



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE SISTEMAS  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES

**“AMPLIACION, ACTUALIZACION Y VALIDACION  
DE UN MODELO DE LA LINEA 1 DEL SISTEMA DE  
TRANSPORTE MASIVO DE LA ZONA  
METROPOLITANA DE MERIDA”**

POR: YOVERT LISLENDY VASQUEZ NUÑEZ

PROYECTO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE LOS ANDES COMO REQUISITO FINAL PARA  
OPTAR AL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

TUTOR:  
PROF. SEBASTIÁN MEDINA

SEPTIEMBRE DE 2005

A Dios, por darme fuerza y sabiduría para enfrentar las dificultades y ayudarme a cumplir mis sueños. **¡NO ME ABANDONES!**

A mi mamá, por darme la vida y forjar día a día lo que soy a través de incansables atenciones y esmerada dedicación para mi superación. **¡Mi logro es tuyo mamá!**

A mi papá, por hacer de mí un hombre con principios y valores indicándome el camino correcto. **¡Gracias por siempre estar ahí!**

A mi abuela María, por compartir este logro conmigo llenándome de bendiciones, buenos deseos y estar siempre dispuesta a tenderme la mano en el momento que sea. **¡Que Dios te de mucha vida y salud!**

A Rosmery mi novia, por estar presente aun en la lejanía, por la dedicación hacia mí, por quererme. . . por tener la fuerza y la paciencia necesaria para esperarme. **¡YA ESTOY DE REGRESO. TQM!**

A mis hermanos Alex y Alejandro, que el logro que hoy alcanzo les motive y sea el ejemplo a seguir en un futuro no muy lejano. **¡Cuenten conmigo!**

A la señora Mercedes, por dejarme entrar a su casa convirtiéndose en otra abuela para mí brindándome su cariño, afecto y confianza. **¡Que Dios te de mucha vida y salud!**

A todos mis Tíos y Tías, por estar pendiente de mí en todo momento, con la ilusión de ver culminada esta meta que hoy se hace realidad. **¡Gracias a todos!**

A todos mis Primos, les dedico este logro dejándoles como consejo que se den el privilegio de vivir esta experiencia única e inolvidable. **¡Si se puede!**

A mis amigos Mario, Karla, Johanna, Luis y Oscar por ser en parte de mi vida una familia que jamás olvidare. **¡Gracias por todo muchachos!**

A los que ya no están entre nosotros, mi abuelo Saturnino, mi tía Gladis “la guara” y mi abuelo Antonio, no pasa un día sin que los recuerde. **¡Los extraño!**

A la señora Lencha, por abrirme las puertas de su casa aun siendo un extraño para luego hacerme sentir que estoy en familia. **¡Se que estas contenta!**

# Agradecimientos

En el camino de la vida pocas veces logramos nuestras metas completamente solos, es por ello que hoy, al alcanzar este sueño quiero agradecer a:

A Dios, por estar siempre presente.

A la Universidad de los Andes, donde comprendí que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

Al Prof. Sebastián Medina, mas que un tutor mi amigo, gracias por el tiempo dedicado a hacer que este logro que hoy alcanzo se convierta en realidad.

Al IMFRAM, por su colaboración prestada para la realización de este proyecto.

A FAVIANCA, por brindarme la oportunidad de desenvolverme en el campo laboral durante mis pasantías.

A aquellas personas que contribuyeron en mi formación profesional.

# Indice general

## **I Primera Parte** **1**

### **1. Introducción** **2**

1.1. Introducción . . . . . 3

1.2. Antecedentes de la Investigación . . . . . 4

1.3. Justificación e Importancia . . . . . 5

1.4. Planteamiento del Problema . . . . . 6

1.5. Objetivos del Estudio . . . . . 6

1.5.1. Objetivo General . . . . . 6

1.5.2. Objetivo Específicos . . . . . 6

1.6. Métodos y Herramientas . . . . . 7

1.7. Delimitaciones del Estudio . . . . . 8

## **II Segunda Parte** **10**

### **2. Descripción de Métodos, Herramientas y Sistema Bajo Esdtudio** **11**

2.1. Simulación . . . . . 11

2.1.1. Simulación por Computadoras . . . . . 13

2.1.2. Situaciones en que la Simulación es Adecuada . . . . . 13

2.1.3. Areas de Aplicación de la Simulación . . . . . 14

2.2. Arena . . . . . 15

2.3. Sistema Bajo Estudio . . . . . 16

2.3.1.	Estructura y dinámica urbana de Mérida-Ejido -Tabay . . . . .	16
2.3.2.	Características del Sistema de Transporte Actual . . . . .	18
2.3.3.	Características del Sistema de Transporte Colectivo . . . . .	20
2.4.	Trolebús en Términos Generales . . . . .	21
2.4.1.	Reseña Histórica . . . . .	21
2.4.2.	¿Que es un Trolebús? . . . . .	23
2.4.3.	El Trole a Nivel Mundial . . . . .	23
2.4.4.	Tecnologías Opcionales para construir el Sistema de Transporte Masivo . . . . .	32
2.4.5.	¿Por qué un Sistema de Transporte Masivo para Mérida?, ¿Por qué un trolebús? . . . . .	35
2.4.6.	Diseño del Proyecto del Trolebús . . . . .	36

### **III Tercera Parte** **43**

#### **3. Modelado del Sistema** **44**

3.1.	Modelado de Procesos . . . . .	45
3.1.1.	Formulación del Problema . . . . .	47
3.1.2.	Establecimiento de Objetivos y el Plan General del Proyecto . . . . .	47
3.1.3.	Modelo Conceptual . . . . .	47
3.1.4.	Recolección de Datos . . . . .	48
3.1.5.	Traducción del Modelo . . . . .	48
3.1.6.	¿Verificado? . . . . .	48
3.1.7.	¿Válido? . . . . .	48
3.1.8.	Diseño de Experimentos . . . . .	49
3.1.9.	Corridas de Producción y Análisis . . . . .	49
3.1.10.	¿Más corridas? . . . . .	49
3.1.11.	Documentación y Reporte . . . . .	49

3.1.12. Implementación . . . . .	50
3.2. Descripción Informal del Sistema . . . . .	50
3.2.1. Componentes . . . . .	50
3.2.2. Variables Descriptivas . . . . .	50
3.2.3. Parámetros . . . . .	52
3.2.4. Interacción entre los Componentes . . . . .	53
3.3. Descripción del Modelo Lógico . . . . .	54
3.3.1. Descripción de los módulos de ARENA . . . . .	54
3.4. Descripción del Modelo Formal . . . . .	63
3.4.1. Salida del Trolebús . . . . .	63
3.4.2. Submodelo de Estaciones . . . . .	63
3.4.3. Submodelo de Semáforos . . . . .	65

## **IV Cuarta Parte** **72**

### **4. Simulación y Análisis Estadístico de las Salidas** **73**

4.1. Aspectos a Estudiar . . . . .	74
4.2. Identificación de los Escenarios de Simulación . . . . .	75
4.2.1. Escenario 1: Tablas sube y baja creadas a partir de los datos suministrados por la tesis del Ing. Rubén Calderas . . . . .	75
4.2.2. Escenario 2: Tiempo entre Salidas de los Trolebuses de 120seg . . .	137
4.2.3. Escenario 3: Cambios en los valores de las tablas Sube y Baja de Pasajeros . . . . .	138
4.2.4. Escenario 4: Tiempo entre Salidas de los Trolebuses de 120seg . . .	140
4.2.5. Escenario 5: Retardo de 900seg en el Sistema . . . . .	141

## **V Quinta Parte** **142**

### **5. Conclusiones y Recomendaciones** **143**

5.1. Conclusiones . . . . .	143
5.2. Recomendaciones . . . . .	144
<b>A. Resultados Escenario 2</b>	<b>146</b>
A.1. Estación Santa Juana . . . . .	146
A.2. Estación Obispo Lora . . . . .	159
A.3. Estación Simón Bolívar . . . . .	165
A.4. Tiempos de Recorrido . . . . .	171
<b>B. Resultados Escenario 3</b>	<b>176</b>
B.1. Estación Santa Juana . . . . .	176
B.2. Estación Obispo Lora . . . . .	188
B.3. Estación Simón Bolívar . . . . .	194
B.4. Tiempos de Recorrido . . . . .	200
<b>C. Resultados Escenario 4</b>	<b>205</b>
C.1. Estación Santa Juana . . . . .	205
C.2. Estación Obispo Lora . . . . .	218
C.3. Estación Simón Bolívar . . . . .	224
C.4. Tiempos de Recorrido . . . . .	231
<b>D. Resultados Escenario 5</b>	<b>236</b>
D.1. Estación Obispo Lora . . . . .	236
D.2. Estación Simón Bolívar . . . . .	242
<b>E. Características del Vehículo</b>	<b>249</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>253</b>

# Indice de Tablas

2.1. Estaciones de la Línea 1 del Trolebús . . . . .	41
4.1. Tabla Sube y Baja de pasajeros sentido Ejido - Hechicera . . . . .	76
4.2. Tabla Sube y Baja de pasajeros sentido Hechicera - Ejido . . . . .	77
4.3. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	78
4.4. Estadísticas cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	80
4.5. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	81
4.6. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	82
4.7. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	84
4.8. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	86
4.9. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	88
4.10. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	89
4.11. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	91
4.12. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	92
4.13. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina subiendo	94
4.14. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	96



4.15. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina subiendo	97
4.16. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina subiendo	99
4.17. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	100
4.18. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina bajando	102
4.19. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	104
4.20. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina bajando	105
4.21. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina bajando	107
4.22. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	108
4.23. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	110
4.24. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora	112
4.25. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	113
4.26. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	114
4.27. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . . . . .	116
4.28. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	118
4.29. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar	119
4.30. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	120
4.31. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	122
4.32. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	123
4.33. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. La Hechicera . . . . .	125
4.34. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. La Hechicera	127
4.35. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. La Hechicera . . . . .	128
4.36. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. La Hechicera . . . . .	129

4.37. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. La Hechicera . . . . .	130
4.38. Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	133
4.39. Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	134
4.40. Estadística del tiempo total de recorrido . . . . .	136
4.41. Valores sube y baja de pasajeros según Informe Gerencial sentido Ejido - Hechicera . . . . .	138
4.42. Valores sube y baja de pasajeros según Informe Gerencial sentido Hechicera - Ejido . . . . .	139
A.1. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	147
A.2. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	148
A.3. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	149
A.4. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	150
A.5. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	151
A.6. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	153
A.7. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	154
A.8. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	155
A.9. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	156
A.10. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	157
A.11. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	159
A.12. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora	160
A.13. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	161
A.14. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	162

A.15. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . . . . .	163
A.16. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	165
A.17. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar	167
A.18. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	167
A.19. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	168
A.20. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	169
A.21. Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	171
A.22. Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	173
A.23. Estadística del tiempo total de recorrido . . . . .	174
B.1. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	177
B.2. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	178
B.3. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	179
B.4. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	180
B.5. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	181
B.6. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	183
B.7. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	184
B.8. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	185
B.9. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	186
B.10. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	187
B.11. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	188
B.12. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora	190
B.13. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	190

B.14. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	191
B.15. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . . . . .	192
B.16. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	194
B.17. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar	196
B.18. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	196
B.19. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	197
B.20. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	198
B.21. Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	200
B.22. Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	202
B.23. Estadística del tiempo total de recorrido . . . . .	203
C.1. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	206
C.2. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	207
C.3. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	208
C.4. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	209
C.5. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	210
C.6. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	212
C.7. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	213
C.8. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	214
C.9. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	215
C.10. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	216
C.11. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	218
C.12. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora	220

C.13. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	220
C.14. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	221
C.15. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . . . . .	222
C.16. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	224
C.17. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar	226
C.18. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	227
C.19. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	228
C.20. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	229
C.21. Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	231
C.22. Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	233
C.23. Estadística del tiempo total de recorrido . . . . .	234
D.1. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	237
D.2. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora	238
D.3. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	239
D.4. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	240
D.5. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . . . . .	241
D.6. Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	242
D.7. Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar	244
D.8. Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	245
D.9. Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	246
D.10. Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	247
E.1. Características del Vehículo . . . . .	249

# Indice de figuras

2.1. Estructura urbana de Mérida . . . . .	17
2.2. Trolebuses antiguos . . . . .	22
2.3. Trolebús renovado de Argentina . . . . .	26
2.4. Trolebuses de Uruguay . . . . .	28
2.5. Trolebús de Vaparaíso - Chile . . . . .	30
2.6. Trolebús articulado . . . . .	36
2.7. Estación básica . . . . .	39
3.1. Pasos en un Estudio de Simulación . . . . .	46
3.2. Módulo CREATE . . . . .	55
3.3. Módulo PROCESS . . . . .	55
3.4. Módulo DECIDE . . . . .	56
3.5. Módulo ASSING . . . . .	56
3.6. Módulo READWRITE . . . . .	57
3.7. Módulo DELAY . . . . .	58
3.8. Módulo SCHEDULE . . . . .	58
3.9. Módulo HOLD . . . . .	59
3.10. Módulo SIGNAL . . . . .	59
3.11. Módulo PICKUP . . . . .	60
3.12. Módulo ROUTE . . . . .	60
3.13. Módulo STATION . . . . .	61

3.14. Módulo VBA . . . . .	61
3.15. Módulo QUEUE . . . . .	62
3.16. Módulo DISPOSE . . . . .	62
3.17. Salida de Trolebuses . . . . .	63
3.18. Submodelo de Estaciones . . . . .	65
3.19. Intersección con cuatro y tres semáforos . . . . .	66
3.20. Submodelo de Semáforos . . . . .	67
3.21. Movimiento entre Estaciones . . . . .	67
3.22. Variación de la velocidad . . . . .	70
4.1. Ejemplo de un Schedule . . . . .	75
4.2. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	79
4.3. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	80
4.4. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	81
4.5. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	83
4.6. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	84
4.7. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	87
4.8. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	88
4.9. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	90
4.10. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	91
4.11. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	92
4.12. Tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	95
4.13. Pasajeros en espera en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	96
4.14. Pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	98
4.15. Pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	99
4.16. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo . . . . .	100

4.17. Tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	103
4.18. Pasajeros en espera en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	105
4.19. Pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	106
4.20. Pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	107
4.21. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando . . . . .	108
4.22. Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	111
4.23. Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora . . . . .	112
4.24. Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	113
4.25. Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	115
4.26. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora . .	115
4.27. Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	118
4.28. Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	120
4.29. Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	121
4.30. Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	121
4.31. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar .	123
4.32. Tiempo entre troles en la Estac. La Hechicera . . . . .	126
4.33. Pasajeros en espera en la Estac. La Hechicera . . . . .	127
4.34. Pasajeros que bajan en la Estac. La Hechicera . . . . .	128
4.35. Pasajeros que suben en la Estac. La Hechicera . . . . .	129
4.36. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. La Hechicera .	131
4.37. Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	132
4.38. Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	135
4.39. Tiempo total de recorrido . . . . .	137
A.1. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana sudiendo . . . . .	146
A.2. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	149
A.3. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	150
A.4. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	151



A.5. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	152
A.6. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	152
A.7. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	155
A.8. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	156
A.9. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	157
A.10. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	158
A.11. Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	160
A.12. Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora . . . . .	161
A.13. Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	162
A.14. Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	163
A.15. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora .	164
A.16. Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	166
A.17. Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	166
A.18. Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	168
A.19. Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	169
A.20. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar	170
A.21. Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	172
A.22. Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	172
A.23. Tiempo total de recorrido . . . . .	175
B.1. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	176
B.2. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	179
B.3. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	180
B.4. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	181
B.5. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	182
B.6. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	182

B.7. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	184
B.8. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	185
B.9. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	186
B.10. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	187
B.11. Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	189
B.12. Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora . . . . .	189
B.13. Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	191
B.14. Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	192
B.15. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora .	193
B.16. Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	195
B.17. Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	195
B.18. Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	197
B.19. Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	198
B.20. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar	199
B.21. Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	201
B.22. Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	201
B.23. Tiempo total de recorrido . . . . .	204
C.1. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	205
C.2. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	208
C.3. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	209
C.4. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	210
C.5. Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo . . . . .	211
C.6. Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	211
C.7. Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	213
C.8. Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	214
C.9. Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	215

C.10. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando . . . . .	217
C.11. Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	219
C.12. Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora . . . . .	219
C.13. Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	221
C.14. Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	222
C.15. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora .	223
C.16. Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	225
C.17. Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	225
C.18. Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	227
C.19. Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	228
C.20. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar	230
C.21. Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera . . . . .	232
C.22. Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido . . . . .	232
C.23. Tiempo total de recorrido . . . . .	235
D.1. Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora . . . . .	236
D.2. Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora . . . . .	238
D.3. Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora . . . . .	239
D.4. Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora . . . . .	240
D.5. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora .	241
D.6. Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	243
D.7. Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	245
D.8. Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	246
D.9. Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar . . . . .	247
D.10. Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar	248

# Resumen

En la presente tesis se realiza un estudio detallado del modelado y simulación de la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo del Area Metropolitana de Mérida (STMM), específicamente lo que hoy conocemos como *Trolebús*, utilizando como herramienta de simulación a ARENA de Rockwell Software.

El resultado de este estudio es un modelo en el que se pueden hacer inferencias en cuanto a la operatividad del STMM, ya que en dicho modelo se toman en cuenta casi todas las variables que tienen un impacto directo en el funcionamiento del sistema, algunas de ellas son: tiempo de recorrido entre estaciones, número de pasajeros esperando en una estación, número de pasajeros que bajan del trolebús, número de pasajeros que suben al trolebús, entre otras.

## PALABRAS CLAVES:

Simulación.

Modelado, Experimentación.

Sistema de Transporte.

Trolebús.

# Parte I

**Primera Parte**  
www.bdigital.ula.ve

# Capítulo 1

## Introducción

En el capítulo que a continuación se desarrolla se tratan aspectos tales como los antecedentes que motivarán la realización de este proyecto, el problema planteado, la justificación e importancia del proyecto, los objetivos generales y específicos, la metodología y herramientas a usar.

El presente trabajo trata sobre el modelado y simulación de la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo del Area Metropolitana de Mérida, el cual se encuentra en construcción en los actuales momentos. El sistema de transporte mejor conocido como Trolmérida, promete mejorar la movilidad actual de las personas que se desplazan a lo largo del circuito Ejido - La Hechicera y viceversa, ofreciendo como valor agregado un mejor reordenamiento del tráfico vehicular, la preservación del medio ambiente ya que los autobuses operan con un motor eléctrico que no emite gases tóxicos ni ruido.

## 1.1. Introducción

El desarrollo socio - económico en áreas urbanas en los últimos veinte años en los países en desarrollo y desarrollados, ha traído como consecuencia un incremento incesante en la movilidad y demanda de viajes entre las diferentes zonas de las ciudades. Dicha demanda de viajes se ha traducido en constantes aumentos en la utilización masiva del vehículo privado, produciendo los típicos problemas de congestión.

Los problemas de congestionamiento que se vienen presentando en la red vial de las principales ciudades del país, asociados al crecimiento poblacional y fallas en la planificación urbanística, ha ocasionado una demanda actual insatisfecha, problemas de contaminación atmosférica por emisiones de gases tóxicos producto de la congestión y ruido, deficiencia en el servicio de transporte público y privado, los cuales tienen su insidencia o repercusión negativa sobre la calidad del ambiente urbano y por ende, sobre las condiciones de vida de la población.

Nuestra sociedad moderna presenta una clara tendencia a los viajes, al comercio y al auge de las comunicaciones. Para ello es necesario mejorar constantemente las infraestructuras de transporte y dar respuestas tecnológicas a los problemas que se plantean en el párrafo anterior.

Entre las soluciones destinadas a agilizar el tráfico, existen eficaces sistemas de transporte como el metro, el tranvía, el funicular, el ferrocarril, el trolebús, etc. Las opciones anteriormente mencionadas deberían contribuir a reducir la contaminación, ser razonables desde el punto de vista económico y obtener unos resultados eficaces en cuanto a seguridad, control y regulación del tráfico.

## 1.2. Antecedentes de la Investigación

La tesis se apoya en dos trabajos desarrollados en la universidad de Los Andes, los que se describen a continuación:

El primero de ellos elaborado por el Ing. Rubén Calderas [17], donde fue simulada la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo de Mérida (Trolebús) concretamente los diferentes circuitos del tramo Ejido - La Hechicera, con el propósito estudiar el movimiento del trolebús a lo largo de la vía antes mencionada.

Entre los diferentes objetivos que se estudiaron en el proyecto podemos citar algunos:

- Determinar tiempos de recorrido de los vehículos entre las diferentes estaciones del sistema.
- Determinar el tiempo que los trolebuses utilizan para completar el ciclo.
- Determinar estadísticas de la velocidad de recorrido por tramo y total.

El segundo trabajo es la tesis presentada por la Ing. Carolina Téran [22], en la que realizó un estudio sobre los diferentes tipos de paradas y la dinámica que está inmersa en ellas, también se estudiaron algunos países en los cuales se utiliza este sistema como medio de transporte masivo para tener una idea en cuanto a funcionamiento y rendimiento de los mismos.

Es importante resaltar algunos aspectos fundamentales del estudio realizado, algunos de ellos son:

- Dimensiones físicas
  - ✓ Tipos de paradas.



- ✓ Tamaño de paradas (Largo y Ancho).
- ✓ Area de espera.
- ✓ Tamaño de trolebús.
  
- Ubicación espacial
  
- Dimensiones temporales
  - ✓ Intervalo entre troles.
  - ✓ Tiempo de servicio en las taquillas.
  - ✓ Tiempo de entrada/salida de los pasajeros.
  - ✓ Tiempo en torniquetes.

### 1.3. Justificación e Importancia

En los últimos tiempos y en la actualidad la ciudad de Mérida ha experimentado un acelerado crecimiento, debido a la concentración de una parte importante de la actividad administrativa, económica y cultural de la región, lo cual ha generado serias complicaciones en el ordenamiento urbano. Sin duda, el tráfico vehicular hoy día, es uno de los problemas más graves que afrontan sus habitantes. Esta realidad determina la urgencia de resolver el problema del desplazamiento de las personas.

La importancia de desarrollar este proyecto en el que se pretende crear un modelo lo mas cercano posible a la realidad, con el objeto de simularlo, para así hacer inferencias sobre el comportamiento del sistema. El hecho de poder anticipar el comportamiento de un sistema ofrece ventajas significativas en cuanto a optimización de tiempo y dinero a la hora de su implantación o ejecución de cambios en el mismo.

## 1.4. Planteamiento del Problema

Fusionar las tesis del Prof. Rubén Calderas y la Ing. Carolina Terán para modelar y simular la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo del Area Metropolitana de Mérida, con el propósito de estudiar las variables que resultan de interés para poder hacer inferencias en el comportamiento del sistema bajo estudio.

## 1.5. Objetivos del Estudio

### 1.5.1. Objetivo General

Fusionar las tesis del Prof. Rubén Calderas y la Ing. Carolina Terán con el propósito de ampliar, actualizar y validar un Modelo de la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo de la Zona Metropolitana de Mérida y un modelo dinámico de las paradas del mismo, con la finalidad de crear un modelo mas complejo del Sistema de Transporte Masivo de Mérida, para así simularlo y con base en los resultados poder hacer inferencias sobre el funcionamiento del mismo.

### 1.5.2. Objetivo Específicos

- Modelar y Simular la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo del Area Metropolitana de Mérida, usando la herramienta Arena V 5.0.
- Determinar el tiempo promedio de ruta.
- Determinar largos y tiempos en cola.
- Determinar el flujo de pasajeros por hora y por parada.

- Verificar y validar el modelo de simulación.
- Analizar y reportar los resultados obtenidos.
- Realizar análisis de escenarios que se puedan presentar.

## 1.6. Métodos y Herramientas

La simulación es la imitación de la operación de un proceso del mundo real o sistema en un determinado intervalo de tiempo. la simulación implica la generación de una historia artificial del sistema y de la observación de esa historia artificial es posible hacer inferencias referentes a las características de funcionamiento del sistema verdadero que se representa. La simulación es una metodología imprescindible para la solución de muchos problemas del mundo real [16].

La complejidad creciente de la tecnología y del mercado, junto con la necesidad de tomar decisiones de forma ágil sabiendo los resultados probables de nuestros actos, ha dado lugar a la aparición de numerosos simuladores. Otros fenómenos de gran complejidad hacen necesario el uso de simuladores para poder predecir su comportamiento, especialmente en situaciones inusuales o peligrosas.

Por otro lado, el concepto simulación está íntimamente ligado al de modelo que es el núcleo de cualquier simulación. En nuestro contexto una simulación es la ejecución (habitualmente computarizada) de un modelo que reproduce el comportamiento de un sistema sometido a unas condiciones predeterminadas, posiblemente cambiantes en el tiempo. El modelo es un esquema teórico, habitualmente matemático, que representa el comportamiento y la evolución de un sistema definido mediante una serie de parámetros.

Los simuladores se utilizan cada vez más para la predicción, la toma de decisiones, la

formación y entrenamiento de profesionales en diversos campos.

Por lo anteriormente señalado se requiere de un simulador capaz de resolver de manera eficiente y eficaz el problema planteado en esta tesis, es por ello que se adopta a *ARENA* de *Rockwell Software* para dar solución a dicho problema.

La metodología utilizada para el modelado y simulación del sistema es la sugerida por el profesor Jerry Banks (Georgia Institute of Technology) en su libro [16], la cual consta de varios pasos y que será explicada más adelante.

## 1.7. Delimitaciones del Estudio

Generalmente cuando se simula un sistema, es necesario hacer simplificaciones en el mismo, ya sea por dificultad o simplemente para hacer más fácil la tarea de encontrar un modelo.

Este modelo no es la excepción en ese sentido, por que en el sistema bajo estudio ha sido necesario realizar las siguientes simplificaciones:

- El Tráfico vehicular no es incluido en la simulación, por que no es objeto de estudio en esta tesis.
- El Trolebús tendrá vía exclusiva en todo su recorrido ya que se supone, que en los tramos donde comparte la vía, la afluencia vehicular no ocasiona grandes retrasos a la unidad.
- En las estaciones solo se estudia el torniquete de entrada por que, nos interesa los pasajeros que llegan a la estación y no los que abandonan la misma.

- Para el análisis de resultados solo se estudia un escenario con algunas de las estaciones, teniendo presente que se puede estudiar cualquiera de estas.

El resultado de la presente tesis se encuentra agrupado en 5 capítulos, los que se describen a continuación:

En el **Capítulo 1**, el cual fue leído, se exponen los antecedentes, se fijan objetivos generales y específicos, importancia del proyecto, se nombran la metodología y las herramientas a usar.

En el **Capítulo 2**, se desarrollan conceptos tanto de simulación, modelado, arena y se describe el sistema actual.

En el **Capítulo 3**, se hace una descripción informal y formal del sistema, se explica un poco el modelado de procesos, se desarrollan los pasos a seguir en un estudio de simulación y se describen los módulos de arena utilizados y a cálculos de algunos valores requeridos por el sistema.

En el **Capítulo 4**, esta dedicado a el análisis de las corridas de la simulación.

Finalmente en el **Capítulo 5**, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **Parte II**

**Segunda Parte**  
www.bdigital.ula.ve

## Capítulo 2

# Descripción de Métodos, Herramientas y Sistema Bajo Estudio

En éste capítulo se presentan algunos conceptos que se consideran importantes para un mejor entendimiento de los procedimientos seguidos para modelar y simular el sistema en estudio. De igual manera, se desarrolla la concepción teórica del mismo.

### 2.1. Simulación

La *Simulación* es un área de estudio que forma parte de la Investigación de Operaciones, la cual es usada prácticamente en todas las áreas de estudio conocidas. La simulación permite estudiar un sistema sin tener que realizar experimentación sobre el sistema real. Sin embargo, esta no es la única forma de estudiar un sistema; otra posibilidad es construir un modelo analítico conformado por un conjunto de ecuaciones (generalmente diferenciales) que representan al sistema para luego resolverlo para diferentes situaciones, o bien plantear un modelo de optimización que pretende proporcionar la mejor estrategia que el sistema debe adoptar para funcionar mejor de acuerdo con alguna medida de rendimiento

establecida en la “función objetivo” y satisfaciendo las diversas condiciones del problema, establecidas en “las restricciones”[8].

*Simulación* es una palabra que es familiar a los profesionales de todas las disciplinas e incluso para aquéllos que no han estudiado una carrera profesional. De esta manera el significado de la palabra *Simulación* se explica casi por sí misma. Entre los significados que podemos obtener de la gente común y corriente para la palabra “Simular”, se encuentran los siguientes: “Imitar la realidad”, “emular un sistema”, “dar la apariencia o efecto de un sistema o situación real”. Hay muchas definiciones propuestas sobre lo que significa *Simulación*, he aquí algunas definiciones:

Una **Simulación** es una imitación de la operación de un proceso del mundo real sobre determinado tiempo[8].

El comportamiento de un sistema durante determinado tiempo puede ser estudiado por medio de un modelo de simulación. Este modelo usualmente toma su forma a partir de un conjunto de postulados sobre la operación del sistema real[8].

**Simulación** es la experimentación con un modelo de una hipótesis de trabajo. La experimentación puede ser un trabajo de campo o de laboratorio. El modelo de método usado para la simulación sería teórico, conceptual o sistémico[7].

La **Simulación** se refiere a una gran colección de métodos y aplicaciones para imitar la conducta de sistemas reales, usualmente en una computadora con un software apropiado. “*Simulación*” puede ser un término extremadamente general, ya que la idea se aplica en muchos campos, industrias y aplicaciones. En estos días la simulación es más popular y poderosa que siempre, puesto que las computadoras y software son mejores[19].



### 2.1.1. Simulación por Computadoras

El modelo de simulación es completamente simbólico y está implementado en un lenguaje computacional. Las personas quedan excluidas del modelo. Un ejemplo es el simulador de un sistema de redes de comunicación donde la conducta de los usuarios está modelada en forma estadística[13]. Este tipo de simulación a su vez puede ser:

- **Digital** Cuando se utiliza una computadora digital.
- **Analógica** Cuando se utiliza una computadora analógica. En este grupo también se pueden incluir las simulaciones que utilizan modelos físicos.

### 2.1.2. Situaciones en que la Simulación es Adecuada

La Simulación permite el estudio de, y la experimentación con, las interacciones internas de un sistema real o, entre un subsistema con uno o mas sistemas donde las relaciones son de naturaleza estocástica[8].

La simulación es conveniente cuando:

- Se requiere analizar diferentes cambios en la información y su efecto.
- Se desea experimentar con diferentes diseños o políticas.
- Se desea verificar soluciones analíticas.
- Existe una formulación matemática, pero es difícil obtener una solución analítica. Los modelos matemáticos utilizados para modelar un reactor nuclear o una planta química son imposibles de resolver en forma analítica sin realizar serias simplificaciones.

- Se desea estudiar un sistema real y resulta peligroso o costoso hacerlo en el propio sistema; la posibilidad de hacerlo mediante un modelo analítico resulta imposible ó inconveniente.

Además, puede resultar conveniente:

Usar la simulación como un instrumento pedagógico para reforzar metodologías analíticas. Determinar cuales son las variables más importantes del modelo de un sistema, mediante el uso de simulación. De esta manera se podrá construir un modelo refinado del sistema real. Esto puede ser útil para la construcción de modelos diferentes a los de simulación.

### **2.1.3. Areas de Aplicación de la Simulación**

En la actualidad la simulación es aplicada en casi todas las áreas de trabajo, y entre las áreas de aplicación que existen podemos citar las siguientes<sup>1</sup> :

- Educación (Es una excelente herramienta para ayudar a comprender un sistema real debido a que puede expandir, comprimir o detener el tiempo, y además es capaz de brindar información sobre variables que no pueden ser medidas en el sistema real).
- Procesos de manufacturas (Ayuda a detectar cuellos de botellas, a distribuir personal, determinar la política de producción).
- Operaciones de mantenimiento.
- Simulación del Tráfico de un sistema (Teleproceso, Tráfico aéreo y terrestre, telecomunicaciones, telefonía,...).

---

<sup>1</sup> Esta sección fue extraída de las páginas web [4], [8] y [13].

- Cambios en la configuración de un sistema.
- Simulación económica.
- Estrategias militares.
- Líneas de producción.
- Evaluacion de software y hardware.
- Determinacion de políticas de inventario.
- Manejo de bosques, etc.

## 2.2. Arena

**Arena**, es una herramienta computacional de fácil uso, que permite crear modelos de simulación animados y conducir experimentos sobre el comportamiento de un sistema. Posee una interfaz gráfica que resulta amena al usuario, permitiéndole observar el funcionamiento del sistema a través de la animación, y a su vez ofrece un reporte completo de los resultados de la simulación[21].

Este software es una versátil aplicación, adecuada para simular sistemas complejos, operaciones y procesos en el ámbito de los servicios, fabricación, transporte, logística y cadenas de suministro entre otros, ayudando a representar y analizar los procesos de negocios mediante la simulación de diferentes alternativas. La generación de modelos de flujos de datos y la animación gráfica, permitirán visualizar como funcionan los procesos actuales o futuros en una empresa. Arena también dispone de herramientas de ayuda para ajustar distribuciones estadísticas a los parámetros observados en la realidad y otras funciones que permiten analizar los resultados de una o varias simulaciones.

## **2.3. Sistema Bajo Estudio**

### **2.3.1. Estructura y dinámica urbana de Mérida-Ejido -Tabay**

Debido a la estructura lineal de Mérida, donde gran parte de sus vías están orientadas en el sentido Norte-Sur, y complementando a las barreras físicas naturales dispuestas con la misma orientación, los desplazamientos de las personas ocurren también en la misma dirección; y de esa misma forma, ocurre la localización de las actividades en el espacio. En la Figura 2.1 se muestra la estructura urbana de la ciudad[1].

Espacialmente, Mérida se encuentra dividida en dos (2) sectores, definidos a partir del Río Albarregas, que constituye la línea divisoria entre el Sector Oeste (La Otra Banda) y el Sector Este (La Meseta). Estos dos sectores se comunican principalmente por los tres (3) viaductos: Sucre, Miranda y Campo Elías, así como también por tres (3) vías con una utilización sensiblemente menor a las mencionadas, como son el Paseo Humboldt, la vía Cruz Verde y la recién inaugurada vía Gómez Arellano.

Las principales fuentes de ingreso de la ciudad lo constituyen el desarrollo turístico, la Universidad de los Andes, la actividad agrícola y la actividad pecuaria, siendo estos los principales generadores de empleo, aparte de la actividad de servicios y la administrativa-gubernamental.

La ciudad cuenta con tres (3) accesos principales a través de vías terrestres: la carretera Troncal 007, hacia Tabay, la carretera hacia El Vigía y la carretera Local LO04 hacia La Azulita, mientras que por vía aérea se cuenta con el Aeropuerto Alberto Carnevali.

Con la puesta en servicio de la Carretera Rafael Caldera Mérida - Panamericana, mejorará notablemente la comunicación con El Vigía, facilitando la utilización del Aeropuerto Internacional Juan Pablo Pérez Alfonso de la localidad, que también sirve de acceso aéreo

a Mérida.

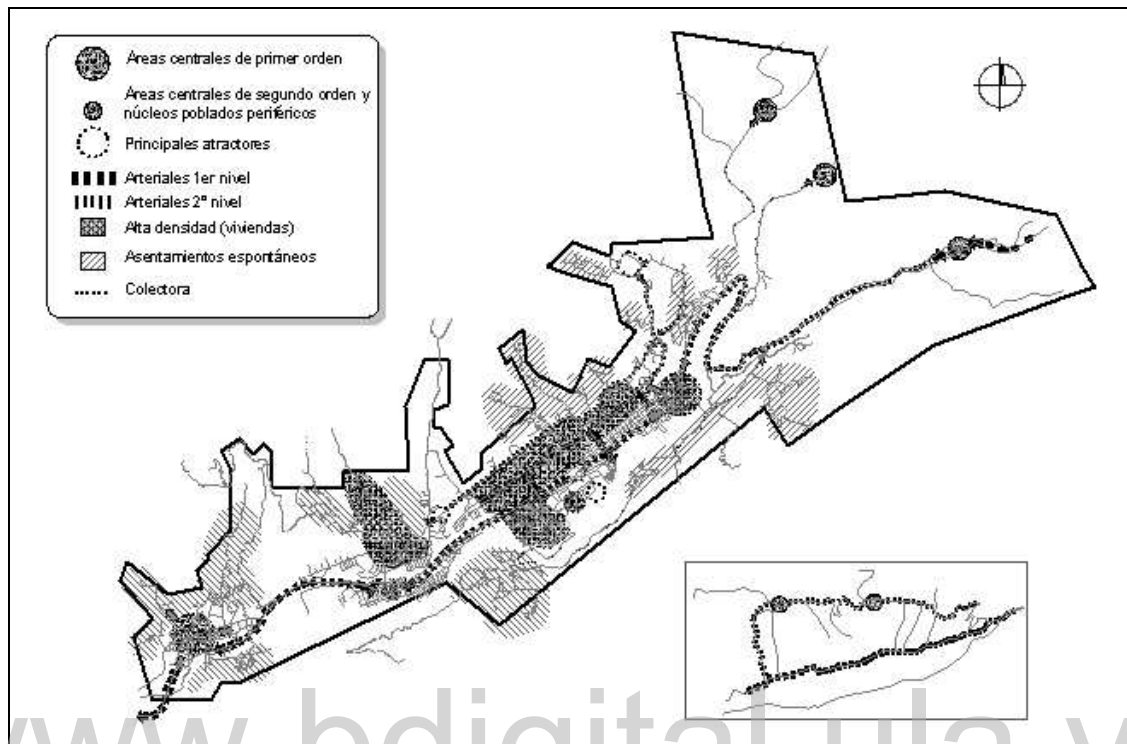


Figura 2.1: Estructura urbana de Mérida

En cuanto a la estructura urbana y específicamente, la localización e intensidad de las actividades metropolitanas, Mérida presenta una configuración original que parte en su área central con una trama cuadricular tipo damero, donde se localizan servicios y establecimientos comerciales, aparte de importantes edificaciones institucionales, asociadas a lo político, religioso, cultural y educacional, que cada vez más se consolida como área de servicios de la ciudad. Según los datos del POU de Mérida, el centro de la ciudad abarca el 66,76 % del comercio, el 81,66 % de los servicios, y el 95,27 % de las instalaciones para recreación, deporte y cultura de toda la ciudad. Cabe destacar, igualmente, que en Mérida, se encuentra localizada el 62,83 % de la actividad industrial, quedando entre Ejido y Tabay el resto de las actividades dedicadas a la industria.

## 2.3.2. Características del Sistema de Transporte Actual

### 2.3.2.1. Características del Tránsito

#### **Infraestructura**

**Características de la Red Vial:** La red vial presenta una longitud aproximada de 190 kilómetros, teniendo que las vías se han desarrollado de igual forma que la ciudad, es decir, de forma longitudinal. La misma se encuentra conformada por vías arteriales, colectoras y locales, conformando secciones promedio de 18 metros, 12 metros y 9 metros respectivamente, y capacidades que oscilan entre los 700 y 3.200 vehículos por hora. Es importante acotar que las condiciones topográficas de la ciudad han permitido únicamente el desarrollo de vías que presentan una pendiente media entre el 5 % y 8 %, inclusive en los principales corredores de la ciudad, donde la Avenida Las Américas alcanza pendientes en el orden del 8,35 %.

**Estacionamientos:** En Mérida la oferta de estacionamientos está comprendida por estacionamientos en locales y estacionamientos en la vía. Los estacionamientos lineales a lo largo de las vías se deben sobretodo a fallas en la planificación urbanística, teniendo una escasez de estacionamientos estratégicamente ubicados que permitan un acomodo efectivo de los vehículos.

En la zona del casco central de la ciudad se tiene una reducción de la sección transversal útil de las vías, las cuales en esta zona son de un canal de circulación, por el estacionamiento lineal de vehículos particulares, que en ocasiones obstruye las paradas de transporte público, propiciando congestionamiento.

**Terminales:** La ciudad de Mérida dispone de un Terminal de Pasajeros ubicado en la Avenida Las Américas entre los Viaductos Sucre y Miranda, el cual sirve a las rutas interurbanas y extraurbanas. Existen otros terminales informales de las organizaciones urbanas y

suburbanas, donde se centralizan y ubican las unidades de transporte público pertenecientes a las rutas de dichas organizaciones.

**Circulación Peatonal:** En cuanto a los flujos peatonales en la ciudad de Mérida, tenemos que los mismos se encuentran reservados al casco central, teniendo que las mayores concentraciones de peatones se generan entre las calles 19 y 26, entre las Avs. 2 y 4.

La oferta de la infraestructura peatonal se encuentra constituida por un conjunto de aceras discontinuas que no presentan las dimensiones adecuadas para albergar los altos volúmenes de peatones que se genera en el casco central. Por lo general encontramos también vehículos particulares estacionados en las calzadas, lo cual entorpece el flujo de peatones.

Los investigadores han determinado que el 40 por ciento de las personas se trasladan por motivos de trabajo, 33 por ciento estudio, 3 por ciento compras y 24 por ciento para otros fines.

**Controles de Tránsito:** Mérida dispone de unas 48 intersecciones reguladas por semáforos. No todas las intersecciones entre vías arteriales presentan un diseño de canalización. Las intersecciones reguladas por semáforos se localizan principalmente en las vías arteriales y colectoras de primer nivel.

En el casco central el tránsito suele ser controlado por fiscales de la Policía de Circulación Vial de la Dirección Municipal de Tránsito y Transporte, quienes además cumplen funciones de vigilancia.

### **2.3.3. Características del Sistema de Transporte Colectivo**

#### **2.3.3.1. Organización del Transporte Colectivo**

En cuanto a los prestatarios del servicio de transporte público y su organización, los mismos se encuentran constituidos en Asociaciones y Sociedades Civiles en general, existiendo una sola Cooperativa denominada Cooperativa Mixta Carabobo II. Estos tipos de organizaciones tienen la característica de que cada miembro de la Asociación o Sociedad Civil es propietario de la unidad y prestan servicio de acuerdo a sus posibilidades, no garantizándose un servicio continuo y eficiente, sujeto a las contingencias propias del transporte de pasajeros.

A su vez todas las organizaciones de transporte colectivo se encuentran asociadas en un organismo denominado Sindicato de Trabajadores del Transporte, el cual agrupa las Asociaciones Civiles, Sociedades Civiles y Cooperativas de todo el Estado Mérida, observándose que cuenta también con una Junta Directiva. Los mismos se encargan de velar por los intereses de las organizaciones de transporte ante la DMTT.

#### **2.3.3.2. El Sistema de Transporte Masivo del Area Metropolitana de Mérida**

La oferta actual de Transporte Público del Area Metropolitana de Mérida, la constituyen 82 Rutas, con un total de 1.036 Unidades, que presentan una edad media de 18 años, recorriendo su ruta con velocidades promedio entre los 4 a 16 *k/h*. Estas características ocasionan que se esten presentando, con tendencia a agravarse, problemas en el sistema de transporte público actual, tales como:

- Incomodidad por ser vehículos de baja capacidad.
- Baja confiabilidad en los horarios y frecuencia de paso de las unidades.



- Inconveniencia de utilización causada por las bajas velocidades de operación.
- Incomodidad de las paradas de transporte.

Adicionalmente, la significativa cantidad de transporte circulando por las principales vías de la ciudad, en horas pico, intervienen como un factor de perturbación de gran importancia dentro de la corriente de tráfico, aumentando las demoras y ocasionando conflictos en áreas de paradas y terminales.

Hay que tomar en cuenta que en Mérida habitan más de 300 mil habitantes y con el transporte que funciona actualmente se realiza cerca de 721 mil viajes, que cubre en un 53 por ciento el transporte público, es decir, busetas y autobuses, 36 por ciento en vehículos particulares, 10 por ciento a pie y 1 por ciento en otra modalidad, por ejemplo, en bicicleta[6].

Para dar solución a esta realidad y sobre la base en los más connotados estudios de ingeniería de transporte vial, se escoge para Mérida una tecnología que funciona de manera efectiva y eficiente en ciudades de Estados Unidos, Suiza, Austria, Italia, Francia, Grecia, Ecuador y Canadá. Se trata del *Trolebús*, tecnología que esta llamada a resolver la situación del transporte en la Metrópoli.

## **2.4. Trolebús en Términos Generales**

### **2.4.1. Reseña Histórica**

A finales del siglo XIX, existía un vehículo tirado por caballos que se desplazaba sobre rieles como los del ferrocarril, el cual fue mejorado con el tiempo, sustituyéndose la fuerza del caballo por energía eléctrica. Este vehículo, conocido como tranvía, existió en muchas

partes del mundo, inclusive en la Caracas de Aquiles Nazoa.

Años después, la ingeniería mecánica produjo el automóvil que conocemos actualmente, el tranvía fue transformado en un vehículo que funciona con electricidad pero que no necesita rieles, sino ruedas para desplazarse, denominado “trolley bus”, palabra que al decirlo en castellano, suena “trolebús”.

Se podría decir que el sistema electromecánico de los trolebuses data de hace varias décadas atrás. Ya en el siglo pasado en Europa operaban con cierto éxito este tipo de transportes, es más actualmente en la ciudad de Zaragoza en España está operando exitosamente un sistema similar al que se implantará próximamente en nuestro país.



Figura 2.2: Trolebuses antiguos

En Venezuela en los albores del siglo pasado, concretamente en Caracas, había un sistema similar. Como parte de la evolución de los transportes en nuestro país y ante la competencia ruinosa del autobús, en los años 30, las compañías que operaban los tranvías, cambiaron sus pesados convoyes por unidades automotoras empleando la tracción eléctrica.

En el siglo XX, el autobús fue la unidad de transporte público predilecta en todas las ciudades del mundo. Luego se comprobó que producía altos ruidos, congestionaba el tránsito, deterioraba las vías de las ciudades y ocasionaba problemas de contaminación, ya que funciona con un motor que expulsa a la atmósfera grandes cantidades de monóxido de carbono. Actualmente, las personas han tomado conciencia de la importancia de la conser-

vación del ambiente, motivo por el cual en varias ciudades del mundo se han producido cambios en sus sistemas de transporte masivo y se ha implantado el sistema trolebús, en ciudades como: Ginebra, Bologna, Marsella, Nancy, Parma, Praga y Quito, entre otras.

Es por ello que el sistema de transporte denominado trolebús, es el que próximamente tendrá Mérida, la única Metrópoli en Latinoamérica, que poseerá un Sistema de Transporte Masivo de primer orden<sup>2</sup>.

### 2.4.2. ¿Que es un Trolebús?

Según [6], el *Trolebús* es un sistema de transporte totalmente ecológico, es un medio de transporte eléctrico que no emite ruido. A diferencia del tranvía el trolebús contará con una línea aérea de contacto, la cual estará constituida por dos hilos de cobre, desde los cuales se alimentan los vehículos y a su vez reciben la energía que producen los mismos en el momento del frenado.

Además de ser totalmente ecológico, su costo de energía es bajo y su duración supera a la del autobus. Por ser eléctricos, prácticamente no hay calor ni vibración causada por el motor de combustión interna.

### 2.4.3. El Trole a Nivel Mundial

En los últimos tiempos y en la actualidad las personas se han visto obligadas a desplazarse de un lugar a otro por diferentes motivos, ya sea por viajes, trabajo, etc. y en muchas oportunidades ese recorrido es un poco largo aún cuando sea dentro de una misma ciudad. Por lo anteriormente descrito y por otras causas, grandes ciudades han optado por adquirir

---

<sup>2</sup> Esta sección fue extraída de la información suministrada por la páginas web [6] y [10]

un sistema de transporte que sea rápido, seguro y confiable a la hora de prestar el servicio. En estas ciudades han considerado que el mejor sistema de transporte es el trolebús.

