



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Análisis Funcional del Transporte Equino Urbano

Lina María García Ospina

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Functional Analysis of Horse-Drawn System

Lina María García Ospina

National University of Colombia

Manizales, Colombia

2017

Análisis Funcional del Transporte Equino Urbano

Lina María García Ospina

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Doctora en Ingeniería. Industria y Organizaciones

Director:

Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia
Ph.D. En Ingeniería de transporte
Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

Línea de Investigación:

Sistemas y Gestión de la Tecnología, la información, el conocimiento y la innovación
tecnológica en la Industria y Organizaciones

Grupo de Investigación:

Vías y Transporte -Vitra-
Facultad de Minas UNAL Medellín

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento Ingeniería Industrial
Manizales, Colombia
2017

Con amor a mis padres Esperanza, José Néstor y a mi hermano José Fernando, que siempre me guiaron.

Quien es cruel con los animales no puede ser una buena persona. - Arthur Schopenhauer

Agradecimientos

Gracias por la amabilidad y colaboración desinteresada de los señores Carlos Arturo Bermúdez Gaviria, jefe de sindicato del sur occidente de Pereira y Julio Quintero Alvares Presidente de Sindicato de Carreteros de Pereira. Igualmente para los señores conductores del Sistema de Transporte Equino que atendieron a las encuestas.

Al Diseñador Industrial Carlos Andrés Sánchez Gallego en su aporte definitivo en la recopilación de las encuestas.

Al Veterinario Samuel Arango que me introdujo en el tema, Médico de los equinos de Manizales, Palmira y Cartagena en su época.

Al Ingeniero Calculista José Néstor García Martínez y la Abogada Esperanza Ospina Peláez que hicieron posible este proyecto.

Al Ingeniero Iván R. Sarmiento Ordosgoitia, que si creyó en este tema titánico.

Resumen

El propósito de esta investigación es estudiar la movilidad del Sistema de Transporte Equino –STE- de un eje en medio urbano, en función de las variables del caballo, el carro, la pendiente de la vía y la carga, con el objetivo de evaluar su comportamiento teórico y definir el límite de trabajo. Igualmente, se ahonda en algunos aspectos históricos y sociales del grupo humano y del STE. Se plantea una metodología que se aplica al caso real de los transportadores de la ciudad de Pereira –Colombia- para el análisis de los recorridos habituales en que transportan carga. Las técnicas utilizadas fueron: la aplicación de fórmulas sobre la capacidad de trabajo del caballo de tiro, el estudio del sistema en las pendientes con el desarrollo de ecuaciones de la estática, y el análisis de los recorridos del caso de estudio. En los resultados de investigación se corrobora que el caballo del caso supera los valores límite de las variables que inciden en la movilidad del STE, por tal medida trabaja fatigado y presenta gran desgaste físico. Se proponen los límites máximos de carga para cada pendiente, las longitudes máximas y tiempos de trabajo del caballo. Finalmente se presenta un cálculo económico de ingresos monetarios para que el STE pueda funcionar correctamente sin exceder los límites físicos mencionados.

Palabras clave: Transporte urbano, Movilidad, Trabajo del caballo.

Abstract

The purpose of this research is to study the mobility of two-wheeled horse-drawn transport system -HTS- in urban environment, in function of the variables of the horse, the vehicle, the slope of the road and the load, with the objective of assessing its theoretical behavior and defining its working limits. At the same time, the research enlarges on some details about of social, human and historical aspects of HTS. A methodology is proposed and applied to a real case of the drivers in the city of Pereira, Colombia, in order to analyze their usual routes on which load is carried. The following techniques were used: the application of formulas to the capacity of draft-horses, study of the system's reactions in gradients through the application of static equations and the case routes' analysis. The research results corroborate that the case study horse exceeds the limit values of the variables intervening in the system mobility. This

implies that the horse gets fatigued when working and therefore suffers from an excessive physical exhaustion. The maximum load for each slope and the maximum distance and time the horse can work are proposed. Finally, an economic calculation of STE' revenue that enables it to correctly without exceeding the physical limits mentioned above is presented.

Keywords: Urban transport, Mobility, Horse work

Contenido

	Pág.
.....	
CAPÍTULO 1.....	5
1. Objetivos e Hipótesis.....	5
1.1 Objetivos.....	5
1.1.1 Objetivo general.....	5
1.1.2 Objetivos específicos.....	5
1.2 Hipótesis.....	6
1.2.1 Hipótesis General.....	6
1.2.2 Hipótesis Específicas.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. El transporte equino urbano en el mundo.....	7
2.1. Aspectos Históricos.....	7
2.1.1. El sistema de tracción animal hasta el siglo XIX.....	7
2.1.2. El sistema de tracción animal en el siglo XX y principio del siglo XXI.....	8
2.2. Grupo social.....	13
2.2.1 Situación Social.....	13
2.2.2. Acciones del Estado.....	14
2.3. La Movilidad del STE en su legislación y características del equipo y el equino...	15
2.3.1. Legislación sobre la movilidad del STE.....	17

2.3.2. El Sistema Equino - Equipo	18
2.4. Aspectos ambientales del sistema de tracción urbana.....	22
CAPÍTULO 3.....	25
3. Comportamiento del sistema de transporte equino.....	25
3.1. Análisis Funcional del Equino de Trabajo.....	27
3.1.1. Equino de tiro	28
3.1.2. Teoría sobre la capacidad de tiro del equino	32
3.1.3. Comparación de la capacidad de los equinos de estudio con uno ideal. Formulación, Análisis e interpretación de resultados.....	40
3.2. Cálculos funcionales del sistema de tracción equina	51
3.2.1. Cálculos Estáticos.....	52
3.2.2. Definición del límite de movilidad del sistema STE en la ciudad.....	60
3.2.3. Comparación con estudio previo.....	73
3.2.4. Conceptualización formal y funcional del STE.....	74
CAPITULO 4.....	86
4. El transporte equino en Colombia y caso de estudio.....	86
4.1 El sistema de transporte de tracción equina urbana	87
4.2 Caso de estudio, muestreo y proceso de encuestas.....	100
4.3 Aspecto social, económico y laboral - STE de Pereira-	105
4.3.1 El grupo humano del STE de Pereira	106
4.3.2 Los objetos del STE de un eje.....	118
CAPITULO 5.....	126
5. Movilidad del STE en el Caso de Estudio.....	126
5.1 La zona de estudio	127

5.2. Entorno laboral y vivienda	130
5.2.1. Zonas laborales y de parqueo	132
5.2.2. Parqueo nocturno del sistema y vivienda	135
5.3. Rutas del día anterior	138
5.3.1. Rutas laborales.....	138
5.3.2. Análisis de las rutas	145
5.3.3. Circulación por Vías de restringidas.....	150
5.4. Diagnóstico de la movilidad de los STE de Pereira.....	153
5.4.1 Trabajo del Caballo y funcionamiento del Sistema STE	153
CAPITULO 6.....	164
6. Diseño: Movilidad para los STE un eje	164
6.1 Trabajo del Caballo, carga y pendiente de tránsito.....	165
6.2 Modelo para determinar los costos de viajes del STE.....	173
CAPITULO 7.....	182
7. Conclusiones y recomendaciones.....	182
7.1. Conclusiones.....	182
7.2. Recomendaciones.....	193
Lista de Anexos.....	195
Bibliografía.....	197
Normatividad	209
Fuentes de Internet	212

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> STE de un eje en Cuba (2012).....	10
<i>Figura 2.</i> STE de un eje en India (2011).....	10
<i>Figura 3</i> STE de un eje en South Africa	10
<i>Figura 4</i> STE de carga de dos ejes en Beijing China (2010)	11
<i>Figura 5</i> STE de carga de dos ejes en India (S.F)	11
<i>Figura 6</i> STE de carga de dos ejes en Cuba (2013) Cuba Naranjal 2013.	11
<i>Figura 7</i> STE de coches de turismo de dos ejes en Sevilla España (2012)	12
<i>Figura 8</i> STE de coches de turismo de dos ejes en Viena, Austria (2007)	12
<i>Figura 9</i> New York - USA (2010).....	21
<i>Figura 10</i> Moto-Carro - Ciudad de Pereira 2010 - Colombia.....	22
<i>Figura 11</i> Moto-Carro Ciudad de Manizales 2014 - Colombia	22
<i>Figura 12</i> Suiza Lucerne. Fady, Deny (2009)	23
<i>Figura 13</i> Comparación morfológica. Caballo de tiro especializado y caballo de tiro colombiano. Alzadas promedio. Fuente: Fotomontaje propio de la investigación.....	30
<i>Figura 14.</i> Carretas utilizadas en el STE urbano.	42
<i>Figura 15</i> Variables de trabajo del caballo.....	43
<i>Figura 16</i> Diagrama espacial, Sistema de Transporte Equino un eje.....	52
<i>Figura 17</i> Fuerzas totales que actúan sobre el STE	53

<i>Figura 18</i> Dimensiones del sistema STE	54
<i>Figura 19</i> Diagrama de cuerpo libre de la carreta del STE	54
<i>Figura 20</i> Diagrama de cuerpo libre del caballo del STE	55
<i>Figura 21</i> Variables utilizadas para hallar el límite de tránsito del STE. Diagrama espacial	61
<i>Figura 22</i> Comportamiento de la variable R_1 -Peso transmitido al lomo del caballo- con pendientes de terreno entre el 0 % y 30 %, Q_{total} entre 515 kgf y 1 175 kgf, Q_1 en $a : 0.15$ m del eje.	65
<i>Figura 23</i> Comportamiento de la variable F_{t2} -fuerza resultante de tracción del caballo- con pendientes del terreno entre el 0 % y 30 % con Q_{total}	65
<i>Figura 24</i> Comportamiento de la variable F_{t2} con pendientes entre el 0 % y 6.5 % con Q_{total} hasta de 515 kg, con tres posiciones a de Q_1	71
<i>Figura 25</i> Diagramas de la forma de accionar del caballo tirando carros respecto al ángulo del tiro	76
<i>Figura 26</i> competencias de caballos de tiro.....	77
<i>Figura 27</i> competencias de caballos de tiro.....	77
<i>Figura 28</i> Diagrama palanca de primer grado del STE	80
<i>Figura 29</i> Trabajo muscular del caballo -carreta de 1 eje, con carga en pendientes.	81
<i>Figura 30</i> Altura carreta 1 eje versus altura del caballo.	83
<i>Figura 31</i> Ubicación de la carga en carreta de 1 eje.....	85
<i>Figura 32</i> Coche urbano. Alemania. Ruta especial para su movilidad. 2010	91
<i>Figura 33</i> Carretas dos Ejes. Colombia	93
<i>Figura 34</i> Coche Victoria. Colombia	93
<i>Figura 35</i> Carretas de un eje. Colombia	94
<i>Figura 36</i> Carreta urbana. Colombia	95
<i>Figura 37</i> Coche urbano. New York - Usa. 2007	95

<i>Figura 38</i> Trabajo de campo encuesta 2008, ayudante de encuestas y señores conductores.....	104
<i>Figura 39</i> Edad conductores STE Pereira	107
<i>Figura 40</i> Tiempo de labor STE Pereira	108
<i>Figura 41</i> Ubicación de los hogares del total de la población.	110
<i>Figura 42</i> Parqueo nocturno del caballo en la zona de hogar de los encuestados.	111
<i>Figura 43</i> Horas de servicio al día	112
<i>Figura 44</i> Promedio de Viajes al día.....	112
<i>Figura 45</i> Ingreso diario.....	113
<i>Figura 46</i> Predicción Y, Ingresos en COP\$, distancia en km.....	114
<i>Figura 47</i> Tipo de cliente	115
<i>Figura 48</i> Peso de la carga transportada.....	116
<i>Figura 49</i> Arnés completo	120
<i>Figura 50</i> Collar en cuero y enjalma de espuma sintética.....	120
<i>Figura 51</i> Collar en cuero pintado	121
<i>Figura 52</i> Collar en llanta de automóvil y neumático con estructura en hierro forjado.	121
<i>Figura 53</i> STE caso de estudio. 1. Eje de rodamiento. 2. Chasis. 3. Tiro.	122
<i>Figura 54</i> Puesto de trabajo del hombre.....	123
<i>Figura 55</i> Carreta de un STE de Pereira. 1. Carrocería, estacas. 2. Sistema de suspensión, resortes y hojas de resorte.	123
<i>Figura 56</i> Sistema completo	124
<i>Figura 57</i> Casco urbano de Pereira y la conurbación de Dosquebradas.	129
<i>Figura 58</i> Rangos de pendiente de la zona urbana de los municipios de Pereira y Dosquebradas.	130

<i>Figura 59</i> Vías restringidas por la Alcaldía de Pereira para el tránsito del STE	131
<i>Figura 60</i> Zonas de parqueo de los conductores asociados, Centro y Cuba.	133
<i>Figura 61</i> Hogar de los STE encuestados.	136
<i>Figura 62</i> Zonas de influencia laboral a un 1 km con el parqueo nocturno del caballo	137
<i>Figura 63</i> Hogares del total de la población y zonas laborales.	138
<i>Figura 64</i> Mapa general de Rutas del día anterior del STE	139
<i>Figura 65</i> Rangos de longitud de rutas entre 1 km y 12 km, con curva exponencial negativa. STE Pereira.....	140
<i>Figura 66.</i> Actividad de recolección y descargue de la mercancía de los STE Pereira.....	141
<i>Figura 67</i> Frecuencia de la mercancía transportada en las rutas	142
<i>Figura 68</i> Representación a escala del STE en los % de pendientes.	143
<i>Figura 69</i> Rutas del Conductor 11	146
<i>Figura 70</i> Pendientes, rutas y parqueos Zona Sur Occidente de Pereira.	147
<i>Figura 71</i> Pendientes, rutas y parqueos Zona Centro de Pereira.	148
<i>Figura 72</i> Perfiles viales de rutas de los STE de Pereira.	149
<i>Figura 73</i> Rutas de los STE y vías restringidas	150
<i>Figura 74</i> Pendientes Raster, rutas y parqueos. STE de Pereira.....	151
<i>Figura 75</i> Fuerzas totales que actúan sobre el STE de Pereira.....	156
<i>Figura 76</i> Predicción Y, Velocidad vs. Medio Trayecto de Rutas 1 y 2	161
<i>Figura 77</i> Predicción Y, Velocidad km/h vs. Peso de mercancía –kg-. Rutas 1 y 2	162
<i>Figura 78</i> Fuerzas totales que actúan sobre el STE.	167
<i>Figura 79</i> Diagrama espacial, Sistema de Transporte Equino un eje.....	168

Lista de tablas

	Pág.
.....	
<i>Tabla 1 Variables cuantitativas de estudio del STE.</i>	27
<i>Tabla 2 Producidos de energía un caballo tirando diligencias de pasajeros.</i>	33
<i>Tabla 3 Pesos de convoy de caballos para transporte de cañones de guerra.</i>	36
<i>Tabla 4 Trabajo medio efectuado por los animales.</i>	37
<i>Tabla 5 Peso de la carga, fuerza de tracción, tiempo de recorrido y velocidad promedio de los ejercicios tiro de tracción de carga con caballos</i>	38
<i>Tabla 6 Valores de las variables de entrada para el trabajo del caballo.</i>	45
<i>Tabla 7 Resultados de las variables del trabajo del caballo de tiro.</i>	47
<i>Tabla 8 Esfuerzos teóricos de los caballos en la tracción de carros un eje. Para Q_1 de 500 kg desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m</i>	48
<i>Tabla 9 Valores del problema cálculos del STE. Funcionamiento del STE</i>	56
<i>Tabla 10 Resultado del cálculo de las ecuaciones (11) a (13) con pendiente 6.5 % y fijando Q_1 hasta 500 kg desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m*</i>	58
<i>Tabla 11 Resultado del cálculo de las ecuaciones (11) a (13) con pendiente 6.5% y fijando Q_1 desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m y Q totales hasta 1 875 kg</i>	59
<i>Tabla 12 Evaluación de la movilidad del STE con variables aleatorias de distribución conocida p y Q_1 desplazada del eje a: 0.15 m.</i>	62
<i>Tabla 13 Evaluación de la movilidad del STE en pendientes del 0 % a 6.5 % hasta con cargas de 515 kg, Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje.</i>	67
<i>Tabla 14 Evaluación de la movilidad del STE en pendientes de 7 % a 12 % con cargas hasta de 400 kg, Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje.</i>	68

<i>Tabla 15 Evaluación de R_1 y F_2 en pendientes del 0 % a 6.5 % hasta con cargas de 515 kg, con Q_1 sobre el eje ($a= 0.75$ m) y desplazada ($a=0.90$ m, $a= 1.20$ m).....</i>	70
<i>Tabla 16 Carretas un tiro dos ruedas:</i>	73
<i>Tabla 17 Resultado del modelo del cálculos del STE, con las variables de Toro y Encinales (1994) a una pendiente del 36 %, con Q_1 desplazada del eje a: 015 m ($a= 0.90$ m).</i>	74
<i>Tabla 18 comparación del costo y recorrido del servicio entre el transporte equino de carga y el equivalente motorizado. Regiones de Colombia.....</i>	89
<i>Tabla 19 Población de conductores del STE de Pereira muestreada en 2008.</i>	102
<i>Tabla 20 Resultado regresión lineal de la tarifa del servivio con los kilómetros recorridos</i>	114
<i>Tabla 21 Materiales generales de la carreta de un eje y arnés utilizados en al ciudad de Pereira 2008.....</i>	125
<i>Tabla 22 Intervalos de pendiente.</i>	128
<i>Tabla 23 Distancia entre los parqueos según la zona</i>	134
<i>Tabla 24 Moda, promedio y máximo de pendiente de las rutas del STE.</i>	143
<i>Tabla 25 Distribución de pendientes promedio del total de las rutas</i>	144
<i>Tabla 26 Rutas: Tiempo, longitud, velocidad, peso de la mercancía y promedio pendientes.....</i>	144
<i>Tabla 27 Vías restringidas transitadas por el STE.....</i>	152
<i>Tabla 28 Rutas del STE por las vías restringidas.</i>	152
<i>Tabla 29 Valores de las variables de entrada. Funcionamiento del STE caso de estudio con caballo C_4.</i>	155
<i>Tabla 30 Resultado del cálculo estático, con Q_1 desplazada a: 0.35 m del eje. STE caso de estudio ciudad de Pereira.....</i>	157
<i>Tabla 31 Velocidad real a la que viajó cada STE en 2/3 del tiempo trayecto de las dos rutas. Distancia de trayectos, peso de mercancía, fuerza de tracción máxima, pendiente máxima.</i>	158

