentra en la ciudad de Cartagena específicamente en su zona industrial cual la cual se tiene mayor cercanía. (Alcaldía de Turbana, Bolívar, 2016).

3.13.1. Generalidades. El Municipio de Turbana está ubicado en la zona de influencia del Canal del Dique en las siguientes coordenadas 10° 17' de latitud norte y a 75° 27' de longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Turbaco y Cartagena, al sur con el municipio de Arjona y el canal del Dique, al este con el municipio de Arjona y Turbaco, y al oeste con el canal del Dique. Dentro sus vías de comunicación de forma terrestre con la Variante MamonalGambote; Turbana-Turbaco; Turbana Cartagena y fluvial Canal del Dique(Alcaldía de Turbana, Bolívar, 2016) (Ver Ilustración 13).

Ilustración 28. Ubicación geográfica del municipio de Turbana



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Turbana>

3.13.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Turbana los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007-2014 son a) Yuca con 40620 T y un área cosechada de 6882 Ha; b) Maíz con 9090 T y un área cosechada de 6882 Ha; c) Sorgo con 7025 T y un área cosechada de 5090 Ha.(VerTabla 36).

Tabla 36. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbana en el periodo 2007 a 2014

Turbana															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	7090	8190	4700	6104	4624	6323	7307	7390							
Guayaba	190	550	210	240	240	180	192	220							
Limón	0	360	360	460	460	355	355	440							
Mango	600	480	630	504	504	528	670	680							
Níspero		200	200	200	200	300	300	300							
Yuca	6300	6600	3300	4700	3220	4960	5790	5750							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	600	2600	870	3065	35	1175	800	2375	800	775	69	1586,578947	240	450	675
Maíz	600	1225	870	1515	35	400	800	775	800	775	69	986,5789474	240		
Sorgo		1375		1550		775		1600				600		450	675

Fuente: Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

3.13.3 Infraestructura de Transportedel municipio de Turbana

El 74.27% de la red vial del municipio de Turbana son terciarias de los cuales las del 50% presenta un estado afirmado entre un regular y mal estado (Ver

Tabla 37).

Tabla 37. Infraestructura de Transportedel municipio de Turbana

Municipios	Jerarquía de la Red	Total KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Turbana	Red Primaria	8	8	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	23,1	8,5	1,2	6,3	1	14,6	-	3,5	11,1	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

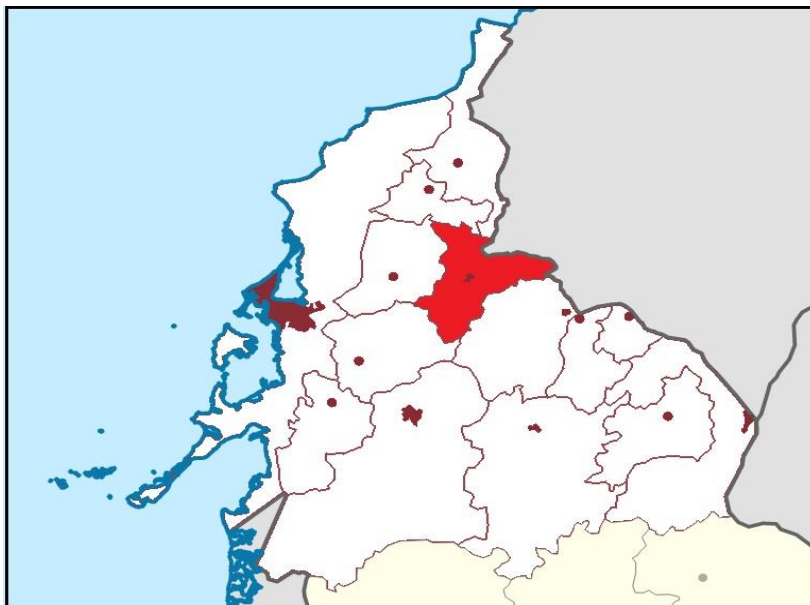
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.14. Caracterización Municipio de Villanueva

El municipio de Villanueva -Bolívar, Su territorio es montañoso y se encuentra a unos 300 metros sobre el nivel del mar. Se comunica con la capital del departamento vía terrestre a unos 45 minutos. Su territorio se compone principalmente de cuencas y Drenajes Pluviales.

3.14.1. Generalidades. El municipio de Villanueva limita al norte con el municipio de Clemencia; al Sur, con el municipio de Turbaco; al Oriente, con San Estanislao y al Occidente con el municipio de Santa Rosa. Se comunica con la ciudad de Cartagena por carretera a unos 45 minutos. El municipio sólo cuenta en la actualidad con el sistema de transporte intermunicipal, que le permite la comunicación directa con la ciudad de Cartagena, cuya proximidad le da acceso a la infraestructura de la Terminal de Transporte. Cuenta con cuencas hidrográficas. Villanueva conforma parte de la vertiente del Atlántico y sus aguas drenan en dos microcuencas que tributan al Canal del Dique en el 20% del área a través del Arroyo Pita, el 20% tributa al embalse del Guajaro y el 60% tributa sus aguas a la microcuenca de la ciénaga de la virgen a través del arroyo hormiga o la ciénaga del totumo por el arroyo Vueltas y por lo tanto al Mar Caribe(Alcaldía de Villanueva, Bolívar, 2016)(VerIlustración 29).

Ilustración 29. Ubicación geográfica del municipio de Villanueva



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Villanueva>

3.14.2. Productos Hortofrutícolas. En el municipio de Villanueva los cultivos con mayor producción durante el periodo 2007-2014 son a) Arroz con 390971 t y un área cosechada de 75817 Ha; b) Palma de aceite con 301323 T y un área cosechada de 75330 Ha; c) Yuca con 252380 T y un área cosechada de 20100 Ha. (Ver Tabla 38).

Tabla 38. Productos Hortofrutícolas municipio de Turbana en el periodo 2007 a 2014

Villanueva															
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014							
Total	41207,5	41407	46505	41227	51225	46732	45451	51111							
Caña panelera	747,5	717	634	680	678	672	684	684							
Guayaba	1560	1560	1560	1740	3480	1776	1740	1740							
Mango	1890	1260	1890	1968	1968	3096	3150	3150							
Ñame	9800	9800	12600	11200	14000	14000	14000	18900							
Plátano	1210	770	1221	1199	1199	1188	1177	1287							
Yuca	26000	27300	28600	24440	29900	26000	24700	25350							
	2007A	2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A
Total	130	1224	1320	1164	1200	960	2160	804	2400	780	1960	864	60	804	3085,2
Ají											40				
Frijol		144		144		120		84				84		84	25,2
Maíz	130	1080	1320	1020	1200	840	2160	720	2400	780	1920	780	60	720	3060

Fuente. Autores con información de Base agrícola EVA 2007 2014. Año: 2016

4.14.3 Infraestructura de Transportedel municipio de Villanueva

Villanueva, aunque no posee vías primarias gran porcentaje de su red secundaria esta pavimentada y en buen estado, lo que facilita el transporte de los productos hortofrutícolas sobre estas vías (Ver Tabla 38).

Tabla 39. Infraestructura de Transportedel municipio de Villanueva

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Villanueva	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	12	12	8	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	22,5	-	-	-	-	22,5	-	18	4,5	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.15. Caracterización General de la Zodes Dique

3.15.1. Generalidades. La Zodes Dique (Zona de desarrollo económico y social del Canal del Dique), está localizado al norte del departamento de Bolívar, la conforman 14 municipios. Tiene como particularidad que la atraviesa de oriente a occidente el Canal del Dique que nace en el río Magdalena justo donde se ubica el municipio de Calamar y desemboca en la bahía de Cartagena a orillas del corregimiento de Pasacaballos. Esto se puede apreciar en la siguiente ilustración(Ver Ilustración 30).

Ilustración 30. Ubicación de la Zodes Dique en el departamento de Bolívar.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Dique_bolivarense#/media/File:Colombia_-_Bol%C3%ADvar_-_Dique.svg, Año: 13 de diciembre de 2015

Los municipios que conforman la Zodes Dique son 14, incluyendo a Cartagena capital del departamento, estos municipios están dedicados a la agricultura, ganadería y en caso de Cartagena sus principales actividades son las portuarias y turísticas. (Ver Tabla 40).(Alcaldía de Cartagena, Bolívar, 2016)(Ver Tabla 40).

Tabla 40. Municipios de la Zodes Dique

	Municipio
1	Arjona
2	Arroyohondo
3	Calamar
4	Cartagena
5	Clemencia
6	Mahates
7	Santa Catalina
8	Santa Rosa
9	San Cristóbal
10	San Estanislao
11	Sopla Viento
12	Turbaco
13	Turbana
14	Villanueva

Fuente: Elaborado por el autor fuente Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros

Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

En la Zodes Dique se cultivan distintos productos hortofrutícolas, distribuidos entre los 14 municipios que componen la Zodes, detallando la cantidad de los productos cultivados en toneladas (Ver Tabla 41 y Tabla 42).

Tabla 41. Clasificación de cultivos Hortofrutícolas según el municipio de Origen

Cultivo	Municipio													
	Arjona	Arroyohondo	Calamar	Cartagena	Clemencia	Mahates	San Cristobal	San Estanislao	Santa Catalina	Santa Rosa	Soplaviento	Turbaco	Turbana	Villanueva
Aguacate								X						
Ahuyama								X						
Ají		X	X	X	X								X	
Algodón	X													
Arroz			X		X									
Berenjena			X		X									
Caña Panelera					X						X		X	
Cilantro			X											
Ciruella			X											
Cítricos					X									
Coco			X		X			X						
Col			X											
Frijol		X	X			X	X			X			X	

Cultivo	Municipio													
	Arjona	Arroyohondo	Calamar	Cartagena	Clemencia	Mahates	San Cristóbal	San Estanislao	Santa Catalina	Santa Rosa	Soplaviento	Turbaco	Turbana	Villanueva
Guanábana				X					X			X		
Guayaba			X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
Habichuela					X									
Higuerilla								X						
Hortalizas Varias				X										
Limón					X			X	X	X			X	
Maíz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mango	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Melón				X	X			X	X	X				
Naranja					X	X		X				X		
Níspero													X	
Ñame		X	X	X	X	X		X						X
Palma de Aceite	X		X		X				X					
Patilla				X										
Pepino				X										
Pimentón				X										
Plátano	X		X	X	X	X		X	X	X				X
Sorgo				X	X			X	X			X	X	
Tomate				X										
Yuca	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaborado por los autores basado en información de la Base Agrícola EVA 2007 – 2014, Ministerio de agricultura.

Tabla 42. Producción Agrícola y área cosechada por productos

Cultivo	Municipio													
	Arjona	Arroyohondo	Calamar	Cartagena	Clemencia	Mahates	San Cristóbal	San Estanislao	Santa Catalina	Santa Rosa	Soplaviento	Turbaco	Turbana	Villanueva
Aguacate									250					
Ahuyama									232					
Ají			341,38	15,6	869	18683								40
Algodón		30												
Arroz				2953		21076,15866								
Berenjena				239						2046				
Caña Panelera						20300						12563		5496,5
Cilantro				28										
Ciruella				714,5										
Cítricos						6000								
Coco				14774		5458			887					
Col				62,3										
Frijol			6	11,6			91,5	640,5			367			685,2
Guanabana				72					300			1124		
Guayaba			396	633	1580			400	154	2500	1180		2022	15156
Habichuela					151,5									
Higuerilla								200						
Hortalizas Varias				136										
Limón					2880			1800	1078	400			2790	
Maíz	34593	12744	32642,5	2060	7960	47789	2693	11446,5	3432,5	957,5	2675	9604	9090,578947	18190
Mango	5450		2925	1513	9634	20850	530		17100	11054	472	9350	4596	18372
Melón				4746		36600		556	320	729				
Naranja					2544	23250		440				16025		
Níspero													1700	
Ñame		1390	969	3289	2960	43500		8145						104300
Palma de Aceite	5020,35					9235,6			205,2					
Patilla				454										
Pepino				192										
Pimentón				73										
Plátano	6915		474	1576	18614	24000		14805	10030	647				9251
Sorgo				687	2550			1995	190			974	7025	
Tomate				50,08										
Yuca	132862,07	36816	23163,35	23416	64100	253955,9394	5875	58750	19247	5602	8954	81865	40620	212290

Fuente: Autores con información de Base agrícola

Municipios	Jerarquía de la Red	TOTAL KM.	Pavimentadas				Afirmado				En Tierra			
			Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo
Villanueva	Red Primaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Secundaria	12	12	8	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	Red Terciaria INVIAS	22,5	-	-	-	-	22,5	-	18	4,5	-	-	-	-
	Red Terciaria Departamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.2.1.1. Consolidado de la Red Vial de la Zodes Dique según el tipo de vías. En las siguientes tablas (ver tabla 0 y 0) se observa el total de km de la red vial de la Zodes Dique donde se muestra los diferentes tipos de vías de la Zodes, principalmente vías terciarias y en estado afirmado de sus principales conexiones con los demás municipios y sus corregimientos. Todo esto puede influir en el desgaste del parque automotor de las empresas y propietarios de los vehículos utilizados para el transporte de carga y pasajeros sobre este tipo de vías. En menor cantidad siguen de las vías primarias pavimentadas en buen estado. (Gobernación de Bolívar, 2012) (Ver Tabla 44)

Tabla 44. Total de KM. Redes viales del Departamento.

Total KM. Redes Viales	Pavimentadas					Afirmado				En Tierra			
	Total	Total P.	Bueno	Regular	Malo	Total A.	Bueno	Regular	Malo	Total, ET	Bueno	Regular	Malo
Red Primaria	457,13	437,5	278,4	134,15	25	19,6	9,8	9,8	-	-	-	-	-
Red Secundaria	125,7	76,75	33	19,75	24	48,95	5	27,95	16	-	-	-	-
Red Terciaria INVIAS	2.232,30	145,1	99,88	33,58	11,6	2.057,34	-	848,15	1.209,19	29,9	-	-	29,9
Red Terciaria municipios	229,26	-	-	-	-	229,26	45,85	80,24	103,17	-	-	-	-
Total KM. Red Vial	3.044,39	659,4	411,2	187,48	60,6	2.355,15	60,65	966,14	1.328,36	29,9	-	-	29,9

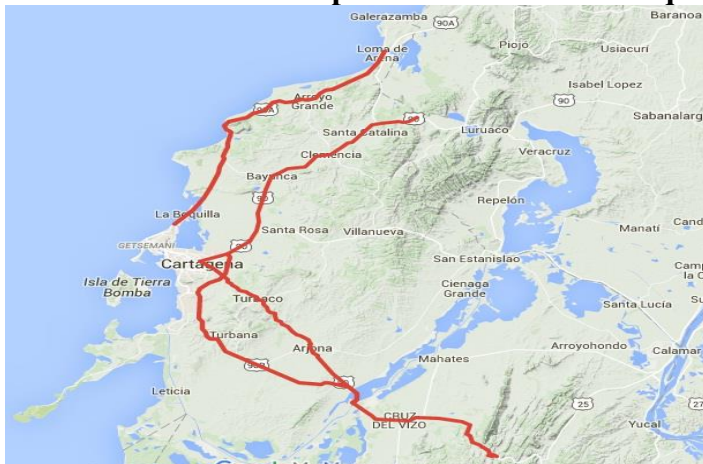
Fuente: Elaborado por el autor según información de la Secretaría de Obras Públicas del Departamento de Bolívar – Registros Invias (Subdirección Red Terciaria y Férrea).

3.2.1.2. Vías Primarias de la Zodes Dique. La Red vial de carreteras en el departamento de Bolívar presenta diversas deficiencias generadas por el mal estado de sus corredores viales, por falta de una adecuada intervención por parte del estado. La infraestructura de transporte tiene un alto impacto en la competitividad a nivel regional, porque acentuarse esta deficiencia en la red primaria no puede reducir los costos de transporte entre los lugares y los costos asociados con el tiempo de transporte de los productos provenientes de las Zodes, además de incrementa los índices de pérdidas pos cosechas, por esto, los costos de hacer negocios a distancia se reducen con mejoras en la infraestructura física(Gobernación de Bolívar , 2012).

En ese sentido, es necesario priorizar proyectos de rehabilitación, mejoramiento, ampliación de vías y construcción de puentes que permitan, por ejemplo, conectar el sur del Departamento de Atlántico con la zona del Canal del Dique y articular la Troncal de Occidente con la Transversal del Caribe(Gobernación de Bolívar , 2012).

El total de la red primaria en el departamento es de 457.13 kilómetros, de los cuales 135.27 pertenecen a la Zodes Dique, presentando un estado pavimentado en un 78.34% del total de red (Ver Ilustración 31 y Tabla 45).

Ilustración 31. Red vial primaria de la Zodes Dique en el departamento de Bolívar



Fuente: Autores con la herramienta MyMap, Google.

Tabla 45. Vías primarias que atraviesan el departamento de Bolívar.

Municipio	Tramo		Longitud (Km)	Tipo de superficie de Rodadura	Kilómetros en el cual se encuentre la red "A cargo de INVIAS - territorial BOLÍVAR, de acuerdo con el tipo y estado de superficie (a)			Vías primarias o secundarias que llegan a la vía primaria referente		Longitud (Km)
	Desde	Hasta			Buena	Regular	Mala	Tramo Desde	Hasta	
Cartagena	Cartagena - Sabana			Tierra				Cartagena - Los Limites	39,33	
				Pavimento	24	14,93	0	Ramal a Bayunca	7,4	
Clemencia	Larga - Barranquilla.			Afirmado				Ramal a Lomita Arena	13,3	
Santa Catalina	Sector Cartagena -			Afirmado						
	"Los Limites" (Límites Dpto. del Atlántico)	39,33		Afirmado				Cartagena – Lomita Arena	46,94	
				Afirmado				Variante de Cartagena Cruce Ruta 90-Santa Rosa-	11,39	
				Tierra				Villanueva-San Estanislao.	33	
Cartagena - Santa Catalina	Cartagena - Lomita			Pavimento	42	9,8	0	Ramal a Bayunca	7,4	
	Arena (Límites Dpto. del Atlántico)	51,8		Afirmado	En Concesión			Ramal a Lomita Arena	13,3	
Cartagena - Turbana - Arjona	Variante de Gambote Y Accesos.	32,76		Tierra				Lomita Arena - Galerazamba	11,39	
				Pavimento	28,6	4,16	0	Variante de Cartagena		
Cartagena - Turbaco	Variante de Cartagena y Accesos	11,38		Afirmado	11,38			Variante de Gambote	30,57	
				Tierra				Cartagena - Los Limites	39,33	
TOTAL RED PRIMARA			457,13							

Fuente: Invias Territorial Bolívar – Secretaría Obras Públicas de Bolívar

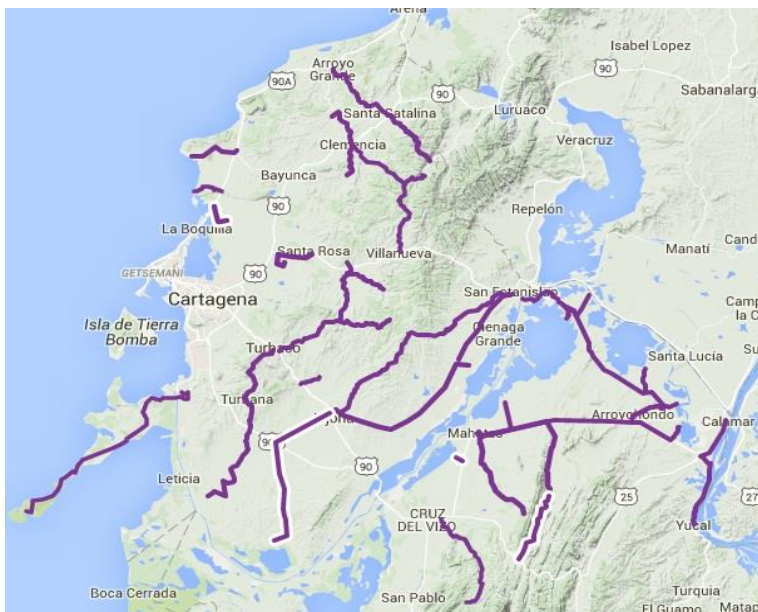
Tabla 46. Red vial secundarias del departamento de Bolívar

Municipio	Tramo	Longitud de vía terciaria que se conecta al tramo de la vía secundaria		Longitud de vía terciaria que se conecta al tramo de la vía secundaria					
		Desde	Hasta	Desde	Hasta	K m			
Mahates	El Tigre (Carretera Troncal de Occidente sector Calamar)	Entrada vía a Mahates (Sector Malagana)	Vía a Mahates - Gamero		0,7				
			Mahates - Mandinga		11				
			Vía Mahates - San Joaquín		15				
			Vía Mahates - Evitar		3,6	49,4			
Calamar	Calamar)		Vía Mahates Arroyo Hondo - Sato		7,2				
			Arroyo Hondo - Hato Viejo - Higueretal		12				
Santa Rosa	Cruce Ruta 90 (Carretera la Cordialidad)	San Estanislao	Santa Rosa - Tabacal - Central		5				
Villanueva	la Cordialidad)		Santa Rosa - Chiricoco		3,2				
			Paralelo 38 - Chirococo		2,6				
			Santa Rosa - Leoncito		2,6				
			Santa Rosa - Mamonal		3				
			Pital - Cañaveral		4,8				
			Pital - Cipacoa		6,1	82,05			
			Villanueva - Algarrobo - El Peñique		13				
San Estanislao			San Estanislao - Las Piedras		14				
			San Estanislao - Bayano		16				
			San Estanislao - La Granja		11				
			San Estanislao - El Puerto		1,6				
			Bayunca (Anillo Vial) - Cantera Bajo Grande		3,9	3,9			
			Cartagena	Bayunca (Carretera la Cordialidad Carretera la Cordialidad Sector Santa Catalina)	Vía al mar (Sector Marahuaco)	Galerazamba-Arroyo Grande - Canoas - Arroyo de Piedra		29	28,8

Fuente: Invias Territorial Bolívar – Secretaría Obras Públicas de Bolívar

3.2.1.4. Vías Terciarias de la Zodes Dique. “La longitud de la Red Terciaria es de 2.461,56 km, de los cuales 2232,32 km. están a cargo de la Subdirección de la Red Terciaria y Férrea del INVIAS y 229.26 km a cargo de los municipios. De la red Terciaria a cargo del INVIAS, existen algunos tramos aislados con tratamientos asfálticos aproximadamente el 6,5%, en afirmado un 92.2% y en tierra un 1,3%. Con relación a la densidad vial, el indicador de esta red Terciaria es de 0,0859 km / km² de superficie. En la red Terciaria a cargo de los municipios, no existen tramos pavimentados y de la red de afirmado, el 20% se encuentra en buen estado el 35% se encuentra en regular estado y el 45% en mal estado. Con relación a la densidad vial, el indicador de esta red Terciaria es de 0,0088 km / km² de superficie”(Gobernación de Bolívar , 2012)(Ver Ilustración 32yTabla 47).

Ilustración 32. Red vial terciaria en la Zodes Dique en el departamento de Bolívar.



Fuente: Autores con la herramienta MyMap, Google. Año: 2016

Tabla 47. Red vial Terciaria del departamento de Bolívar

Municipio	Tramo		Longitud (km)	Red Pavimentada			Red en Afirmado			Red en Tierra		
	Desde	Hasta		Km (a)			Km (a)			Km (a)		
				Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
	Anillo Vial	Puerto Rey	3	0	0	0	0	1,8	1,2	0	0	0
	Pasacaballos	Barú	18	0	0	0	0	3,6	14,4	0	0	0
	Doña Manuela	Campaña	5	0	0	0	0	5		0	0	0
	Anillo Vial	Manzanillo del Mar	4,3	4,3	0	0	0	0		0	0	0
Cartagena	Bayunca (Anillo Vial)	Cantera Bajo Grande	3,9	0	0	0	0	0,78	3,12	0	0	0
	Anillo Vial	Punta Canoa	6,3	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Anillo Vial	Arroyo de Piedra	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arroyo Grande	Matarratones	5	0	0	0	0	4	1	0	0	0
	Galerazamba	Arroyo de Piedra	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arjona - Rocha	Arjona - Rocha	22,3	0	0	0	0	13,38	8,92	0	0	0
Arjona	Arjona - Las Piedras	Arjona - Las Piedras	9,53	0,1	0	0	0	5,658	3,772	0	0	0
	Arjona - Bayano	Arjona - Bayano	12	0	0	0	0	7,2	4,8	0	0	0
	Mahates	Sato	7,2	0	0	0	0	2,16	5,04	0	0	0
Arroyo Hondo	Arroyo Hondo Sato	Ramal El Pilon	5,7	0	0	0	0	1,71	3,99	0	0	0
	Arroyo Hondo	Huigueretal	12	0	0	0	0	3,6	8,4	0	0	0
	Calamar	Barranca Vieja.	7	0	0	1,75	0	0	5,25	0	0	0
Calamar	Barranca	Vieja Yucal	2,9	0	0	0	0	2,9	0	0	0	0
	Mahates	Machado	1,6	0	0	0	0	0,48	1,12	0	0	0
	Clemencia	Cantagallo	3,25	0	0	0	0	2,6	0,65	0	0	0
	Clemencia	San Isidro	5,85	0	0	0	0	4,68	1,17	0	0	0
Clemencia	Clemencia	Camarón	2,75	0	0	0	0	2,2	0,55	0	0	0
	Clemencia	Franco	2,2	0	0	0	0	1,76	0,44	0	0	0
	Clemencia	Algarrobo	5,7	0	0	0	0	4,56	1,14	0	0	0
	Troncal	San Basilio de Palenque La Bonga	17,9	0	0	0	0	14,32	3,58	0	0	0
Mahates	Palenque	La Bonga	11	0	0	0	0	2,2	8,8	0	0	0
	Troncal	Vía San Joaquín	14,5	0	0	0	0	7,25	8,25	0	0	0
	Tramo		Longitud (km)	Red Pavimentada			Red en Afirmado			Red en Tierra		

Municipio	Desde	Hasta		Km (a)			Km (a)			Km (a)		
				Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
	Mahates	Mahates - Mandinga	11,1	0	0	0	0	5,55	5,55	0	0	0
	Mahates	Palmar	8,3	0	0	0	0	7,47	0,83	0	0	0
	Vía a Mahates	Gamero	0,7	0	0	0	0	0,63	0,07	0	0	0
	Vía Mahates	San Joaquín	14,8	0	0	0	0	13,32	1,48	0	0	0
	Vía Mahates	Evitar	3,6	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0
San Cristóbal	Estación	San Cristóbal	3	0	0	0	0	2,4	0,6	0	0	0
	Soplaviento	San Cristóbal	4,55	0	0	0	0	3,64	0,91	0	0	0
	San Estanislao	Las Piedras	13,9	0	0	0	0	11,12	2,78	0	0	0
San Estanislao	San Estanislao	Bayano	15,6	0	0	0	0	12,48	3,12	0	0	0
	San Estanislao	La Granja	11	0	0	0	0	8,8	2,2	0	0	0
	San Estanislao	El Puerto	1,6	0	0	0	0	1,28	0,32	0	0	0
	Arjona	Las Piedras	9,53	0	0	0	0	5,178	3,812	0	0	0
	Santa Catalina	Las Caras	19,15	0	0	0	0	15,32	3,83	0	0	0
	Santa Catalina	Santa Cruz	3,25	0	0	0	0	2,6	0,65	0	0	0
Santa Catalina	Santa Catalina	Arroyo Grande	4,8	0	0	0	0	3,84	0,96	0	0	0
	Santa Catalina	Quita Calzón	1,8	0	0	0	0	1,44	0,36	0	0	0
	Galerazamba	Arroyo de Piedra	8,8	4,48	0	0	0	4,32	0	0	0	0
	Paralelo 38	Chirococo	2,6	0	0	0	0	2,08	0,52	0	0	0
	Santa Rosa de Lima	Cipacoa	5,71	0	0	0	0	4,568	1,142	0	0	0
Santa Rosa de Lima	Santa Rosa de Lima	Leoncito	2,6	0	0	0	0	2,08	0,52	0	0	0
	Paiba	Guriguri	7,8	0	0	0	0	6,24	1,56	0	0	0
	Santa Rosa de Lima	Chiricoco	3,15	0	0	0	0	2,52	0,63	0	0	0
	Santa Rosa de Lima	Central	5	0	0	0	0	4	1	0	0	0
	Santa Rosa de Lima	Polo Viejo	3	0	0	0	0	2,4	0,6	0	0	0
	Santa Rosa de Lima	Mamonal	3	0	0	0	0	2,4	0,6	0	0	0