Seguidamente listaremos algunos de los países que han adquirido el sistema del trolebús como sistema de transporte masivo:

### **El Trole en México**

Una vez creado el Servicio de Transportes Eléctricos se iniciaron los planes para reestructurar y renovar el servicio. La gran mayoría del material rodante había rebasado su vida útil y era necesario reemplazarlo[5].

Las necesidades de una urbe en constante crecimiento como la ciudad de México exigían que los nuevos carros cubrieran los niveles óptimos de capacidad, velocidad, economía de mantenimiento, servicio rápido y eficiencia. Sin embargo, la base de la renovación del STE, y que constituiría el símbolo característico de esta institución, fue el trolebús. Las primeras veinte unidades con las que contó la ciudad de México fueron del modelo Westram, compradas en 1945 a una empresa en Nueva York y armadas en los talleres de Indianilla durante 1946.



Las primeras veinte unidades con las que contó la ciudad de México fueron del modelo Westram, compradas en 1945 a una empresa en Nueva York y armadas en los talleres de Indianilla durante 1946.

Al principio de los 90 fue necesario hacer una rehabilitación del parque vehicular adquirido en años anteriores. Para el año 1991 se pusieron en servicio, en los tres Ejes Viales más importantes de la Ciudad de México, 80 unidades.

Llegaron a STE, en el año de 1997, los primeros 50 trolebuses de la serie 9700, entrando en operación en el mes de febrero de 1998. Los últimos 75 trolebuses de la serie 9800, comenzaron a operar en el mes de octubre de 1999.

En la actualidad, STE tiene un parque vehicular de 489 trolebuses: 5 Marmon Herrington, serie 5500 y 5700; 9 New Flyer, serie 3200; 53 MASA-Toshiba, serie 4200; 147 MASA-Toshiba, serie 4300 y 4400; 45 MASA- Mitsubishi, serie 4700; 30 MASA-Kiepe, serie 7000 y 200 MASA-Mitsubishi, series 9700 y 9800.

La Red de trolebuses esta integrada por 16 líneas con una longitud de operación de 399.75 *km*; beneficiando a la población de más de 380 colonias de 9 Delegaciones del Distrito Federal. La Flota vehicular programada en la Red es de 340 trolebuses, los cuales operan a un intervalo de paso promedio de 5 minutos, lo que permite transportar diariamente un volumen superior a los 250 mil usuarios.



Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal a través de sus 50 años ininterrumpidos de operar trolebuses, se ha preocupado día con día en brindar un servicio eficiente y de calidad, para lo cual ha mejorado sus unidades, ya sea rehabilitando las que como resultado del uso intensivo así lo requerían, o mediante la adquisición de nuevos trolebuses con avances tecnológicos; siempre pensando en el beneficio social.

### **El Trole en Argentina**

Tras el envío a partir del año 1958 de 21 unidades M.A.N. / Kassböhler / Kiepe Elektrik de “Transportes de Buenos Aires”, y al fracasar el embarque de otro lote de trolebuses del mismo origen, la “Empresa de Transporte de Rosario” licitó la compra de 40 trolebuses nuevos para destinarlos a las nuevas líneas en construcción. Luego de la privatización del sistema a mediados del año 1979, la concesionaria Empresa Martín Fierro S.R.L. procedió a la reforma y reparación general del trolebús FIAT / Alfa - Romeo / C.G.E. N° 12. La Sociedad Argentina de Electrificación (S.A.D.E.) -también constructora de las insta-

laciones fijas del sistema- ganó la compulsa para la provisión de los nuevos coches. En consecuencia, desde el año 1961 comenzaron a llegar las partidas de trolebuses FIAT / Alfa - Romeo / C.G.E.[2].



Figura 2.3: Trolebús renovado de Argentina

La puesta en servicio regular del renovado trolebús se llevó a cabo el 15 de noviembre de 1979 en la línea “K”, pero tiempo después circuló alternativamente en la línea “M” y en la efímeramente rehabilitada línea “H”.

Tras años de funcionamiento continuado, la renovada línea “K” sigue prestando normalmente sus servicios. Los trolebuses de origen Brasileño han demostrado ser confiables y los inconvenientes en la flota no son frecuentes.

Los trolebuses de la ciudad de Córdoba fueron inaugurados en el mes de mayo de 1989, en el marco de un ambicioso plan de reestructuración del transporte urbano de pasajeros, en donde también estaba incluida la red ferroviaria de trocha angosta que recorre la capital mediterránea.

Debido al cambio en la política municipal de la ciudad de Córdoba, a partir de 1992 se sucedieron diversos inconvenientes en el sistema, siendo el más grave la superposición de los recorridos de ómnibus Diesel sobre los itinerarios de los trolebuses, restándole una gran cantidad de pasajeros a estos últimos.



A partir de febrero de 2000 comenzaron a incorporarse los trolebuses de origen chino prometidos por la actual concesionaria, Trolecor S.A. Dieciseis unidades son las que circulan a julio de 2000, repartidas en las tres líneas. Las características y calidad de los nuevos trolebuses son modestas, no contándose al silencio y la elegancia entre las virtudes de las unidades asiáticas.

Un proceso de ajuste y adaptación, a cargo del personal de Trolecor S.A. y de técnicos enviados por la industria fabricante. De inmediato, los coches se incorporaron al paisaje urbano, denominándoseles popularmente como “los troles nuevos”.

### **El Trole en Montevideo - Uruguay**

La ciudad de Montevideo, capital de la República Oriental del Uruguay, contó con una vasta red de transporte urbano eléctrico, iniciado con dos redes tranviarias de propiedad privada. Estas redes fueron posteriormente transferidas a la Administración Municipal de Transportes (A.M. de T.) empresa pública que también operaba servicios de ómnibus, aunque no en forma monopólica. El 28 de marzo de 1951, la A.M. de T. inauguró la primera línea de trolebuses, la flota inicial estuvo compuesta por dieciocho trolebuses[3].

A efectos de ampliar la red, en 1955 se incorporaron doscientos cincuenta trolebuses FIAT / Alfa-Romeo / C.G.E. de fabricación italiana, similares a los cuarenta coches que se adquirieron para la ciudad de Rosario (Argentina) en 1961.

A principios de la década de 1960, los trolebuses montevideanos atravesaban su mejor momento, con doscientos setenta kilómetros de líneas aéreas. En la Figura 2.4 se observa un trolebús simple y tres articulados, esperando su horario para iniciar los respectivos recorridos.



Figura 2.4: Trolebuses de Uruguay

Por ineficiencia de la A.M. de T., muchos trolebuses iban quedando fuera de servicio, motivado además por recortes presupuestarios y carencia de repuestos. Es por ello que se cancelaron varias líneas y se dispuso el cese de la gestión de la empresa pública, admitiéndose solamente la continuidad de cuatro líneas a ser operadas por setenta y dos unidades Ansaldo.

En el mes de septiembre de 1991, los trolebuses de Montevideo aún tenían una intensa actividad, y eran un rival de fuste para el transporte automotor. Pese al aspecto decadente de la mayoría de las unidades, los trolebuses tenían un alto índice de cumplimiento de servicios y horarios, no resultando muy frecuente observarlos fuera de servicio. Si bien la vida útil de los “Ansaldo” ya había sido cumplida con creces, estas nobles máquinas garantizaron un servicio medianamente eficiente hasta último momento. Los inconvenientes más habituales fueron ocasionados por las caídas del hilo de contacto de línea aérea y desperfectos en las subestaciones rectificadoras.

### **El Trole en Valparaiso - Chile**

Un caso excepcional de supervivencia del trolebús es el de la ciudad de Valparaíso, en la República de Chile, situada a orillas del Océano Pacífico aproximadamente 120 kilómetros al Noroeste de Santiago[3].



El transporte urbano de Valparaíso tuvo en los tranvías (a caballo y eléctricos) la etapa más importante de crecimiento y consolidación. Mas adelante la presencia del automotor se hizo sentir porque el continuo avance de la zona urbanizada hizo necesaria la población de sectores geográficamente muy dificultosos de acceder.

Para facilitar el transporte, también se apeló a los “ascensores”, funiculares instalados en las faldas de los acantilados y que son una solución que tiene escasos precedentes en el mundo, gozando aún hoy de una gran popularidad con numerosos ejemplares en servicio. Poco después que en la ciudad de Santiago, Valparaíso fue dotado en 1953 con un sistema de trolebuses que en su máxima extensión alcanzó la vecina ciudad balnearia de Viña del Mar.



La única línea en servicio se extiende desde Avenida Argentina (en cercanías de Playa Barón y del nuevo palacio del Congreso Nacional) hasta la Aduana con un recorrido total de 8,4 kilómetros. En horarios pico la vuelta completa insume entre 40 y 50 minutos, debido al sobrecargado tránsito en el sector. Hay unos 20 trolebuses en servicio simultáneo, brindando una frecuencia de 2 - 2,5 minutos entre coches, estando intercalados los veteranos “Pullman-Standard” con más de cincuenta años de servicio con las diversas unidades helvéticas, que aún conservan sus libreas originales y en muchos casos, los carteles de sus recorridos en alemán o francés.



Figura 2.5: Trolebús de Vaparaíso - Chile

Algo digno de destacar es el hecho que la tarifa del boleto en trolebús es algo superior a la de los omnibus y colectivos; sin embargo, muchas personas optan por el transporte eléctrico por razones de costumbre, comodidad y ecología.

#### **El Trole en Quito - Ecuador**

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a partir del año 1990 inició estudios de ingeniería de transporte, tendientes a reorganizar y modernizar el Sistema de Transporte de la ciudad de Quito[15].

Los estudios y análisis efectuados por expertos extranjeros en transporte, pertenecientes a diversos organismos de ayuda como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), determinaron que el trolebús operado con un subsistema de líneas alimentadoras al Norte y Sur de la ciudad se constituía en la mejor alternativa para dar solución a la problemática del transporte, y descartaron otros sistemas como el metro, tren ligero, monorriel por sus altos costos.

La Primera Etapa fue inaugurada el 17 de diciembre de 1995, entre el sector de La Y al norte, hasta El Recreo al sur, en una longitud del 11,2 *km*; con 39 paradas y 2 terminales de integración.



En esta primera etapa se adquirió 54 vehículos trolebuses, en este tramo se transportó un promedio de 50.000 pasajeros.

El 19 de marzo de 1996, entró en servicio la segunda etapa, desde El Recreo hasta la Colón, con 32 unidades. El 21 de abril de 1996, se inauguró la tercera etapa, desde la Estación Sur “El Recreo” hasta la Estación Norte “La Y”, con la operación de cincuenta y cuatro vehículos y se integró a la ciudad de Quito un moderno sistema de transporte operado por el trolebús en un carril exclusivo. El promedio de usuarios que se transportó inicialmente, fue de ciento veinte mil pasajeros.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

El Trolebús ha sido uno de los proyectos más exitosos en los últimos años en la ciudad de Quito. Como ejemplo de la importancia de este transporte masivo, hasta el mes de noviembre de 1998, se transportaron más de 142 millones de



personas, lo que representa la población total del Japón de ese entonces. En este lapso, una flota de 54 trolebuses recorrió más de 10 millones de kilómetros, con un promedio mensual de 300.000 *Km* operados. En los últimos años de servicio más de 450 millones de pasajeros han sido transportados en las 113 unidades con las que cuenta el sistema. El Trolebús, es considerado como un icono de la ciudad de Quito, despertando gran simpatía entre la comunidad quiteña. Según las últimas encuestas realizadas por Servicio al Cliente de la UOST las personas prefieren el Trolebús, entre otros transportes urbanos y la Ecovía (buses también ecológicos), por su puntualidad (63.75 %), rapidez (63.85 %), buena aten-

ción al usuario (62.17 %), adecuado mantenimiento de infraestructura y limpieza en sus unidades, paradas y estaciones (76.62 %)

Dentro de este contraste el trole, como cariñosamente lo conocen los ecuatorianos, ha implementado ese toque de modernidad a una tierra rodeada por hermosos volcanes cubiertos de nieve, a una ciudad llena de historia y reconocida por su proximidad a la línea equinoccial.

#### **2.4.4. Tecnologías Opcionales para construir el Sistema de Transporte Masivo**

La selección de un Sistema de Transporte Masivo enfrenta dos (2) elementos fundamentales, interrelacionados entre ellos. El primero se refiere a la selección de la tecnología, en cuanto a la tipología del material rodante, a la infraestructura, a las posibilidades de inserción, a la operación y al nivel de servicio que ofrece. El segundo se refiere a la selección de los corredores donde se pueda implantar un determinado sistema, de modo que responda a la ruta de mayor captación de pasajeros, de menor recorrido y con costos razonables[1].

El sistema de transporte elegible para el área metropolitana de Mérida, además de responder al tráfico estimado, deberá presentar condiciones de inserción en un tejido urbano denso (como es el caso del Casco Central) y ser adaptable a tramos de vía con fuertes pendientes, en el orden de 7,5 a 9 % (acceso al complejo universitario la Hechicera, Avenida Alberto Carnevali), también en tramos cortos donde la pendiente alcanza el 10 % (Av. Andrés Bello, salida Sur de La Parroquia).

Para la escogencia del Sistema de Transporte que será implementado en la ciudad de Mérida, se evaluaron las siguientes posibilidades:

- **Autobuses:** La concentración del 80 % de los que se utilizan en el sistema de transporte público en autobuses esta por debajo del nivel adecuado de capacidad y calidad de servicio. Los autobuses consumen combustible y son unos vehículos ruidosos.

El Sistema de Transporte que posee la ciudad de Mérida es imposible dentro del espacio urbano actual, ya que para incluir más unidades de autobuses para solucionar el problema del traslado de pasajeros requeriría destinar una parte muy importante de los recursos de la ciudad para el uso de éstos, lo que haría de Mérida una ciudad totalmente infartada por los vehículos.

Las autoridades locales decidieron sustituir el sistema de autobuses por uno de trolebuses, usando motores eléctricos, que tienen mayor capacidad de transporte y son menos contaminantes.

- **Los vehículos ferroviarios o de tecnología ferroviaria:** Los sistemas ferroviarios forman varias familias. Tienen características diferentes, principalmente definidas por el tipo de infraestructura, por el modo de operación y el volumen de tráfico. Aparecen dos (2) grandes categorías: los sistemas compatibles con el tránsito general y los sistemas incompatibles con el mismo.

Los sistemas compatibles con el tránsito general son:

- ✓ El tranvía.
- ✓ El metro liviano.

Los sistemas incompatibles con el tránsito general son:

- ✓ Los metros urbanos.
- ✓ Los metros automáticos.
- ✓ Los metros regionales.

Todos estos sistemas responden a características y niveles de demanda diferentes. Prestan un servicio de transporte urbano con paradas frecuentes, es decir que necesitan una buena potencia y por lo tanto utilizan la tracción eléctrica. Los vehículos están compuestos por elementos automotores con una proporción elevada de ejes motores.

Tienen otras características específicas al transporte masivo de pasajeros. Por ejemplo, están dotados de numerosas y amplias puertas para facilitar los movimientos bajada/subida de pasajeros y limitar así los tiempos de parada. Están acondicionados para recibir una importante proporción de pasajeros de pie a fin de atender las grandes concentraciones de demanda en las horas picos.

- **Los Monorrieles:** Los sistemas sobre monorraíl son poco numerosos. Los más famosos son los que circulan en Japón (Tokio, Osaka, China.) y los que son utilizados en los parques Disneyland en los Estados Unidos. El más característico de esta última categoría es el de Disneyworld en Orlando. Se compone de un pequeño vehículo articulado de 6 elementos (de TGI-Bombardier) con una capacidad de 312 puestos, circulando sobre una viga de concreto. Su carácter un poco lúdico lo conforma más para dar servicio en los parques de recreo.

En los terminales y en las zonas de garajes los sistemas monorrieles requieren instalaciones muy complejas y bastante pesadas para organizar los cambios de vías.

- **Los Sistemas de levitación magnética:** Los sistemas de levitación o sustentación magnética no han superado el estado de experimentación. El principio consiste en hacer levitar o flotar sobre una pista un vehículo por oposición de dos (2) campos magnéticos. La oposición de campos magnéticos permite el guiado y la propulsión del sistema. Los dos (2) sistemas actualmente en experimentación, el Transrápido alemán y el Maglev japonés, están previstos para alta velocidad (450 km/h) y por lo tanto dedicados al transporte interurbano.

El Tren Electromagnético (el Telmag) desarrollado por el Profesor Alberto Serra en

la Universidad de los Andes de Mérida podría ser, según el equipo de investigadores trabajando sobre este proyecto, aplicado al transporte urbano de pasajeros. Pero, por el momento el Telmag no ha superado el estado de experimentación sobre maqueta.

#### **2.4.5. ¿Por qué un Sistema de Transporte Masivo para Mérida?, ¿Por qué un trolebús?**

Uno de los problemas más graves que afrontan los habitantes de la ciudad de Mérida es el tráfico vehicular, esta realidad determina la urgencia de resolver el problema del desplazamiento de las personas. Después de años de estudio, y un cuidadoso proceso de selección, la opción escogida fue el trolebús[6].

Las unidades del trolebús han sido cuidadosamente diseñadas y ensambladas para ofrecer una experiencia confortable a los usuarios: aire acondicionado, vidrios panorámicos, cómodos asientos y capacidad para movilizar hasta 180 pasajeros.

Además todas las unidades poseen un sistema electrónico de aceleración, marcha y frenado, y mecanismos de control de funcionamiento que procuran la mayor seguridad a los pasajeros. Un mecanismo computarizado de control de fallas podrá advertir de la existencia de éstas hasta 20 minutos antes de que afecten al sistema.

El trolebús ofrece alta velocidad en pendientes, es flexible en su implementación y es capaz de movilizar una gran demanda de pasajeros. No es contaminante y posee solidez y permanencia. Estos beneficios, aunado a su bajo costo operativo y su adaptabilidad a las condiciones geográficas y urbanas, lo hacen comparativamente superior al resto de las opciones estudiadas.

## 2.4.6. Diseño del Proyecto del Trolebús

### 2.4.6.1. Descripción del Proyecto

El Proyecto del Sistema de Transporte Masivo, por sus características de diseño, contempla captar una gran parte de la demanda de transporte público actual y futura en el Área Metropolitana de Mérida[1].

Para cubrir toda el área se requiere un sistema con longitud aproximada de 37 Km, desde Lagunillas hasta Tabay, el cual se construirá por etapas, con el uso de tecnologías que se adapten a cada tramo.

Su velocidad comercial estará en el orden de 25 Km/h, es decir 30 % más rápido que la del Sistema de transporte actual de “Por Puestos”, y en el Casco Central de la Ciudad será, por lo menos, el doble sino el triple de la velocidad actual.

### 2.4.6.2. El Vehículo

Operará con trolebuses articulados con tres puertas dobles, el resto de sus características se pueden observar en la Tabla E.1 del apéndice[22].



Figura 2.6: Trolebús articulado



### 2.4.6.3. Sistema de Rutas

El Trolmérica es parte de un sistema integrado que ayudará a fortalecer y ampliar el subsistema de rutas de transporte tradicional, haciendo más viajes sin colas y con mayores beneficios, atendiendo a populosas zonas de la ciudad ubicadas en los márgenes de los corredores viales existentes[6].

Actualmente está en construcción la Línea 1, la cual tiene una longitud de 18,47 *Km.* y comienza en su Terminal en Ejido, transcurre a lo largo de las Avenidas Centenario, Monseñor Chacón, Andrés Bello, pasa por Pie del Llano, 16 de Septiembre hasta el Polideportivo Luis Gherzi, Don Tulio, Calle 26, Viaducto Campo Elías, Las Américas y Av. Alberto Carnevali, finalizando en La Hechicera.

Según una desagregación general, la Línea 1 o TRAMO: EJIDO - LA HECHICERA se ha dividido en tres (3) grandes secciones:

- Sección 1: Ejido - La Parroquia (*Km.* 00 a *Km.* 5,50)
- Sección 2: La Parroquia - Glorias Patrias (*Km.* 5,50 a *Km.* 14,15)
- Sección 3: Glorias Patrias - La Hechicera (*Km.* 14,15 a *Km.* 18,47)

La Línea 2 tiene una longitud de 12 *Km.*, comienza en una Estación de Transferencia con la Línea 1 a la altura de La Parroquia, continua a lo largo de la avenida principal de La Mata, La Pedregosa, Av. López Contreras, Av. Los Próceres, Paseo Humboldt, Av. Las Américas (hasta viaducto Campo Elías), sigue por la Calle 26 penetrando al casco central hasta la Plaza de Milla, continua por la Av. Universidad hasta culminar en el sector conocido como La Vuelta de Lola.

Finalmente, la Línea 3 comprende un sistema de tracción por cable, denominado “El

Funicular del Chama”, el cual le dará acceso a los populosos sectores asentados en la Cuenca del Chama, beneficiando a más de 20.000 personas.

#### 2.4.6.4. Las Estaciones

Las estaciones estarán conformadas por una serie de áreas tales como: área de cobro, de espera y de salida. Estas se especifican a continuación[1]:

- Área de acceso
- Área de espera
- Área de salida

En la Figura 2.7 se muestran las diferentes áreas de una estación básica cualquiera<sup>3</sup>.

##### **Dimensión básica del área de espera**

- La longitud mínima del área de espera será la distancia externa del trolebús. Cabe destacar que el trolebús contará con tres (3) puertas.
- Para definir el ancho de las estaciones se ha calculado un índice de ocupación en el andén de 2,5 personas/ $m^2$  con el fin de asegurar una movilidad adecuada. Del mismo modo se asume que el andén deberá tener al menos 50 % de la capacidad de una unidad del trolebús, es decir 90 personas.

##### **Área de acceso**

El área de acceso deberá permitir una entrada cómoda para los pasajeros, la misma tendrá los siguientes elementos:

---

<sup>3</sup> La imagen fue extraída de [22]

- Localización de caseta para venta de pasajes<sup>4</sup>.
- Localización de equipo de control de vehículos.
- Localización de torniquetes (2 torniquetes)



Area de  
Espera

Area de  
Acceso

Area de  
Salida

www.bdigital.ula.ve

Figura 2.7: Estación básica

**Area de salida** El área de salida tendrá los siguientes elementos:

- Dos (2) torniquetes de salida.
- Un pequeño espacio para protección de la lluvia.

#### 2.4.6.5. Ubicación de las Estaciones

En la línea 1, el Trolmérida contará con un total de 33 estaciones en cada sentido de la ruta, las cuales fueron diseñadas siguiendo las exigencias estructurales, arquitectónicas y funcionales del entorno urbano[6].

<sup>4</sup> Las estaciones de tipo central cuentan con dos casetas, una en cada sentido y las estaciones laterales cuentan solo con una caseta.

Las estaciones contarán con espacio de gran visibilidad, estarán ubicadas muy cerca de las intersecciones semaforizadas y dispondrán de apropiados espacios para el cruce de las calzadas, a fin de brindarle la mayor facilidad y seguridad a los peatones durante el ingreso y egreso a las mismas. En la Tabla 2.1 se enumeran y definen las estaciones con las que contará la línea 1 del sistema de transporte masivo trolebús.

#### 2.4.6.6. Consideraciones sobre la demanda de pasajeros

En los estudios realizados por el INFRAM se determinó un número de 150.000 pasajeros diarios captados por la línea 1 durante un día promedio laborable[22].

**Variación horaria:** El sistema de transporte masivo operará durante 17 horas en un día promedio entre 6 am. y 11 pm., para adaptarse a los patrones observados en el área metropolitana de Mérida.

**Variación diaria:** De acuerdo con los resultados de los estudios realizados por las autoridades del INFRAM, se observa la siguiente variación de la demanda durante los días de la semana:

- De lunes a viernes, en días laborables, se tiene la demanda de un día típico.
- Los sábados se observa una demanda de  $2/3$  de la demanda correspondiente a un día promedio.
- Los domingos y días feriados se tiene una demanda del 50 % respecto al día promedio.

**Variación mensual:** La demanda se comporta de manera similar a lo largo de los meses del año, con excepción de los periodos vacacionales estudiantiles que se observa una

disminución de la demanda, que sin embargo se compensa en una buena proporción con los turistas que se distribuyen a lo largo de agosto y parte de septiembre.

Tabla 2.1: Estaciones de la Línea 1 del Trolebús

Número	Nombre de la Estación
1	Terminal
2	Pozo Hondo
3	Centenario
4	Montalban
5	Paradero Las Cruces
6	Pan de Azucar
7	La Parroquia
8	La Mara
9	Alto Chama
10	El Carrizal
11	Museo de Ciencias
12	Paradero Las Tapias
13	C.C. Las Tapias (Acuario)
14	San Antonio
15	Pie del Llano
16	Santa Juana
17	Soto Rosa
18	M. Mazzarello
19	Campo de Oro
20	Juan XXIII
21	Luis Ghersy
22	Facultad de Medicina
Sigue ...	

Tabla 2.1: Estaciones de la Línea 1 del Trolebús (continua-  
 ción)

Número	Nombre de la Estación
23	Liceo Libertador
24	Simón Bolívar
25	Obispo Lora
26	Las Américas
27	Sor Juana Ines
28	Plaza de Toros
29	Albarregas
30	Domingo Salazar
31	Fundacite
32	La Hechicera
33	Los Chorros

www.digital.ula.ve

## **Parte III**

**Tercera Parte**  
[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## Capítulo 3

### Modelado del Sistema

En el capítulo que a continuación será desarrollado, se realizarán actividades como modelado de los procesos, el cual consiste en la construcción de un modelo y este se explicará de dos formas; una de ellas es la *descripción informal*, donde se describen los componentes del modelo, las variables descriptivas y las interacciones entre los componentes. Los componentes son las partes con las que el modelo está compuesto. Las variables descriptivas proveen información sobre el estado de los componentes en un momento dado. Estas se pueden dividir en *variables de estado* (que cambian durante la simulación) y *parámetros* (que se mantienen constantes en una misma simulación, pero que pueden variar de una simulación a otra). Las interacciones entre componentes son las reglas que describen cómo las distintas partes del modelo se afectan entre sí, determinando el comportamiento del modelo a través del tiempo. No existen reglas que puedan ser dadas para la elección de los componentes, variables descriptivas o interacciones. Su elección es parte del arte del modelado. Lo único que se puede decir es que los componentes y sus variables deben reflejar la parte del sistema real que se quiere estudiar[11].

La otra forma es hacer una *descripción formal*, que no es más que un modelo matemático el cual incluye variables y constantes, es la traslación del modelo informal a su



parte formal. Es importante categorizar las variables de acuerdo a la función que cada una de ellas tendrá en el sistema bajo estudio[12].

Es pertinente destacar que un modelo es una representación de un objeto de interés. No obstante que el objeto sea único, el número de representaciones es por lo general muy grande, de modo que el número de modelos de un sistema del mundo real lo es también. El hecho de que se tenga más de un modelo de simulación para un sistema real, no nos debe preocupar demasiado. Encontrar un modelo de simulación casi siempre es fácil, mientras que encontrar un modelo analítico con frecuencia es una tarea ardua, independientemente que, para muchos problemas, un modelo analítico, simplemente no existe[8].

### 3.1. Modelado de Procesos

El modelado en su forma mas amplia es una técnica que consiste en la generación de un modelo o adaptación de un fenómeno problemático dentro de una estructura abstracta que explique el alcance del fenomeno y sirva para encontrar una solución a un problema especificado dentro de algún contexto[7].

Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de una o más entradas las transforma, generando un resultado.

Cuando un proceso es modelado, con ayuda de una representación gráfica (diagrama de proceso<sup>1</sup>), pueden apreciarse con facilidad las interrelaciones existentes entre distintas actividades, analizar cada actividad, definir los puntos de contacto con otros procesos, así como identificar los subprocessos comprendidos. Al mismo tiempo, los problemas existentes pueden ponerse de manifiesto claramente dando la oportunidad al inicio de acciones

---

<sup>1</sup> Diagramar es establecer una representación visual de los procesos y subprocessos, lo que permite obtener una información preliminar sobre la amplitud de los mismos, sus tiempos y los de sus actividades.

de mejora[9].

La metodología utilizada para el modelado y simulación del sistema es la sugerida por Jerry Banks[16], la cual consta de varios pasos que serán mostrados en la Figura 3.1 y seguidamente explicados:

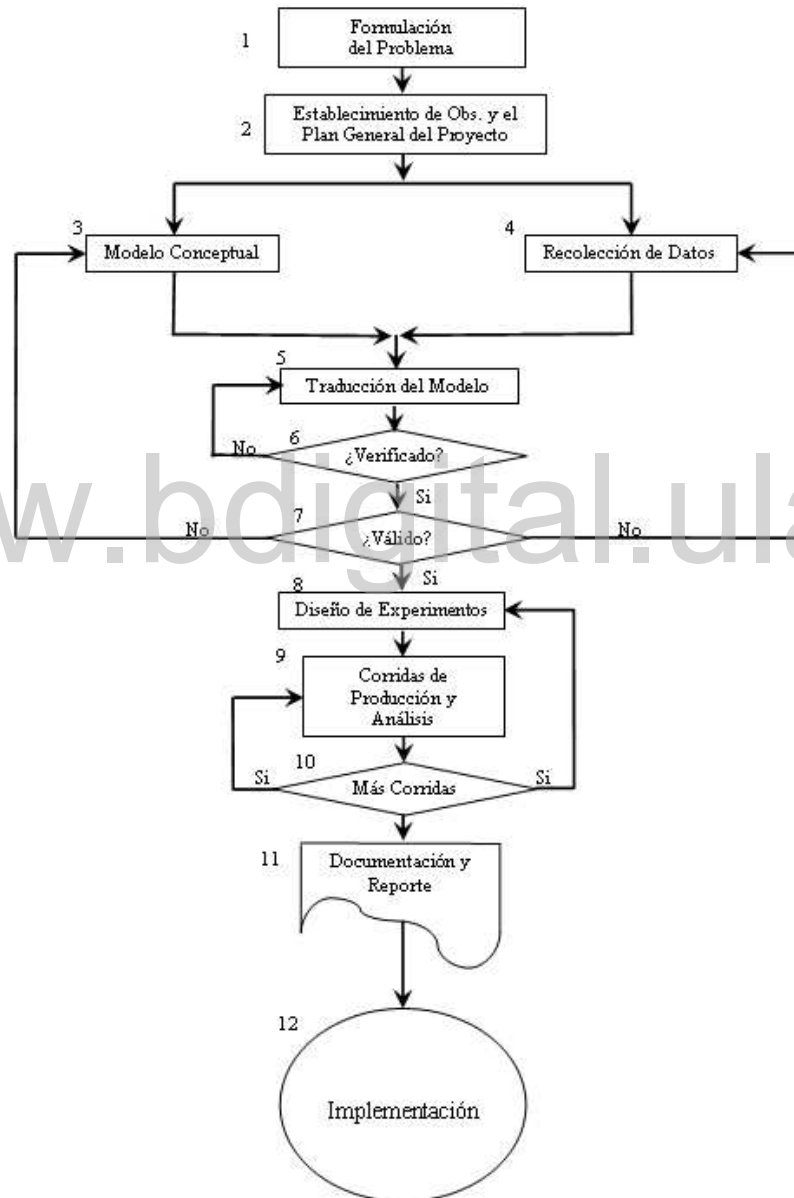


Figura 3.1: Pasos en un Estudio de Simulación

### **3.1.1. Formulación del Problema**

Todo estudio de simulación empieza con la formulación del problema. Si la formulación proporciona aquellos problemas que se tienen (el cliente), el analista de la simulación debe tener el mayor cuidado para asegurar que el problema se entienda claramente. Si una formulación del problema es preparada por el analista de la simulación, es importante que el cliente entienda y esté de acuerdo con la formulación.

### **3.1.2. Establecimiento de Objetivos y el Plan General del Proyecto**

Otra forma de establecer este paso es “preparar una propuesta”. El paso debe cumplirse independientemente de la localización del analista y el cliente (por ejemplo, un consultor externo o interno). Los objetivos indican la pregunta que debe responder el estudio de simulación, el plan del proyecto debe incluir una declaración de los diferentes escenarios que serán estudiados. Los planes para el estudio deben indicarse en términos del tiempo que se requiera, personal que será usado, requerimiento de hardware y software si el cliente quiere correr el modelo y conducir el análisis, etapas en la investigación, salida en cada etapa, costo del estudio y procedimiento de facturas si los hubiera.

### **3.1.3. Modelo Conceptual**

El sistema del mundo real bajo investigación es abstraído mediante un modelo conceptual, a través de una serie de relaciones matemáticas y lógicas referentes a los componentes y a la estructura del sistema. Se recomienda que el modelado comience de una manera simple y que el modelo crezca y se desarrolle hasta obtener modelo con la complejidad apropiada.

### 3.1.4. Recolección de Datos

Poco después de que la propuesta es aceptada, se debe enviar un horario de requerimientos de datos al cliente. En la mejor de las circunstancias, el cliente ha estado recogiendo los datos que se necesitan en el formato requerido y estos datos se pueden someter al análisis de la simulación en el formato electrónico. A menudo, el cliente indica que los datos requeridos están disponibles.

### 3.1.5. Traducción del Modelo

El modelo conceptual construido en el paso 3 es codificado en una computadora, a un modelo operacional.

### 3.1.6. ¿Verificado?

La verificación se refiere a la operación del modelo. ¿Se está realizando correctamente?. Se aconseja que para el análisis de la simulación se espere hasta que el modelo este terminado para así comenzar con el proceso de verificación del mismo.

### 3.1.7. ¿Válido?

La validación es la determinación de que el modelo conceptual es una representación exacta del sistema verdadero. ¿Se puede el modelo substituir por el sistema verdadero para los propósitos de la experimentación?. Si hay un sistema existente, una manera ideal de validar el modelo es comparar su salida con la del sistema existente.

### **3.1.8. Diseño de Experimentos**

Para cada escenario que deba ser simulado, las decisiones necesitan ser tomadas de acuerdo a la longitud de las corridas de la simulación, del número de las corridas (también llamados las réplicas), y de la manera de la inicialización, según lo requerido.

### **3.1.9. Corridas de Producción y Análisis**

Las corridas de producción, y su análisis, se utilizan para estimar medias de las corridas para los escenarios que se están simulando

### **3.1.10. ¿Más corridas?**

De acuerdo con el análisis de las corridas que se han terminado, el analista de la simulación determina si las corridas adicionales son necesarias y si algunos escenarios adicionales necesitan ser simulados.

### **3.1.11. Documentación y Reporte**

La documentación es necesaria por numerosas razones. Si el modelo de simulación va a ser usado de nuevo por los mismos o diferentes analistas, puede ser el requisito para entender cómo el modelo de simulación opera. Esto estimulará la confianza en el modelo de simulación en caso de ser modificado.

### 3.1.12. Implementación

El analista de simulación actúa como un reportero en lugar de un abogado. El informe preparado en el paso 11 es simplemente información adicional que el cliente usa para tomar una decisión. Si el cliente ha estado envuelto a lo largo del período del estudio, y el analista de la simulación ha seguido todos los pasos rigurosamente, la verosimilitud de una aplicación exitosa aumenta.

## 3.2. Descripción Informal del Sistema

Como señalamos al inicio del capítulo, en esta sección serán descritos los componentes del sistema y sus interacciones, las variables descriptivas y los parámetros con el fin de dar a entender de una forma fácil y sencilla la dinámica que esta inmersa en el modelo.

### 3.2.1. Componentes

- Trolebuses.
- Taquillas.
- Torniquetes de entrada.
- Pasajeros.
- Semáforos.

### 3.2.2. Variables Descriptivas

- EN TROLE: Número de pasajeros que bienen en el trolebús.

- Llegan a la Estacion: Número de pasajeros que llegan a una estación en el trolebús.
- Capacidad trole: Número total de pasajeros que el trolebús puede albergar en su interior.
- BAJAN: Pasajeros que bajan del trole en determinada estación.
- PAS: Pasajeros que estan esperando al trolebús.
- TPBP: Tiempo que tarda cierto número de pasajeros en bajar del trole.
- TIEMPO\_RESTA\_ESTAC: Tiempo restante que les queda a los pasajeros para subir al trole, luego que otro grupo de ellos a bajado del mismo.
- LIBRE TROLE: Número de puestos disponibles en el trolebús.
- PS1: Variable que guarda el valor LIBRE TROLE.
- TIEMPO PARA SUBIR: Tiempo que tardarían en subir los pasajeros al trole en función de los puestos libres.
- PS2: Número de pasajeros que pueden subir al trole en función de TIEMPO\_RESTA\_ESTAC.
- SUBEN1: Número de pasajeros que pueden subir al trole en función de PAS.
- SUBEN: Número de pasajeros que suben al trole en una estación específica.
- TPSP: Tiempo que tarda cierto número de pasajeros en subir del trole.
- TIEMPO EN ESTAC: Tiempo que tarda el trolebús en la estación.
- Salen de la Estacion: Número de pasajeros que salen de una estación en el trolebús.
- QUEDAN: Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otro trole.
- TOTAL BAJAN: Número total de pasajeros que bajan en una estación en un día.

- TOTAL SUBEN: Número total de pasajeros que suben en una estación en un día.
- nombre de la estación\_tet: Intervalos entre llegadas para una estación específico.
- Tiempo\_recorrido\_EH: Tiempo que tarda cada trolebús en llegar a la Hechicera una vez que ha salido de Ejido.
- Tiempo\_recorrido\_HE: Tiempo que tarda cada trolebús en llegar a Ejido una vez que ha salido de la Hechicera.
- Tiempo\_total\_recorrido: Tiempo que tarda el trolebús en dar una vuelta completa.
- Intervalo entre troles: Variable que especifica el tiempo en que será creada la entidad trolebús en el modelo.
- Trojo: Variable utilizada para hacer comparaciones con TNOW<sup>2</sup> y saber si la luz roja del semáforo que detiene al trole está encendida.
- Las variables S1, S2, S3 y S4 informan quien tiene el paso en una intersección semaforizada.

### 3.2.3. Parámetros

- Taquillas disponibles: 1 en la parada.
- Trolebuses disponibles: 45 unidades.
- Torniquetes disponibles: 2 (1 en la entrada y 1 en la salida).
- Capacidad del trolebús: 45 pasajeros sentados + 135 pasajeros parados = 180.
- Intervalo entre Troles: Especifica el tiempo en que serán creados los trolebuses en el modelo, en nuestro caso está fijado en 4 *min* o lo que es igual 240 *seg*.

---

<sup>2</sup> TNOW se define como el tiempo actual de la simulación.



- Tiempo de servicio del trolebús: de 20 a 40 *seg.*

### 3.2.4. Interacción entre los Componentes

Antes de explicar la interacción entre los componentes es necesario aclarar lo siguiente, las unidades salen por primera vez de la estación Terminal con un intervalo entre salidas de 240 seg entre una y otra, pero al completar una vuelta los trolebuses siguen su recorrido y el intervalo antes mencionado dependerá del número de detenciones que ocurran a lo largo de la vía. Lo anteriormente descrito adquiere dicho comportamiento ya que para el momento de realizar este proyecto se desconoce el mecanismo de control que regulará los intervalos entre los trolebuses entre las diferentes estaciones.

El punto de partida en el modelo se da cuando el trolebús sale del terminal de Ejido y hace su recorrido a través de las diferentes estaciones de la línea 1 del Sistema de Transporte Masivo, una vez que el trole llega a una estación los pasajeros que vienen en él proceden a bajar de la unidad y luego salen de la estación.

De la misma manera, en las estaciones se desarrollan una serie de acciones como:

- Entrada y salida de pasajeros a las estaciones.
- Una vez adentro, los pasajeros deciden si comprar o no el ticket y se presentan dos casos:
  - ✓ Si compran el boleto, primero llegan hasta la taquilla para realizar la compra y posteriormente se dirigen al torniquete de entrada para llegar al área de espera.
  - ✓ Si no compran el boleto, van directamente hasta el torniquete de entrada para así llegar al área de espera.

- Por último, los usuarios suben al trole luego que se halla completado el ciclo de bajada de pasajeros del mismo.

Cuando el trolebús sale de la estación para dirigirse hasta la siguiente, en el transcurso del viaje existen elementos de control de tráfico (semáforos), los que tienen cierto grado de importancia en cuanto a puntualidad para prestar el servicio de transporte, ya que estos pueden o no retrasar la unidad.

### 3.3. Descripción del Modelo Lógico

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la herramienta empleada para simular los distintos procesos que se llevan a cabo en el estudio que se realiza es ARENA de Rockell Software.

En tal sentido, a continuación presentamos una breve descripción de los módulos de ARENA utilizados en la simulación.

#### 3.3.1. Descripción de los módulos de ARENA

**CREATE:** Este módulo es el punto de partida de las entidades en un modelo de simulación. Se crean usando un horario o se basan en tiempos entre llegadas. Las entidades salen del módulo para comenzar a ser procesadas a través del sistema. El tipo de entidad se especifica en este módulo<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Esta sección fue extraída de [21]

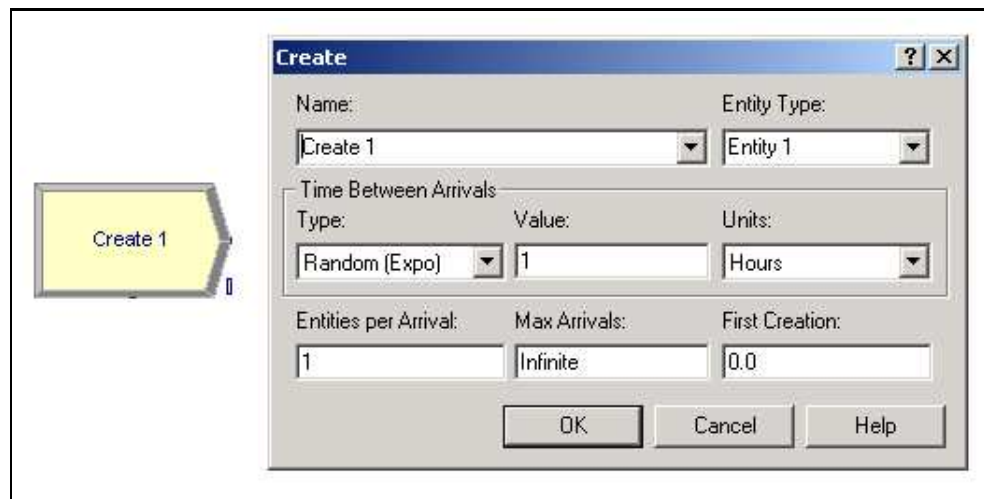


Figura 3.2: Módulo CREATE

**PROCESS:** Este módulo es previsto como el principal método de procesamiento en la simulación. Las opciones para capturar y liberar recursos están disponibles.

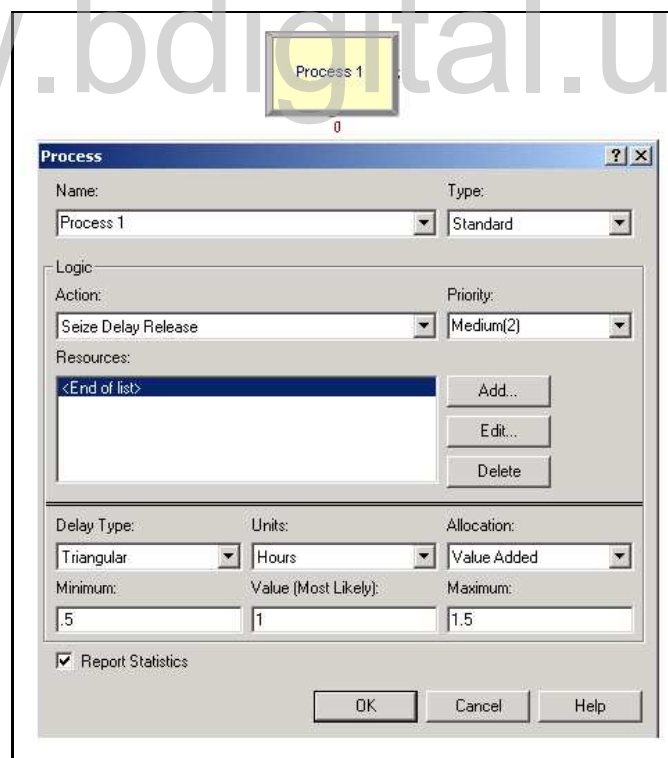


Figura 3.3: Módulo PROCESS

**DECIDE:** Este módulo permite procedimientos de toma de decisiones en el sistema. Incluye opciones para tomar las decisiones basadas en unas o más condiciones o basadas en una o más probabilidades (ejemplo, el 75 % verdad; el 25 % falso).

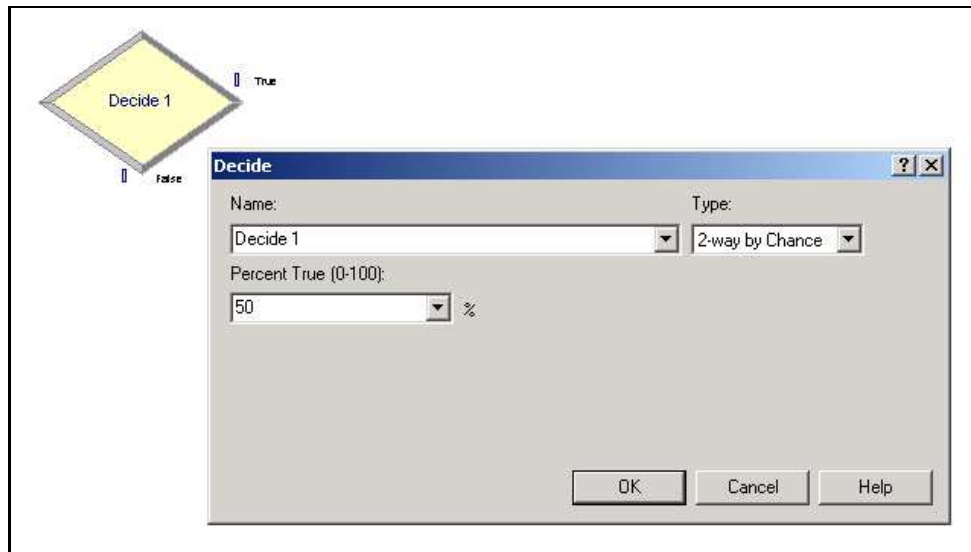


Figura 3.4: Módulo DECIDE

**ASSIGN:** Este módulo se utiliza para asignar nuevos valores a las variables, atributos a las entidades, tipos de la entidad u otras variables del sistema. Se pueden hacer múltiples asignaciones con un solo módulo assign.

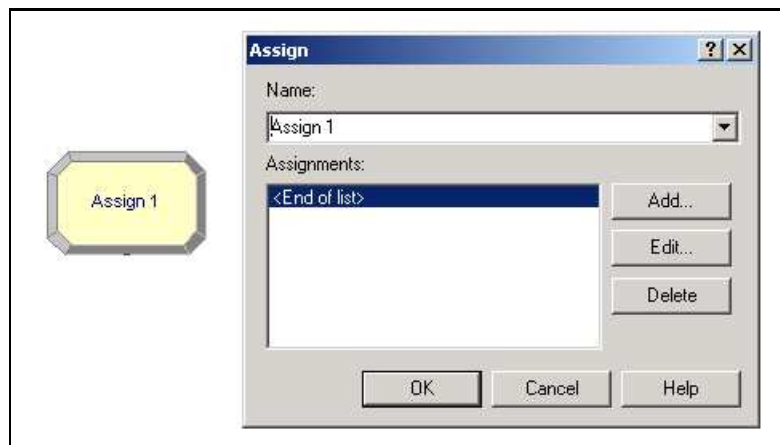


Figura 3.5: Módulo ASSING

**READWRITE:** El módulo ReadWrite se usa para leer los datos de un archivo de entrada o del teclado y asignar los valores de los datos a una lista de variables o atributos (u otra expresión). Este módulo también es usado para escribir datos a un dispositivo de salida, como la pantalla o un archivo.