<i>Tabla 32 Resultado regresiones lineales: Velocidad – Distancia y Velocidad - Peso Q_1. Para 2/3 de trayecto del total de rutas con carga. STE de Pereira.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 33 Valores de las variables de entrada – trabajo del caballo C_5.</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 34 Valores de las variables de entrada – Funcionamiento del STE con caballo C_5.</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 35 Límite de Q_{total} para el caballo C_5^* en pendientes hasta del 6.5 %, con Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje, aplicando su F_{t1} máximo.</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 36 Propuesta de Q_{total} para los STE un eje con caballo C_5^*. Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje y F_{t2} por debajo del F_{t1}.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 37 Distancia, tiempos de viaje* con descansos, para siete horas diarias de trabajo del caballo C_5.</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 38 Egresos e ingresos para un STE con caballo C_5^*</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 39 Distancia, horas y número de viajes* con descanso por viaje, para recolectar el ingreso mensual**. Caballo C_5.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 40 Viajes al mes con diferentes distancias y descanso por viaje, para recolectar el ingreso mensual*. Caballo C_5^{**}.</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 41 Costo por trayecto en función de la Distancia. STE con caballo C_5.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 42 Comparación entre una camioneta* y el STE con caballo C_5.....</i>	<i>179</i>

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Variables de trabajo del caballo

Símbolo	Variable	Unidad
Q_c	Peso neto del caballo	kg
A	Alzada del caballo	m
P_t	Perímetro Torácico	m
β	Parámetro entre 1.2 y 1.5	Adimensional
K	Parámetro para calcular el trabajo diario, aproximadamente de 3 200 – 3 600 veces su peso corporal, para Q_c entre 480 kg y 700 kg (\pm) [9]. Se trabaja K entre 3 200 (K_2) y 2 000 (K_1) para Q_c entre 480 kg y 270 kg (\pm).	Adimensional
T_p	Trabajo por paso	kgfm/p
T_d	Trabajo diario: Peso corporal por K	kgfm/d
f_t	Coefficiente de fuerza de tiro. Un caballo es capaz de desarrollar hasta una fuerza de tiro equivalente a 1/8-1/10 de su peso.	Adimensional
I_a	Índice anamórfico	Adimensional
C_c	Capacidad de carga	kgf

E_{pr}	Esfuerzo promedio	kgf
F_{t1}	Esfuerzo de tracción máximo	kgf
D_r	Distancia recorrida	km
V_t	Velocidad de trabajo	m/s
T_t	Tiempo trabajado	h
F_{t2}	Resultante. Fuerza tracción del caballo	kgf
R_1	Resultante. Peso transmitido al lomo del caballo	kgf

Variables del sistema de transporte equino y el terreno

Símbolo	Variable	Unidad
a, b, c, d, f, h, t, o	Ubicación de la carga, mitad carro, largo carro, ancho sentadero, posición del eje, altura carro, largo del tiro, ancho de llantas.	m
Q_1	Peso de la mercancía	kg - kgf
Q_2	Peso de la carreta	kg - kgf
Q_3	Peso del hombre	kg - kgf
Q_{total}	$Q_1 + Q_2 + Q_3$	kg - kgf
α	Ángulo	°
p	Pendiente del terreno	%
F_f	Fuerza de fricción de la llantas ($N \cdot \mu$)	kgf
ψ	Presión de inflado de llantas	kgf/cm ²
μ	Coefficiente de rodadura	Adimensional
N	Fuerza normal	kgf

P_{Lr}	Proporción o el porcentaje de una determinada longitud de ruta
L_r	Longitud de la ruta, aplicable a valores mayores a 1 km
V_{carga}	Velocidad en el trayecto con carga
D_{carga}	Distancia del Trayecto cargado
V_p	Valor Presente

Siglas

Abreviatura	Término
APAP	Asociación Protectora de Plantas y Animales de Pereira
Aprox.	Aproximadamente
FAO	Food and Agriculture Organization
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
MC	Moto-Carro
PETA	People for the Ethical Treatment of Animals
REDPAA	Red de Protección Animal y Ambiental
STA	Sistema de Tracción Animal
STE	Sistema de Transporte Equino
SIG	Sistemas de Información Geográfica
WSPA	World Society for the Protection of Animals

Abreviatura	Término
VTA	Vehículos de Tracción Animal
C ₁	Caballo 1
C ₂	Caballo 2
C ₃	Caballo 3
C ₄	Caballo 4
C ₅	Caballo 5
(i)	Recorrido de ida
(r)	Recorrido de retorno

Unidades de trabajo

Unidad	Abreviatura
Kilogramo	Kg
Kilogramo fuerza	kgf
Kilogramo fuerza metro	kgfm
Kilogrametro fuerza metro /paso	kgfm/p
Kilogrametro fuerza metro /día	kgfm/día
Kilómetro	km
Metro	m
Centímetro	cm

Unidad	Abreviatura
KiloNewton	kN
Hora	h
Minuto	min
Segundo	s
Kilometro por hora	km/h
Metro por segundo	m/s
Dolares Americanos	USD\$
Peso Colombiano	COP\$

Introducción

Los sistemas de transporte que utilizan caballos son una realidad del siglo XXI a lo largo y ancho del planeta. Esto a pesar de su disminución después de la aparición del ferrocarril con locomotora de vapor en el siglo XIX y del automóvil en el siglo XX. No hay que olvidar que los primeros ferrocarriles y tranvías de principios del siglo XIX fueron tirados por caballos. Los sistemas equinos remanentes del siglo XXI quedaron relegados al campo y unos cuantos en las ciudades, pero con poca regulación y casi inexistentes estudios técnicos.

Esta tesis estudia el funcionamiento técnico del Sistema de Transporte Equino tirando de una carreta de un eje de ruedas -STE- en ciudades con terrenos montañosos. En la documentación encontrada sobre el STE en las ciudades a nivel mundial, se exponen problemas como los conflictos de movilidad por las áreas de circulación, debido a la mezcla del STE con los transportes motorizados y la modernización de las ciudades. También se han detectado dificultades en las relaciones del grupo humano de conductores con el entorno. El grupo de conductores, desfavorecidos económicamente en la sociedad, son hombres y mujeres cabeza de hogar, así como adolescentes y niños, quienes en muchas ocasiones, dirigen el sistema sin un acompañante adulto. Además, es muy frecuente el reclamo de las organizaciones protectoras de animales que buscan que el STE desaparezca, debido al abuso de las capacidades físicas de los caballos, ya sea por su circulación durante largas jornadas, o con pesadas cargas, o cuando lo anterior se combina con la presencia de terrenos de altas pendientes. El estudio de este último aspecto físico y técnico es la principal motivación de esta tesis.

El transporte de tracción equina de carros alrededor del mundo tiene las funciones de turismo, transporte público de personas y transporte de carga. En países denominados ricos se utilizan grandes equinos especializados en la labor de tiro, y en países en vías de desarrollo se ven caballos pequeños con grandes carretas. Muchos de los animales usados para estas labores se ven abusados, bien sea por exceso de trabajo, falta de alimentación o maltrato físico; en muchas circunstancias esto no depende de que los países sean ricos o pobres.

No hay estadísticas precisas sobre el número total de conductores del sistema por género, como tampoco se clasifican los animales según el tipo de labor. La FAO (Food and Agriculture Organization) estima que el número de animales trabajadores en el mundo está cercano a los 100 millones (Chirgwin, Roover & Dijkman, 2000) y estima en 60 millones la población de caballos trabajadores (FAOSTAT, 2009).

A nivel mundial por países, se han observado muchas similitudes de las tipologías del STE de un eje en interacción con la ciudad. En la India está la modalidad de carrozas de un eje, que transportan hasta 6 pasajeros además del conductor, las carretas son de uno y dos ejes, con llantas de madera o hierro con sección de caucho pegado, unas carrozas son muy decoradas, lo que suma peso al pequeño caballo. En partes del África se ven equinos pequeños halando carros de un eje hasta con 10 personas. En Asia la modalidad son carros modernos y también tipo calesas de un eje con pequeños equinos, algunas tipologías son con techo. En China hay carretas de un eje y dos ejes, con el eje más bajo de lo normal, lo que da mayor estabilidad, por tanto, se ve el tiro angulado hacia el caballo, sobre todo para el transporte de personas, algunas tipologías tienen techo. Las que son para el transporte de bienes tienen el tiro más alto y en ambas modalidades se utilizan llantas de la tecnología vehicular y llantas angostas tipo motocicleta y bicicleta.

En América Latina este transporte es generalizado en todas las regiones tanto de carretas de un eje, dos ejes y carrozas, con pequeños caballos. Las tipologías son los sistemas de un eje con llantas de vehículos, como rígidas de hierro de uno y dos ejes. Se observan carretas metálicas de un eje para recoger basura, con estacas metálicas o de madera, además, furgones metálicos de hasta de 2 metros de largo halado por un solo caballo pequeño. Cuba los tiene instaurados como sistema de transporte de vagones-buses, incluso un solo caballo tira una carreta de 2 ejes que acarrea hasta 15 personas. Los más comunes en América Latina son las carretas de carga de uno y dos ejes con llantas de vehículos, planchones de madera, unas con estacas o furgones metálicos, unos con techo o el simple planchón; las de dos ejes tienen sistemas de giro artesanal o de camiones.

En ciudades de los países ricos como Berlín, Roma, New York, Montreal, Austria, España, Alemania, Suiza y Francia, utilizan grandes equinos de manera individual o en pares, para halar carrozas pesadas tipo s. XIX, como carretas modernas para el transporte turístico con llantas de hierro y sección de caucho pegado. En algunos países como Francia, Austria, se han visto los diseños modernos pesados con llantas de neumático. En Rusia se observan caballos de buen tamaño como transporte turístico en pesadas carretas metálicas y modernas de cuatro llantas angostas de radios. En algunos países como Bulgaria, Pakistán, Afganistán, se ven caballos pequeños transportando personas y carga de bienes, con carretas de uno y dos ejes con llantas de vehículo a motor, como carrozas de uno y dos ejes con llantas de hierro y sección de caucho. Las carretas son planchones de madera y carrozas con techo, similares a las de India y América Latina.

Algunas dificultades que limitaron este trabajo investigativo estuvieron por el lado del vacío en la información sobre el funcionamiento del STE de un eje en los aspectos del trabajo del caballo urbano y los aspectos técnicos del sistema. La legislación a nivel mundial es de difícil acceso, bien sea por encontrarse en documentación sin registro o por ser inexistente. Durante la investigación se contactaron varias personas de países como el África, Asia, Centro América, Sur América, España, Dinamarca, Estados Unidos, Inglaterra, Francia, en la búsqueda de

normativas, consiguiéndose muy pocas respuestas exitosas y donde solo se obtuvo la legislación Ecuestre Europea.

Las fuentes revelan a través de los siglos que el STE requirió limitarse, debido a la muerte por fatiga de los caballos durante el trabajo. Youatt (1831) estimó que el caballo de coches descargado trabaja sin fatiga durante 6 horas y si en esas 6 horas se le aumenta el esfuerzo, se evidenciará fatiga en sus articulaciones. Se observó alrededor del año 1839 que un caballo de coches al trabajar durante 8 horas día en 4 km, ya se encontraba fatigado al otro día (McShane & Tarr, 2003 p.179). En el s. XXI, se constata que los caballos y los burros con un trabajo constante por más de 6 horas al día, pueden exceder el doble de los requerimientos de su mantenimiento (Pearson, 2005, p.249). Pese a dichos datos, no se ha encontrado un planteamiento formal del problema mediante ecuaciones y reglas claras, que permitan reglamentar el funcionamiento del sistema.

Por lo anterior, esta investigación se estructura en siete (7) capítulos. En el Capítulo 1, se expone el objetivo de analizar la problemática del transporte equino urbano desde el aspecto funcional del sistema carreta, caballo, carga en su tránsito por las pendientes de una ciudad con terreno montañoso, para así demostrar donde está fallando el sistema, y además plantear sus límites de trabajo. Se pretende comprobar la hipótesis sobre que los equinos trabajan forzadamente, debido a mal funcionamiento del STE por vías de pendientes no aptas para la actividad y por la ausencia de un diseño formal acorde para actividad.

En el Capítulo 2 se estudia el sistema de transporte equino urbano en el mundo. Se resume la evolución de este tipo de transporte por períodos históricos, hasta el siglo XIX, siglo XX, y lo que va del siglo XXI (hasta 2015). También se presentan los aspectos sociales que tienen que ver con el grupo humano como las acciones del Estado, en particular para el caso colombiano. Posteriormente se discuten algunos factores referentes a la movilidad y a la legislación.

En el Capítulo 3 se presentan los fundamentos del comportamiento funcional del caballo y el sistema de transporte equino. Además del análisis de las principales variables equinas, se trabajan las fórmulas para realizar los cálculos estáticos, que permiten determinar los esfuerzos a los que será sometido el caballo cuando realiza la labor de arrastre de una carreta en pendientes. Se estudian los sistemas de tracción equina de un eje (con dos ruedas) de carga, para las ciudades con presencia de pendientes hasta del 25 %.

En el Capítulo 4 se realiza un caso de estudio en el contexto de Colombia, utilizando la ciudad de Pereira. Se presenta la metodología para realizar el trabajo de campo y el muestreo realizado. Se caracteriza el grupo social de la zona de estudio, se hace el diagnóstico de los sistemas de la ciudad basados en la encuesta de Movilidad del transporte de tracción equina, Encuesta del día anterior, 2008, desarrollada para la investigación.

En el Capítulo 5 se aplican al caso de estudio las expresiones matemáticas del capítulo 3. Se plantea la metodología que estudia las variables de movilidad, en cuanto a la carga, el trabajo del caballo en las pendientes por las que puede transitar el sistema, a una determinada velocidad, tiempo y distancia. Se comprueban las hipótesis planteadas en el capítulo 1.

En el Capítulo 6, y para efectos de orden práctico, se plantea una metodología en lo económico basados en el costo por viaje; como en la movilidad, resultado de los factores técnicos. La metodología puede aplicarse a cualquier ciudad del mundo que utilice el STE de un eje.

Finalmente, en el Capítulo 7 se dan las conclusiones de la investigación para el STE de un eje, así como las líneas futuras de investigación.

El STE no es reconocido como transporte formal, por tanto, la mayoría de los países no lo estudia técnicamente ni los integra al transporte de la ciudad. Se prevé que el STE se mantendrá vigente en el s. XXI en muchos países, por tal razón se considera importante la profundización de los aspectos técnicos y de movilidad, como la metodología de implementación para las ciudades medianas. La investigación aporta el estudio sobre el funcionamiento del sistema de transporte equino de un eje para la ciudad con terrenos montañosos, como la descripción laboral y social del grupo humano del caso, y los efectos técnicos-funcionales de transitar por pendientes urbanas con carga. Se demuestra que los equinos de tiro urbano a nivel mundial, trabajan forzadamente a costa de mucho sacrificio físico, cuando lo hacen en terrenos de determinadas pendientes, debido a que transitan sin límites definidos en los aspectos técnicos del trabajo. Con esto se espera contribuir a la regulación del uso de las carretas de un eje en ciudades medianas con terrenos montañosos, e incluso ondulados, en cualquier lugar del mundo.

CAPÍTULO 1.

1. Objetivos e Hipótesis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar la problemática del transporte equino urbano en cuanto al funcionamiento del sistema de objetos (conjunto arnés y carreta) en relación con los sujetos de estudio (hombre y caballo); y en aspectos económicos y sociales relativos a la movilidad, planteando los límites de su posible inserción como un transporte sostenible en ciudades con terreno ondulado y montañoso.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar la movilidad del transporte equino en los aspectos viales y morfológicos de una ciudad, como en el funcionamiento de los objetos (arnés-carreta) utilizados en relación con los sujetos (hombre y caballo) de estudio.
- Establecer una metodología de diseño de rutas viales donde pueda transitar el sistema de tracción equina urbana, basados en la pendiente del terreno y las características viales de la ciudad de estudio, en correspondencia a los requerimientos teóricos del comportamiento de la marcha del conjunto hombre-sistema.
- Plantear los límites de la posible inserción del sistema equino urbano con criterios de sostenibilidad ambiental y económico del transporte en una ciudad.

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis General.

La problemática del Sistema de Transporte Equino Urbano no solo es un problema social ni de desatención gubernamental, sino también de las variables de movilidad del sistema en las pendientes y del diseño de los objetos, los cuales afectan el óptimo ejercicio de la labor.

1.2.2 Hipótesis Específicas.

- El mal funcionamiento del Sistema de Transporte Equino en la ciudad se debe al desempeño de la actividad por vías de pendientes no aptas para la actividad de tiro y por la ausencia de un desarrollo técnico de los objetos, que además transitan con exceso de carga.
- Las ciudades con un promedio de pendiente significativa, no son aptas para albergar el actual sistema de tracción equina como transporte alterno formal o informal de servicio público de carga liviana, pesada y/o turismo.
- Es posible diseñar las rutas del sistema de transporte equino en la ciudad, con la definición de los parámetros de movilidad y de los aspectos técnicos-funcionales, como de la proyección económica del mismo.