Municipio	Tramo		Longitud (km)	Red Pavimentada			Red en Afirmado			Red en Tierra		
	Desde	Hasta		Km (a)			Km (a)			Km (a)		
				Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
Soplaviento	Soplaviento	San Cristóbal	4,55	0	0	0	0	3,64	0,91	0	0	0
	Estación	Huigueretal	1,1	0	0	0	0	0,88	0,22	0	0	0
	Turbaco	Cruce los Volcanes	4,8	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0
	Turbaco	Pueblo Nuevo	1,5	0	0	0	0	1,2	0,3	0	0	0
	Turbaco	Cerro de Campaña	6,6	0	0	0	0	5,28	1,32	0	0	0
Turbaco	Turbaco	Línea Paredes	4,6	0	0	0	0	3,68	0,92	0	0	0
	Turbaco	Polvo Azul	5,5	0	0	0	0	4,4	1,1	0	0	0
	Turbaco	Loma v	3,05	0	0	0	0	2,44	0,61	0	0	0
	Cañaveral	Turbaco	11,4	0	1	1	0	7,52	1,88	0	0	0
	Cruce Cañaveral	A Chiquito	6,45	0	0	0	0	5,16	1,29	0	0	0
	Pital	Cañaveral	2,4	0	0	0	0	1,92	0,48	0	0	0
	Turbaco	Turbana	4,23	1,35		2,88		0	0	0	0	0
	Turbana	Ballestas	6,3		6,3			0	0	0	0	0
Turbana	Turbana	Zapote	3,1	0	0	0	0	0,62	2,48	0	0	0
	Turbana	Calvario	3,1	0	0	0	0	0,62	2,48	0	0	0
	Ballestas	La Bonga	3,4	0	0	0	0	0,68	2,72	0	0	0
	Turbana	Polon	3	0	0	0	0	0,6	2,4	0	0	0
	Turbaco	Turbana	4,22	1,22	0	1	0	1	1	0	0	0
	Pital-Cañaveral	Pital-Cañaveral	2,4	0	0	0	0	0,48	0,48	0	0	0
	Pital-Cipacoa	Pital-Cipacoa	6,1	0	0	0	0	1,22	1,22	0	0	0
Villanueva	Villanueva	El Peñique	12,7	0	0	0	0	2,54	2,54	0	0	0
	Villanueva	Camino Bango	1,3	0	0	0	0	0,26	0,26	0	0	0

Fuente: Invias Territorial Bolívar – Secretaría Obras Públicas de Bolívar

3.2.1.5. Vehículos de transporte de carga terrestre. En Colombia el ministerio de transporte es quien regula el transporte de carga terrestre y los vehículos utilizados para esta actividad, determinando los requisitos y condiciones específicas para su operación normal en la red vial de Colombia (Ministerio de Transporte, 2004), así como aspectos técnicos, limitaciones de peso bruto, pesos máximos por eje y dimensiones, esta clasificación está consagrada en la norma técnica colombiana NTC 4788” tipología para vehículos de transporte de carga terrestre”.

El gobierno además de fijar las disposiciones sobre los pesos vehiculares también establece las denominaciones de los vehículos de carga con base en la disposición de los ejes basados en la NTC vigentes (Ministerio de Transporte, 2004) (Ver Tabla 37 e Ilustración 18).






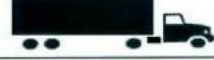

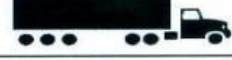



Tabla 48. Límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga.

Vehículos	Designación	Máximo PBV, KG	Tolerancia positiva de medición Kg.	
	2	16000	+	400
	3	28000	+	700
Camiones	4	31000(1)	+	775
	4	36000(2)	+	900
	4	32000(3)	+	800
	2S1	27000	+	675
	2S2	32000	+	800
Tracto-Camión con Semirremolque	2S3	40500	+	1013
	3S1	29000	+	725
	3S2	48000	+	1200
	3S3	52000	+	1300

Fuente: Elaborado por el autor Fuente artículos 1-12. De la resolución 004100.

Dentro estos requisitos se encuentran límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga a nivel nacional los cuales deben seguir lo establecido en el artículo 8° del decreto 4100 del 28 de diciembre de 2004, expresados en la **Ilustración 33**:

Ilustración 33. Pesos máximos permitidos en carreteras nacionales.

Pesos Máximos permitidos (incluyendo el del vehículo) en carreteras nacionales	
	16 Toneladas Camiones de 2 ejes
	28 Toneladas Camión rígido de 3 ejes
	23 Toneladas Camión rígido de 3 ejes, tándem y tándem direccional
	36 Toneladas Camión rígido de 4 ejes
	27 Toneladas Tracto - Camión de 3 ejes
	32 Toneladas Tracto - Camión de 4 ejes
	48 Toneladas Tracto - Camión de 5 ejes
	52 Toneladas Tracto - Camión de 6 ejes
	31 Toneladas Camión y remolque de 4 ejes
	44 Toneladas Camión y remolque de 5 ejes
	48 Toneladas Camión y remolque de 6 ejes

Fuente: Fuente: Elaborado por el autor según artículos 1-12. De la resolución 004100

El gobierno nacional a través del ministerio de transporte se encarga de fijar los criterios y fórmulas para controlar las tarifas del transporte de carga terrestre en Colombia (Ministerio de Transporte, 2006).

El transporte terrestre, bien sea en camión de carga o en tren, es el medio más utilizado para la distribución de mercancía y su participación en el costo total de la logística de comercialización de los productos (Departamento Nacional de Planeación, 2013). Por esta razón, es importancia que el estado regule los costos del servicio de transporte terrestre de carga.

Es así como, a través de la resolución No.000888, la cual fue expedida el 13 de marzo de 2006, se determinaron “los criterios en las relaciones económicas entre los remitentes de la carga, las empresas de transporte y los propietarios y/o poseedores o tenedores de los vehículos de transporte público terrestre automotor de carga” (Ministerio de Transporte, 2006).

Ministerio de transporte busca modernizar el sector, mediante una nueva política de libertad de tarifas del transporte de carga por carretera, donde los actores puedan competir libremente según la calidad del servicio prestado. Esta nueva política busca una estabilización del mercado y se garantiza el cumplimiento de las tarifas establecidas mediante este y otras herramientas como el sistema SICE-TAC (Zonalogística, 2016).

EL SICE-TAC, es un sistema de información que permite medir o calcular los costos de la operación de transporte de acuerdo a las características propias de cada viaje: tipo de vehículo, tipo de carga, origen/destino, horas estimadas de espera, cargue y descargue (MINTRANSPORTE, 2011).

3.2.1.6. Proyectos y Prospectiva de Logística. La infraestructura de transporte tiene un alto impacto en el mejoramiento de la competitividad a nivel regional al reducir los costos de

transporte y los costos asociados al tiempo en el proceso de transporte de las mercancías. La inversión en el mejoramiento de la infraestructura física puede reducir el impacto negativo y aumentar las posibilidades de negocios en la Zodes Dique(Gobernación de Bolívar , 2012).

Bajo este panorama es necesario rehabilitar, ampliar la red vial y construir infraestructuras logísticas que permitan conectar el sur del Departamento del Atlántico con la zona del Canal del Dique, agilizar el tráfico de acceso a la capital del departamento y articular la Troncal de Occidente con la Transversal del Caribe(Gobernación de Bolívar , 2012).

3.3. Situación Competitiva

Dentro de la agenda interna de trabajo del departamento de Bolívar, se busca construir un acuerdo sobre las acciones estratégicas que se deben realizar para generar más competitividad frente a la económica nacional e ingresar efectivamente en las economías globales. En esta parte el departamento de Bolívar define las estrategias para su desarrollo por regiones, y sus estrategias competitivas a implementar por sectores productivos, dejando claro su interés de promocionar la competitividad reconociendo las prioridades y necesidades reales del departamento. (Departamento Nacional de Planeación, 2007).

Para comprender los aspectos relevantes e influyentes en la generación del desarrollo y en el aumento de la competitividad de las Zodes del Dique, es necesario identificar las características económicas de la región, sus factores sociales, su conectividad e infraestructura vial, lo cual se convierte en un reto para la correcta gestión de la Zodes (Departamento Nacional de Planeación, 2007). La Zodes del dique muestra puntos altos en su proyección hacia una región sostenible y punto obligado de desarrollo e inversión del departamento y del país, algunos de estos aspectos

son el respaldo degubernamental, el impulso a la economía local y el desarrollo de la infraestructura vial y del componente social.

El departamento busca el impulsar la economía de la Zodes Del Dique, con la integración física y económica de todo su territorio, que se extiende desde Calamar hasta Cartagena, como principal puerto de la región caribe. Se plantea realizar un programa de infraestructura física para la integración de las zonas de producción y distribución de los bienes generados por el departamento, la ampliación y articulación de toda la infraestructura vial, garantiza la sostenibilidad de la región y de los proyectos propuestos. (Gobernación de Bolívar , 2012). Lo anterior mejoraría la comercialización en las zonas del Departamento con altas potencialidades agropecuarias, turísticas, mineras y pesqueras, contribuyendo a la integración regional y al desarrollo socioeconómico, incidiendo al crecimiento sostenible de los niveles de competitividad de la región dentro del contexto nacional.(Gobernación de Bolívar, Departamento administrativo de planeación, 2012).

Infraestructura del transporte es vital para la competitividad e integración regional, el desarrollo de acciones para el mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento y construcción de la infraestructura vial actual, en la cual, la actividad del transporte de productos hortofrutícolas de la Zodes, se muestran como eje del sustento de la competitividad de la región. Según datos arrojados en el Plan de inversiones en infraestructura de transporte, el modo de transporte fluvial es más competitivo, por su mayor capacidad, eficiencia y bajos costos de interconexión. (; Departamento Nacional de Planeación, 2013).

El Dique bolivarense es el soporte y despensa agropecuaria de Cartagena y Barranquilla, tiene un potencial marítimo y acuícola, está cruzado por los principales corredores viales del Caribe Colombiano. Conformado por los municipios de Turbaco, Arjona, Calamar, Arroyo Hondo,

Clemencia, Mahates, San Cristóbal, San Estanislao de Kostka, Santa Catalina, Santa Rosa de Lima, Turbaco y Turbana, de este Zodes forma parte el Distrito de Cartagena de Indias, núcleo industrial, portuario y turístico del departamento. (; Departamento Nacional de Planeación, 2013).

La población de la Zodes del dique enfrenta muchas deficiencias en sus necesidades básicas, frente a las demás regiones su porcentaje de insatisfacción es uno de los más altos del país (Departamento Nacional de Planeación, 2007). Presenta índices de analfabetismo superiores al 10%, su cobertura en energía eléctrica y alcantarillado en sus principales municipios es preocupante, sin perder de vista el acceso a servicios básicos de salud. Con la inclusión de la Zodes en proyectos como la recuperación de la navegabilidad del río Magdalena, la integración del transporte terrestre –fluvial por el canal del dique y con la ampliación de la red vial, se buscará mejorar las condiciones de vida de la población, alcanzando un crecimiento sostenible en la Zodes. Lo anterior con una alianza entre el estado y los sectores productivos como el agroindustrial, industrial, petroquímico, logísticos, turismo y el sector del transporte para que se conviertan en propulsores del desarrollo en la región (Departamento Nacional de Planeación, 2007).

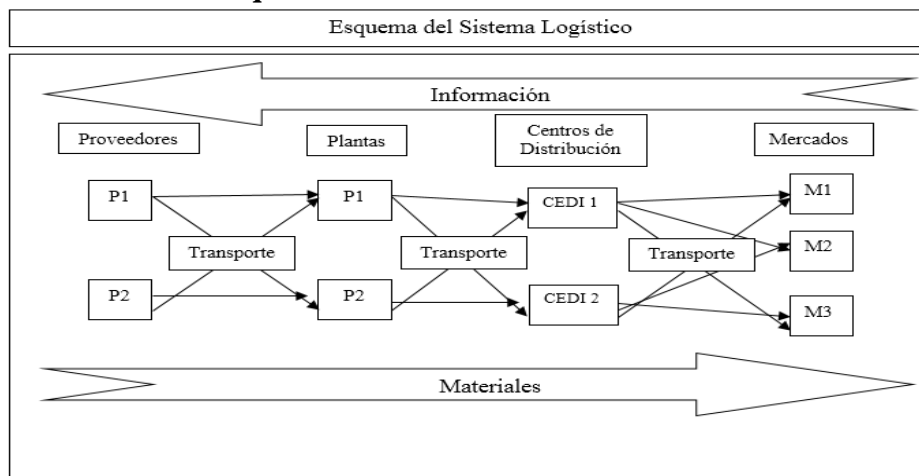
4. Diseño y Simulación del Modelo de la Cadena Hortofrutícola

En el presente capítulo se desarrolla la definición del modelo conceptual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas de la Zodes Dique y su aplicación bajo la metodología del Software Promodel. El modelo planteado en Promodel se ajusta al diseño conceptual propuesto, en el cual se ajustan los elementos tales como entidades, locaciones, recursos, rutas y proceso. Finalmente se hace una descripción de los escenarios de transporte multimodal de la Zodes Dique.

4.1. Diseño del Modelo Conceptual

Para entender la logística y cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique, se hace necesario previamente definir los conceptos. Teóricamente el esquema del sistema logístico o cadena de Suministro se define como se aprecia en el siguiente gráfico (Ver Ilustración 34).

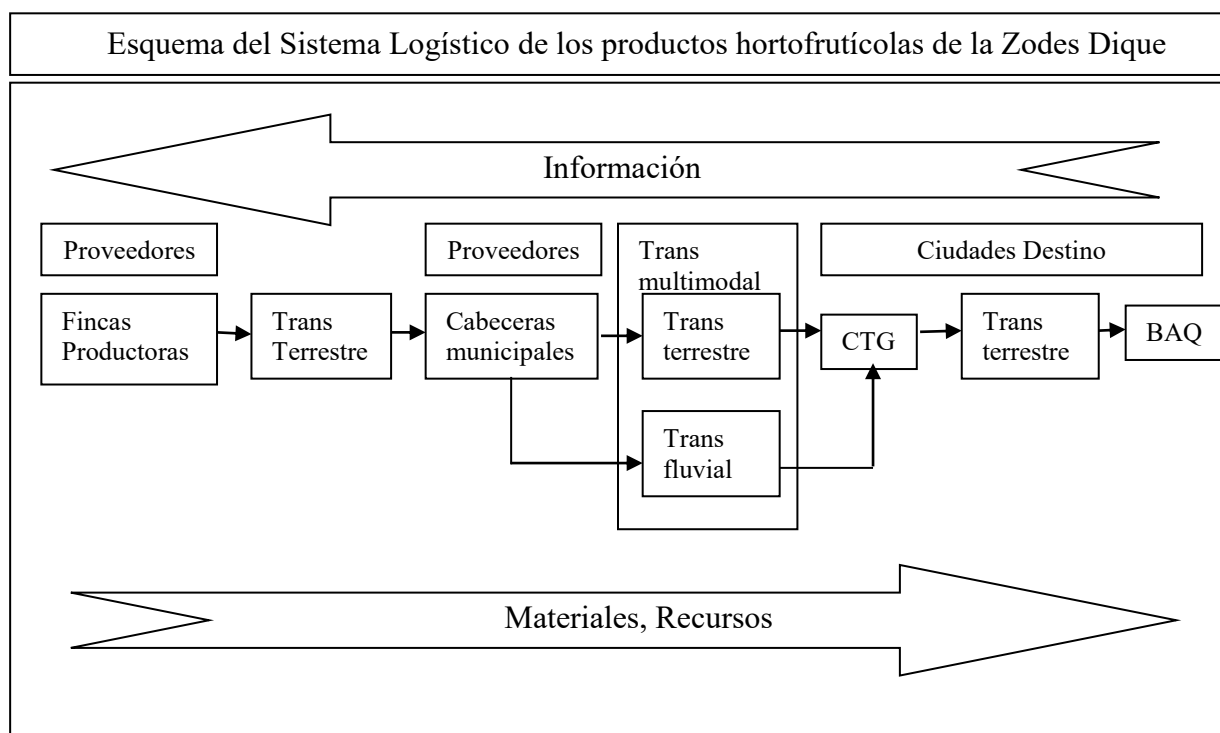
Ilustración 34. Esquema de referencia de una cadena de suministro



Fuente: Fuente: Autores según información del Libro Gestión Integral Logística; Luis Anibal Mora, Año 2012.

En la Ilustración 19 se muestra la estructura general de la cadena de suministro, con cada una de sus partes o eslabones, En el caso del presente proyecto, los proveedores del cultivo estarán representados por la cabecera municipal o municipio. Cada municipio estará relacionado con los demás municipios y ciudades destino a través de rutas (Ver Ilustración 35).

Ilustración 35: Esquema según el proceso actual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique.



Fuente: Autores basado en el esquema de funcionamiento actual del sistema de transporte de la región.

En la Zodes Dique se producen distintos productos hortofrutícolas (Ver Tabla 15). Las producciones tienen ubicaciones en fincas aledañas en distintos puntos de estos municipios. Periódicamente, de acuerdo a cada tipo de producto se recogen las cosechas y son llevados por vías terciarias y secundarias a zonas de carga en las cabeceras municipales (P), posteriormente son despachados hacia las zonas de consumo. El principal mercado a abastecer en la Zodes Dique es la ciudad de Cartagena.

Como alternativa, se dispondrán de nodos o centros multimodales en las cabeceras municipales que permitirán redirigir la carga por modo fluvial. En cada centro se realizarán operaciones de desconsolidación y consolidación de la carga, ajustándose a las capacidades de los medios de transportes. Una vez despachada la mercancía, continuará su camino hacia las ciudades de destinos (Cartagena y Barranquilla).

Como supuestos del modelo, los despachos de los productos hortofrutícolas se realizaron desde las cabeceras municipales. El modo de transporte utilizado como escenario base es el terrestre y para el cual se utilizó como recurso el camión predominante para el transporte de mercancía en la zona con capacidad de 32 Toneladas **Ilustración 10. Estado de la red vial arterial afirmado (No pavimentado)**, (Ver Ilustración 10).

En cuanto al escenario multimodal, se programó el uso de transporte fluvial de 1200 toneladas de capacidad, conformadas por un remolcador y dos barcazas en paralelo (Universidad Nacional de Colombia, 2001; Hernández, et al, 2007).

Los supuestos del modelo propuesto son los siguientes:

- Transporte: Se definieron como recursos para el transporte, Camiones con capacidad de 32 toneladas, y barcazas con capacidad de 1200 toneladas.

- Los despachos se realizaron para los 3 productos con mayor volumen de cada municipio, exactamente para los que superaban una producción mayor a las 1 mil toneladas de acuerdo al último año de referencia, el cual fue el 2014.

- Los despachos se realizaron de acuerdo a la periodicidad de la cosecha para cada producto, es decir que durante el tiempo de cosecha fue cuando hubo la necesidad de hacer los transportes,

Estos despachos variaban de acuerdo al tiempo, estos podrían ser en meses o en días.

-Las zonas de producción que se consideraron fueron las cabeceras municipales o capitales de cada municipio.

-Para los despachos no se asumió ningún principio de consolidación que optimizara el volumen de capacidad de carga de los camiones y barcazas, lo que se asumió fue el rol del transporte por producto.

-El transporte de los productos se terminó en cada uno de los casos hasta agotar la producción por municipio.

4.2. Diseño del Modelo de Simulación

En el presente apartado se diseñó el modelo de simulación del esquema de transporte carretero y fluvial en la Zodes Dique.

4.2.1 Generalidades del modelo. El modelo de simulación que se propone construir en el presente proyecto se realizó en el programa de simulación Promodel Profesional, versión 9.3.1.2081 (32 bits) de noviembre 10 de 2016.

La construcción del modelo de simulación en el Software PROMODEL, requirió el cumplimiento de los siguientes pasos como se establece a continuación(Ver Anexo 2)

- a) Definir las locaciones
- b) Definir las entidades
- c) Definir los recursos

- d) Establecer las redes
- e) Establecer el comportamiento del proceso (Processing)
- f) Definir el comportamiento de las llegadas. (Arrivals)

Cabe resaltar que para el desarrollo o la corrida del modelo se enmarcaron en el periodo del año 2014, ya que dicho año es el último periodo de los datos obtenidos sobre la producción de productos hortofrutícolas.

4.2.2. Locaciones. Para este tipo demodelo se definieron como locaciones principales a las capitales municipales (Ver Tabla 38). Se incluyeron 7 locaciones auxiliares, cuyas funciones desarrolladas corresponde a la consolidación y desconsolidación de los cultivos, con el fin de asignarlos a las vías terrestre o fluvial dentro del modelo.,

Tabla 49. Locaciones, capacidades y cantidades en la Zodes Dique.

Locaciones	Capacidad	Cantidad
Arjona	Infinito	1
Arroyohondo	Infinito	1
Calamar	Infinito	1
Cartagena	Infinito	1
Clemencia	Infinito	1
Mahates	Infinito	1
San Cristobal	Infinito	1
San Estanislao	Infinito	1
Santa Catalina	Infinito	1
Locaciones	Capacidad	Cantidad
Santa Rosa	Infinito	1
Soplaviento	Infinito	1
Turbaco	Infinito	1
Turbana	Infinito	1
Villanueva	Infinito	1
Barranquilla	Infinito	1
Desconsolidado_Soplaviento	Infinito	1
Desconsolidado_Terrestre_Soplaviento	Infinito	1

Despacho_Fluvial_Soplaviento	Infinito	1
Desconsolidado_Mahates	Infinito	1
Despacho_Terrestre_Mahates	Infinito	1
Despacho_Fluvial_Mahates	Infinito	1
Despacho_Terrestre_Cartagena	Infinito	1

Fuentes: Autores con herramienta Promodel. Año 2016.

4.2.3. Entidades. Se definen como los productos que reciben tratamiento o transformación en las locaciones, para este caso, se tomaron como entidades los productos hortofrutícolas (Ver Tabla 39).

Tabla 50. Entidades y sus velocidades en la Zodes Dique para modelo de simulación en Promodel

Entidad	Velocidad (mpm)
Yuca	150
Maíz	150
Plátano	150
Ñame	150
Mango	150
Caña Panelera	150
Sorgo	150
Berenjena	150

Fuentes: Autores con herramienta Promodel. Año 2016.

4.2.4. Redes. Se establecieron un total de 6 rutas, que conectan los municipios con las dos ciudades destino (Cartagena y Barranquilla). La ruta Canal Del Dique aprovecha el canal para conectar los municipios ubicados al sur de la Zodes (**VerTabla 51**).

Tabla 51. Redes y sus interfaces para modelo de simulación en Promodel

Red	Paths	Interfaces	Nodes
Calamar - Cartagena	6	7	7
Santa Catalina - Cartagena	2	3	3
Arroyo Hondo - Cartagena	4	5	5
Turbana - Cartagena	1	2	2
Canal Del Dique	5	9	4
Cartagena - Barranquilla	1	2	2

Fuente: Autores con herramienta Promodel. Año 2016.

4.2.5. Recursos. Son los camiones o barcazas que transportan los productos o entidades. Se definieron uno para cada municipio (**VerTabla 52**).

Tabla 52. Recursos y unidades para modelo de simulación en Promodel

NombreRuta	Unidades
Camión Calamar-Cartagena	50
Camión San Cristobal – Cartagena	50
Camión Soplaviento – Cartagena	50
Camión San Estanislao – Cartagena	50
Camión Villanueva – Cartagena	50
Camión Santa Rosa – Cartagena	50
Camión Santa Catalina – Cartagena	50
Camión Clemencia - Cartagena	50
Camión Arroyo Hondo - Cartagena	50
CamiónMahates – Cartagena	50
CamiónArjona – Cartagena	50
CamiónTurbaco – Cartagena	50
CamiónTurbana – Cartagena	50
Camión Villanueva - Cartagena	50
Barcaza_Soplaviento_Cartagena	50
Barcaza_Mahates_Cartagena	50

Fuentes: Autores con herramienta Promodel. Año 2016.

4.2.6. Optimización de la cantidad de recursos. Para determinar la cantidad de recursos por cada tipo (vehículo o barcaza) se empleó el software SimRunner versión 3.2.1.15 de 2015. SimRunner toma los modelos de simulación existentes de Promodel, y los evalúa realizando pruebas o experimentos para encontrar mejores formas de lograr los resultados que se desea. A través de varios escenarios de prueba, SimRunner ayuda a determinar la mejor forma de llevar a cabo las operaciones. Con cada proyecto, SimRunner ejecuta sofisticados algoritmos de optimización en su modelo para optimizar múltiples factores simultáneamente. SimRunner puede realizar dos tipos de pruebas: Pre-Análisis (Estadística Advantage) y Simulación (Optimization) (Adaptado del Manual de Promodel).

Cada experimento consiste en una prueba de valores para las variables, midiendo la respuesta de la función objetivo. Una vez el modelo obtiene una mejor solución que las anteriores, pasa a establecer nuevos parámetros de las variables en una nueva generación de valores.

Para el modelo se establecieron dos objetivos: (1) Maximización del porcentaje en la utilización del recurso y (2) Minimización del tiempo de permanencia del cultivo en el sistema.

Resource:Max: 1.00 * Camion_Calamar_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_San_Cristobal_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Soplaviento_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_San_Estanislao_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Villanueva_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Santa_Rosa_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Santa_Catalina_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Clemencia_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Mahates_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Arjona_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Tubaco_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Turbana_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Camion_Cartagena_Barranquilla - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Barcaza_Soplaviento_Cartagena - % Utilization

Resource:Max: 1.00 * Barcaza_Mahates_Cartagena - % Utilization

Entity:Min: 1.00 * Yuca - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Maiz - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Platano - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Ñame - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Mango - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Caña_Panelera - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Sorgo - Avg Time in Sys

Entity:Min: 1.00 * Berenjena - Avg Time in Sys

Como variables del modelo se incluyeron las macros que demarcan las cantidades de cada vehículo o barcaza por municipio, cuyo rango (restricción) se estableció entre 1 y 50³. Las variables fueron tratadas como discretas, admitiendo solo valores enteros.