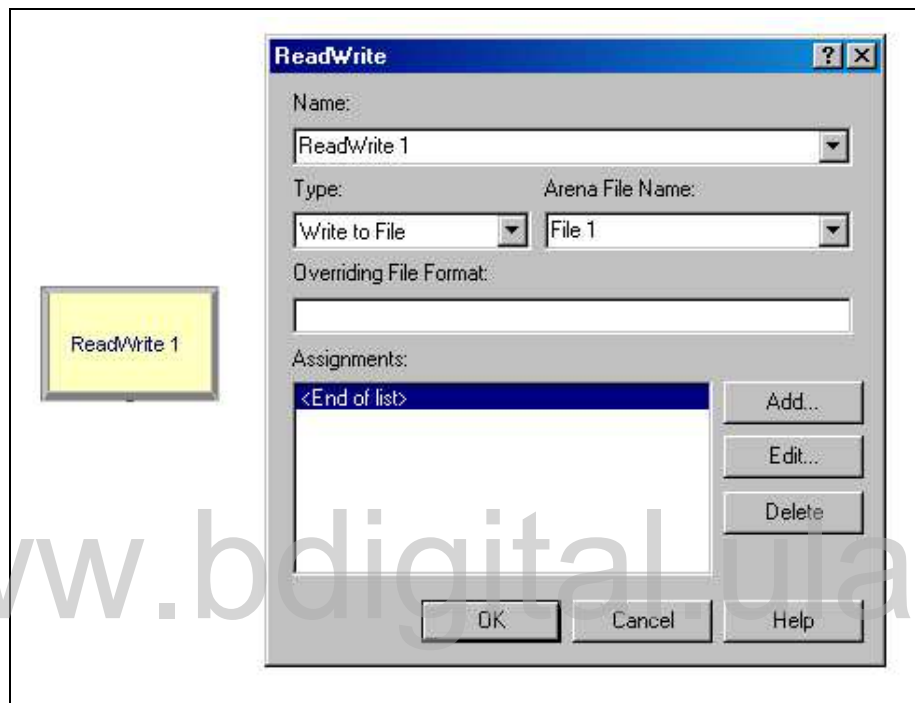


Figura 3.6: Módulo READWRITE

**DELAY:** El módulo delay retrasa una entidad por una cantidad de tiempo específico. Cuando una entidad llega al módulo delay, se evalúa la expresión de retraso y la entidad permanece en el módulo el período que resulta de dicha evaluación.

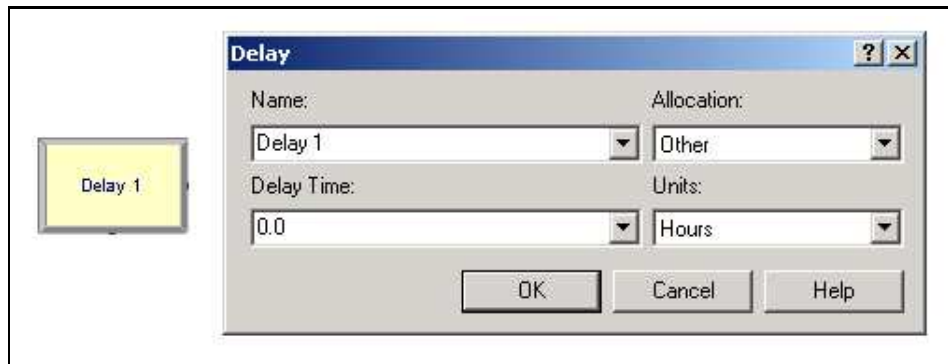


Figura 3.7: Módulo DELAY

**SCHEDULE:** Este módulo se puede utilizar conjuntamente con el módulo recurso para definir un horario de operación para un recurso o con el módulo create para definir un horario de llegadas. Además, un schedule puede ser utilizado para referenciar un factor de retraso basado en el tiempo de la simulación.

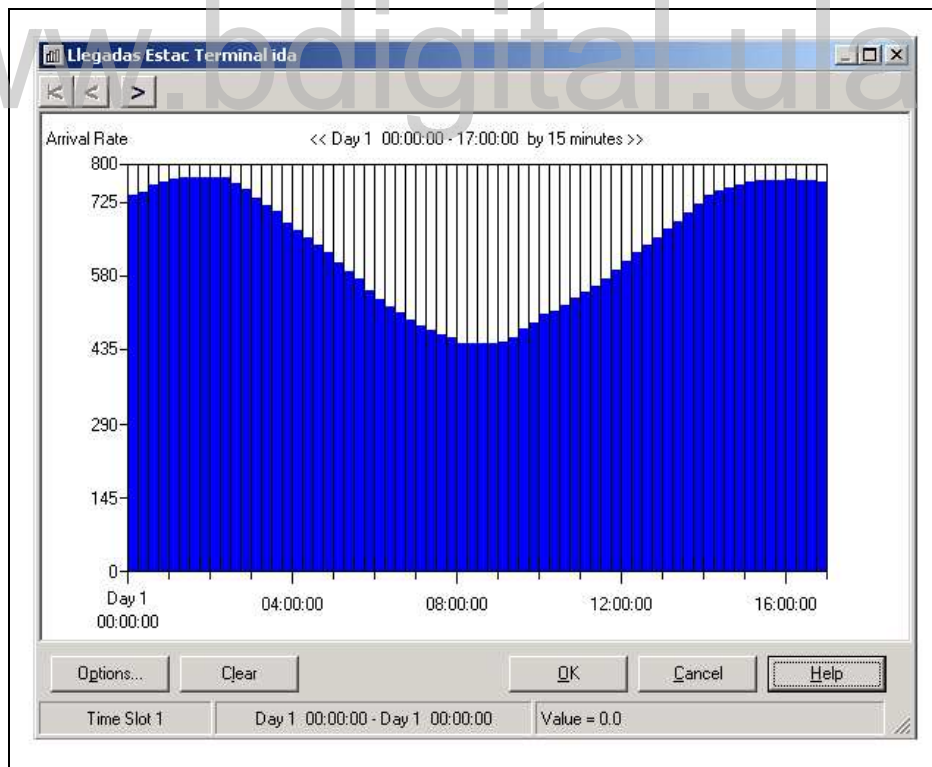


Figura 3.8: Módulo SCHEDULE

**HOLD:** Este módulo mantiene una entidad esperando por una señal en una cola, esperando que una condición específica se haga verdadera, o se mantenga infinitamente (para ser removida más adelante con el módulo del remove).

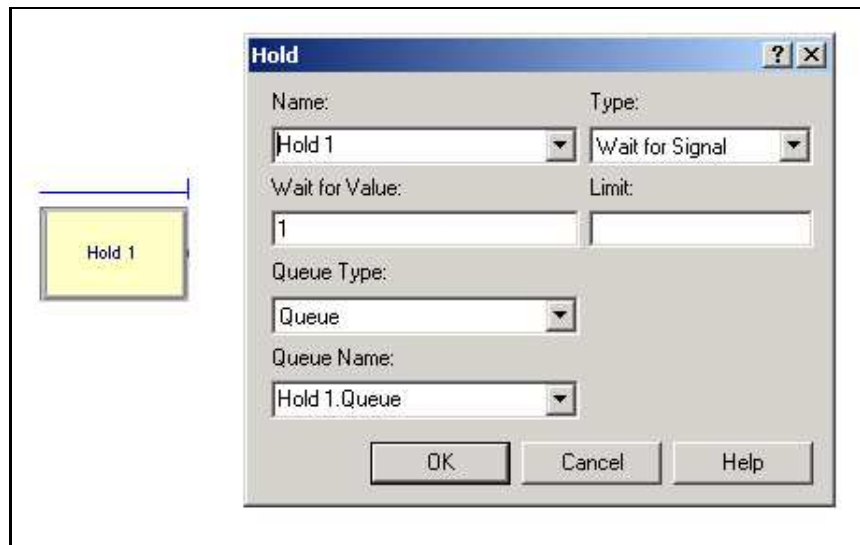


Figura 3.9: Módulo HOLD

**SIGNAL:** Este módulo envía un valor señal a cada módulo que está en espera en el modelo y libera un número máximo de entidades especificadas. Cuando una entidad llega al módulo signal, esta se evalúa y se envía el código de la señal.

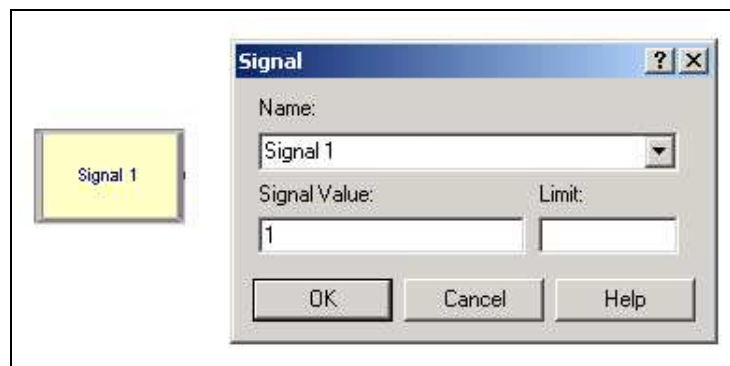


Figura 3.10: Módulo SIGNAL

**PICKUP:** El módulo pickup elimina un número de entidades consecutivas de una cola

dada que comienza en una posición específica en la cola.

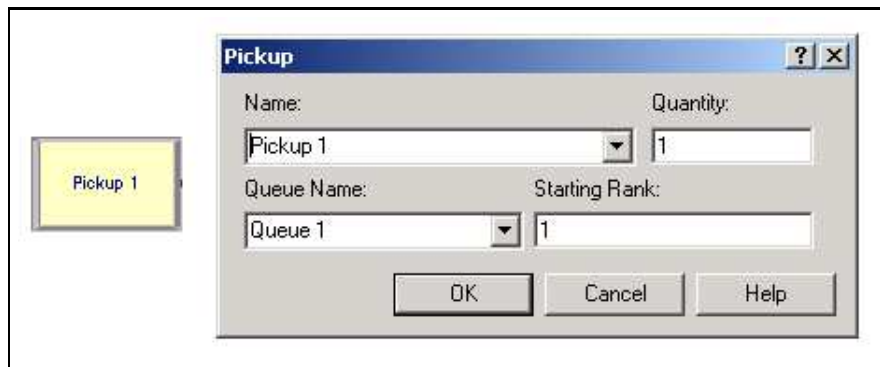


Figura 3.11: Módulo PICKUP

**ROUTE:** El módulo route transfiere una entidad a una estación especificada, o a la estación siguiente en la secuencia de visitas definida para la entidad. Puede ser definido el tiempo de retraso para transferir la entidad a la estación siguiente .

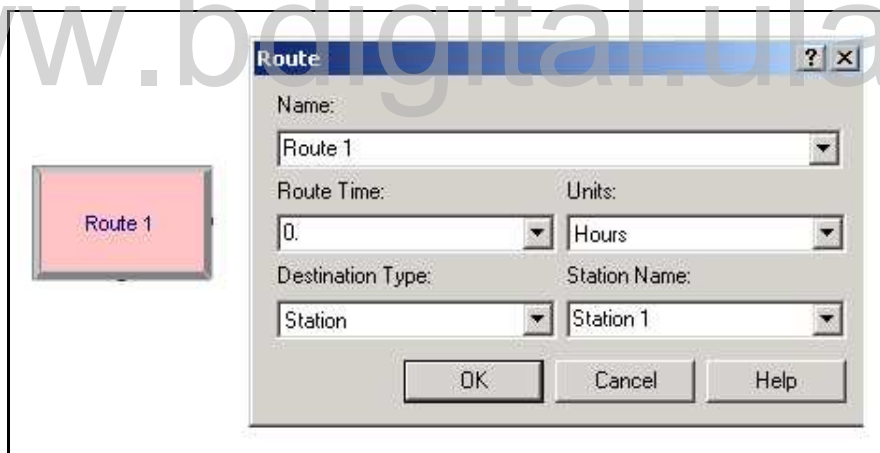


Figura 3.12: Módulo ROUTE

**STATION:** Este módulo define una estación (o un sistema de estaciones) que corresponde a una localización física o lógica en donde ocurre algún proceso. Si el módulo station define un sistema de estaciones, y éste está definiendo con eficacia tendremos múltiples localidades de procesamiento.



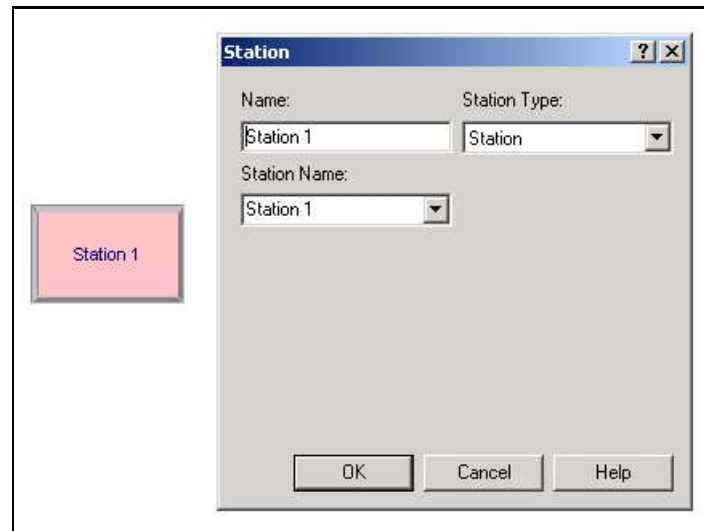


Figura 3.13: Módulo STATION

**VBA:** Cuando una entidad entra a un bloque de Visual Basic el control de la entidad es transmitido a un procedimiento, estos son creados en el editor de Visual Basic para cada bloque VBA. Una vez que el bloque ha sido ejecutado, la entidad permanece en el bloque hasta que necesite realizar otra tarea. El control de la entidad retorna al modelo y ésta continua procesandose.

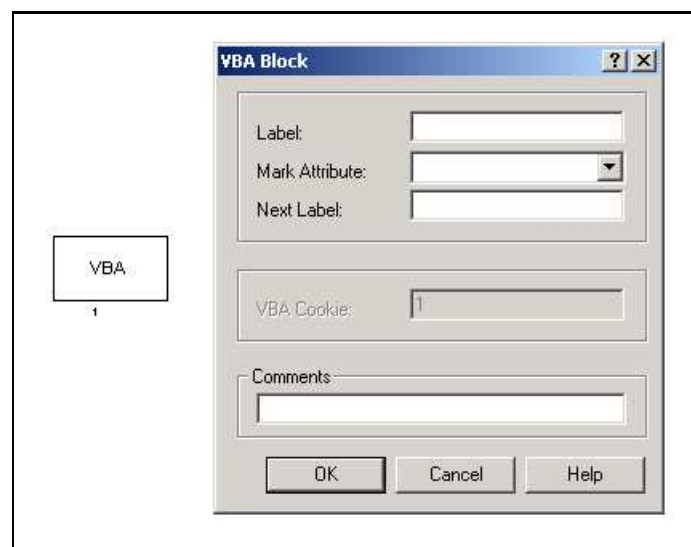


Figura 3.14: Módulo VBA

**QUEUE:** El bloque queue se utiliza para modelar un área de espera. Los bloques queue pueden tener una capacidad específica.

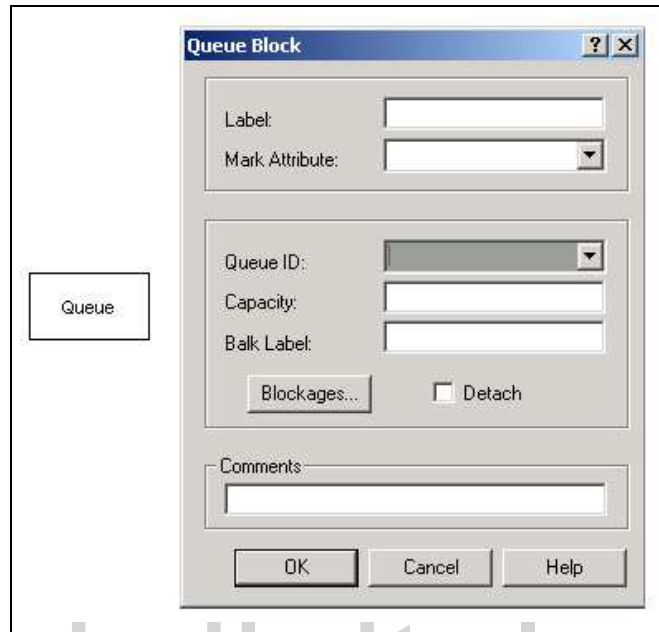


Figura 3.15: Módulo QUEUE

**DISPOSE:** Este módulo es el punto final para las entidades en un modelo de simulación. La estadística de la entidad puede ser registrada antes de que esta desaparezca.

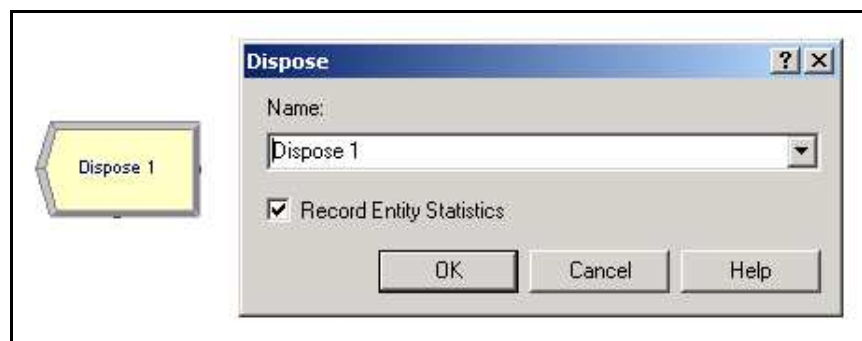


Figura 3.16: Módulo DISPOSE

### 3.4. Descripción del Modelo Formal

Nuestro sistema consta de un modelo principal donde se puede observar el movimiento del trolebús a través de las diferentes estaciones y, dos submodelos referidos a las estaciones y a los semáforos, en los cuales se ejecutan una serie de ordenes en secuencia lógica. Esta secuencia será explicada e ilustrada a continuación:

#### 3.4.1. Salida del Trolebús

La entidad *Trolebús* es creada de acuerdo a un intervalo de tiempo. Para efectos de nuestro estudio se ha inicializado una variable llamada *Intervalo entre Troles*<sup>4</sup> en 240 *seg.*



Figura 3.17: Salida de Trolebuses

#### 3.4.2. Submodelo de Estaciones

En la Figura 3.18 se crea la entidad *Pasajero* de acuerdo a un horario de llegada de los mismos (Schedule). Estos se dirigen al torniquete de entrada con un 60 % de probabilidad, mientras que el 40 % restante tiene que pasar por la taquilla a comprar su boleto.

En el submodelo de estaciones, el evento de mayor importancia ocurre cuando el trolebús llega a la estación, generando los siguientes sucesos:

<sup>4</sup> Este valor fue extraído de la tesis del Ingeniero Rubén Calderas

- Llegan a la Estacion\_2 Salen de la Estacion\_1
- $BAJAN\_2 = ANINT^5 (\text{SchedValue}(\text{Bajada Estac Pozo Hondo ida}) / (3600 / \text{Intervalo entre Troles}) + 0.5)$
- $PAS\_2 NQ^6 (\text{AREA DE ESPERA}_2)$
- $TPBP\_2 = BAJAN\_2 / 3$
- $TIEMPO\_RESTA\_ESTAC\_2 = 40 - TPBP\_2$
- $LIBRE TROLE\_2 = \text{Capacidad Trole} - \text{Llegan a la Estacion}_2 + BAJAN\_2$
- $PS1\_2 = LIBRE TROLE\_2$
- $TIEMPO PARA SUBIR\_2 = (PS1\_2 / 3) * (PS1\_2 \leq 120) + TIEMPO\_RESTA\_ESTAC\_2 * (PS1\_2 > 120)$
- $PS2\_2 = PS1\_2 * (PS1\_2 / 3 \leq TIEMPO\_RESTA\_ESTAC\_2) + TIEMPO\_RESTA\_ESTAC\_2 * 3 * (PS1\_2 / 3 > TIEMPO\_RESTA\_ESTAC\_2)$
- $SUBEN1\_2 = PAS\_2 * (PAS\_2 \leq LIBRE TROLE\_2) + LIBRE TROLE\_2 * (PAS\_2 > LIBRE TROLE\_2)$
- $SUBEN\_2 = MN^7 (PS2\_2, SUBEN1\_2)$
- $TPSP\_2 = SUBEN\_2 / 3$
- $TIEMPO EN ESTAC\_2 = MX^8 (20, TPSP\_2 + TPBP\_2)$
- $\text{Salen de la Estacion}_2 = \text{Capacidad Trole} - LIBRE TROLE\_2 + SUBEN\_2$
- $QUEDAN\_2 = PAS\_2 - SUBEN\_2$

---

<sup>5</sup> Redondea el valor obtenido hacia el entero inmediato superior.

<sup>6</sup> Toma el número de entidades que se encuentran en una cola.

<sup>7</sup> Toma el valor mínimo entre dos números.

<sup>8</sup> Toma el valor máximo entre dos números.

- $TOTAL\ BAJAN\_2 = TOTAL\ BAJAN\_2 + BAJAN\_2$
- $TOTAL\ SUBEN\_2 = TOTAL\ SUBEN\_2 + SUBEN\_2$
- $Tiempo\_recorrido\_EH = TNOW - Tiempo\_Salida\_Ejido$
- $Tiempo\_recorrido\_HE = TNOW - Tiempo\_Salida\_Hechicera$
- $Tiempo\_total\_recorrido = Tiempo\_recorrido\_EH + Tiempo\_recorrido\_EH$

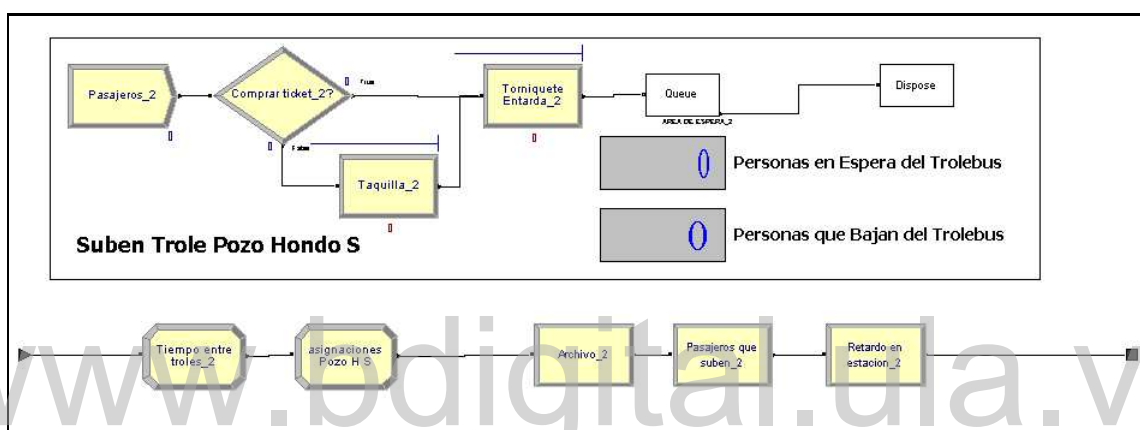


Figura 3.18: Submodelo de Estaciones

### 3.4.3. Submodelo de Semáforos

En este submodelo se presentan dos casos, el primero de ellos se refiere a las intersecciones que cuentan con cuatro semáforos y, el segundo caso se trata de las intersecciones con tres semáforos, ambos casos se ilustran en la Figura 3.19.

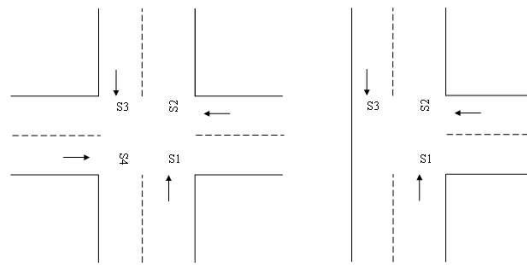


Figura 3.19: Intersección con cuatro y tres semáforos

En la Figura 3.20 se muestra el submodelo de semáforos, en el que es creada la entidad semáforo una vez que se inicia la simulación y seguidamente se realizan las siguientes ordenes:

➤ Trojo5 = TNOW<sup>9</sup>

➤ S1\_5 = 1

➤ S2\_5 = 0

➤ S3\_5 = 3

➤ S4\_5 = 2

Posteriormente estos valores son recalculados, lo que permitirá la secuencia de funcionamiento del semáforo.

Para finalizar, es conveniente mencionar que el movimiento entre las diferentes estaciones se realiza a través de una serie de enrutamientos, ver Figura 3.21, con un tiempo específico para cada tramo del recorrido, calculado a partir de las tablas III.2 y III.4 de la tesis del profesor Rubén Calderas. Para el cálculo de dichos tiempos fue utilizado el software Maple versión 6.0 en el que se aplica el método de interpolación de Hermite con el

<sup>9</sup> TNOW es el tiempo actual de la simulación.

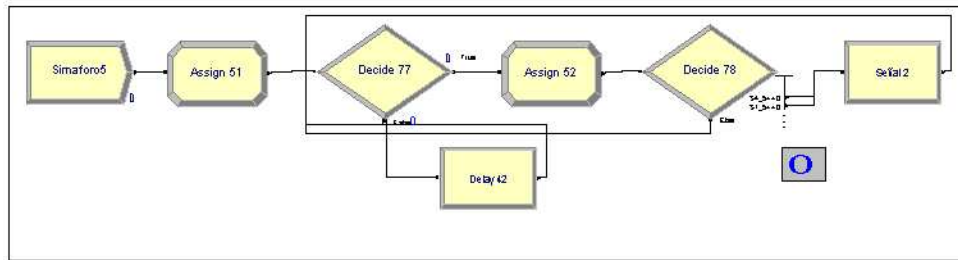


Figura 3.20: Submodelo de Semáforos

que es construido un polinomio de grado tres. A continuación será explicado un caso en particular:

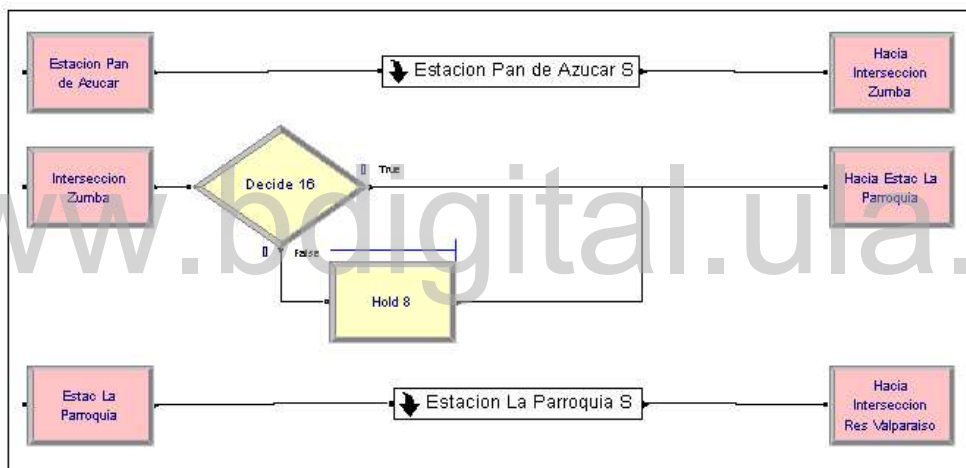


Figura 3.21: Movimiento entre Estaciones

Definimos las constantes y variables que usaremos en el cálculo.

$v_{max}$  : es la velocidad máxima en la ruta.

$v_1$  : es la velocidad alcanzada, partiendo de velocidad cero, cuando se aplica la aceleración  $a_1$  durante el tiempo  $t_1$ .

$a_1$  : es la aceleración de arranque del trole, se aplica durante el tiempo  $t_1$ , luego se disminuye hasta cero en el tiempo  $t_2$ .

$t_1$  : tiempo de aplicación de  $a_1$  sin variación, para alcanzar  $v_1$ .

$a_f$  : es la aceleración utilizada para frenar el trole.

$L$  : es la longitud del tramo.

Dicho lo anterior, sabemos que:

$$t_2 = t_2'$$

$$v_{max} = (7000/100) * (1000/3600)$$

$$a_1 = 1,5$$

$$a_f = -1,5$$

$$L = 500$$

Luego hacemos el siguiente cálculo:

$$v_1 = (4/5) * v_{max} \quad (3.1)$$

$$t_1 = v_1/a_1 \quad (3.2)$$

www.bdigital.ula.ve



Se crean dos matrices, una que involucra a  $t_{-1}$  hallado anteriormente en 3.2 y  $t_{-2}$ , en la siguiente matriz se incluyen  $v_{-1}$  calculada en 3.1,  $v_{max}$  y  $a_{-1}$ :

$t_{-2}$  : es el tiempo durante el cual la aceleración (que inicialmente es  $a_{-1}$ ) se disminuye hasta cero y se alcanza la velocidad máxima  $v_{max}$ .

De hacer esto obtenemos que la matriz “ $a$ ” depende de  $t_{-1}$  y  $t_{-2}$  y, la matriz “ $bb$ ” depende de  $v_{-1}$ ,  $v_{max}$  y  $a_{-1}$ .

$$a = \begin{bmatrix} 1115,2771 & 107,5445 & 10,3704 & 1 \\ t_{-2}^3 & t_{-2}^2 & t_{-2} & 1 \\ 322,6337 & 20,7407 & 1 & 0 \\ 3t_{-2}^2 & 2t_{-2} & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$bb = \begin{bmatrix} \frac{140}{9} & \frac{175}{9} & 1,5 & 0 \end{bmatrix}$$

Al efectuar el producto de las matrices anteriores, obtenemos una nueva matriz que contiene los coeficientes del polinomio de Hermite:

$$coeficientes = \begin{bmatrix} \frac{8*(1,5123*10^{17}-2,4305*10^{16}*t_{-2}+9,3750*10^{14}*t_{-2}^2)}{5,7829*10^{19}-2,2305*10^{19}*t_{-2}+3,2263*10^{18}*t_{-2}^2-2,0740*10^{17}*t_{-2}^3+5*t_{-2}^4}, \\ \frac{960*(1,5625*10^{13}*t_{-2}^3-3,0381*10^{14}*t_{-2}^2+1,5247*10^{16})}{5,7829*10^{19}-2,2305*10^{19}*t_{-2}+3,2263*10^{18}*t_{-2}^2-2,0740*10^{17}*t_{-2}^3+5*t_{-2}^4}, \\ \frac{24*t_{-2}*(-1,5123*10^{17}*t_{-2}+3,1250*10^{14}*t_{-2}^2+1,2198*10^{18})}{5,7829*10^{19}-2,2305*10^{19}*t_{-2}+3,2263*10^{18}*t_{-2}^2-2,0740*10^{17}*t_{-2}^3+5*t_{-2}^4}, \\ \frac{(4*10^{-8}*(-4,0329*10^{25}*t_{-2}^3+6,2500*10^{14}*t_{-2}^4+1,2024*10^{27}*t_{-2}^2+2,8111*10^{28}-1,0842*10^{28}*t_{-2}))}{5,7829*10^{19}-2,2305*10^{19}*t_{-2}+3,2263*10^{18}*t_{-2}^2-2,0740*10^{17}*t_{-2}^3+5*t_{-2}^4} \end{bmatrix}$$

Luego de resolver  $a * coeficientes = bb$ , el polinomio de interpolación resulta de la siguiente manera:

$$v_{-2} = coeficientes[1] * t_{-2}^3 + coeficientes[2] * t_{-2}^2 + coeficientes[3] * t_{-2} + coeficientes[4]$$

Donde  $coeficientes[i]$  corresponde a cada valor de la matriz. Como es de esperar, al

resolver el polinomio generado obtenemos tres raíces para el tiempo  $t_2$ , se debe tener cuidado, por que puede suceder que obtengamos raíces negativas e incluso complejas, de ocurrir esto tomamos la raíz que sea real y positiva para graficarla y observar el comportamiento de la curva. Después de encontrar el valor que mejor se ajuste al resultado deseado<sup>10</sup> continuamos con los cálculos para finalmente hallar el tiempo total de recorrido.

```
t_2 = tiempos[2] + t_1;
plot(v_2(t), t = t_1 .. t_2);
```

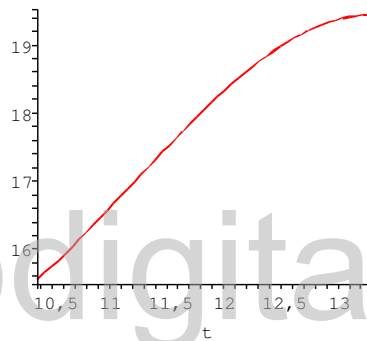


Figura 3.22: Variación de la velocidad

$$d_1 = (1/2) * a_1 * t_1^2;$$

$$d_2 = \text{int}(v_2(t), t = t_1 \dots t_2);$$

$$t_f = -v_{\text{max}}/a_f;$$

$$d_f = -(1/2) * a_f * t_f^2;$$

$$d_3 = L - (d_1 + d_2 + d_f);$$

<sup>10</sup> Una curva suave como la que se aprecia en la Figura 3.22, que representa el incremento de la velocidad en el movimiento del trolebús.

$$t_3 = d_3/v_{\max};$$

$$t_{\text{total}} = t_2 + t_3 + t_f;$$

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **Parte IV**

**Cuarta Parte**  
[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## Capítulo 4

# Simulación y Análisis Estadístico de las Salidas

Con respecto al capítulo 4, se realiza el análisis de los datos generados por las corridas de la simulación, recordemos que este modelo simula las 33 estaciones del trolebús en sentido Ejido - Hechicera y viceversa, esto genera una cantidad importante de datos en cada una de ellas, por este motivo se realizará el análisis solo en aquellas estaciones que sean consideradas con posibles problemas.

En cuanto a los escenarios planteados, se construyeron cinco de ellos, siendo analizado solo uno por razones de espacio. Los resultados de los escenarios restantes serán colocados al final de la tesis en forma de apéndice, acotando que para la interpretación de las tablas y gráficos se aplica la misma metodología para su respectivo análisis.

Cuando se dispone de un gran número de datos, el método mas común de resumirlos consiste en presentarlos en forma condensada, siendo la estadística la herramienta que permite emplear esquemas cuantitativos porcentuales, a través de la frecuencia absoluta y relativa en forma de porcentaje; este hecho ofrece la oportunidad de representar los datos en tablas y gráficos para obtener una mejor interpretación de los mismos. Por lo tanto, el

análisis anteriormente nombrado se llevará a cabo de esta manera.

## 4.1. Aspectos a Estudiar

De acuerdo a las características del problema planteado, es posible estudiar varios aspectos relacionados con el funcionamiento del Sistema de Transporte Masivo Trolebús, siendo de interés investigativo las siguientes variables:

- Tiempo entre troles.
- Pasajeros en espera en la estación.
- Pasajeros que bajan del trolebús.
- Pasajeros que suben al trolebús en la estación.
- Pasajeros que se quedan en la estación y esperan otra unidad.
- Pasajeros en la taquilla.
- Pasajeros en el torniquete de entrada.
- Tiempo de recorrido Ejido - Hechicera.
- Tiempo de recorrido Hechicera - Ejido.
- Tiempo total de recorrido.

Es importante mencionar que fueron generadas 30 réplicas para cada escenario, simulando el comportamiento del sistema por un tiempo de 61200 segundos equivalentes a 17 horas, lo cual representa un día de trabajo.

## 4.2. Identificación de los Escenarios de Simulación

Como se mencionó al principio del capítulo se desarrollaron cinco escenarios, cada uno con condiciones diferentes lo que nos permitirá estudiar las distintas situaciones planteadas.

### 4.2.1. Escenario 1: Tablas sube y baja creadas a partir de los datos suministrados por la tesis del Ing. Rubén Calderas

Los valores para las tablas sube y baja de pasajeros en las estaciones, fueron tomados de la tesis del Ing. Rubén Calderas (ver Tablas 4.1 y 4.2), con estos se elaboraron horarios de llegadas de pasajeros a las estaciones utilizando para ello el módulo de *Schedule* (en la Figura 4.1 se puede observar un ejemplo de lo anteriormente descrito). Por otra parte, para el Intervalo entre troles se utilizó el valor de 240 segundos (4 minutos) para la creación de los trolebuses.

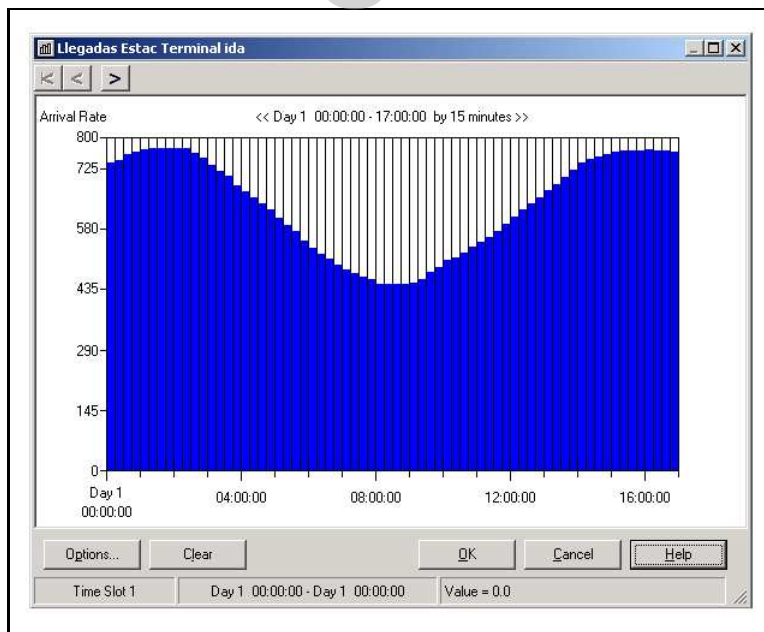


Figura 4.1: Ejemplo de un Schedule

Número	Nombre de la Estación	Pasajeros que Suben	Pasajeros que Bajan
1	Terminal	10.885	0
2	Pozo Hondo	5.400	41
3	Centenario	6.361	8
4	Montalban	3.968	1.511
5	Paradero Las Cruces	3.797	507
6	Pan de Azucar	1.751	492
7	La Parroquia	1.051	744
8	La Mara	6.096	5.370
9	Alto Chama	2.087	1.959
10	El Carrizal	1.077	2.226
11	Museo de Ciencias	432	2.054
12	Paradero Las Tapias	1.643	165
13	C.C. Las Tapias (Acuario)	3.431	2.187
14	San Antonio	576	1.653
15	Pie del Llano	4.537	6.839
16	Santa Juana	14.923	3.080
17	Soto Rosa	1.736	2.753
18	M. Mazzarello	7.215	108
19	Campo de Oro	7.157	3.300
20	Juan XXIII	3.489	953
21	Luis Ghersy	5.985	7.683
22	Facultad de Medicina	2.456	11.896
23	Liceo Libertador	602	674
24	Obispo Lora	2.992	14.243
25	Las Americas	2.992	1.487
26	Sor Juana Ines	5.847	6.419
27	Plaza de Toros	1.679	7.357
28	Albarregas	203	585
29	Domingo Salazar	203	5.525
30	Fundacite	0	250
31	La Hechicera	0	6.290
32	Los Chorros	0	2.066

Tabla 4.1: Tabla Sube y Baja de pasajeros sentido Ejido - Hechicera



Número	Nombre de la Estación	Pasajeros que Suben	Pasajeros que Bajan
1	La Hechicera	7.635	0
2	Los Chorros	871	10
3	Fundacite	240	276
4	Domingo Salazar	5.493	105
5	Albarregas	477	203
6	Plaza de Toros	7.427	1.619
7	Sor Juana Ines	6.537	5.849
8	Las Americas	1.497	2.309
9	Simon Bolívar	14.246	2.759
10	Liceo Libertador	673	601
11	Facultad de Medicina	11.916	2.476
12	Luis Ghersy	7.599	6.118
13	Juan XXIII	956	2.021
14	Campo de Oro	3.534	7.177
15	M. Mazzarello	103	7.291
16	Soto Rosa	2.730	2.450
17	Santa Juana	3.079	14.620
18	Pie del Llano	6.851	4.793
19	San Antonio	1.653	578
20	C.C. Las Tapias (Acuario)	2.821	3.432
21	Paradero Las Tapias	55	988
22	Museo de Ciencias	1.783	432
23	El Carrizal	1.238	3.554
24	Alto Chama	1.958	2.085
25	La Mara	5.639	5.729
26	La Parroquia	744	1.058
27	Pan de Azucar	492	1.751
28	Paradero Las Cruces	284	8.779
29	Montalban	1.573	144
30	Centenario	159	5.475
31	Pozo Hondo	10	12.905
32	Terminal	0	9.107

Tabla 4.2: Tabla Sube y Baja de pasajeros sentido Hechicera - Ejido

## 4.2.1.1. Análisis Estación Santa Juana

## ➤ Estación Santa Juana subiendo

## ✓ Tiempo entre troles

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9800	63,76	63,76
100	1381	72,75	8,99
200	953	78,95	6,20
300	1002	85,47	6,52
400	428	88,25	2,78
500	387	90,77	2,52
600	357	93,09	2,32
700	315	95,14	2,05
800	176	96,28	1,15
900	181	97,46	1,18
1000	141	98,38	0,92
1100	119	99,15	0,77
1200	68	99,60	0,44
1300	27	99,77	0,18
1400	2	99,79	0,01
1500	0	99,79	0
1600	0	99,79	0
1700	33	100	0,21
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.3: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo

En la Tabla 4.3, se observa que el 63,76 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 130,97 *seg* obteniendo una desviación estandar de 244,89 *seg*, con

un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 1627 segundos entre llegadas.

En la Figura 4.2, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

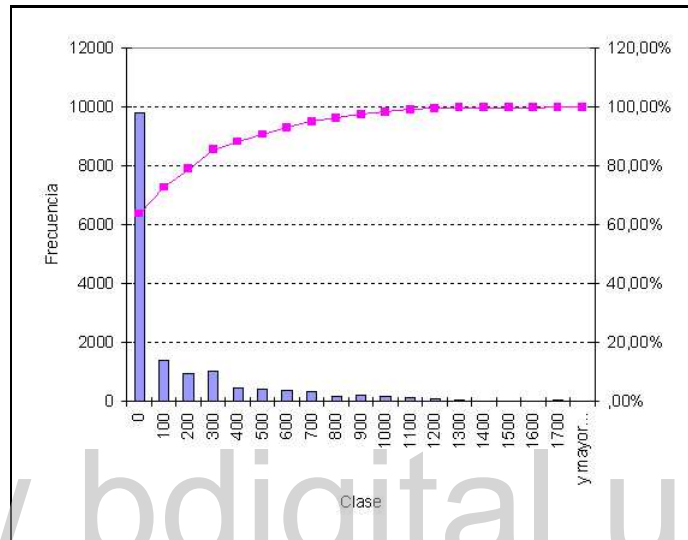


Figura 4.2: Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo

#### ✓ Pasajeros en el área de espera

En la Tabla 4.4, se observa que durante el tiempo de simulación el 51,40 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo central la cual esta diseñada para albergar de manera cómoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con 41  $m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, se puede señalar que ésta estación presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros en determinadas horas del día,<sup>1</sup> ya que en la tabla antes mencionada existen valores que reflejan esta premisa.

El problema antes descrito puede ser apreciado claramente en la Figura 4.3

<sup>1</sup> Generalmente se presentan problemas de espacio en esta estación en las horas pico.

donde es reflejada la cantidad de pasajeros que estarían esperando al trole.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7900	51,40	51,40
40	2214	65,80	14,40
80	1877	78,02	12,21
120	1017	84,63	6,62
160	830	90,03	5,40
200	517	93,40	3,36
240	245	94,99	1,59
280	144	95,93	0,94
320	93	96,53	0,61
360	77	97,03	0,50
400	66	97,46	0,43
440	106	98,15	0,69
480	128	98,99	0,83
520	91	99,58	0,59
560	37	99,82	0,24
600	23	99,97	0,15
640	5	100	0,03
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.4: Estadísticas cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo

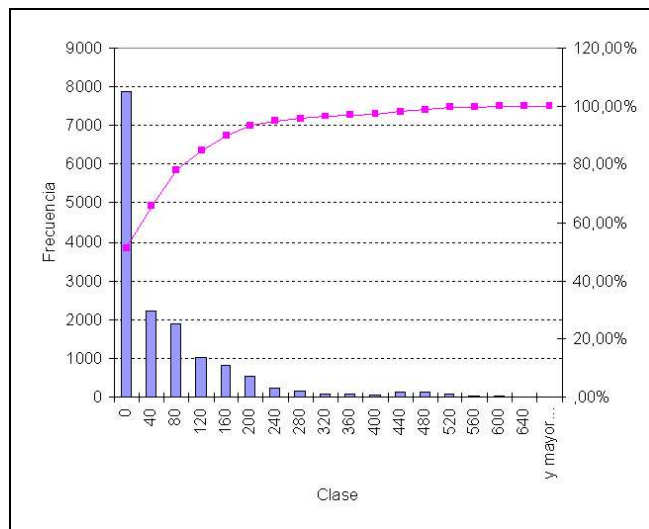


Figura 4.3: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.5, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que se bajan en la estación Santa Juana en sentido Ejido - Hechicera está por debajo de los 14 pasajeros, teniendo valores puntuales de hasta 18 usuarios que se bajan en esta parada.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
2	0	0	0
4	0	0	0
6	0	0	0
8	0	0	0
10	5218	33,95	33,95
12	2272	48,73	14,78
14	4360	77,10	28,37
16	2068	90,55	13,45
18	1452	100	9,45
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.5: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

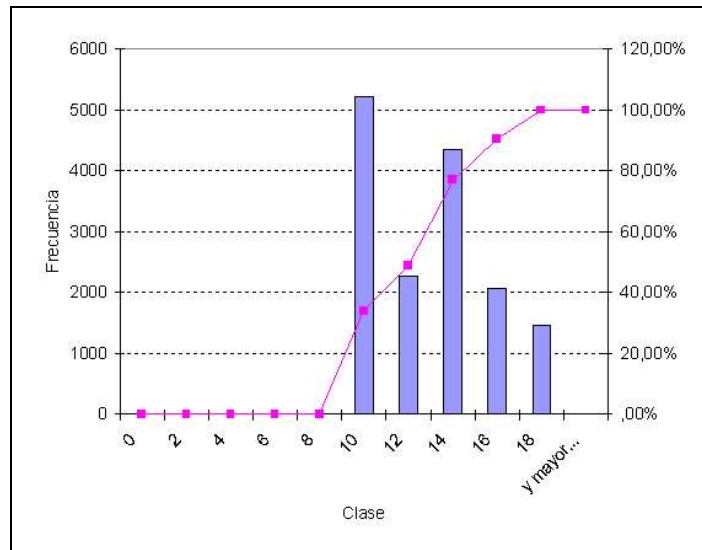


Figura 4.4: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.4, donde se

observa el comportamiento de bajada de pasajeros durante toda la simulación.

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.6, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 51,40 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y nueve pasajeros. Esto es debido a que el trole generalmente viene lleno y los pasajeros que bajan de él son pocos.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7900	51,40	51,40
10	206	52,74	1,34
20	777	57,79	5,06
30	974	64,13	6,34
40	540	67,64	3,51
50	588	71,47	3,83
60	498	74,71	3,24
70	453	77,66	2,95
80	420	80,39	2,73
90	301	82,35	1,96
100	258	84,03	1,68
110	2059	97,42	13,40
120	396	100	2,58
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.6: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

En la Figura 4.5, podemos observar tal comportamiento. Es importante resaltar que el número de usuarios que suben a la unidad depende de la afluencia de estos al área de espera. Como señalamos, la cantidad de pasajeros en dicha área por lo general es poca, en tal sentido es lógico el resultado obtenido para esta variable.