CAPÍTULO 2.

“Quien es cruel con los animales no puede ser una buena persona.”- Arthur Schopenhauer

2. El transporte equino urbano en el mundo.

Este capítulo presenta en breve el contexto histórico la evolución del auge del sistema de tracción animal STA¹ a nivel mundial y su vigencia en las ciudades al s. XXI. Se expone sobre el grupo humano que lo utiliza, la movilidad en la ciudad y la normativa que los rige, finalmente, se anotan algunos aspectos ambientales en torno al Sistema de Transporte Equino –STE. Ampliación de la información en *Anexo 1 El transporte equino urbano en el mundo y en Colombia.*

2.1. Aspectos Históricos

2.1.1. El sistema de tracción animal hasta el siglo XIX

Desde la antigüedad, los animales más utilizados para el transporte rodado fueron las familias de équidos² y bovinos. En América del Norte se emplearon los perros y posteriormente los equinos. En las zonas andinas se usó la llama (Diehl & Mandeville, 1987, p.243). El transporte con carruajes tirados por animales se especializa a partir de 1400 d.c.

¹ El STA acoge todo tipo de animal que hala un carro, bien sean de la familia de los equinos, bovinos y vacuno.

² La familia de los équidos son del género equus que incluye los caballos, asnos y cebras

Al siglo XVII el transporte equino ya se había propagado, primero en Estados Unidos y posteriormente en Canadá. En Europa, a mediados del siglo XVIII, los caminos estuvieron mejor dotados para el tránsito de los sistemas pesados. En el nuevo continente, en especial en las poblaciones de Centroamérica, durante el siglo XVI y mediados del XVII, el transporte aún no era un sistema instaurado, y escasamente se empleaban los coches.

En el siglo XIX, el transporte se especializó en cada región, con innovaciones y desarrollos propios en función de las necesidades de cada terreno. En este siglo, en algunas ciudades principales de Europa, África, Asia y América, los caballos experimentaron un auge en el transporte, tanto público como privado. Se extendió el uso de carruajes y diligencias tirados por caballos individuales y en pares; igualmente, se innovó en el transporte por rieles, con los llamados tranvías y trenes, a manera de transporte público colectivo en las ciudades y cercanías. Al finalizar el siglo XIX comienza la decadencia del sistema de transporte equino en las principales ciudades.

Al principio del siglo XX, fueron populares los vehículos a combustión interna, los ferrocarriles a vapor y los “ferries” eléctricos en muchas poblaciones de Europa, África, Asia y Norteamérica. En Latinoamérica, en el último tercio del siglo XVII, los ferrocarriles ya unían las diferentes poblaciones, y en 1900, en las principales ciudades se usaban los tranvías eléctricos y comenzaba el apogeo del automóvil.

2.1.2. El sistema de tracción animal en el siglo XX y principio del siglo XXI.

La documentación encontrada sobre el sistema de transporte por tracción animal en las ciudades presenta un común denominador, la dificultad de las relaciones entre el grupo humano desfavorecido y el espacio físico. Se evidencian grandes conflictos de movilidad por las áreas comunes de circulación, debido a la mezcla del STE con los transportes motorizados y la modernización de las ciudades.

La FAO estima unos 100 millones de animales trabajadores en el mundo, de los cuales 60 millones son caballos (FAOSTAT, 2009). Esta entidad proyecta que la población de la familia de los équidos va en crecimiento anualmente, aunque algunas de las estadísticas indican que el número de animales se ha mantenido en algunos países y disminuido en otros durante la primera década de siglo XXI.

El transporte de tracción equina de carros tiene las funciones de turismo, transporte público de personas y transporte de carga. En ciertas ciudades de los países de economías fuertes como Estados Unidos, Canadá, parte de Europa y Rusia, los animales utilizados para la tracción son grandes equinos especializados para el tiro, generalmente se utilizan carrozas de

turismo con dos ejes y en un porcentaje bajo están los vagones de carga. Las carrozas se movilizan con un solo equino, también se ha podido constatar por fotografías, la existencia de vagones peri-urbanos halados por cuadrigas de caballos, estos representan un mínimo de los animales de tiro en el mundo.

En las ciudades de países con economías en crecimiento de África, Asia y Latinoamérica, se emplean diferentes tipos de animales para las labores de tiro urbano. En África se usan los burros y en menor proporción los caballos; en Asia los burros, los bovinos y por último los caballos; y en Latinoamérica principalmente los caballos y los burros. Habitualmente los animales de la familia de los équidos más utilizados para la tracción de carros, son los caballos, los burros y sus cruces de asno como la mula (burro con yegua) y el burdégano (caballo con burra).

Es difícil pronosticar la eliminación del sistema de tracción animal en la ciudad. La adquisición de un automotor resulta ser un lujo en los sectores económicamente más necesitados de la población mundial, en donde la tracción animal de carga es una alternativa viable de transporte. Al respecto, Starkey & Starkey (2000, p. 20-21) indican cómo la actividad de los animales de tiro seguirá siendo una constante en los países en vías de industrialización que tienen grupos poblacionales en la línea de pobreza. En los países de occidente el sistema de transporte de tracción equina se encuentra estigmatizado por la falta de oportunidades sociales y tecnológicas, con excepción del turístico, el cual es más aceptado.

En general, los estudios encontrados y la comunicación directa con entidades y personas conocedoras del tema de las diferentes regiones, dan estadísticas regionales de los équidos, trabajadores sin discriminar la tarea, los datos son vagos sobre el número de personas dependientes del oficio. Las publicaciones se centran principalmente en el abuso hacia familia de los équidos que arrastran o cargan, y en la importancia de la actividad para la economía de las personas de escasos recursos.

Las figuras 1 a 3 ilustran algunas tipologías de sistemas de un eje para personas y carga alrededor del mundo, las figuras 4 a 6 ilustran sistemas de dos ejes utilizados para carga, y las figuras 7 y 8 sistemas de dos ejes utilizados como coches de turismo.

Tipologías de Sistemas de Tracción Animal.

STE de un Eje



Figura 1. STE de un eje en Cuba (2012).
Fuente: Serrano, E. (2012, 2 de julio)



Figura 2. STE de un eje en India (2011).
Fuente: Mohita Nagpal (2011, 7 de agosto)



Figura 3 STE de un eje en South Africa
Fuente: Starkey et al (2000)

STE de dos Ejes para carga



Figura 4 STE de carga de dos ejes en Beijing China (2010)
 Fuente: Devonshire-Ellis, C (2010, 3 de junio)



Figura 5 STE de carga de dos ejes en India (S.F)
 Fuente: Funny photo imran khan (s.f).



Figura 6 STE de carga de dos ejes en Cuba (2013) Cuba Naranjal 2013.
 Fuente: Sin autor Online



Galope a golpes, ALELÍ, La Habana (2014)

STE de dos Ejes coches turismo o taxi



Figura 7 STE de coches de turismo de dos ejes en Sevilla España (2012)

Fuente: Iván Sarmiento Ordosgoitia



Figura 8 STE de coches de turismo de dos ejes en Viena, Austria (2007)

Fuente: Jorge Alberto Jaramillo

2.2. Grupo social

2.2.1 Situación Social.

Las personas que utilizan el STE como medio de subsistencia, pertenecen a la escala socioeconómica más baja, muchas son propietarias del binomio (animal-equipo) y otras lo alquilan. Los beneficiarios son hombres y mujeres cabeza de hogar, así como también los hay adolescentes y niños, quienes en muchas ocasiones, dirigen el sistema sin un acompañante adulto. Estas personas reciben diferentes nombres según la región, en las ciudades de Latino América se les llama carretoneros (en Chile), cocheros, recicladores, carreteros, carretilleros, zorreros (en Colombia). En España cocheros. En Gonder –India, se les llama Gharry (Bradbury, 2001, p.23) y en países de habla inglesa *horse carriage*. En ocasiones, estos apelativos suelen ser peyorativos, por tal motivo, en el estudio se les denominará como conductores del sistema de transporte equino -STE-. Los transportadores informales que usan la tracción animal en las diversas regiones del mundo, generalmente trabajan de manera independiente, si bien, no tienen vínculos con organización alguna, ciertos conductores se han agremiado entre sí.

Los trabajadores urbanos y periurbanos del Sistema de Tracción Animal STA en su mayoría, tienen un grupo familiar entre tres (3) y siete (7) personas, y sus hogares se ubican en las zonas periféricas y en las denominadas “invasiones”. Tadich, Escobar & Pearson (2008, p.271) determinan que los grupos de conductores de las ciudades de Valdivia, Osorno y Puerto Montt en Chile, en la mayoría de los casos, están constituidos por familias que viven en la periferia urbana y en vecindarios de estrato económico bajo.

Otro aspecto negativo del STE son los niños y adolescentes trabajadores. En la ciudad de Montevideo (Uruguay) es cotidiano ver a menores conduciendo los equinos en los carros (Sociedad Uruguaya, 2006). Igualmente en Argentina son usuales los menores de edad al frente de las carretas durante el día, a altas horas de la noche y en la madrugada (Moreyra, 2008).

Por otro lado, el STA acoge un gran número de usuarios, algunas estadísticas indican que: en Filipinas cerca de dos millones de personas dependían de la potencia del animal en las tareas del arado, transporte al lomo y tiro de carros (Sevilla, 1995, p.92); en Nicaragua, 20 000 familias dependen de los caballos de tiro para subsistir (WSPA, 2009). Se estima que por cada animal con un sistema de carga, hay una familia que subsiste por los ingresos que recibe de este. En cada capital Latinoamericana se presume que más de 2 000 familias son dependientes del sistema. En cada una de las ciudades medianas de los países emergentes, se contabilizan hasta 1 000 sistemas de carga; y en las ciudades pequeñas suman hasta 200 sistemas por ciudad. Asia tiene 50 millones de burros al servicio de familias; en China existen diez millones de animales trabajando, en Pakistán 3.5 millones y en India dos millones (Rahman, Walker & Ricketts, 2005, p.598).

Sin embargo, en algunos casos, el STE no pertenece a las familias que lo usan. Un caso se da en Colombia (Bogotá), donde algunos transportadores son empresarios del sistema. La Red de Protección Animal y Ambiental REDPAA (2009), argumenta que los ingresos brutos de cada sistema ascienden a los tres salarios mínimos legales³, además, divulga hechos insólitos sobre cómo muchos de ellos tienen vehículos a gasolina trabajando en otros mercados laborales y poseen teléfonos móviles con cámara.

En Asia, África y en algunas regiones del Sur y Centro América se usa el STA para trasladar mercancías y cosechas de las zonas rurales como periurbanas a las urbanas. En Latinoamérica acarrear materiales de construcción o alimentos dentro de las ciudades y poblaciones. Mientras que unas sociedades pretenden abolir el STA, otras hacen campañas para expandirlo; por ejemplo, en Sudáfrica se ha difundido con el propósito de facilitar el trabajo pesado especialmente de las mujeres (Joubert & Kotsokoane, 2000, p.11-12).

En todas las regiones hay grupos de tracción que acarrear personas en coches-carrozas, algunas ciudades y países que lo utilizan son Chile, Gonder (Etiopía), Lampang (Tailandia), Cartagena (Colombia), Montevideo (Uruguay), y México. Así mismo, Cuba los tiene instaurados como sistema de transporte de vagones-buses, al igual que se usan para turismo en ciudades y países ricos como Berlín, Roma, New York, Austria, España, Alemania, Suiza y Francia.

2.2.2. Acciones del Estado.

El STA presenta diversos problemas generalizados de tipo social en las regiones donde se usa, tales como (a) el maltrato al animal, (b) la difícil inserción en la movilidad urbana, (c) la pobreza de las personas, (d) el mal estado de los equipos, (e) la violencia de los conductores hacia la comunidad, entre otros.

La vigilancia del STE y el STA, dependiendo de la región y ciudad, es controlada por los agentes de tránsito o las sociedades protectoras de animales. Se percibe indiferencia por parte de los gobiernos ante este tipo de transporte y las legislaciones no apuntan a su mejoramiento; un argumento para reglamentarlo o prohibirlo es la lenta movilidad así como la obsolescencia. Starkey (2001) considera que el transporte de carga por animales es extremadamente importante en las economías urbanas, y prohibirlos no siempre es apropiado (p.34).

La violencia de los conductores en algunas regiones, ha conseguido que las autoridades se abstengan de controlarlos. En la ciudad de Santo Domingo (República Dominicana) el transporte no se encuentra regulado ni organizado, mucho menos controlado por las autoridades, además no pagan impuestos. Polanco (2009) relata que “el negocio de los caballos

³ Un salario mínimo mensual a 2009 correspondió a 200 dólares aproximadamente.

de carretas es una pequeña empresa criminal muy lucrativa para sus dueños y que causa numerosos inconvenientes para el Estado y la población en general”.

La regulación del uso de los animales en los países de la Unión Europea y Norteamérica, es realizada por organizaciones mundiales. Por ejemplo, la organización internacional PETA (en español: Ética en el Trato de los Animales), trabaja en muchos países velando por la solución de los problemas que presentan los coches con animales, especialmente en Norteamérica.

La WSPA (en español: Sociedad Mundial para la Protección de los Animales) realiza campañas de salubridad en pro de los animales trabajadores, con el fin de que el STA reciba la atención que merece. Según la WSPA (s.f), el caballo y el burro son vitales para el transporte de millones de personas, por tal motivo, la organización realiza acciones en las zonas con mayores problemas de países del África, Asia y América Latina.

La FAO (2011) da gran importancia a la población que utiliza la tracción animal a nivel mundial y presenta casos en los que el STE se está implementando en algunas regiones desarrolladas de Europa como transporte ambiental. La FAO hace un llamado para la utilización de los STE, argumentando que este debe ser un esfuerzo común de las administraciones locales, los ministerios de gobierno, el público en general, las sociedades protectoras de animales, los ayuntamientos (municipios) entre otros, y no solamente de los ministerios de agricultura. También ejemplariza sobre la importancia del STE en la economía, por ejemplo la cafetera, y propone su implementación mundial para usuarios muy específicos.

Cuando los sistemas animales-coches o carretas están integrados a una organización, censados y vigilados, los animales se conservan en relativo buen estado de salud. A diferencia de algunas administraciones que han prohibido su circulación, el STE tiene partidarios como la FAO, quienes están convencidos que permanecerá en el mundo por varias décadas, en grupos de personas desfavorecidas, en países pobres y en personas de ingresos medios, así como en países ricos, en zonas en las que puede proyectarse como transporte sostenible.

2.3. La Movilidad del STE en su legislación y características del equipo y el equino.

Cuando se habla de movilidad en esta investigación, no se está refiriendo a aspectos de tránsito (velocidad, brechas, capacidad de las vías, adelantamientos, formación de colas, etc.) sino a la caracterización de los viajes que realiza el STE transportando unas cargas por unas vías con unas pendientes determinadas.

En la información estudiada, no se encontró ningún documento específico sobre movilidad urbana del STE. Es frecuente hallar normativas viales regionales (ver apartado 2.3.1 sobre legislación), denuncias de los diarios regionales sobre maltrato animal y accidentes viales de los

STE, aspectos que se presentan de manera cotidiana y sucesiva, como también ocurre con otros modos.

Las variables externas que influyen en el mal desempeño del STE referente a la movilidad, podrían clasificarse como (i) las físicas de la ciudad, en particular la topografía del terreno; (ii) las reglas urbanas, en particular las de regulación del tránsito, y (iii) las de diseño de los objetos del equipo-equino.

Con respecto a aspectos físicos de la ciudad, se tienen, la ausencia de vías especializadas y la falta de señalización para prohibir ciertas pendientes inadecuadas para el sistema: y las calles con poca fricción debido a las líneas blancas peatonales, que no permiten al animal un agarre seguro. A principio del siglo XXI, en regiones urbanas con terrenos planos, pendientes del 3 % e incluso hasta 5 %, transitan generalmente el STE compuesto por carros y coches de dos ejes; en las otras regiones que tienen pendientes máximas superiores al 6 %, se utilizan las carretas de un eje. En esta tesis se pretende demostrar que el sistema de tiro animal funciona correctamente cuando hay equilibrio entre los factores: (a) el promedio de la pendiente, (b) la capacidad de tiro del animal y (c) el peso de la carreta. En esta investigación solamente se estudiara el STE de un eje, por ser los más usados en ciudades con altas pendientes, en donde los animales no podrían arrastrar un carro de cuatro ruedas, debido al peso, que se hace más decisivo por la pendiente.

En cuanto a regulación del tránsito, carece de una regulación de horarios, rutas, paraderos además de la hegemonía del tráfico vehicular sobre cualquier forma diferente de movilización. Los animales de tiro usados en el sector urbano no son regulados eficientemente, a pesar de que en muchos países se cuentan entre los medios de transporte no motorizados que constituyen un importante subsector de la economía informal. En la India, el transporte animal asciende a 15 millones de unidades y se cuenta como parte del sistema de transporte de las áreas urbanas (Reddy, Anand & D'Sa, 2000, p.32).

Finalmente, respecto al diseño, la ausencia de un desarrollo técnico apropiado de los elementos. Si bien pareciera que la variable sobre las tipologías de carretas está controlada por los usuarios, está lejos de presentarse un correcto y eficiente diseño en los carros del STE encontrados en la investigación.

En las indagaciones sobre los muchos sistemas de tracción animal utilizados a diario en los países de África, Asia y América Latina, se constata que los transportistas y las entidades que deben regularlos no han conjugado los parámetros y las variables nombradas, siendo fundamentales en una normativa para la movilidad de la tracción equina en la ciudad. En consecuencia, el conductor extralimita sin control al animal, y transita por vías donde él no puede realizar la tarea de tiro de forma correcta, además, se les imponen carros pesados, viejos y destartalados.