Barcazas_Mahates_Cartagena: 50.00

Barcazas_Soplaviento_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Cartagena_Barranquilla: 50.00

Vehiculos_Turbana_Cartagena: 50.00

³ El valor 50 se tomó por el número máximo de vehículos requeridos en el día por la ruta más congestionada, en este caso, la ruta Cartagena – Barranquilla, con un 50% establecido en la distribución final. El valor 1 induce valores positivos cuya cantidad de recurso mínimo aceptado por municipio es 1.

Vehiculos_Tubaco_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Arjona_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Mahates_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Arroyo_Hondo_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Clemencia_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Santa_Catalina_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Santa_Rosa_Cartagena: 50.00

Vehiculos_San_Cristobal_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Soplaviento_Cartagena: 50.00

Vehiculos_San_Estislao_Cartagena: 50.00

Vehiculos_Villanueva_Cartagena: 50.00

Vehiculo_Calamar_Cartagena: 50.00

En la etapa de pre-análisis se estableció un periodo de tiempo de 360 días (con intervalos de 1 día). En esta etapa se evaluó el porcentaje en la utilización del recurso y el tiempo de permanencia del cultivo en el sistema con los valores predeterminados de 50 unidades de recurso con el fin de verificar que no existiesen fallos en el modelo.

En la etapa de simulación (optimización) se utilizó un perfil de optimización moderado y nivel de confianza del 95%, con una replicación. SimRunner alcanza la convergencia después de 962 experimentos y 19 generaciones, arrojando los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 53. Porcentaje de utilización de recursos y tiempo promedio en sistema

	Objetivo	Resultado
Porcentaje De Utilización De Recursos	Camion_Calamar_Cartagena: % Utilization	0,07%
	Camion_San_Cristobal_Cartagena: % Utilization	0,01%
	Camion_Soplaviento_Cartagena: % Utilization	0,19%
	Camion_San_Estanislao_Cartagena: % Utilization	0,07%
	Camion_Villanueva_Cartagena: % Utilization	0,94%
	Camion_Santa_Rosa_Cartagena: % Utilization	0,20%
	Camion_Santa_Catalina_Cartagena: % Utilization	0,32%
	Camion_Clemencia_Cartagena: % Utilization	0,08%
	Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena: % Utilization	0,15%
	Camion_Mahates_Cartagena: % Utilization	1,29%
	Camion_Arjona_Cartagena: % Utilization	0,08%
	Camion_Tubaco_Cartagena: % Utilization	0,02%
	Camion_Turbana_Cartagena: % Utilization	0,01%
	Camion_Cartagena_Barranquilla: % Utilization	2,66%
	Barcaza_Soplaviento_Cartagena: % Utilization	0,06%
	Barcaza_Mahates_Cartagena: % Utilization	0,07%
	Tiempo Promedio En El Sistema (Minutos)	Yuca: Avg Time in Sys
Maiz: Avg Time in Sys		3.004.659
Platano: Avg Time in Sys		91.916
Ñame: Avg Time in Sys		588.581
Mango: Avg Time in Sys		946.472
Caña_Panelera: Avg Time in Sys		61.004
Sorgo: Avg Time in Sys		73.891
Berenjena: Avg Time in Sys		8.061.823

Fuente: Autores, según datos arrojados por Promodel.

El tiempo total empleado por el software para alcanzar la solución fue 01:44:11:37 (hora: minuto: segundo: milisegundo) en el experimento 839. El equipo de cómputo empleado para ejecutar SimRunner contó con las siguientes características:

- Procesador Intel i5 de tercera generación (1,8 Ghz)
- 4 GB de Memoria RAM Ddr 3
- Disco Duro de 6200 RPM con capacidad de 2 TB.
- Sistema Operativo Windows 10 de 64 bits (Build 6800)

Para lograr las eficiencias y tiempos de espera listados anteriormente, el programa encuentra como mejor solución la asignación de las siguientes cantidades de recursos:

Barcazas_Mahates_Cartagena = 28.

Barcazas_Soplaviento_Cartagena = 13

Vehiculos_Cartagena_Barranquilla = 50.

Vehiculos_Turbana_Cartagena = 35

Vehiculos_Tubaco_Cartagena = 36

Vehiculos_Arjona_Cartagena = 49

Vehiculos_Mahates_Cartagena = 13

Vehiculos_Arroyo_Hondo_Cartagena = 9

Vehiculos_Clemencia_Cartagena = 49

Vehiculos_Santa_Catalina_Cartagena = 44

Vehiculos_Santa_Rosa_Cartagena = 24

Vehiculos_San_Cristobal_Cartagena = 49

Vehiculos_Soplaviento_Cartagena = 21

Vehiculos_San_Estanislao_Cartagena = 45

Vehiculos_Villanueva_Cartagena = 12

Vehiculo_Calamar_Cartagena = 41

4.2.7. Proceso. En el modelo se emplearon 47 líneas de proceso, cada una con sus propias rutas, con el fin de conectar cada municipio (origen) con las ciudades destino. Los comandos empleados para la construcción del proceso fueron los siguientes:

- GROUP: Empleado para la consolidación de los cultivos de acuerdo a la capacidad del recurso.

- MOVE WITH: Hace un llamado al recurso (vehículo o barcaza) y mueve el recurso a través de él.

- THEN FREE: Libera un recurso específico
- FREE ALL: Libera todos los recursos que han sido utilizados
- UNGROUP: Desconsolida los cultivos.
- INC: Incrementa el valor de la variable en 1.
- IF THEN: Condicional empleado para el cálculo de tiempos.

En Anexo A se muestra las líneas de código programadas en Promodel.

4.2.8. Arribos. Para el caso de la definición de los arribos, se plantean los siguientes supuestos:

- Recurso o modo de transporte utilizado según las características siguientes:
 - Camión 2S2 capacidad de carga de 32 toneladas
 - Barcaza (empujadas por un remolcador) con capacidad de 1200 toneladas.
- Producción por producto: se toma el total del año 2014
 - La producción de productos hortofrutícolas se asume en Unidades de Toneladas e igualmente para la capacidad de los camiones o barcasas.

Para el municipio de Arjona se toman los productos siguientes: Yuca, Maíz y Plátano, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 618, 137 y 35 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 7, 3 y 12(Ver Tabla 54)

Tabla 54. Numero de viajes para el municipio de Arjona

Arjona		
Producto	Total, viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$19782/32=618$	$618/90=7$ al día
Maíz	$4396/32=137$	$137/60=3$ al día
Plátano	$1120/32=35$	$35/3=12$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Arroyohondo se toman los productos siguientes: Yuca, Maíz y Ñame, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 146, 34 y 15 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 2, 17 y 4 (VerTabla 55).

Tabla 55. Número de viajes para el municipio de Arroyohondo

Arroyohondo		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción (T) 2014 / Capacidad camión (T)	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$4680/32=146$	$146/90=2$ al día
Maíz	$1100/32=34$	$34/2=17$ al mes
Ñame	$500/32=15$	$15/4=4$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Calamar se toman los productos siguientes: Maíz, Yuca y Ñame, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 138, 158 y 11 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 3, 2 y 3 (VerTabla 56).

Tabla 56. Número de viajes para el municipio de Calamar

Calamar		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Maíz	$4440/32=138$	$138/60= 3$ al día
Yuca	$5060/32=158$	$158/90= 2$ al día
Ñame	$350/32=11$	$11/4= 3$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Cartagena se toman los productos siguientes: Yuca, Coco y Ñame, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 115, 61 y 24 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 1, 1 y 7 (VerTabla 57).

Tabla 57. Número de viajes para el municipio de Cartagena

Cartagena		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$3680/32=115$	$115/90= 1$ al día
Coco	$1976/32=61$	$61/60=1$ al mes
Ñame	$780/32=24.3$	$24.3/4=7$ al mes

Fuente: Autores. Año 2016.

Para el municipio de Clemencia se toman los productos siguientes: Yuca, Plátano y Mango, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 262, 76 y 65 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 3, 26 y 22 (Ver

Tabla 58).

Tabla 58. Número de viajes para el municipio de Clemencia

Clemencia		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$8400/32=262$	$262/90=3$ al día
Plátano	$2450/32=76$	$76/3=26$ al mes
Mango	$2100/32=65$	$65/3=22$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Mahates se toman los productos siguientes: Yuca, Maíz y Ñame, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 1772, 265 y 328 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 20, 5 y 3 (Ver

Tabla 59).

Tabla 59. Número de viajes para el municipio de Mahates

Mahates		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$56727/32=1772$	$1772/90=20$ al día
Maíz	$8490/32=265$	$265/60=5$ al día
Ñame	$10500/32=328$	$328/120=3$ al día

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de San Cristóbal se toman los productos siguientes: Yuca, Mango y Maíz, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 26, 107 y 9 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 9, 2 y 5 (Ver

Tabla 60).

Tabla 60. Número de viajes para el municipio de San Cristóbal

San Cristóbal		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	840/32=26	26.2/3=9 al mes
Mango	30/32=107	107/90=2 al dia
Maíz	300/32=9	9,3/2=5 al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de San Estanislao se toman los productos siguientes: Yuca, Plátano y Ñame, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 175, 107 y 25 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 2, 2 y 13 (VerTabla 61).

Tabla 61. Número de viajes para el municipio de San Estanislao

San Estanislao		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	5600/32=175	175/90=2 al dia
Plátano	3450/32=107	107/90=2 al dia
Ñame	2000/32=25	25/2=13 al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Santa Catalina se toman los productos siguientes: Yuca, Mango y Plátano, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 74, 64 y 34 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 25, 22 y 12 (VerTabla 62).

Tabla 62. Numero de viajes para el municipio de Santa Catalina

Santa Catalina		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	2375/32=74	74.2/3=25 al mes
Mango	2070/32=64	64/90=22 al dia
Platano	1100/32=34	34/3=12 al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Santa Rosa se toman los productos siguientes: Mango, Yuca y Berenjena, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 54, 56 y 15 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 18, 19 y 2 (VerTabla 63).

Tabla 63. Número de viajes para el municipio de Santa Rosa

Santa Rosa		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Mango	$1728/32=54$	$54/90=18$ al dia
Yuca	$1800/32=56$	$56/3=19$ al mes
Berenjena	$480/32=15$	$15/9=2$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Soplaviento se toman los productos siguientes: Mango, Yuca y Berenjena, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 50, 6 y 3 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 17, 2 y 1 (Ver

Tabla 64).

Tabla 64. Número de viajes para el municipio de Soplaviento

Soplaviento		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Mango	$1600/32=50$	$50/3=17$ al mes
Yuca	$200/32=6$	$6/3=2$ al mes
Berenjena	$89/32=3$	$2.7/3=1$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Turbaco se toman los productos siguientes: Yuca, Mango y Caña Panelera, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del

camión son 175, 21 y 28 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 2, 1 y 10 (VerTabla 65).

Tabla 65. Número de viajes para el municipio de Turbaco

Turbaco		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$5600/32=175$	$175/90=2$ al día
Mango	$680/32=21$	$21.2/3=1$ al mes
Caña Panelera	$900/32=28$	$28/3=10$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Turbana se toman los productos siguientes: Yuca, Mango y Sorgo, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 179, 21 y 21 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 2, 7 y 3.(Ver Tabla 66).

Tabla 66. Número de viajes para el municipio de Turbana

Turbana		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	$5750/32=179$	$179/90 = 2$ al mes
Mango	$680/32=21$	$21/3=7$ al mes
Sorgo	$675/32=21$	$21/7=3$ al mes

Fuente: Autores, Año 2016.

Para el municipio de Villanueva se toman los productos siguientes: Yuca, Ñame y Mango, para cada uno de ellos el número de viajes de acuerdo a la capacidad de volumen del camión son 792, 590 y 98 toneladas respectivamente y el número de viajes por día para cada producto queda en 9, 5 y 33(Ver

Tabla 67).

Tabla 67. Número de viajes para el municipio de Villanueva

Villanueva		
Producto	Total viajes por realizar = Total producción 2014 / Capacidad camión	Numero de viaje x unidad de tiempo (día o mes)
Yuca	25350/32=792	792/90=9 al día
Ñame	18900/32=590	590/120=5 al día
Mango	3150/32=98	98/3=33 al mes

Fuente: Autores, Año 2016. Consolidado de productos hortofrutícolas, seleccionados como entidades para la elaboración de la simulación.

Tabla 68. Lista consolidada de la producción (T) por municipios de productos hortofrutícolas

	Arjona	Arroyohondo	Calamar	Cartagena	Clemencia	mahates	San Cristobal	San Estanisalo	Santa Catalina	Santa Rosa	Soplaviento	Turbaco	Turbana	Villanueva
Maíz	4396	1100	4440			8490	300							
Platano	1120				2450			3450	1100					
Yuca	19782	4680	5060	3680	8400	56727	840	5600	2375	1800	200	5600	5750	25350
Ñame		500	350	780		10500		2000						18900
Mango					2100				2070	1728	1600	680	680	3150
Berenjena										480				
Caña panelera												900		
Sorgo														675

Fuente: Autores, 2016

4.2.9. Periodicidad de la Cosecha. La periodicidad se define como la calidad de periódico y periódico es aquello que se reproduce en periodos determinados (Diccionario pequeño Larousse ilustrado Version 1978)

Para los Productos Hortofrutícolas se describe la periodicidad de su producción. Dicha información es fundamental para hacer el cálculo de los arribos (Ver Tabla 69)

Tabla 69. Periodicidad de la cosecha de los productos hortofrutícolas

Periodicidad de la Cosecha de Productos Hortofrutícolas		
Cultivo	Ciclo en # Días	Meses de cosecha
Maíz	60	Septiembre y Octubre
Plátano	90	Abril, mayo y Junio
Mango	90	Mayo, Junio y Julio
Guayaba	120	Mayo, Junio, Agosto y Septiembre
Caña panelera	90	Abril, Mayo y Junio
Palma de Aceite	365	Todo el año
Ñame	120	Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero
Yuca	90	Noviembre, diciembre y Enero
Melón	210	Julio, agosto, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo.
Arroz	210	Abril, mayo, Julio, agosto, noviembre, diciembre, enero.
Naranja	120	Octubre, noviembre, diciembre, enero
Sorgo	210	Abril, mayo, Julio, agosto, noviembre, diciembre, enero.
Coco	180	Marzo, Abril, Mayo – Noviembre, Diciembre, Enero
Berenjena	270	Marzo, Abril, Mayo - Junio, Julio, Agosto – Septiembre, Octubre, Noviembre

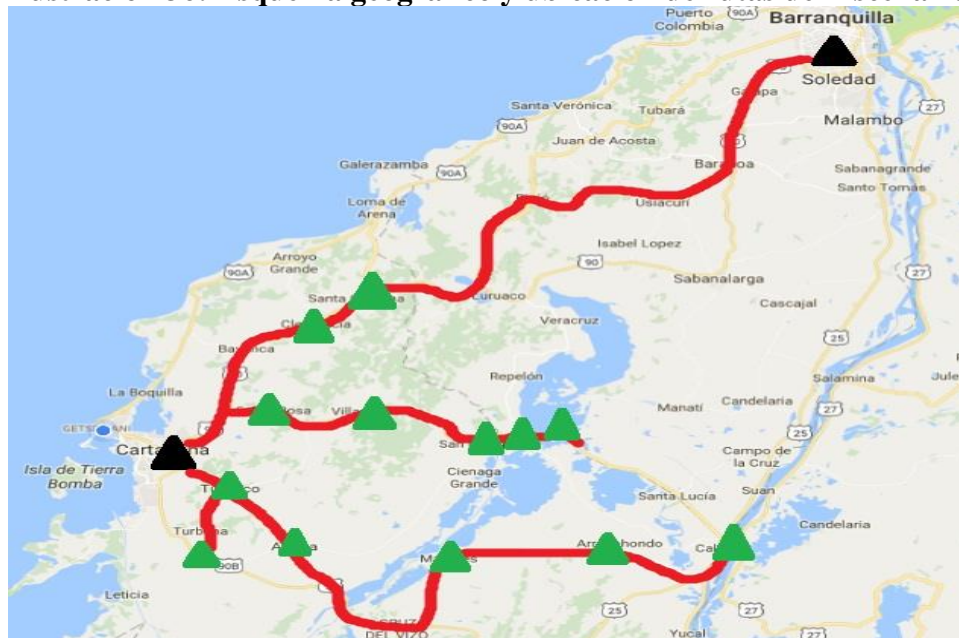
Fuente: Autores según información de la secretaría de agricultura de la Gobernación de Bolívar, Año 2016.




4.3. Formulación de Escenarios en la cadena de suministros en la Zodes Dique para el transporte de productos hortofrutícolas

Con el desarrollo del objeto de estudio de la presente investigación, se procedió adiseñar y valorar escenarios de los distintos modos de transportes que actualmente se realizan y aquellos que se propondrán para el transporte de los productos hortofrutícolas desde sus zonas de producción hasta los sitios de consumo. Cabe destacar que fue necesario realizar propuestas de modos de transporte que, en la actualidad, por distintos motivos de infraestructura y logística, no se practican para efectos de obtener resultados en el proceso de simulación.

4.3.1. Formulación de escenario Modo terrestre (Escenario 1). La Zodes Dique cuenta con 14 municipios, de los cuales 13 de ellos son considerados dentro del esquema logístico de la cadena de suministro como las zonas donde se origina la producción de los cultivos hortofrutícolas. Estos municipios son: Turbaco, Turbana, Arjona, Mahates, Arroyohondo, Calamar, San Cristobal, Soplaviento, San Estanislao, Villanueva, Santa Rosa, Santa Catalina y Clemencia. El transporte se realizó en camiones de 4 ejes con capacidad para 32 toneladas por las rutas demarcadas en color rojo (Ver Ilustración 36). Se establecieron 5 rutas para el modelo propuesto: Santa Catalina – Clemencia – Cartagena, San Cristobal – Soplaviento – San Estanislao – Villanueva – Santa Rosa – Cartagena, Turbana – Turbaco – Cartagena, Clemencia – Arroyohondo – Mahates – Arjona – Turbaco – Cartagena y Cartagena-Barranquilla.

Ilustración 36: Esquema geográfico y ubicación de rutas del Escenario 1.



* Punto de producción  Cliente mayorista (Cartagena)  Ruta de transporte terrestre-carretero 

Fuente: Autores. Año 2016.

Para el diseño del escenario se recurrió a la programación de macros, cuyos valores modificables se centraron en la variación de la proporción de las toneladas remitidas por modo terrestre y fluvial, y la proporción de productos transportadas con destino a Barranquilla (Ver Tabla 70).

Tabla 70. Parámetros fijados para el Escenario 1

Macros	Valor para el Escenario 1
proporcion productos barranquilla	20%
proporcion productos terrestre	100%

Fuente: Autores, 2017.

Los demás parámetros (capacidad y unidades de recursos disponibles) se mantienen fijas para los demás escenarios.

Tabla 71. Parámetros constantes fijados para todos los escenarios

Nombre	Escenario 1
Vehiculo Calamar Cartagena	41
Vehiculos San Cristobal Cartagena	49
Vehiculos Soplaviento Cartagena	21
Vehiculos San Estanislao Cartagena	45
Vehiculos Villanueva Cartagena	12
Vehiculos Santa Rosa Cartagena	24
Vehiculos Santa Catalina Cartagena	44
Vehiculos Clemencia Cartagena	49
Vehiculos Arroyo Hondo Cartagena	9
Vehiculos Mahates Cartagena	13
Vehiculos Arjona Cartagena	49
Vehiculos Tubaco Cartagena	36
Vehiculos Turbana Cartagena	35
Vehiculos Cartagena Barranquilla	50
Barcazas Soplaviento Cartagena	13
Barcazas Mahates Cartagena	28
capacidad vehiculos	32
capacidad barcazas	1200

Fuente: Autores, 2017.

El Escenario 1 representa el sistema actual de transporte en la Zodes Dique, simplificado por la unificación de los vehículos de 32 toneladas.

Para la valoración de costos de uso de los vehículos se utilizó la metodología de valoración de fletes empleada por el Ministerio de Transporte de Colombia, adaptado al transporte interno de los municipios (Ver Anexo 2)

Tabla 72. Parámetros constantes fijados para todos los escenarios

Origen - Destino	Distancia (KM)	Costo (Pesos)
Turbaco - Cartagena	10,9	219,659
Arjona - Cartagena	22,4	247,575
Turbana - Cartagena	20,01	241,773
Santa Rosa - Cartagena	14,7	228,883
Clemencia - Cartagena	29,2	264,082
Mahates - Cartagena	56,7	330,837
Santa Catalina - Cartagena	35	278,161
Villanueva - Cartagena	26,3	257,042
Santestislao - Cartagena	42	295,153
Soplaviento - Cartagena	43,58	298988
San Cristobal - Cartagena	52,78	321321
Calamar - Cartagena	76,78	379580
Arroyohondo - Cartagena	75,8	377,201
Cartagena - Barranquilla	118,47	529,927

Fuente: Autores, 2017.

4.3.2. Formulación de escenario multimodal terrestre-fluvial (Escenario 2). El transporte multimodal en la Zodes Dique corresponde a los modos de transporte terrestre y fluvial. Para el presente escenario se propone establecer 2 nodos de transferencia multimodal en aquellos municipios que se encuentren cerca al Canal del Dique, estos municipios propuestos incluyen el municipio de Soplaviento, debido a la cercanía entre los municipios de San Estanislao, San Cristóbal y el municipio de Mahates. Ambos municipios ofrecen una intercepción entre el Canal del Dique y las vías terrestres dispuestas en el municipio (Ver Ilustración 37).

Ilustración 37: Esquema geográfico y ubicación de rutas del Escenario 2.



* Punto de producción ▲ Cliente mayorista (Cartagena) ▲ Ruta de transporte terrestre-carretero — Línea roja
 Nodos de Transferencia Multimodal ● Vía fluvial (Canal del dique) — Línea azul

Fuente: Autores. Año 2016.

El municipio de Mahates recoge los productos transportados desde Arroyohondo, convirtiéndolo en un nodo de transferencia que manejaría aproximadamente 90.000 toneladas de cultivo. Por otro lado, el municipio de Soplaviento incluye el acopio de cultivos que vendrían desde San Cristóbal y Calamar, movilizándolo aproximadamente 44.000 toneladas al año. Otra justificación, adicional para la selección de estos dos municipios (Soplaviento y Mahates) como

odos de transferencia, es que ambos se encuentran incluidos dentro de los planes de inversiones de la mega-obra que propende habilitar el canal desde el río Magdalena hasta la bahía de Cartagena (El Tiempo, 2016).

4.3.3. Identificación de costos y medios del transporte fluvial. Como recurso seleccionado para el sistema de transporte por modo fluvial, se optó por el uso de barcazas empujadas por remolcador con capacidad de 1200 toneladas (un remolcador empujador de dos barcazas en paralelo), medio usual para el transporte de carga con afluentes de bajo calado, que registran velocidades entre 7 y 9 nudos y se identifica un costo de transporte fluvial para el estudio de la simulación de 144 (Tn/Km)(Hernández, Herrera, Villalba, & Gómez, 2007);(Correa, 2006)(Yances, 2016).

Para el diseño del escenario en el software Promodel se modificó la proporción de las toneladas remitidas por modo terrestre y fluvial al 50% (VerTabla 73).En este caso, la carga que tiene como destino temporal los nodos de transferencias se distribuirán por modo terrestre y fluvial en un 50%.

Tabla 73. Parámetros fijados para el Escenario 2

Macros	Valor para el Escenario 2
proporcion productos barranquilla	20%
proporcion productos terrestre	50%

Fuente: Autores, 2017.

En la modelación del escenario se habilitó una ruta adicional: Soplaviento – Mahates – Cartagena. El costo del uso del recurso (denominado en el modelo como barcazas) se estableció de acuerdo a los cálculos realizados por Lorenzo (2016).

4.3.4. Variaciones del escenario multimodal (Escenario 2-1 y 2-2). Como parte del análisis de sensibilidad del escenario 2, se propusieron 2 variaciones adicionales en la proporción del transporte de carga a través del modo fluvial, incrementando su participación en el sistema (Ver Tabla 59).

Tabla 74. Parámetros fijados para el Escenario 2-1 y 2-2

Macros	Valor para el Escenario 2-1	Valor para el Escenario 2-2
proporción productos barranquilla	20%	20%
proporción productos terrestre	20%	0%

Fuente: Autores, 2017.

En el escenario 2-2 se privilegia el modo fluvial desde los nodos de transferencia multimodal.

4.3.5. Validación del modelo de simulación

La validación de una simulación es el proceso que permite determinar que el modelo, base de la simulación, tiene resultados cercanos a la realidad (Giannasi, Lovett, & Godwin, 2001). La validación de los resultados de la simulación, relacionados con operación directa del sistema, serán abordados desde una visión objetiva, requiriendo una comparación usando pruebas de hipótesis estadísticas o intervalos de confianza (Sargent, 2013). Para el caso del presente proyecto se valorará la comparación entre los resultados computacionales y los datos hipotéticos de algunas variables identificadas en el sistema y obtenidos por fuentes secundarias.

La prueba de hipótesis puede ser usada en la comparación de medias, varianzas, distribuciones y series de tiempo. Para el proyecto se establecieron las variables de salida costo por tonelada y costo por viaje, teniendo en cuenta un total de 198 corridas (Tabla X).

TABLA X.

Variable	Promedio (\bar{X})	Desviación (S)
Costo por tonelada	\$8234.86	\$579.23
Costo por viaje	\$186102.45	\$4760.29

Teniendo en cuenta como techo máximo el costo por tonelada y viaje de transporte en la ruta desde Cartagena con destino a Barranquilla⁴, fijados en \$27655,85/ton y \$248902,63/viaje, se determinaron los costos promedio para el sistema desde la plantilla de costos sugerida por el Ministerio de Transporte desde cada municipio con destino a Cartagena, y promediada de acuerdo a la cantidad de viajes programados (Costo por tonelada: \$9220 y Costo por viaje: \$186700).

De acuerdo a la selección de las variables de salida del sistema, se determinaron las siguientes hipótesis nulas y alternativas.

HIPOTESIS 1

$$H_0: \mu_1 = \$9220/\text{Ton}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \$9220/\text{Ton}$$

HIPOTESIS 2

$$H_0: \mu_2 = \$186700/\text{Viaje}$$

$$H_1: \mu_2 \neq \$186700/\text{Viaje}$$

⁴ Según la tarifa de costo 2014 calculada por el Ministerio de transporte. Fuente: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=11001>, consultado el 5 de agosto de 2017.

Se calculó el valor de t (1) correspondientes a los datos arrojados por la muestra (198 corridas), con el fin de valorar la similitud entre los datos calculados por la plantilla de costos y los datos arrojados por la simulación.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}} \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{8234.86 - 9220}{579.23 / \sqrt{198}} = -1.825$$

$$t_2 = \frac{186102.45 - 186700}{4760.29 / \sqrt{198}} = -1.766$$

Basado en un nivel de confianza del 95% y 197 grados de libertad ($gl = n - 1$), se determinó como parámetro crítico un $ta/2$ (dos colas) igual a ± 2.2586 . A partir de esta información, se concluyó que la hipótesis nula 1 y 2 fueron aceptadas, ya que se encuentran dentro del nivel de confianza del 95% (para un valor de $p < 0.05$), indicando que existe similitud entre los datos arrojados por la simulación y los datos calculados a través de fuentes secundarias.

4.4 Resultados de la simulación

Los resultados de la simulación se obtuvieron a través de la aplicación Output Viewer versión 2016.