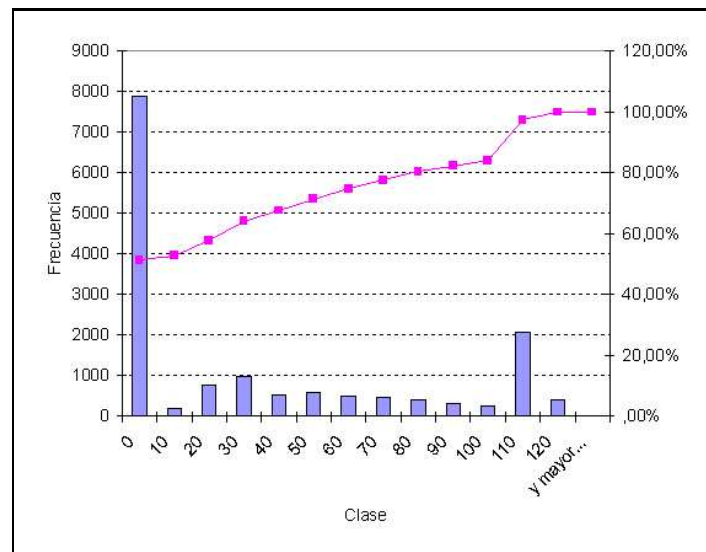


Figura 4.5: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

#### ✓ Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad

La Tabla 4.7, refleja que el 82,30 % de las veces los pasajeros que están esperando una unidad suben a ésta, lo que significa que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

De igual manera en la Figura 4.6 se observa el comportamiento anteriormente descrito, sin dejar de acotar que en ocasiones se queda un número importante de pasajeros. Esta situación provoca el congestionamiento en el área de espera en ciertas horas del día.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Recordar lo expuesto en la variable “Pasajeros en el área de espera”.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	12649	82,30	82,30
40	883	88,04	5,74
80	645	92,24	4,20
120	340	94,45	2,21
160	181	95,63	1,18
200	101	96,28	0,66
240	65	96,71	0,42
280	56	97,07	0,36
320	54	97,42	0,35
360	67	97,86	0,44
400	126	98,68	0,82
440	113	99,41	0,74
480	45	99,71	0,29
520	38	99,95	0,25
560	7	100	0,05
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.7: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

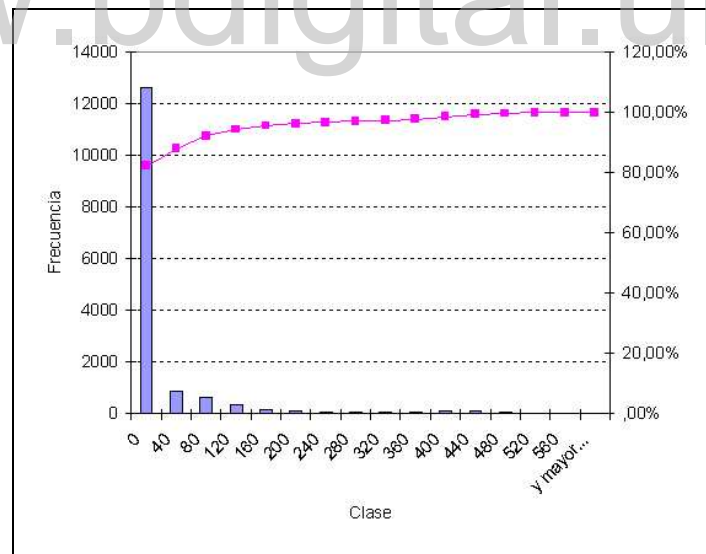


Figura 4.6: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

✓ **Pasajeros en la taquilla**



Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $691,57 \pm 76,27$  *seg* para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 3124,38 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio existirán  $67 \pm 7$  personas en la misma, con un valor mínimo de “0” hasta un máximo de 297 personas en cola.

✓ **Pasajeros en el torniquete de entrada**

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,44 \pm 0,11$  *seg* para hacer uso del torniquete, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 11,54 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 7 usuarios en cola.

➤ **Estación Santa Juana bajando**

✓ **Tiempo entre troles**

En la Tabla 4.8, se observa que el 47,34 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 134,72 *seg* obteniendo una desviación estandar de 253,42 *seg*, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 2041 segundos entre llegadas.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7065	47,34	47,34
100	3087	68,02	20,68
200	1136	75,63	7,61
300	1039	82,59	6,96
400	572	86,43	3,83
500	580	90,31	3,89
600	550	94,00	3,69
700	239	95,60	1,60
800	207	96,98	1,39
900	144	97,95	0,96
1000	73	98,44	0,49
1100	97	99,09	0,65
1200	46	99,40	0,31
1300	38	99,65	0,25
1400	13	99,74	0,09
1500	6	99,78	0,04
1600	0	99,78	0
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	33	100	0,22
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.8: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando

En la Figura 4.7, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

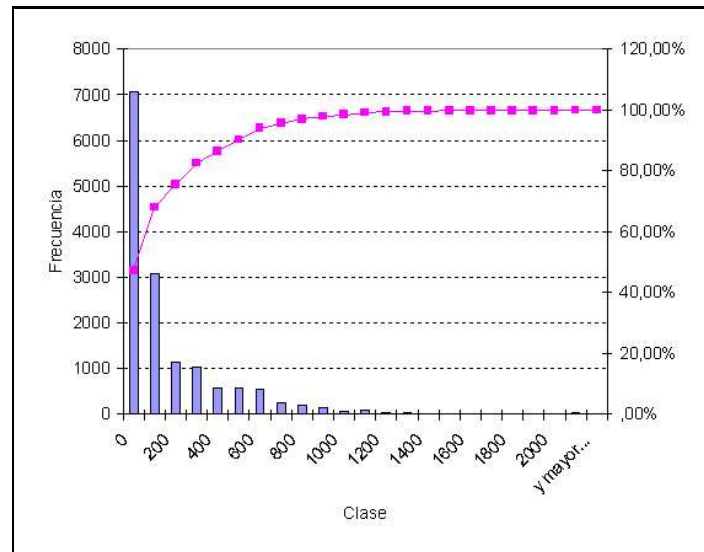


Figura 4.7: Tiempo entre trolés en la Estac. Santa Juana bajando

#### ✓ Pasajeros en el área de espera

En la Tabla 4.9, se observa que durante el tiempo de simulación el 58,85 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo central la cual está diseñada para albergar de manera cómoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con 41  $m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, se puede señalar que ésta estación presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, ya que la misma estará ocupada por los usuarios que se desplazan en ambos sentidos<sup>3</sup>, y en determinado momento la disponibilidad del espacio estará afectada por un gran número de estos.

En la Figura 4.8, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para ésta variable.

<sup>3</sup> Por ser una estación de tipo central contará con un área de espera en común para los pasajeros que circulan en sentido Ejido - Hechicera y viceversa.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8784	58,85	58,85
10	3151	79,97	21,11
20	1100	87,34	7,37
30	708	92,08	4,74
40	541	95,71	3,62
50	263	97,47	1,76
60	166	98,58	1,11
70	73	99,07	0,49
80	57	99,45	0,38
90	32	99,66	0,21
100	26	99,84	0,17
110	16	99,95	0,11
120	6	99,99	0,04
130	1	99,99	0,01
140	0	99,99	0
150	1	100	0,01
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.9: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando

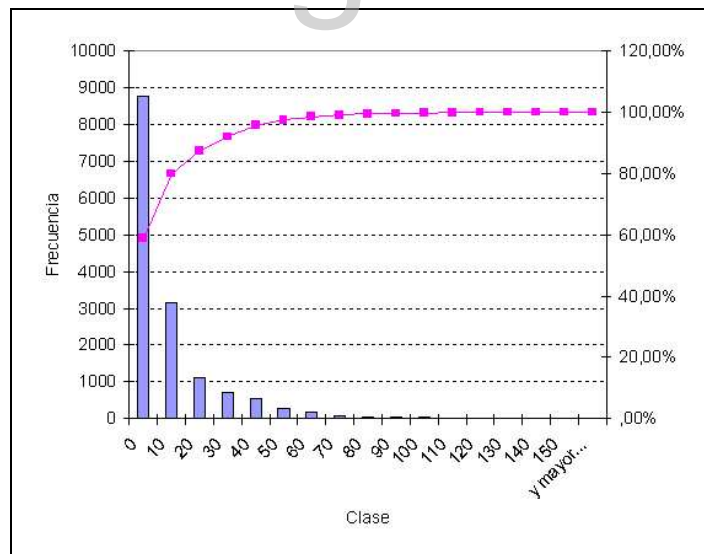


Figura 4.8: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.10, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que bajan en la estación Santa Juana en sentido Hechicera - Ejido está por debajo de 65 pasajeros, lo cual representa el 51,04 % del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	0	0
35	199	1,33	1,33
40	397	3,99	2,66
45	132	4,88	0,88
50	248	6,54	1,66
55	1287	15,16	8,62
60	5044	48,96	33,80
65	7618	100	51,04
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.10: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.9, donde se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros durante toda la simulación ocurre en el punto 65.

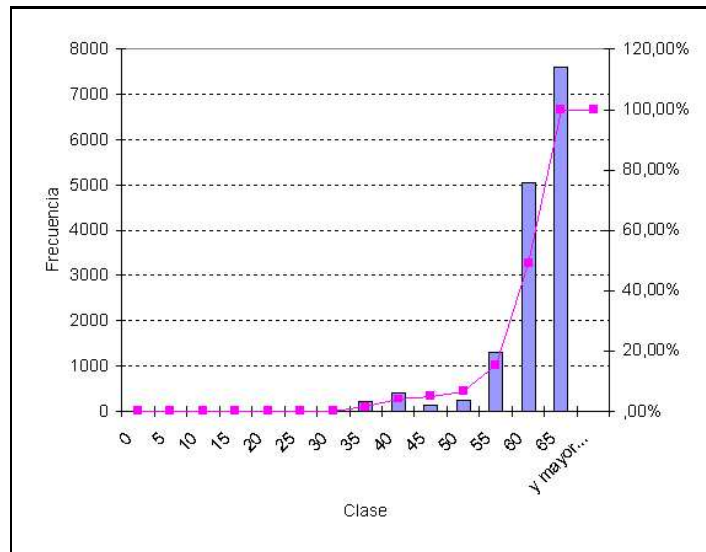


Figura 4.9: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.11, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 58,85 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y cuatro pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación Santa Juana en sentido Hechicera - Ejido es frecuentemente pequeña.

En la Figura 4.10, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8784	58,85	58,85
5	1912	71,66	12,81
10	1239	79,97	8,30
15	616	84,09	4,13
20	484	87,34	3,24
25	359	89,74	2,41
30	349	92,08	2,34
35	295	94,06	1,98
40	246	95,71	1,65
45	160	96,78	1,07
50	103	97,47	0,69
55	188	98,73	1,26
60	162	99,81	1,09
65	28	100	0,19
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.11: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

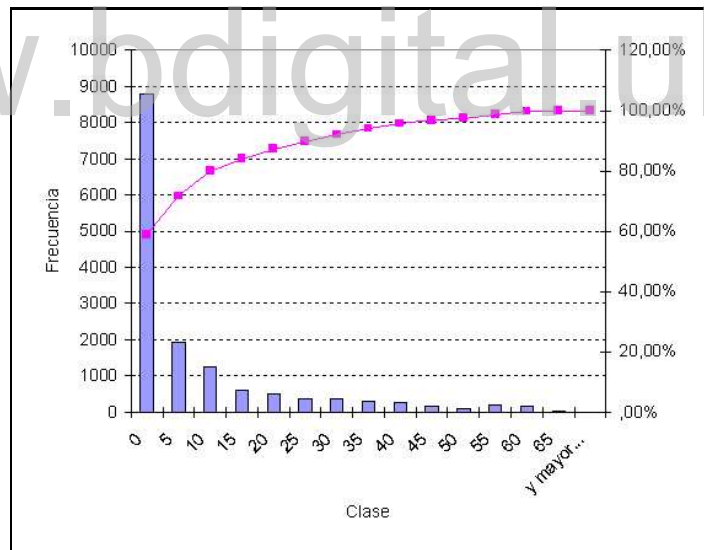


Figura 4.10: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

✓ **Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad**

La Tabla 4.12, refleja que el 98,41 % de las veces los pasajeros que están esperando una unidad suben a ésta, este resultado nos revela que generalmente la

mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	14687	98,41	98,41
10	85	98,97	0,57
20	49	99,30	0,33
30	41	99,58	0,27
40	31	99,79	0,21
50	19	99,91	0,13
60	9	99,97	0,06
70	2	99,99	0,01
80	1	99,99	0,01
90	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.12: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando

En al Figura 4.11, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con frecuencias bajas.

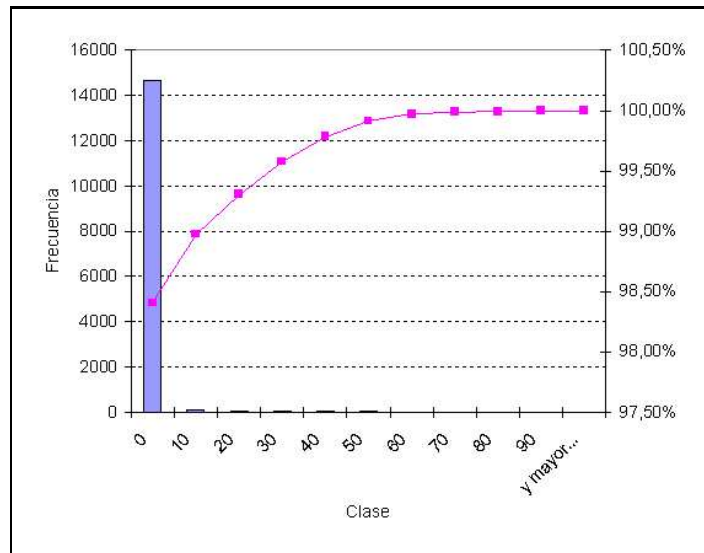


Figura 4.11: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando



✓ **Pasajeros en la taquilla**

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $3,31 \pm 0,18$  *seg* para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 162,63 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 11 personas en cola.

✓ **Pasajeros en el torniquete de entrada**

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,07 \pm 0$  *seg* para hacer uso del torniquete, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 4,27 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 3 usuarios en cola.

#### 4.2.1.2. Análisis Estación Facultad de Medicina

➤ **Estación Facultad de Medicina subiendo**

✓ **Tiempo entre troles**

En la Tabla 4.13, se observa que el 50,49 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7675	50,49	50,49
100	3036	70,47	19,97
200	909	76,45	5,98
300	919	82,49	6,05
400	665	86,87	4,38
500	646	91,12	4,25
600	408	93,80	2,68
700	294	95,74	1,93
800	210	97,12	1,38
900	153	98,13	1,01
1000	79	98,64	0,52
1100	104	99,33	0,68
1200	46	99,63	0,30
1300	20	99,76	0,13
1400	3	99,78	0,02
1500	0	99,78	0
1600	0	99,78	0
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	33	100,00	0,22
y mayor...	0	100	0

Tabla 4.13: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 130,86 *seg* obteniendo una desviación estandar de 246,58 *seg*, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 2079 segundos entre llegadas.

En la Figura 4.12, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

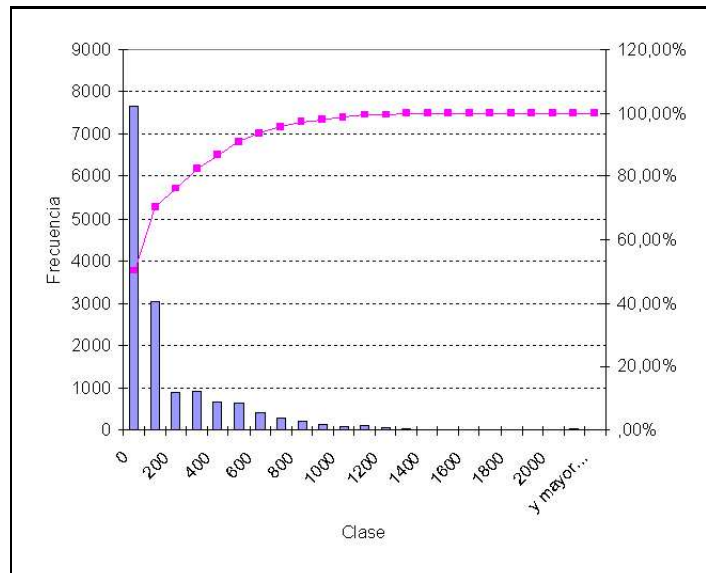


Figura 4.12: Tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

✓ **Pasajeros en el área de espera**

En la Tabla 4.14, se observa que durante el tiempo de simulación el 59,97 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo central la cual esta diseñada para albergar de manera comoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con 41  $m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, se puede señalar que ésta estación no presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, puesto que la misma estará ocupada por un máximo de 120 usuarios que se desplazan en sentido Ejido - Hechicera.

En la Figura 4.13, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para ésta variable.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9116	59,97	59,97
10	3211	81,10	21,13
20	1551	91,30	10,20
30	816	96,67	5,37
40	266	98,42	1,75
50	124	99,24	0,82
60	63	99,65	0,41
70	19	99,78	0,12
80	0	99,78	0
90	10	99,84	0,07
100	12	99,92	0,08
110	10	99,99	0,07
120	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.14: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

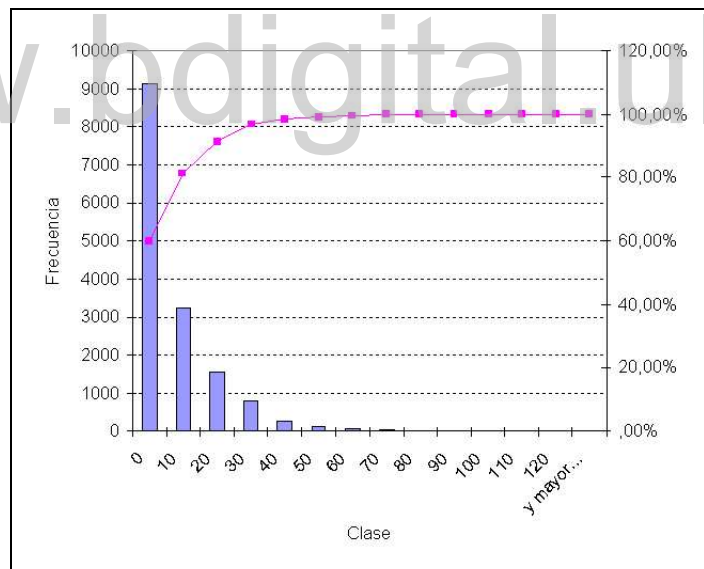


Figura 4.13: Pasajeros en espera en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.15, podemos observar que la cantidad de pasajeros que bajan en la estación Facultad de Medicina está distribuida generalmente de forma equitati-

va para los valores 40, 45 y 50 usuarios que bajan en la estación bajo estudio, dichos valores representan el 22,57 %, 21,41 % y 21,90 % respectivamente del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	0	0
35	0	0	0
40	3431	22,57	22,57
45	3254	43,94	21,41
50	3329	65,88	21,90
55	3176	86,78	20,89
60	2010	100,00	13,22
y mayor. ...	0	100,00	0

Tabla 4.15: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.14, donde se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros durante toda la simulación ocurre en el punto 40.

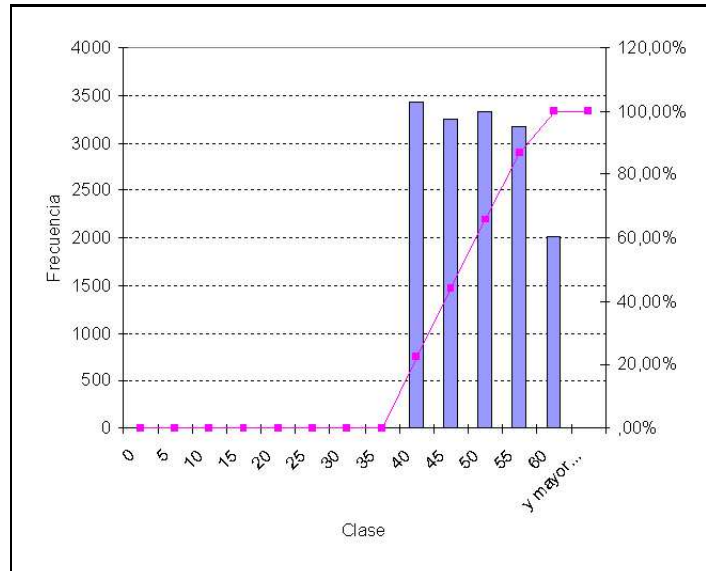


Figura 4.14: Pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.16, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 59,97 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y cuatro pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación Facultad de Medicina en sentido Ejido - Hechicera es frecuentemente pequeña.

Es importante resaltar que existen valores que no pueden ser despreciados en el resultado de la simulación.

En la Figura 4.15, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9116	59,97	59,97
5	2019	73,26	13,28
10	1192	81,10	7,84
15	849	86,68	5,59
20	702	91,30	4,62
25	495	94,56	3,26
30	321	96,67	2,11
35	163	97,74	1,07
40	103	98,42	0,68
45	72	98,89	0,47
50	53	99,24	0,35
55	84	99,80	0,55
60	14	99,89	0,09
65	9	99,95	0,06
70	8	100,00	0,05
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.16: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

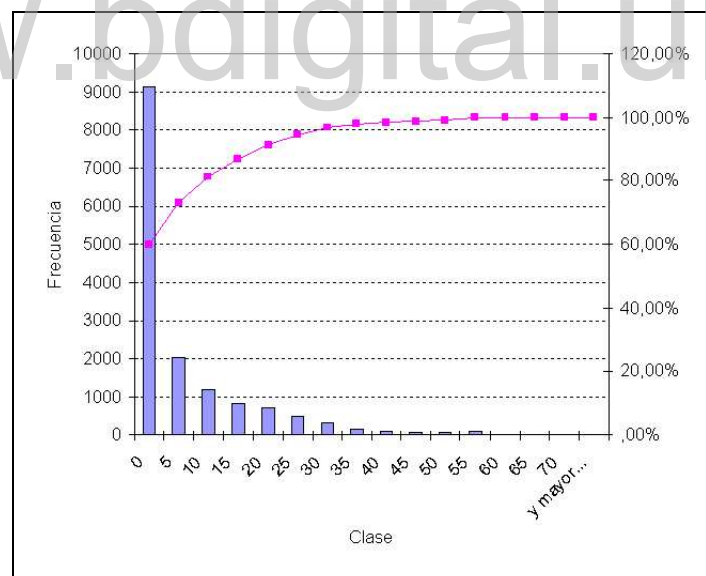


Figura 4.15: Pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

✓ **Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad**

La Tabla 4.17, refleja que el 99,70% de las veces los pasajeros que están es-

perando una unidad suben a ésta, el resultado obtenido nos revela que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	15154	99,70	99,70
5	9	99,76	0,06
10	0	99,76	0
15	3	99,78	0,02
20	1	99,78	0,01
25	0	99,78	0
30	2	99,80	0,01
35	4	99,82	0,03
40	10	99,89	0,07
45	4	99,91	0,03
50	7	99,96	0,05
55	3	99,98	0,02
60	2	99,99	0,01
65	1	100,00	0,01
y mayor. ...	0	100,00	0

Tabla 4.17: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo

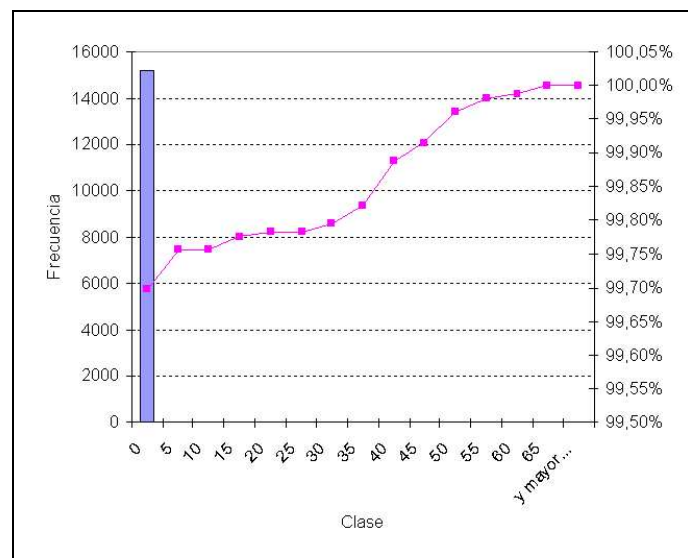


Figura 4.16: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina subiendo



En al Figura 4.16, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con frecuencias bajas.

✓ **Pasajeros en la taquilla**

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $1,95 \pm 0,11$  *seg* para ser servidos por este recurso, registrandose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 101,66 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 7 personas en cola.

✓ **Pasajeros en el torniquete de entrada**

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,05 \pm 0$  *seg* para hacer uso del torniquete, registrandose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 4,03 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 3 usuarios en cola.

➤ **Estación Facultad de Medicina bajando**

✓ **Tiempo entre troles**

En la Tabla 4.18, se observa que el 48,04 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7271	48,04	48,04
100	3488	71,09	23,05
200	1156	78,73	7,64
300	764	83,78	5,05
400	522	87,23	3,45
500	465	90,30	3,07
600	528	93,79	3,49
700	250	95,44	1,65
800	198	96,75	1,31
900	169	97,87	1,12
1000	113	98,61	0,75
1100	77	99,12	0,51
1200	57	99,50	0,38
1300	28	99,68	0,19
1400	13	99,77	0,09
1500	2	99,78	0,01
1600	0	99,78	0
1700	33	100,00	0,22
y mayor. ...	0	100,00	0

Tabla 4.18: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Facultad de Medicina bajando

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 133,26 *seg* obteniendo una desviación estandar de 244,25 *seg*, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 1680 segundos entre llegadas.

En la Figura 4.17, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

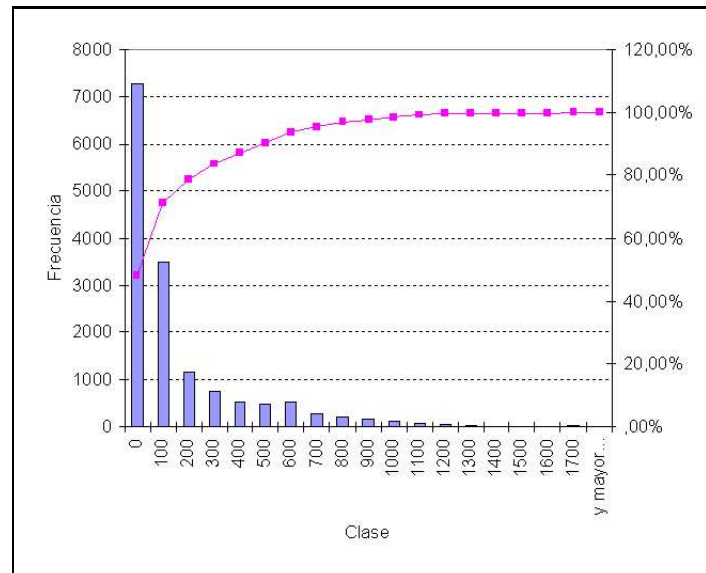


Figura 4.17: Tiempo entre trolés en la Estac. Facultad de Medicina bajando

#### ✓ Pasajeros en el área de espera

En la Tabla 4.19, se observa que durante el tiempo de simulación el 42,70 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo central la cual esta diseñada para albergar de manera cómoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con 41  $m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, la estación bajo estudio presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, puesto que la misma estará ocupada por un máximo de 380 usuarios en determinadas horas del día.

La cantidad de pasajeros mencionada en el párrafo anterior es mayor debido a que deben considerarse los usuarios que se desplazan en sentido Ejido - Hechicera.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6462	42,70	42,70
20	3356	64,87	22,18
40	1402	74,14	9,26
60	924	80,24	6,11
80	645	84,51	4,26
100	493	87,76	3,26
120	392	90,35	2,59
140	356	92,71	2,35
160	296	94,66	1,96
180	233	96,20	1,54
200	190	97,46	1,26
220	133	98,33	0,88
240	82	98,88	0,54
260	59	99,27	0,39
280	39	99,52	0,26
300	39	99,78	0,26
320	17	99,89	0,11
340	7	99,94	0,05
360	7	99,99	0,05
380	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.19: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando

En la Figura 4.18, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para ésta variable.

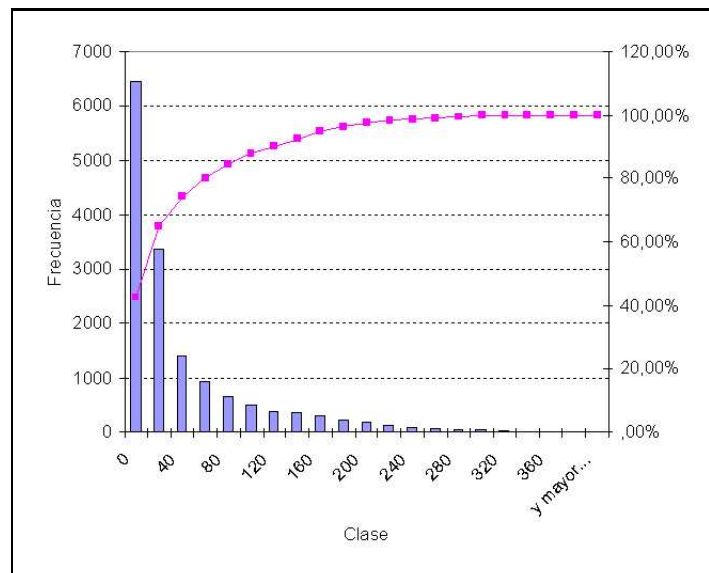


Figura 4.18: Pasajeros en espera en la Estac. Facultad de Medicina bajando

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.20, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que bajan en la estación Facultad de Medicina en sentido Hechicera - Ejido está por debajo de 14 pasajeros, lo cual representa el 26,17 % del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
2	649	4,29	4,29
4	563	8,01	3,72
6	307	10,04	2,03
8	3004	29,89	19,85
10	1838	42,03	12,14
12	2539	58,81	16,78
14	3961	84,98	26,17
16	2273	100,00	15,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.20: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina bajando

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.19, don-

de se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros durante toda la simulación ocurre en el punto 14.

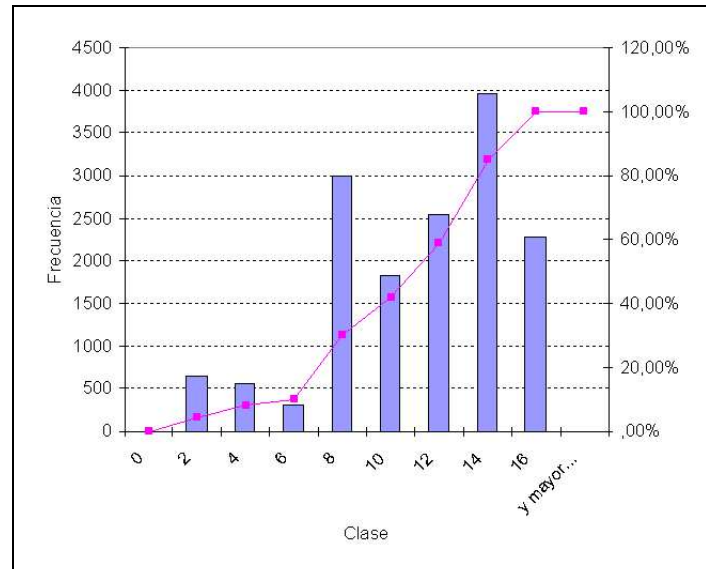


Figura 4.19: Pasajeros que bajan en la Estac. Facultad de Medicina bajando

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.21, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 42,70 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y nueve pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación Facultad de Medicina en sentido Hechicera - Ejido es frecuentemente pequeña.

Es importante resaltar que existen valores que no pueden ser despreciados en el resultado de la simulación.

En la Figura 4.20, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito, en la cual, el punto cero contiene la mayor frecuencia.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6462	42,70	42,70
10	1931	55,46	12,76
20	1716	66,80	11,34
30	776	71,92	5,13
40	543	75,51	3,59
50	459	78,54	3,03
60	400	81,19	2,64
70	330	83,37	2,18
80	273	85,17	1,80
90	243	86,78	1,61
100	227	88,28	1,50
110	1332	97,08	8,80
120	442	100,00	2,92
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.21: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina bajando

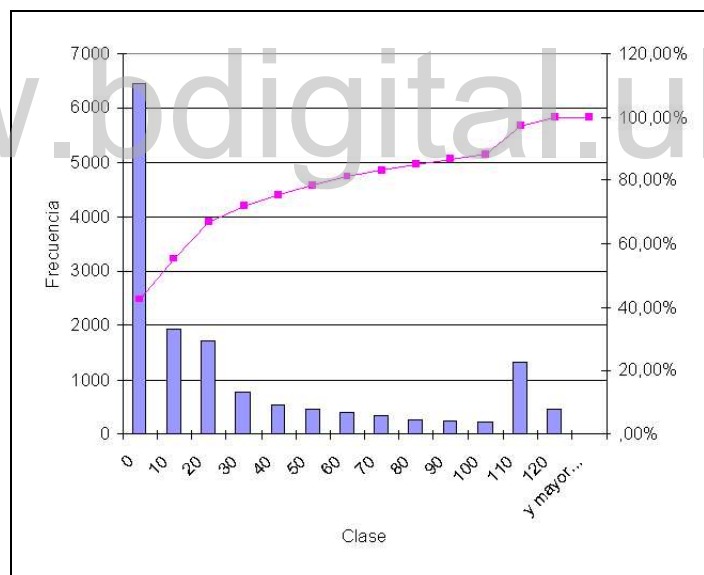


Figura 4.20: Pasajeros que suben en la Estac. Facultad de Medicina bajando

✓ **Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad**

La Tabla 4.22, refleja que el 87,27 % de las veces los pasajeros que están esperando una unidad suben a ésta, el resultado obtenido nos revela que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13270	87,27	87,27
20	385	89,81	2,54
40	421	92,59	2,78
60	325	94,74	2,15
80	233	96,28	1,54
100	200	97,60	1,32
120	112	98,34	0,74
140	100	99,00	0,66
160	53	99,35	0,35
180	41	99,62	0,27
200	25	99,79	0,17
220	16	99,89	0,11
240	8	99,95	0,05
260	7	99,99	0,05
280	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.22: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando

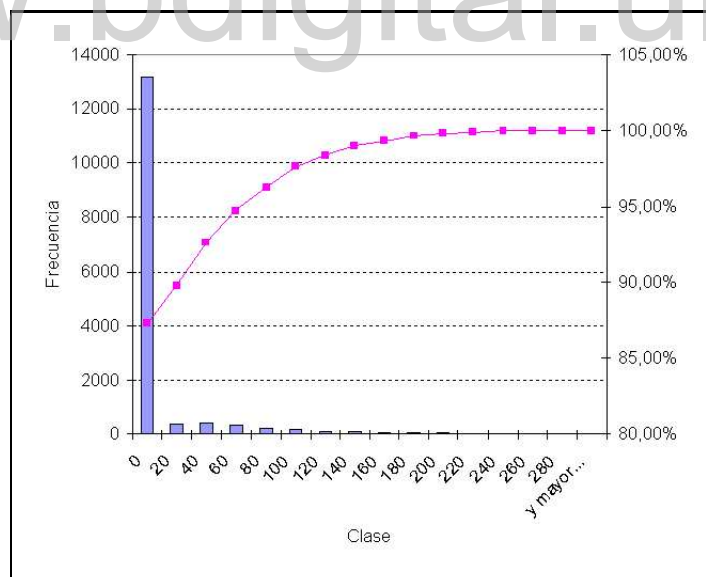


Figura 4.21: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Facultad de Medicina bajando



En la Figura 4.21, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con frecuencias bajas en relación a la de mayor ocurrencia.

✓ **Pasajeros en la taquilla**

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $207,77 \pm 29,70$  seg para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 1636,61 seg. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio existirán  $16 \pm 2$  personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 153 personas en cola.

✓ **Pasajeros en el torniquete de entrada**

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,38 \pm 0$  seg para hacer uso del torniquete, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 9,92 seg. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 7 usuarios en cola.

#### 4.2.1.3. Análisis Estación Obispo Lora

➤ **Estación Estación Obispo Lora**

✓ **Tiempo entre troles**

En la Tabla 4.23, se observa que el 58,11 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son

detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8833	58,11	58,11
100	1858	70,34	12,22
200	1276	78,73	8,39
300	703	83,36	4,62
400	519	86,77	3,41
500	495	90,03	3,26
600	548	93,63	3,61
700	314	95,70	2,07
800	101	96,36	0,66
900	244	97,97	1,61
1000	108	98,68	0,71
1100	97	99,32	0,64
1200	48	99,63	0,32
1300	20	99,76	0,13
1400	3	99,78	0,02
1500	0	99,78	0
1600	0	99,78	0
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	0	99,78	0
2200	0	99,78	0
2300	33	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.23: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 131,27 *seg* obteniendo una desviación estandar de 252,57 *seg*, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 2283 segundos entre llegadas.

En la Figura 4.22, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

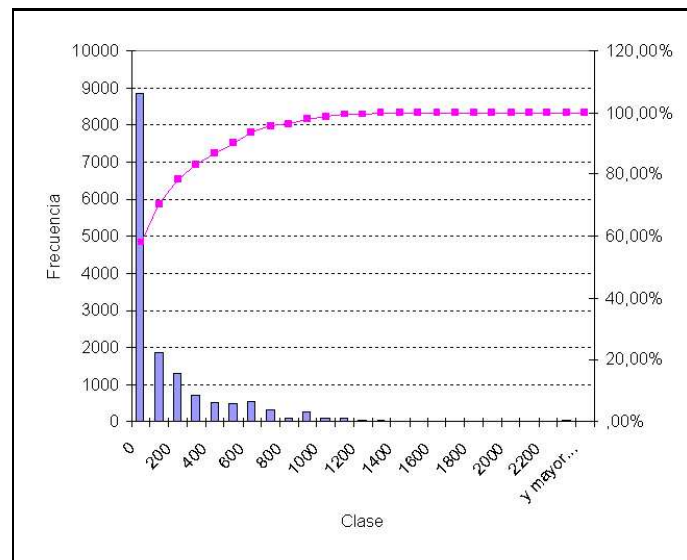


Figura 4.22: Tiempo entre trolés en la Estac. Obispo Lora

#### ✓ Pasajeros en el área de espera

En la Tabla 4.24, se observa que durante el tiempo de simulación el 61,65 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo lateral<sup>4</sup> la cual está diseñada para albergar de manera cómoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con  $27 m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, la estación bajo estudio no presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, puesto que la misma estará ocupada por un máximo de 120 usuarios en determinadas horas del día.

En la Figura 4.23, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para esta variable.

<sup>4</sup> La estación bajo estudio opera en sentido Ejido - Hechicera.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9371	61,65	61,65
10	2620	78,89	17,24
20	1334	87,66	8,78
30	975	94,08	6,41
40	486	97,28	3,20
50	176	98,43	1,16
60	103	99,11	0,68
70	52	99,45	0,34
80	22	99,60	0,14
90	16	99,70	0,11
100	10	99,77	0,07
110	3	99,79	0,02
120	2	99,80	0,01
130	8	99,86	0,05
140	12	99,93	0,08
150	8	99,99	0,05
160	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.24: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora

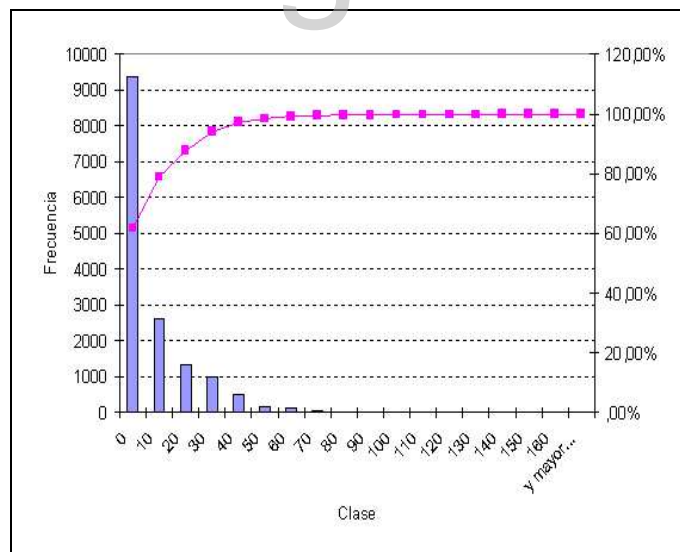


Figura 4.23: Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.25, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que bajan en la estación Obispo Lora está por debajo de 60 pasajeros, lo cual representa el 34,38 % del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	0	0
35	0	0	0
40	0	0	0
45	0	0	0
50	3091	20,34	20,34
55	3363	42,46	22,13
60	5225	76,84	34,38
65	3521	100,00	23,16
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.25: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

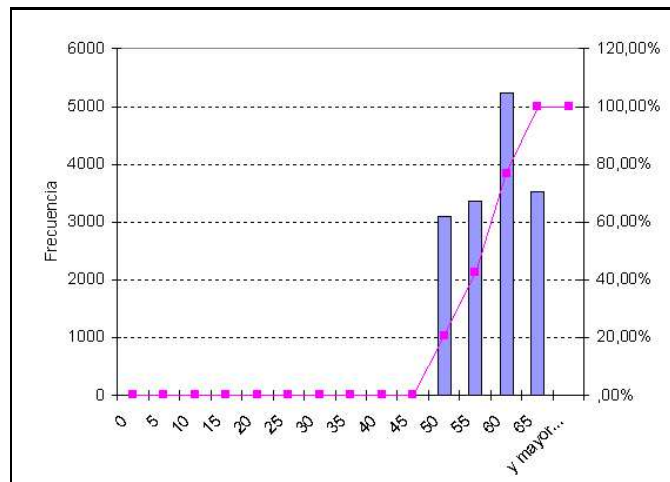


Figura 4.24: Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.24, donde se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros ocurre en el punto 60.

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.26, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 61,65 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y cuatro pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación Obispo Lora es frecuentemente pequeña.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9371	61,65	61,65
5	1478	71,38	9,72
10	1142	78,89	7,51
15	708	83,55	4,66
20	626	87,66	4,12
25	532	91,16	3,50
30	443	94,08	2,91
35	306	96,09	2,01
40	180	97,28	1,18
45	106	97,97	0,70
50	70	98,43	0,46
55	61	98,84	0,40
60	158	99,88	1,04
65	19	100,00	0,12
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.26: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

En la Figura 4.25, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito, en la cual, el punto cero contiene la mayor frecuencia.

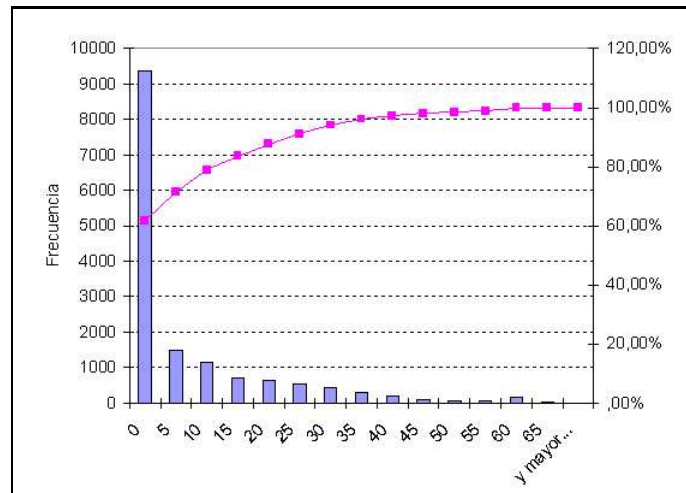


Figura 4.25: Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

✓ **Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad**

La Tabla 4.27, refleja que el 99,18 % de las veces los pasajeros que están esperando una unidad suben a ésta, el resultado obtenido nos revela que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

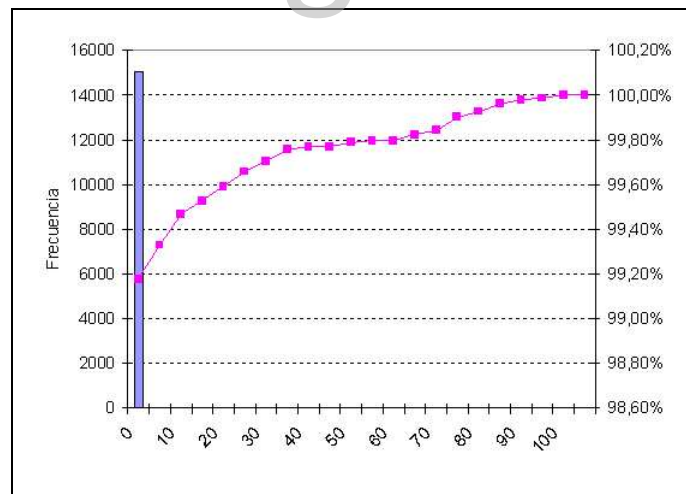


Figura 4.26: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

En al Figura 4.26, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con fre-

cuencias bajas en relación a la de mayor ocurrencia.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	15075	99,18	99,18
5	23	99,33	0,15
10	21	99,47	0,14
15	9	99,53	0,06
20	10	99,59	0,07
25	10	99,66	0,07
30	7	99,70	0,05
35	8	99,76	0,05
40	2	99,77	0,01
45	0	99,77	0
50	3	99,79	0,02
55	1	99,80	0,01
60	0	99,80	0
65	4	99,82	0,03
70	3	99,84	0,02
75	9	99,90	0,06
80	4	99,93	0,03
85	5	99,96	0,03
90	3	99,98	0,02
95	1	99,99	0,01
100	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.27: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

#### ✓ Pasajeros en la taquilla

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $2,61 \pm 0,11$  seg para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 98,28 seg. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 5 personas en cola.

#### ✓ Pasajeros en el torniquete de entrada



El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,06 \pm 0$  seg para hacer uso del torniquete, registrandose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 3,88 seg. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 3 usuarios en cola.

#### 4.2.1.4. Análisis Estación Simón Bolívar

##### ➤ Estación Simón Bolívar

##### ✓ Tiempo entre troles

En la Tabla 4.28, se observa que el 57,93 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 99 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 132,92 seg obteniendo una desviación estandar de 243,61 seg, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 1486 segundos entre llegadas.