La optimización de la función práctica⁴ del STE, requiere la combinación de varios elementos: (a) la educación de los trabajadores del sistema y de los ciudadanos; (b) reglamentar y hacer cumplir las normas relativas a las variables prácticas del sistema y a la protección animal, (c) normativa específica y ruteo para trabajo en la ciudad, (d) un buen desarrollo técnico de diseño. Es importante hacer proyectos integrales para el STE, puesto que se perfila aún como estable en las regiones y al parecer pasarán muchos años antes que desaparezca de las ciudades.

2.3.1. Legislación sobre la movilidad del STE.

Es difícil tener acceso a todas las legislaciones, normas o decretos que regulan el STE en las diferentes regiones del mundo. Dichas legislaciones son locales y, en la mayoría de los casos, los documentos no son publicados. En las conocidas, se ha visto que tienen más de 30 años sin actualización y muchas veces no hacen referencia a los animales de tiro de carros.

El común denominador de lo encontrado sobre las normas para la movilidad, se basan en restricciones de locomoción del STE por vías específicas en las ciudades, debido al estorbo, la incompatibilidad estética e incluso por diferencias sociales o exclusión de un grupo humano, (alguna información sobre normativa para los STE se compila en el Anexo 1, ítems: legislación sobre la movilidad y normativa para el STE en Colombia, como en el ítem 4.1 del documento). No se conoce alguna norma que legisle la movilidad del STE, ni en la que se fijen las rutas de trabajo de acuerdo con la capacidad del animal, como tampoco se determinan los estacionamientos y áreas de descanso. Starkey (2004, p.7) indica que la creación o la demarcación de corredores o definición de rutas en las ciudades y carreteras para los vehículos pequeños y lentos, sería un aporte positivo para este transporte.

Algunas legislaciones sobre la movilidad del Sistema de Tracción Animal, normalizan indistintamente las horas laborales, así como la carga a transportar –ampliación en anexo 1-, pero no formulan reglas sobre la cantidad de trabajo *versus* la resistencia del animal y el diseño de los equipos, tampoco establecen límites de pendientes de tránsito, el número de kilómetros diarios, ni la forma de trabajo según la estación climática, mucho menos se evidencian normas sobre los requerimientos urbanos para el tránsito del STE, en algunos estatutos se precisan datos sobre la cantidad máxima de carga, pero esto no se asocia al tipo de animal y no se especifica si se incluye el peso del carro. Las leyes regionales de tránsito habitualmente regulan sobre elementos como luces en el carro, chalecos para el hombre y pañales para el animal.

⁴ Función Práctica de los objetos: rendimiento técnico de los productos y diseño de sus elementos de manejo, en cuanto a la cuestión de la satisfacción de las necesidades es decir las funciones sociales. (Burdek, 1994, p.129).

Los sistemas de tiro de coches y carros trabajan, en su mayoría, muchas horas al día. Otros laboran por la noche. En muchos casos los caballos resultan ser los mismos del día. Estas situaciones no son controladas por los agentes encargados. Ramado (2009)⁵ indica que particularmente en Río de Janeiro (Brasil), se normaliza la jornada laboral hasta ocho horas diarias, con un día de descanso. El sistema equino-equipos de trabajo pesado, como son los de transporte urbano, no debería trabajar más de cinco horas diarias con la carga que se les impone, pero la realidad es lejana a la norma, los animales viajan largas distancias tirando carros con cargas hasta tres veces superiores a su capacidad. En localidades rurales como Veracruz (México), las distancias que llega a recorrer el sistema de carga periurbano y urbano en un viaje transportando bienes, son hasta de 100 km, pero durante la temporada de cosecha éstas ascienden a 120 km (López & Morales, 2001 p.16).

2.3.2.El Sistema Equino - Equipo

El medio de transporte en estudio se concibe como un sistema de tres variables: carro, arnés y animal, si una o más variables no están bien adecuadas, no puede desempeñarse correctamente la tarea de la tracción.

a) Los equinos

Pearson (2005) piensa que es imposible precisar la información del número de animales trabajadores en el mundo. En muchos países las estadísticas no especifican si son de tiro, carga, productores de leche o carne. (p.248)

El número de animales de trabajo en el mundo que registra la FAO de 100 millones es aproximado. Los animales más referenciados son los burros y la mayoría de ellos se encuentran en Asia. De acuerdo con Rahman et al. (2005, p. 598) el 50 % se distribuye entre China, Pakistán e India.

De los 60 millones de caballos a nivel mundial, Asia posee el 25 %, y las tres cuartas partes de ellos se utilizan en el oriente y sur oriente de Asia, el número es menor para los países del occidente de Asia (FAOSTAT, 2009)

África alberga aproximadamente el 7 % de los caballos de trabajo en el mundo (FAOSTAT, 2009). Allí hay cientos de miles de animales desempeñándose en las pequeñas granjas de agricultura, así como en las actividades de transporte de carros urbanos. En Sudáfrica los caballos, burros y mulas hacen la mayor contribución a la agricultura como al transporte urbano

⁵ Información obtenida por comunicación vía correo electrónico con Ms G. Ramado Febrero 4, 2009
World Society for the Protection of Animals WSPA Brasil

y periurbano (Taylor, Kneale & Pearson, 1999, p.56).

En América Latina y el Caribe, según datos de la FAO (citado en Starkey & Starkey, 2000, p.17) en 1996, el número de burros (7 766 000) correspondía a la mitad de los existentes en África, población que se ha mantenido estable durante muchos años. En Suramérica, de los équidos trabajadores, la cantidad de burros de trabajo rural y urbano corresponde a un 20 %, y el 80 % son caballos (datos comparados de FAO, 1997 y FAOSTAT, 2009). Los caballos de uso rural y urbano de Suramérica ascienden aproximadamente al 28 % del total mundial, siendo el porcentaje más alto del conteo entre países. Las mayores poblaciones de caballos se encuentran en Brasil con un 37 % seguido por Argentina con un 24 % y Colombia con un 16 %, el resto se reparte entre los otros países (FAOSTAT, 2009). Los caballos del Caribe y Centro América representan aproximadamente el 15 % de la población mundial de caballos. Cuba, Haití y República Dominicana poseen casi el 80% del total de caballos del Caribe. En Centroamérica, los países con mayor número de caballos son México con un 87 % del total y Panamá con un 2.6 %, el porcentaje restante se distribuye entre los otros países (FAOSTAT, 2009).

Los países europeos tienen cerca del 7 % de la población mundial de caballos; Australia y Oceanía poseen menos del 1 % (FAOSTAT, 2009). Los caballos en Norteamérica siguen siendo muy importantes para el trabajo y el transporte interno en las áreas rurales, llegando a cerca del 17 % de los caballos del mundo, estando la mayoría en Estados Unidos, donde se estiman unos nueve millones de caballos.

Capacidad de trabajo

Los equinos de tiro urbano de carga y turismo en la mayoría de las regiones sufren sobreexplotación puesto que el trabajo realizado supera su capacidad, ya que la actividad desarrollada no es directamente proporcional a la alimentación, ni a los cuidados suministrados. Los animales deberían estar en condiciones de salud y tallas corporales excelentes para la acción de tiro de carros. Pese a ser el aspecto primordial a tener en cuenta, éstos son el último rango en la escala de valores de muchos de sus dueños. Una de las causas de esta problemática, es que al parecer se desconoce la capacidad de tiro que puede ejercer el animal en relación con su tamaño corporal, aunque, en la investigación se ha podido determinar que el dueño si sabe empíricamente la capacidad del equino.

Los caballos para la tracción de carros, se recomiendan que tengan un peso igual a 500 kg con una alzada de 1.60 m; a fin de desarrollar cierta velocidad (Beltrán, 1954, p.247-249), mientras que los caballos de tiro para la agricultura, deben tener pesos cercanos a los 700 kg dependiendo de la tarea (Barwell & Ayre, 1982). El esfuerzo de tracción que puede realizar un caballo de tiro en las tareas de agro varía entre el 12 % y 16 % del peso corporal (Cabezas et al., 1994), dato que podría utilizarse para los de tiro urbano. Sin embargo, no son tareas que puedan realizar todos los días en la misma intensidad, dado que después de un día duro de trabajo el animal ya tiene fatiga extrema. Es importante tener en cuenta que a mayor fuerza, debe haber

menos velocidad, y menor distancia para mantener el gasto energético dentro de los límites del animal.

Las reglas de locomoción del sistema se cumplen, en la medida que se usen los animales específicos para la actividad y en buenas condiciones de salud. No es exageración testificar sobre el uso inadecuado de los equinos en todas las regiones de los países que mantienen una economía de subsistencia e incluso en países ricos, siendo este el primer parámetro que infringe la regla en la actividad de tiro de coches o carretas. En el capítulo 3 se demostrará con fórmulas matemáticas.

Manutención de los animales

En cualquier lugar donde existan burros y caballos de tiro para el trabajo, estos están siempre asociados a familias con escasos recursos. Expone Pearson (2005, p.249), que los equinos proveen los ingresos diarios y son considerados como un artículo “gastable” por algunos propietarios que les dan un cuidado mínimo. Los equinos utilizados en la labor de transporte y carga, son animales versátiles, poco exigentes y de costos relativamente bajos; también son dóciles e inteligentes, de gran resistencia y muy sufridos, características que los hacen soportar los padecimientos y sufrimientos provocados por el trabajo que realizan (Chirgwin et al, 2000, p.III).

En general el equino es maltratado, lo que genera un estado de condiciones físicas inadecuadas para realizar la tarea de tiro. Starkey (2004c, p.8) describe cómo en todos los países se da un tratamiento cruel a los animales, los cuales se ven exhaustos, sobrecargados y heridos por los arneses, arrastrando peligrosos carros. Además, padecen de cojera, debido a la poca atención prestada. Cuando los animales se enferman o se desnutren, reducen su capacidad de tiro, sin embargo son forzados a trabajar, lo que resulta ser cruel y doloroso para ellos (Rahman et al., 2005, p. 598).

En las ciudades de Europa y Norteamérica, los caballos regularmente son potentes y en relativo buen estado de salud, sin embargo, muchos de ellos trabajan durante todas las estaciones del año, presentan enfermedades causadas por el exceso de trabajo –véase la figura 9- se ven involucrados en accidentes de tránsito y no están dotados de implementos adecuados. Un ejemplo son los caballos de turismo urbano de Roma; entidades y particulares han denunciado frente al Parlamento Italiano, el trabajo de los equinos en condiciones inadecuadas (Owen, 2008). En Norteamérica, el caso de Ohio, los caballos trabajadores se usan en el campo para el transporte, representando menos del 20 % del total (9.2 millones de caballos reportados). Igualmente se ven muchos casos de equinos abusados por falta de conocimiento de sus dueños o alguna carencia (Bennett-Wimbush, PAS, Amstutz & Willoughby, 2014, p.99).

Los casos de desnutrición son repetitivos en todas las regiones de África, Asia y América Latina. En México el peso de los caballos de trabajo se encuentra en rangos entre 200 kg y 320 kg (De Aluja, 1998 p. 22-25), que resultan ser extremadamente bajos respecto a los recomendados de 500 kg. Los caballos urbanos de tiro de las poblaciones de Chile, presentan una alzada de 1.43 m. (± 5.4 cm) cuando la alzada óptima debería estar entre 1.50 m y 1.60 m (Tadich et al. 2008, p. 268-269).



Figura 9 New York - USA (2010)
Fuente: online (S/A)

b) Los Equipos.

Los equipos de tracción ayudan a potenciar o a disminuir el trabajo de los animales en el ejercicio de tiro de carros en las ciudades. La función práctica principal de los implementos es que el animal se encuentre cómodo, que sean movidos fácilmente por ellos y que permitan al usuario hacer las tareas demandadas. Sin embargo, el diseño, la manufactura y la optimización de los elementos como los arneses y los carros, pasan a un segundo plano entre la población. La mayoría de los diseños de carretas, coches y vagones son fabricados con materiales viejos y revalorizados de tecnologías automotrices, con estándares mínimos de calidad. Cada vez que los equinos de tiro mueven y frenan el sistema con la carga impuesta, su trabajo de fuerza y potencia deberá vencer la gravedad y sostener la carga; debido a que el sistema carreta-arnés-equino carece de mecanismos que ayuden a la ejecución del oficio.

Los diseños de los coches de taxi y turismo de dos ejes que operan en las ciudades, son semejantes a los originales del s. XIX y XX; los que se elaboran básicamente con hierro y materiales excesivamente pesados, integrados por tres o cuatro grupos de hojas de resorte lo que permite sobrecargarlos, además, las llantas son de hierro con borde de sección de caucho. Las carretas de trabajo de uno y dos ejes, son de madera, chasis de hierro o madera, llantas

viejas revalorizadas de vehículos automotores; y las de 2 ejes tienen eje de camioneta o camión. Muchas carretas tienen muñón central y hasta cojinetes, en su mayoría disponen de dos pares de hojas de resorte, otras no tienen sistema de amortiguación. Los frenos en las carretas son muy escasos entre la población en estudio, y en caso de poseerlo, son artesanales.

En muchas regiones, las innovaciones en dispositivos para la acción del tiro animal apenas han sido desarrolladas, esto se debe, según Bunyavejchewin (1995) a la falta de investigación y desarrollo tecnológico que permita potenciar el trabajo del animal (p.106).

Si bien el desarrollo y la producción masiva de maquinaria para el caballo de tracción se detuvieron en Europa entre 1950 – 1960, al s. XXI en Estados Unidos y Europa la tecnología para el caballo de tiro en el agro ha venido desarrollándose continuamente a menor escala. Al primer decenio los implementos modernos para los caballos de tiro están disponibles en cada caso que la agricultura los necesite (Herold & Heß, 2001, p. 21).

2.4. Aspectos ambientales del sistema de tracción urbana

Algunas regiones están cambiando el STE por el transporte de carga motocarro -MC- como ha sido el caso de las grandes capitales en Colombia. Esto está en parte influido por la incapacidad de legislar a los conductores, mejorar los diseños y mantener el animal en óptimas condiciones -figuras 10 y 11-. La disyuntiva de la discusión, no se referirá a la alta carga ambiental de las motos y su eficiencia de trabajo, *versus*, la baja carga ambiental y la ineficiencia del trabajo del STE, como tampoco, se justificará a ultranza que el STE no debe ser reemplazados por MR en ningún caso.



Figura 10 Moto-Carro - Ciudad de Pereira
2010 - Colombia



Figura 11 Moto-Carro Ciudad de Manizales
2014 - Colombia

Sería utópico pensar que los coches halados por equinos podrían reemplazar el transporte tecnificado en sociedades del s. XXI. Sin embargo, países ricos intentan implementarlo, y en las regiones pobres del mundo representa el único medio de subsistencia y movilidad de muchas familias. En Francia desde el 2010 se está implementando el STE en 130 poblaciones de todos los tamaños, como servicio público de tranvías en pro de una acción ambiental (Guiinot, 2009). En Suiza se utilizan para transporte de basuras denominadas verdes, aunque el carro de la fotografía de la figura 12 se ve bastante pesado, es un buen ejemplo.



Figura 12 Suiza Lucerne. Fady, Deny (2009)

El ciclo de vida de un producto está definido desde la consecución de materias primas, la manufactura, la distribución, el uso, el desuso y la manera de recircular o reciclar sus partes. El uso de la motocicleta o MC tiene exceso de gasto energético en su ciclo de vida y consume los recursos fósiles, tanto en su producción como en su funcionamiento.

El aumento de la motocicleta en el parque automotor es exponencial cada año y la producción y el uso de combustible es directamente proporcional al gasto de los recursos fósiles y naturales no renovables. Se estiman 500 millones de motocicletas en el mundo al 2015, y se pronostica que el crecimiento anual es de 7.2 %, según Chiang et al. (2014, p.1). Estos autores exponen que desafortunadamente las motocicletas no solamente presentan problemas de tráfico, también contribuyen a una gran fracción de contaminación del aire en las zonas urbanas.

Por otro lado, los objetos que se usan en el STE son los desechos revalorizados de las tecnologías automotrices en el momento del desuso⁶; aparentemente es una acción de enfoque

⁶ Revalorizar: dar valor agregado económico a un residuo u objeto. El manejo de los residuos se determina según el material y el fin, las diferentes partes de los objetos se reciclan, recirculan, reutilizan o revalorizan, hay otros autores que hablan del rediseño.

ambiental sustentable, constituida por el hecho de hacer recirculables los materiales al final de la vida útil del objeto origen. Sin embargo, debido a la utilización de materiales y desechos sin un estudio técnico riguroso, la forma y la función de los objetos de la tracción no logran aportar los elementos necesarios para la ejecución correcta de un transporte tan especializado. Esto se debe, básicamente, a la incapacidad de remanufacturar las partes y convertirlas en insumos de primera calidad, además, a la ausencia de un buen desarrollo de diseño para el sistema en cuestión.

El animal es el motor del STE, ante esto, se anota que la conservación ambiental, también contempla el deber y los derechos que tienen los seres vivientes de la especie animal, independiente de que algunos círculos no consideren los derechos de los animales como un aspecto inherente al desarrollo sustentable. Sin entrar en discursos filosóficos sobre los deberes que tienen los hombres, ni sobre los derechos de los animales, Maldonado (1999, p.54) expone claramente que el hombre debe asumir el deber “moral” de tratar a los animales de manera responsable, de no hacerlos sufrir, de no martirizarlos, torturarlos o maltratarlos⁷. Para el STE, es fundamental que el componente animal, se tenga en cuenta entre las prioridades de la conservación y la dignificación a la buena vida, durante su ciclo de vida. Por tal razón, los gobernantes deben pensar en diferentes alternativas antes de decidir su prohibición.