Las locaciones estuvieron activas en la simulación por un espacio de tiempo de 8736 horas con capacidad infinita para todos los escenarios programados. Los municipios con un máximo número de toneladas almacenadas por espacio de un día correspondieron a los municipios de Mahates (despacho terrestre) y Villanueva con 1216 y 1024 toneladas respectivamente, seguido por Arroyo Hondo con 448 toneladas. Entre los municipios que más concentraron transacciones

durante el año de simulación (registro de toneladas que se produjeron, transportaron o fueron consolidadas – desconsolidadas en el municipio) estuvieron Mahates, Santa Catalina, Santa Rosa y Villanueva. Cabe aclarar que las locaciones que intervienen en el despacho fluvial no fueron activadas en el escenario 1 (Ver **Tabla 75**).

Tabla 75. Registro de entradas y contenidos máximos por locación

Nombre	Total Entradas	Contenido Máximo
Arjona	29760	32
Arroyohondo	8992	448
Calamar	11904	32
Cartagena	14988	1
Clemencia	23296	64
Mahates	85024	1
San Cristobal	7424	32
San Estanislao	13184	32
Santa Catalina	66080	32
Santa Rosa	54368	32
Soplaviento	24768	1
Turbaco	9248	32
Turbana	3168	32
Villanueva	50144	1120
Barranquilla	2237	1
Desconsolidado Soplaviento Despacho Terrestre Soplaviento	604	1
Despacho Fluvial Soplaviento	24768	96
Desconsolidado Mahates	0	0
Despacho Terrestre Mahates	281	1
Despacho Fluvial Mahates	85024	1216
Despacho Terrestre Cartagena	0	0
	362560	32

Fuente: Autores, 2017

En el caso del escenario 2, las locaciones con despachos por vía fluvial (Mahates y Soplaviento) registran los valores máximos de toneladas almacenadas por espacio de un día (Ver **Tabla 76**).

Tabla 76.Registro de entradas y contenidos máximos por locación para el escenario 2

Nombre	Total Entradas	Contenido Máximo
Arjona	29760	32
Arroyohondo	8992	448
Calamar	11904	32
Cartagena	13329	1
Clemencia	23296	64
Mahates	85024	1
San Cristobal	7424	32
San Estanislao	13184	32
Santa Catalina	66080	32
Santa Rosa	54368	32
Soplaviento	24768	1
Turbaco	9248	32
Turbana	3168	32
Villanueva	50144	1120
Barranquilla	2249	1
Desconsolidado Soplaviento	604	1
Despacho Terrestre Soplaviento	12604	32
Despacho Fluvial Soplaviento	12164	1200
Desconsolidado Mahates	281	1
Despacho Terrestre Mahates	42656	435
Despacho Fluvial Mahates	42368	1200
Despacho Terrestre Cartagena	362032	32

Fuente; Autores, 2017.

Descripción de indicadores.

Totalentradas. Cantidad de vehículos ingresados a las locaciones.

Contenido máximo.

De las 8 entidades programadas, la producción (total salidas) en toneladas de cultivos registradas durante el año fue 373.953, siendo el mango y la yuca los cultivos que más producen en la zona. El maíz y el ñame presentan el mayor tiempo de permanencia en el sistema una vez

que estos inician sus transportes, (con aproximadamente 125 y 110 minutos de permanencia, respectivamente) (Ver Tabla 62).

Tabla 77.Registro por entidad para el escenario 1

Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)
Yuca	148203	85,4514632	85,4514632
Maiz	25473	125,5808778	125,5808778
Platano	18810	52,56523126	52,56523126
Ñame	27588	110,4709874	110,4709874
Mango Caña	148500	52,19251717	52,19251717
Panelera	3300	30,11587879	30,11587879
Sorgo	990	30,36121212	30,36121212
Berenjena	1089	50,90909091	50,90909091

Fuente: Autores, 2017.

Descripción de indicadores:

Total salidas:Cantidad de vehículos para sacar el producto.

Tiempo en sistema promedio (Min):Tiempo de permanencia dentro del sistema antes de ser transportado a él destino.

Tiempo en lógica de movimiento promedio (Min):

Las cantidades de recursos disponibles se establecieron de acuerdo a los resultados de la optimización realizada con el software SimRunner. Los recursos que más tiempo operaron transportando mercancía tomaron las ruta Cartagena-Barranquilla y Mahates-Cartagena, quienes registraron el 60.39% del tráfico en la Zodes el sistema para el escenario 1.

Los trayectos que demandaron más tiempo dentro de la Zodes correspondieron a la ruta Mahates-Cartagena (54,4 min) y Soplaviento-Cartagena (51,4 min)(VerTabla 78).

Tabla 78.Registro de entradas por recurso para el escenario 1

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Distancia Total Recorrida (Mt)	% Utilización
Camion Calamar Cartagena	41	13950	372	37,5	27914880	0,064912222
Camion San Cristobal Cartagena	49	1740	232	7,5	3489280	0,006774688
Camion Soplaviento Cartagena	21	39989,2	774	51,4	79737480	0,363295104
Camion San Estanislao Cartagena	45	17386,4	412	42,2	34846960	0,073711165
Camion Villanueva Cartagena	12	51535,4	1567	26,1	82129960	0,819333155
Camion Santa Rosa Cartagena	24	24125,8	1699	14,2	48557420	0,191781454
Camion Santa Catalina Cartagena	44	73514	2065	35,6	147069300	0,318752428
Camion Clemencia Cartagena	49	21506,2	728	29,3	42660800	0,083734364
Camion Arroyo Hondo Cartagena	9	6174	281	18	10116000	0,130876068
Camion Mahates Cartagena	13	216092,5	2657	54,4	289286000	3,171264499
Camion Arjona Cartagena	49	19437	930	20,9	38874000	0,075677936
Camion Tubaco Cartagena	36	2976,7	289	10,3	5953400	0,015774975
Camion Turbana Cartagena	35	1890,9	99	19,1	3781800	0,010307104
Camion Cartagena Barranquilla	50	263558,4	2226	118,4	527429820	1,005641026

Fuentes: Autores, 2017.

Los recursos que presentaron mayor porcentaje de utilización correspondieron a los municipios Mahates (3.17%), Villanueva (0.81%) y Soplaviento (0.36%). Se debe aclarar que estos porcentajes de utilización corresponden al uso del vehículo durante el periodo del año.

Para el caso del escenario 2, donde se activa el modo fluvial, los efectos en el porcentaje de utilización el recurso terrestre dispuesto en el municipio de Mahates disminuye a 1.13%, en favor del transporte de los cultivos por río.

Tabla 79.Registro de entradas por recurso para el escenario 2

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Distancia Total Recorrida (Mt)	% Utilización
Camion Calamar Cartagena	41	13950	372	37,5	27914880	0,064912222
Camion San Cristobal Cartagena	49	1740	232	7,5	3489280	0,00677469
Camion Soplaviento Cartagena	21	20200,2	393	51,4	40486860	0,18351539
Camion San Estanislao Cartagena	45	17386,4	412	42,2	34846960	0,07371117
Camion Villanueva Cartagena	12	51535,4	1567	26,1	82129960	0,81933316
Camion Santa Rosa Cartagena	24	24125,8	1699	14,2	48557420	0,19178145
Camion Santa Catalina Cartagena	44	73514	2065	35,6	147069300	0,31875243

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Distancia Total Recorrida (Mt)	% Utilización
Camion Clemencia Cartagena	49	21506,2	728	29,3	42660800	0,08373436
Camion Arroyo Hondo Cartagena	9	6174	281	18	10116000	0,13087607
Camion Mahates Cartagena	13	77390	1333	54,4	145079000	1,13573659
Camion Arjona Cartagena	49	19437	930	20,9	38874000	0,07567794
Camion Tubaco Cartagena	36	2976,7	289	10,3	5953400	0,01577498
Camion Turbana Cartagena	35	1890,9	99	19,1	3781800	0,0103071
Camion Cartagena Barranquilla	50	266281,6	2249	118,4	532880300	1,01603175
Barcaza Soplaviento Cartagena	13	3888	10	388,8	1680000	0,05705833
Barcaza Mahates Cartagena	28	10608,5	35	303,1	4582900	0,07228232

Fuente: Autores, 2017.

Descripción de indicadores:

Unidades: Es el numero de entidades que ingresaron al sistema.

Tiempo de trabajo (Min): Tal como se indica es el tiempo que empleó cada recurso en transportar las entidades.

Número de veces utilizado: Es la cantidad que fue necesario utilizar el recurso.

Tiempo por uso promedio (Min): Es el tiempo promedio que por cada momento de utilización se mantuvieron ocupados los recursos.

Distancia total recorrida (mt): Distancia total empleada hasta completar todo el transporte de las entidades por cada recurso.

% de Utilización: Es el porcentaje entre la relación del tiempo empleado, entre el tiempo total disponible.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de utilización para los escenarios, incluyendo las variaciones 2-1 y 2-2. Se puede observar como las barcazas alcanzan sus porcentajes máximos en el escenario 2-2, en detrimento del transporte terrestre desde los municipios de Mahates y Soplaviento (VerTabla 80).

Tabla 80. Porcentaje de utilización por recurso por escenario

Nombre	% Utilización			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Camion Calamar Cartagena	0,064912222	0,06491222	0,06491222	0,06491222
Camion San Cristobal Cartagena	0,006774688	0,00677469	0,00677469	0,00677469
Camion Soplaviento Cartagena	0,363295104	0,18351539	0,07237884	0
Camion San Estanislao Cartagena	0,073711165	0,07371117	0,07371117	0,07371117
Camion Villanueva Cartagena	0,819333155	0,81933316	0,81933316	0,81933316
Camion Santa Rosa Cartagena	0,191781454	0,19178145	0,19178145	0,19178145
Camion Santa Catalina Cartagena	0,318752428	0,31875243	0,31875243	0,31875243
Camion Clemencia Cartagena	0,083734364	0,08373436	0,08373436	0,08373436
Camion Arroyo Hondo Cartagena	0,130876068	0,13087607	0,13087607	0,13087607
Camion Mahates Cartagena	3,171264499	1,13573659	0,42950039	0
Camion Arjona Cartagena	0,075677936	0,07567794	0,07567794	0,07567794
Camion Tubaco Cartagena	0,015774975	0,01577498	0,01577498	0,01577498
Camion Turbana Cartagena	0,010307104	0,0103071	0,0103071	0,0103071
Camion Cartagena Barranquilla	1,005641026	1,01603175	1,00789988	1,02190476
Barcaza Soplaviento Cartagena	0,064912222	0,05705833	0,09129332	0,11411665
Barcaza Mahates Cartagena	0,006774688	0,07228232	0,11565171	0,14456464

Fuente: Autores, 2017.

5. Valoración del Negocio Hortofrutícola de la Zodes Dique

En cuanto a la distribución de los costos totales generados al interior del sistema, el transporte fluvial en el escenario 2 alcanza una proporción de 5,95%, es decir, el 94,04% de los costos es generado por el sistema terrestre. Para los escenarios 2-1 y 2-2, la proporción de los costos totales del transporte fluvial se incrementa hasta alcanzar el 12,78%.

En el caso de los centros multimodales, las proporciones de costos para el escenario 1 registran valores de 19.1% y 5.03% para los municipios de Mahates y Soplaviento (solo el modo terrestre). Cuando la distribución de los modos de transporte cambia (50% terrestre y 50% fluvial), la proporción del costo generado disminuye en Mahates a 12,8% y aumenta en Soplaviento a 6,08%.

Los costos del sistema de transporte terrestre (escenario 1) se calcularon en \$4.602.709.792. Al incluir el modo fluvial en un 50%, los costos disminuyeron en \$282.601.855. El costo más bajo (\$4.025.671.423) se alcanzó en el escenario 2-2, donde la distribución de la carga recae en un 100% sobre el sistema fluvial, con un 12,5% en reducción de los costos comparado con el escenario terrestre. (**Ver Tabla 81**).

Tabla 81. Valoración económica por escenario

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Total Costos (\$)	4.602.709.792	4.320.107.937	4.130.450.719	4.025.671.423

Fuente: Autores, 2017.

Con respecto al número de viajes con llegada a la ciudad de Cartagena y Barranquilla, en el escenario 1 se registraron 13.446 viajes por vía terrestre. Al incluir el modo fluvial (en un 50%), el número de viajes terrestre disminuye en un 20,33%. En el escenario 2-1 se alcanza el número

máximo de viajes realizados por barcazas (90), cifra que no es alterada cuando el sistema fluvial recibe el 100% de la carga en los municipios de Mahates y Soplaviento debido a las limitaciones en la cantidad de recursos disponibles(VerTabla 82).

Tabla 82.Flujo de vehículos por escenario

Nombre	Número de viajes			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
barcazas destino cartagena	0	72	90	90
vehiculos destino cartagena	11220	8481	7789	7789
vehiculos destino barranquilla	2226	2231	2262	2262

Fuente. Autores,2017.

En cuanto al tiempo de transito promedio, al incluir el sistema fluvial en un 100%, el sistema evidencia un retraso del 282%. Se aclara que la optimización del sistema se estableció para el escenario, con una proporción de flujo del 50% entre el modo terrestre y fluvial. El tiempo de recorrido promedio desde Mahates hacia la ciudad de Cartagena pasa de 0,8 horas por vía terrestre a 1,62 horas al incluir el modo fluvial.

En el caso del total de toneladas transportadas por los modos simulados, en los escenarios 2-1 y 2-2 se alcanza el máximo de toneladas transportadas a través del Canal del Dique, con una proporción aproximada del 30% del total de toneladas transportadas en el sistema.

Tabla 83.Indicadores adicionales por escenario

Nombre	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Total toneladas fluvial	0	87590	109792	109792
Total toneladas terrestre	362560	275439	253344	253344
Proporción toneladas fluvial	0	0,3	0,3	0,3
Costo tonelada transportada	8613,6	7384,3	7426,6	7486

Fuente: Autores, 2017.

Los costos unitarios indican una disminución de costos por tonelada transportada significativa en el escenario 2 y 2-1. En el escenario 2-2 el costo por tonelada se incrementa en \$101,7 con respecto al escenario 2.

En la siguiente ilustración se observa el comportamiento de la proporción de toneladas transportadas por modo fluvial (en relación al total de toneladas transportadas) por escenario. Se observa que en el mes de marzo se registran los mayores niveles de movimiento de toneladas a través del canal.

5.1. Análisis Costo Beneficio

En el análisis costo beneficio se identifican y calculan los costos y beneficios en unidades de medición estándar (usualmente monetarias), permitiendo su posterior comparación. Para (De Rus, 2008), las etapas resumidas de un análisis costo beneficio incluyen:

- Objetivo del proyecto y valoración de diferentes alternativas
- Identificación de los beneficios y costos
- Cuantificación de los beneficios y costos
- Agregación de los beneficios y costos / Análisis de sensibilidad
- Interpretación de los resultados y criterios de decisión

5.1.1. Objetivo del Proyecto y Valoración de Diferentes Alternativas. El objetivo del presente proyecto se enfoca en valorar escenarios para el transporte de carga de productos hortofrutícolas a través de modos terrestres y fluviales en la Zodes Dique (Bolívar) que tienen como destino la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C. y Barranquilla. Dicha valoración

incluye la simulación de los modos de transporte partiendo del escenario actual, ajustando los modos en una serie de alternativas factibles.

A partir del diseño de sistema logístico, se incluyeron elementos que permitieron valorar económicamente el modelo, punto de partida para realizar una evaluación de escenarios a través del método de análisis de costo beneficio (ACB). Con la aplicación del ACB, se podrá valorar cada escenario comparándolos con el escenario base, para así poder establecer las recomendaciones sobre la mejor aproximación para la creación de un sistema multimodal para la Zodes Dique.

5.1.2. Identificación de los Costos y Beneficios. En relación a la estructura de costos, se incluyen los costos del sistema de transporte o distribución (calculado a partir de la simulación) y el costo de producción.

Para el cálculo del costo del sistema de transporte se incluyeron los siguientes elementos:

- Costo de insumos (combustible, llantas, lubricantes)
- Costo de salarios, parqueadero e imprevistos
- Costo de recorrido

Cabe destacar que se tomó el costo de distribución, siendo este el costo más significativo en este tipo de estructuras (Estrada, Restrepo y Ballesteros, 2010), excluyendo otros elementos del costo logístico, como el costo de servicio al cliente y el costo de suministro físico.

En cuanto a los costos de producción, se empleó la guía de costos agrícolas establecida por la gobernación del Valle Del Cauca(htt12), donde se pudo identificar su porcentaje de participación dentro de la estructura por cada entidad. Dicha guía incluye los siguientes elementos:

- Costos de mano de obra

- Costo de semillas
- Costo de siembra y sostenimientos
- Costo de insumos
- Costo de cosecha
- Otros costos (administración, asistencia técnica, entre otros)

La proporción de costos, sobre el precio de venta se muestran a continuación:

Tabla 84. Proporción de costos sobre las ventas

Entidad	Costo de Producción (\$ por hectárea)	Precio pagado al productor (\$ por tonelada / \$ por hectárea)	Rendimiento (toneladas por hectárea)	Proporción
*Yuca	5.217.710	534.736	14,89	65,50%
*Maíz	1.383.471	705.811	2,4	81,70%
*Plátano	7.859.236	616.762	31,97	40,00%
*Caña panelera	2.197.013	50.195	55,63	78,70%
*Sorgo	2.416.578	595.000	4,61	88,10%
** Mango	6.132.053	* * * 7.840.000	12,4	78,20%
** ** Ñame	1.550.000	* * * 3.000.000	10,95	51,70%
** *** Berenjena	4.000.000	* * * 7.000.000	20	57,10%

Fuente: Autores según información de la guía de costos agrícolas de la gobernación del valle del cauca. 2017.

* Basado en la Guía de Costos Agrícolas de la Gobernación del Valle del Cauca. Los precios de referencia son del año 2012.

** Proyección del costos y precio del mango variado para el año 2012 (Asohofrucol, 2010).

*** Precio pagado por hectárea

**** Basado en la información del informe el cultivo del ñame en el Caribe Colombiano (Banco de la Republica, 2012). La variedad tomada es el ñame criollo.

***** Basado en las proyecciones realizadas en el Plan Hortícola Nacional (Asohofrucol, 2010).

En cuanto a los beneficios, se tomó el valor pagado por tonelada a mayoristas en la plaza de Bazurto en la ciudad de Cartagena (a 31 de diciembre de 2014), basados en los datos del portal Agronet.gov.co.

Tabla 85. Precio pagado pro tonelada según el producto

Entidad	Precio pagado por tonelada (2014)
Yuca	701.000
Maíz	760.000
Plátano	875.000
Caña panelera	52.000
Sorgo	634.000
Mango	457.000
Ñame	1.750.000
Berenjena	1.440.000

Fuente: Autores, 2017.

5.1.3. Cuantificación de los Beneficios y Costos. Una vez identificados los costos y beneficios estimados del sistema, se procedió a valorar cada uno de los escenarios. Para el costo de transporte, las simulaciones de los escenarios arrojaron los siguientes resultados por escenario.

Tabla 86. Costo total por escenarios

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Total Costos				
(\$)	4.602.709.792	4.320.107.937	4.130.450.719	4.025.671.423

Fuente: Autores, 2017.

En cuanto al costo de producción, a partir de la simulación se calcularon las cifras de toneladas movilizadas que serán valoradas de acuerdo a la proporción del costo de producción y el precio de venta al mayorista por tonelada por cada escenario. En la Tabla 73 se muestran los costos de producción y beneficio para el escenario 1.

Tabla 87. Costo de producción según el producto

Entidad	Toneladas	Costos de proporción	Precio por tonelada	Costo por tonelada	Beneficio	Costo de Producción
Yuca	143712	65,50%	\$ 701.000,00	\$ 459.155,00	\$ 100.742.112.000,00	\$ 65.986.083.360,00
Maiz	24640	81,70%	\$ 760.000,00	\$ 620.920,00	\$ 18.726.400.000,00	\$ 15.299.468.800,00
Platano	18240	40,00%	\$ 875.000,00	\$ 350.000,00	\$ 15.960.000.000,00	\$ 6.384.000.000,00
Ñame	27008	51,70%	\$ 1.750.000,00	\$ 904.750,00	\$ 47.264.000.000,00	\$ 24.435.488.000,00
Mango	144000	78,20%	\$ 457.000,00	\$ 357.374,00	\$ 65.808.000.000,00	\$ 51.461.856.000,00
Caña						
Panelera	3200	78,70%	\$ 52.000,00	\$ 40.924,00	\$ 166.400.000,00	\$ 130.956.800,00
Sorgo	960	88,10%	\$ 634.000,00	\$ 558.554,00	\$ 608.640.000,00	\$ 536.211.840,00
Berenjena	1056	57,10%	\$ 1.440.000,00	\$ 822.240,00	\$ 1.520.640.000,00	\$ 868.285.440,00
Total					\$ 250.796.192.000,00	\$ 165.102.350.240,00

Fuente: Autores, 2017.

El cálculo de la utilidad para el escenario 1 será igual a \$83.554.680.563.

Utilidad escenario 1 = \$ 250.796.192.000 – (\$ 165.102.350.240 + \$ 4.602.709.792) = \$ 81.091.131.968.

En la siguiente tabla se muestran las utilidades por escenario.

Tabla 88. Utilidad según el escenario

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Utilidad (\$)	81.091.131.968	81.373.733.823	81.563.391.041	81.668.170.337

Fuente: Autores, 2017.

5.1.4 Agregación de los Beneficios y Costos. Teniendo en cuenta el escenario 1 como escenario base, se procedió a calcular la proporción por alternativa teniendo en cuenta la relación utilidad del escenario alternativo entre la utilidad del escenario 1.

Tabla 89. Ratio

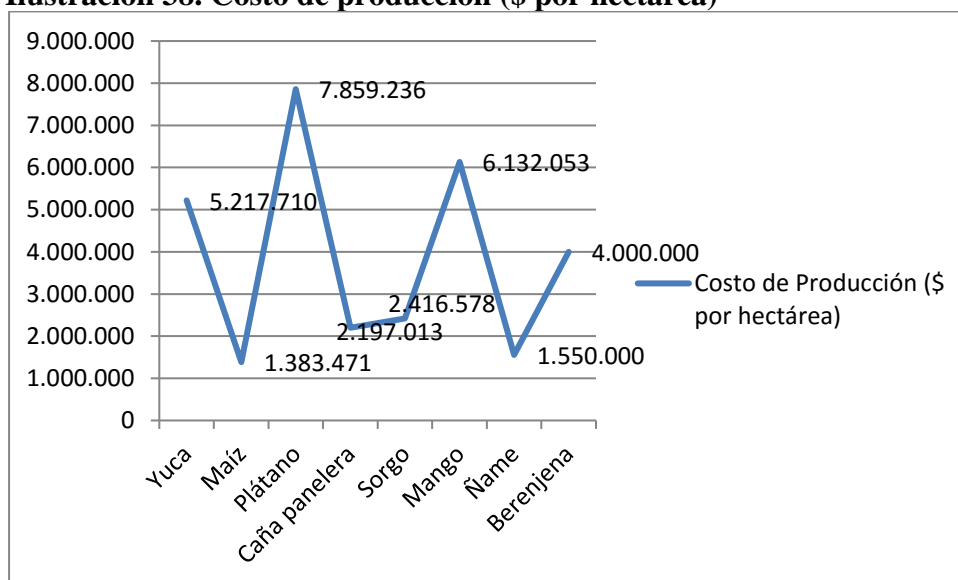
	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Ratio	1,0035	1,0058	1,0071

Fuente: Autores, 2017.

En el caso de los escenarios alternativos, todos muestran un beneficio superior al escenario base. En el caso del escenario 2, el margen de utilidad se incrementa en 0,35%, mientras que en el escenario 2-2, este margen sube a 0,71%, equivalentes a una utilidad adicional de 577.000.000 por año.

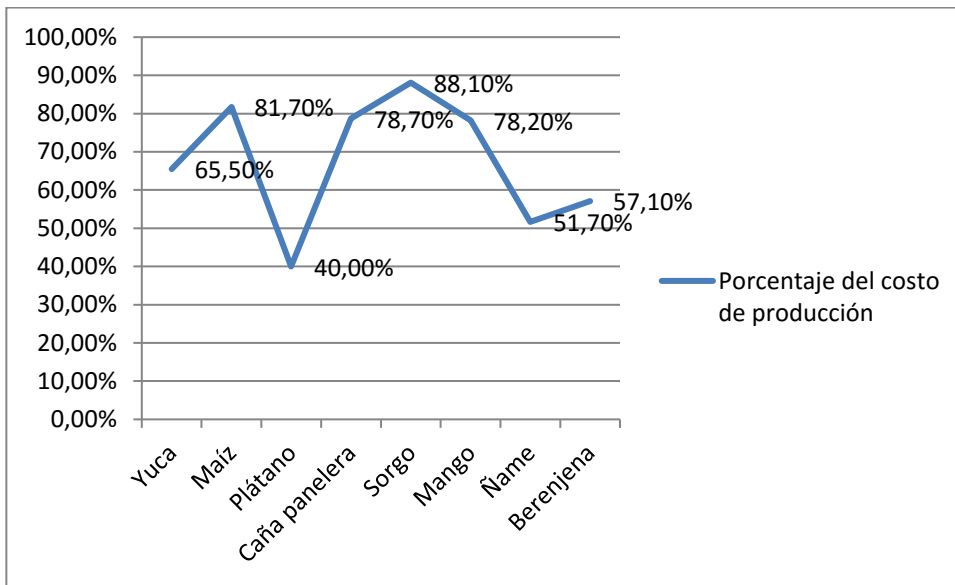
5.1.5. Interpretación de los Resultados y Criterios de Decisión. El producto hortofrutícola que mayor costo de producción por hectárea tiene es el plátano con un valor de 7.859.236 y el menor con un costo de 1.383.471.

Ilustración 38. Costo de producción (\$ por hectárea)



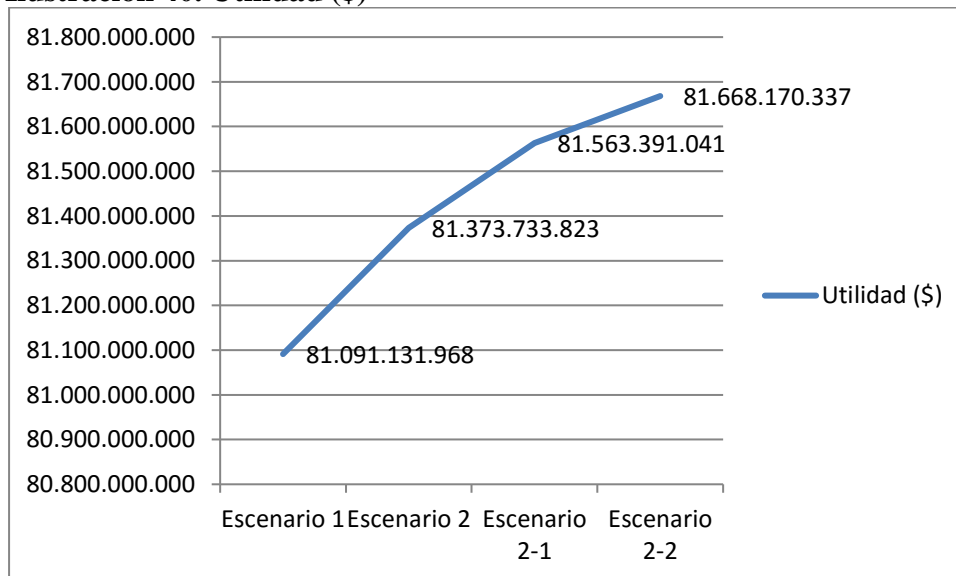
Fuente: Autores, 2017.