En la Figura 4.27, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8767	57,93	57,93
100	1796	69,80	11,87
200	1193	77,68	7,88
300	949	83,95	6,27
400	501	87,26	3,31
500	431	90,11	2,85
600	537	93,66	3,55
700	233	95,20	1,54
800	167	96,30	1,10
900	178	97,48	1,18
1000	190	98,73	1,26
1100	43	99,02	0,28
1200	80	99,54	0,53
1300	26	99,72	0,17
1400	8	99,77	0,05
1500	35	100,00	0,23
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.28: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

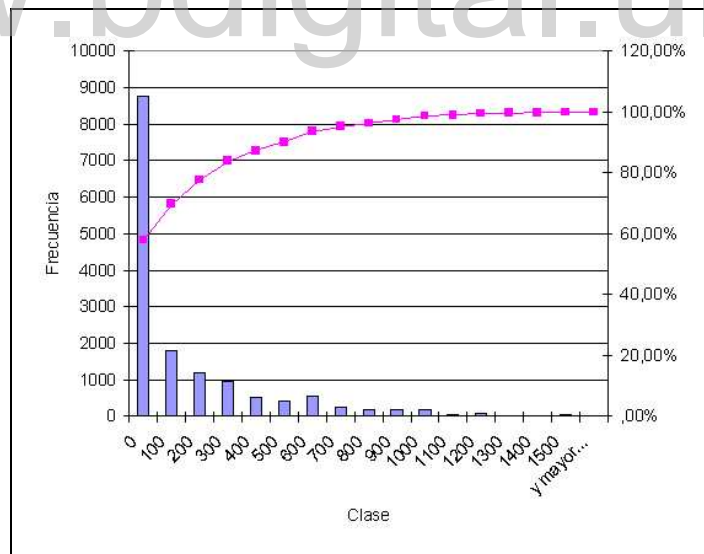


Figura 4.27: Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

✓ **Pasajeros en el área de espera**

En la Tabla 4.29, se observa que durante el tiempo de simulación el 47,80 % de

las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo lateral<sup>5</sup> la cual esta diseñada para albergar de manera comoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con  $27 m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, la estación bajo estudio presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, puesto que la misma estará ocupada por un máximo de 380 usuarios en determinadas horas del día.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7234	47,80	47,80
20	1390	56,98	9,18
40	1608	67,91	10,63
60	1109	74,94	7,33
80	776	80,06	5,13
100	616	84,14	4,07
120	537	87,68	3,55
140	448	90,64	2,96
160	369	93,08	2,44
180	332	95,28	2,19
200	238	96,85	1,57
220	157	97,89	1,04
240	99	98,54	0,65
260	75	99,04	0,50
280	57	99,41	0,38
300	47	99,72	0,31
320	25	99,89	0,17
340	9	99,95	0,06
360	4	99,97	0,03
380	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.29: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar

En la Figura 4.28, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para ésta variable.

<sup>5</sup> La estación bajo estudio opera en sentido Hechicera - Ejido.

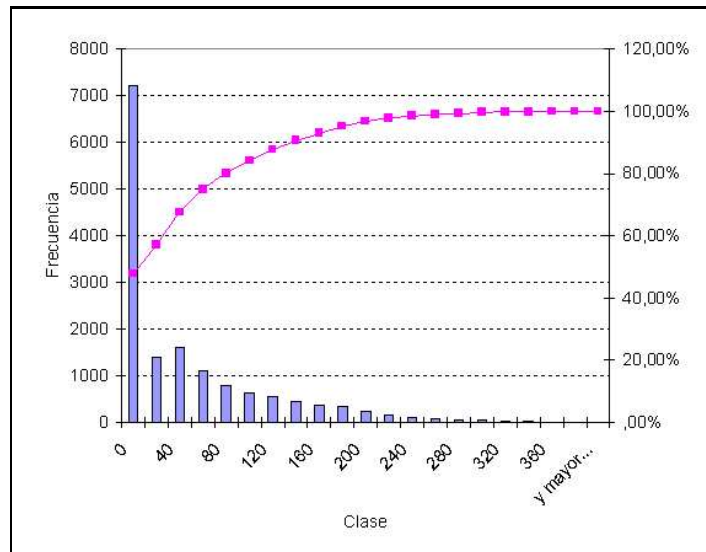


Figura 4.28: Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.30, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que bajan en la estación Obispo Lora está por debajo de 16 pasajeros, lo cual representa el 31,66 % del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	388	2,56	2,56
2	593	6,48	3,92
4	99	7,14	0,65
6	603	11,12	3,98
8	2291	26,26	15,14
10	2216	40,90	14,64
12	2254	55,79	14,89
14	1898	68,34	12,54
16	4792	100,00	31,66
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.30: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.29, donde se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros ocurre en el punto 16.

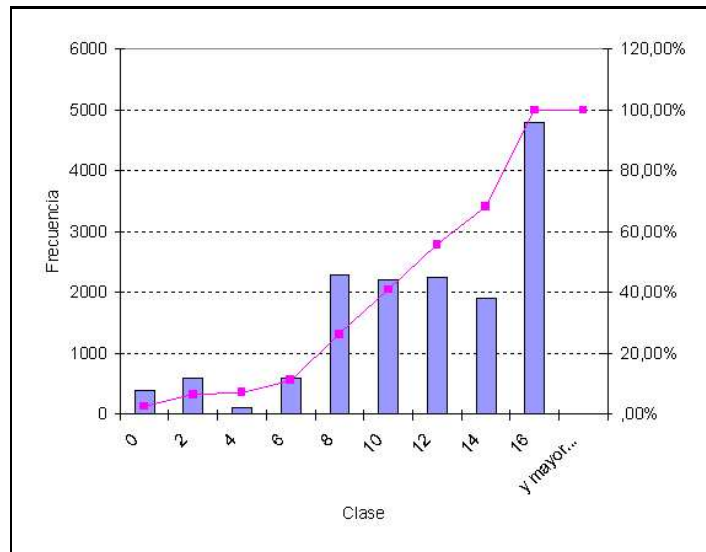


Figura 4.29: Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.31, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 47,80 % de las veces dicha cantidad se encuentra entre cero y nueve pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación Simón Bolívar es frecuentemente pequeña.

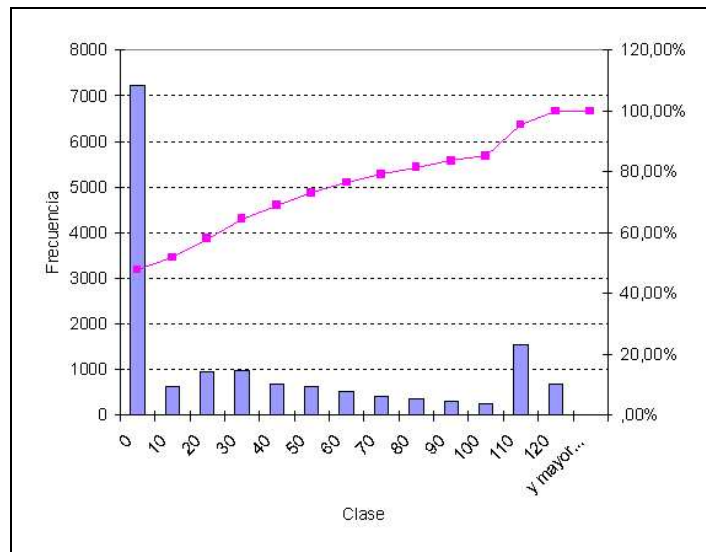


Figura 4.30: Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

En la Figura 4.30, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito, en la cual, el punto cero contiene la mayor frecuencia.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7234	47,80	47,80
10	617	51,88	4,08
20	942	58,10	6,22
30	978	64,56	6,46
40	670	68,99	4,43
50	629	73,15	4,16
60	515	76,55	3,40
70	400	79,19	2,64
80	349	81,50	2,31
90	318	83,60	2,10
100	250	85,25	1,65
110	1544	95,45	10,20
120	688	100,00	4,55
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.31: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

#### ✓ Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad

La Tabla 4.32, refleja que el 84,60 % de las veces los pasajeros que están esperando una unidad suben a ésta, el resultado obtenido nos revela que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

En la Figura 4.31, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con frecuencias bajas en relación a la de mayor ocurrencia.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	12804	84,60	84,60
20	487	87,82	3,22
40	414	90,56	2,74
60	366	92,98	2,42
80	299	94,95	1,98
100	239	96,53	1,58
120	191	97,79	1,26
140	120	98,59	0,79
160	74	99,07	0,49
180	58	99,46	0,38
200	47	99,77	0,31
220	23	99,92	0,15
240	6	99,96	0,04
260	2	99,97	0,01
280	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.32: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

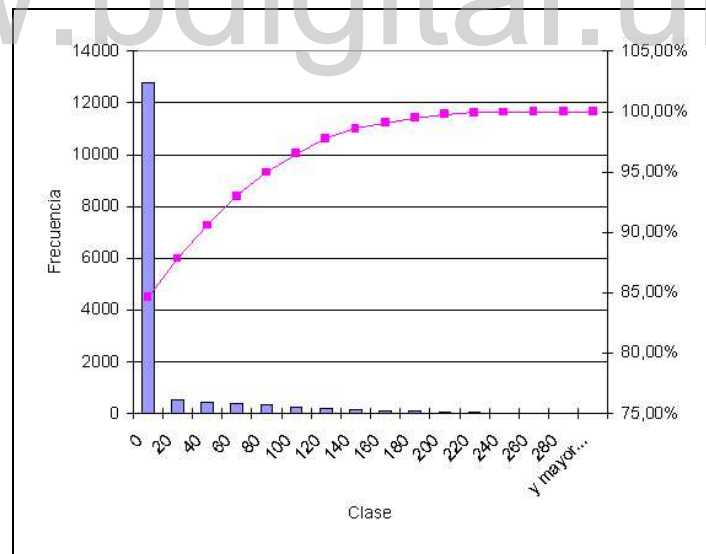


Figura 4.31: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

✓ **Pasajeros en la taquilla**

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben

esperar en promedio hasta  $418,63 \pm 64,28$  *seg* para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 2533,25 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio existirán  $39 \pm 6$  personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 254 personas en cola.

✓ **Pasajeros en el torniquete de entrada**

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,43 \pm 0$  *seg* para hacer uso del torniquete, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 10,95 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 7 usuarios en cola.

www.bdigital.ula.ve

**4.2.1.5. Análisis Estación La Hechicera**

➤ **Estación La Hechicera**

✓ **Tiempo entre troles**

En la Tabla 4.33, se observa que el 60,07 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 0 y 129 segundos entre uno y otro. Esto es debido a que las unidades cuentan con vía exclusiva en todo el tramo y que en las intersecciones donde existen semáforos generalmente los vehículos no son detenidos por estos, o son retenidos por intervalos de tiempos cortos.

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas entre los trolebuses es de 132,89 *seg* obteniendo una desviación estandar de 268,51 *seg*, con un valor mínimo de “0” (cero) segundos y un valor máximo de 3039 segundos entre llegadas.



En la Figura 4.32, se puede observar el comportamiento de los intervalos entre llegadas durante toda la simulación, donde se aprecia una tendencia exponencial.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9128	60,07	60,07
130	1879	72,43	12,37
260	1498	82,29	9,86
390	574	86,07	3,78
520	825	91,50	5,43
650	543	95,07	3,57
780	139	95,99	0,91
910	328	98,14	2,16
1040	179	99,32	1,18
1170	32	99,53	0,21
1300	35	99,76	0,23
1430	3	99,78	0,02
1560	0	99,78	0
1690	0	99,78	0
1820	0	99,78	0
1950	0	99,78	0
2080	0	99,78	0
2210	0	99,78	0
2340	0	99,78	0
2470	0	99,78	0
2600	0	99,78	0
2730	0	99,78	0
2860	0	99,78	0
2990	0	99,78	0
3120	33	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.33: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. La Hechicera

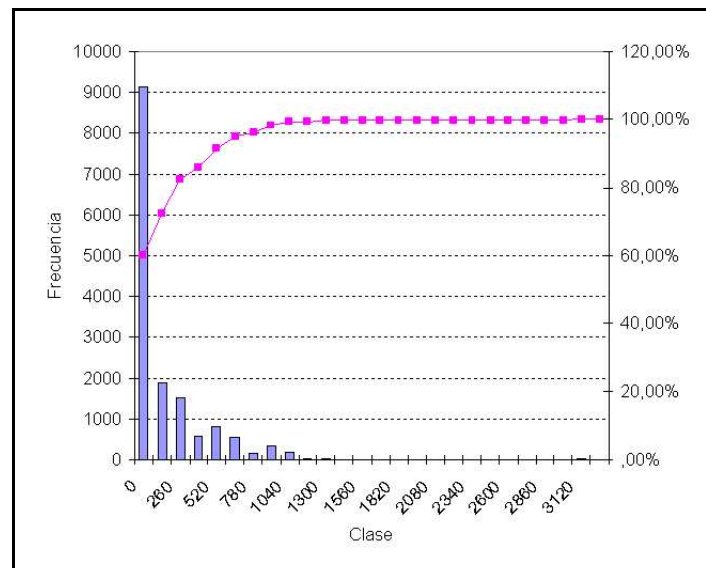


Figura 4.32: Tiempo entre trolés en la Estac. La Hechicera

#### ✓ Pasajeros en el área de espera

En la Tabla 4.34, se observa que durante el tiempo de simulación el 63,63 % de las veces hay pocas personas esperando un vehículo. Por otro lado, recordemos que el tamaño del área de espera depende del tipo de estación, en este caso se estudia una de tipo central<sup>6</sup> la cual está diseñada para albergar de manera cómoda entre 4 y 5 personas/ $m^2$  ya que cuenta con 41  $m^2$ . En lo que a ocupación del espacio concierne, la estación bajo estudio presenta problemas en cuanto a la densidad de pasajeros, puesto que la misma estará ocupada por un máximo de 260 usuarios en determinadas horas del día.

En la Figura 4.33, podemos observar el comportamiento antes descrito, donde se aprecia claramente un comportamiento exponencial para esta variable.

<sup>6</sup> La estación bajo estudio opera en sentido Ejido - Hechicera y viceversa.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9669	63,63	63,63
20	1880	76,00	12,37
40	1050	82,91	6,91
60	722	87,66	4,75
80	512	91,03	3,37
100	435	93,89	2,86
120	312	95,95	2,05
140	257	97,64	1,69
160	170	98,76	1,12
180	114	99,51	0,75
200	51	99,84	0,34
220	16	99,95	0,11
240	6	99,99	0,04
260	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.34: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. La Hechicera

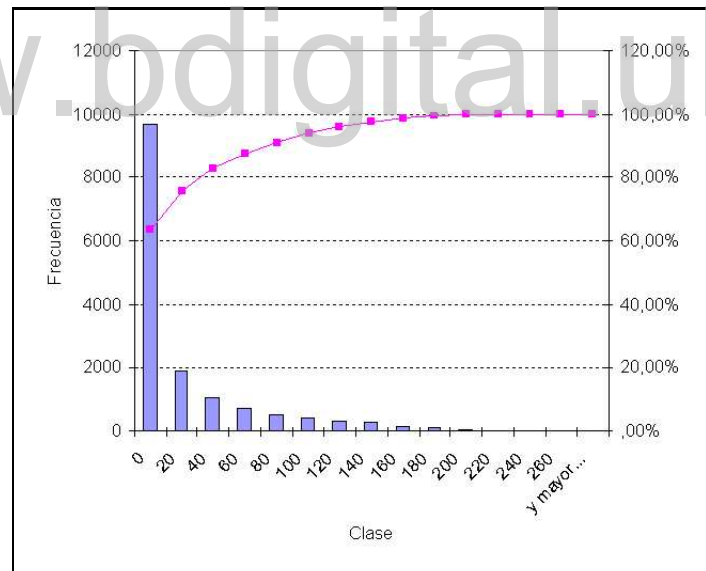


Figura 4.33: Pasajeros en espera en la Estac. La Hechicera

✓ **Pasajeros que bajan en la estación**

En la Tabla 4.35, podemos observar que generalmente la cantidad de pasajeros que bajan en la estación La Hechicera está por debajo de 28 pasajeros, lo cual

representa el 38,77 % del total de casos observados.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
4	0	0	0
8	0	0	0
12	0	0	0
16	0	0	0
20	1360	8,95	8,95
24	5310	43,89	34,94
28	5892	82,67	38,77
32	2634	100,00	17,33
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.35: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. La Hechicera

La situación descrita en el párrafo anterior se refleja en la Figura 4.34, donde se observa que la mayor frecuencia de bajada de pasajeros ocurre en el punto 28.

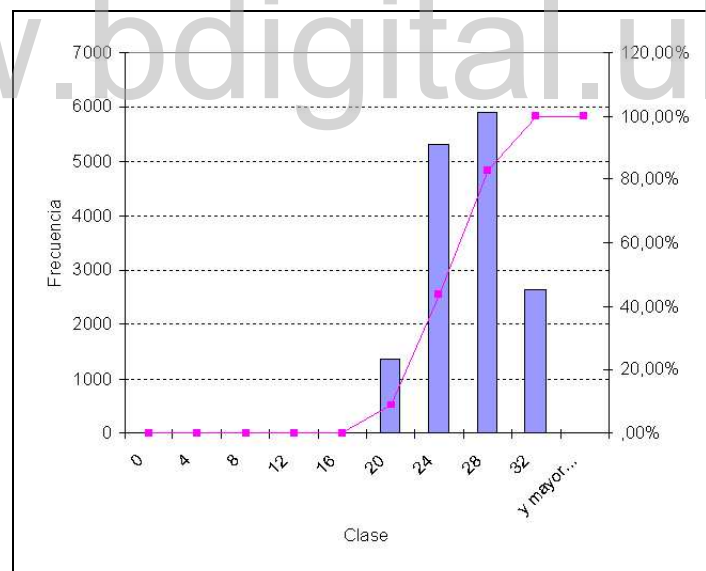


Figura 4.34: Pasajeros que bajan en la Estac. La Hechicera

✓ **Pasajeros que suben en la estación**

De acuerdo con la Tabla 4.36, la cantidad de pasajeros que suben en la estación bajo estudio es frecuentemente pequeña, ya que el 63,63 % de las veces dicha

cantidad se encuentra entre cero y nueve pasajeros. Esto es debido a que la afluencia de pasajeros a la estación La Hechicera es frecuentemente pequeña.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9669	63,63	63,63
10	922	69,70	6,07
20	958	76,00	6,30
30	548	79,61	3,61
40	502	82,91	3,30
50	373	85,36	2,45
60	364	87,76	2,40
70	255	89,44	1,68
80	266	91,19	1,75
90	233	92,72	1,53
100	1106	100,00	7,28
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.36: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. La Hechicera

En la Figura 4.35, podemos observar el comportamiento anteriormente descrito, en la cual, el punto cero contiene la mayor frecuencia<sup>7</sup>.

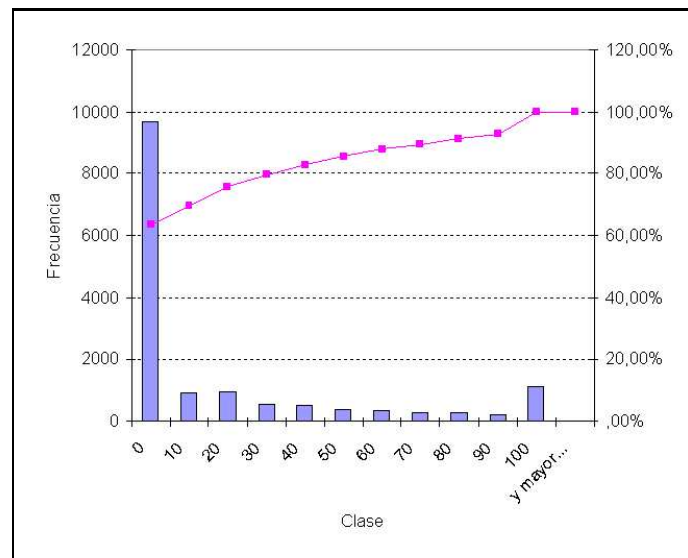


Figura 4.35: Pasajeros que suben en la Estac. La Hechicera

<sup>7</sup> En la tabla descrita anteriormente existen valores representativos para esta variable.

✓ **Pasajeros que se quedan en la estación en espera de otra unidad**

La Tabla 4.37, refleja que el 93,38 % de las veces los pasajeros que estan esperando una unidad suben a ésta, el resultado obtenido nos revela que generalmente la mayoría de los usuarios son servidos por el sistema de transporte.

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	14190	93,38	93,38
10	185	94,60	1,22
20	137	95,50	0,90
30	151	96,49	0,99
40	127	97,33	0,84
50	98	97,97	0,64
60	89	98,56	0,59
70	66	98,89	0,43
80	56	99,36	0,37
90	33	99,58	0,22
100	29	99,77	0,19
110	11	99,84	0,07
120	11	99,91	0,07
130	5	99,95	0,03
140	4	99,97	0,03
150	2	99,99	0,01
160	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.37: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. La Hechicera

En al Figura 4.36, podemos observar el comportamiento antes mencionado, acotando que en ocasiones se queda una cantidad pequeña de usuarios con frecuencias bajas en relación a la de mayor ocurrencia.

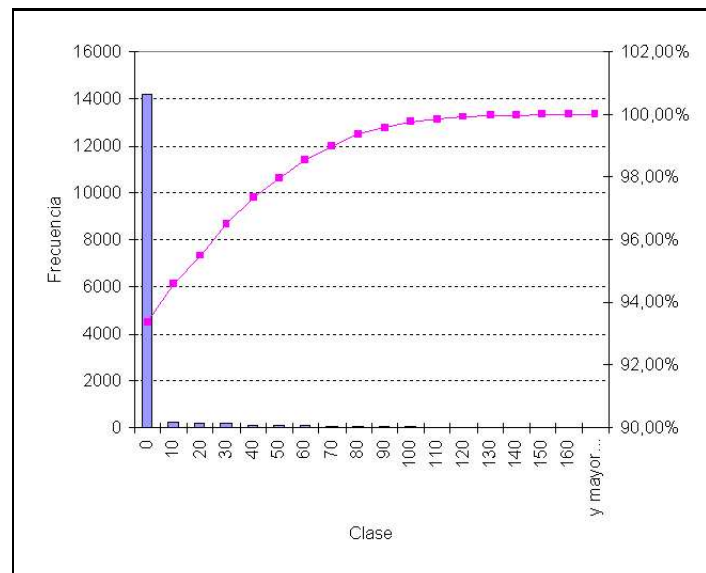


Figura 4.36: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. La Hechicera

#### ✓ Pasajeros en la taquilla

Según los resultados obtenidos para la taquilla en estudio, los usuarios deben esperar en promedio hasta  $19,47 \pm 0,92$  *seg* para ser servidos por este recurso, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 293,46 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio existirán  $1 \pm 0$  personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 29 personas en cola.

#### ✓ Pasajeros en el torniquete de entrada

El resultado para el torniquete en estudio nos permite deducir que existirán colas cortas en el recurso ya que, en promedio los usuarios deberán esperar un tiempo de  $0,24 \pm 0$  *seg* para hacer uso del torniquete, registrándose valores mínimos de “0” hasta un máximo de 7,26 *seg*. En relación a la cola que se genera debido al resultado anterior podemos decir que en promedio no existirán personas en la misma, obteniendo valores mínimos de “0” hasta un máximo de 5 usuarios en cola.

**4.2.1.6. Tiempos de Recorrido**

➤ **Tiempo de recorrido Ejido - La Hechicera**

En la Tabla 4.38, se observa que el 58,20 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 2990 *seg* y 3119 *seg*.

De igual, manera podemos decir que el promedio de llegadas para los trolebuses es de 2921,40 *seg* obteniendo una desviación estandar de 83,33 *seg*, con un valor mínimo de 2695 *seg* y un valor máximo de 3213 *seg* .

En la Figura 4.37, se puede observar el comportamiento de los tiempos de llegadas de los trolebuses durante toda la simulación.

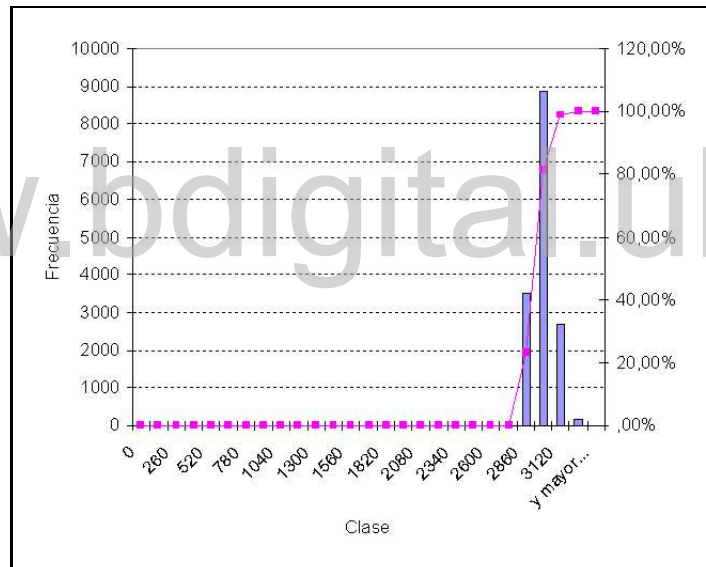


Figura 4.37: Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera



Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
130	0	0	0
260	0	0	0
390	0	0	0
520	0	0	0
650	0	0	0
780	0	0	0
910	0	0	0
1040	0	0	0
1170	0	0	0
1300	0	0	0
1430	0	0	0
1560	0	0	0
1690	0	0	0
1820	0	0	0
1950	0	0	0
2080	0	0	0
2210	0	0	0
2340	0	0	0
2470	0	0	0
2600	0	0	0
2730	2	0,01	0,01
2860	3510	23,11	23,10
2990	8844	81,31	58,20
3120	2681	98,95	17,64
3250	159	100,00	1,05
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.38: Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

➤ **Tiempo de recorrido La Hechicera - Ejido**

En la Tabla 4.39, se observa que el 58,76 % de las veces los trolebuses llegaron con un intervalo de tiempo entre 2700 *seg* y 2799 *seg*.

De igual manera podemos decir que el promedio de llegadas para los trolebuses es de 2684,13 *seg* obteniendo una desviación estandar de 261,35 *seg*, con un valor mínimo de 2396,33 *seg* y un valor máximo de 5194 *seg*.

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
180	0	0	0
360	0	0	0
540	0	0	0
720	0	0	0
900	0	0	0
1080	0	0	0
1260	0	0	0
1440	0	0	0
1620	0	0	0
1800	0	0	0
1980	0	0	0
2160	0	0	0
2340	0	0	0
2520	1255	8,64	8,64
2700	8531	67,41	58,76
2880	4420	97,85	30,44
3060	48	98,18	0,33
3240	0	98,18	0
3420	0	98,18	0
3600	33	98,41	0,23
3780	0	98,41	0
3960	33	98,64	0,23
4140	0	98,64	0
4320	66	99,09	0,45
4500	33	99,32	0,23
4680	0	99,32	0
4860	33	99,55	0,23
5040	0	99,55	0
5220	66	100,00	0,45
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.39: Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

En la Figura 4.38, se puede observar el comportamiento de los tiempos de llegadas de los trolebuses durante toda la simulación.

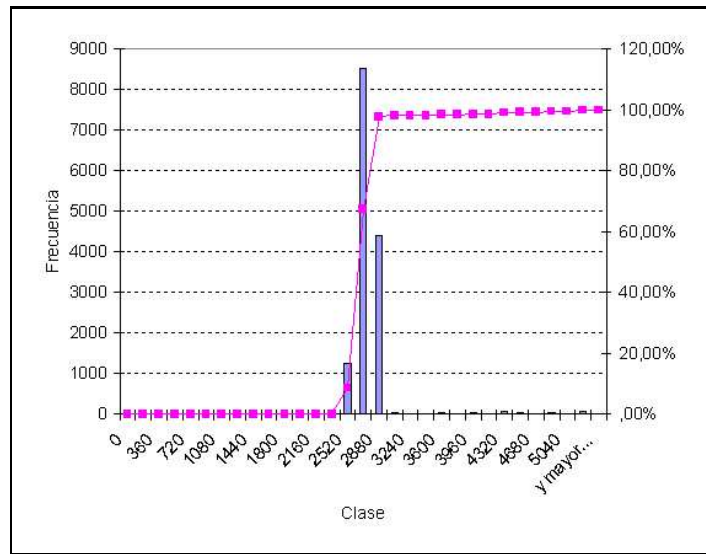


Figura 4.38: Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

➤ **Tiempo total de recorrido**

En la Tabla 4.40, se observa que el 54,32 % de las veces los trolebuses tardaron en dar una vuelta completa entre 5600 *seg* y 5879 *seg*.

De igual, manera podemos decir que el tiempo promedio para completar una vuelta al circuito es de 5608,09 *seg*, obteniendo una desviación estandar de 278,67 *seg*, con un valor mínimo de 5250 *seg* y un valor máximo de 8153 *seg* .

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
280	0	0	0
560	0	0	0
840	0	0	0
1120	0	0	0
1400	0	0	0
1680	0	0	0
1960	0	0	0
2240	0	0	0
2520	0	0	0
2800	0	0	0
3080	0	0	0
3360	0	0	0
3640	0	0	0
3920	0	0	0
4200	0	0	0
4480	0	0	0
4760	0	0	0
5040	0	0	0
5320	255	1,76	1,76
5600	7886	56,08	54,32
5880	6071	97,89	41,82
6160	42	98,18	0,29
6440	33	98,41	0,23
6720	0	98,41	0
7000	33	98,64	0,23
7280	66	99,09	0,45
7560	33	99,32	0,23
7840	33	99,55	0,23
8120	33	99,77	0,23
8400	33	100,00	0,23
y mayor...	0	100,00	0

Tabla 4.40: Estadística del tiempo total de recorrido

En la Figura 4.39, se puede observar el comportamiento de los tiempos de llegadas de los trolebuses durante toda la simulación.

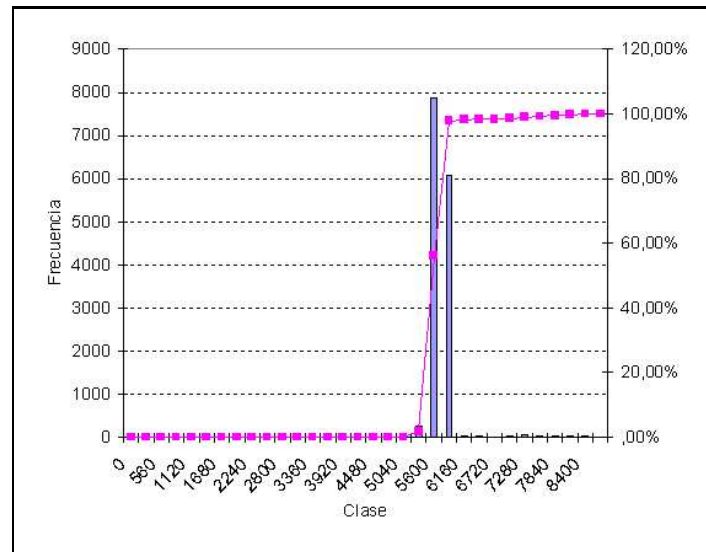


Figura 4.39: Tiempo total de recorrido

#### 4.2.2. Escenario 2: Tiempo entre Salidas de los Trolebuses de 120seg

Este escenario posee las mismas características del anterior, salvo que se disminuye el tiempo de salida de los trolebuses a 120seg con el objeto de observar el comportamiento del sistema.

Desde la Tabla A.1 hasta la Tabla A.23 del apéndice se pueden observar los resultados para este escenario.

De la variación en el tiempo de salida para los troles, se logra percibir que ocurre un cambio en el tiempo entre llegadas de las unidades a las estaciones, éste se da en magnitudes bajas.

Por otra parte, la dinámica que esta inmersa en la estaciones se ve afectada en cuanto a la densidad de pasajeros, ya que ésta aumenta en algunas estaciones ocasionando un mayor colapso en la mismas.

Observamos también, que la cantidad de usuarios que deben esperar otra unidad para desplazarse hacia su destino sufre un incremento, causa que puede ser traducida en malestar o descontento por parte de los pasajeros hacia el sistema de transporte masivo.

En cuanto a los tiempos para las taquillas y torniquetes de entrada se puede decir que se mantienen igual, registrandose leves cambios en los tamaños de las colas para estos recursos.

En relación a los diferentes tiempos de recorrido parcial y total<sup>8</sup>, éstos son menores con respecto a los tiempos de recorrido del escenario 1.

### 4.2.3. Escenario 3: Cambios en los valores de las tablas Sube y Baja de Pasajeros

Los valores para las tablas sube y baja de pasajeros en las diferentes estaciones fueron tomados de la tesis del Ing. Rubén Calderas, igualmente el INFRAM suministro datos relacionados con dichas tablas, motivo por el cual se modificaron los valores para las estaciones bajo estudio en este escenario.

Estación	Suben	Bajan
Pie del Llano	3987	3733
Santa Juana	2077	1459
Soto Rosa	1736	3292
Campo de Oro	1157	2194
Juan XIII	3489	2985
Facultad de Medicina	599	2561
Obispo Lora	2995	12392

Tabla 4.41: Valores sube y baja de pasajeros según Informe Gerencial sentido Ejido - Hechicera

<sup>8</sup> Los tiempos de recorrido parciales son el tiempo desde Ejido hasta la Hechicera y viceversa y, el total es la suma de los anteriores.

En las Tablas 4.41 y 4.42 se pueden apreciar los nuevos valores de subida y bajada de pasajeros<sup>9</sup>.

Estación	Suben	Bajan
Pie del Llano	1983	5527
Santa Juana	2890	906
Soto Rosa	2065	2450
Campo de Oro	1376	1634
Juan XIII	3365	2021
Facultad de Medicina	482	4129
Simón Bolívar	15668	5996

Tabla 4.42: Valores sube y baja de pasajeros según Informe Gerencial sentido Hechicera - Ejido

Como es de esperar un aumento o disminución en la cantidad de usuarios en determinada estación ocasionó cambios significativos en cuanto a ocupación, subida y bajada de pasajeros, así como también en las colas que se generan en las taquillas y torniquetes de entrada de las estaciones. Las Tablas B.1 hasta B.23 del apéndice revelan los siguientes resultados:

- Los tiempos entre trolebuses se comportan de manera similar a los del escenario 1, porque el tiempo de salida entre uno y otro es igual.
- El colapso observado en el escenario 1 disminuye en aquellas estaciones donde la cantidad de usuarios es menor, por ejemplo: Santa Juana y Facultad de Medicina. Por el contrario, en la estación Simón Bolívar persiste el problema de congestión de los pasajeros en la misma.
- Disminuye la cantidad de usuarios que deben esperar otro trolebús, lo cual sería beneficioso para el sistema de transporte masivo.

<sup>9</sup> Se modificaron los valores de algunas estaciones cercanas para lograr mayor continuidad en el recorrido.

- En las taquillas y torniquetes de entrada se observan variaciones en los tiempos de espera, motivado a los cambios en las cantidades de usuairos, igualmente los tamaños en las colas que se generan para estos recursos registran alteraciones significativas.
- Los tiempos de recorrido parcial y total, se conservan de manera similar debido a que los tiempos entre troles no sufren grandes cambios.

#### **4.2.4. Escenario 4: Tiempo entre Salidas de los Trolebuses de 120seg**

El escenario 4 posee las mismas características del anterior, salvo que se disminuye el tiempo de salida de los trolebuses a 120seg con el objeto de observar los cambios que se generan en el sistema.

Desde la Tabla C.1 hasta la Tabla C.23 del apéndice se pueden observar los resultados para este escenario.

De la variación en el tiempo de salida para los troles, se logra percibir que ocurre un cambio en el tiempo entre llegadas de las unidades a las estaciones, éste se da en magnitudes bajas.

Por otra parte, algunas estaciones se ven afectadas en cuanto a la densidad de pasajeros, ya que aumenta el número de usuarios en las áreas de espera ocasionando un mayor colapso en la mismas.

Observamos también, que la cantidad de usuarios que deben esperar otra unidad para desplazarse hacia su destino sufre un incremento en aquellas estaciones donde el número de usuarios aumenta.

En las taquillas y torniquetes de entrada se observan variaciones en los tiempos de espera, motivado a los cambios en las cantidades de usuairos, igualmente los tamaños en



las colas que se generan para estos recursos registran alteraciones significativas.

Los tiempos de recorrido parcial y total se conservan de manera similar debido a que los tiempos entre troles no sufren grandes cambios.

#### **4.2.5. Escenario 5: Retardo de 900seg en el Sistema**

Por último, en el escenario 5 fue simulado un retraso de 900seg (15min) entre las estaciones Obispo Lora y Simón Bolívar, ubicadas en la calle 26 entre las avenidas 2 y 4.

El retardo se generó a los 22500seg (6 horas y 15 minutos) es decir, a las 12:15 p.m. Como es conocido en esta hora se presentan serios problemas de congestión vehicular en la zona antes descrita por pertenecer al centro de la ciudad.

En referencia a los resultados obtenidos, los mismos están reflejados en las Tablas D.1 hasta D.10 del apéndice, donde se evidencia que no hubo cambios en el sistema motivado al retraso.

Es importante acotar que este escenario fue generado a partir del escenario 1.

## **Parte V**

**Quinta Parte**  
www.bdigital.ula.ve

# Capítulo 5

## Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Después de realizar la investigación, en la que fue construido un modelo que simula las 33 estaciones de la Línea 1 del Sistema de Transporte Masivo Trolebús, donde se estudiaron aspectos que sin duda, son de mayor relevancia en el funcionamiento de dicho sistema, se llegó a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos, el diseño actual de algunas paradas resulta insuficiente debido a la cantidad de usuarios que llegan a las mismas, un ejemplo de ello ésta reflejado en los resultados del escenario 1, donde la estación Simón Bolívar se ve gravemente colapsada por un número elevado de pasajeros. Lo anteriormente descrito, evidencia que los parametros de diseño de algunas paradas propuestas por el IMFRAM no darán abasto para albergar un gran número de pasajeros.
- Debido a la ausencia de un mecanismo de control que regule las llegadas y salidas de trolebuses a las estaciones, ocurren aglomeraciones y distanciamientos entre la unidades que llegan a las estaciones.

- En relación a la cantidad de pasajeros que se quedan en las estaciones en espera de otra unidad, esta vinculada al hecho de que los tiempos entre llegadas de los troles sea corto o largo. Cuando dicho tiempo es corto, ocurre que el número de pasajeros en espera es bajo y por ende se quedan pocos usuarios.

En el caso contrario, hay más pasajeros en espera de un trole y en oportunidades la unidad no cuenta con suficiente espacio en su interior para albergar tal número de usuarios, motivo por el cual la cantidad de pasajeros que se quedan es mayor.

- En cuanto a los tiempos de recorrido, el IMFRAM estima que un trolebús tarde como mínimo 45 *min* en desplazarse desde Ejido hasta La Hechicera. Los resultados generados de las simulaciones en los diferentes escenarios responden a estos valores, lo que traduce que el modelo creado para simular el sistema puede ser una referencia para la toma de decisiones a la hora de su implantación.
- Por último, de las evidencias anteriores es lógico deducir que en aquellas estaciones donde la afluencia de pasajeros es alta, como Simón Bolívar, el servicio de venta de boletos (taquillas) presentará problemas de embotellamiento en relación a las colas que se generan por la llegada de un gran número de usuarios.

## 5.2. Recomendaciones

Luego de observar los resultados obtenidos en la simulación, es necesario hacer la siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio demográfico mas detallado para corregir posibles problemas en las estaciones del sistema una vez que esta sea implantado.
- Diseñar un mecanismo de control para disminuir el distanciamiento que ocurre entre

las llegadas de los trolebuses, con el objeto de lograr una mayor estabilidad para esta variable.

- Colocar en el modelo los horarios de llegada de pasajeros a una hora razonable en cuanto a la llegada del primer trolebús, ya que existen casos en el modelo que estos comienzan a fluir una vez iniciada la simulación.
- Incluir tráfico vehicular en los tramos correspondientes, con el propósito de medir el impacto que el Sistema de Transporte Masivo Trolebús ocasionará en diversos trechos del trayecto.
- Generar retrasos en varios puntos de la ruta para simular cierre de vías por manifestaciones u otras causas que a diario se observan a lo largo de la línea.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# Apéndice A

## Resultados Escenario 2

### A.1. Estación Santa Juana

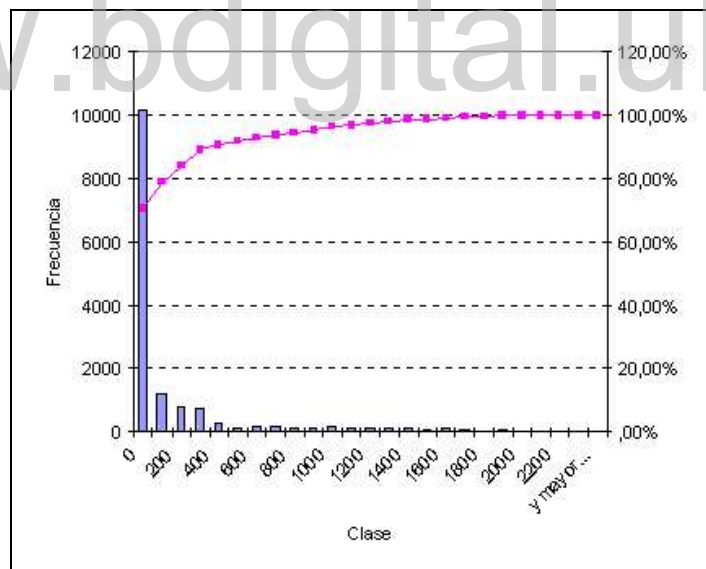


Figura A.1: Tiempo entre trolés en la Estac. Santa Juana sufriendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	10194	70,50	70,50
100	1198	78,78	8,28
200	777	84,16	5,37
300	716	89,11	4,95
400	231	90,71	1,60
500	133	91,63	0,92
600	169	92,79	1,17
700	139	93,76	0,96
800	112	94,53	0,77
900	125	95,39	0,86
1000	138	96,35	0,95
1100	70	96,83	0,48
1200	111	97,60	0,77
1300	67	98,06	0,46
1400	69	98,54	0,48
1500	22	98,69	0,15
1600	81	99,25	0,56
1700	47	99,58	0,33
1800	7	99,63	0,05
1900	22	99,78	0,15
2000	19	99,91	0,13
2100	5	99,94	0,03
2200	7	99,99	0,05
2300	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.1: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8009	55,39	55,39
50	1990	69,15	13,76
100	1311	78,22	9,07
150	680	82,92	4,70
200	439	85,95	3,04
250	382	88,60	2,64
300	296	90,64	2,05
350	336	92,97	2,32
400	280	94,90	1,94
450	223	96,45	1,54
500	228	98,02	1,58
550	105	98,75	0,73
600	64	99,19	0,44
650	47	99,52	0,33
700	36	99,76	0,25
750	28	99,96	0,19
800	4	99,99	0,03
850	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.2: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo



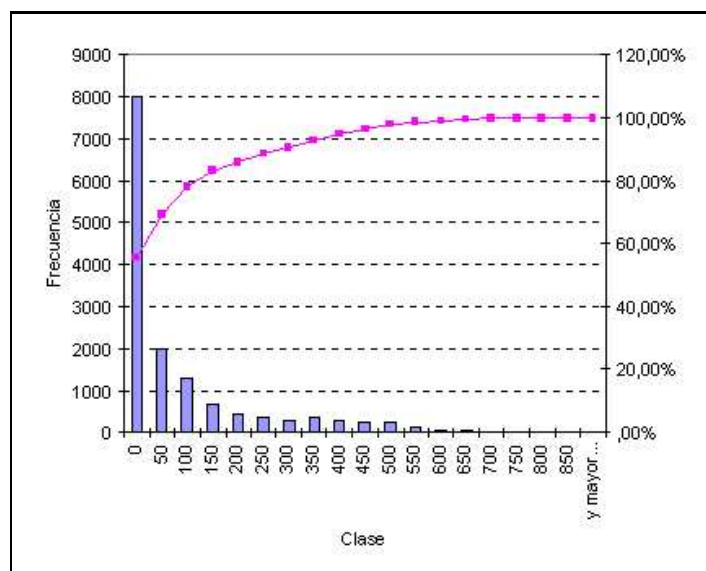


Figura A.2: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	4586	31,72	31,72
6	2141	46,52	14,81
7	4073	74,69	28,17
8	2310	90,66	15,98
9	1350	100,00	9,34
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.3: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

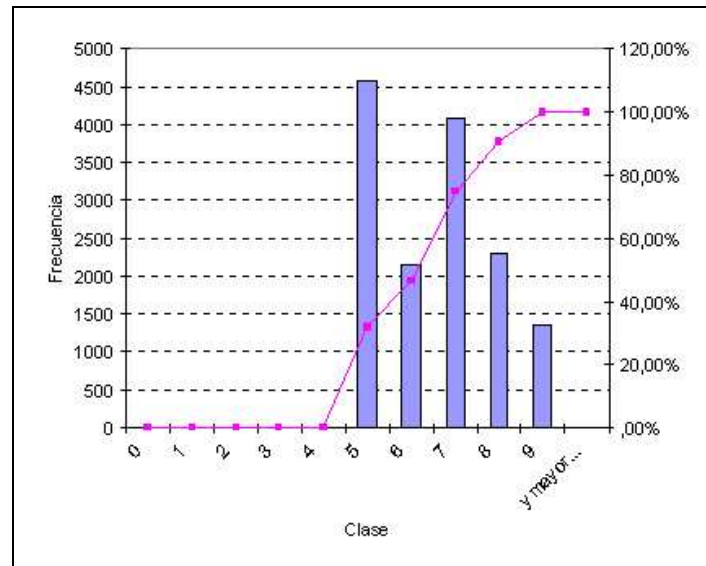


Figura A.3: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8009	55,39	55,39
10	704	60,26	4,87
20	393	62,97	2,72
30	744	68,12	5,15
40	337	70,45	2,33
50	428	73,41	2,96
60	344	75,79	2,38
70	324	78,03	2,24
80	281	79,97	1,94
90	199	81,35	1,38
100	176	82,57	1,22
110	150	83,60	1,04
120	2371	100,00	16,40
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.4: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

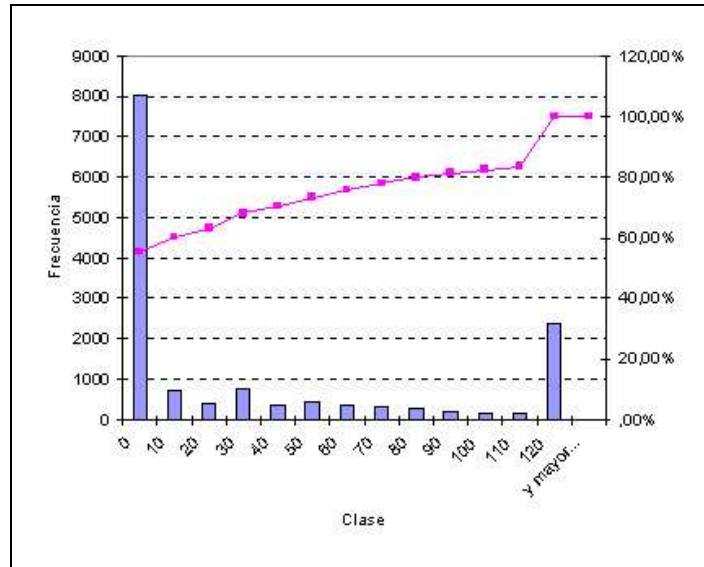


Figura A.4: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	11344	78,45	78,45
50	698	83,28	4,83
100	480	86,60	3,32
150	373	89,18	2,58
200	237	90,82	1,64
250	228	92,39	1,58
300	193	93,73	1,33
350	229	95,31	1,58
400	185	96,59	1,28
450	161	97,70	1,11
500	204	99,11	1,41
550	65	99,56	0,45
600	38	99,83	0,26
650	21	99,97	0,15
700	3	99,99	0,02
750	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.5: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