Se invita a pensar que la solución tiene varios frentes: (a) desarrollar estudios de movilidad, (b) tecnificar los equipos regionalmente, (c) legislar correctamente el STE, (d) adecuar los espacios urbanos para el STE, o (e) reemplazarlos por MC cuando la topografía y la ciudad no cumplan con los requerimientos para albergar el STE.

En países pobres la tracción animal se encuentra vigente y permanecerá por años, y en los países ricos los están implementando nuevamente en pequeñas poblaciones, aunque no siempre de la mejor manera, por tal motivo es necesario realizar más investigación y encontrar unos límites de trabajo para el equino urbano. La vanguardia tecnológica descuidó la investigación y el desarrollo (I+D) en materia de transporte de tracción animal. Para los años futuros, no se puede ignorar el papel del STE en la tecnología y la sociedad, aunque la problemática solo abarque a una minoría de la población mundial; y aunque se vislumbre un futuro gris para los desarrollos tecnológicos del STE, al estar el mercado del transporte dominado por las multinacionales de automotores.

⁷ Maldonado, T. (1999) critica la desmesurada arrogancia antropocéntrica exponiendo la “ética” como cuestión moral frente al derecho de una vida democrática, asumiendo de manera responsable el no hacer sufrir a los animales desde ningún aspecto científico, recreativo, de trabajo o sadismo. Es claro que adentrarse a este tema desde la investigación de nuevos procesos y alternativas en lo científico y lo tecnológico ayudará en el proceso de respeto a la vida de todo ser viviente.

CAPÍTULO 3

3. Comportamiento del sistema de transporte equino.

En el presente capítulo se analiza el comportamiento del Sistema de Transporte Equino - STE-, compuesto por la capacidad del equino y la del sistema caballo-equipo en las diferentes pendientes urbanas.

Se resuelve teóricamente la hipótesis sobre el mal funcionamiento del STE en su movilidad respecto a las variables de las vías, de la morfología y las del comportamiento de carros de un eje, en relación con la actividad de tiro del caballo. Con los desarrollos del capítulo se podrá definir teóricamente la pendiente por la cual el sistema puede transitar sin causarle daño al caballo. Se comprobará la hipótesis, de que las ciudades del s. XXI con un promedio de pendiente significativa, no son aptas para albergar el sistema de tracción equina como transporte alterno formal o informal de servicio público de carga liviana, pesada y/o turismo, por lo menos en las condiciones técnicas existentes hasta el año 2016.

En la topografía escarpada, es donde se presentan con mayor frecuencia los problemas de movilidad del caballo de tiro. También se ha evidenciado que las carretas de un eje con dos ruedas son las más usadas en altas pendientes, por ser más livianas y de fácil manipulación con respecto a las de dos ejes con cuatro llantas. Por todo lo anterior, este estudio profundiza en el sistema de transporte equino urbano de carga de un eje en ciudades con terrenos montañosos. Para caracterizar estos terrenos se toma como referencia las pendientes que define el Manual Colombiano de Carreteras de dos carriles (INVIAS, 1996), según el cual, las pendientes entre 0 y

3% en vías se consideran planas, entre 3 y 6 % onduladas, de 6 a 9 % montañosas, y más de 9 % escarpadas.

En este capítulo se tratan las variables que intervienen en el STE de un eje y se demuestra que los problemas son causados por exceso de esfuerzo, que superan la capacidad física del caballo. Además, el deficiente desempeño de los objetos, debido a la falta de tecnología y un diseño especial en su manufactura. La investigación ahonda en la especie caballo (*equus ferus caballus*), de la familia de los équidos (equidae) o equinos y del género equus.

No se han encontrado estudios sobre el comportamiento del STE en terrenos pavimentados con asfalto o concreto. Sin embargo, algunas referencias encontradas hacen alusión a ciertos valores de cargas límite, que por la época de los documentos, s. XVIII y XIX, se deduce que se realizaron análisis del STE en terrenos denominados pavimentados, generalmente de piedra y de cal. Los diferentes autores estudiados no integran las variables importantes como la pendiente del terreno con el caballo y el carro al tratar el tema de la potencia del equino arrastrando carros en la ciudad. En documentación de antes y durante el s. XX se encontró alguna información específica sobre aspectos técnicos que ayudan al presente constructo teórico, pero ninguno relativo al tema de equino-carro *versus* pendiente.

Para diagnosticar el trabajo del equino del s. XXI en este capítulo, se revisan y analizan los estudios de los s. XX y XXI sobre la capacidad de arrastrar del equino en las faenas del arado, tomando lo que sea aplicable al caballo urbano, y se complementa con los análisis técnicos del funcionamiento del STE sobre el terreno.

El análisis técnico del STE sobre el terreno, se realiza a través de cálculos desde la Estática, con el desarrollo de ecuaciones que surgen de la descomposición de las fuerzas que entran en el ejercicio de la tracción equina. Durante la investigación, se ha observado que la problemática está influenciada por la deficiente función de los elementos que componen el sistema, por tanto, los cálculos pretenden demostrar el fallo del conjunto de la tracción equina en su comportamiento funcional y de movilidad.

El estudio técnico ahonda en el funcionamiento del sistema en pendientes urbanas de uso vehicular entre el 0 % y 25 %⁸. Los cálculos tienen en cuenta la relación entre las variables del sistema caballo-carro y las variables espaciales y de la carga; lo que permite obtener el comportamiento del sistema en los valores máximos y mínimos de las variables. Las variables cuantitativas estudiadas a través del capítulo son las del caballo, las del carro, las de la carga y las espaciales, para obtener unos indicadores del comportamiento del STE- tabla 1-.

⁸ Aunque las pendientes más usuales recomendadas por las oficinas de planeación en las ciudades no superan el 15 %, la realidad de muchas ciudades latinoamericanas donde se han desarrollado áreas periféricas por efecto de migraciones poblacionales, llegan a pendientes máximas entre 20 % y 25 %.

Tabla 1 Variables cuantitativas de estudio del STE.

Caballo	Carro	Carga	Espaciales
Peso	Peso del carro	Peso de la mercancía	Pendiente
Dimensiones del caballo (talla)	Dimensiones del carro	Ubicación de la carga	Distancia recorrida
Potencia del caballo	Coeficiente de rodadura de las llantas	Peso del hombre	
Trabajo del Caballo			

Fuente: Elaboración propia

El capítulo se divide en dos partes. En la primera se hace el análisis funcional del equino de trabajo, estudiando los diferentes autores que definen la capacidad de trabajo del caballo que labora en la ciudad del siglo XXI, mediante aproximaciones y adaptaciones de las fórmulas para los equinos de tiro en la agricultura y algunas para coches urbanos. En la segunda parte, cálculos de la estática e interrelación de variables, se estudia el funcionamiento del sistema caballo – carro en interacción con la pendiente urbana y la carga. Se desarrollan los cálculos sobre las fuerzas que se aplican al STE y de manera conceptual se analizan los aspectos formales del sistema que permiten evaluar teóricamente el trabajo del mismo en la Ciudad.

El objeto del estudio sobre el comportamiento del STE, es poner las bases para reglamentar, los límites de trabajo del caballo utilizado en la ciudad, la pendiente límite de tránsito y la carga máxima, así: según la pendiente, cuál sería la carga máxima teórica a la que puede transitar el sistema de un eje en una ciudad a una distancia determinada, sin causarle daño al caballo. Para una distancia dada a recorrer con determinadas pendientes, cuál es la carga que puede arrastrar un caballo de un cierto peso corporal. Y dada una carga, cuáles serían las pendientes y las distancias máximas. Dichos resultados serían valores restrictivos para el diseño de la movilidad del sistema en medio urbano. En todo el apartado es importante la consideración de las condiciones físicas del caballo.

3.1. Análisis Funcional del Equino de Trabajo

El equino es la principal variable en el análisis del cuadro problemático del STE, en vista de ser el actor que aporta la potencia que da movimiento al sistema. En el presente ítem se estudian los diferentes autores que proporcionan información importante acerca del caballo de tiro y se analiza funcionalmente el equino de trabajo con los indicadores de aptitud, fuerza, carga, distancia, tiempo y gasto energético.

El equino puede recibir estímulos a través de sus sentidos de distintas formas. El procedimiento más eficaz de comunicación del hombre con el caballo es a través de los sentidos

del tacto y el oído. Según Chirgwin et al. (2000, p.III-1) los caballos poseen un carácter y un temperamento que se asemeja al de las personas, explican que estos se pueden definir como dóciles e inteligentes, también son animales muy sufridos y de gran resistencia. El caballo “es un animal muy paciente que no reclama a pesar de que pueda estar sufriendo, lo cual puede conducir a lesiones serias y su vida útil puede reducirse a causa de este maltrato”. Por tal razón, es importante imponer límites y restricciones al momento de su trabajo, para así evitar el abuso.

Las acciones de los equinos son producto del adiestramiento que se les hace, que debe ser basado en la repetición. El animal no es racional, por tanto, no entiende amenazas ni razonamientos, obedece únicamente cuando se encuentra condicionado. El reflejo condicionado es un mecanismo mental del animal que lo hace ejecutar una acción automática cuando oye o ve una cosa. También se ha comprobado la capacidad de un animal para aprender, resolver problemas o sobrevivir a los efectos de estrés intenso. La presentación indiscriminada de solicitudes tan solo provoca la confusión del caballo, por consiguiente, aquellas deben ser específicas, de manera que él pueda identificarlas y separarlas. Los animales por su genética y el ambiente en que han sido criados antes del entrenamiento, logran entenderse con el humano que los manipula (Evans et al 1979; Dossenbach 1987; Sisson & Grossman 2005; Estrada Londoño 1990; Cuellar Mosquera 1992). Se ha observado en el transcurso de la investigación que muchas veces los animales no tienen un entrenamiento profundo ni técnico, muchos de ellos son tratados sin considerar su capacidad física, ni su nivel de aprendizaje.

A continuación se describen las características físicas de los caballos de tiro y los utilizados al siglo XXI, se aplican las fórmulas basadas en la faena de los equinos del agro como de coches, y se realiza un análisis comparativo con los equinos urbanos de tracción para carros de un eje.

3.1.1. Equino de tiro

Según las dimensiones de los caballos estos se clasifican en tres fisonomías: lineo o mesomorfo, brevilíneo o braquimorfo, y longilíneo o dolicomorfo (Beltrán, 1954, p.72). Las razas pesadas tipo braquimorfo, son las más adecuadas para el trabajo de tracción en el agro, y los más livianos de la tipología, para el sistema de transporte. Su fisonomía es de diámetros transversales acentuados, músculos grandes, cuello corto, abdomen grueso, grupa potente para el tiro, cruz prominente, miembros cortos y fuertes, y con una cabeza que exprese calma y fuerza (Evans et al., 1979; Dossenbach, 1987; Sisson & Grossman, 2005; Estrada Londoño, 1990; Cuellar Mosquera, 1992; Tissera, 2009).

Las características anatómico-morfológicas exteriores de los animales son el parámetro de escogencia y evaluación de las aptitudes para cualquier tipo de trabajo. Los caballos para trabajos pesados agrícolas deberán tener un peso corporal Q_c de 700 a 800 kg; para tiro pesado lento, un Q_c mínimo de 650 kg; para la tracción de carros a fin de desarrollar cierta velocidad, un Q_c igual a 500 kg con alzada de 1.60 m; y el caballo de tiro liviano y monta rápida un Q_c entre

455 y 525 kg con alzada mínima de 1.54 m (Beltrán, 1954, p.247-249). Ejemplos de estos caballos son los de raza tiro percherona, boloñesa bretona y ardenesa. Un equino de tiro entre los pesos descritos y dependiendo de la raza, generalmente tienen un costo superior a los USD\$ 3 500 e incluso sobrepasan los USD\$ 15 000 (Drafts for sale, 2014).

El caballo urbano que se utiliza en las regiones de Latinoamérica, Asia y África, en manos de personas desfavorecidas económicamente, tiende a ser de tipo mesomorfo y dolicomorfo, todos estos mestizos (mezcla de razas) y no aptos para la labor, incluso los obligan a trabajar entre los 10 y 20 años de edad, cuando se consideran que son viejos, teniendo en cuenta que la vida laboral normal de un caballo no debe superar los 12 años aproximadamente, y que la vida de un caballo oscila entre los 25 y 30 años en promedio. Los mesomorfos son aptos para la velocidad y fuerza, son aquellos que tienen particularidades como alzada alta, cuello largo, cruz prominente, dorso largo y extremidades largas. Los dolicomorfos con las mismas condiciones de los mesomorfos, son caballos más ligeros y esbeltos. La alzada de estos tres tipos de caballos va entre 1.40 m a 1.70 m, y el peso oscila entre 350 y 500 kg (Evans et al., 1979; Dossenbach, 1987; Sisson & Grossman, 2005; Estrada Londoño, 1990; Cuellar Mosquera, 1992; Tissera, 2009).

Si bien los caballos de estudio no son propios para el tiro, en algunos casos su alzada y perímetro torácico máximo llegan a ser los mínimos de un caballo óptimo, pero su fisionomía y peso no cumple con las características del equino especializado de tiro.

Para el caso colombiano, Bastidas & Salazar (1985) definieron las medidas del caballo criollo colombiano entre 1.34 m a 1.59 m de alzada promedio. En estos rangos están los caballos típicos colombianos o mestizos que se utilizan en la tracción urbana, las dimensiones son similares en los otros países de Latinoamérica, Asia y África. Por ejemplo, los caballos del caso de estudio -Ciudad de Pereira Colombia- tienen alzadas entre 1.31 m a 1.47 m, con promedio de 1.41 m y peso corporal promedio de 340 kg (+/- 50) (APAP, 2008). En consultas realizadas para la investigación, se ha constatado que el costo de los caballos de tiro urbano puede estar entre los USD\$ 250 y \$ 750.

En la figura 13 se ilustra claramente la diferencia en tamaños y morfología entre un caballo de tiro pesado con un caballo típico mestizo usado en las ciudades colombianas. Al caballo de baja talla se le exige que desempeñe una labor pesada, con un gasto de energía y potencia similar a la que hace el especializado para la labor del tiro. Este es un problema que aunque puede parecer evidente, poco se ha hecho por cuantificarlo.

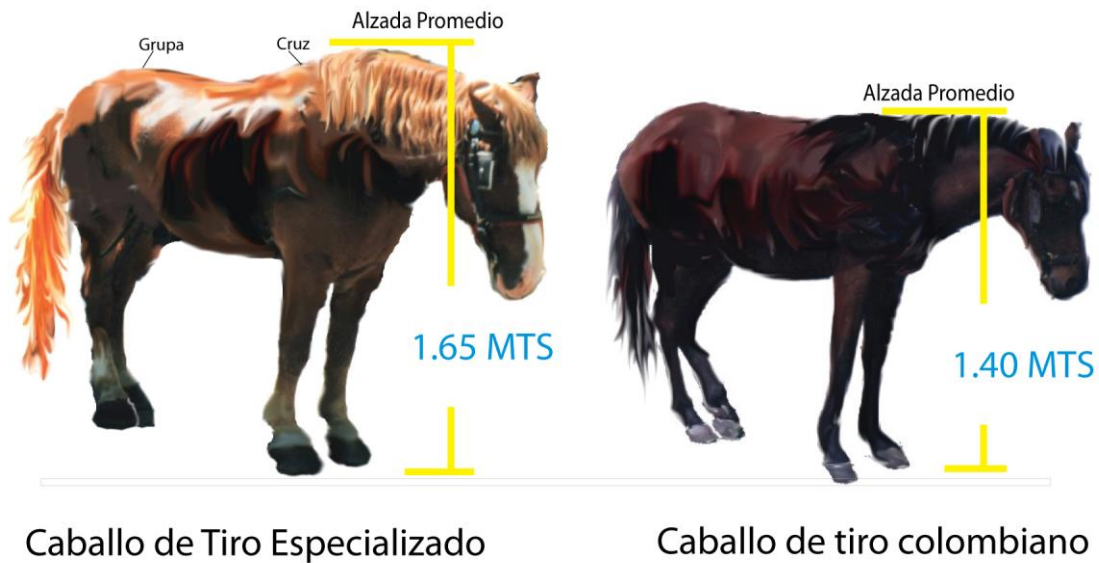


Figura 13 Comparación morfológica. Caballo de tiro especializado y caballo de tiro colombiano. Alzadas promedio. Fuente: Fotomontaje propio de la investigación.

El parámetro indicado de los animales para la aptitud de trabajo de tiro se determina por el índice anamórfico (I_a), el cual corresponde al cociente entre el cuadrado del perímetro torácico y la alzada, fórmula (ecuación 1) de Barón citado por Cassai (1944, p.227).

$$I_a = \frac{P_t^2}{A} \quad (1)$$

Donde:

P_t es el perímetro torácico en metros.

A es la alzada en metros.

Según lo anterior, un equino no es apto para la acción del tiro, ni siquiera liviano, cuando presenta un I_a menor a 2,12, en cambio, son animales con aptitudes para la velocidad (Cassai, 1944, p.227). Este índice no es superado por los diferentes caballos usados para tiro en Latinoamérica, un ejemplo es el caso de los equinos de Manizales⁹ (Colombia) medidos por

⁹ Los caballos de transporte de carga urbana en Manizales fueron reemplazados por motocarros entre los años 2012 y 2013.

Toro & Encinales (1994), los cuales tuvieron un perímetro torácico promedio de 1.67 m y una alzada de 1.53 m. El resultado del I_a fue de 1.82, lo que evidencia que esos caballos no eran idóneos ni siquiera para la tracción de tiro liviano.