Con relación al porcentaje del costo de producción con respecto al precio de los productos hortofrutícolas, el producto que tiene un mayor porcentaje es el Sorgo con 88,1 % y el menor el plátano con 40 %.

Ilustración 39. Porcentaje del costo de producción.

Fuente: Autores, 2017.

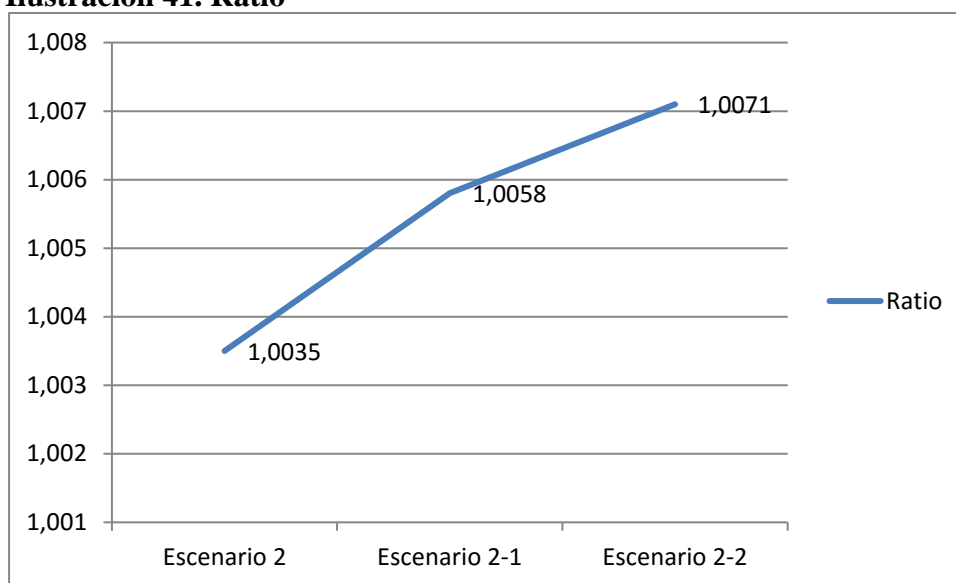
Luego del cálculo de la utilidad para cada escenario, aquel que tuvo el mayor valor en su utilidad fue el escenario 2-2 con un valor de \$81.668.170.337 y el escenario con menor valor es el escenario 1 con valor de \$81.091.131.968 de utilidades.

Ilustración 40. Utilidad (\$)

Fuente: Autores, 2017.

El ratio según la relación de las utilidades de los escenarios con respecto al escenario 1, cuyo escenario es el base. Se obtuvieron los siguientes resultados. Como el escenario con una mayor relación de su ratio es el escenario 2-2 con un ratio de 1.0071 y el escenario con un ratio menor es el escenario 2 con un ratio de 1,0035.

Ilustración 41. Ratio



Fuente: Autores, 2017.

Relación de factores que influyeron en los resultados finales:

Tabla 90. Relación y Analisis de resultados.

Escenarios	Ratio	Proporción Productos por modo terrestre	Proporción productos por modo fluvial	Modos de transporte empleados	de Analisis
Escenario 2-2	1,01	0%	100%	Carretero-Fluvial	Se puede Notar que en la medida en que aumenta la proporción de la utilización del transporte fluvial, así mismo mejora el ratio. En este punto también se observa una mejora con relación al escenario 2, ya que aumenta la proporción de productos transportados por vía fluvial
Escenario 2-1	1,01	20%	80%	Carretero-Fluvial	
Escenario 2	1	50%	50%	Carretero-Fluvial	Para el escenario 2, se utilizan ambos modos de transporte en la misma medida, es decir un 50% para cada uno, con lo cual se obtiene un ratio de 1,0035.

Fuente: Autores, 2017.

Correcciones

Porque se usó la metodología de simulación de eventos discretos:

Para realizar el modelo de la presente propuesta se utilizó al metodología de eventos discretos.

Esta metodología se utiliza para modelo con comportamientos

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones de este trabajo de grado, mediante la simulación se realizó la valoración de los escenarios de los modos de transporte terrestres y fluviales, para el transporte de carga de productos hortofrutícolas en la Zodes Canal del Dique. Se busca ofrecer a los actores principales de la distribución de productos Hortofrutícolas desde la Zodes Canal del Dique (Bolívar), hasta los puertos de Cartagena y Barranquilla, el escenario con la mejor relación costo beneficio entre los modos de transporte utilizados en esta Zodes.

Para lograr conocer el funcionamiento del sistema de flujo de carga terrestre de productos hortofrutícolas originarios de la Zodes del Dique, se caracterizó los principales componentes de las Zodes Del Dique en la logística de distribución, obteniendo la información que permitió identificar la ubicación geográfica de los puntos de producción, los productos hortofrutícolas transportados en género y cantidad, los canales de distribución utilizados, las diferentes vías de acceso y el estado actual de la red vial utilizada para el transporte hacia Cartagena (Gobernación de Bolívar, Departamento administrativo de planeación., 2012). En la infraestructura encontrada se identificó la falta de nodos logísticos pertinentes para el desarrollo eficiente de la cargue, descargue, distribución y transporte de los productos

hotofrituculas de la Zodes. Toda la información recopilada fue esencial para la creación del modelo a utilizar para la simulación del sistema.

Se identificaron los medios de transporte utilizados en la distribución de los productos hotofrituculas de la Zodes, para los modos de transporte terrestre y fluvial, así mismo se calcularon los costos que representaría la utilización de cada uno, según las cantidades a transportar y las rutas a recorrer.

Para la simulación se estableció como recursos para el transporte terrestre un camión mediano con capacidad de 32 toneladas, vehículo común para el transporte de frutas y hortalizas en el Sur de Bolívar. Fueron asignados 50 vehículos (en primera medida) en cada municipio. La velocidad promedio que se estableció para los vehículos fue de 1000 metros por minuto (tanto para el vehículo cargado o vacío) equivalentes a una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora, teniendo en cuenta las disposiciones sobre los pesos vehiculares también establece las denominaciones de los vehículos de carga con base en la disposición de los ejes basados en la NTC vigentes (Ministerio de Transporte, 2004)(Ver Tabla 91).

Tabla 91. Límites de peso bruto para los vehículos de transporte de carga.

Vehículos	Designación	Máximo PBV, KG	Tolerancia positiva de medición Kg.	
	2	16000	+	400
			-	
	3	28000	+	700
			-	
Camiones	4	31000(1)	+	775
			-	
	4	36000(2)	+	900
			-	
	4	32000(3)	+	800
			-	
	2S1	27000	+	675
			-	
	2S2	32000	+	800
			-	
Tracto-Camión con Semirremolque	2S3	40500	+	1013
			-	
	3S1	29000	+	725
			-	

3S2	48000	+	1200
		-	
3S3	52000	+	1300
		-	

Fuente: Elaborado por el autor Fuente artículos 1-12. De la resolución 004100.

Es así como, a través de la resolución No.000888, la cual fue expedida el 13 de marzo de 2006, se determinaron “los criterios en las relaciones económicas entre los remitentes de la carga, las empresas de transporte y los propietarios y/o poseedores o tenedores de los vehículos de transporte público terrestre automotor de carga” (Ministerio de Transporte, 2006).

Plantilla de costos de transporte inter-municipal

Con la presente plantilla se hallaron los costos de transporte para cada ruta.

Distancia Recorrida	0
Número de Llantas Direccional	2
Número de Llantas Tracción	4
Número de Llantas Ejes Libres	4
Días de viaje	2
Toneladas transportadas	20

Costo-Variable

	Cantidad	Valor
Peaje	1	\$ 7.700,00
Consumo de Combustible		-
Valor Combustible	\$ -	\$ -
Consumo de Llantas		\$ -
Valor Lubricantes		\$ -
Imprevistos	5%	\$ 385,00
Total Costo Variable		\$ 8.085,00

Costo-Fijo

	Cantidad	Valor
Salario		\$ 51.632,52
Parqueadero		\$ 30.000,00
Otros costos	13,33%	\$ 6.882,61
Total Costo Fijo		\$ 88.515,13
Total costo un recorrido		\$ 96.600,13
Total costo ida y vuelta		\$ 193.200,27
Valor tonelada un recorrido		\$ 4.830,01

Valores Unitarios

Peaje Gambote	\$ 7.700,00
Peaje Turbaco	\$ 17.500,00
Valor ACPM/Gl	\$ 8.000,00
Duraccion Llantas Direccional	70000
Duraccion Llantas Tracción	70000
Duraccion Llantas Ejes Libres	120000
Precio Llantas	\$ 2.500.000,00
Duracción Lubricante Motor	6000
Duracción Lubricante Caja	35000
Duracción Lubricante Diferenciales	35000
Precio Lubricante C3 promedio	\$ 150.000,00
Salario Mínimo Mensual	\$ 689.455,00
Factor Prestacional	0,52
Valor parqueadero promedio	\$5.000,00
Consumo Gal/Km	\$9,70

Para el medio de transporte fluvial en las barcas, se tomó una velocidad promedio de 7 nudos, equivalentes a 216 metros por minutos (Universidad Nacional de Colombia, 2011). Con una capacidad de 1200 toneladas, variando la proporción de productos con destino a Barranquilla o de las toneladas que serían transportadas por modo fluvial.

Cabe aclarar que los valores de capacidades de los vehículos (camiones) y barcazas fueron determinados a partir de la información secundaria obtenidas del Ministerios de Transporte, documentos técnicos o artículos (Hernández, et al, 2007); (Correa, Humberto, 2006; Yances, Lorenzo, 2016).

Se establecieron un total de 6 rutas, que conectan los municipios con las dos ciudades destino (Cartagena y Barranquilla). La ruta Canal Del Dique aprovecha el canal para conectar los municipios ubicados al sur de la Zodes. Esta ruta se activará en los escenarios que la requieran.

Nombre	Tipo	T/V	Desde	Hasta	BI	Distancia/Tiempo			
Calamar_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	30000
			N2	N3	Bi	7520			
			N3	N4	Bi	9220			
			N4	N5	Bi	16000			
			N5	N6	Bi	12000			
			N6	N7	Bi	14290			
Santa_Catalina_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	6310
			N2	N3	Bi	29300			
Arroyo_Hondo_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	18000
			N2	N3	Bi	33600			
			N3	N4	Bi	10600			
			N4	N5	Bi	10300			
Turbana_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	19100
Canal_del_dique	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	30000
			N2	N3	Bi	7520			
			N3	N4	Bi	18530			
			N4	N5	Bi	65470			
			N6	N4	Bi	18000			
Cartagena_Barranquilla	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	118470

En la construcción y el Diseño del Modelo Conceptual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas de la Zodes Dique, se ingresaron las entidades, locaciones, recursos, rutas y procesos, para ser aplicados bajo la metodología de la Simulación de Sistemas de Eventos Discretos por medio del Software Promodel.

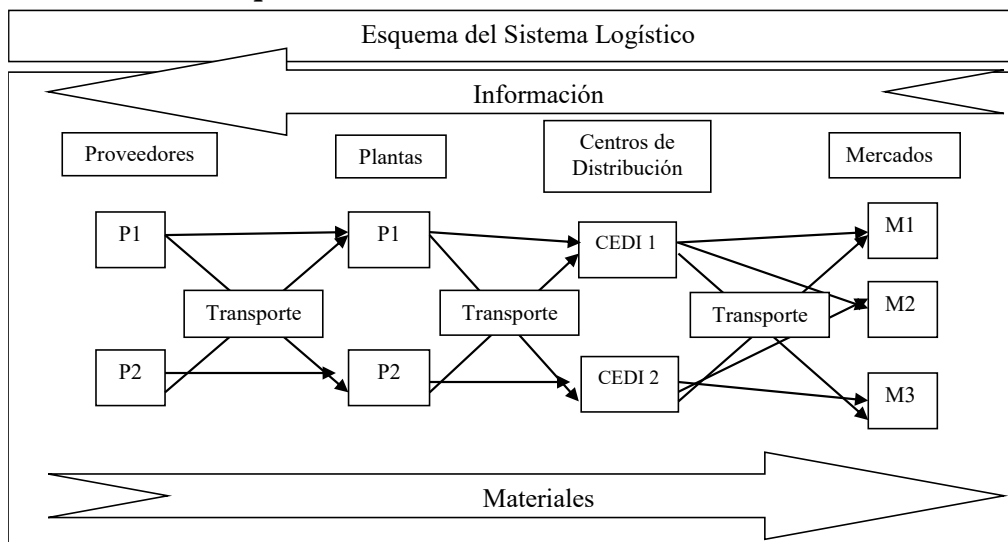
Los modelos discretos son aquellos en los que los eventos se presentan en un periodo de tiempo puntual. Un Ejemplo puede ser las llegadas de personas a un banco; y los modelos continuos, presentan eventos de manera y valga la redundancia, en un periodo continuo en el tiempo, como ejemplo se puede citar el nivel de agua en una represa, que varía conforme llueve o se evapora por las condiciones del clima, a esto se refiere, Banks (2004).

Banks (2004) define los siguientes componentes para un sistema de simulación discreto:

- **Entidad:** Son aquellos elementos que reciben una transformación, Ej.: Clientes en una sala de espera o en un consultorio médico, Materia prima,
- **Atributo:** Son las características del sistema, Ej.: Capacidad, Longitud, Velocidad.
- **Actividad:** Son los procesos que ejecuta el sistema, Ej.: Soldadura, Pintura.
- **Estado:** Los estados que se presenten en los elementos del sistema, Ej.: Niveles de inventarios, estado de los servidores.
- **Evento:** Son aquellas acciones o hechos que se presentan, Ej.: Llegadas de clientes a la cola.
- **Servidores:** Son los entes encargados de prestar la atención a las entidades para surtir alguna transformación en ellos. Ej.: Estación de gasolina, Empleado en un banco.
- **Colas:** Es el conjunto de entidades acumuladas en espera para ser atendidas por los servidores: Ej.: Cola en un banco o en un cine.

Para entender la logística y cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique, se hace necesario previamente definir los conceptos. Teóricamente el esquema del sistema logístico o cadena de Suministro se define como se aprecia en el siguiente gráfico (Ver Ilustración 19).

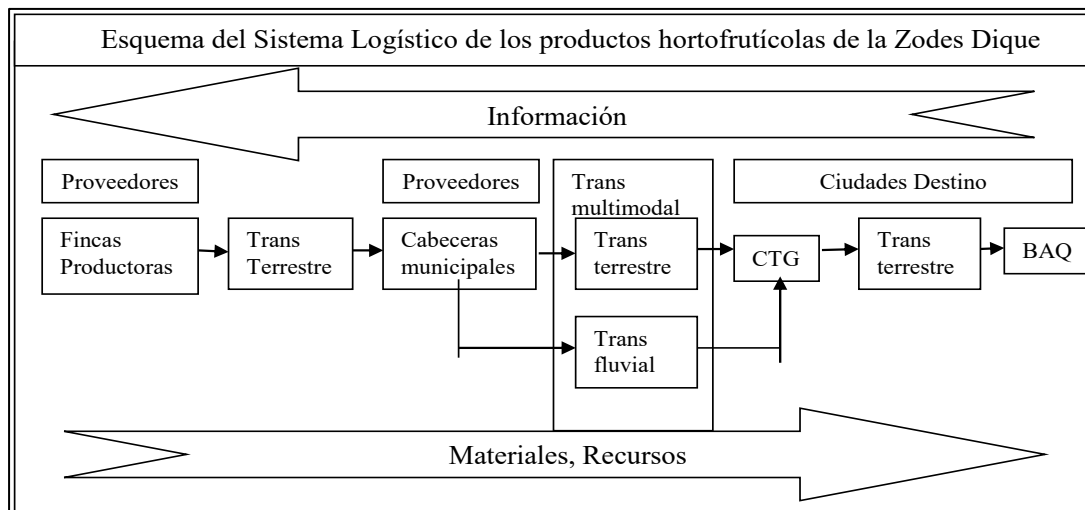
Ilustración 42. Esquema de referencia de una cadena de suministro



Fuente: Autores según información del Libro Gestión Integral Logística; Luis Anibal Mora, Año 2012.

En la Ilustración 19 se muestra la estructura general de la cadena de suministro, con cada una de sus partes o eslabones, En el caso del presente proyecto, los proveedores del cultivo estarán representados por la cabecera municipal o municipio. Cada municipio estará relacionado con los demás municipios y ciudades destino a través de rutas (Ver Ilustración 20).

Ilustración 43: Esquema según el proceso actual de la cadena de suministro de los productos Hortofrutícolas en la Zodes Dique.



Fuente: Autores basado en el esquema de funcionamiento actual del sistema de transporte de la región.

Como alternativa, se dispondrán de nodos o centros multimodales en las cabeceras municipales que permitirán redirigir la carga por modo fluvial. En cada centro se realizarán operaciones de desconsolidación y consolidación de la carga, ajustándose a las capacidades de los medios de transportes. Una vez despachada la mercancía, continuará su camino hacia las ciudades de destinos (Cartagena y Barranquilla).

En cuanto al escenario multimodal, se programó el uso de transporte fluvial de 1200 toneladas de capacidad, conformadas por un remolcador y dos barcazas en paralelo (Universidad Nacional de Colombia, 2001; Hernández, et al, 2007).

Mediante el diseño del modelo de simulación del esquema de transporte carretero y fluvial en la Zodes Dique, se describen además de sus componentes, las generalidades propuestas para su construcción. La construcción del modelo de simulación en el Software PROMODEL, requirió el cumplimiento de los parámetros o pasos establecidos como la definición de las principales locaciones para la consolidación y desconsolidación de los productos, definidas como entidades. En la red se establecieron un total de 6 rutas, que conectan los municipios con las dos ciudades destino (Cartagena y Barranquilla). Estas rutas serán utilizadas por los recursos a utilizar para el transporte de las entidades, ya sean camiones o barcazas.

En cuanto al comportamiento del proceso y de las llegadas se plantearon varios supuestos basados en la información recolectada, en el caso de los recursos se tomó para el transporte terrestre camiones 2S2, con capacidad de carga de 32 toneladas y para el fluvial, Barcazas (empujadas por un remolcador) con capacidad de 1200 toneladas. Los Componentes utilizados en el diseño y construcción del modelo son:

- g) Definir las locaciones
- h) Definir las entidades
- i) Definir los recursos
- j) Establecer las redes
- k) Establecer el comportamiento del proceso (Processing)
- l) Definir el comportamiento de las llegadas. (Arrivals)

Se simuló el modelo de la cadena de suministro de productos hortofrutícolas en el software Promodel Profesional, versión 9.3.1.2081 (31 bits) de noviembre 10 de 2016. La simulación se ejecutó en minutos como unidad de tiempo por defecto y metros para medir las distancias.

Los resultados de la simulación se obtuvieron a través de la aplicación *Output Viewer* versión 2016. Los resultados de la simulación, por cada elemento del modelo, se detallan a continuación

Los resultados de la simulación según las partes del modelo fueron las siguientes:

Locaciones:

- Las locaciones estuvieron activas en la simulación por un espacio de tiempo de 8736 horas con capacidad infinita para todos los escenarios programados.
- Los municipios con un máximo número de toneladas almacenadas por espacio de un día correspondieron a los municipios de Mahates (despacho terrestre) y Villanueva con 1216 y 1024 toneladas respectivamente, seguido por Arroyo Hondo con 448 toneladas.
- Entre los municipios que más concentraron transacciones durante el año de simulación (registro de toneladas que se produjeron, transportaron o fueron consolidadas – desconsolidadas en el municipio) estuvieron Mahates, Santa Catalina, Santa Rosa y Villanueva.
- Cabe aclarar que las locaciones que intervienen en el despacho fluvial no fueron activadas en el escenario 1.

Entidades:

- De las 8 entidades programadas, la producción (*total salidas*) en toneladas de cultivos registradas durante el año fue 373.953, siendo el mango y la yuca los cultivos que más producen en la zona.

- El maíz y el ñame presentan el mayor tiempo de permanencia en el sistema una vez que estos inician sus transportes, (con aproximadamente 125 y 110 minutos de permanencia, respectivamente).

Recursos

- Las cantidades de recursos disponibles se establecieron de acuerdo a los resultados de la optimización realizada con el software *SimRunner*.

- Los recursos que más tiempo operaron transportando mercancía tomaron las ruta Cartagena-Barranquilla y Mahates-Cartagena, quienes registraron el 60.39% del tráfico en la Zodes el sistema para el escenario 1.

- Los trayectos que demandaron más tiempo dentro de la Zodes correspondieron a la ruta Mahates-Cartagena (54,4 min) y Soplaviento-Cartagena (51,4 min).

- Los recursos que presentaron mayor porcentaje de utilización correspondieron a los municipios Mahates (3.17%), Villanueva (0.81%) y Soplaviento (0.36%). Se debe aclarar que estos porcentajes de utilización corresponden al uso del vehículo durante el periodo del año.

- Para el caso del escenario 2, donde se activa el modo fluvial, los efectos en el porcentaje de utilización el recurso terrestre dispuesto en el municipio de Mahates disminuye a 1.13%, en favor del transporte de los cultivos por río.

- En cuanto a la distribución de los costos totales generados al interior del sistema, el transporte fluvial en el escenario 2 alcanza una proporción de 5,95%, es decir, el 94,04% de los costos es generado por el sistema terrestre. Para los escenarios 2-1 y 2-2, la proporción de los costos totales del transporte fluvial se incrementa hasta alcanzar el 12,78%.

- En el caso de los centros multimodales, las proporciones de costos para el escenario 1 registran valores de 19.1% y 5.03% para los municipios de Mahates y Soplaviento (solo el modo

terrestre). Cuando la distribución de los modos de transporte cambia (50% terrestre y 50% fluvial), la proporción del costo generado disminuye en Mahates a 12,8% y aumenta en Soplaviento a 6,08%.

- Los costos del sistema de transporte terrestre (escenario 1) se calcularon en \$4.602.709.792. Al incluir el modo fluvial en un 50%, los costos disminuyeron en \$282.601.855. El costo más bajo (\$4.025.671.423) se alcanzó en el escenario 2-2, donde la distribución de la carga recae en un 100% sobre el sistema fluvial, con un 12,5% en reducción de los costos comparado con el escenario terrestre.

Variables:

- Con respecto al número de viajes con llegada a la ciudad de Cartagena y Barranquilla, en el escenario 1 se registraron 13.446 viajes por vía terrestre.
- Al incluir el modo fluvial (en un 50%), el número de viajes terrestre disminuye en un 20,33%.
- En el escenario 2-1 se alcanza el número máximo de viajes realizados por barcazas (90), cifra que no es alterada cuando el sistema fluvial recibe el 100% de la carga en los municipios de Mahates y Soplaviento debido a las limitaciones en la cantidad de recursos disponibles.
- En cuanto al tiempo de transito promedio, al incluir el sistema fluvial en un 100%, el sistema evidencia un retraso del 282%.
- Se aclara que la optimización del sistema se estableció para el escenario, con una proporción de flujo del 50% entre el modo terrestre y fluvial.
- El tiempo de recorrido promedio desde Mahates hacia la ciudad de Cartagena pasa de 0,8 horas por vía terrestre a 1,62 horas al incluir el modo fluvial.

- En el caso del total de toneladas transportadas por los modos simulados, en los escenarios 2-1 y 2-2 se alcanza el máximo de toneladas transportadas a través del Canal del Dique, con una proporción aproximada del 30% del total de toneladas transportadas en el sistema.
- Los costos unitarios indican una disminución de costos por tonelada transportada significativa en el escenario 2 y 2-1. En el escenario 2-2 el costo por tonelada se incrementa en \$101,7 con respecto al escenario 2.

Se diseñaron escenarios según los distintos modos de transporte para la distribución de productos hortofrutícolas desde las cabeceras municipales hasta los destinos de las ciudades de Cartagena y Barranquilla. Los escenarios propuestos también tienen ciertas características según la proporción de los productos movilizados entre un medio u otro. Estos escenarios propuestos son los siguientes:

- Primer escenario: Escenario modo terrestre.
- Las consideraciones tenidas en cuenta fueron que, los puntos de producción serían las cabeceras municipales, así como también para los demás escenarios propuestos. Las rutas de desplazamiento por vía terrestre, específicamente de forma por carretera, serían 4 rutas.
- Con relación a la proporción de productos movilizados la distribución se estableció de la siguiente manera: La proporción de productos hacia Barranquilla es igual al 20% y el 100% de productos se movilizó vía terrestre.
- Los vehículos utilizados para el transporte de los productos hortofrutícolas fueron camiones de capacidad de 32 toneladas.

- Para la valoración de costos de uso de los vehículos se utilizó la metodología de valoración de fletes empleada por el Ministerio de Transporte de Colombia, adaptado al transporte interno de los municipios (Ver Anexo B).

Segundo escenario: Escenario multimodal

Los modos de transporte utilizados en el segundo escenario son el terrestre y el fluvial.

Se propusieron dos nodos de transferencia multimodal para la requisición de los productos hortofrutícolas, dichos nodos se ubican en la Riviera del canal del dique cerca de los municipios de Soplaviento y Mahates.

- El municipio de Mahates recoge los productos transportados desde Arroyohondo, convirtiéndolo en un nodo de transferencia que manejaría aproximadamente 90.000 toneladas de cultivo.

- Por otro lado, el municipio de Soplaviento incluye el acopio de cultivos que vendrían desde San Cristóbal y Calamar, movilizándolo aproximadamente 44.000 toneladas al año.

- El volumen combinado de ambos nodos de transferencia equivale al 34,3% del total de toneladas movilizadas en la Zodes.

- Otra justificación, adicional para la selección de estos dos municipios (Soplaviento y Mahates) como nodos de transferencia, es que ambos se encuentran incluidos dentro de los planes de inversiones de la mega-obra que propende habilitar el canal desde el río Magdalena hasta la bahía de Cartagena (El Tiempo, 2016).

- Para el escenario 2 la proporción en la distribución de los productos es un 50 % fluvial y un 50% terrestre y un 20% de los productos totales producidos se enviaron a Barranquilla.

- En la modelación del escenario se habilitó una ruta adicional: Soplaviento – Mahates – Cartagena. El costo del uso del recurso (denominado en el modelo como barcazas) se estableció de acuerdo a los cálculos realizados por Lorenzo (2016).

Escenario 2-1 y 2-2

Se realizó un análisis de sensibilidad del escenario 2, para lo cual se propusieron 2 variaciones. Dichas variaciones difieren en la proporción de la cantidad de producto distribuido según los medios de transporte.

Las proporciones se establecieron como sigue a continuación: Proporción de productos distribuidos a barranquilla: 20%, para Escenario 2-1 y 20 % para escenario 2-2. Y proporción de productos distribuidos via terrestre en el escenario 2-1 del 20% y 2-2- 0%.

- En el escenario 2-2 se privilegia el modo fluvial desde los nodos de transferencia multimodal.

Se realizó un análisis de costo beneficio siguiendo con la siguiente metodología según (De Rus, 2008).