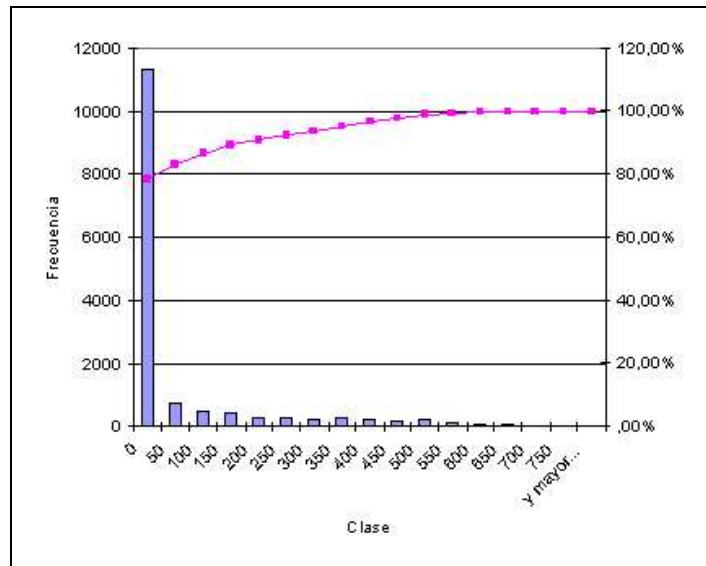


Figura A.5: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

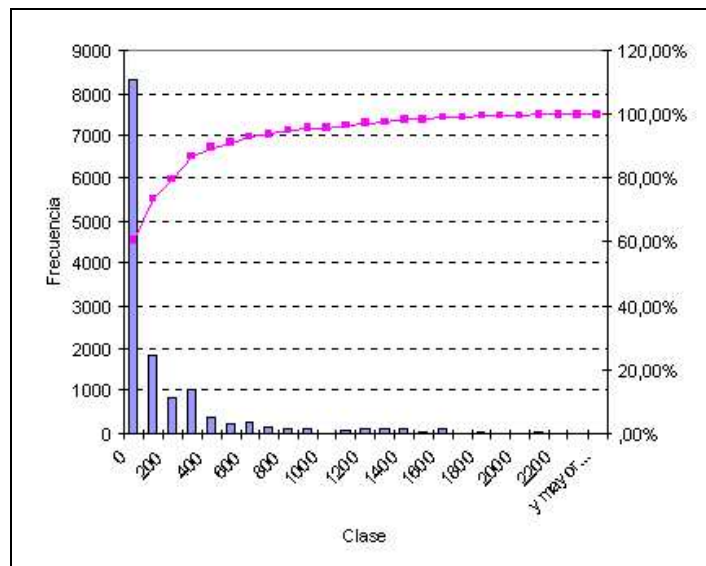


Figura A.6: Tiempo entre trolés en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8334	60,29	60,29
100	1841	73,60	13,32
200	844	79,71	6,11
300	996	86,91	7,20
400	369	89,58	2,67
500	218	91,16	1,58
600	261	93,05	1,89
700	131	94,00	0,95
800	123	94,89	0,89
900	128	95,81	0,93
1000	14	95,91	0,10
1100	64	96,38	0,46
1200	106	97,14	0,77
1300	82	97,74	0,59
1400	92	98,40	0,67
1500	33	98,64	0,24
1600	81	99,23	0,59
1700	12	99,31	0,09
1800	27	99,51	0,20
1900	9	99,57	0,07
2000	10	99,65	0,07
2100	39	99,93	0,28
2200	8	99,99	0,06
2300	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.6: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9130	66,04	66,04
10	2143	81,55	15,50
20	796	87,30	5,76
30	421	90,35	3,05
40	290	92,45	2,10
50	187	93,80	1,35
60	145	94,85	1,05
70	139	95,86	1,01
80	126	96,77	0,91
90	119	97,63	0,86
100	101	98,36	0,73
110	78	98,92	0,56
120	47	99,26	0,34
130	33	99,50	0,24
140	26	99,69	0,19
150	19	99,83	0,14
160	9	99,89	0,07
170	4	99,92	0,03
180	8	99,98	0,06
190	2	99,99	0,01
200	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.7: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando

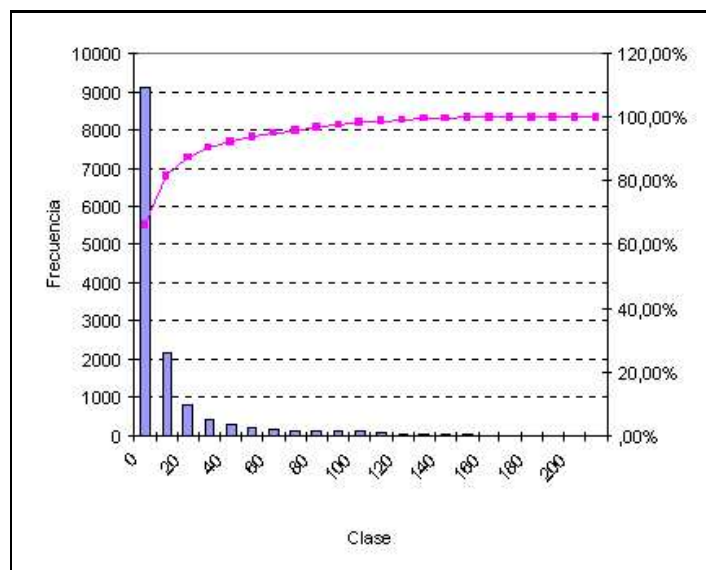


Figura A.7: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
4	0	0	0
8	0	0	0
12	0	0	0
16	62	45	0,45
20	202	1,91	1,46
24	450	5,16	3,26
28	2439	22,81	17,64
32	8448	83,92	61,11
36	2223	100,00	16,08
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.8: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

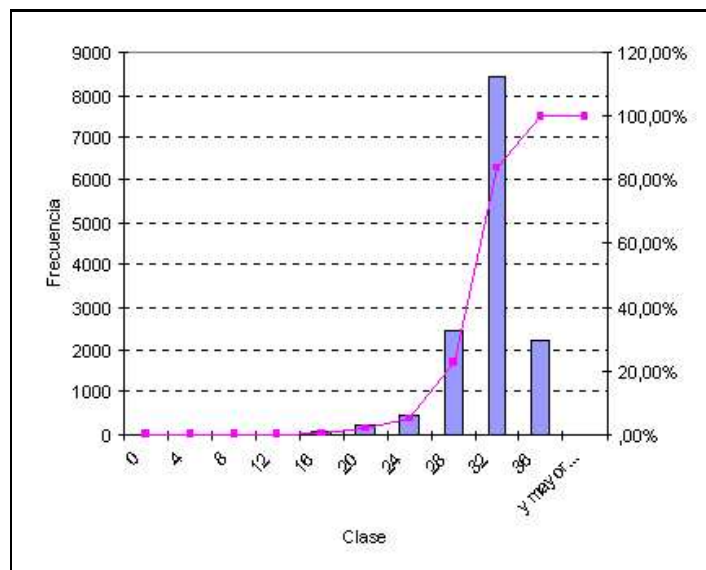


Figura A.8: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9130	66,04	66,04
10	2143	81,55	15,50
20	796	87,30	5,76
30	712	92,46	5,15
40	538	96,35	3,89
50	143	97,38	1,03
60	72	97,90	0,52
70	57	98,31	0,41
80	65	98,78	0,47
90	143	99,82	1,03
100	25	100,00	0,18
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.9: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando



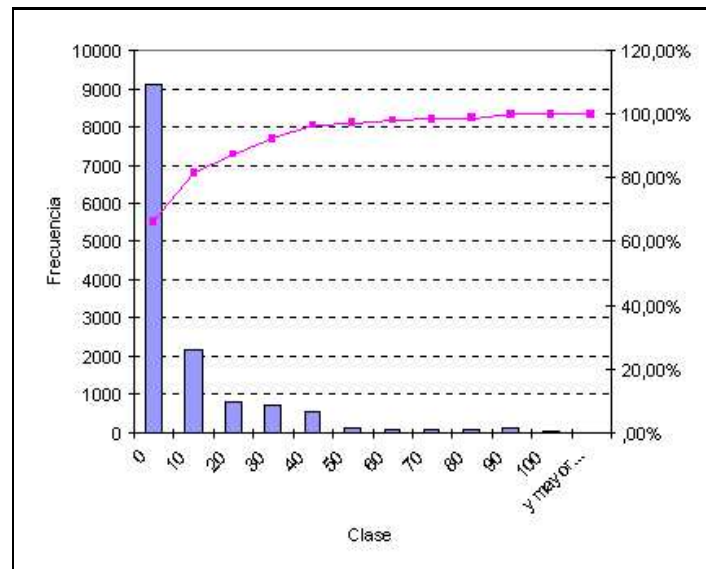


Figura A.9: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	13106	94,81	94,81
10	101	95,54	0,73
20	78	96,10	0,56
30	96	96,80	0,69
40	84	97,40	0,61
50	64	97,87	0,46
60	72	98,39	0,52
70	58	98,81	0,42
80	62	99,25	0,45
90	36	99,52	0,26
100	23	99,68	0,17
110	20	99,83	0,14
120	11	99,91	0,08
130	4	99,93	0,03
140	3	99,96	0,02
150	2	99,99	0,03
160	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.10: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando

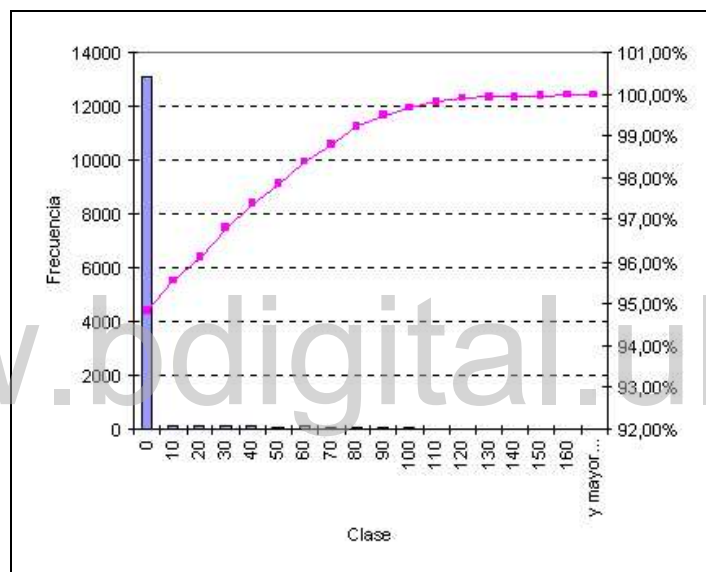


Figura A.10: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando

## A.2. Estación Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9615	67,90	67,90
100	1065	75,42	7,52
200	1199	83,89	8,47
300	501	87,42	3,54
400	404	90,28	2,85
500	158	91,39	1,12
600	244	93,11	1,72
700	155	94,21	1,09
800	69	94,70	0,49
900	131	95,62	0,93
1000	94	96,29	0,66
1100	74	96,81	0,52
1200	100	97,51	0,71
1300	65	97,97	0,46
1400	50	98,33	0,35
1500	53	98,70	0,37
1600	49	99,05	0,35
1700	46	99,37	0,32
1800	17	99,49	0,12
1900	8	99,55	0,06
2000	22	99,70	0,16
2100	11	99,78	0,08
2200	0	99,78	0
2300	31	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.11: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

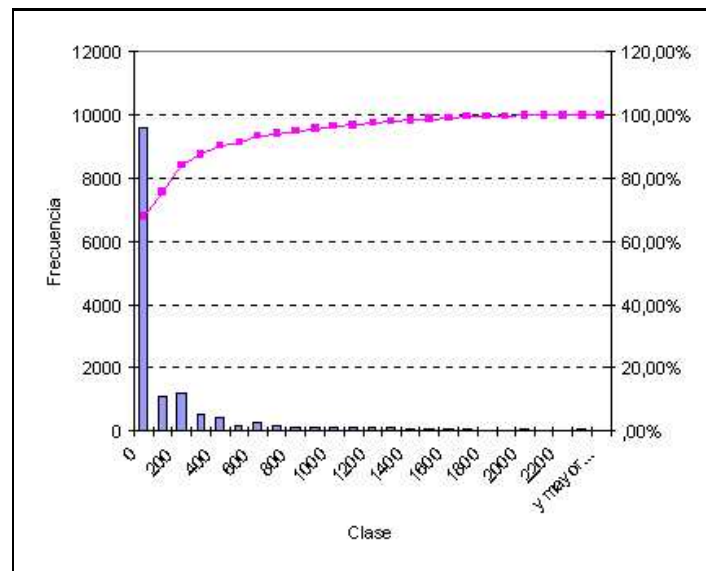


Figura A.11: Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9596	67,76	67,76
12	2061	82,32	14,55
24	939	88,95	6,63
36	471	92,27	3,33
48	287	94,30	2,03
60	260	96,14	1,84
72	202	97,56	1,43
84	141	98,56	1,00
96	87	99,17	0,61
108	55	99,56	0,39
120	25	99,74	0,18
132	19	99,87	0,13
144	9	99,94	0,06
156	6	99,98	0,04
168	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.12: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora

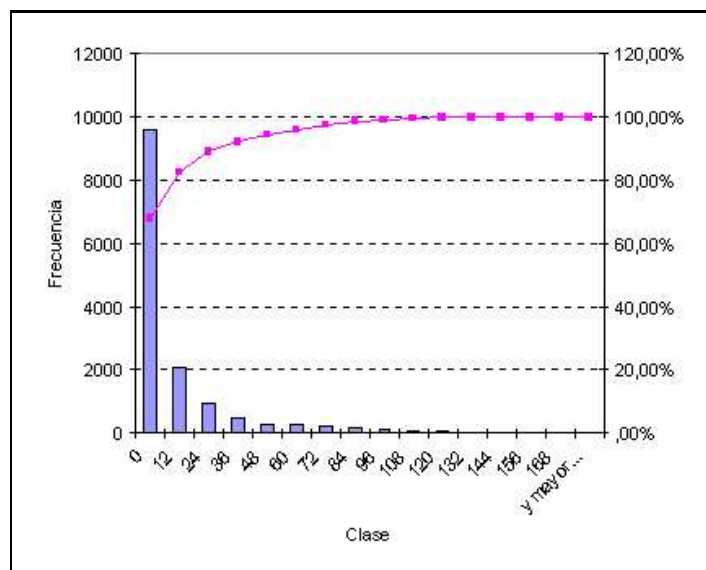


Figura A.12: Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
4	0	0	0
8	0	0	0
12	0	0	0
16	0	0	0
20	0	0	0
24	785	5,54	5,54
28	5666	45,55	40,01
32	7710	100,00	54,45
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.13: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

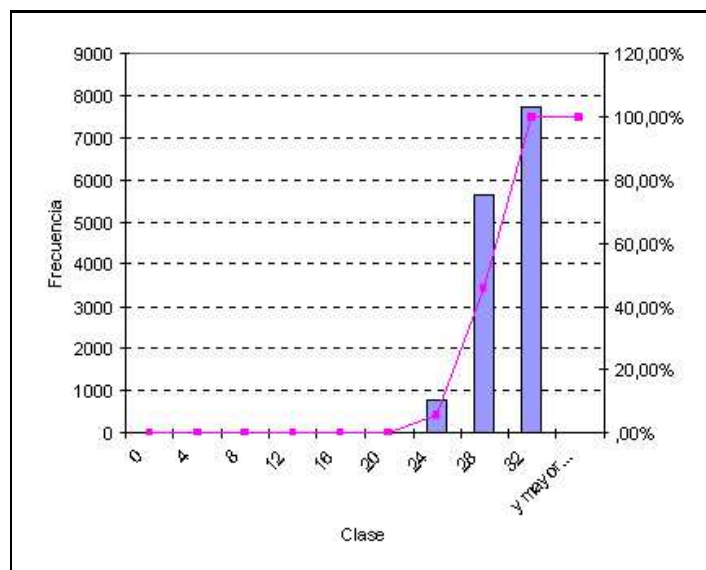


Figura A.13: Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9596	67,76	67,76
10	1782	80,35	12,58
20	983	87,29	6,94
30	884	93,53	6,24
40	522	97,22	3,69
50	146	98,25	1,03
60	110	99,03	0,78
80	103	99,75	0,73
90	33	99,99	0,23
100	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.14: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

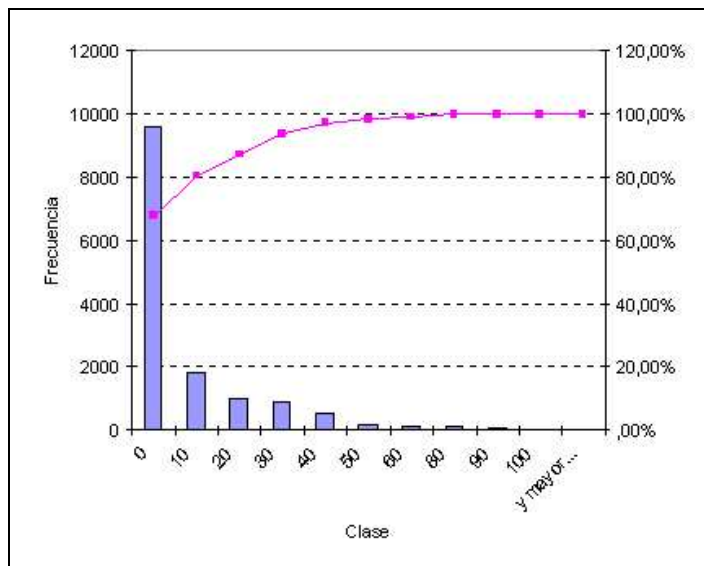


Figura A.14: Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13443	94,93	94,93
12	136	95,89	0,96
24	102	96,61	0,72
36	136	97,57	0,96
48	127	98,47	0,90
60	79	99,03	0,56
72	60	99,45	0,42
84	32	99,68	0,23
96	21	99,82	0,15
108	11	99,90	0,08
120	10	99,97	0,07
132	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.15: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

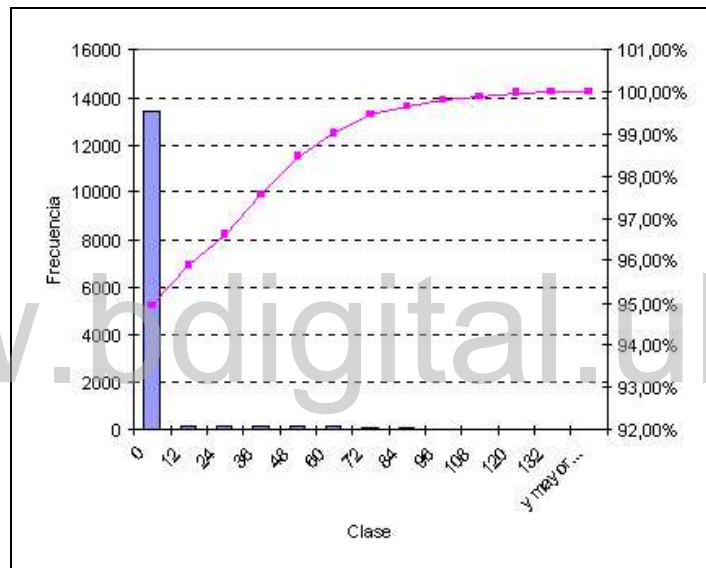


Figura A.15: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora



### A.3. Estación Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9116	65,89	65,89
100	1233	79,80	8,91
200	990	81,95	7,16
300	818	87,86	5,91
400	292	89,98	2,11
500	144	91,02	1,04
600	295	93,15	2,13
700	85	93,76	0,61
800	82	94,36	0,59
900	120	95,22	0,87
1000	107	96,00	0,77
1100	53	96,38	0,38
1200	137	97,37	0,99
1300	67	97,85	0,48
1400	62	98,30	0,45
1500	96	99,00	0,69
1600	42	99,30	0,30
1700	34	99,54	0,25
1800	16	99,66	0,12
1900	13	99,75	0,09
2000	24	99,93	0,17
2100	8	99,99	0,06
2200	0	99,99	0
2300	2	100,00	0,01
2400	0	100,00	0
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.16: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

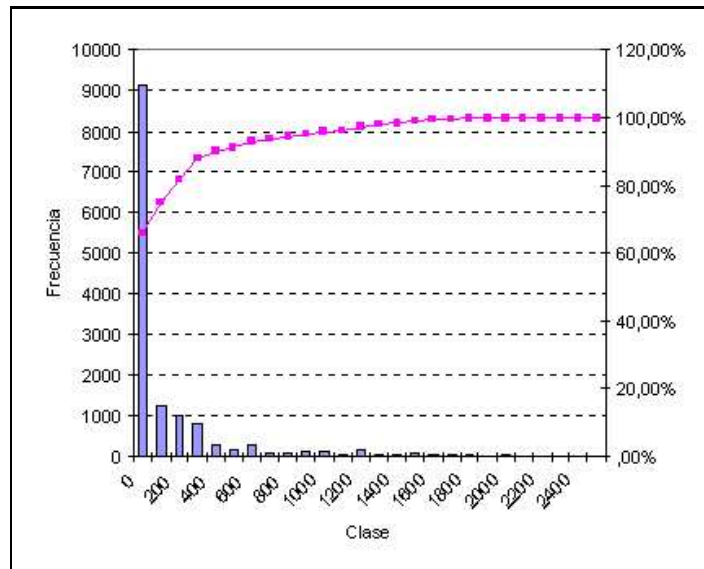


Figura A.16: Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

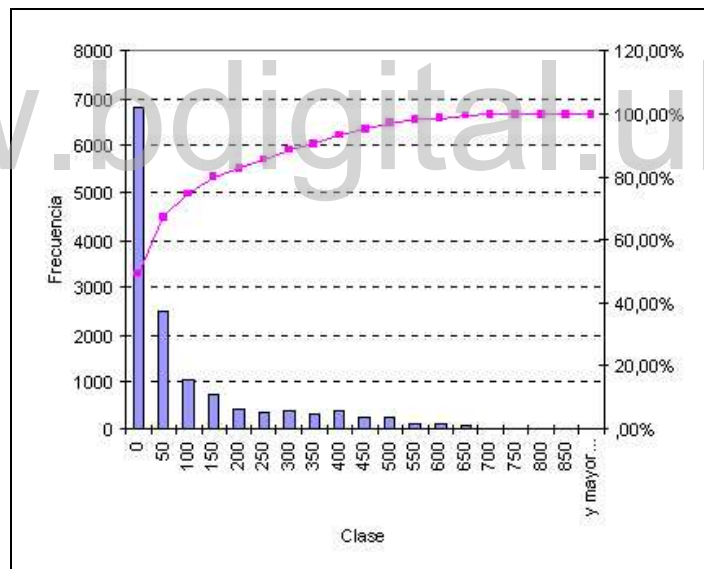


Figura A.17: Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6806	49,19	49,19
50	2486	67,16	17,97
100	1041	74,68	7,52
150	712	79,83	5,15
200	413	82,81	2,98
250	368	85,47	2,66
300	399	88,36	2,88
350	304	90,55	2,20
400	384	93,33	2,78
450	263	95,23	1,90
500	259	97,10	1,87
550	142	98,13	1,03
600	96	98,82	0,69
650	85	99,44	0,61
700	28	99,64	0,20
750	37	99,91	0,27
800	11	99,99	0,08
850	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.17: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	312	2,25	2,25
1	135	3,23	0,98
2	519	6,98	3,75
3	509	10,66	3,68
4	2744	30,49	19,83
5	2075	45,49	15,00
6	1691	57,71	12,22
7	2294	74,29	16,58
8	3557	100,00	25,71
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.18: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

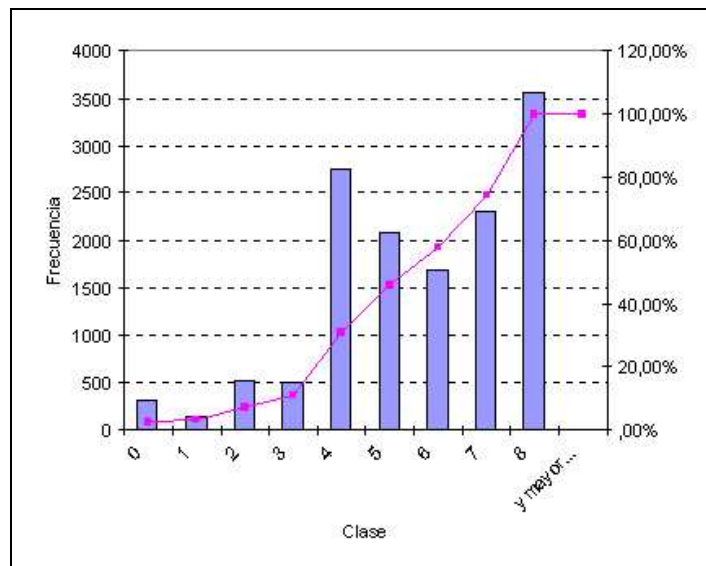


Figura A.18: Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6866	49,62	49,62
10	1346	59,35	9,73
20	663	64,14	4,79
30	700	69,20	5,06
40	408	72,15	2,95
50	398	75,03	2,88
60	313	77,29	2,26
70	254	79,13	1,84
80	199	80,57	1,44
90	153	81,67	1,11
100	148	82,74	1,07
110	129	83,67	0,93
120	2259	100,00	16,33
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.19: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

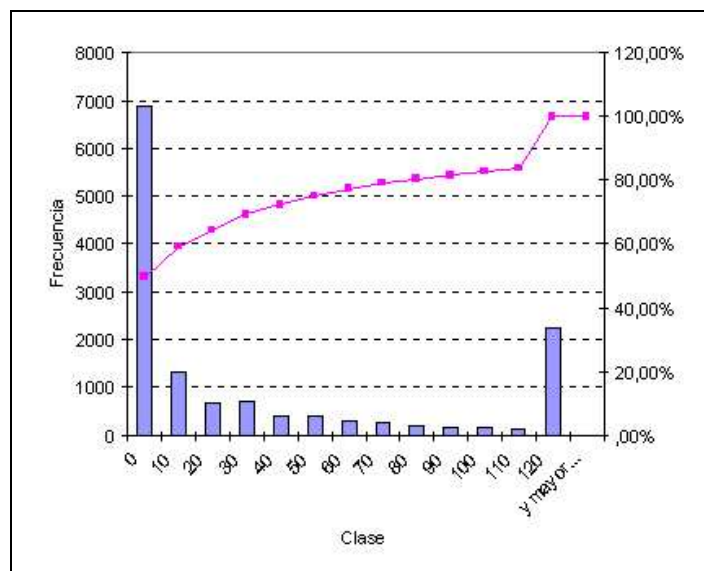


Figura A.19: Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	10331	74,67	74,67
50	729	79,94	5,27
100	441	83,12	3,19
150	309	85,36	2,23
200	236	87,06	1,71
250	252	88,88	1,82
300	274	90,86	1,98
350	270	92,82	1,95
400	336	95,24	2,43
450	243	97,00	1,76
500	227	98,64	1,64
550	105	99,40	0,76
600	38	99,67	0,27
650	40	99,96	0,29
700	3	99,99	0,02
750	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.20: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

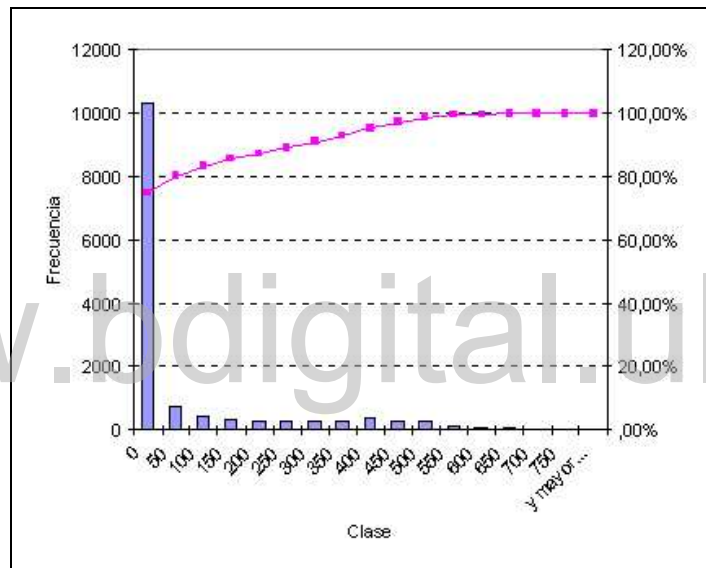


Figura A.20: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar

### A.4. Tiempos de Recorrido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
120	0	0	0
240	0	0	0
360	0	0	0
480	0	0	0
600	0	0	0
720	0	0	0
840	0	0	0
960	0	0	0
1080	0	0	0
1200	0	0	0
1320	0	0	0
1440	0	0	0
1560	0	0	0
1680	0	0	0
1800	0	0	0
1920	0	0	0
2040	0	0	0
2160	0	0	0
2280	0	0	0
2400	0	0	0
2520	0	0	0
2640	0	0	0
2760	230	1,62	1,62
2880	3564	26,79	25,17
3000	7475	79,58	52,79
3120	2777	99,19	19,61
3240	115	100,00	0,81
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.21: Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

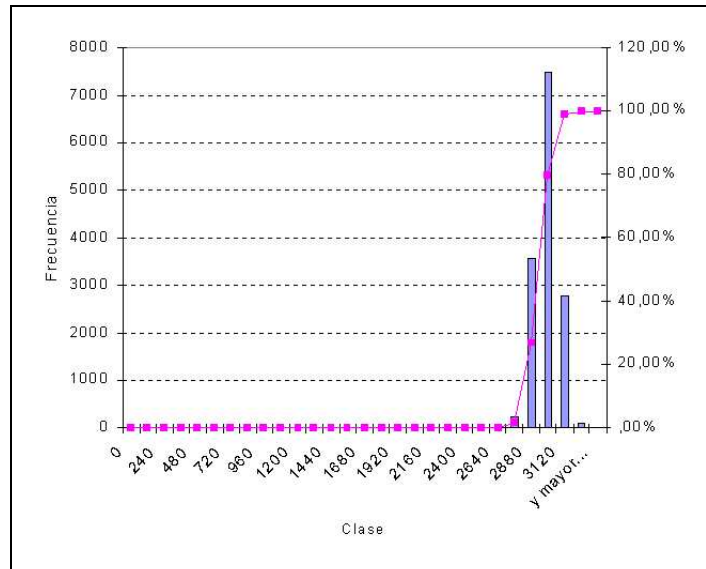


Figura A.21: Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

www.bdigital.ula.ve

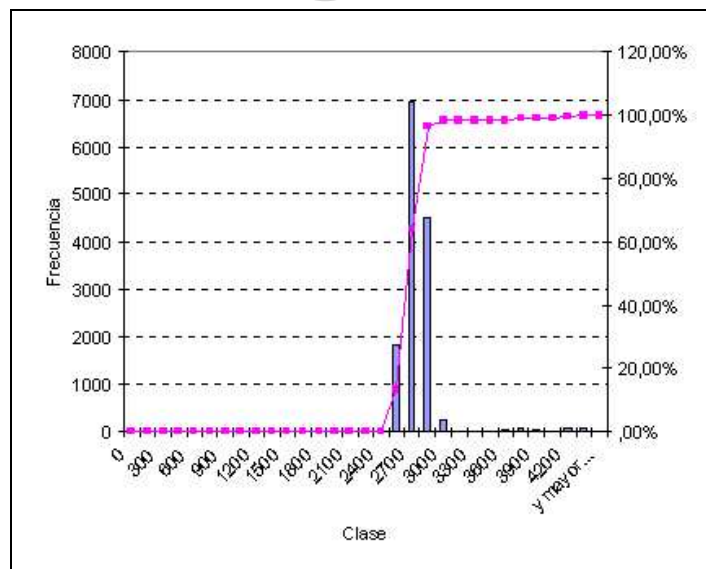


Figura A.22: Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido



Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
150	0	0	0
300	0	0	0
450	0	0	0
600	0	0	0
750	0	0	0
900	0	0	0
1050	0	0	0
1200	0	0	0
1350	0	0	0
1500	0	0	0
1650	0	0	0
1800	0	0	0
1950	0	0	0
2100	0	0	0
2250	0	0	0
2400	2	0,01	0,01
2550	1815	13,22	13,21
2700	6933	63,68	50,46
2850	4507	96,48	32,80
3000	243	98,25	1,77
3150	0	98,25	0
3300	0	98,25	0
3450	0	98,25	0
3600	30	98,47	0,22
3750	60	98,91	0,44
3900	30	99,13	0,22
4050	0	99,56	0
4200	60	100,00	0,44
4350	60	100,00	0
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.22: Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	0	0	0
260	0	0	0
520	0	0	0
780	0	0	0
1040	0	0	0
1300	0	0	0
1560	0	0	0
1820	0	0	0
2080	0	0	0
2340	0	0	0
2600	0	0	0
2860	0	0	0
3120	0	0	0
3380	0	0	0
3640	0	0	0
3900	0	0	0
4160	0	0	0
4420	0	0	0
4680	0	0	0
4940	0	0	0
5200	0	0	0
5460	2297	16,72	16,72
5720	8753	80,42	63,70
5980	2438	98,17	17,74
6240	12	98,25	0,09
6500	40	98,54	0,29
6760	80	99,13	0,58
7020	0	99,13	0
7280	120	100,00	0,87
y mayor...	0	100,00	0

Tabla A.23: Estadística del tiempo total de recorrido

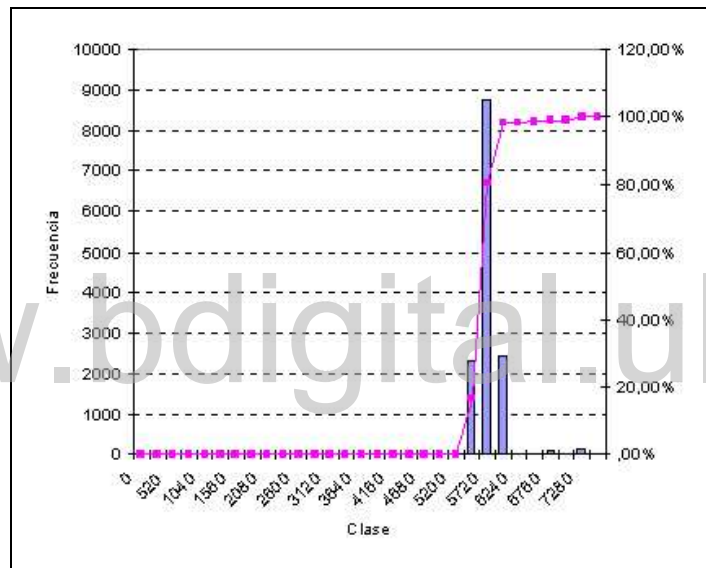


Figura A.23: Tiempo total de recorrido

# Apéndice B

## Resultados Escenario 3

### B.1. Estación Santa Juana

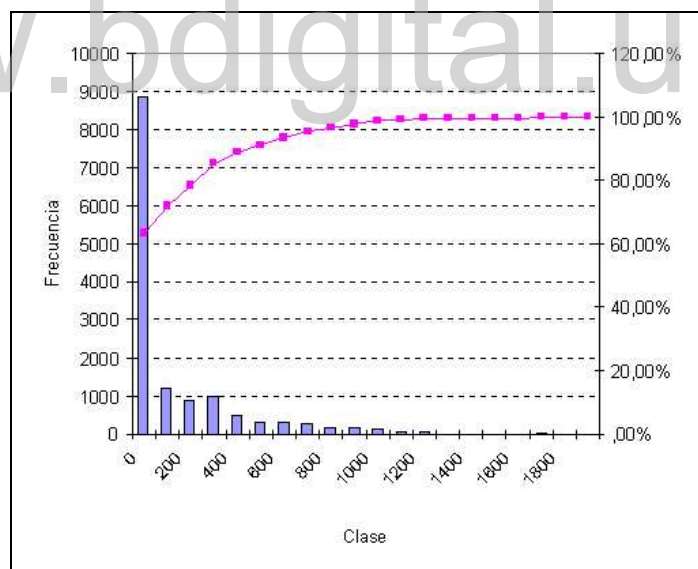


Figura B.1: Tiempo entre trolés en la Estac. Santa Juana sudiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8875	63,35	63,35
100	1196	71,89	8,54
200	912	78,40	6,51
300	981	85,40	7,00
400	480	88,83	3,43
500	308	91,03	2,20
600	318	93,30	2,27
700	298	95,42	2,13
800	174	96,67	1,24
900	161	97,82	1,15
1000	121	98,68	0,86
1100	78	99,24	0,56
1200	59	99,66	0,42
1300	7	99,71	0,05
1400	6	99,75	0,04
1500	2	99,76	0,01
1600	2	99,78	0,01
1700	30	99,99	0,21
1800	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.1: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8938	63,80	63,80
10	2769	83,57	19,77
20	1411	93,64	10,07
30	489	97,13	3,49
40	154	98,23	1,10
50	76	98,77	0,54
60	37	99,04	0,26
70	31	99,26	0,22
80	35	99,51	0,25
90	35	99,76	0,25
100	19	99,89	0,14
110	10	99,96	0,07
120	4	99,99	0,03
130	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.2: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo

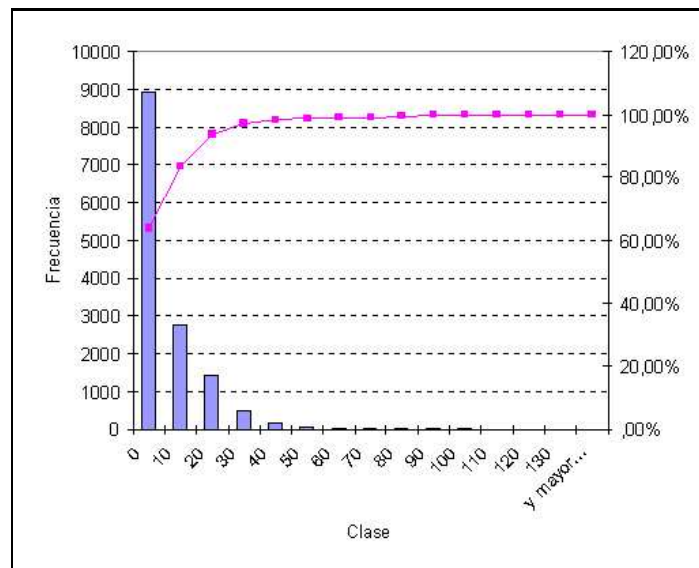


Figura B.2: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	1886	13,46	13,46
5	2613	32,12	18,65
6	3314	55,77	23,66
7	3177	78,45	22,68
8	3019	100,00	21,55
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.3: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

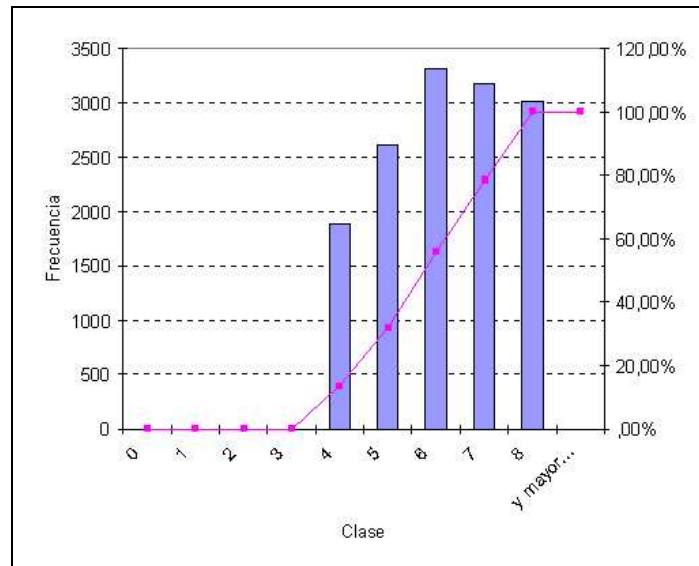


Figura B.3: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8938	63,80	63,80
10	2920	84,65	20,84
20	1373	94,45	9,80
30	472	97,82	3,37
40	150	98,89	1,07
50	76	99,43	0,54
60	38	99,70	0,27
70	10	99,77	0,07
80	8	99,83	0,06
90	8	99,89	0,06
100	11	99,96	0,08
110	4	99,99	0,03
120	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.4: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo



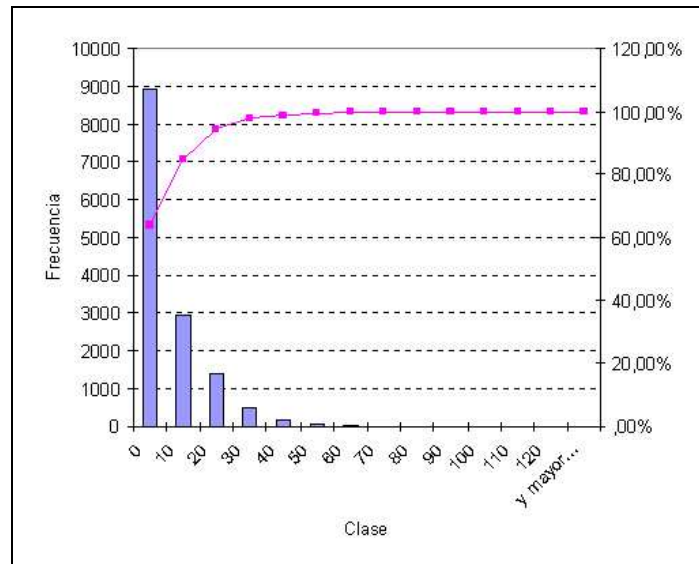


Figura B.4: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13826	98,69	98,69
10	57	99,10	0,41
20	21	99,25	0,15
30	11	99,33	0,08
40	0	99,33	0
50	2	99,34	0,01
60	12	99,43	0,09
70	26	99,61	0,19
80	30	99,83	0,21
90	18	99,96	0,13
100	3	99,98	0,02
110	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.5: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

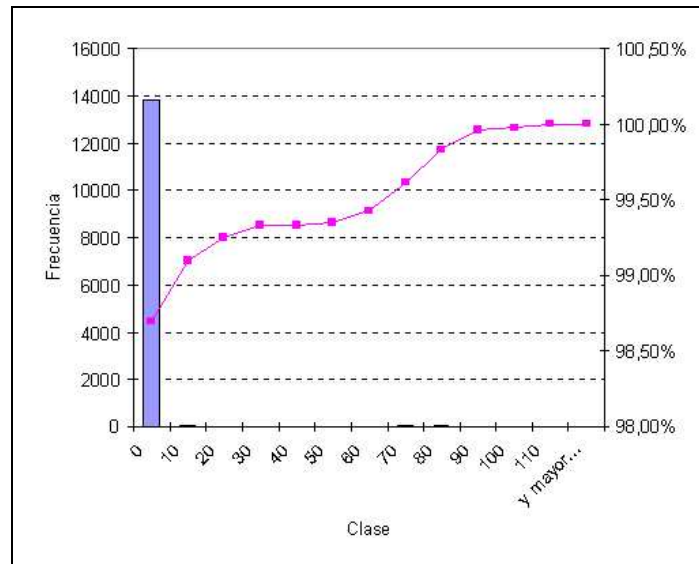


Figura B.5: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

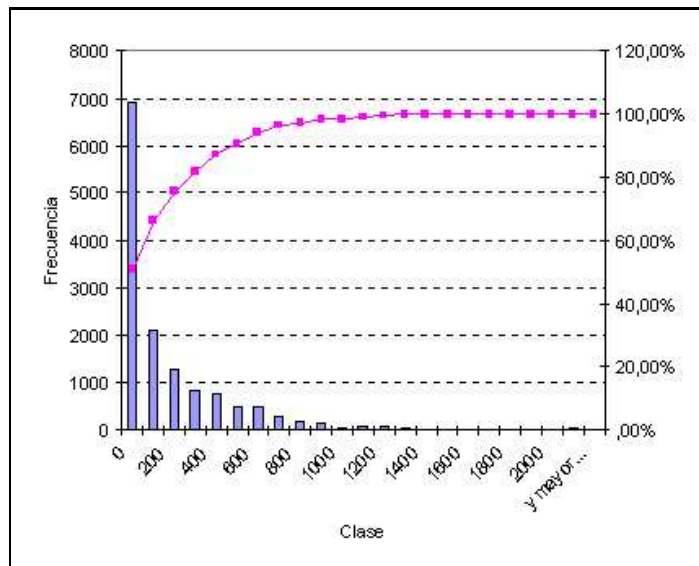


Figura B.6: Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6911	50,85	50,85
100	2078	66,14	15,29
200	1276	75,53	9,39
300	827	81,62	6,09
400	761	87,22	5,60
500	476	90,72	3,50
600	458	94,09	3,37
700	286	96,20	2,10
800	157	97,35	1,16
900	124	98,26	0,91
1000	25	98,44	0,18
1100	86	99,07	0,63
1200	53	99,46	0,39
1300	33	99,71	0,24
1400	5	99,74	0,04
1500	4	99,77	0,03
1600	1	99,78	0,01
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	30	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.6: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8218	60,47	60,47
8	2530	79,09	18,62
16	993	86,39	7,31
24	539	90,36	3,97
32	465	93,78	3,42
40	315	96,10	2,32
48	207	97,62	1,52
56	124	98,54	0,91
64	64	99,01	0,47
72	57	99,43	0,42
80	40	99,72	0,29
88	22	99,88	0,16
96	12	99,97	0,09
104	1	99,88	0,01
112	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.7: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando

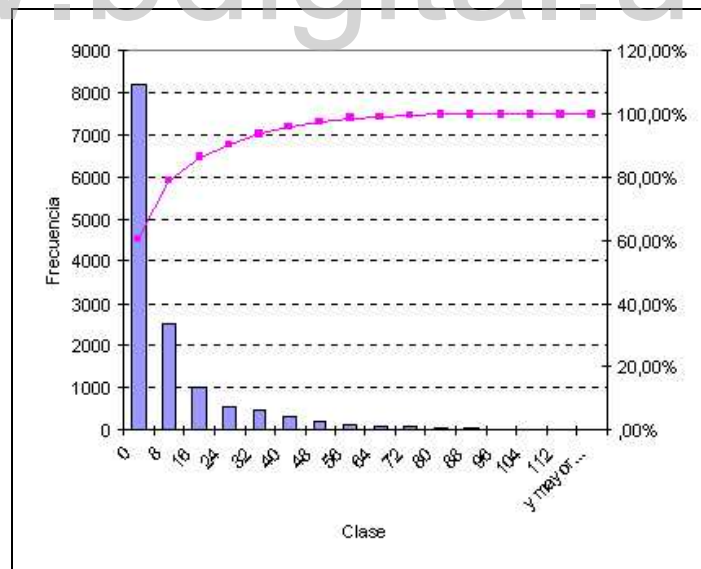


Figura B.7: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
1	780	5,74	0
2	400	8,68	2,94
3	3524	34,61	25,93
4	3540	60,66	26,05
5	1580	72,29	11,63
6	3296	96,54	24,25
7	470	100,00	3,46
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.8: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

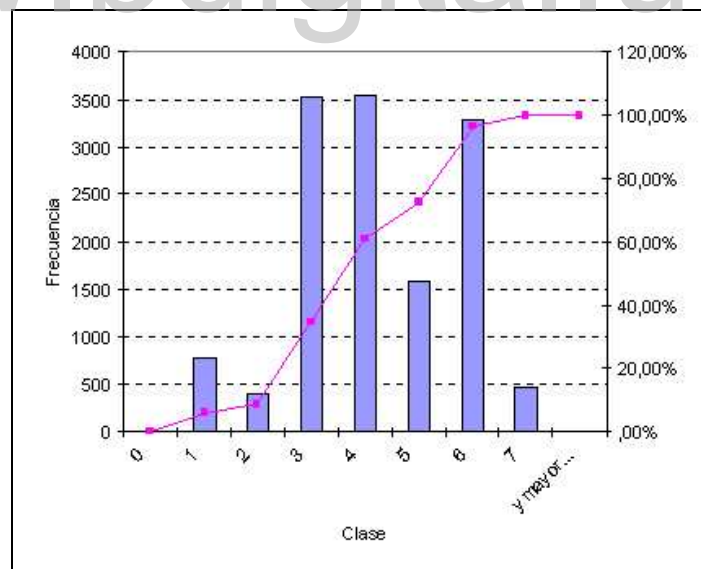


Figura B.8: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8218	60,47	60,47
8	2534	79,12	18,65
16	996	86,45	7,33
24	543	90,44	4,00
32	463	93,85	3,41
40	313	96,15	2,30
48	202	97,64	1,49
56	124	98,55	0,91
64	63	99,01	0,46
72	56	99,43	0,41
80	40	99,72	0,29
88	22	99,88	0,16
96	12	99,97	0,09
104	1	99,98	0,01
112	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.9: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