En un estudio sobre los caballos “carretoneros” en Valdivia - Chile, se encontró que las medias aritméticas para cada uno de los valores hipométricos y el índice anamórfico, reflejaron que los animales no están dentro de los rangos para un tipo de equino de tiro liviano (Mac-Leod Silva, 1999, p.34). Durante la presente investigación se han recopilado imágenes de los STE a nivel mundial y se observa que los equinos utilizados para tiro en países en vías de desarrollo, tienen un aspecto similar en cuanto al tamaño corporal de los estudiados por la APAP (2008), Toro & Encinales (1994) y Mac-Leod Silva (1999), para los casos de Pereira y Manizales en Colombia y Valdivia en Chile, respectivamente.

En la faena de la tracción animal, como explican Barwell & Ayre (1982), hay que tener en cuenta la potencia, la cual es el producto de la velocidad y la fuerza del caballo. Además, un animal podrá generar gran potencia al inicio del trabajo, pero la intensidad del mismo tiene que disminuir progresivamente durante la jornada laboral por el cansancio del animal. Esta regla es violada constantemente por quienes usan a los caballos para tracción urbana, ocasionándole los problemas físicos y accidentes debido a la ineficacia en el trabajo.

El número de horas diarias que un equino puede trabajar depende de diversos factores tales como el clima, los períodos de descanso, la alimentación, la salud mental del animal, así como de los patrones de trabajo impuesto por los dueños. Explica Pearson (2005), que el requisito principal para el trabajo es la energía, la cual se obtiene con una buena alimentación. La energía requerida durante el trabajo diario, está estrechamente ligada a la distancia recorrida y a la fuerza requerida para tirar del carro o el implemento. De ahí que un animal, incluso haciendo el trabajo liviano de tirar un carro, puede gastar más energía en el día que otro desempeñando la tarea de tiro pesado en el arado. Si los bueyes y bovinos trabajan de seis a siete horas, el gasto de energía no excederá dos veces su energía en mantenimiento alimenticio.

En cambio, los caballos y los burros con un trabajo constante por más de 6 horas al día, pueden exceder el doble de los requerimientos de su mantenimiento, es decir, que en el trabajo diario superan en más de dos veces la energía dada por la alimentación (Pearson, 2005, p.249). De los caballos de tiro en Chile con pesos corporales de 650 kg halando un carro con carga durante 8 horas al día, se comprobó que superaron el gasto energético en más del doble (2.4 veces) de su mantenimiento (Pearson, 1993, p.62).

Según lo explicado por Pearson, se observa que en muchas regiones, el equino se encuentra sobre-explotado, puesto que el trabajo realizado supera incluso las ocho horas y su actividad no es directamente proporcional a la alimentación, ni a los cuidados requeridos (véase capítulo 2 y anexo 1). La incapacidad laboral del equino, como se indicó anteriormente, se da tanto por la intensidad horaria, por el exceso de carga que se le impone, como por la repetición del trabajo en el día y la semana.

3.1.2. Teoría sobre la capacidad de tiro del equino

En este subapartado se presenta brevemente por autor, los estudios más relevantes de los últimos 180 años sobre la capacidad de tiro de los caballos de diligencias y carros, desde mediados de 1831 hasta la primera década del siglo XXI. La historia muestra como a raíz de los abusos cometidos contra los equinos que arrastraban carros, coches y tranvías, hubo que prescribir unos límites de trabajo basados en la capacidad del animal.

Youatt (1831) anota que según los teóricos, un caballo descargado puede viajar 6 horas en el día a 9.65 km/h con un supuesto límite de fuerza de 113 kgf. Este autor, basado en la experiencia de Mr Tredgold (autor sin referencia), expone que el caballo descargado trabaja sin fatiga durante 6 horas, sin embargo, si en esas 6 horas se le aumenta el esfuerzo, se evidenciará fatiga en sus articulaciones las que se rigidizarán, y definitivamente en trabajos mayores a 8 horas se le causará daño al animal. Youatt, también asegura que un caballo puede trabajar hasta 9 horas diarias regulando su potencia y la velocidad a la que puede andar cargado es cerca de 3.2 km/h; no siendo esto una regla generalizada, pues depende de la condición de cada caballo (p.415). Tampoco especifica el peso de la carga ni la pendiente de tránsito. Para la investigación de Youatt se diagnostica un exceso de kilómetros-hora (el trabajo de los caballos).

Youatt en la búsqueda de mejorar la variable de velocidad para los viajes en diligencia transportando personas o carga, expone un estándar para que el caballo logre un trabajo sin fatiga. Para ello utiliza la expresión de la física de la energía o trabajo que es el producto de la potencia por el tiempo de trabajo, y a su vez, la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad. Entonces, el estándar máximo de trabajo, según el autor, viene siendo: si trabaja 6 horas constantes, a una velocidad de 4.8 km/h, con una fuerza de tracción tolerable de 56.7 kgf se considera este producto igual a 1 000 en libras fuerza por milla, que representa el efecto máximo producido del caballo, resultado de la energía de trabajo (p. 415-416). El autor no hace explícito el peso de los carros ni el número de personas que viajan en él.

De las tablas que presenta Youatt se extractan los producidos máximos y medios del caballo, el autor se basa en los datos de Mr Tredgold, véase la tabla 2, donde se han conservado los valores de Youatt, pero para convertirla a kgf.m hay que multiplicar por 1 642 (Trabajo x 1 642 kgf.m). Pasado de millas a metro y de libras fuerza a kilogramos fuerza.

Tabla 2 Producidos de energía un caballo tirando diligencias de pasajeros.

Casos	Duración de la labor horas	Fuerza de tracción kgf	Velocidad hora km/h	Trabajo producido o trabajo kgf.m*1642
Referencia	6	56.7	4.8	1000
i	6	75.3	3.2	885
i	6	16.6	8.2	499
ii	8	56.7	4.2	1167
ii	2	56.7	8.5	583
iii	4	28.4	8.9	611
iii	2	18.1	17.7	391

Fuente: Datos extraídos de Youatt (1831, p. 416-417), convertidos de mph a km/h; lbf kgf.

Comparando los producidos por pares, se concluye para cada par de ítems lo siguiente: los ejemplos (i) muestran que durante el mismo tiempo de trabajo (6 h), la energía o trabajo del caballo corresponde al 88 % y 50 % del de referencia. El ejemplo (ii) a una fuerza de tracción igual, pero trabajando un número de horas máximas (8) y mínimas (2); con velocidades una de 4.2 km/h y otra de 8.5 km/h, la energía de trabajo para el tiempo más bajo es del 58.3 %, mientras que la equivalencia mas alta ha trasgredido el máximo de trabajo del caballo (117%). En el ejemplo (iii) reduciendo el tiempo a 4 h, la fuerza de tracción a la mitad, el producido es el 61 % del estipulado. Con un trabajo de 2 horas con una fuerza de casi un tercio, la velocidad puede aumentar tanto como a 17.7 km/h, y aun así la energía de trabajo no llega sino al 39 %.

El análisis de Youatt (1831), sobre la fuerza del caballo a diferentes velocidades, está desde los supuestos de tránsito sobre carreteras en buen estado, sin causarle daño al animal y ajustando el trabajo a su capacidad, además, presupone la fuerza de tracción, como el promedio de fuerza que hace un caballo de la cuadriga arrastrando una pesada diligencia. Sin embargo el caballo sufre daños físicos cuando la velocidad se mantiene rápida y constante por tiempos prolongados, por tanto, es mejor darle descansos que bajar la velocidad. En cuanto al terreno, es más desgastante para el caballo las secciones totalmente planas, que el alternar con ondulaciones pequeñas, así como es peor las largas cuestas constantes y uniformes en el ascenso, que con cortos tramos de pendientes (p. 417).

En 1839 se evidenció en experimentos controlados, que un caballo fuerte después de trabajar durante 8 horas a 4 km/h, ya se encontraba fatigado. También se observó, que el caballo ejercía mejor la acción de tiro con los carros de un eje con dos ruedas, que con los de dos ejes con cuatro ruedas, por tener los primeros menos elementos de fricción y ruedas más grandes, pero eran los caballos que presentaban más fatiga y agotamiento, afirman los autores. Fue claro también que los carros de un eje, en cortas distancias y buenas carreteras, se desempeñaban mejor que los vagones de dos ejes (McShane & Tarr, 2003 p.179).

En 1874, el ingeniero civil John Trautwine (citado en Mcshane & Tarr, 2003, p. 180) calculó el desempeño de un caballo que tira de coches para el transporte de bienes y personas. En su análisis concluyó que un caballo de peso promedio no inferior a media tonelada (500 kg), que ande por diez horas diarias a una velocidad de 4 km/h, podrá ejercer una fuerza de tracción continua de 45.36 kgf. Sin embargo, estas medidas de trabajo están condicionadas al peso y la raza del caballo, así como a las condiciones del terreno, los gastos energéticos del caballo de los días anteriores y su descanso. Igualmente, si el caballo no hace pausas durante el desarrollo del trabajo, se aumenta el gasto de energía y su desgaste físico. Por tanto, resulta ser exagerado un trabajo constante y por 10 horas, como lo plantea dicho autor, lo que en definitiva lleva al equino al detrimento físico en corto tiempo. Además si comparamos la estimación de Trautwine con la de Youatt, la de Trautwine resulta en un valor del 20 % mayor en gasto energético que el propuesto por Youatt cuatro décadas antes.

Según Hopfen en 1970 (citado en Barwell & Ayre, 1982) Los caballos de trabajo de tiro liviano con pesos corporales de 400 a 700 kg, pueden llegar a ejercer una fuerza de tracción en el arado entre 60 y 80 kgf a una velocidad de 1 m/s (3.6 km/h), desarrollando una potencia de 0.75 kw. Explican los autores que las características descritas, indican el nivel de desempeño esperado en estos animales durante un día normal de trabajo que no exceda las cinco horas. Los animales pueden generar alta fuerza de tracción a una baja velocidad, o un trabajo con alta velocidad pero a baja fuerza de tracción. Ninguno de los anteriores parámetros permite incrementar la potencia, en un lapso extenso de trabajo (Barwell & Ayre, 1982, p.3). Por otra parte, el equino tiene la capacidad de ajustar el trabajo muscular y cardiovascular durante la labor de tracción. Estas acciones parecen regular su esfuerzo de tracción, compensando las variaciones en la fuerza mediante la modificación de la velocidad, a través de la cual producen una potencia más estable (O'Neil & Kemp citado en Ponce & Ríos, 1998).

Otro factor de medición sobre la capacidad de tiro de los caballos se da en el porcentaje de tracción *versus* su peso corporal. Brody en 1945 (citado por Cabezas et al., 1994), estima que un caballo de tiro durante 10 horas puede ejercer una fuerza de tracción equivalente al 10 % de su peso corporal caminando durante una distancia de 32.2 km por un día, sin experimentar fatiga. Se presupone que los experimentos realizados por Brody (1945), se dan en caballos haciendo un trabajo continuo, pero normalmente el esfuerzo de tracción se debe dosificar de acuerdo a la cantidad de trabajo *versus* la distancia a ejecutar, en donde su trabajo de fuerza promedio de tracción deberá ser cercano al 16 % de su peso corporal.

Cabezas et al. (1994, p.24) concluyen que si bien los caballos fueron capaces de realizar eficientemente y sin agotamiento extremo el trabajo de tiro en el arado por un período de 5 horas, estiman poco probable que en las siguientes jornadas de trabajo fuesen capaces de hacer un trabajo similar debido a la fatiga. Según O'Neil & Kemp (citados en Cabezas et al., 1994) se entiende que si la fuerza requerida para mover un elemento es mayor a la fuerza que el animal es capaz de hacer, entonces el trabajo no se puede realizar (p.24). Goe (citado en Cabezas et al., 1994) expone que generalmente el esfuerzo de tracción que puede realizar un caballo de tiro en

las tareas de agro varía entre el 12 % y 16 % del peso corporal. Esto se traduce en fuerzas de tracción entre 60 kgf y 80 kgf para un animal de 500 kg de peso, aunque los porcentajes mayores se suelen aplicar a los animales de mayor peso. Tratándose de otro tipo de animal, porcentajes similares relatan Otavo (1984) para el caso de bueyes que arrastran trazas de madera por cortas distancias en explotaciones de bosques en Chile.

Reyes & Hetz 1988 (citados en Ponce & Ríos 1998, p.60-64) plantean que se ha demostrado mediante estudios experimentales que a medida que disminuye la fuerza de tracción media, la capacidad de trabajo diario del animal aumenta hasta un valor óptimo de horas de trabajo, decreciendo nuevamente para jornadas de trabajo más prolongadas. Esto para un equino de 500 kg trabajando a una velocidad aproximada de 4 km/h. Todos estos valores guardan coherencia con los propuestos por Youatt y Trautwine con las diferencias ya mencionadas.

Dawson (2007), en su texto sobre los caballos de artillería, hace una recopilación de autores de mediados de la década de 1800, plasmando algunos datos importantes sobre las características de los caballos y carruajes que tiraban *versus* su capacidad de trabajo, esto con el fin de parametrizar la labor de los caballos durante la era militar de Francia. Comenta Dawson, que el General francés Gassendi (1819), propone que los caballos utilizados en el ejército debían tener una edad entre 3 a 5 años y una talla de 1.53 a 1.57 m -altura de la cruz-, el texto no transcribe el peso de los caballos.

Según Gassendi en cuanto a la potencia de tracción de los caballos, la que variaba de acuerdo con el terreno, con o sin carga al lomo y otros factores, el autor evidenció lo siguiente: (i) un caballo podía tirar de un carro de 900 kg en un camino liso y 1 500 kg sobre pavimento duro (empedrado) a lo largo de 32 a 37 km/día (a 4 o 5 km/h), y cuando iba al trote por buen camino, esta carga del carro se reducía a 420 kg. (ii) Un solo caballo, podía tirar una carga de 1 360 kg viajando 32 a 37 km/día (a 4 o 5 km/h) sobre pavimento duro (empedrado), pero variaba la carga sobre suelo duro (afirmado) a 860 kg y en terreno accidentado a 500 kg. (iii) Gassendi observó que un convoy de artillería podía recorrer 1.4 km/h, en donde cada caballo llevaba una carga de 75.6 kg sobre su lomo y tiraba de 315 kg del carro durante 32 km por día. Según Gassendi, en un convoy de 6, cada caballo podía estar haciendo una fuerza cerca del 78 % (7/9) de su capacidad de tiro, es decir, unos 60 kgf aproximadamente (que son 7/9 de 75.6 kgf), en donde la carga ideal compartida por caballo no debía superar los 318 kg. Véase el ejemplo del cañón de calibre 12 -tabla 3- con un peso total de 1 916 kg, configuración en la que a cada caballo le correspondía arrastrar 319 kg y donde la capacidad máxima de carga del convoy podría ser de 3 712 kg.

Tabla 3 Pesos de convoy de caballos para transporte de cañones de guerra.

Calibre del cañón	Peso del sistema kg	Número de caballos	Capacidad de carga del convoy kg	Carga transportada por caballo kg
12-pdr	1 916	6	3 712	319
8-pdr	1 506	6	3 712	251
4-pdr	1 001	4	2 700	250
Howitzer	1 256	4	2 700	314

Fuente: Gassendi, 1819 (citado en Dawson, 2007).

El texto expone que los caballos usados en la artillería, andaban en marchas forzadas de 51 a 77 km diarios, lo que es un trabajo excesivo cuando cada uno está utilizando de manera constante el 78 % de su fuerza de tiro; y a los caballos que llevaban jinete se les reducía la carga de tracción permitida a la mitad. La carga se estipuló con el fin de mantener la salud en los caballos, pues su trabajo se veía afectado por el tipo de terreno, pese a ello, la meta de mantener baja carga por caballo rara vez se logró. De nuevo se observa que la propuesta en 1819 de Gassendi, de una fuerza de tiro de 60 kgf, de un trabajo en 32 km/día; que si se divide entre 8 horas resulta en 4 km/h, está en la misma línea de lo que luego propuso Youatt en 1831 y Trautwine en 1874, desde diferentes enfoques.

Bocquet (1932) en su tratado sobre mecánica aplicada transcribe el trabajo de los caballos con diligencias. En la tabla 4 se presenta un ejemplo de un caballo al paso que hace una fuerza de 70 kg, a una velocidad de 3.24 km/h y efectúa un trabajo de 1 814 400 kgf por jornada. Aplicando los valores de Bocquet al índice de Youatt, 1831 (tabla 2, véase la referencia), se concluye que el caballo enganchado al paso de Bocquet durante 8 horas, daría un producido de 110 % del valor máximo de energía de trabajo de Youatt pero menor que el de Trautwine. Bocquet define que: un caballo a paso lento avanzando a 1 m/s, el rendimiento del animal es de 8 % a 10 % de su potencia, pueden arrastrar hasta 700 kg y 800 kg por buena carretera; en el momento de partir, efectúa fácilmente un esfuerzo de tracción igual al tercio (33 %) de su propio peso (p.272 - 273), porque una vez está en movimiento baja a la mitad (16 %) o menos como lo mostraron más tarde Pérez F *et al.* (1991).

Tabla 4 Trabajo medio efectuado por los animales.

Clase de trabajo	F kg	V km/h	F V kgm/sg Potencia	T h Deducidos los descansos	F V T x 1000 kgm trabajo por jornada
Caballo enganchado y al paso	70	3.24	63	8	1 814 400
Caballo enganchado y al trote	44	8	96.8	4.5	1 568 160

Fuente: Bocquet (1932, p.273). (Se ignora el peso del caballo y la carga. Terreno en estado ordinario de conservación y se excluyó peso del carro)

En el estudio de Pérez F et al. (1991), explican como la medición de las variables de sudoración del caballo son indicadores importantes del grado de hidratación y de fatiga muscular. A fin de determinar la adaptación fisiológica del caballo de tiro al esfuerzo de tracción, estudian la modificación de las concentraciones de electrolitos y proteínas plasmáticas en caballos mestizos sometidos a la tracción de diferentes cargas. Estudiaron 5 equinos mestizos adultos entre 6 y 13 años, de pesos corporales de 678 kg (± 23). Calcularon la aptitud de tiro con la fórmula del índice anamórfico -I_a-.