- Objetivo del proyecto y valoración de diferentes alternativas
- Identificación de los beneficios y costos
- Cuantificación de los beneficios y costos
- Agregación de los beneficios y costos / Análisis de sensibilidad
- Interpretación de los resultados y criterios de decisión

En la primera etapa de la metodología se planteó:

El objetivo del presente proyecto se enfoca en valorar escenarios para el transporte de carga de productos hortofrutícolas a través de modos terrestres y fluviales en la Zodes Dique (Bolívar) que tienen como destino la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C. y Barranquilla. Dicha

valoración incluye la simulación de los modos de transporte partiendo del escenario actual, ajustando los modos en una serie de alternativas factibles.

En la segunda etapa se planteó:

Para el cálculo del costo del sistema de transporte se incluyeron los siguientes elementos:

- Costo de insumos (combustible, llantas, lubricantes)
- Costo de salarios, parqueadero e imprevistos
- Costo de recorrido

En cuanto a los costos de producción, se empleó la guía de costos agrícolas establecida por la gobernación del Valle Del Cauca(URL), donde se pudo identificar su porcentaje de participación dentro de la estructura por cada entidad. Dicha guía incluye los siguientes elementos:

- Costos de mano de obra
- Costo de semillas
- Costo de siembra y sostenimientos
- Costo de insumos
- Costo de cosecha
- Otros costos (administración, asistencia técnica, entre otros)

La proporción de costos sobre el precio de venta se muestra a continuación:

Yuca; 65,5%; Maíz; 81,7%; Plátano; 40%; Caña panelera; 78,7%; Sorgo; 88,1%; Mango; 78,2%; Ñame; 51,7%; Berenjena; 57,1%.

En cuanto a los beneficios, se tomó el valor pagado por tonelada a mayoristas en la plaza de Bazurto:

Yuca; 701.000; Maíz; 760.000; Plátano; 875.000; Caña panelera; 52.000; Sorgo; 634.000; Mango; 457.000; Ñame; 1.750.000; Berenjena; 1.440.000.

Tercera etapa del análisis costo beneficio:

Cuantificación de los beneficios y costos:

Una vez identificados los costos y beneficios, se realizó la valoración de los escenarios, se obtuvieron los siguientes resultados:

Total Costos: Escenario 1: 4.602.709.792; Escenario 2: 4.320.107.937; Escenario 2-1: 4.130.450.719; Escenario 2-2: 4.025.671.423.

En cuanto al costo de producción, a partir de la simulación se calcularon las cifras de toneladas movilizadas que serán valoradas de acuerdo a la proporción del costo de producción y el precio de venta al mayorista por tonelada por cada escenario. En la Tabla 91 se muestran los costos de producción y beneficio para el escenario 1.

Tabla 92. Costos de producción según el producto

Entidad	Toneladas	Costos de proporción	Precio por tonelada	Costo por tonelada	Beneficio	Costo de Producción
Yuca	143712	65,50%	\$ 701.000,00	\$459.155,00	\$ 100.742.112.000,00	\$ 65.986.083.360,00
Maiz	24640	81,70%	\$ 760.000,00	\$620.920,00	\$ 18.726.400.000,00	\$ 15.299.468.800,00
Platano	18240	40,00%	\$ 875.000,00	\$350.000,00	\$ 15.960.000.000,00	\$ 6.384.000.000,00
Ñame	27008	51,70%	\$1.750.000,00	\$904.750,00	\$ 47.264.000.000,00	\$ 24.435.488.000,00
Mango	144000	78,20%	\$ 457.000,00	\$357.374,00	\$ 65.808.000.000,00	\$ 51.461.856.000,00
Caña Panelera	3200	78,70%	\$ 52.000,00	\$ 40.924,00	\$ 166.400.000,00	\$ 130.956.800,00
Sorgo	960	88,10%	\$ 634.000,00	\$558.554,00	\$ 608.640.000,00	\$ 536.211.840,00
Berenjena	1056	57,10%	\$1.440.000,00	\$822.240,00	\$ 1.520.640.000,00	\$ 868.285.440,00
Total					\$ 250.796.192.000,00	\$ 165.102.350.240,00

Fuente: Autores, 2017.

Las utilidades obtenidas para los escenarios fueron:

En la siguiente tabla se muestran las utilidades por escenario.

Tabla 93: Utilidad de los escenarios

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Utilidad (\$)	81.091.131.968	81.373.733.823	81.563.391.041	81.668.170.337

Fuente: Autores, 2017.

Cuarta etapa del análisis

Agregación de los beneficios y costos.

La proporción por alternativa dio como resultado la siguiente tabla:

Tabla 94: Ratio de Iso escenarios

	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Ratio	1,0035	1,0058	1,0071

Fuente: Autores, 2017.

- En el caso de los escenarios alternativos, todos muestran un beneficio superior al escenario base. En el caso del escenario 2, el margen de utilidad se incrementa en 0,35%, mientras que en el escenario 2-2, este margen sube a 0,71%, equivalentes a una utilidad adicional de 577.000.000 por año.

Quinta fase: interpretación de los resultados y criterios de decisión

- El producto hortofrutícola que mayor costo de producción por hectárea tiene es el plátano con un valor de 7.859.236 y el menor con un costo de 1.383.471.
- Con relación al porcentaje del costo de producción con respecto al precio de los productos hortofrutícolas, el producto que tiene un mayor porcentaje es el Sorgo con 88,1 % y el menor el plátano con 40 %.
- Luego del cálculo de la utilidad para cada escenario, aquel que tuvo el mayor valor en su utilidad fue el escenario 2-2 con un valor de \$81.668.170.337 y el escenario con menor valor es el escenario 1 con valor de \$81.091.131.968 de utilidades.
- El ratio según la relación de las utilidades de los escenarios con respecto al escenario 1, cuyo escenario es el base. Se obtuvieron los siguientes resultados. Como el escenario con una mayor relación de su ratio es el escenario 2-2 con un ratio de 1.0071 y el escenario con un ratio menor es el escenario 2 con un ratio de 1,0035.

Este documento de investigación aplicada concluye de manera general que para el transporte de carga de productos hortofrutícolas con los modos de transporte terrestre carretero y fluvial via canal del dique, se hace mejor en términos de costo, usar el modo fluvial en su 100%, debido a que por medio de metodología empleada de costo beneficio, se obtuvo un mejor ratio con relación a los demás escenarios planteados. Podríamos considerar como conclusión que el medio de transporte fluvial es más económico, que el terrestre, a su vez por sus cualidades entendemos que permite llevar un mayor volumen de carga a un mejor costo por kilometro transportado, a pesar de que su velocidad no pueda ser superior que el transporte terrestre. La simulación del sistema de la cadena de suministro de productos hortofrutícolas en la zona del dique del departamento de Bolívar, nos arroja que, si se deseara plantear la posibilidad de desarrollar las investigaciones futuras y proyectos de inversión en la zona de estudio,

Recomendaciones de investigaciones futuras

- En la investigación para el desarrollo de los objetivos del presente trabajo se encontraron satisfactoriamente las respuestas a la problemática planteada, pero de igual forma casi simultánea, se generaron nuevas inquietudes, nuevas rutas de trabajo a seguir, de interés para los diferentes actores de la distribución de productos Hortofrutícolas desde la Zodes Canal del Dique (Bolívar). Por lo anterior se presentan algunas líneas de investigación futuras.

- En relación con la distribución actual, sería conveniente diseñar una red de distribución internacional de los productos Hortofrutícolas provenientes de la Zodes Canal del Dique hasta los mercados internacionales con salida por el puerto de Cartagena.

- Encanto a la infraestructura existente, la presentación de nuevas plataformas logísticas, equipadas con tecnología suficiente para satisfacer las necesidades logísticas actuales, como el cargue, descargue, manejo, almacenaje y transporte de los productos Hortofrutícolas manejados en la Zodes.

- Es prioritario realizar investigaciones del impacto que tendría la recuperación de la navegabilidad del río Magdalena propuesta por el gobierno, sobre la Zodes Canal del Dique y las diferentes variables como el transporte, infraestructura y los productos.

- Al final sería interesante incluir en el modelo presentado variables adicionales que muestren un sistema más completo y con resultados más exactos para la valoración de los diferentes escenarios propuestos.

Referencias

- (s.f.). Recuperado el 27 de Enero de 2017, de
<http://www.promodel.com/onlinehelp/ProModel/80/C-09%20-%20SimRunner.htm>
- (s.f.). Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de
<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=966>
- (s.f.). Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de
<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=966>
- Alcaldía de Arjona, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Arjona en Bolívar*. Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Arjona en Bolívar: http://www.arjona-bolivar.gov.co/informacion_general.shtml
- Alcaldía de Calamar, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Calamar - Bolívar*. Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Calamar - Bolívar: <http://www.calamar-bolivar.gov.co/index.shtml#2>
- Agronet. (5 de 11 de 2013). *www.agronet.gov.co*. Recuperado el 23 de 04 de 2015, de www.agronet.gov.co: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Agromapas.aspx>
- Ahumada, O., & Villalobos, J. R. (2009). Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. *European Journal of Operational Research*. 196(1), 1–20. doi:doi:10.1016/j.ejor.2008.02.014.
- Alcaldía de Calamar - Bolívar. (12 de 06 de 2012). *Sitio oficial de Calamar en Bolívar*. Recuperado el 04 de 10 de 2016, de Sitio oficial de Calamar en Bolívar: http://www.calamar-bolivar.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Cartagena, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Cartagena*.

Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Cartagena: <http://www.cartagena.gov.co/>

Alcaldía de Clemencia, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Clemencia*.

Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Clemencia: <http://www.clemencia-bolivar.gov.co/index.shtml>

Alcaldía de Mahates, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Mahates*. Recuperado el

13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Mahates: <http://www.mahates-bolivar.gov.co/index.shtml#4>

Alcaldía de Municipio de Arroyohondo, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de*

MUNICIPIO DE ARROYOHONDO. Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de MUNICIPIO DE ARROYOHONDO: <http://www.arroyohondo-bolivar.gov.co/index.shtml#1>

Alcaldía de San Cristóbal. (02 de 09 de 2016). *Alcaldía de San Cristóba*. Recuperado

el 05 de 10 de 2016, de Alcaldía de San Cristóba: <http://www.sancristobal-bolivar.gov.co/index.shtml#4>

Alcaldía de San Estanislao - Bolívar. (12 de 09 de 2012). *Sitio oficial de San*

Estanislao en Bolívar, Colombia. Recuperado el 05 de 10 de 2016, de Sitio oficial de San Estanislao en Bolívar, Colombia: <http://www.sanestanislaobolivar.gov.co>

Alcaldía de Santa Catalina, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Santa Catalina,*

Bolívar. Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Santa Catalina, Bolívar: <http://www.santacatalina-bolivar.gov.co/index.shtml#7>

Alcaldía de Santa Rosa, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Santa Rosa*.

Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Santa Rosa:

<http://www.santarosadelnorte-bolivar.gov.co/index.shtml>

Alcaldía de Soplaviento, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Soplaviento*.

Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Soplaviento: <http://www.soplaviento-bolivar.gov.co/index.shtml#2>

Alcaldía de Turbaco, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Turbaco*. Recuperado el

13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Turbaco: <http://www.turbaco-bolivar.gov.co/index.shtml#6>

Alcaldía de Turbana, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Turbana*. Recuperado el

13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Turbana: <http://www.turbana-bolivar.gov.co/index.shtml>

Alcaldía de Villanueva, Bolívar. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de Villanueva*.

Recuperado el 13 de 05 de 2016, de Alcaldía de Villanueva: <http://www.villanueva-bolivar.gov.co/index.shtml#1>

Amezquita, J., Vergara Schmalbach, J. C., & Maza, F. (2008). *Modelamiento de Cadenas Agroindustriales mediante Simulación de Redes* (Primera ed.). Oviedo: Universidad de Cartagena - Universidad de Oviedo.

Amezquita, J., Vergara-Schmalbach, J. C., & Maza, F. (2001). *Modelamiento de Cadenas Agroindustriales mediante Simulación de Redes*) (Primera ed.). Oviedo: Universidad de Cartagena - Universidad de Oviedo.

Angerhofer, B. J., & Angelides, M. C. (2000). System Dynamics Modelling in Supply Chain Management: Research Review. In Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. *Society for Computer Simulation International*, 342–351.

Asohofrucol. (2010). *Plan Hortícola Nacional*. Bogotá: Asohofrucol: Bogotá. P. 539.

Banco de la Republica. (2012). *El cultivo del ñame en el Caribe Colombiano. Serie documentos de trabajo sobre economía regional*. Cartagena: Centro de estudios económicos regionales: Cartagena P. 84.

Banks, J. (2004). *Introduction to simulation. En J. Banks. Discrete event system simulation* (Prentice Hall ed.).

Bolívar, A. d. (201). *Alcaldía de San Cristóbal* . Obtenido de Alcaldía de San Cristóbal .

Bolívar, A. d. (18 de 04 de 2016). *Alcaldía de San Cristóba*. Obtenido de Alcaldía de San Cristóba: <http://www.sancristobal-bolivar.gov.co/index.shtml#4>

Brailsford, S., Churilov, L., & Dangerfield, B. (2014). *Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making*. (University of Salford, Ed.). Salford: ohn Wiley & Sons, Ltd.

Cámara de Comercio de Cali. (2016). *Reporte de Competitividad Logística*. Cali.

Correa, H. (2006). *Metodologías Taifarias del Tansporte Fuvial en Colombia Aálisis Coceptual. Oficina de Regulación Económica* . Bogotá: Ministerio de Transporte.

Coss, R. (1993). *Simulación un Enfoque Práctico* (segunda ed.). Limusa S.A. De C.V.

Coss, R. (2003). *Simulación Un enfoque Práctico*. Balderas: Limusa S.A. De C.V.

De Rus, G. (2008). *Análisis Coste-Beneficio*. . Grupo Planeta (GBS): Colombia. P. 360.

Departamento Nacional de Planeación. (2007). *Agenda Interna para la productividad y la competitividad*. Bogota.

Departamento Nacional de Planeación. (2013). *Plan para Restablecer la Navegación del Río Magdalena*. Bogota.

El nuevo siglo. (s.f.). Obtenido de <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/5-2014-4g-mega-inversi%C3%B3n-para-que-ruede-el-pa%C3%ADs.html>

Espín Gómez, J. M. (2004). Estrategias de innovación en el sector hortofrutícola español y en las empresas encargadas de la logística y transporte de estos productos perecederos. *Revista Papeles de Geografía*, 81-117.

Estrada, Restrepo y Ballesteros. (2010). *Análisis de los costos logísticos en la administración de la cadena de suministro*. Scientia et Technica Año XVI, No 45. P. 272-277.

Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: Productivity Press.

Giannasi, F., Lovett, P., & Godwin, A. N. (2001). Enhancing confidence in discrete event simulations. *Computers in Industry*, 44(2), 141–157. [http://doi.org/10.1016/S0166-3615\(00\)00084-1](http://doi.org/10.1016/S0166-3615(00)00084-1)

Gobernación de Bolívar . (2012). *Plan Vial Departamental de Bolívar* . Cartagena.

Gobernación de Bolívar. (13 de 04 de 2016). Recuperado el 13-04-2016 de Abril de 2016, de <http://www.bolivar.gov.co/index.php/gobierno-transparente/informacion-institucional/zodes>

Gobernación de Bolívar, Departamento administrativo de planeación. (2012). *Plan de desarrollo departamento de Bolívar 2012-2015*. “Bolívar ganador”. Bolívar, Cartagena.

Gobernación de Bolívar, Departamento Administrativo de Planeación. (2012). *Plan de desarrollo departamento de Bolívar 2012-2015. "Bolívar ganador"*. Bolívar, Cartagena.

Hernández, M., Herrera, R., Villalba, L., & Gómez, J. (2007). *Informe técnico: Subsector Transporte Fluvial*. Cartagena: Centro Náutico, Acuícola y Pesquero, SENA.

Iannoni, A. P. (2006). *A discrete simulation analysis of a logistics supply system. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*.

Iannoni, A. P., & Morabito, R. (2004). *A discrete simulation analysis of a logistics supply system. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*. Sao Carlos , SP: Elsevier Ltd.

Jerry Banks, J. C. (2004). Introduction to simulation. En J. C. Jerry Banks, *Discrete event system simulation* (págs. 3 - 17). Prentice hall.

Kumar, S., & Nigmatullin, A. (2011). *A System dynamics analysis of food supply chains-Case study with non-perishable products. Elsevier*.

Méndez de paredes, J. L., & Obuiña Barbolla, J. (2002). *Logística: La asignatura pendiente en materia de gestión. Distribución y Consumo*, 60-61.

Ministerio de Transporte. (28 de 12 de 2004). Resolución 4100 de 2004. *Resolución 4100 de 2004*. Bogota, Colombia.

Ministerio de Transporte. (13 de 03 de 2006). Resolución No. 888 de 2006. *Resolución No. 888 de 2006*. Bogota, Colombia.

Ministerio de Transporte, y Diseño de obras de encauzamiento, Emdepa, 2011. (2013). *Plan para restablecer la navegabilidad del río magdalena*. Bogota.

Ministerio de Transporte, y Diseño de obras de encauzamiento, Emdepa, 2011. (2013). *Plan para restablecer la navegabilidad del río magdalena*. Bogota.

MINTRANSPORTE. (28 de 07 de 2011). <https://www.mintransporte.gov.co>.

Recuperado el 02 de 04 de 2016, de <https://www.mintransporte.gov.co>:

<https://www.mintransporte.gov.co>

Naoum K. Tsolakis, C. A., & Toka, A. K. (2013). Agrifood Supply Chain Management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Elsevier*, 47-49.

Nedelescu-Ionescu, D., & Ovidiu, R. (2014). WHY DO LOGISTICS AND TRANSPORT MATTER FOR DEVELOPMENT. *The Journal of the Faculty of Economics - Economic*, 34-39.

Owerns, R. C., & Warner, T. (2003). *Concepts of Logistics System Design Arlington* .(f. t. Va.: Inc. /DELIVER, Ed.) (John Snow.

Peña, Y., Nieto Alemán, P. A., & Rodríguez, F. D. (2008). Cadenas de valor: Un enfoque para las agrocadenas. *Equidad y Desarrollo*, 77-85.

Leemis, L., & Park, S. (2006). Discrete-event simulation: A first course (Primera Ed). New York: Prentice-Hall. Retrieved from <http://faculty.ksu.edu.sa/Alhassan/Presentations> and books on Modeling and Simulation/Discrete Event Simulation - A First Course - Lemmis Park.pdf

Ramirez, A. (29 de Junio de 2016). Aduanas son peor calificadas que infraestructura: Banco Mundial. *El tiempo*. Recuperado el 30 de Enero de 2016, de <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/informe-del-indice-de-desempeno-logistico-del-banco-mundial/16632439>

Ratliff, H. D., & Nulty, W. G. (1996). Logistics Composite Modeling . *96(R1)*, 1-53.

- Slats, P., Bhola, B., Evers, J., & Dijkhuizen, G. (1995). Logistic chain modelling. *European Journal of Operational Research*. Retrieved from, 87(1), 1-20. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179400354F>
- Robinson, S. (2004). Simulation: the practice of model development and use. *Journal of Simulation*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. <http://doi.org/10.1057/palgrave.jos.4250031>
- Sargent, R. G. (2013). Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, 7(1), 12–24. <http://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- Steadie Sefie, M. (2011). *Logistics Strategic Decisions*. In L. K. Reza Zanjirani Farahani, Shabnam Rezapour (Ed.), *Logistics Operations and Management: Concepts and Models*. Jamestown: Elsevier.
- Teimoury, E., Nedaei, H., Ansari, S., & Sabbaghi, M. (2013). *A multi-objective analysis for import quota policy making in a perishable fruit and vegetable supply chain: A system dynamics approach*. *Computers and electronics in agriculture* 93.
- Transportation Research Parte E 42. (2006).
- Shankar, A. U. (2015). Discrete-Event Simulation. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(4), 136–140.
- Siebers, P. O., Macal, C. M., Garnett, J., Buxton, D., & Pidd, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! *Journal of Simulation*, 4(3), 204–210. <http://doi.org/10.1057/jos.2010.14>
- Sumari, S., Ibrahim, R., Zakaria, N. H., & Ab Hamid, A. H. (2013). Comparing Three Simulation Model Using Taxonomy: System Dynamic Simulation, Discrete Event

Simulation and Agent Based Simulation. *International Journal of Management Excellence*, 1(3), 54. <http://doi.org/10.17722/ijme.v1i3.9>

Yalaoui, A., Chehade, H., Yalaoui, F., & Amodeo, L. (2013). *Optimization of Logistics*. London: John Wiley & Sons, Ltd.

Yances, L. (2016). Articulación del sistema fluvial colombiano con los puertos marítimos como alternativa estratégica frente a los índices de competitividad global. *Revista Méthodos*, 13(1), 56-69.

Yepes, R. V. (2013). *Infraestructura de transporte en Colombia*. Fedesarrollo.

Zonalogistica, R. (02 de 05 de 2016). *zona logística*. Recuperado el 02 de 05 de 2016, de zona logística: <http://www.zonalogistica.com/herramientas>

Anexo 1. Instrucciones del modelo

NOMBRE:Modelo Simulacion Tesis – UTB

ARCHIVO:Modelo Simulacion Tesis - ene-2017 - P2016.mod

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Este modelo se realizó empleando el software Promodel Profesional, versión 9.3.1.2081 (32 bits) de noviembre 10 de 2016. La simulación se ejecutó en minutos como unidad de tiempo por defecto y metros para medir las distancias.

Unidades de Tiempo:	Minutos
Unidades de Distancia:	Metros
Lógica de Inicialización:	#Activación de la subrutina de vistas vista1

Como lógica de iniciación de la simulación, se creó una subrutina denominada vista 1 donde se establece la velocidad, vista y mensaje de iniciación de la simulación. Se desactivó la opción *recalcular longitudes de rutas al ajustar* con el fin de mantener las distancias reales entre municipios calculadas a través de planos o mapas.

ID	Tipo	Parámetro	Tipo	Lógica
				Vista1 Ninguna #Se muestra pantalla completa e inicia a la velocidad máxima DISPLAY "PULSE ACEPTAR PARA INICIAR LA SIMULACIÓN"
				VIEW "pantalla_completa" ANIMATE 100

1.1 LOCACIONES

Cada uno de los municipios considerados en el Zode Dique se estableció como una locación. Además se incluyeron como destinos las ciudades de Cartagena y Barranquilla.

Nombre	Cap	Unidades	Estadist	Reglas
Arjona		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Arroyohondo	INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo	
Calamar		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Cartagena		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Clemencia		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Mahates		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
San_Cristobal		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
San_Estanslao		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Santa_Catalina		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Santa_Rosa		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo
Soplaviento		INF 1	Series de tiempo	Más Tiempo

Turbaco	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Turbana	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Villanueva	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Barranquilla	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Desconsolidado_Soplaviento	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Despacho_Terrestre_Soplaviento	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Despacho_Fluvial_Soplaviento	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Desconsolidado_Mahates	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Despacho_Terrestre_Mahates	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Despacho_Fluvial_Mahates	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo
Despacho_Terrestre_Cartagena	INF 1	Series de tiempo Más Tiempo,

Los municipios contaron con capacidades *INFINITAS*, es decir, cada municipio podría almacenar y producir un número ilimitado de productos, restringido por la programación de producción calculada a través de datos históricos. Las estadísticas por municipio tendrán en cuenta el tiempo de la simulación (*series de tiempo*). En cuanto a las reglas de las locaciones, todas fueron establecidas en *más tiempo* indicando que la entidad entrante a una locación que tenga mayor tiempo en el sistema tendrá prioridad para ingresar a esta ubicación.

Se incluyeron 7 locaciones auxiliares, cuyas funciones desarrolladas corresponde a la consolidación y desconsolidación de los cultivos, con el fin de asignarlos a las vías terrestre o fluvial dentro del modelo.

1.2 ENTIDADES

Las entidades correspondieron a los cultivos con presencia en la zona que mostraron un nivel significativo de toneladas producidas en datos históricos.

Nombre	Velocidad (mpm)	Estadist
Yuca	150	Series de tiempo
Maiz	150	Series de tiempo
Platano	150	Series de tiempo
Ñame	150	Series de tiempo
Mango	150	Series de tiempo
Caña_Panelera	150	Series de tiempo
Sorgo	150	Series de tiempo
Berenjena	150	Series de tiempo

La velocidad de la entidad no será tenía en cuenta en el modelo, ya que estos cultivos serán movilizados a través de recursos (por defecto se dejó una velocidad de 150 metros por minuto). Las estadísticas por cultivo tendrán en cuenta el tiempo de la simulación (*series de tiempo*).

1.3 RUTAS

Se establecieron un total de 6 rutas, que conectan los municipios con las dos ciudades destino (Cartagena y Barranquilla). La ruta Canal Del Dique aprovecha el canal para conectar los municipios ubicados al sur de la Zodes. Esta ruta se activará en los escenarios que la requieran.

Nombre	Tipo	T/V	Desde	Hasta	BI	Distancia/Tiempo				
Calamar_Cartagena		Sobrepasar Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	30000	
			N2	N3	Bi	7520				
			N3	N4	Bi	9220				
			N4	N5	Bi	16000				
			N5	N6	Bi	12000				
			N6	N7	Bi	14290				
Santa_Catalina_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N2	N3	Bi	29300	N1	N2	Bi	6310
Arroyo_Hondo_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	18000	
			N2	N3	Bi	33600				
			N3	N4	Bi	10600				
			N4	N5	Bi	10300				
Turbana_Cartagena	Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N1	N2	Bi	19100				
Canal_del_dique	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	30000	
			N2	N3	Bi	7520				
			N3	N4	Bi	18530				
			N4	N5	Bi	65470				
			N5	N6	Bi	18000				
			N6	N4	Bi	18000				
Cartagena_Barranquilla	Sobrepasar	Velocidad & Distancia				N1	N2	Bi	118470	

En todas las rutas se estableció la posibilidad de *sobrepasar*, indicando que una entidad cuyo recurso tenga una velocidad determinada, podrá sobrepasar aquellas entidades que avanzan a una velocidad menor. Las distancias por nodo en metros se muestran en la columna *Distancia/Tiempo*. El indicativo Bi en cada tramo indica que cada vía es bidireccional.

Cada nodo de las rutas representa una locación (municipio o ciudad), denominada en software Promodel como *interfaces*.

Red	Nodo	Locación
Calamar_Cartagena	N1	Calamar
	N2	San_Cristobal
	N3	Soplaviento
	N3	Desconsolidado_Soplaviento
	N3	Despacho_Terrestre_Sopl...
	N4	San_Estanislao
	N5	Villanueva
Santa_Catalina_Cartagena	N6	Santa_Rosa
	N7	Cartagena
	N1	Santa_Catalina
Arroyo_Hondo_Cartagena	N2	Clemencia
	N3	Cartagena
	N1	Arroyohondo
Turbana_Cartagena	N2	Mahates
	N2	Desconsolidado_Mahates
	N2	Despacho_Terrestre_Mah...
	N3	Arjona
	N4	Turbaco
Canal_del_dique	N5	Cartagena
	N1	Turbana
	N2	Cartagena
Cartagena_Barranquilla	N1	Calamar
	N2	San_Cristobal
	N3	Soplaviento
	N3	Desconsolidado_Soplaviento
	N3	Despacho_Fluvial_Sopl...
	N4	Mahates
Cartagena_Barranquilla	N4	Desconsolidado_Mahates
	N4	Despacho_Fluvial_Mahates
	N5	Cartagena
	N1	Despacho_Terrestre_Car...
	N2	Barranquilla

1.4 RECURSOS

Se estableció como recurso un camión mediano con capacidad de 32 toneladas, vehículo común para el transporte de frutas y hortalizas en el Sur de Bolívar. Fueron asignados 50 vehículos (en primera medida) en cada municipio. La velocidad promedio que se estableció para los vehículos fue de 1000 metros por minuto (tanto para el vehículo cargado o vacío) equivalentes a una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora.