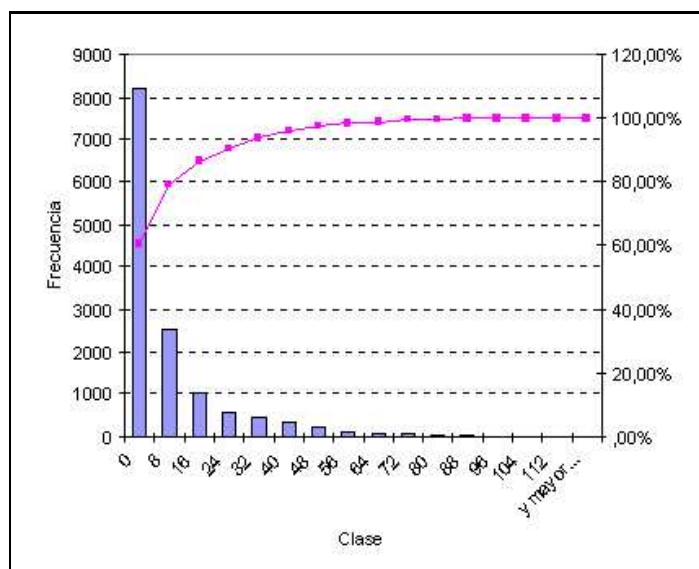


Figura B.9: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13571	99,86	99,86
8	7	99,91	0,05
16	3	99,93	0,02
24	4	99,96	0,03
32	3	99,99	0,02
40	0	99,99	0
48	0	99,99	0
56	0	99,99	0
64	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.10: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

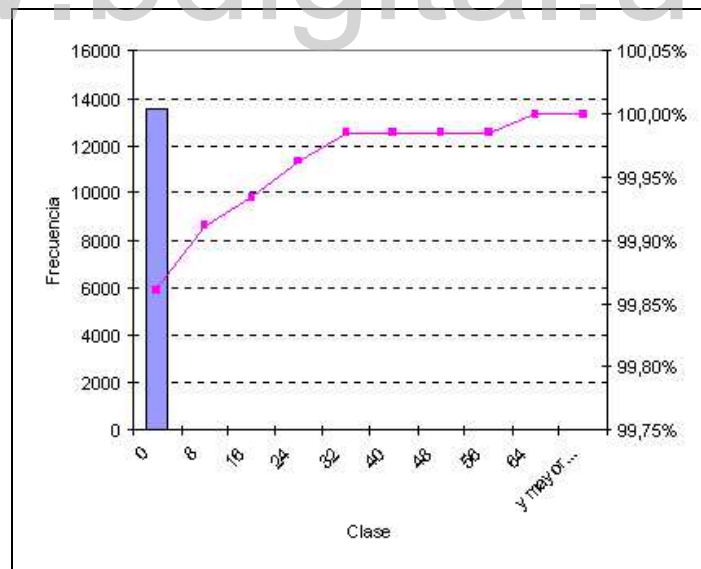


Figura B.10: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando

## B.2. Estación Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8283	59,93	59,93
100	1232	68,85	8,91
200	1338	78,53	9,68
300	668	83,36	4,83
400	533	87,22	3,86
500	446	90,45	3,23
600	500	94,07	3,62
700	289	96,16	2,09
800	91	96,82	0,66
900	175	98,08	1,27
1000	100	98,81	0,72
1100	65	99,28	0,47
1200	55	99,67	0,40
1300	10	99,75	0,07
1400	3	99,77	0,02
1500	2	99,78	0,01
1600	0	99,78	0
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	0	99,78	0
2200	0	99,78	0
2300	30	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.11: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora



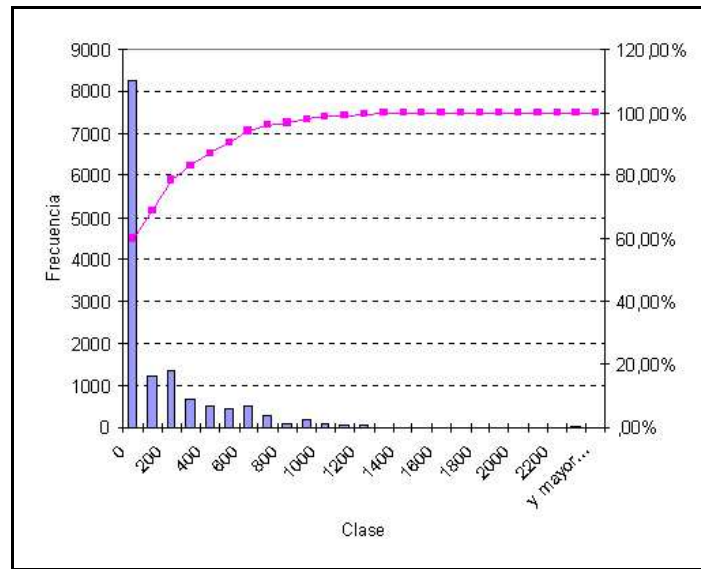


Figura B.11: Tiempo entre trolés en la Estac. Obispo Lora

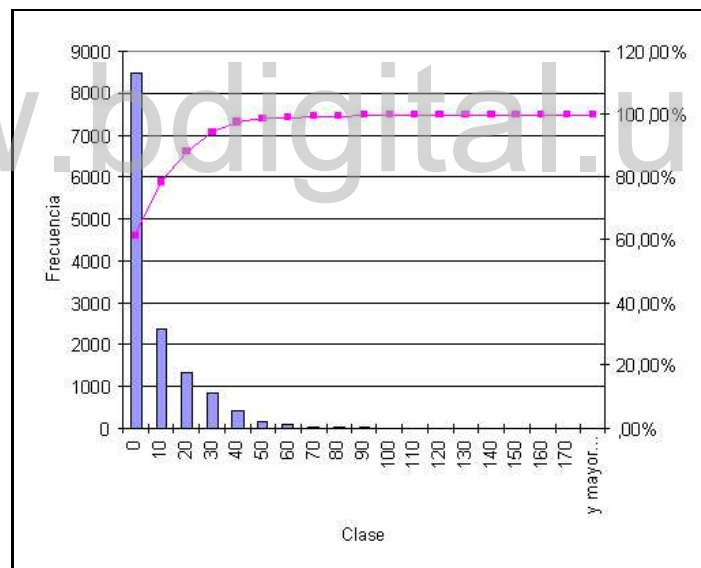


Figura B.12: Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8488	61,42	61,42
10	2369	78,56	17,14
20	1341	88,26	9,70
30	848	94,40	6,14
40	419	97,43	3,03
50	149	98,51	1,08
60	85	99,12	0,62
70	39	99,41	0,28
80	24	99,58	0,17
90	16	99,70	0,12
100	10	99,77	0,07
110	1	99,78	0,01
120	3	99,80	0,02
130	9	99,86	0,07
140	9	99,93	0,07
150	5	99,96	0,04
160	4	99,99	0,03
170	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.12: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	0	0
35	0	0	0
40	912	6,60	6,60
45	5983	49,89	43,29
50	1751	62,56	12,67
55	1274	71,78	9,22
60	3900	100,00	28,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.13: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

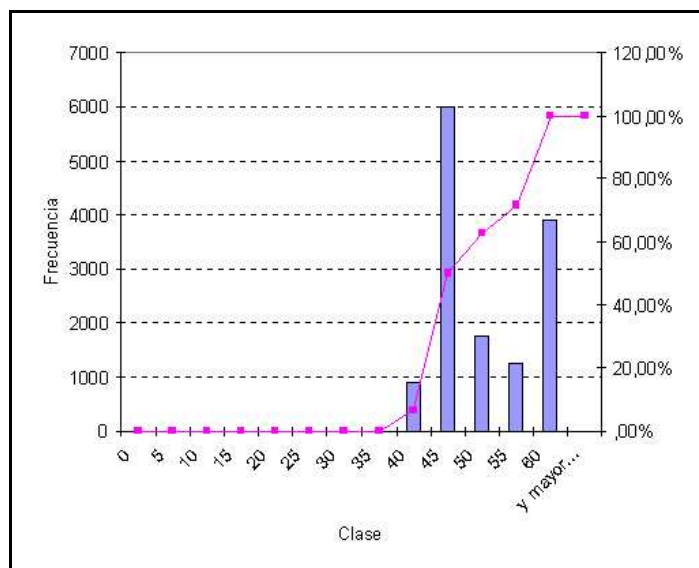


Figura B.13: Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	8488	61,42	61,42
5	1232	70,33	8,91
10	1137	78,56	8,23
15	738	83,90	5,34
20	603	88,26	4,36
25	462	91,61	3,34
30	386	94,40	2,79
35	235	96,10	1,70
40	184	97,43	1,33
45	99	98,15	0,72
50	53	98,53	0,38
55	55	98,93	0,40
60	58	99,35	0,42
65	54	99,74	0,39
70	10	99,81	0,07
75	11	99,89	0,08
80	15	100,00	0,11
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.14: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

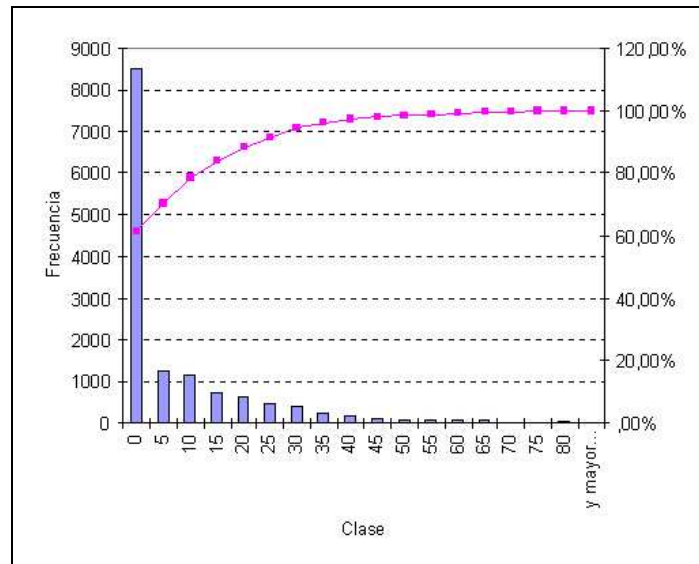


Figura B.14: Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13743	99,44	99,44
10	19	99,58	0,14
20	7	99,63	0,05
30	11	99,71	0,08
40	9	99,78	0,07
50	0	99,78	0
60	4	99,80	0,03
70	6	99,85	0,04
80	10	99,92	0,07
90	8	99,98	0,06
100	2	99,99	0,01
110	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.15: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

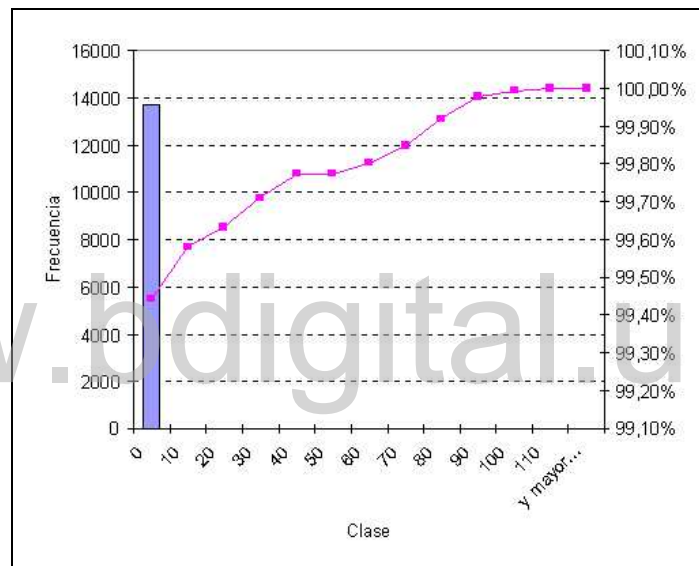


Figura B.15: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora

### B.3. Estación Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	7771	56,20	56,20
100	1805	69,25	13,05
200	1088	77,12	7,87
300	967	84,11	6,99
400	533	87,97	3,85
500	338	90,41	2,44
600	493	93,98	3,57
700	258	95,84	1,87
800	126	96,75	0,91
900	136	97,74	0,98
1000	131	98,68	0,95
1100	56	99,09	0,40
1200	84	99,70	0,61
1300	2	99,71	0,01
1400	8	99,77	0,06
1500	31	99,99	0,22
1600	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.16: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

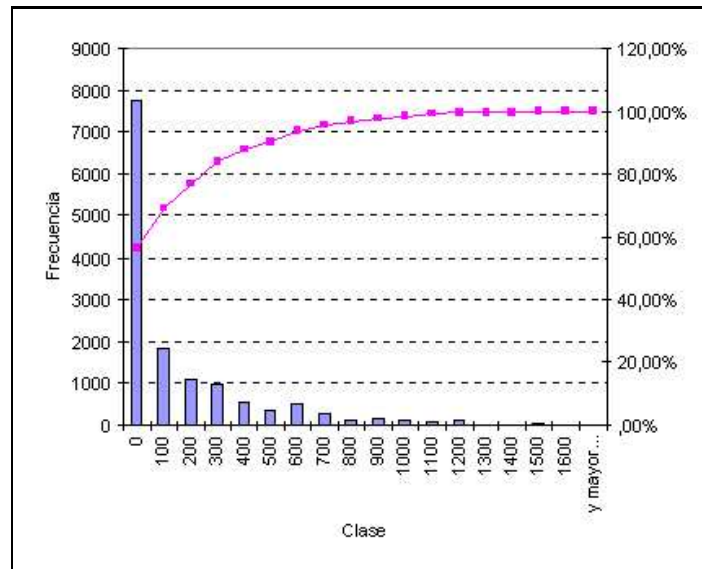


Figura B.16: Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

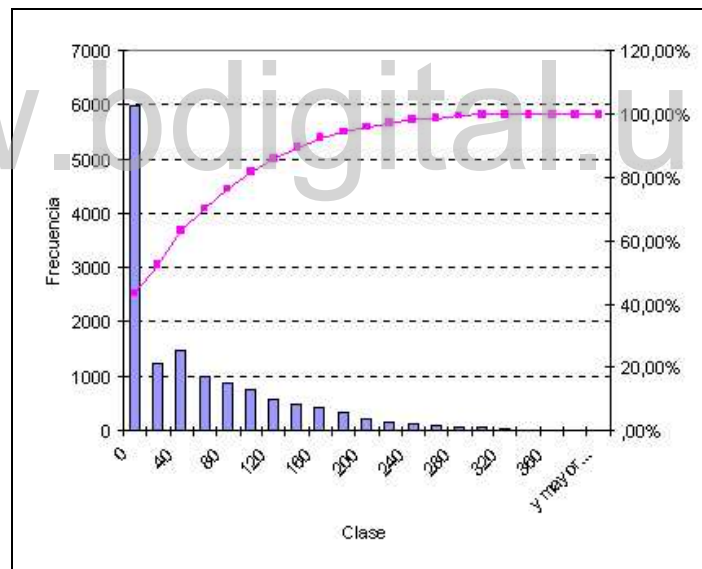


Figura B.17: Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	5995	43,35	43,35
20	1240	52,32	8,97
40	1466	62,92	10,60
60	990	70,08	7,16
80	876	76,42	6,33
100	746	81,81	5,39
120	571	85,94	4,13
140	478	89,40	3,46
160	409	92,36	2,96
180	316	94,64	2,29
200	212	96,17	1,53
220	159	97,32	1,15
240	124	98,22	0,90
260	91	98,88	0,66
280	64	99,34	0,46
300	55	99,74	0,40
320	24	99,91	0,17
340	7	99,96	0,05
360	2	99,98	0,01
380	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.17: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	368	2,66	2,66
5	224	4,28	1,62
10	396	7,14	2,86
15	90	7,80	0,65
20	3651	34,20	26,40
25	3586	60,13	25,93
30	2197	76,02	15,89
35	2214	92,03	16,01
40	1102	100,00	7,97
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.18: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar



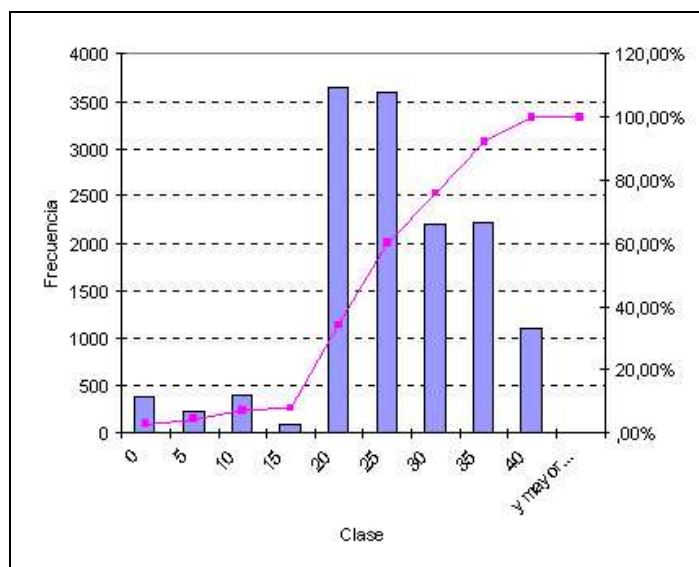


Figura B.18: Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	5995	43,35	43,35
10	468	46,74	3,38
20	783	52,40	5,66
30	975	59,45	7,05
40	633	64,03	4,58
50	559	68,07	4,04
60	470	71,47	3,40
70	460	74,80	3,33
80	428	77,89	3,10
90	1234	86,82	8,92
100	1231	95,72	8,90
110	470	99,12	3,40
120	122	100,00	0,88
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.19: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

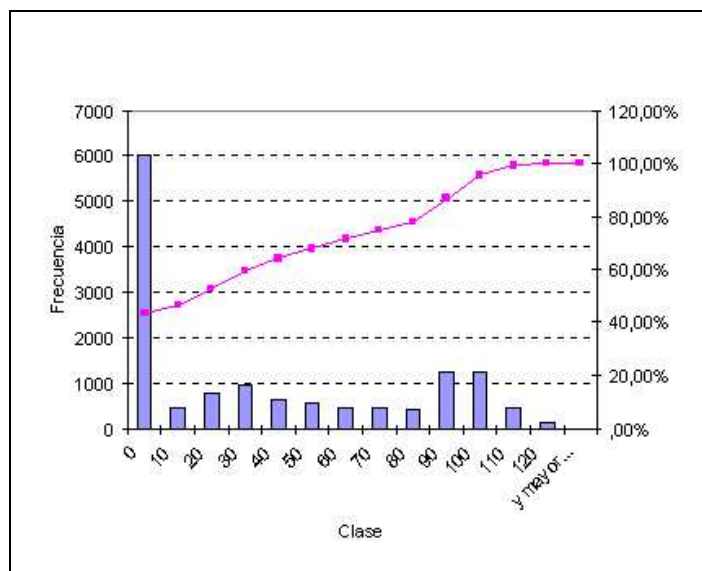


Figura B.19: Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	11052	79,92	79,92
20	584	84,15	4,22
40	492	87,71	3,56
60	452	90,97	3,27
80	360	93,58	2,60
100	267	95,51	1,93
120	201	96,96	1,45
140	149	98,04	1,08
160	92	98,71	0,67
180	70	99,21	0,51
200	48	99,56	0,35
220	38	99,83	0,27
240	16	99,95	0,12
260	3	99,97	0,02
280	2	99,99	0,01
300	2	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.20: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

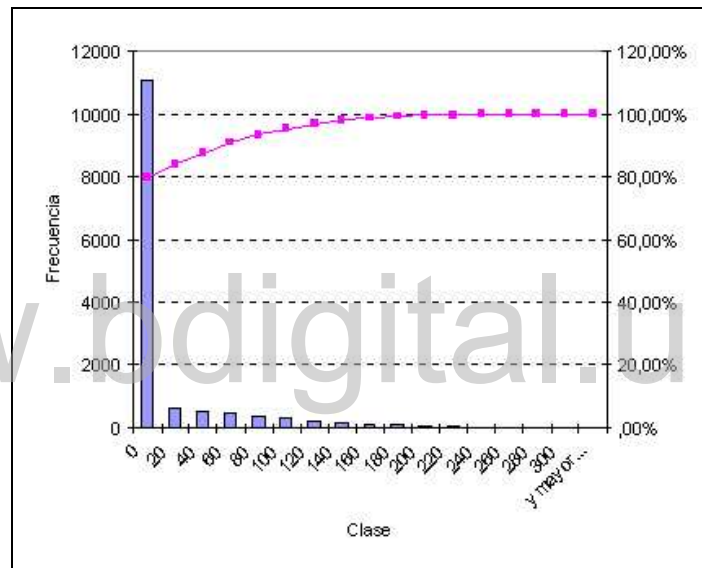


Figura B.20: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar

## B.4. Tiempos de Recorrido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
130	0	0	0
260	0	0	0
390	0	0	0
520	0	0	0
650	0	0	0
780	0	0	0
910	0	0	0
1040	0	0	0
1170	0	0	0
1300	0	0	0
1430	0	0	0
1560	0	0	0
1690	0	0	0
1820	0	0	0
1950	0	0	0
2080	0	0	0
2210	0	0	0
2340	0	0	0
2470	0	0	0
2600	0	0	0
2730	1	01	0,01
2860	3550	25,69	25,69
2990	8031	83,81	58,11
3120	2160	99,44	15,63
3250	78	100,00	0,56
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.21: Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

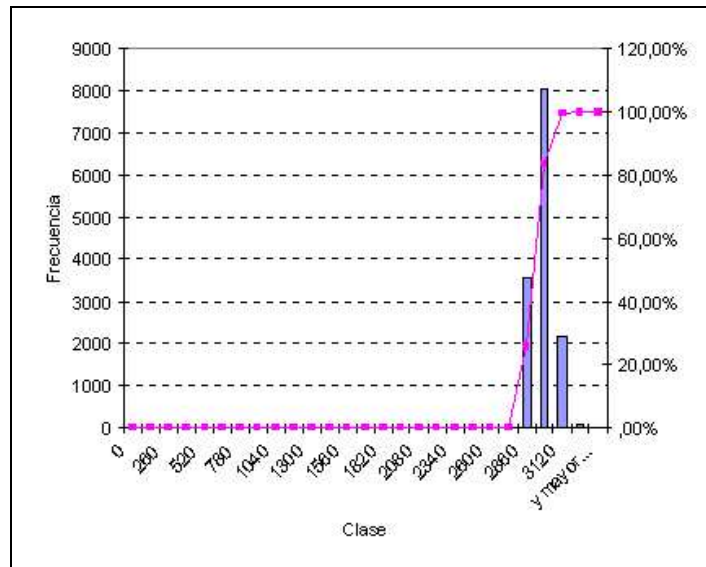


Figura B.21: Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

www.bdigital.ula.ve

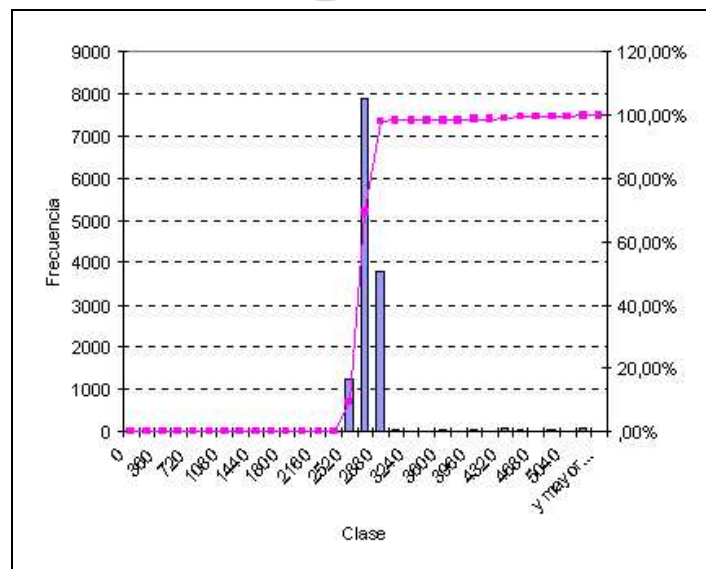


Figura B.22: Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
180	0	0	0
360	0	0	0
540	0	0	0
720	0	0	0
900	0	0	0
1080	0	0	0
1260	0	0	0
1440	0	0	0
1620	0	0	0
1800	0	0	0
1980	0	0	0
2160	0	0	0
2340	0	0	0
2520	1250	9,46	9,46
2700	7888	69,17	59,71
2880	3800	97,94	28,77
3060	32	98,18	0,24
3240	0	98,18	0
3420	0	98,18	0
3600	30	98,41	0,23
3780	0	98,41	0
3960	30	98,64	0,23
4140	0	98,64	0
4320	60	99,09	0,45
4500	30	99,32	0,23
4680	0	99,32	0
4860	30	99,55	0,23
5040	0	99,55	0
5220	60	100,00	0,45
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.22: Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
290	0	0	0
580	0	0	0
870	0	0	0
1160	0	0	0
1450	0	0	0
1740	0	0	0
2030	0	0	0
2320	0	0	0
2610	0	0	0
2900	0	0	0
3190	0	0	0
3480	0	0	0
3770	0	0	0
4060	0	0	0
4350	0	0	0
4640	0	0	0
4930	0	0	0
5220	0	0	0
5510	4594	34,78	34,78
5800	8074	95,90	61,12
6090	302	98,18	2,29
6380	0	98,18	0
6670	30	98,41	0,23
6960	30	98,64	0,23
7250	30	98,86	0,23
7540	60	99,32	0,45
7830	30	99,55	0,23
8120	30	99,77	0,23
8410	30	100,00	0,23
y mayor...	0	100,00	0

Tabla B.23: Estadística del tiempo total de recorrido

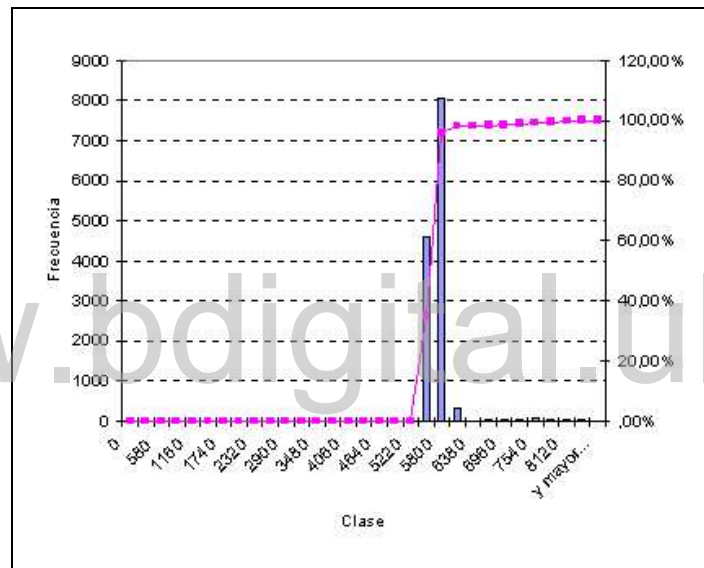


Figura B.23: Tiempo total de recorrido



# Apéndice C

## Resultados Escenario 4

### C.1. Estación Santa Juana

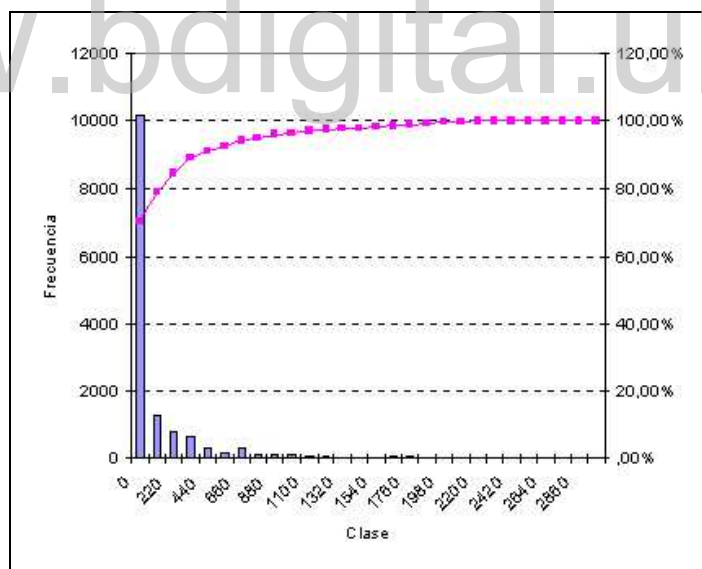


Figura C.1: Tiempo entre trolés en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	10172	70,35	70,35
110	1267	79,11	8,76
220	784	84,53	5,42
330	664	89,12	4,59
440	289	91,12	2,00
550	187	92,41	1,29
660	290	94,42	2,01
770	107	95,16	0,74
880	111	95,93	0,77
990	97	96,60	0,67
1100	67	97,06	0,46
1210	82	97,63	0,57
1320	23	97,79	0,16
1430	27	97,97	0,19
1540	22	98,13	0,15
1650	78	98,67	0,54
1760	60	99,08	0,41
1870	37	99,34	0,26
1980	34	99,57	0,24
2090	27	99,76	0,19
2200	20	99,90	0,14
2310	3	99,92	0,02
2420	1	99,92	0,01
2530	4	99,95	0,03
2640	5	99,99	0,03
2750	1	99,99	0,01
2860	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.1: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	10135	70,09	70,09
10	2295	85,96	15,87
20	1012	92,96	7,00
30	304	95,06	2,10
40	133	95,98	0,92
50	139	96,94	0,96
60	93	97,59	0,64
70	115	98,38	0,80
80	111	99,15	0,77
90	73	99,65	0,50
100	26	99,83	0,18
110	12	99,92	0,08
120	9	99,98	0,06
130	1	99,99	0,01
140	1	99,99	0,01
150	1	100,00	0,01

Tabla C.2: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana subiendo

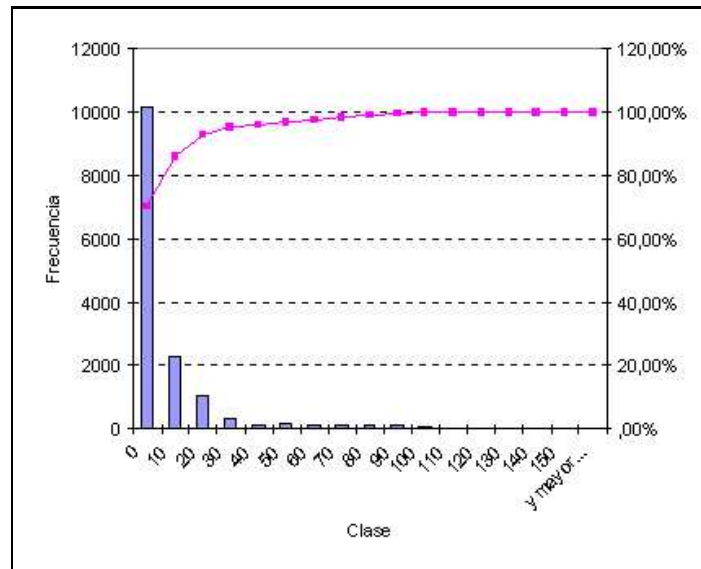


Figura C.2: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana subiendo

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
1	0	0	0
2	1881	13,01	13,01
3	6013	54,59	41,58
4	6566	100,00	45,41
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.3: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

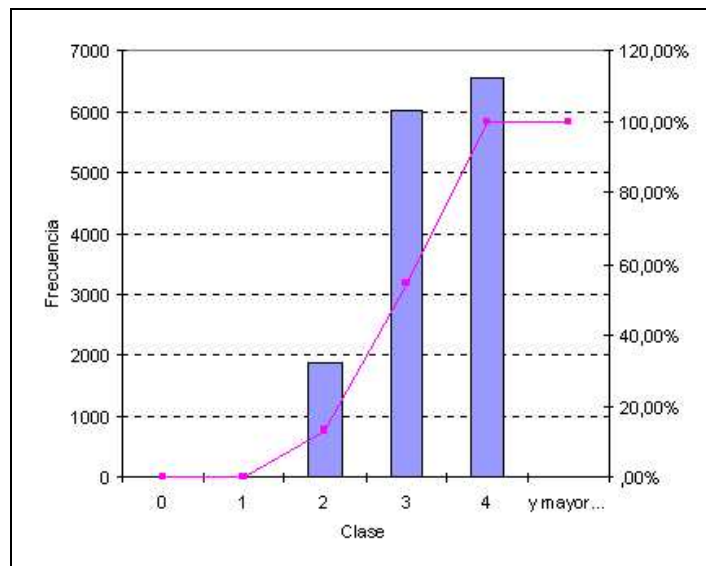


Figura C.3: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	10135	70,09	70,09
10	2592	88,02	17,93
20	969	94,72	6,70
30	279	96,65	1,93
40	113	97,43	0,78
50	109	98,18	0,75
60	59	98,59	0,41
70	57	98,98	0,39
80	53	99,35	0,37
90	51	99,70	0,35
100	21	99,85	0,15
110	12	99,93	0,08
120	10	100,00	0,07
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.4: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

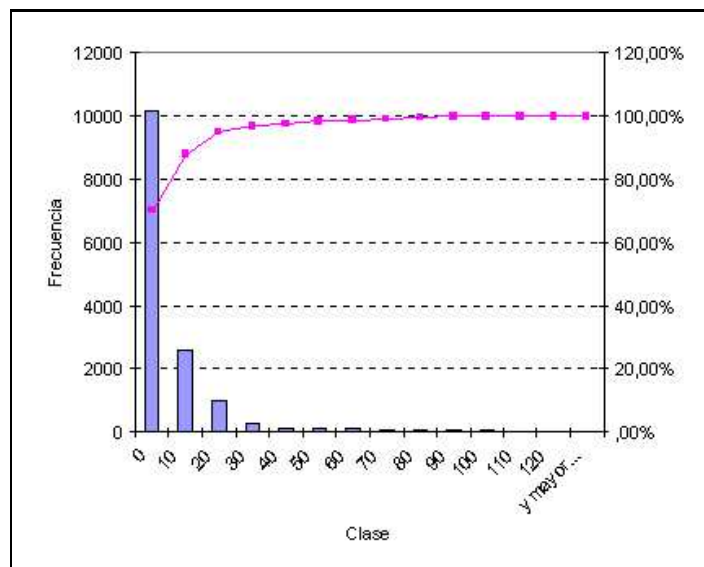


Figura C.4: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	14102	97,52	97,52
10	64	97,97	0,44
20	43	98,26	0,30
30	26	98,44	0,18
40	29	98,64	0,20
50	34	98,88	0,24
60	38	99,14	0,26
70	65	99,59	0,45
80	49	99,93	0,34
90	6	99,97	0,04
100	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.5: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

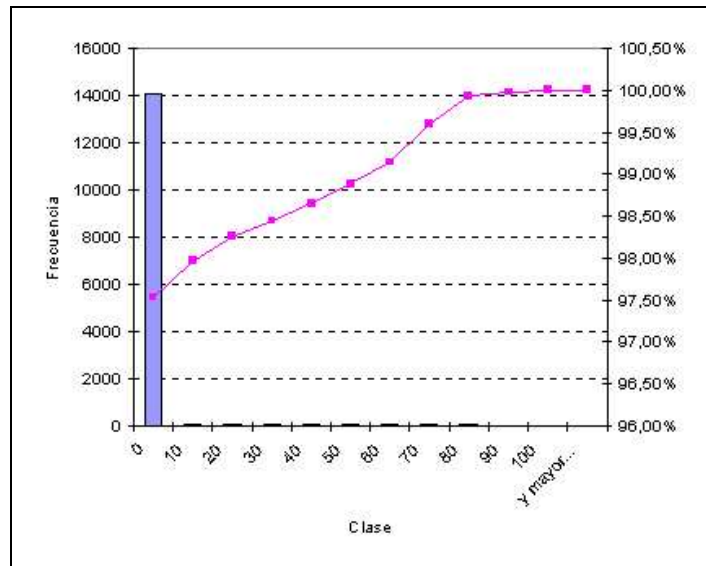


Figura C.5: Pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana subiendo

www.bdigital.ula.ve

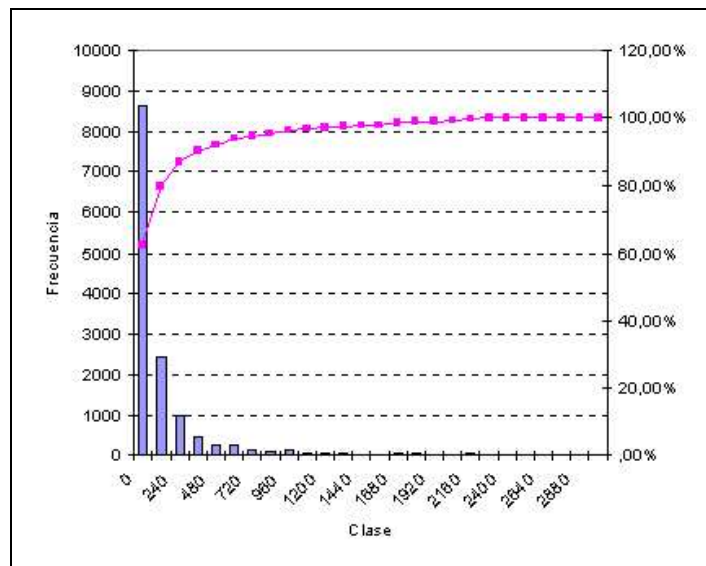


Figura C.6: Tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8648	62,20	62,20
120	2450	79,82	17,62
240	998	87,00	7,18
360	464	90,34	3,34
480	235	92,03	1,69
600	241	93,76	1,73
720	137	94,75	0,99
840	83	95,35	0,60
960	127	96,26	0,91
1080	54	96,65	0,39
1200	63	97,10	0,45
1320	63	97,55	0,45
1440	39	97,83	0,28
1560	32	98,07	0,23
1680	64	98,53	0,46
1800	59	98,95	0,42
1920	28	99,15	0,20
2040	30	99,37	0,22
2160	67	99,85	0,48
2280	9	99,91	0,06
2400	3	99,94	0,02
2520	0	99,94	0
2640	3	99,96	0,02
2760	2	99,97	0,01
2880	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.6: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Santa Juana bajando



Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9495	68,29	68,29
15	2537	86,54	18,25
30	729	91,79	5,24
45	399	94,66	2,87
60	154	95,76	1,11
75	131	96,71	0,94
90	152	97,80	1,09
105	84	98,40	0,60
120	60	98,83	0,43
135	67	99,32	0,48
150	30	99,53	0,22
165	27	99,73	0,19
180	23	99,89	0,17
195	7	99,94	0,05
210	4	99,97	0,03
225	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.7: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Santa Juana bajando

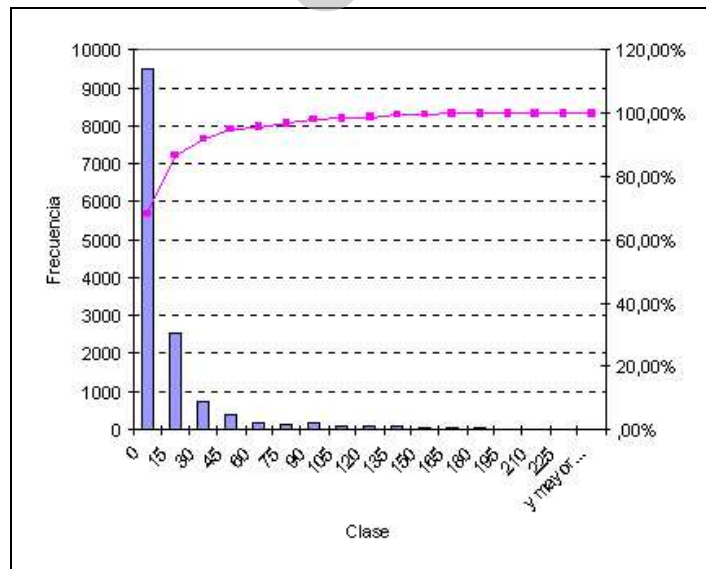


Figura C.7: Pasajeros en espera en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
1	1211	8,71	8,71
2	7673	63,90	55,19
3	4721	97,86	33,96
4	298	100,00	2,14
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.8: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

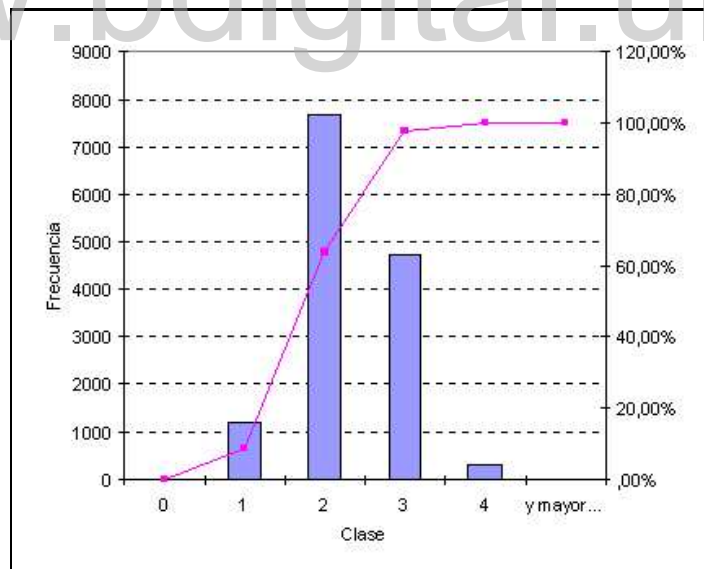


Figura C.8: Pasajeros que bajan en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9495	68,29	68,29
10	2385	85,45	17,15
20	731	90,71	5,26
30	429	93,79	3,09
40	272	95,75	1,96
50	146	96,80	1,05
60	69	97,30	0,50
70	65	97,76	0,47
80	66	98,24	0,47
90	59	98,66	0,42
100	37	98,93	0,27
110	23	99,09	0,17
120	126	100,00	0,91
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.9: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

www.bdigital.ula.ve

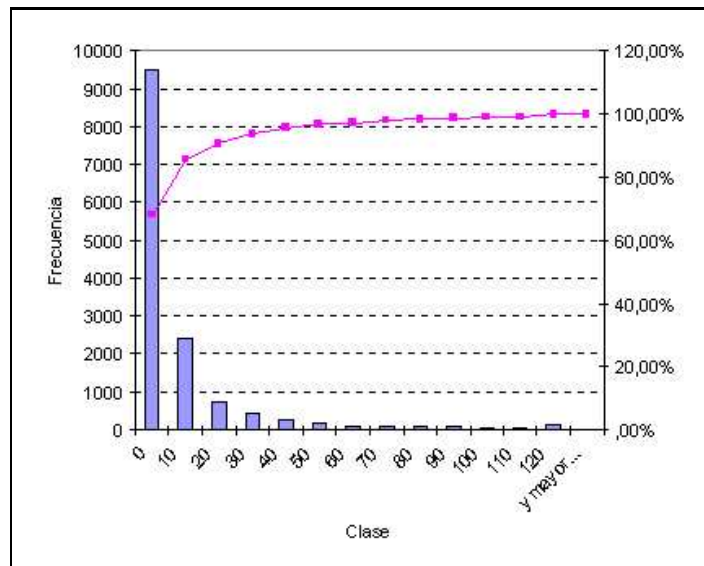


Figura C.9: Pasajeros que suben en la Estac. Santa Juana bajando

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13336	95,92	95,92
10	149	96,99	1,07
20	89	97,63	0,64
30	30	97,85	0,22
40	26	98,04	0,19
50	26	98,22	0,19
60	41	98,52	0,29
70	27	98,71	0,19
80	43	99,02	0,31
90	31	99,24	0,22
100	26	99,43	0,19
110	14	99,53	0,10
120	19	99,67	0,14
130	17	99,79	0,12
140	12	99,88	0,09
150	13	99,97	0,09
160	1	99,98	0,01
170	3	100,00	0,02
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.10: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Santa Juana bajando

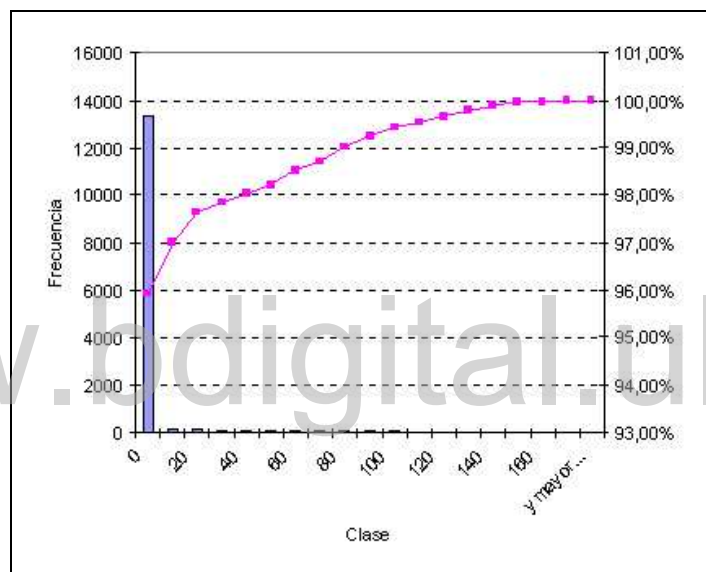


Figura C.10: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Santa Juana bajando

## C.2. Estación Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9796	69,17	69,17
120	972	76,03	6,86
240	1369	85,70	9,67
360	405	88,56	2,86
480	421	91,53	2,97
600	326	93,84	2,30
720	135	94,79	0,95
840	117	95,62	0,83
960	118	96,45	0,83
1080	80	97,01	0,56
1200	74	97,54	0,52
1320	25	97,71	0,18
1440	38	97,98	0,27
1560	39	98,26	0,28
1680	47	98,59	0,33
1800	67	99,06	0,47
1920	10	99,13	0,07
2040	50	99,48	0,35
2160	28	99,68	0,20
2280	0	99,68	0
2400	35	99,93	0,25
2520	3	99,95	0,02
2640	5	99,99	0,04
2760	1	99,99	0,01
2880	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.11: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