Las mediciones se realizaron con un carro de dos ejes, carga total de 2 040 kg, más el peso del carro y 3 personas sobre él para un total de 2 994 kg, en pista ripiada, sin pendiente sobre el terreno, a 1 500 m de distancia, durante 2 horas, entre otros factores. Los caballos hicieron una fuerza inicial para mover la carga entre 121.28 kgf y 372.01 kgf -tabla 5-. Esta medición corrobora lo mencionado por Bocquet (1932) que afirma que la fuerza al arranque puede ser alrededor de un tercio del peso del caballo. El esfuerzo máximo de tracción de estos caballos osciló alrededor de los 78 kgf.

Los autores concluyeron que en trabajos prolongados de la tracción de carga pesada, hay pérdidas significativas de líquidos y electrólitos del animal. Y proponen estudiar el trabajo de los caballos de tiro durante el trabajo prolongado por la probabilidad que haya pérdida de líquidos y electrólitos sean acumulativos (Pérez F.R et al., 1991, p.5).

Tabla 5 Peso de la carga, fuerza de tracción, tiempo de recorrido y velocidad promedio de los ejercicios tiro de tracción de carga con caballos

Carga	Peso total* kg	Fuerza kN		Tiempo Recorrido min	Velocidad Promedio km/h	FxVxTx1.642 x 1000** kgm (2)
		(1)	(2)			
Liviana	946	1.19	0.48	11.7 ± 2.0	8.2 ± 2.0	1 467
Media	1 979	2.27	1.08	13.60 ± 3.0	7.2 ± 1.6	2 897
Pesada	2 994	3.65	2.52	15.5 ± 3.0	6.9 ± 2.0	6 479

Fuente: Pérez et al (1991, p.1) y última columna, elaboración propia.

*Tara + carga. **Medidas de Youatt (1831) kN: Kilonewton = 101,97 kg.

kN: Kilonewton.

1: Fuerza para iniciar el movimiento del carro.

2: Fuerza para mantener el carro en movimiento.

En la última columna se ha calculado la energía de los animales de Pérez et al. (1991), para 6 horas de trabajo, usando del resto de la tabla la velocidad y la fuerza para mantener el carro en movimiento, y al dividir los valores por 1 642 se comparan con los valores de Youatt (1831) de la tabla 5 encontrando que el valor más bajo (con carga liviana) es 40 % más alto que el valor de referencia recomendado por Youatt, lo cual guarda relación con la pérdida de electrolitos que muestra el estudio de Pérez et al. (1991).

Para finales del s. XX Perez, R., Recabarren, S.E., Valdes, P. & Hetz, E. (1992) miden los aspectos fisiológicos del caballo de tiro halando cargas constantes con vehículos de llantas neumáticas. Se midió su trabajo cardiovascular, respiratorio y metabólico. Las medidas se ejecutaron con odómetro para la distancia y dinamómetro hidráulico para medir la fuerza del caballo. El ejercicio se ejecutó en cinco caballos de 648 kg (± 33) de peso corporal, los que generaron fuerzas entre 0.57 kN y 0.59 kN (58.12 kgf y 60.16 kgf) a velocidades de 1.60 m/s a 2.11 m/s, durante 8 horas diarias en dos jornadas, por cinco días consecutivos con 10 minutos de descanso cada hora. Las mediciones de la frecuencia cardiaca en reposo estuvieron entre 44 a 92 pulsaciones por minuto, durante la ejecución del trabajo se reportaron altas, los autores afirman que fueron cercanas a las dadas por Gottlieb (1989) en Perez, et al, (1992, p. 242), codificadas de 107 a 117 pulsaciones por minuto, a una velocidad de 2 m/s y una fuerza de 330 N de. Se determinó que los caballos durante el ejercicio regulan la temperatura de su cuerpo como el límite anaeróbico, lo que también depende de las diferentes conformaciones corporales y condiciones de trabajo.

Los caballos para el transporte halando algún tipo de carretas, utilizados por la comunidad Amish –Ohio, Estados Unidos de Norteamérica- fueron observados en el año 2010. Se midió la pendiente transitada, calculada por la altura desde los puntos de inicio y fin de la ruta, la distancia medida con rueda calibrada y la velocidad. Los resultados registraron que los sistemas viajan en pendientes de <-1.0 a >1.0 en distancias de 120 m a 220 m, con velocidades cercanas a 5.14 m/s y temperatura ambiente de 25 grados centígrados. Se evidenció que en pendientes

mayores de 1.0, los caballos viajaban a menor velocidad debido a la carga que debían halar.

Hablan de datos que informan que un caballo puede tirar una carga de hasta 3 000 kg, pero que no se han encontrado estudios científicos que corroboren esto. Para los caballos de estudio estiman que halan una carga entre 1 200 kg y 1 500 kg con carros entre 225 kg a 675 kg , e indican que los caballos trabajan sin límites estimados. El estado de salud de los caballos se precisó con la metodología “Body Condition Score –BCS-“ puntuación sobre las condiciones corporales, que resultó para los caballos de estudio de 4.1 to 6.2 en una escala de 1–9. Según los parámetros del BCS el inicio del peso corporal ideal puntúa en 5, para lo cual se deduce que la mayoría de los animales están en regular estado (Bennett-Wimbush, PAS, Amstutz & Willoughby, 2014, p.99).

Un estudio que evidencia la investigación del animal de tiro en el s. XXI, es el presentado por Chawatama et al. (2003a), quienes realizaron un modelo de simulación teórica de la potencia de los animales de tiro en el arado, aplicado a bueyes y vacas, e incluyen el resultado de la fuerza al tirar carros con carga. La simulación fue codificada en Turbo Pascal 7.0 e implementada en el software de modelación interactiva Driver, en su presentación evidenciaron un extenso número de variables no implementadas en torno a lo que requeriría un animal para realizar la tarea de tiro.

El desarrollo del trabajo comparó los datos reales de fuerza de tracción con los predichos por el modelo con diferentes cargas, aplicando las siguientes variables: (1) masa del carro de 279.4 kg, (2) fuerza de fricción de 0.05 y 0.036 (cargas altas), (3) ángulo del tiro de 5º, (4) y varias cargas hasta una máxima de 621 kg. El resultado arrojó la fuerza de tracción de 0.30 kN para una fuerza real de 0.33 kN (33.65 kgf) (Chawatama et al, 2003b, p.445). En la discusión afirman que no fue posible incluir todos los factores descritos en el sistema, debido a que existe un vacío en el conocimiento de algunos procesos. En la simulación se tuvieron en cuenta los factores mecánicos de la actividad, los salubres y de comportamiento del animal (Chawatama et al, 2003a, p.425-435).

a) Manutención y edad del caballo de tiro

Cuando los caballos realizan un trabajo pesado, el ejercicio les aumenta las necesidades de energía. Una faena prolongada puede aumentar los requerimientos energéticos en tres veces o más, con relación a un caballo de oficio liviano. Los caballos que realizan un trabajo pesado necesitan más alimento y lo que es más importante, el alimento deberá poseer una concentración elevada de energía fácil de digerir (Warren et al., 1979).

García Delgado (1999), sostiene que para alimentar caballos se necesita un poco de sentido común y entender que el equino es un herbívoro y no un omnívoro. Así, la mayor parte de la ración debe consistir en pasto y forraje de buena calidad, complementado con concentrado y sal

mineral. Asimismo, necesita alimento casi continuamente y debe suministrársele varias veces al día y en la noche. El exceso de comida fibrosa, granos y verduras, hace que desarrolle una gran panza ocasionando cólicos, caries dentales y problemas musculares como la azoturia (calambres o espasmos en las extremidades del caballo).

Los caballos generalmente tienen una vida hasta después de los 25 años cuando son bien tratados y alimentados, pero su vida laboral no debe exceder los 10 años. La autora ha constatado en el estudio de caso, (Capítulo 4) que los equinos de estudio generalmente tienen edades entre los 2 y 10 años, pero al no ser entrenados ni correctamente tratados, su vida útil se reduce a menos de 10 años de edad; por tal razón, muchos se deterioran en extremo y hasta mueren en la actividad, aunque también es común encontrar caballos mayores a 15 años trabajando. Otro caso son los animales jóvenes o viejos –más de 12 años- que se desempeñaron como caballos de afición y velocidad, los que son vendidos para tiro urbano, obligados a ejecutar la tarea sin entrenamiento previo y en condiciones salubres deficientes, sin tener en cuenta que no son aptos para la tarea. El trabajo de este animal será muy sufrido.

3.1.3. Comparación de la capacidad de los equinos de estudio con uno ideal. Formulación, Análisis e interpretación de resultados.

En este subapartado se expone hipotéticamente el trabajo que desempeña el caballo de tiro urbano en estudio, de dimensiones corporales promedio y mínima. Las dimensiones de los equinos son extraídas de autores que han observado el STE de algunas regiones de Latino América. En vista de la ausencia de estudios sobre el trabajo del equino urbano ya sea con coches de pasajeros o carretas de carga, se determinará su cantidad de trabajo durante la actividad de tiro, basados en las teorías existentes sobre el equino de tiro en el área de la agricultura y algunas para coches urbanos para lo que sea aplicable. Los resultados se utilizan posteriormente en el diagnóstico y parametrización de la movilidad del STE en función de las variables caballo, carro, pendiente, carga, velocidad, usadas en diferentes regiones del mundo.

Si bien el equino ideal para la tarea de tiro es un caballo semipesado y semi-rápido de tiro de proporciones mesolíneas de peso 500 kg (Beltrán, 1954, p.248), los equinos pequeños entrenados, bien alimentados y de buena fisonomía corporal, también harían la labor del tiro de manera eficiente, siempre y cuando, se les regule la cantidad de peso a tirar, tengan un buen diseño de carro y arnés, como que accedan a pendientes urbanas tolerables, aspectos que está investigación va a abordar. Sin importar el tamaño de los equinos, todos podrían tirar una carga siempre que ésta no supere su fuerza de tiro promedio, ni el tiempo de labor.

A continuación se establece el trabajo en la ciudad que realizarían tres equinos de diferentes pesos. Los pesos de los equinos utilizados para el análisis se escogieron sobre la base de los siguientes estudios: los caballos de Valdivia, Osorno y Puerto Montt de Chile que tienen un promedio de peso corporal de 371 kg (± 59 kg) con un 8 % por debajo de los 300 kg (Tadich,

2008, p.269). En Manizales, Colombia el peso promedio fue de 250 kg (Toro y Encinales, 1994); y en Pereira, Colombia el mínimo y máximo peso corporal fue de 268 kg y 413 kg respectivamente, con promedio de 346 kg (Asociación protectora de animales y plantas de Pereira, 2008). En México, el peso de los caballos está en el rango de 200 kg a 320 kg (De Aluja, 1998 p. 22-25). Se puede definir que los equinos de estudio oscilan, entre 200 kg y 480 kg de peso corporal, cuyo promedio es de 309 kg (± 116 kg).

Los pesos de las carretas de un eje descrito por Toro y Encinales (1994, p.544) fueron de 155 kg. Los conductores del STE de la ciudad de Pereira declaran un peso de la carreta entre 100 y 250 kg, con materiales de madera y eje de vehículo campero. Autores como Starkey (2001) y Joubert & Kotsokoane (2000) hablan sobre carros pesados movilizados por los animales, sin datos específicos. En la práctica se ha observado que muchas de las carretas de un eje, son furgones o con estacas, como calesas, todos con sistemas de suspensión complejos, que pueden pesar más de 300 kg en total. En la figura 14 se ilustran algunos tipos de carretas alrededor del mundo.



a. CJ- n.anandkumar-gulbarga bandh. India. Agosto 2014



b. Indian Horse-drawn carriage ride in Mumbai near the Gateway of India July 21, 2011. India



c. Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2004)



d. Salah Wahib F. Cairo, Egypt (1998)



e. Starkey P. (S.f.). Africa (año 1995 a 2000 aprox.)



f. Toro y Encinales (1994) Pasto Colombia

Figura 14. Carretas utilizadas en el STE urbano.

En lo que sigue de este subaparte, los resultados de las fórmulas sobre la capacidad de trabajo de tiro del caballo, se compara en paralelo, con las resultantes de los cálculos estáticos del aparte 3.2 -Esquema de cálculos e interrelación de variables del presente capítulo- en lo que se refiere al diagnóstico teórico de las fuerzas del equino en estudio, que para el caso de la tracción se denominará esfuerzo de tracción. Se cree importante cotejar la información de esta manera a fin de hilar la problemática del caballo, en paralelo con el sistema completo.

a) Fórmulas para estimar la capacidad de trabajo de los equinos.

Para hallar la capacidad de trabajo del caballo urbano, se tienen las siguientes variables de entrada: tamaño del caballo, la capacidad de fuerza de tracción, la velocidad de trabajo, la distancia recorrida y el límite de tiempo trabajado. El cálculo del índice anamórfico -Ia- define la aptitud del caballo para el tiro. La capacidad de carga - C_c - dará el límite máximo de peso vertical sobre el lomo del caballo. En la tarea de tiro de carros, el caballo debería estar libre de peso alguno sobre el lomo -variable C_c -, sin embargo, debe cuantificarse la variable, debido a que en la tipología de carros de un eje el equino está sometido a esta carga extra figura 14 a, c, d, e, f.-, lo que no ocurre en la de dos eje transitando por pendientes bajas, porque el peso vertical se reparte entre ellos.

Se establece el trabajo en la ciudad que realizarían tres equinos de pesos corporales de 480 kg, 320 kg y 270 kg, los dos últimos, tomados de los autores mencionados anteriormente; se estipulan como caballos de pesos corporales medio y mínimo respectivamente, y el equino de 480 kg servirá de modelo comparativo en el análisis. Los resultados se van a utilizar a lo largo del capítulo, a fin de diagnosticar el trabajo que realizan los caballos mestizos regionales utilizados en la actividad de tiro urbano -figura 15-.

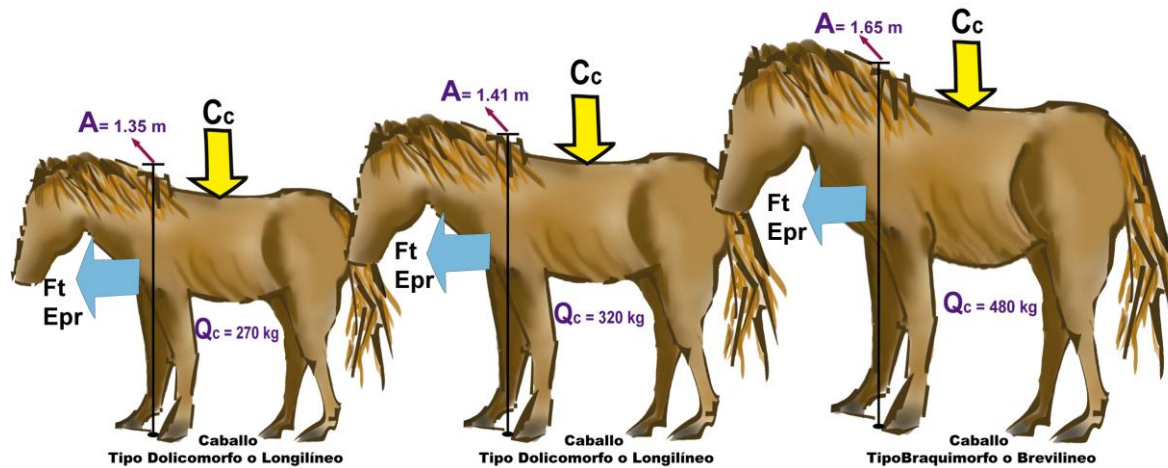


Figura 15 Variables de trabajo del caballo.

Fuente: elaboración propia

Definición de términos básicos:

- Perímetro Torácico (P_t): Medida de la circunferencia del espacio circunscrito alrededor del corazón
- Alzada (A): Medida vertical desde la superficie de apoyo hasta la cruz (o lomo) del animal.
- Coeficiente de fuerza de tiro (f_t): Fuerza de tiro que hace el caballo en función de su peso.
- Peso Corporal (Q_c): El peso neto del equino
- Valor k (K): Parámetro (adimensional) entre 2 000 y 3 200 veces el peso corporal del equino. El valor k se deduce del trabajo que puede realizar un animal de tiro en un día, siendo aproximadamente de 3 200 – 3 600 veces su peso corporal definido en Ponce & Ríos 1998.
- Valor (β): Parámetro (adimensional) aplicado a la alzada para calcular una velocidad de trabajo. β constante extraída de Beltrán (1954, p. 249)
- Carga de arrastre (Q_{total}): El peso (kg) que arrastra, suma de la mercancía, el carro y el conductor.
- Pendiente del terreno (p): Inclinación en porcentaje del terreno donde se mueve el animal.
- Caballos (C_1, C_2, C_3): Los caballos de análisis en función de su peso.
- Peso en el lomo del caballo (R_1): Transmisión del peso que recibe el caballo arrastrando carros.
- Resultante Fuerza de tracción del caballo (F_{t2}).

Definición de Valores:

Según Ponce & Ríos, 1998, los caballos desarrollan una fuerza de tiro sostenible $-f_t-$ o esfuerzo promedio de tracción del 16 % de su peso corporal, los asnos hasta del 18 %. La capacidad de trabajo en función del peso se da cuando un caballo es capaz de desarrollar una fuerza de tiro equivalente a $1/8 - 1/10$ de su peso (12.5 % a 10 % del peso) por un lapso de tiempo tal, que el trabajo producido en kgfm/día sea igual a K veces su peso corporal, donde K es un valor que varía de 3 200 a 3 600 su peso corporal (Reyes & Hetz 1988, citado por Ponce & Ríos, 1998 p. 62).