En el caso de las barcazas (Soplaviento y Mahates), se tomó una velocidad promedio de 7 nudos, equivalentes a 216 metros por minutos (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

Nombre	Unidades Estadíst	Buscar	Ruta	Movimiento
Camion_Calamar_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N1 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_San_Cristobal_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N2 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Soplaviento_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N3 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_San_Estanislao_Cartagen	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N4 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío:1000 mpm
Camion_Villanueva_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N5 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Santa_Rosa_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Calamar_Cartagena Home: N6 (Regresar)	Más Tiempo Calamar_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Santa_Catalina_Cartagen	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Santa_Catalina_Cartagena Home: N1 (Regresar)	Más Tiempo Santa_Catalina_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000
Camion_Clemencia_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Santa_Catalina_Cartagena Home: N2 (Regresar)	Más Tiempo Santa_Catalina_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000
Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Home: N1 (Regresar)	Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000
Camion_Mahates_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Home: N2 (Regresar)	Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000
Camion_Arjona_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Home: N3 (Regresar)	Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Tubaco_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Home: N4 (Regresar)	Más Tiempo Arroyo_Hondo_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Turbana_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Turbana_Cartagena Home: N1 (Regresar)	Más Tiempo Turbana_Cartagena Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Camion_Cartagena_Barranquilla	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo Cartagena_Barranquilla Home: N1 (Regresar)	Más Tiempo Cartagena_Barranquilla Lleno: 1000 mpm	Vacío: 1000 mpm
Barcaza_Soplaviento_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo canal_del_dique Home: N3 (Regresar)	Más Tiempo canal_del_dique Lleno: 216 mpm	Vacío: 216 mpm
Barcaza_Mahates_Cartagena	50	Por Unidad Más Cercano Más Tiempo canal_del_dique Home: N4 (Regresar)	Más Tiempo canal_del_dique Lleno: 216 mpm	Vacío: 216 mpm

El sistema seleccionará el recurso *más cercano* y la entidad que lleve *más tiempo* esperando por ser despachada. Una vez el recurso se encuentre vacío, regresada al nodo hogar (*home*).

1.5 OPTIMIZACIÓN DE LA CANTIDAD DE RECURSOS

Para determinar la cantidad de recursos por cada tipo (vehículo o barcaza) se empleó el software SimRunner versión 3.2.1.15 de 2015. SimRunner toma los modelos de simulación existentes de Promodel, y los evalúa realizando pruebas o experimentos para encontrar mejores formas de lograr los resultados que se desea. A través de varios escenarios de prueba, SimRunner ayuda a determinar la mejor forma de llevar a cabo las operaciones. Con cada proyecto, SimRunner ejecuta sofisticados algoritmos de optimización en su modelo para optimizar múltiples factores simultáneamente. SimRunner puede realizar dos tipos de pruebas: Pre-Analysis (Estadística Advantage) y Simulación (Optimization)⁵.

Cada experimento consiste en una prueba de valores para las variables, midiendo la respuesta de la función objetivo. Una vez el modelo obtiene una mejor solución que las anteriores, pasa a establecer nuevos parámetros de la variables en una nueva generación de valores.

Para el modelo se establecieron dos objetivos: (1) Maximización del porcentaje en la utilización del recurso y (2) Minimización del tiempo de permanencia del cultivo en el sistema.

*Resource:Max: 1.00 * Camion_Calamar_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_San_Cristobal_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Soplaviento_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_San_Estanislao_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Villanueva_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Santa_Rosa_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Santa_Catalina_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Clemencia_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Mahates_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Arjona_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Tubaco_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Turbana_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Camion_Cartagena_Barranquilla - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Barcaza_Soplaviento_Cartagena - % Utilization*
*Resource:Max: 1.00 * Barcaza_Mahates_Cartagena - % Utilization*
*Entity:Min: 1.00 * Yuca - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Maíz - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Platano - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Ñame - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Mango - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Caña_Panelera - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Sorgo - Avg Time in Sys*
*Entity:Min: 1.00 * Berenjena - Avg Time in Sys*

Como variables del modelo se incluyeron las macros que demarcan las cantidades de cada vehículo o barcaza por municipio, cuyo rango (restricción) se estableció entre 1 y 50⁶. Las variables serán tratadas como discretas, admitiendo solo valores enteros.

Barcazas_Mahates_Cartagena: 50.00
Barcazas_Soplaviento_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Cartagena_Barranquilla: 50.00
Vehiculos_Turbana_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Tubaco_Cartagena: 50.00

⁵ Adaptado del manual de Promodel. Fuente: <http://www.promodel.com/onlinehelp/ProModel/80/C-09%20-%20SimRunner.htm> Consultado el: 27 de enero de 2017.

⁶ El valor 50 se tomó por el número máximo de vehículos requeridos en el día por la ruta más congestionada, en este caso, la ruta Cartagena – Barranquilla, con un 50% establecido en la distribución final. El valor 1 induce valores positivos cuya cantidad de recurso mínimo aceptado por municipio es 1.

Vehiculos_Arjona_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Mahates_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Arroyo_Hondo_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Clemencia_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Santa_Catalina_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Santa_Rosa_Cartagena: 50.00
Vehiculos_San_Cristobal_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Soplaviento_Cartagena: 50.00
Vehiculos_San_Estanisla0_Cartagena: 50.00
Vehiculos_Villanueva_Cartagena: 50.00
Vehiculo_Calamar_Cartagena: 50.00

En la etapa de pre-análisis se estableció un periodo de tiempo de 360 días (con intervalos de 1 día). En esta etapa se evaluó el porcentaje en la utilización del recurso y el tiempo de permanencia del cultivo en el sistema con los valores predeterminados de 50 unidades de recurso con el fin de verificar que no existiesen fallos en el modelo.

En la etapa de simulación (optimización) se utilizó un perfil de optimización moderado y nivel de confianza del 95%, con una replicación. SimRunner alcanza la convergencia después de 962 experimentos y 19 generaciones, arrojando los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

	OBJETIVO	RESULTADO
PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS	Camion_Calamar_Cartagena: % Utilization	0,067%
	Camion_San_Cristobal_Cartagena: % Utilization	0,007%
	Camion_Soplaviento_Cartagena: % Utilization	0,193%
	Camion_San_Estanisla0_Cartagena: % Utilization	0,074%
	Camion_Villanueva_Cartagena: % Utilization	0,937%
	Camion_Santa_Rosa_Cartagena: % Utilization	0,200%
	Camion_Santa_Catalina_Cartagena: % Utilization	0,319%
	Camion_Clemencia_Cartagena: % Utilization	0,084%
	Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena: % Utilization	0,149%
	Camion_Mahates_Cartagena: % Utilization	1,287%
	Camion_Arjona_Cartagena: % Utilization	0,077%
	Camion_Tubaco_Cartagena: % Utilization	0,016%
	Camion_Turbana_Cartagena: % Utilization	0,011%
	Camion_Cartagena_Barranquilla: % Utilization	2,655%
	Barcaza_Soplaviento_Cartagena: % Utilization	0,057%
Barcaza_Mahates_Cartagena: % Utilization	0,072%	
TIEMPO PROMEDIO EN EL SISTEMA (MINUTOS)	Yuca: Avg Time in Sys	894.828
	Maiz: Avg Time in Sys	3.004.659
	Platano: Avg Time in Sys	91.916
	lame: Avg Time in Sys	588.581
	Mango: Avg Time in Sys	946.472
	Ca□_Panelera: Avg Time in Sys	61.004
	Sorgo: Avg Time in Sys	73.891
	Berenjena: Avg Time in Sys	8.061.823

El tiempo total empleado por el software para alcanzar la solución fue 01:44:11:37 (*hora: minuto: segundo: milisegundo*) en el experimento 839. El equipo de cómputo empleado para ejecutar SimRunner contó con las siguientes características:

- Procesador Intel i5 de tercera generación (1,8 Ghz)
- 4 GB de Memoria RAM Ddr 3
- Disco Duro de 6200 RPM con capacidad de 2 TB.
- Sistema Operativo Windows 10 de 64 bits (Build 6800)

Para lograr las eficiencias y tiempos de esperar listados anteriormente, el programa encuentra como mejor solución la asignación de las siguientes cantidades de recursos:

Barcazas_Mahates_Cartagena = 28.
Barcazas_Soplaviento_Cartagena = 13
Vehiculos_Cartagena_Barranquilla = 50.
Vehiculos_Turbana_Cartagena = 35
Vehiculos_Tubaco_Cartagena = 36
Vehiculos_Arjona_Cartagena = 49
Vehiculos_Mahates_Cartagena = 13
Vehiculos_Arroyo_Hondo_Cartagena = 9
Vehiculos_Clemencia_Cartagena = 49
Vehiculos_Santa_Catalina_Cartagena = 44
Vehiculos_Santa_Rosa_Cartagena = 24
Vehiculos_San_Cristobal_Cartagena = 49
Vehiculos_Soplaviento_Cartagena = 21
Vehiculos_San_Estanielao_Cartagena = 45
Vehiculos_Villanueva_Cartagena = 12
Vehiculo_Calamar_Cartagena = 41

1.6 PROCESO

En el modelo se emplearon 47 líneas de proceso, cada una con sus propias rutas, con el fin de conectar cada municipio (origen) con las ciudades destino. Los comandos empleados para la construcción del proceso fueron los siguientes:

- **GROUP:** Empleado para la consolidación de los cultivos de acuerdo a la capacidad del recurso.
- **MOVE WITH:** Hace un llamado al recurso (vehículo o barcaza) y mueve el recurso a través de él.
- **THEN FREE:** Libera un recurso específico
- **FREE ALL:** Libera todos los recursos que han sido utilizados
- **UNGROUP:** Desconsolida los cultivos.
- **INC:** Incrementa el valor de la variable en 1.
- **IF THEN:** Condicional empleado para el cálculo de tiempos.

A continuación, se muestra el proceso completo creado para el modelo.

		Proceso	Enrutamiento		
Entidad	Locación	Operación	Blk	Salida	Destino
Yuca	Calamar	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Yuca Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Calamar_Cartagena THEN FREE
Maiz	Calamar	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Maiz Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Calamar_Cartagena THEN FREE
Ñame	Calamar	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Ñame Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Calamar_Cartagena THEN FREE
Yuca	San_Cristobal	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Yuca Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_San_Cristobal_Cartagena THEN FREE
Maiz	San_Cristobal	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Maiz Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_San_Cristobal_Cartagena THEN FREE
Mango	San_Cristobal	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos 1 Mango Desconsolidado_Soplaviento	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_San_Cristobal_Cartagena THEN FREE
ALL	Desconsolidado_Soplaviento	#Se desconsolida en Soplaviento UNGROUP			
ALL	Desconsolidado_Soplaviento	1 ALL Soplaviento	FIRST 1		
ALL	Soplaviento	#En este punto el sistema decide si se envía vía terrestre o fluvial			
		#Tiempo salida tiempo_salida_soplaviento = CLOCK(min) 1 ALL Despacho_Terrestre_Soplaviento proporcion_productos_terrestre 1 ALL Despacho_Fluviaal_Soplaviento 1-proporcion_productos_terrestre			
ALL	Despacho_Terrestre_Soplavient	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos			
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 ALL Cartagena	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Soplaviento_Cartagena THEN FREE
ALL	Despacho_Fluviaal_Soplaviento	#Se contabilizan las toneladas transportadas por modo fluvial INC total_toneladas_fluviaal			
		#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_barcazas			
		#Se cuentan las barcazas con destino a Cartagena INC barcazas_destino_cartagena 1 ALL Cartagena	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Barcaza_Soplaviento_Cartagena THEN FREE
Yuca	San_Estanislao	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos			
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Yuca Cartagena	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_San_Estanislao_Cartagena THEN FREE
Platano	San_Estanislao	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos			
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Platano Cartagena	FIRST 1		#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_San_Estanislao_Cartagena THEN FREE
Ñame	San_Estanislao	#Se consolidan las toneladas del cultivo			

```

GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Ñame Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_San_Estislao_Cartagena THEN FREE

Ñame Villanueva #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Ñame Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Villanueva_Cartagena THEN FREE

Mango Villanueva #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Mango Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Villanueva_Cartagena THEN FREE

Yuca Villanueva #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Yuca Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Villanueva_Cartagena THEN FREE

Mango Santa_Rosa #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Mango Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Rosa_Cartagena THEN FREE

Yuca Santa_Rosa #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Yuca Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Rosa_Cartagena THEN FREE

Berenjena Santa_Rosa #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Berenjena Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Rosa_Cartagena THEN FREE

Yuca Arroyohondo #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
  1 Yuca Desconsolidado_Mahates FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena THEN FREE

Maiz Arroyohondo #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
  1 Maiz Desconsolidado_Mahates FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena THEN FREE

Ñame Arroyohondo #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
  1 Ñame Desconsolidado_Mahates FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Arroyo_Hondo_Cartagena THEN FREE

ALL Desconsolidado_Mahates #Se desconsolida en Soplaviento
UNGROUP
ALL Desconsolidado_Mahates 1 ALL Mahates FIRST 1
ALL Mahates #Tiempo salida
tiempo_salida_mahates = CLOCK(min)
  1 ALL Despacho_Terrestre_Mahates proporcion_productos_terrestre 1
  ALL Despacho_Fluvial_Mahates 1-proporcion_productos_terrestre
ALL Despacho_Terrestre_Mahates #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

```

		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 ALL Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Mahates_Cartagena THEN FREE
ALL	Despacho_Fluvial_Mahates	#Se contabilizan las toneladas transportadas por modo fluvial INC total_toneladas_fluvial		
		#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_barcazas		
		#Se cuentan las barcazas con destino a Cartagena INC barcazas_destino_cartagena 1 ALL Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Barcaza_Mahates_Cartagena THEN FREE
Yuca	Arjona	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Yuca Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Arjona_Cartagena THEN FREE
Maiz	Arjona	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Maiz Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Arjona_Cartagena THEN FREE
Platano	Arjona	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Platano Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Arjona_Cartagena THEN FREE
Yuca	Turbaco	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Yuca Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Tubaco_Cartagena THEN FREE
Mango	Turbaco	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Mango Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Tubaco_Cartagena THEN FREE
Caña_Panelera	Turbaco	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Caña_Panelera Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Tubaco_Cartagena THEN FREE
Yuca	Turbana	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Yuca Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Turbana_Cartagena THEN FREE
Mango	Turbana	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		
		#Conteo vehiculos INC vehiculos_destino_cartagena 1 Maiz Cartagena	FIRST 1	#Se emplea recurso para desplazar los cultivos MOVE WITH Camion_Turbana_Cartagena THEN FREE
Sorgo	Turbana	#Se consolidan las toneladas del cultivo GROUP capacidad_vehiculos		

```

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Sorgo Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Turbana_Cartagena THEN FREE

Yuca Santa_Catalina #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Yuca Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Catalina_Cartagena THEN FREE

Mango Santa_Catalina #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Mango Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Catalina_Cartagena THEN FREE

Platano Santa_Catalina #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Platano Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Santa_Catalina_Cartagena THEN FREE

Yuca Clemencia #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Yuca Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Clemencia_Cartagena THEN FREE

Platano Clemencia #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Platano Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Clemencia_Cartagena THEN FREE

Mango Clemencia #Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos

#Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_cartagena
  1 Mango Cartagena FIRST 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
MOVE WITH Camion_Clemencia_Cartagena THEN FREE

ALL Cartagena #Liberan todos los recursos
Free All

#Se desconsolida la mercancia una vez llega a Cartagena
UNGROUP

ALL Cartagena #La mercancia se envía a Barranquilla o se consume localmente
  1 ALL Despacho_Terrestre_Cartagena FIRST 1
ALL Despacho_Terrestre_Cartagena #Se obtiene el costo total del sistema Cartagena
costo_transaccion = GetCost()*(1-proporcion_productos_barranquilla)
costo_cartagena = costo_cartagena + costo_transaccion

#Tiempo llegada desde Mahates
tiempo_llegada_cartagena_mahates = CLOCK(min)

#Calculo tiempo transporte desde Mahates a Cartagena
If tiempo_salida_mahates > 0 Then
{
tiempo_transito_mahates_cartagena = (tiempo_llegada_cartagena_mahates - tiempo_salida_mahates)/60
}

#Tiempo llegada desde Soplaviento
tiempo_llegada_cartagena_soplaviento = CLOCK(min)

#Calculo tiempo transporte desde Mahates a Cartagena
If tiempo_salida_soplaviento > 0 Then
{

```

```

tiempo_transito_soplaviento_cartagena = (tiempo_llegada_cartagena_soplaviento - tiempo_salida_soplaviento)/60
}

#Se calcula el total toneladas transportadas
total toneladas transportadas = total_ton_berenjena + total_ton_cana + total_ton_maiz + total_ton_mango + total_ton_name +
total_ton_platano + total_ton_sorgo + total_ton_yuca

#Se calcula el total de toneladas transportadas por modo terrestre
total toneladas terrestre = total toneladas transportadas - total toneladas fluvial

#Se calcula la proporcion de toneladas por modo fluvial
proporcion toneladas fluvial = total toneladas fluvial / total toneladas transportadas

#Se calculo el costo por viaje a Cartagena por via terrestre y/o fluvial
costo_viaje_hacia_cartagena = costo_cartagena / vehiculos_destino_cartagena

#Se consolidan las toneladas del cultivo
GROUP capacidad_vehiculos
1 ALL Barranquilla proporcion_productos_barranquilla 1 #Se emplea recurso para desplazar los cultivos
Move With Camion_Cartagena_Barranquilla Then Free
1-proporcion_productos_barranquilla
ALL EXIT
ALL Barranquilla #Conteo vehiculos
INC vehiculos_destino_barranquilla

#Se obtiene el costo total del sistema Barranquilla
costo_transaccion = GetCost()
costo_barranquilla = costo_barranquilla + costo_transaccion

#Se calcula el costo total del sistema de transporte
costo_total = costo_cartagena + costo_barranquilla

#Se calcula el costo por tonelada transportada
costo_tonelada_transportada = costo_total / total toneladas transportadas
1 ALL EXIT FIRST 1
    
```



1.7 ARRIBOS O LLEGADAS

La programación de los arribos permitió ajustar la producción de los cultivos priorizados por cada municipio, de acuerdo a los cálculos y estadísticas de la producción histórica registrada en esta Zodes.



Entidad	Locación	Cant. por Arribo	Primera Vez	Ocurrencias	Frecuencia	Lógica
Yuca	Arjona	224	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Arroyohondo	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Calamar	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Cartagena	32	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Clemencia	96	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Mahates	640	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	San_Cristobal	288	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 3	30 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	San_Estislao	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Santa_Catalina	800	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 3	30 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Soplaviento	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 3	30 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Turbaco	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Turbana	64	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 3	30 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Yuca	Villanueva	288	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM 90	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_yuca
Maiz	Arjona	96	Mon, Sep 01 2014 @ 12:00 AM 60	1 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_maiz
Maiz	Arroyohondo	544	Mon, Sep 01 2014 @ 12:00 AM 60	30 day		#Se contabiliza la producción del cultivo Inc total_ton_maiz

Maiz	Calamar	96	Mon, Sep 01 2014 @ 12:00 AM	60	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_maiz		
Maiz	Mahates	160	Mon, Sep 01 2014 @ 12:00 AM	60	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_maiz		
Maiz	San_Cristobal	160	Mon, Sep 01 2014 @ 12:00 AM	60	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_maiz		
Platano	Arjona	384	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_platano		
Platano	Clemencia	832	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_platano		
Platano	San_Estanslao	64	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	90	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_platano		
Platano	Santa_Catalina	32	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_platano		
Ñame	Arroyohondo	128	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Ñame	Calamar	96	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Ñame	Cartagena	224	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Ñame	Mahates	96	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Ñame	San_Estanslao	416	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Ñame	Villanueva	160	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	120	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_name		
Mango	Clemencia	704	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	San_Cristobal	64	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Santa_Catalina	704	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Santa_Rosa	576	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	1 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Soplaviento	544	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Turbaco	32	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Turbana	224	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Mango	Villanueva	1056	Thu, May 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_mango		
Berenjena	Santa_Rosa	64	Sat, Mar 01 2014 @ 12:00 AM	270	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_berenjena		
Berenjena	Soplaviento	32	Sat, Mar 01 2014 @ 12:00 AM	270	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_berenjena		
Caña_Panelera	Turbaco	320	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	90	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_cana		
Sorgo	Turbana	96	Tue, Apr 01 2014 @ 12:00 AM	210	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_sorgo		
Yuca	Santa_Rosa	608	Wed, Oct 01 2014 @ 12:00 AM	3	30 day	#Se contabiliza la producción del cultivo
				Inc total_ton_yuca		

La *cantidad* correspondió a las toneladas producidas por periodo de tiempo (*frecuencia*). La *ocurrencia*, por otra parte, equivalió al periodo de tiempo de producción del cultivo (en días). Para cada entidad por locación, se incluyó una variable de conteo de toneladas, incrementado por el comando **INC**.

1.8 ATRIBUTOS

Para el presente modelo se emplearon 4 atributos, cuyo fin se estableció para indicar el tiempo de salida y llegada (variable tipo real) de una entidad en especial desde un municipio origen (Mahates o Soplaviento) hacia un municipio destino (Cartagena).

ID	Tipo	Clasificación
tiempo_salida_mahates	Real	Entidad
tiempo_llegada_cartagena_mahat	Real	Entidad
tiempo_salida_soplaviento	Real	Entidad
tiempo_llegada_cartagena_sopla	Real	Entidad

1.9 VARIABLES

Las variables permitieron calcular algunos datos adicionales de la simulación (en tiempo real). Dichas variables fueron clasificadas en:

- Total toneladas: Contador de las toneladas producidas en un municipio o total de toneladas transportadas (variable tipo entero).
- Barcazas o vehículos con destino a una ciudad: Contador del número de viajes que tienen como destino una ciudad principal (Cartagena o Barranquilla) (variable tipo entero).
- Tiempo de transito: Tiempo de transito de un viajes desde un municipio a una ciudad destino (variable tipo real).
- Costo: Costos por transacción o costos totales del sistema de transporte (variable tipo real).
- Proporción: Proporción del total de toneladas que son transportadas por modo fluvial (variable tipo real).

ID	Tipo	Valor Inicial	Estadist
Total_Ton_Yuca	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Maiz	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Pletano	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Name	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Mango	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Berenjena	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Sorgo	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Ton_Cana	Integer	0	Series De Tiempo
Barcazas_Destino_Cartagena	Integer	0	Series De Tiempo
Vehiculos_Destino_Cartagena	Integer	0	Series De Tiempo
Vehiculos_Destino_Barranquilla	Integer	0	Series De Tiempo
Tiempo_Transito_Mahates_Cartag	Real	0	Series De Tiempo
Tiempo_Transito_Soplaviento_Ca	Real	0	Series De Tiempo
Costo_Transaccion	Real	0	Series De Tiempo
Costo_Cartagena	Real	0	Series De Tiempo
Costo_Barranquilla	Real	0	Series De Tiempo
Costo_Total	Real	0	Series De Tiempo
Total_Toneladas_Transportadas	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Toneladas_Fluvia	Integer	0	Series De Tiempo
Total_Toneladas_Terrestre	Integer	0	Series De Tiempo
Proporcion_Toneladas_Fluvia	Real	0	Series De Tiempo
Costo_Tonelada_Transportada	Real	0	Series de tiempo
costo_viaje_hacia_cartagena	Real	0	Series de tiempo

1.10 MACROS

Las macros se definen como variables cuyos valores equivalen a los parámetros de los escenarios o podrán ser modificados a través del software de optimización SimRunner. Para el modelo se crearon 20 macros agrupadas de la siguiente manera:

- Capacidad: Se indicaron las capacidades de los recursos vehículos (camiones) en 32 toneladas y barcazas en 1200 toneladas.
- Vehículos y/o barcazas: Se definió el número de recursos como un parámetro tipo rango entre 1 y 50 unidades (su valor inicial o por defecto fue de 50 unidades para cada recurso).
- Proporción: Estas macros fueron utilizadas para el análisis de sensibilidad del sistema, variando la proporción de productos con destino a Barranquilla o de las toneladas que serían transportadas por modo fluvial.

ID	Texto
Vehiculo_Calamar_Cartagena	50
Vehiculos_San_Cristobal_Cartag	50
Vehiculos_Soplaviento_Cartagen	50
Vehiculos_San_Estanslao_Carta	50
Vehiculos_Villanueva_Cartagena	50
Vehiculos_Santa_Rosa_Cartagena	50
Vehiculos_Santa_Catalina_Carta	50
Vehiculos_Clemencia_Cartagena	50
Vehiculos_Arroyo_Hondo_Cartage	50
Vehiculos_Mahates_Cartagena	50
Vehiculos_Arjona_Cartagena	50
Vehiculos_Tubaco_Cartagena	50
Vehiculos_Turbana_Cartagena	50
Vehiculos_Cartagena_Barranquil	50
Barcazas_Soplaviento_Cartagena	50
Barcazas_Mahates_Cartagena	50
proporcion_productos_barranqui	0.5
proporcion_productos_terrestre	0.5
capacidad_vehiculos	32
capacidad_barcazas	1200

Cabe aclarar que los valores de capacidades de los vehículos (camiones) y barcazas fueron determinados a partir de la información secundaria obtenidas del Ministerios de Transporte, documentos técnicos o artículos (Hernández, María; Herrera, Richard, Villalba, Luz y Gómez, Juan, 2007; Correa, Humberto, 2006; Yances, Lorenzo, 2016)

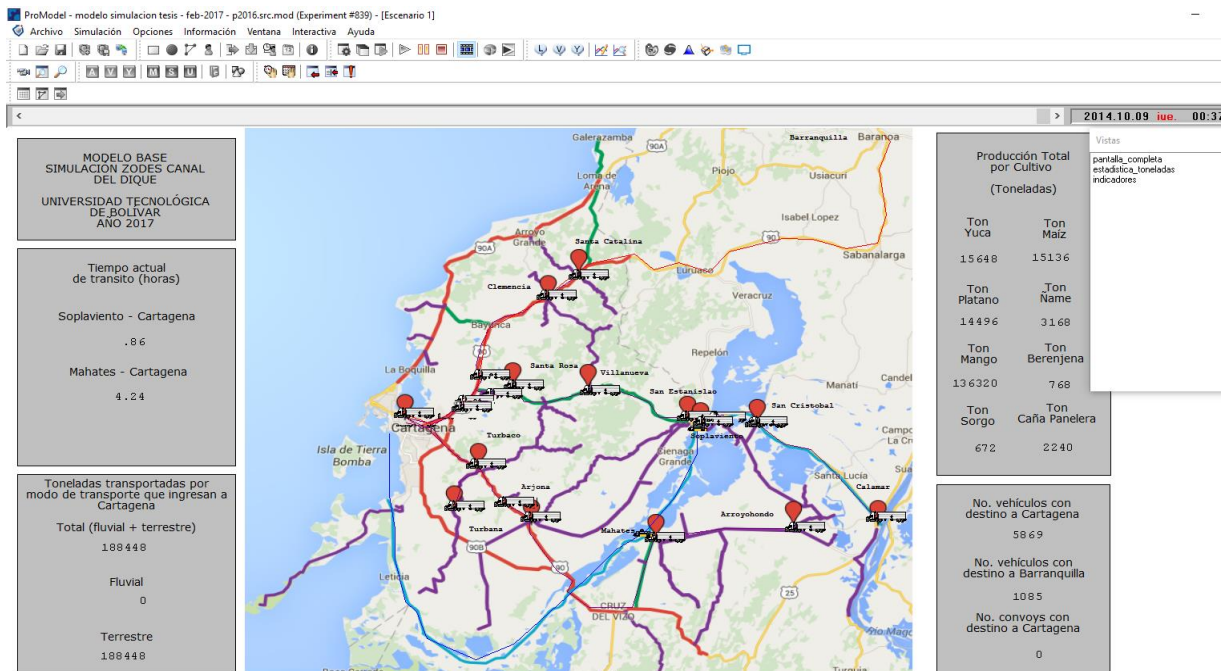
1.11 SUBROUTINAS

Para efecto de lógica de inicio de las corridas se empleó una subrutina que muestra un mensaje de inicio de la simulación a través del comando DISPLAY, fija la vista por defecto (VIES) e incrementa la velocidad de la simulación al máximo (ANIMATE).