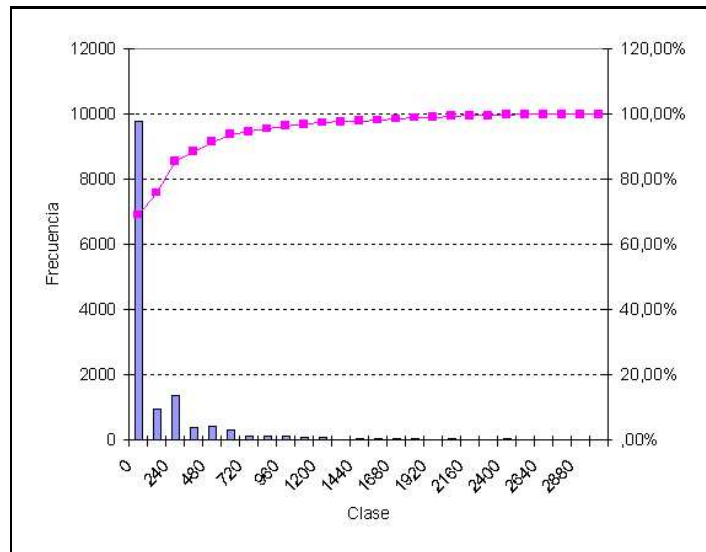


Figura C.11: Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

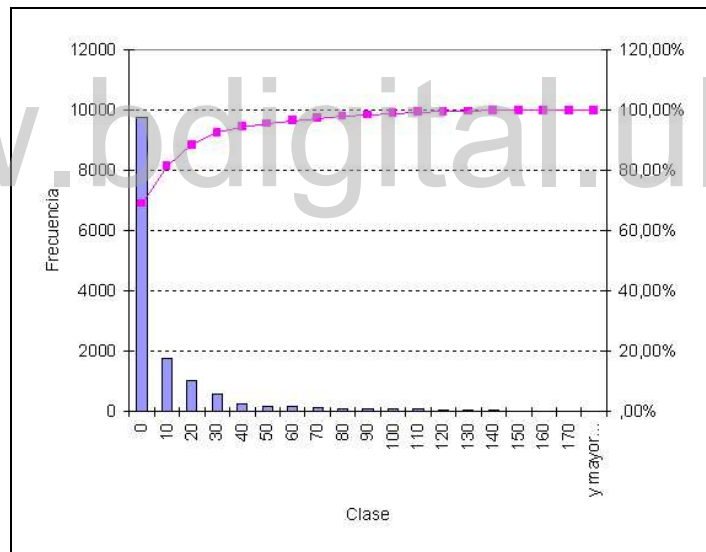


Figura C.12: Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9778	69,04	69,17
10	1758	81,46	12,41
20	1013	88,61	7,15
30	578	92,69	4,08
40	253	94,48	1,79
50	153	95,56	1,08
60	138	96,53	0,97
70	116	97,35	0,82
80	93	98,01	0,66
90	73	98,52	0,52
100	61	98,95	0,43
110	59	99,37	0,42
120	34	99,61	0,24
130	17	99,73	0,12
140	25	99,91	0,18
150	7	99,96	0,05
160	5	99,99	0,04
170	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.12: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	0	69,04	0
4	0	0	0
8	0	0	0
12	0	0	0
16	0	0	0
20	662	4,67	4,67
24	7459	57,34	52,67
28	1991	71,40	14,06
32	4050	100,00	28,60
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.13: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora



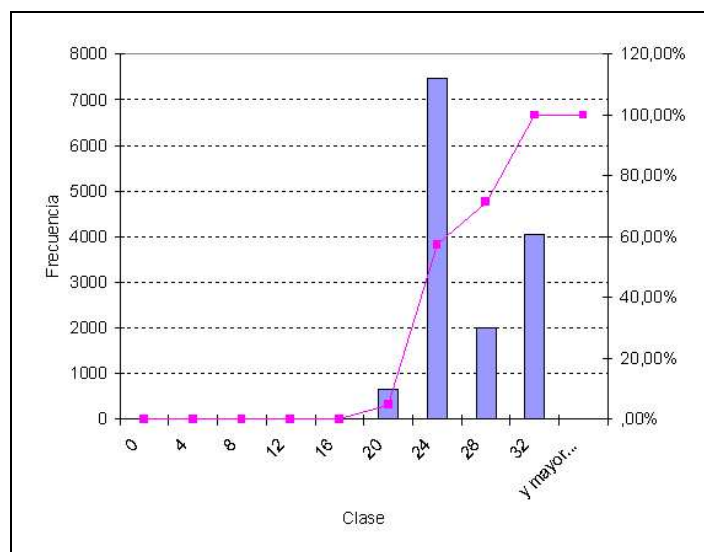


Figura C.13: Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	9778	69,04	69,04
10	1758	81,46	12,41
20	1025	88,70	7,24
30	774	94,16	5,47
40	349	96,62	2,46
50	121	97,48	0,85
60	97	98,16	0,68
70	77	98,71	0,54
80	48	99,05	0,34
90	54	99,43	0,38
100	81	100,00	0,57
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.14: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

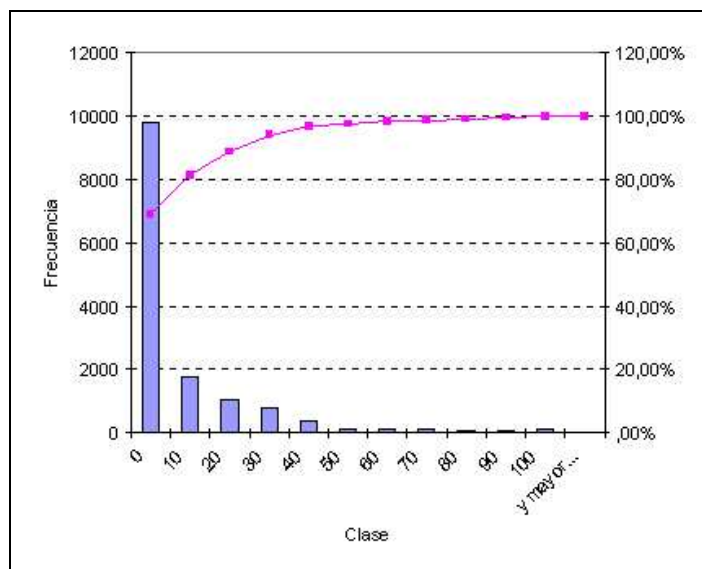


Figura C.14: Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	13744	97,05	97,05
10	64	97,50	0,45
20	66	97,97	0,47
30	44	98,28	0,31
40	44	98,59	0,31
50	49	98,93	0,35
60	43	99,24	0,30
70	27	99,43	0,19
80	25	99,60	0,18
90	14	99,70	0,10
100	12	99,79	0,08
110	17	99,91	0,12
120	9	99,97	0,06
130	3	99,99	0,02
140	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.15: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

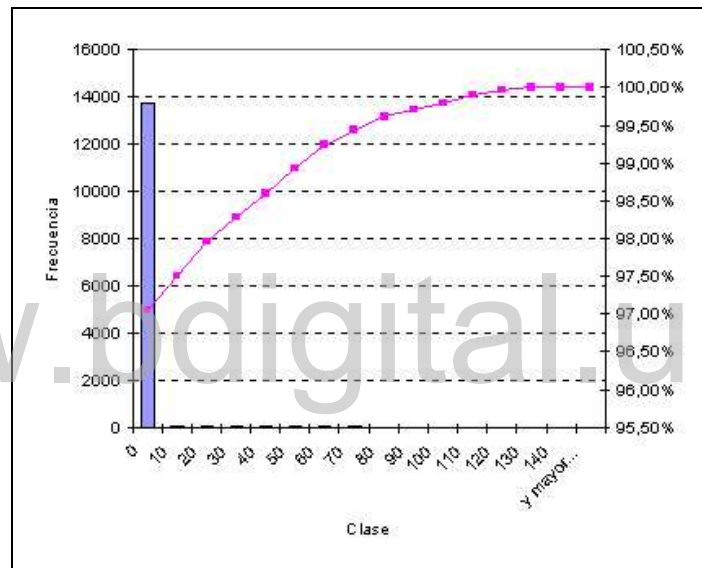


Figura C.15: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora

### C.3. Estación Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	9416	66,49	66,49
110	1671	78,29	11,80
220	939	84,92	6,63
330	536	88,71	3,79
440	277	90,66	1,96
550	147	91,70	1,04
660	332	94,05	2,34
770	128	99,95	0,90
880	110	95,73	0,78
990	84	96,32	0,59
1100	51	96,68	0,36
1210	96	97,36	0,68
1320	56	97,75	0,40
1430	19	97,89	0,13
1540	44	98,20	0,31
1650	49	98,55	0,35
1760	45	98,86	0,32
1870	63	99,31	0,44
1980	21	99,46	0,15
2090	34	99,70	0,24
2200	20	99,84	0,14
2310	9	99,90	0,06
2420	3	99,92	0,02
2530	3	99,94	0,02
2640	3	99,96	0,02
2750	4	99,99	0,03
2860	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.16: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

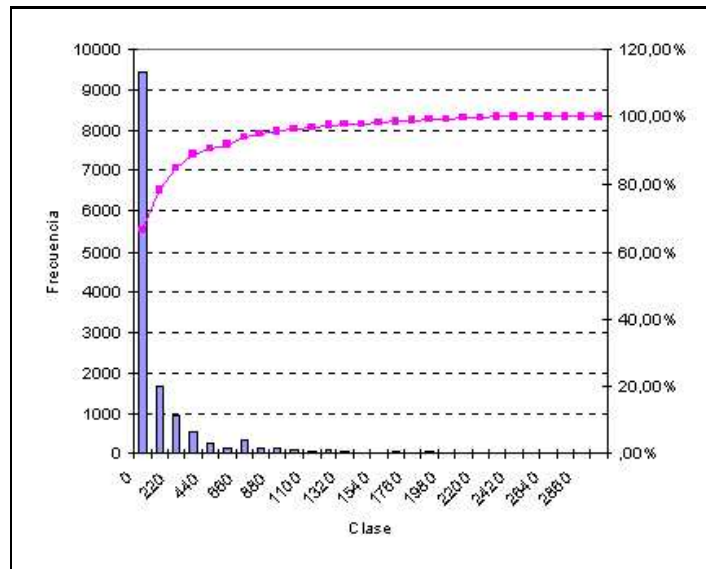


Figura C.16: Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

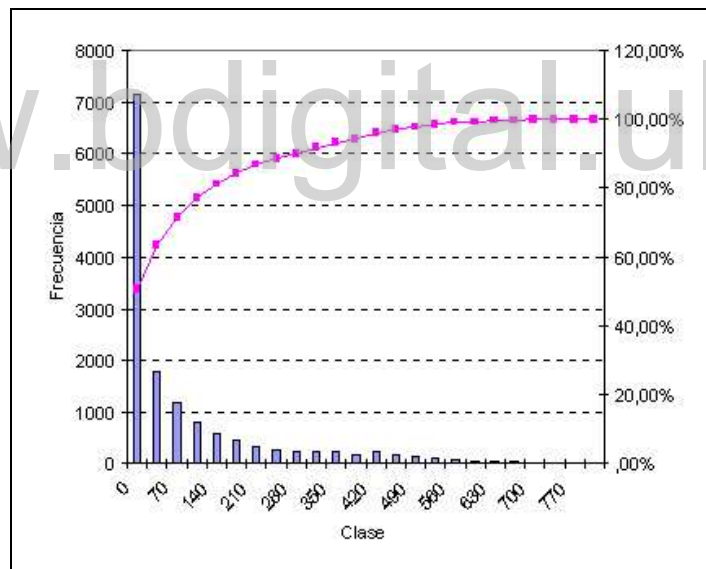


Figura C.17: Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	7167	50,61	50,61
35	1786	63,22	12,61
70	1189	71,62	8,40
105	785	77,16	5,54
140	568	81,17	4,01
175	460	84,42	3,25
210	328	86,74	2,32
245	265	88,61	1,87
280	215	90,13	1,52
315	230	91,75	1,62
350	214	93,26	1,51
385	171	99,47	1,21
420	215	95,99	1,52
455	166	97,16	1,17
490	126	98,05	0,89
525	97	98,74	0,68
560	72	99,24	0,51
595	31	99,46	0,22
630	32	99,69	0,23
665	21	99,84	0,15
700	9	99,90	0,06
735	9	99,96	0,06
770	5	100,00	0,04
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.17: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	502	3,54	3,54
2	9	3,61	0,06
4	64	4,06	0,45
6	476	7,42	3,36
8	298	9,53	2,10
10	3540	34,52	25,00
12	2630	53,10	18,57
14	2390	69,97	16,88
16	1859	83,10	13,13
18	2393	100,00	16,90
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.18: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

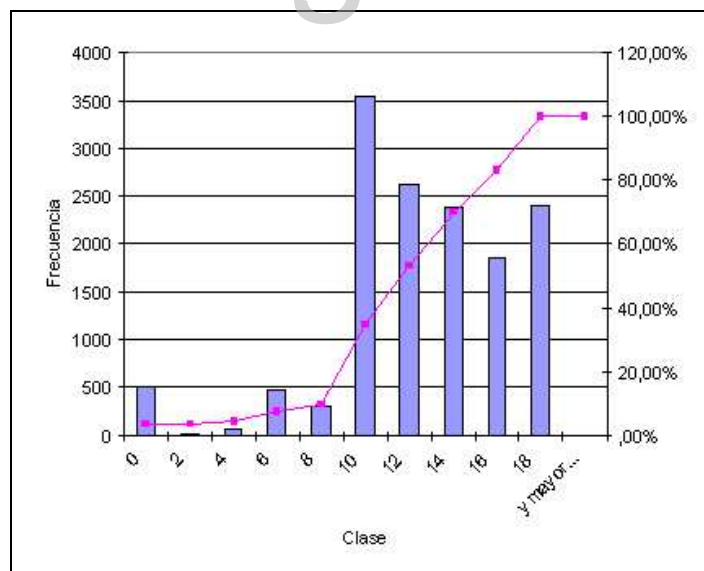


Figura C.18: Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	7181	50,71	50,71
10	498	54,23	3,52
20	912	60,67	6,44
30	689	65,53	4,87
40	473	68,87	3,34
50	381	71,56	2,69
60	313	73,77	2,21
70	258	75,59	1,82
80	275	77,54	1,94
90	216	79,06	1,53
100	185	80,37	1,31
110	2273	96,42	16,05
120	507	100,00	3,58
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.19: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

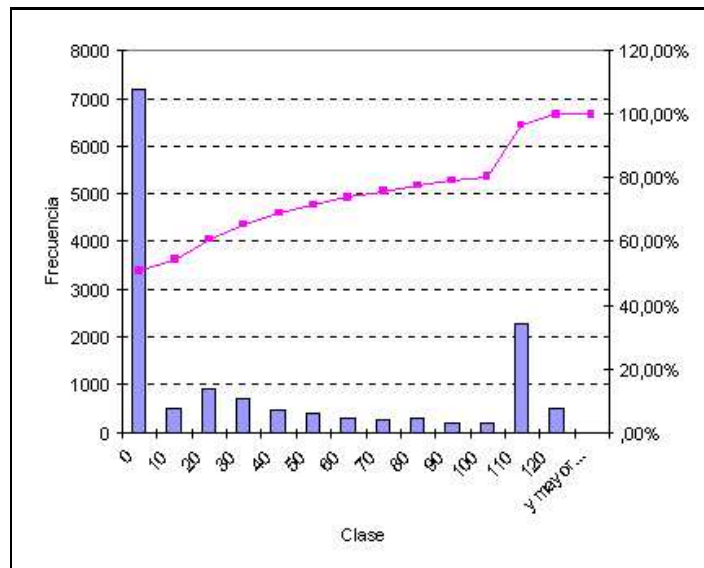


Figura C.19: Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar



Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	10844	76,58	76,58
35	592	80,76	4,18
70	456	83,98	3,22
105	391	86,74	2,76
140	281	88,72	1,98
175	196	90,11	1,38
210	166	91,28	1,17
245	142	92,28	1,00
280	112	93,07	0,79
315	195	94,45	1,38
350	209	95,93	1,48
385	154	97,01	1,09
420	159	98,14	1,12
455	105	98,88	0,74
490	56	99,27	0,40
525	47	99,60	0,33
560	27	99,80	0,19
595	12	99,88	0,08
630	13	99,97	0,09
665	4	100,00	0,03
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.20: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

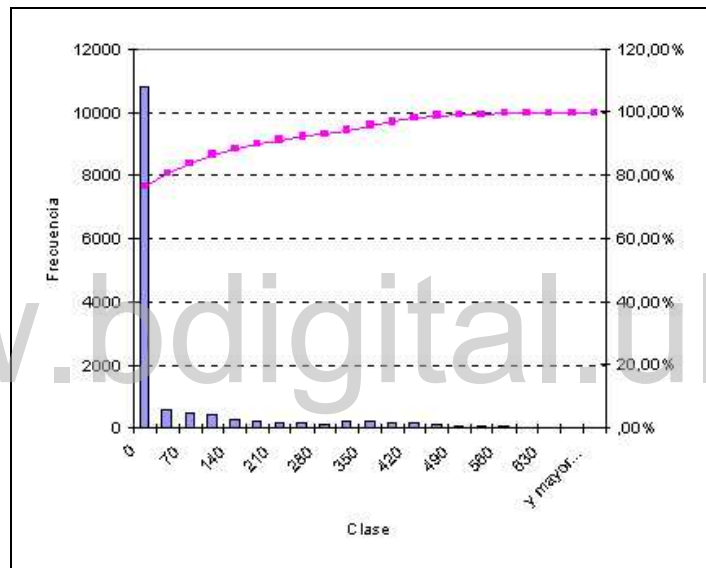


Figura C.20: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar

### C.4. Tiempos de Recorrido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
120	0	0	0
240	0	0	0
360	0	0	0
480	0	0	0
600	0	0	0
720	0	0	0
840	0	0	0
960	0	0	0
1080	0	0	0
1200	0	0	0
1320	0	0	0
1440	0	0	0
1560	0	0	0
1680	0	0	0
1800	0	0	0
1920	0	0	0
2040	0	0	0
2160	0	0	0
2280	0	0	0
2400	0	0	0
2520	0	0	0
2640	0	0	0
2760	231	1,63	1,63
2880	4334	32,23	30,60
3000	7240	83,36	51,12
3120	2294	99,56	16,20
3240	63	100,00	0,44
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.21: Estadística del tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

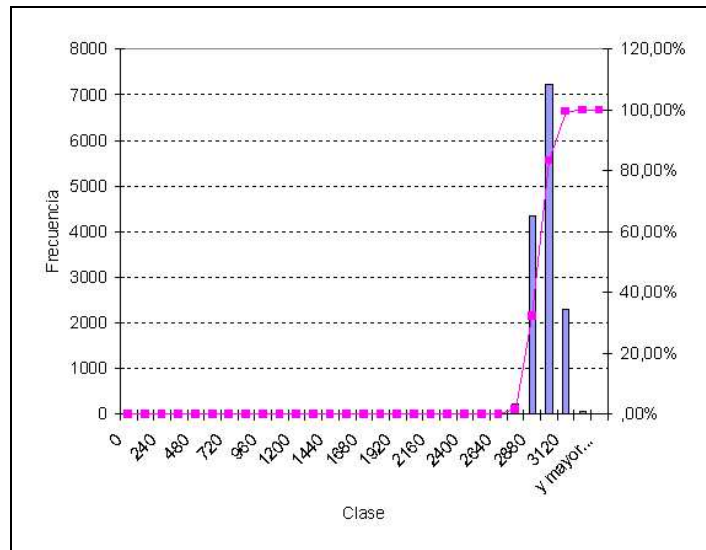


Figura C.21: Tiempo de recorrido desde Ejido hasta La Hechicera

www.bdigital.ula.ve

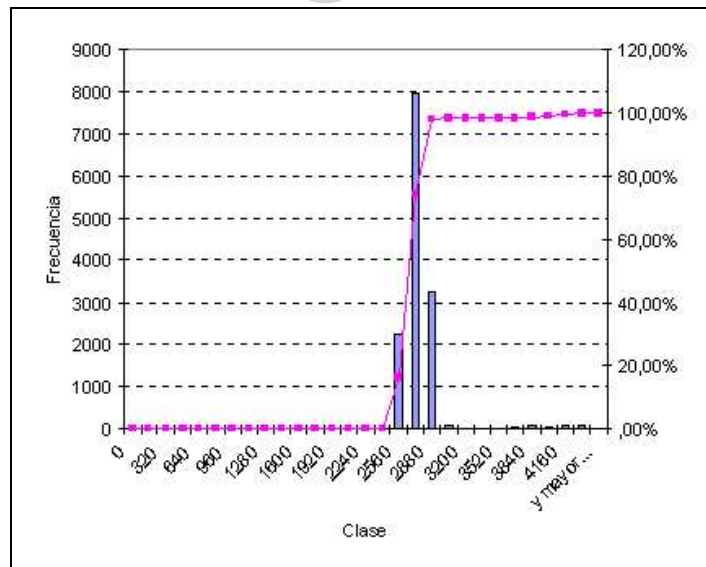


Figura C.22: Tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	0	0	0
160	0	0	0
320	0	0	0
480	0	0	0
640	0	0	0
800	0	0	0
960	0	0	0
1120	0	0	0
1280	0	0	0
1440	0	0	0
1600	0	0	0
1760	0	0	0
1920	0	0	0
2080	0	0	0
2240	0	0	0
2400	2	01	0,01
2560	2227	16,22	16,21
2720	7977	74,28	58,06
2880	3247	97,91	23,63
3040	47	98,25	0,34
3200	0	98,25	0
3360	0	98,25	0
3520	0	98,25	0
3680	30	98,47	0,22
3840	47	98,81	0,34
4000	43	99,13	0,31
4160	60	99,56	0,44
4320	60	100,00	0,44
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.22: Estadística del tiempo de recorrido desde La Hechicera hasta Ejido

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
270	0	0	0
540	0	0	0
810	0	0	0
1080	0	0	0
1350	0	0	0
1620	0	0	0
1890	0	0	0
2160	0	0	0
2430	0	0	0
2700	0	0	0
2970	0	0	0
3240	0	0	0
3510	0	0	0
3780	0	0	0
4050	0	0	0
4320	0	0	0
4590	0	0	0
4860	0	0	0
5130	0	0	0
5400	1003	7,30	7,30
5670	9283	74,86	67,56
5940	3203	98,17	23,31
6210	11	98,25	0,08
6480	42	98,56	0,31
6750	78	99,13	0,57
7020	0	99,13	0
7290	120	100,00	0,87
y mayor...	0	100,00	0

Tabla C.23: Estadística del tiempo total de recorrido

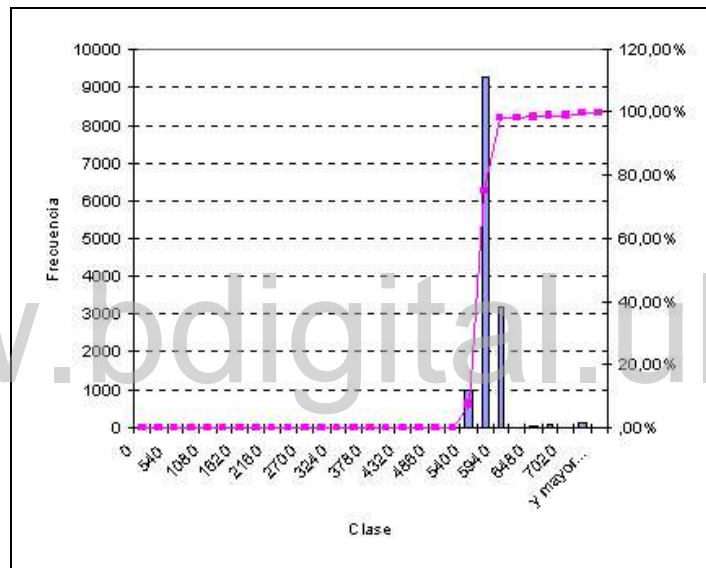


Figura C.23: Tiempo total de recorrido

# Apéndice D

## Resultados Escenario 5

### D.1. Estación Obispo Lora

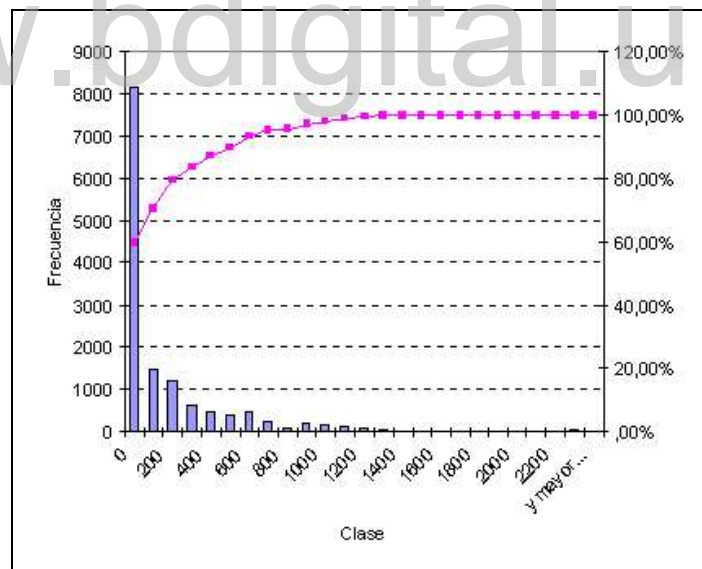


Figura D.1: Tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora



Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8162	59,79	59,79
100	1474	70,59	10,80
200	1182	79,25	8,66
300	619	83,79	4,53
400	463	87,18	3,39
500	383	89,99	2,81
600	451	93,29	3,30
700	241	95,05	1,77
800	80	95,64	0,59
900	190	97,03	1,39
1000	143	98,08	1,05
1100	122	98,97	0,89
1200	95	99,67	0,70
1300	15	99,78	0,11
1400	0	99,78	0
1500	0	99,78	0
1600	0	99,78	0
1700	0	99,78	0
1800	0	99,78	0
1900	0	99,78	0
2000	0	99,78	0
2100	0	99,78	0
2200	0	99,78	0
2300	30	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.1: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8431	61,77	61,77
10	2320	78,76	17,00
20	1162	87,27	8,51
30	842	93,44	6,17
40	489	97,03	3,58
50	191	98,42	1,40
60	84	99,04	0,62
70	51	99,41	0,37
80	32	99,65	0,23
90	11	99,73	0,08
100	5	99,77	0,04
110	2	99,78	0,01
120	7	99,83	0,05
130	10	99,90	0,07
140	5	99,94	0,04
150	7	99,99	0,05
160	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.2: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Obispo Lora

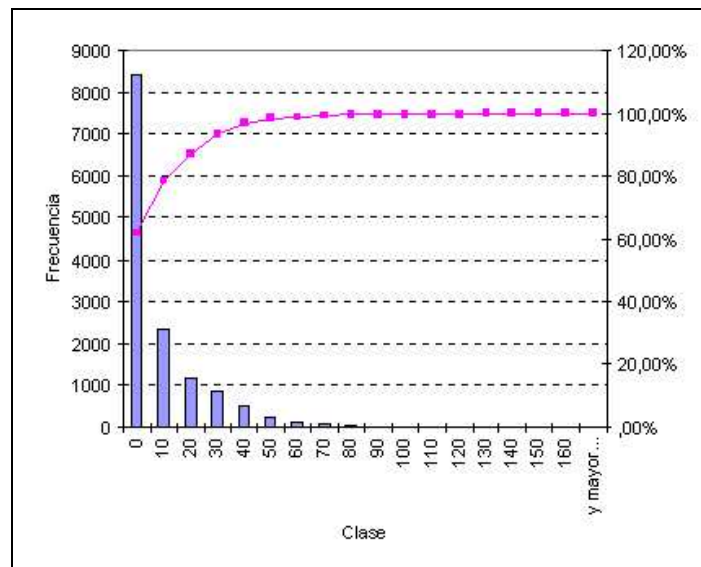


Figura D.2: Pasajeros en espera en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	0	0	0
5	0	0	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	0	0
35	0	0	0
40	0	0	0
45	0	0	0
50	2815	20,62	20,62
55	3216	44,18	23,56
60	4409	76,48	32,30
65	3210	100,00	23,52
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.3: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

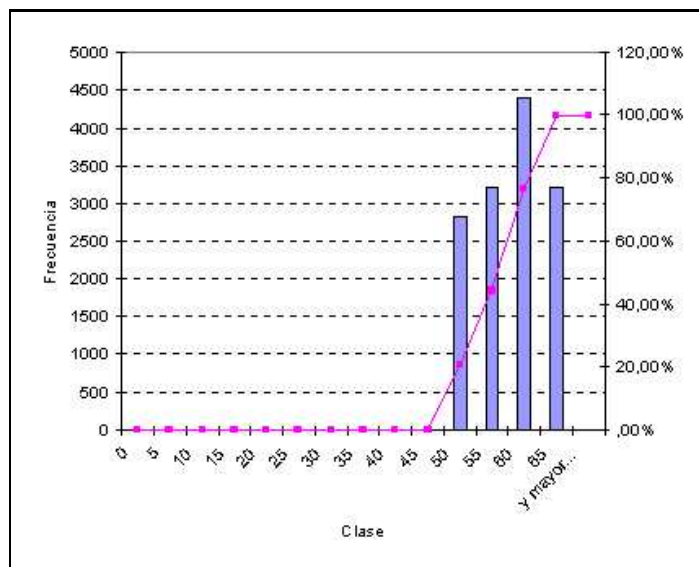


Figura D.3: Pasajeros que bajan en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8431	61,77	61,77
5	1296	71,26	9,49
10	1024	78,76	7,50
15	668	83,66	4,89
20	494	87,27	3,62
25	483	90,81	3,54
30	359	93,44	2,63
35	289	95,56	2,12
40	200	97,03	1,47
45	112	97,85	0,82
50	79	98,42	0,58
55	51	98,80	0,37
60	134	99,78	0,98
65	29	99,99	0,21
70	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.4: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

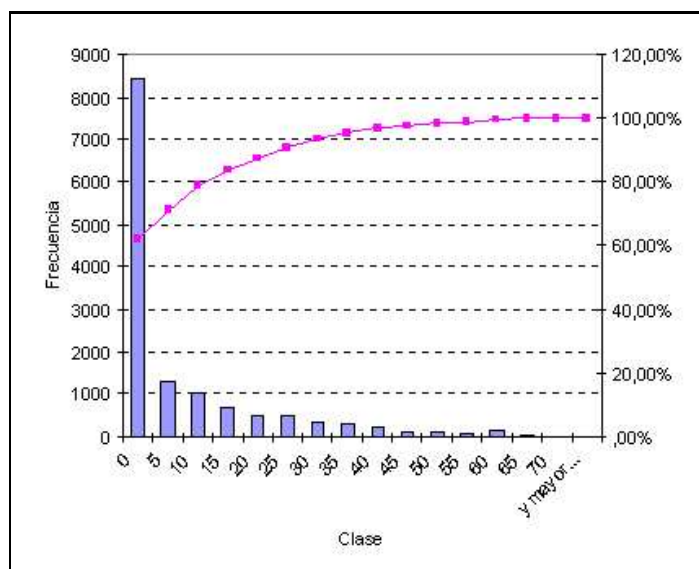


Figura D.4: Pasajeros que suben en la Estac. Obispo Lora

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	13524	99,08	99,08
10	48	99,43	0,35
20	29	99,64	0,21
30	10	99,71	0,07
40	5	99,75	0,04
50	4	99,78	0,03
60	5	99,82	0,04
70	9	99,88	0,07
80	7	99,93	0,05
90	8	99,99	0,06
100	1	100,00	0,01
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.5: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Obispo Lora

www.bdigital.ula.ve

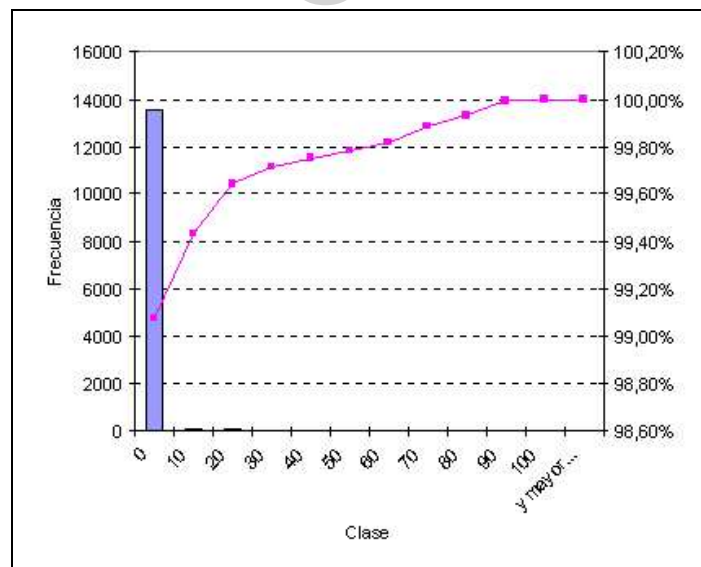


Figura D.5: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Obispo Lora

## D.2. Estación Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	8009	58,21	58,21
100	1811	71,38	13,16
200	1027	78,84	7,46
300	774	84,47	5,63
400	440	87,67	3,20
500	362	90,30	2,63
600	417	93,33	3,03
700	175	94,60	1,27
800	108	95,38	0,78
900	156	96,52	1,13
1000	201	97,98	1,46
1100	60	98,42	0,44
1200	178	99,71	1,29
1300	8	99,77	0,06
1400	2	99,78	0,01
1500	30	100,00	0,22
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.6: Estadística del tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

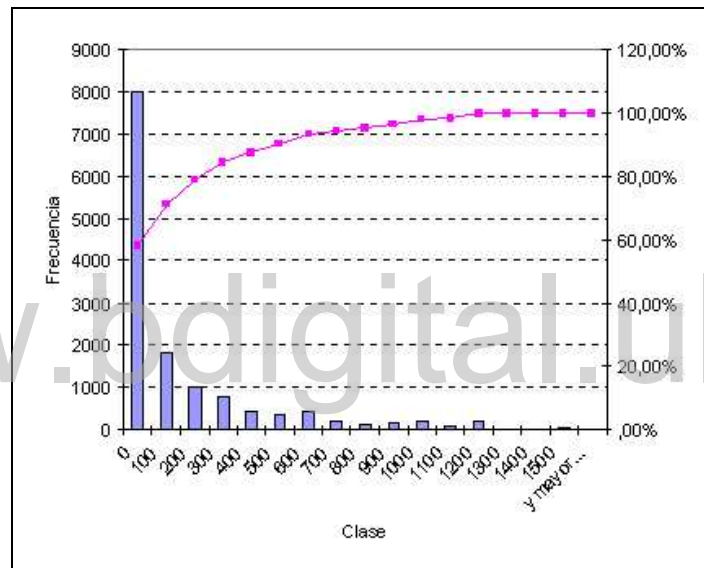


Figura D.6: Tiempo entre troles en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6526	47,43	47,43
20	1363	57,34	9,91
40	1512	68,33	10,99
60	949	75,23	6,90
80	714	80,42	5,19
100	527	84,25	3,83
120	424	87,33	3,08
140	410	90,31	2,98
160	331	92,72	2,41
180	289	94,82	2,10
200	189	96,19	1,37
220	134	97,17	0,97
240	105	97,93	0,76
260	106	98,70	0,77
280	90	99,35	0,65
300	62	99,80	0,45
320	22	99,96	0,16
340	4	99,99	0,03
360	1	100,00	0,01
y mayor. ...	0	100,00	0

Tabla D.7: Estadística cantidad de pasajeros esperando el trole en la Estac. Simón Bolívar



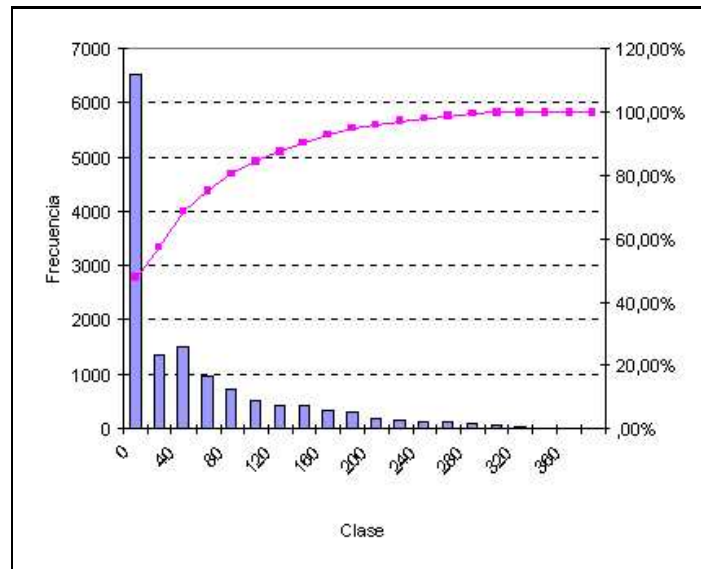


Figura D.7: Pasajeros en espera en la Estac. Simón Bolívar

Clase	Frecuencia	% Acumulado ( %)	Abs ( %)
0	362	2,63	2,63
2	530	6,48	3,85
4	90	7,14	0,65
6	716	12,34	5,20
8	2090	27,53	15,19
10	1843	40,93	13,40
12	2031	55,69	14,76
14	1727	68,24	12,55
16	4369	100,00	31,76
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.8: Estadística pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

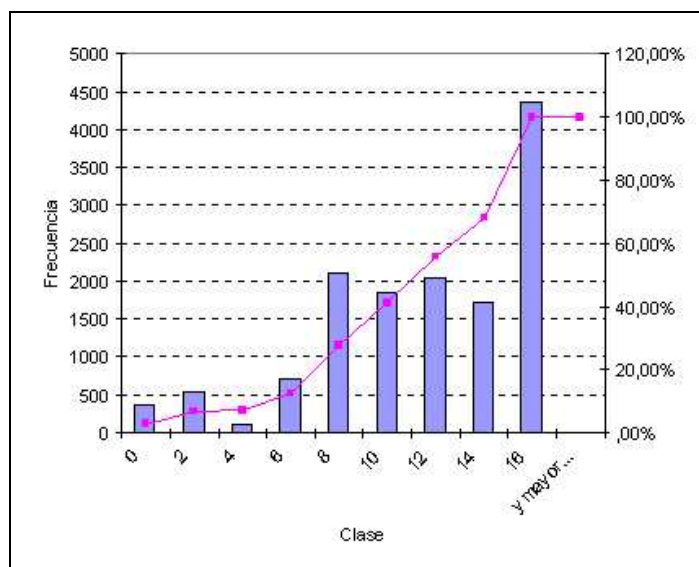


Figura D.8: Pasajeros que bajan en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	6526	47,43	47,43
10	523	51,24	3,80
20	952	58,16	6,92
30	974	65,23	7,08
40	582	69,47	4,23
50	556	73,51	4,04
60	415	76,52	3,02
70	368	79,20	2,67
80	304	81,41	2,21
90	259	83,29	1,88
100	225	84,93	1,64
110	1390	95,03	10,10
120	684	100,00	4,97
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.9: Estadísticas pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

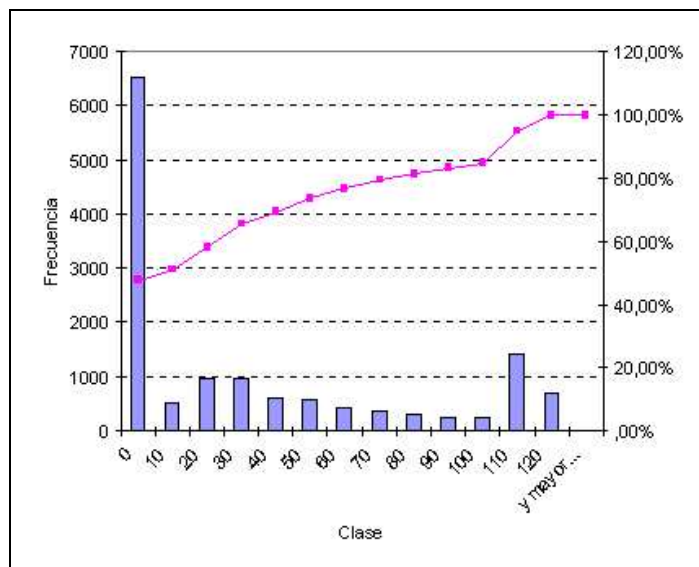


Figura D.9: Pasajeros que suben en la Estac. Simón Bolívar

www.bdigital.ula.ve

Clase	Frecuencia	% Acumulado (%)	Abs (%)
0	11659	84,74	84,74
20	388	87,56	2,82
40	391	90,41	2,84
60	345	92,91	2,51
80	266	94,85	1,93
100	180	96,15	1,31
120	168	97,38	1,22
140	117	98,23	0,85
160	100	98,95	0,73
180	85	99,57	0,62
200	35	99,83	0,25
220	19	99,96	0,14
240	5	100,00	0,04
y mayor...	0	100,00	0

Tabla D.10: Estadísticas pasajeros que se quedan en espera de otro trole en la Estac. Simón Bolívar

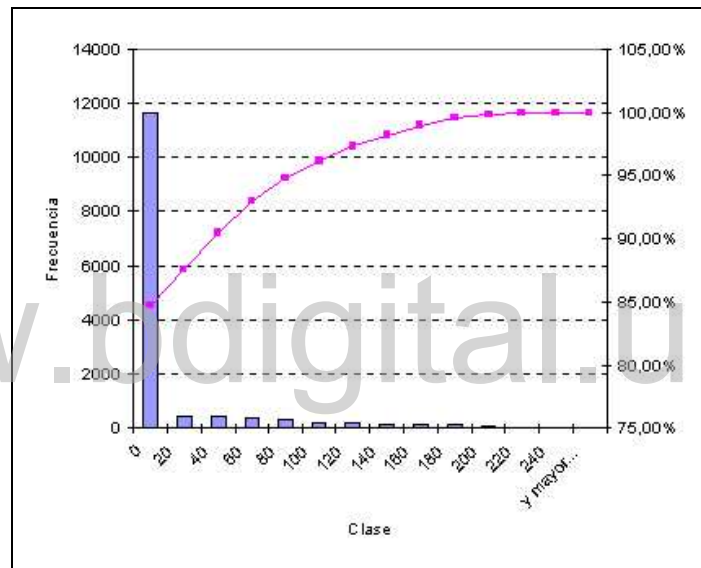


Figura D.10: Pasajeros que se quedan en espera de otra unidad en la Estac. Simón Bolívar

# Apéndice E

## Características del Vehículo

Tabla E.1: Características del Vehículo

1.- Tecnología	Trolley Bus
2.- Características Técnicas del Sistema	Línea o ruta con estaciones cerradas, torniquete de control de acceso tipo metro, puertas automáticas sincronizada con la apertura de las puertas del Trolley, y el nivel de la plataforma de la estación es el mismo del nivel del piso del Trolley.
3.- Características del Vehículo	Mercedes Benz Tipo O 405 G
3.1.- Tipo de Tracción	Dual: motor eléctrico trifásico de corriente alterna de 230 Kw. de potencia y motor
Sigue ...	

Tabla E.1: Características del Vehículo (continuación)

	diesel auxiliar, 6 cilindros en línea. Ambos motores actúan en el eje trasero.
3.1.1.- Equipo Principal de potencia eléctrica	Combortidor de tracción IGBT con motor trifásico asincrónico (trabaja como un generador, devuelve corriente a la red)
Línea aérea de contacto	Catenaria de 750 V. de corriente continua
Potencia permanente:	230 Kw.
Potencia pico:	300 Kw.
3.1.2.- Tecnología del motor auxiliar diesel	Motor Mercedes Benz OM447-h1A EURO II, 6 cilindros en línea, potencia 235 Kw. a 300 m.
3.1.3.- Dimensiones del vehículo (m.)	
Longitud:	17,74
Ancho:	2,50
Altura ede plataforma:	0,72
Longitud mínima de partes en volado:	0,31
Número de ejes:	3
Número de puertas:	3 de 1,20 m. de ancho.
Plataforma de evacuación:	1,00
Transformador de tracción, transformador estático y equipo de aire acondicionado:	Techo del vehículo.
3.2.- Capacidad del vehículo	
Sigue ...	

Tabla E.1: Características del Vehículo (continuación)

Configuración:	2 buses articulados.
Número de pasajeros sentados + parados:	45+ 135 = 180
3.3.- Parámetros de operación:	
3.3.1.- Radios de curvatura:	
Radio Interior:	5,21
Radio exterior:	12,00
Angulo vertical:	10° de Articulación.
Peso del vehículo vacío:	18,00 Ton.
3.3.2.- Características de marcha	
Aceleración, $m/seg^2$ :	1,22
Velocidad comercial, $Km/h$ :	22,00
Velocidad máxima, $Km/h$ :	60,00
Pendiente máxima, (%):	16,00
3.3.3.- Características del freno eléctrico regenerativo:	
máxima aceleración de frenado, $m/seg^2$ :	1,30
3.4.- Efectos ambientales:	No contaminante, no produce ruidos.
3.5.- Requerimientos de infraestructura y sistemas:	
3.5.1.- Area requerida para una estación típica:	4 m de ancho, 24 m de largo.
Altura de la plataforma de la estación:	0,72 m
Area requerida para talleres y servicio:	3 módulos de 30 * 6 m.
Almacen de repuestos:	1 módulos de 30 * 6 m.
Oficinas:	1 módulos de 30 * 12 m.
Lavado:	1 módulos de 10 * 3 m.
Area requerida de estacionamiento:	60,00 $m^2$ por vehículo.
3.5.2.- Condiciones de la vía:	Vía exclusiva (mayoría de su tramo)
Características del sistema de electrificación:	Sub-estación eléctrica de 15 Mva.
Longitud de la línea (ida y vuelta):	2 * 18,50 = 37,00 Km
Sigue ...	

Tabla E.1: Características del Vehículo (continuación)

Número de trolebuses:	53, 48 de ellos en servicio permanente.
Horario de Trabajo:	De 5:00 am a 11:00 pm.
Horario de servicio:	De 6:00 am a 11:00 pm.
Horas pico:	De 7:00am a 8:30 am. De 1:00 pm a 2:00 pm. De 6: pm a 8.00 pm.
Frecuencia entre vehículos en hora pico:	1,30 <i>min.</i>
Frecuencia entre vehículos en horas normales:	10 <i>min.</i>
Longitud de recorrido de Trolley por día:	$9 * 2 * 18,50 = 333 \text{ Km/dia.}$
Número de pasajeros por día:	Lunes a Viernes 205.000,00 Sábados y domingos 100.00,00
Número de pasajeros en los primeros 3 años:	150 millones



# Bibliografía

- [1] Estudio de factibilidad de un sistema de transporte masivo para la ciudad de mérida, 1999.
- [2] [http://www.arar.org.ar/ct\\_gtba1.html](http://www.arar.org.ar/ct_gtba1.html), 2004.
- [3] [http://www.arar.org.ar/ct\\_gtbs1.html](http://www.arar.org.ar/ct_gtbs1.html), 2004.
- [4] <http://www.ing.ula.ve/~hhoeger>, 2004.
- [5] <http://www.ste.df.gob.mx/antecedentes/50s.html>, 2004.
- [6] <http://www.trolebus.net>, 2004.
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/simulaci%C3%B3n>, 2005.
- [8] <http://www4.uji.es/~belfern/ix26/teoria.htm>, 2005.
- [9] <http://www.aiteco.com/rediproc.htm>, 2005.
- [10] <http://www.camionesybuses.com/noticias/trolleybus-merida.htm>, 2005.
- [11] <http://www.dcc.uchile.cl/~nbaloian/cc20a/post/componentes.html>, 2005.
- [12] <http://www.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/conferencias/modelos mentales y formales con dinámica de sistemas.ppt>, 2005.
- [13] <http://www.modeloingenieria.edu.ar/unj/tms/tms.htm>, 2005.

- [14] <http://www.monogrias.com>, 2005.
- [15] <http://www.trolebus.gov.ec/index.html>, 2005.
- [16] Banks, Jerry. *Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*. Primera Edición. E.M.P., U.S.A., 1.998.
- [17] Calderas Volcanes, Rubén. Modelado y simulación de la línea 1 del sistema de transporte masivo de la zona metropoiltna de mérida. Trabajo de ascenso, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Los Andes, Mérida, 2001.
- [18] Freund, John y Manning Smith. *Estadística*. Cuarta Edición. Prentice Hall., Mexico., 1.989.
- [19] Kelton, David y Sadowahi Randall. *Simulation with Arena*. McGraw-Hill, New York, 2.002.
- [20] Mogollon B., Oscar U. Modelado y simulación de un sistema de transporte de mercancía seca. Trabajo de grado, Departamento de Investigación de Operaciones, Universidad de Los Andes, Mérida, 2003.
- [21] Rockwell Software Inc. *Manual de Arena*, 2000.
- [22] Téran Briceño, Carolina. Evaluación mediante los parámetros de diseño de las paradas del sistema de transporte masivo de la ciudad de mérida (trolebús). Trabajo de grado, Departamento de Investigación de Operaciones, Universidad de Los Andes, Mérida, 2003.
- [23] Zeigler, Bernard. *Theory of Modelling and Simulation*. Primera Edición. Krieger Publishing Co, Inc., U.S.A., 1.984.