ID	Tipo	Lógica
vista1	Ninguna	#Se muestra pantalla completa e inicia velocidad máxima DISPLAY "PULSE ACEPTAR PARA INICIAR" VIEW "pantalla_completa" ANIMATE 100

2. EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN

La ejecución o corrida de la simulación se realizará a través del menú *simulación* y la opción *correr*. Una vez ejecutado este comando, Promodel mostrará un mensaje de bienvenida y ajustará la velocidad de la simulación al máximo.



Para mejorar el aspecto visual, se programaron tres vistas: pantalla completa, estadística toneladas e indicadores.

3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Los resultados de la simulación se obtuvieron a través de la aplicación *Output Viewer* versión 2016. Los resultados de la simulación, por cada elemento del modelo, se detallan a continuación.

3.1 LOCACIONES

Las locaciones estuvieron activas en la simulación por un espacio de tiempo de 8736 horas con capacidad infinita para todos los escenarios programados. Los municipios con un máximo número de toneladas almacenadas por espacio de un día correspondieron a los municipios de Mahates (despacho terrestre) y Villanueva con 1216 y 1024 toneladas respectivamente, seguido por Arroyo Hondo con 448 toneladas. Entre los municipios que más concentraron transacciones durante el año de simulación (registro de toneladas que se produjeron, transportaron o fueron consolidadas – desconsolidadas en el municipio) estuvieron Mahates, Santa Catalina, Santa Rosa y Villanueva. Cabe aclarar que las locaciones que intervienen en el despacho fluvial no fueron activadas en el escenario 1.

Nombre	Total Entradas	Contenido Máximo
Arjona	29760	32
Arroyohondo	8992	448
Calamar	11904	32
Cartagena	14988	1
Clemencia	23296	64
Mahates	85024	1

Nombre	Total Entradas	Contenido Máximo
San Cristobal	7424	32
San Estanislao	13184	32
Santa Catalina	66080	32
Santa Rosa	54368	32
Soplaviento	24768	1
Turbaco	9248	32
Turbana	3168	32
Villanueva	50144	1120
Barranquilla	2237	1
Desconsolidado Soplaviento	604	1
Despacho Terrestre Soplaviento	24768	96
Despacho Fluvial Soplaviento	0	0
Desconsolidado Mahates	281	1
Despacho Terrestre Mahates	85024	1216
Despacho Fluvial Mahates	0	0
Despacho Terrestre Cartagena	362560	32

En el caso del escenario 2, las locaciones con despachos por vía fluvial (Mahates y Soplaviento) registran los valores máximos de toneladas almacenadas por espacio de un día.

Nombre	Total Entradas	Contenido Máximo
Arjona	29760	32
Arroyohondo	8992	448
Calamar	11904	32
Cartagena	13329	1
Clemencia	23296	64
Mahates	85024	1
San Cristobal	7424	32
San Estanislao	13184	32
Santa Catalina	66080	32
Santa Rosa	54368	32
Soplaviento	24768	1
Turbaco	9248	32
Turbana	3168	32
Villanueva	50144	1120
Barranquilla	2249	1
Desconsolidado Soplaviento	604	1
Despacho Terrestre Soplaviento	12604	32
Despacho Fluvial Soplaviento	12164	1200
Desconsolidado Mahates	281	1
Despacho Terrestre Mahates	42656	435
Despacho Fluvial Mahates	42368	1200
Despacho Terrestre Cartagena	362032	32

3.2 ENTIDADES

De las 8 entidades programadas, la producción (*total salidas*) en toneladas de cultivos registradas durante el año fue 373.953, siendo el mango y la yuca los cultivos que más producen en la zona. El maíz y el ñame presentan el mayor tiempo de permanencia en el sistema una vez que estos inician sus transportes, (con aproximadamente 125 y 110 minutos de permanencia, respectivamente).

Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)
Yuca	148203	85,4514632	85,4514632
Maiz	25473	125,5808778	125,5808778
Platano	18810	52,56523126	52,56523126
Ñame	27588	110,4709874	110,4709874
Mango	148500	52,19251717	52,19251717
Caña Panelera	3300	30,11587879	30,11587879
Sorgo	990	30,36121212	30,36121212
Berenjena	1089	50,90909091	50,90909091

3.3 RECURSOS

Las cantidades de recursos disponibles se establecieron de acuerdo a los resultados de la optimización realizada con el software *SimRunner*. Los recursos que más tiempo operaron transportando mercancía tomaron las ruta Cartagena-Barranquilla y Mahates-Cartagena, quienes registraron el 60.39% del tráfico en la Zodes el sistema para el escenario 1.

Los trayectos que demandaron más tiempo dentro de la Zodes correspondieron a la ruta Mahates-Cartagena (54,4 min) y Soplaviento-Cartagena (51,4 min).

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Distancia Total Recorrida (Mt)	% Utilización
Camion Calamar Cartagena	41	13950	372	37,5	27914880	0,064912222
Camion San Cristobal Cartagena	49	1740	232	7,5	3489280	0,006774688
Camion Soplaviento Cartagena	21	39989,2	774	51,4	79737480	0,363295104
Camion San Estanislao Cartagena	45	17386,4	412	42,2	34846960	0,073711165
Camion Villanueva Cartagena	12	51535,4	1567	26,1	82129960	0,819333155
Camion Santa Rosa Cartagena	24	24125,8	1699	14,2	48557420	0,191781454
Camion Santa Catalina Cartagena	44	73514	2065	35,6	147069300	0,318752428
Camion Clemencia Cartagena	49	21506,2	728	29,3	42660800	0,083734364
Camion Arroyo Hondo Cartagena	9	6174	281	18	10116000	0,130876068
Camion Mahates Cartagena	13	216092,5	2657	54,4	289286000	3,171264499
Camion Arjona Cartagena	49	19437	930	20,9	38874000	0,075677936
Camion Tubaco Cartagena	36	2976,7	289	10,3	5953400	0,015774975
Camion Turbana Cartagena	35	1890,9	99	19,1	3781800	0,010307104
Camion Cartagena Barranquilla	50	263558,4	2226	118,4	527429820	1,005641026

Los recursos que presentaron mayor porcentaje de utilización correspondieron a los municipios Mahates (3.17%), Villanueva (0.81%) y Soplaviento (0.36%). Se debe aclarar que estos porcentajes de utilización corresponden al uso del vehículo durante el periodo del año.

Para el caso del escenario 2, donde se activa el modo fluvial, los efectos en el porcentaje de utilización el recurso terrestre dispuesto en el municipio de Mahates disminuye a 1.13%, en favor del transporte de los cultivos por río.

Nombre	Unidades	Tiempo de Trabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Distancia Total Recorrida (Mt)	% Utilización
Camion Calamar Cartagena	41	13950	372	37,5	27914880	0,06491222
Camion San Cristobal Cartagena	49	1740	232	7,5	3489280	0,00677469
Camion Soplaviento Cartagena	21	20200,2	393	51,4	40486860	0,18351539
Camion San Estanislao Cartagena	45	17386,4	412	42,2	34846960	0,07371117
Camion Villanueva Cartagena	12	51535,4	1567	26,1164008	82129960	0,81933316
Camion Santa Rosa Cartagena	24	24125,8	1699	14,2	48557420	0,19178145
Camion Santa Catalina Cartagena	44	73514	2065	35,6	147069300	0,31875243
Camion Clemencia Cartagena	49	21506,2	728	29,3	42660800	0,08373436
Camion Arroyo Hondo Cartagena	9	6174	281	18	10116000	0,13087607
Camion Mahates Cartagena	13	77390	1333	54,4182296	145079000	1,13573659
Camion Arjona Cartagena	49	19437	930	20,9	38874000	0,07567794
Camion Tubaco Cartagena	36	2976,7	289	10,3	5953400	0,01577498
Camion Turbana Cartagena	35	1890,9	99	19,1	3781800	0,0103071
Camion Cartagena Barranquilla	50	266281,6	2249	118,4	532880300	1,01603175
Barcaza Soplaviento Cartagena	13	3888	10	388,8	1680000	0,05705833
Barcaza Mahates Cartagena	28	10608,5	35	303,1	4582900	0,07228232

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de utilización para los escenarios, incluyendo las variaciones 2-1 y 2-2. Se puede observar como las barcazas alcanzan sus porcentajes máximos en el escenario 2-2, en detrimento del transporte terrestre desde los municipios de Mahates y Soplaviento.

Nombre	% Utilización			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Camion Calamar Cartagena	0,064912222	0,06491222	0,06491222	0,06491222
Camion San Cristobal Cartagena	0,006774688	0,00677469	0,00677469	0,00677469
Camion Soplaviento Cartagena	0,363295104	0,18351539	0,07237884	0
Camion San Estanislao Cartagena	0,073711165	0,07371117	0,07371117	0,07371117
Camion Villanueva Cartagena	0,819333155	0,81933316	0,81933316	0,81933316
Camion Santa Rosa Cartagena	0,191781454	0,19178145	0,19178145	0,19178145
Camion Santa Catalina Cartagena	0,318752428	0,31875243	0,31875243	0,31875243
Camion Clemencia Cartagena	0,083734364	0,08373436	0,08373436	0,08373436
Camion Arroyo Hondo Cartagena	0,130876068	0,13087607	0,13087607	0,13087607
Camion Mahates Cartagena	3,171264499	1,13573659	0,42950039	0
Camion Arjona Cartagena	0,075677936	0,07567794	0,07567794	0,07567794
Camion Tubaco Cartagena	0,015774975	0,01577498	0,01577498	0,01577498
Camion Turbana Cartagena	0,010307104	0,0103071	0,0103071	0,0103071
Camion Cartagena Barranquilla	1,005641026	1,01603175	1,00789988	1,02190476
Barcaza Soplaviento Cartagena	0,064912222	0,05705833	0,09129332	0,11411665
Barcaza Mahates Cartagena	0,006774688	0,07228232	0,11565171	0,14456464

En cuanto a la distribución de los costos totales generados al interior del sistema, el transporte fluvial en el escenario 2 alcanza una proporción de 5,95%, es decir, el 94,04% de los costos es generado por el sistema terrestre. Para los escenarios 2-1 y 2-2, la proporción de los costos totales del transporte fluvial se incrementa hasta alcanzar el 12,78%.

En el caso de los centros multimodales, las proporciones de costos para el escenario 1 registran valores de 19.1% y 5.03% para los municipios de Mahates y Soplaviento (solo el modo terrestre). Cuando la distribución de los modos de transporte cambia (50% terrestre y 50% fluvial), la proporción del costo generado disminuye en Mahates a 12,8% y aumenta en Soplaviento a 6,08%.

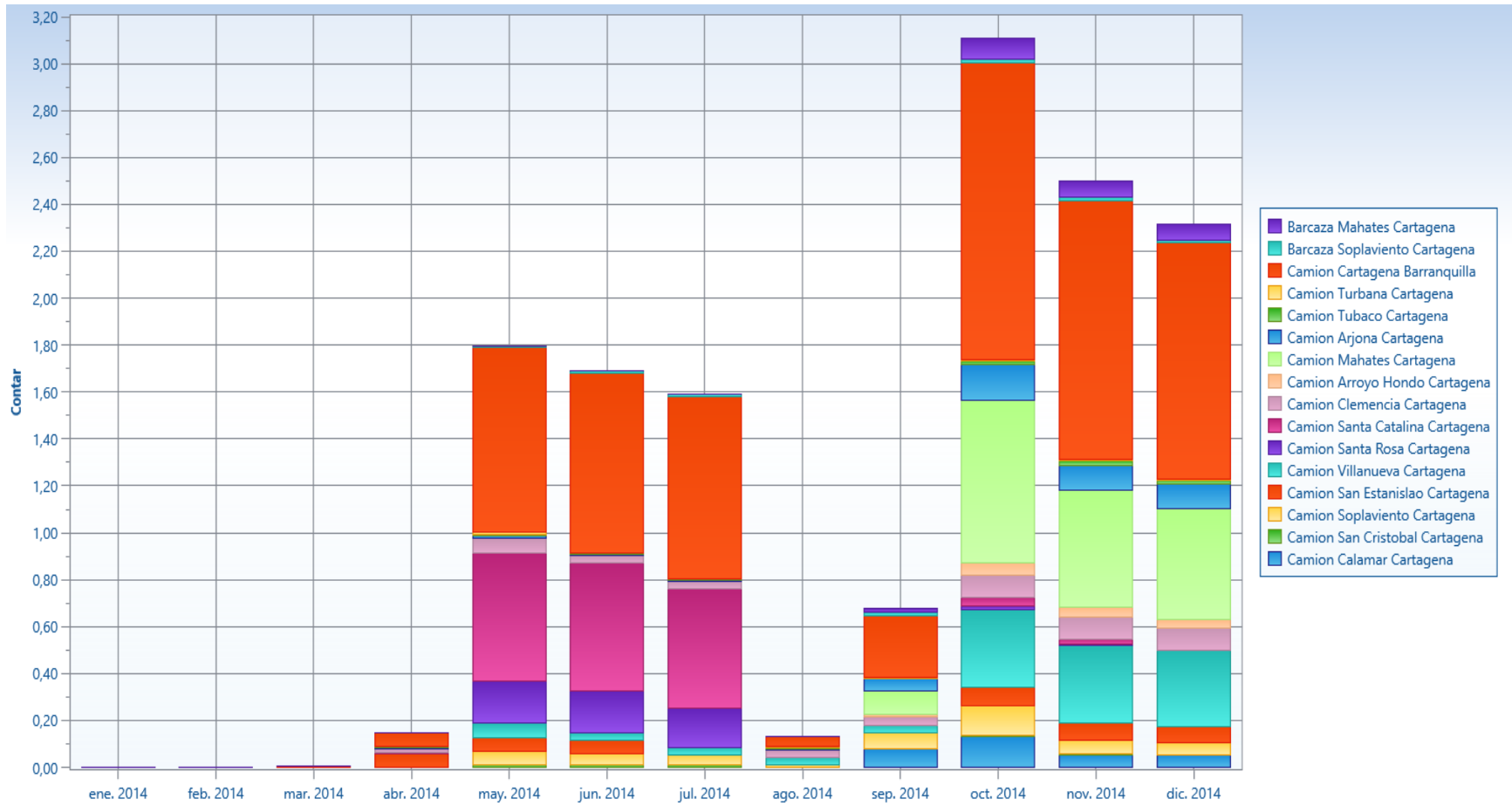
Los costos del sistema de transporte terrestre (escenario 1) se calcularon en \$4.602.709.792. Al incluir el modo fluvial en un 50%, los costos disminuyeron en \$282.601.855. El costo más bajo (\$4.025.671.423) se alcanzó en el escenario 2-2, donde la distribución de la carga recae en un 100% sobre el sistema fluvial, con un 12,5% en reducción de los costos comparado con el escenario terrestre.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
Total Costos (\$)	4.602.709.792	4.320.107.937	4.130.450.719	4.025.671.423

En la siguiente hoja se muestra la tabla con el detalle de los costos generados por recurso y escenario. En la ilustración siguiente se visualiza la proporción por uso del recurso para el año simulado.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
--	-------------	-------------	---------------	---------------

Nombre	Costo de Uso	% Costo Total	Costo de Uso	% Costo Total	Costo de Uso	% Costo Total	Costo de Uso	% Costo Total
Camion Calamar Cartagena	141203760	3,06783974	141203760	3,26852389	141203760	3,41860416	141203760	3,50758284
Camion San Cristobal Cartagena	74546472	1,61962138	74546472	1,72556966	74546472	1,80480236	74546472	1,85177736
Camion Soplaviento Cartagena	231416712	5,02783626	117502284	2,71989232	46343140	1,12198748	0	0
Camion San Estanislao Cartagena	121603036	2,6419879	121603036	2,81481476	121603036	2,94406214	121603036	3,02068955
Camion Villanueva Cartagena	402784814	8,7510365	402784814	9,3234896	402784814	9,75159471	402784814	10,0054071
Camion Santa Rosa Cartagena	388872217	8,4487668	388872217	9,00144678	388872217	9,41476472	388872217	9,65981016
Camion Santa Catalina Cartagena	574402465	12,4796585	574402465	13,2960211	574402465	13,9065323	574402465	14,2684885
Camion Clemencia Cartagena	192251696	4,17692413	192251696	4,45015955	192251696	4,65449679	192251696	4,77564301
Camion Arroyo Hondo Cartagena	105993481	2,30284953	105993481	2,4534915	105993481	2,56614806	105993481	2,6329392
Camion Mahates Cartagena	879033909	19,0981823	441005721	10,2082107	177659469	4,30121265	0	0
Camion Arjona Cartagena	230244750	5,00237383	230244750	5,32960642	230244750	5,57432507	230244750	5,71941239
Camion Tubaco Cartagena	63481451	1,37921907	63481451	1,46944132	63481451	1,53691341	63481451	1,57691586
Camion Turbana Cartagena	23935527	0,5200312	23935527	0,55404928	23935527	0,57948947	23935527	0,5945723
Camion Cartagena Barranquilla	1172939502	25,4836728	1185058823	27,4312318	1175574137	28,4611588	1191908874	29,6077039
Barcaza Soplaviento Cartagena	0	0	145152000	3,35991605	232243200	5,62270841	290304000	7,2113188
Barcaza Mahates Cartagena	0	0	112069440	2,59413518	179311104	4,34119945	224138880	5,56773905



3.4 VARIABLES

Con respecto al número de viajes con llegada a la ciudad de Cartagena y Barranquilla, en el escenario 1 se registraron 13.446 viajes por vía terrestre. Al incluir el modo fluvial (en un 50%), el número de viajes terrestre disminuye en un 20,33%. En el escenario 2-1 se alcanza el número máximo de viajes realizados por barcazas (90), cifra que no es alterada cuando el sistema fluvial recibe el 100% de la carga en los municipios de Mahates y Soplaviento debido a las limitaciones en la cantidad de recursos disponibles.

Nombre	Número de viajes			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
barcazas destino cartagena	0,0	72,0	90,0	90,0
vehiculos destino cartagena	11220,0	8481,0	7789,0	7789,0
vehiculos destino barranquilla	2226,0	2231,0	2262,0	2262,0

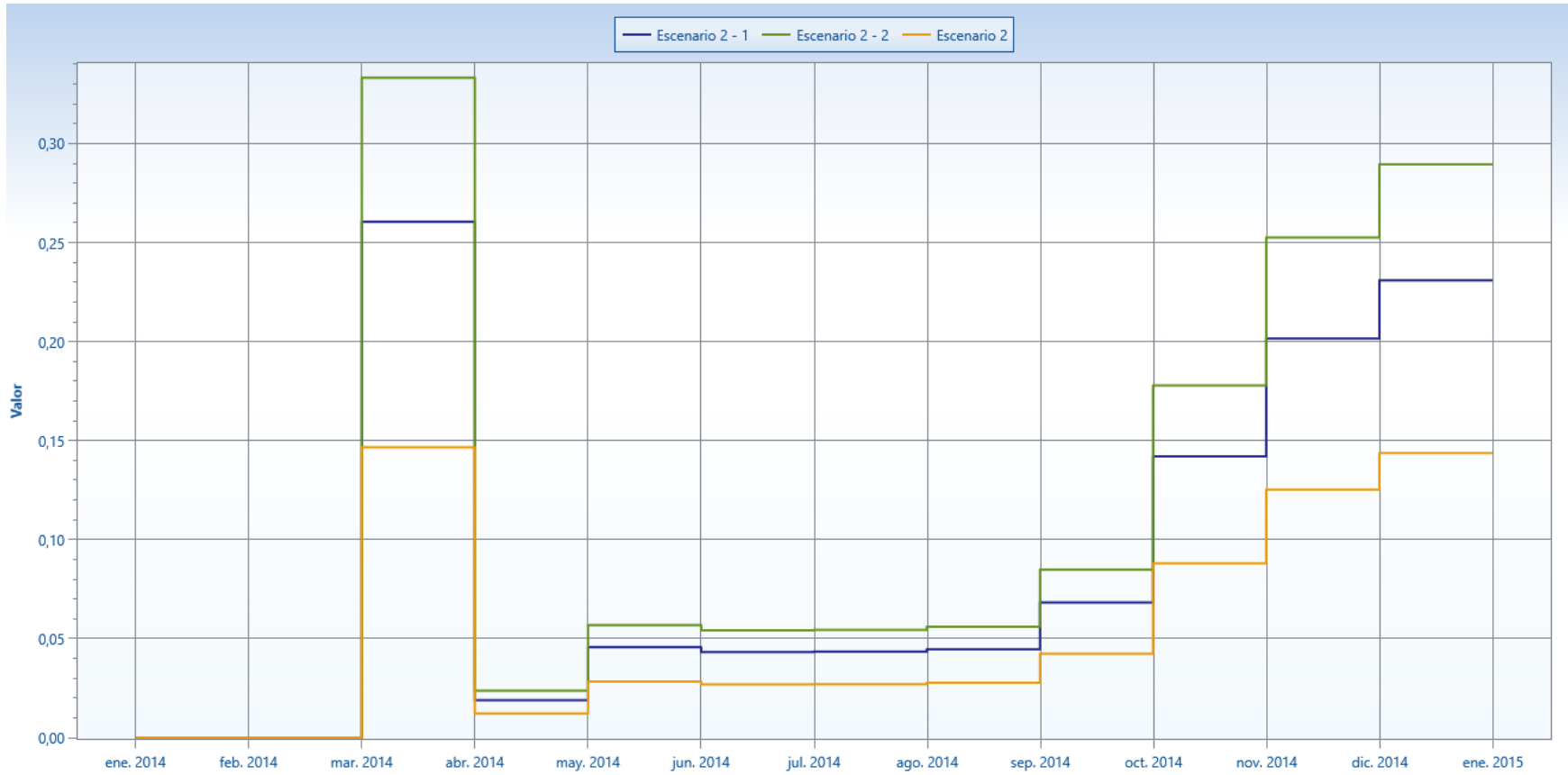
En cuanto al tiempo de transito promedio, al incluir el sistema fluvial en un 100%, el sistema evidencia un retraso del 282%. Se aclara que la optimización del sistema se estableció para el escenario, con una proporción de flujo del 50% entre el modo terrestre y fluvial. El tiempo de recorrido promedio desde Mahates hacia la ciudad de Cartagena pasa de 0,8 horas por vía terrestre a 1,62 horas al incluir el modo fluvial.

En el caso del total de toneladas transportadas por los modos simulados, en los escenarios 2-1 y 2-2 se alcanza el máximo de toneladas transportadas a través del Canal del Dique, con una proporción aproximada del 30% del total de toneladas transportadas en el sistema.

Nombre	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 2-1	Escenario 2-2
total toneladas fluvial	0,0	87590,0	109792,0	109792,0
total toneladas terrestre	362560,0	275439,0	253344,0	253344,0
proporción toneladas fluvial	0,0	0,3	0,3	0,3
costo tonelada transportada	8613,6	7384,3	7426,6	7486,0

Los costos unitarios indican una disminución de costos por tonelada transportada significativa en el escenario 2 y 2-1. En el escenario 2-2 el costo por tonelada se incrementa en \$101,7 con respecto al escenario 2.

En la siguiente ilustración se observa el comportamiento de la proporción de toneladas transportadas por modo fluvial (en relación al total de toneladas transportadas) por escenario. Se observa que en el mes de marzo se registran los mayores niveles de movimiento de toneladas a través del canal.



4. BIBLIOGRAFÍA DEL ANEXO A

- Universidad Nacional de Colombia (2001). Informe técnico: Alternativa de reducción del caudal en el Canal del Dique mediante angostamiento de la sección por sectores y construcción de la esclusa de Paricuica - informe final - informe cm-513. Anexo g: la navegación en el Canal del Dique. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Pp. 4-26.
- Hernández, María; Herrera, Richard, Villalba, Luz y Gómez, Juan. (2007). Informe técnico: Subsector Transporte Fluvial. Cartagena: Centro Náutico, Acuícola y Pesquero, SENA.
- Correa, Humberto. (2006). Metodologías tarifarias del transporte fluvial en Colombia análisis conceptual. Oficina de Regulación Económica. Bogotá: Ministerio de Transporte
- Yances, Lorenzo. (2016). Articulación del sistema fluvial colombiano con los puertos marítimos como alternativa estratégica frente a los índices de competitividad global. Revista Méthodos. 13(1), pp. 56-69.

Anexo 2. Plantilla de Costos de Transporte Inter-Municipal

Con la presente plantilla se hallaron los costos de transporte para cada ruta.

Distancia Recorrida	0
Número de Llantas Direccional	2
Número de Llantas Tracción	4
Número de Llantas Ejes Libres	4
Días de viaje	2
Toneladas transportadas	20

Costo-Variable

	Cantidad	Valor
Peaje	1	\$ 7.700,00
Consumo de Combustible		\$ -
Valor Combustible	\$ -	\$ -
Consumo de Llantas		\$ -
Valor Lubricantes		\$ -
Imprevistos	5%	\$ 385,00
Total Costo Variable		\$ 8.085,00

Costo-Fijo

	Cantidad	Valor
Salario		\$ 51.632,52
Parquadero		\$ 30.000,00
Otros costos	13,33%	\$ 6.882,61
Total Costo Fijo		\$ 88.515,13
Total costo un recorrido		\$ 96.600,13
Total costo ida y vuelta		\$ 193.200,27
Valor tonelada un recorrido		\$ 4.830,01

Valores Unitarios

Peaje Gambote	\$ 7.700,00
Peaje Turbaco	\$ 17.500,00
Valor ACPM/GI	\$ 8.000,00
Duraccion Llantas Direccional	70000
Duraccion Llantas Tracción	70000
Duraccion Llantas Ejes Libres	120000
Precio Llantas	\$ 2.500.000,00
Duración Lubricante Motor	6000
Duración Lubricante Caja	35000
Duración Lubricante Diferenciales	35000
Precio Lubricante C3 promedio	\$ 150.000,00
Salario Mínimo Mensual	\$ 689.455,00
Factor Prestacional	0,52
Valor parqueadero promedio	\$ 15.000,00
Consumo Gal/Km	\$ 9,70