Para el siguiente análisis se tendrá en cuenta una fuerza de tracción media (f_t), correspondiente a $1/10$ de su peso corporal, tomado de Ponce & Ríos, 1998, y se define para los cálculos como el máximo esfuerzo que estos caballos podrán realizar.

El parámetro K para calcular el trabajo diario de un caballo especializado de tiro liviano - C_3- de 480 kg de peso, se precisa para el siguiente análisis igual a 3 200. Para los caballos C_1 y C_2 con pesos corporales de 270 kg y 320 kg, el trabajo diario deberá ser proporcional a su peso, de allí que la constante K resulta de 1 800 y 2 130 respectivamente. Para efectos de las siguientes formulas el K será igual a un promedio de 2 000 (K_1). Se toma este parámetro teniendo en cuenta que los caballos en estudio están mal alimentados, muchos desnutridos y enfermos.

Los perímetros torácicos y la alzada de los caballos C_1 y C_2 se tomaron de Toro & Encinales (1994) y Bastidas & Salazar (1985).

Para determinar la velocidad máxima a la que pueden andar los tres caballos del análisis halando carros o carruajes, se trabaja con la fórmula de Beltrán (1954, p.249) en relación al peso de los caballos –fórmula (9)-. En Beltrán (1954) un caballo de tiro semipesado con peso corporal de 500 kg y alzada $-A-$ de 1.60 m, viajando al trote durante 4 horas al día, puede ir a una velocidad en m/s resultado de β igual a 1.5 por la alzada A; desarrollando un esfuerzo de espaldas de 15 veces por el perímetro torácico $-P^2-$ entre la alzada $-A-$. Entonces, para los tres caballos del análisis, el parámetro de velocidad para los tres pesos se calcula con β igual a 1.2, 1.3 y 1.5 respectivamente.

Los 3 equinos de pesos corporales 270 kg, 320 kg, 480 kg; alzadas para C_1 de 1.35 m, para C_2 de 1.41 m, y para C_3 de 1.65 m; la carga de arrastre $-Q_{total}-$ son 875 kg –incluidos el carro de 300 kg, carga de 500 kg y hombre de 75 kg.

Tabla 6 Valores de las variables de entrada para el trabajo del caballo.

Símbolo	Variabes Trabajo del Caballo	C ₁	C ₂	C ₃
K	Valor k (K ₁ , K ₂)	2 000	2 000	3 200
β	Parámetro	1.2	1.3	1.5
Q _c	Peso Corporal -kg-	270	320	480
P _t	Perímetro Torácico -m-	1.46	1.60	1.90
A	Alzada -m-	1.35	1.41	1.65
Q _{total}	Carga de arrastre -kg-	875	875	875
p	Pendiente del terreno -%-	0	0	0
f _t	Coficiente fuerza de tiro		0.10	

Fuente: elaboración propia

Formulación:

A continuación se presentan las ecuaciones que miden la capacidad de trabajo del caballo en la faena de tiro. Al frente de cada ecuación se describe su significado y sus autores. Fórmulas de Beltrán (1954) y Cassai (1944). El resto de fórmulas fueron compiladas en Ponce & Ríos (1998) de Reyes & Hetz (1988). Se asumirá el coeficiente de rodadura que deberán vencer los animales en el ejercicio.

Índice anamórfico

- (I_a) (1) El índice anamórfico de un caballo de tiro (Adimensional) define la aptitud de los animales para los diferentes tipos de trabajo. Se calcula como el Perímetro torácico al cuadrado en m, entre la Alzada en m (Barón en Cassai 1944). Este índice debería ser superior a 2.12 para que el animal sea apto para el tiro, si es menor es apto para velocidad.

$$I_a = \frac{P_t^2}{A}$$

- Capacidad de carga (C_c) (2) La capacidad de carga máxima (kg) es el peso máximo que llevarán en el dorso los caballos de servicio mixto (carga y tiro), y se calcula multiplicando la constante 56 por el índice anamórfico (Beltrán, 1954, p.246).

$$C_c = 56 \frac{P_t^2}{A}$$

- Esfuerzo promedio (E_{pr}) (3) Esfuerzo promedio (kgf) es la fuerza que realiza el caballo en la labor de tiro, es igual al peso corporal por el cociente de fuerza de tiro. El cociente de fuerza de tiro es el que oscila de 1/10 a 1/8, (Ponce & Ríos, 1998).

$$E_{pr} = P_c f_t$$

Esfuerzo de tracción máximo (F _{tl})	(4)	Esfuerzo de tracción máximo (kgf) es la fuerza máxima del animal para la actividad de tiro y se calcula como 30 veces el valor del índice anamórfico (Ponce & Ríos, 1998).
$F_{tl} = 30 \frac{P_t^2}{A}$		
Trabajo por paso (T _p)	(5)	El trabajo por paso (kgfm/p) es el espacio recorrido por paso (aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la alzada); multiplicada por el esfuerzo de tracción máximo (F _{tl}) (Ponce & Ríos, 1998).
$T_p = (30) \frac{P_t^2}{A} (3/4)A$		
Trabajo diario (T _d)	(6)	Trabajo diario (kgfm/día) que puede realizar un animal en un día se da por el peso corporal por un parámetro K que varía de 2 000 a 3 200 (Ponce & Ríos, 1998).
$T_d = P_c K_1$		
Distancia recorrida (D _r)	(7)	Distancia recorrida (km) se obtiene de la división del trabajo diario entre el esfuerzo promedio de tracción.
$D_r = \frac{T_d}{E_{pr}}$		
Velocidad de trabajo sostenida (V _{tl})	(8)	La velocidad de trabajo sostenida (km/h), se da al presuponer que un caballo da un paso por segundo, entonces la velocidad que puede sostener es: 3 600 segundos por $\frac{3}{4}$ de la alzada. Para el caballo se ha constatado, que el máximo trabajo útil se obtiene a velocidades medias del orden de los 3.2 km/h.
$V_{tl} = 3600(3/4)A$		
Velocidad de trabajo máxima (V _{t2})	(9)	La velocidad de trabajo máxima (m/s) para un caballo de Q _c 500 kg de tiro semipesado de coches, es la parámetro β de 1.5 por la alzada por segundo (Beltrán, 1954, p.249). Para caballos C ₁ y C ₂ , β = 1.2 y 1.3.
$V_{t2} = bA$		
Tiempo trabajado (T _t)	(10)	El tiempo trabajado (h) se deduce por la distancia recorrida en metros dividida la velocidad de trabajo en m/s.
$T_t = \frac{D_r}{V_t}$		

Resultados.

Tabla 7 Resultados de las variables del trabajo del caballo de tiro.

	Variable	Unidad	Caballo 1 -C ₁ - 270 kg	Caballo 2 -C ₂ - 320 kg	Caballo 3 -C ₃ - 480 kg	Ecuación
Índice anamórfico	I _a	-	1.59	1.82	2.19	(1)
Capacidad de carga	C _c	kgf	89.17	102.07	122.52	(2)
Esfuerzo promedio	E _{pr}	kgf	27.00	32.00	48.00	(3)
Esfuerzo de tracción máximo	F _{t1}	kgf	47.77	54.68	65.64	(4)
Trabajo por paso	T _p	kgfm / paso	48.36	57.82	81.23	(5)
Trabajo diario	T _d	kgfm / día	540 000	640 000	1 536 000	(6)
Distancia recorrida con E _{pr} (línea superior) y con F _{t1} * (línea inferior)	D _r	km	20 11.3*	20 11.7*	32 23.4*	(7)
Velocidad de trabajo sostenida	V _{t1}	km/h	3.65	3.81	4.46	(8)
Velocidad de trabajo máxima	V _{t2}	m/s	1.62 (5.83 km/h)	1.83 (6.60 km/h)	2.48 (8.91 km/h)	(9)
Tiempo trabajado	T _t	h	5.49 3.10**	5.25 3.10**	7.18 5.25**	(10)

Fuente: elaboración propia

* La Distancia se calcula con el F_{t1} para definir, en teoría, los kilómetros totales cuando los caballos del STE ejecutan su esfuerzo máximo durante todo un recorrido. (variación para la tesis).

** Tiempo de trabajo con D_r calculado con F_{t1}.

La velocidad V_{t1} es hallada sin peso significativo al lomo -C_c-, carga de arrastre -Q_{total}-, ni pendiente del terreno -p-.

b) Análisis e interpretación de resultados

Los resultados de las variables de trabajo del caballo de tiro -tabla 7-, son los límites físicos a los que los caballos pueden llegar desempeñando la tarea de tiro. En el subaparte 3.2 -Cálculos estáticos e interrelación de variables- se proyecta el trabajo que estarían haciendo los caballos de tiro urbano en las diferentes pendientes. Se pretende con ambos desarrollos, diagnosticar el trabajo teórico que estarían haciendo los tres caballos -C₁, C₂, C₃- halando carros en el medio urbano, respecto a sus límites físicos, para lo cual, se cruzan los resultados de las variables

Esfuerzo de tracción máximo (F_{t1}) y Capacidad de Carga (C_c)—fórmulas (4) y (2)— con las variables Fuerza de tracción resultante (F_{t2}) y Transmisión de peso al lomo (R_1) halladas al resolver un sistema de ecuaciones (11) a (13), que se detallará más adelante en el apartado 3.2. Todas las variables mencionadas aparecen numéricamente resueltas en la tabla 8 para un Q_{total} de 875 kg en 0 % de pendiente.

Tabla 8 Esfuerzos teóricos de los caballos en la tracción de carros un eje. Para Q_1 de 500 kg desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m

Pendiente	Peso de la mercancía	Peso Carro	Peso Hombre	Coefficiente de rodadura	Transmisión de Carga Vertical en el lomo*	Fuerza de Tracción del Equino*
p %	Q_1 kgf	Q_2 kgf	Q_3 kgf	μ	R_1 kgf	F_{t2} kgf
0.0	500	300	75	0.075	78.23	59.76

Fuente: Elaboración Propia.

*Los resultados de R_1 y F_{t2} surgen de los cálculos estáticos de la sección 3.2.1, con las mismas variables de la tabla 10 y p del 0 %.

Índice Anamórfico y Capacidad de Carga. Formulas I_a , C_c

Los resultados del índice anamórfico I_a de los caballos C_1 y C_2 (1.2 y 1.3) están por debajo del 2.12, por tanto, no son aptos para desempeñar las tareas de tiro liviano ni pesado. En teoría, tampoco son aptos para la actividad de monta por ser caballos de pesos corporales medianos y bajos, respecto a su tamaño. Incluso el índice anamórfico para el caballo de 480 kg dio para un animal de tiro liviano (455 kg).

El máximo de *carga vertical* - C_c - que pueden llevar los 3 caballos sobre el lomo corresponden a el 33 %, 32 % y 26 % de su peso corporal (89, 102 y 122 kg respectivamente).

Estimación teórica de la Carga vertical - R_1 - que reciben los tres equinos durante el trabajo del STE: Con las cargas estipuladas para el ejercicio, los cálculos arrojan, que durante la tarea de tiro de carros por terreno asfaltado, los equinos que arrastran una carga total de 875 kg por una pendiente del 0 %, están recibiendo constantemente sobre su lomo una carga R_1 de 78.23 kg -tabla 8-, correspondiente al 87.7 % de 89 kg, 76.7 % de 102 kg y 63.9 % de 122 kg de la capacidad de carga - C_c - fórmula (2) -tabla 7- respectivamente. Aunque por este lado cumple, ahora se analizará la fuerza de tracción comparándola con la máxima permitida -fórmula F_{t1} (4).

Esfuerzo de Tracción y trabajo por paso. Formulas E_{pr} – F_{t1} – T_p

La fuerza de tiro promedio $-E_{pr}$ que pueden realizar los caballos del ejercicio –tabla 7- son 1/10 su peso corporal y el *máximo de fuerza* $-F_{t1}$ durante períodos cortos de tiempo son de 47.77 kgf, 54.68 kgf y 65.64 kgf para los tres caballos respectivamente. Comparando los resultados de la tabla 7 y tabla 8, se observa en teoría que los caballos C_1 y C_2 , que transitarían en la ciudad sobre una pendientes de 0 % y con una carga de 875 kg, están haciendo un esfuerzo de tracción F_{t2} en los momentos iniciales de arranque y detención de 59.76 kgf –tabla 8-, significa que exceden repetidamente el máximo permitido en un 25 % y 9 % respecto al F_{t1} ideal. Mientras que el caballo C_3 no excedió su F_{t1} , sino que llega al 92 %, lo cual es alto para ser un terreno plano. Estos animales, en un solo viaje, deberán hacer múltiples veces dichas fuerza, debido a que están supeditados a factores de movilidad incontrollables en la ciudad.

Los tres caballos deberían hacer su *esfuerzo promedio* $-E_{pr}$ en la mayor parte del tiempo de su trabajo, pero los cálculos con $Q_{total} = 850$ kg en 0 % de pendiente, muestran que ni siquiera el caballo C_3 trabaja muy por debajo del E_{pr} estipulado.

En el *trabajo por paso* T_p , por ejemplo, el caballo C_1 podrá imprimir un trabajo de 48.36 kgfm/p. En la medida que el animal sea más fuerte el momento de fuerza en el paso aumenta, el caballo C_3 hace una trabajo hasta del 40 % neto más que los caballos C_1 y C_2 , aplicando su F_{t1} . Al igual que pasa con la fuerza, el caballo C_1 y C_2 superan el límite aceptable.

Trabajo diario. Fórmula T_d

En el *trabajo diario producido* T_d con $K 2 000$ representan la capacidad de trabajo promedio que los caballos C_1 y C_2 podrían realizar de acuerdo a su bajo peso. Los resultados del T_d arrojan que los caballos deberán tener un rendimiento de 540 000 kgfm/día y 640 000 kgfm/día para 5.49 y 5.25 horas de trabajo respectivamente, haciendo su esfuerzo promedio $-E_{pr}$ en el mayor tiempo posible con descansos deducidos del tiempo total. Sin embargo, los caballos de estudio generalmente están ejecutando un esfuerzo mayor al promedio, aún transitando en terreno plano -tabla 8-. Al realizar la proporción entre el T_d y la fuerza F_{t2} (59.76 kgf) por la distancia recorrida, estos caballos estarían haciendo un trabajo diario del 121 % y 87 % más del normal, esto suponiendo que transitan por pendiente del 0 %.

En el caso del caballo C_3 el trabajo no llegaría al 100 % si recorriera 20 km, pero si se recorren los 32 km que permite mantener el esfuerzo promedio se pasaría un 25 % del permitido según la tabla 8. Así pues, se está en una encrucijada en el sentido de que habría que reducir la carga o la distancia, o ambas, para lograr no superar ni el esfuerzo máximo ni el trabajo permitido. Esto convierte la discusión en un tema económico que será tratado en el capítulo 6. No obstante, es importante remarcar que hasta aquí no se ha incluido el tema de las pendientes del terreno.

Distancia recorrida, Velocidad de trabajo y Tiempo trabajado. Fórmulas $D_r - V_t - T_t$

Al relacionar las variables D_r , V_t y T_t , para los caballos C_1 y C_2 con un trabajo igual a 2 000 veces su peso, en la tarea del arado durante un día sin llegar a la fatiga, se obtuvo que la distancia D_r que podrían recorrer es de 20 km en un día, durante 5.6 h $-T_t-$, a una velocidad sostenida $-V_t-$ de 3.65 km/h y 3.81 km/h respectivamente, haciendo una fuerza de tiro constante de $-f_t-$ 1/10 de su peso corporal durante la mayoría del tiempo, con esfuerzos máximos $-F_{t1}-$ durante cortos momentos. Se calcula para la investigación, que si el caballo mantiene su F_{t1} en la mayoría del tiempo, entonces los kilómetros de recorrido deberán disminuir a 11.3 km y 11.7 km respectivamente. Para los caballos de coches según Beltrán (1954), la velocidad V_{t2} máxima desarrollada por los caballos sería de 5.83 km/h y 6.60 km/h con carga, presuponiendo un terreno del 0 % de pendiente. El tiempo de trabajo para estos caballos que viajan a la velocidad V_{t2} , tendría que disminuir a 3.1 h.

Conclusión:

Si bien las fórmulas encontradas van dirigidas a la evaluación del caballo del arado, se considera que no tienen márgenes amplios diferenciales para con el caballo de tiro urbano porque lo que se toma del tema del arado es el esfuerzo máximo, el esfuerzo promedio y el trabajo máximo posible, que están relacionados con características anamórficas y el peso del animal y no con las características geométricas de la carga y el terreno.

Entonces lo que se hace es calcular las fuerzas aplicadas en el caso urbano y compararlas con esos valores medios y máximos propuestos para el animal de campo, que son válidas puesto que el animal es el mismo, y en ese aspecto se tienen siglos de experiencia sobre su resistencia. En cuanto a velocidades, los caballos urbanos y de tiro tienen velocidades similares, por ejemplo, Bocquet (1932) expone que un caballo de coches pesados avanza 1 m/s (3.6 km/h), y Ponce & Ríos (1998) habla de un caballo del arado que desarrolla velocidades medias de 0.89 m/s (3.2 km/h).

Para que un caballo se desplome durante la tarea de tiro en la ciudad, es porque realiza un trabajo diario muy superior al que es capaz en cuanto a las variables E_{pr} , F_{t1} , T_p , T_d , C_c , D_r , T_t y V_t , sumado a las variables de cargas de arrastre y pendiente del terreno. La práctica evidencia, que los caballos de la ciudad son obligados a hacer esfuerzos como los grandes equinos especializados.

Debido al abuso a nivel mundial que vive el equino de tiro de la ciudad al s. XXI y que desde el s. XIX se evidencia por la historia documentada, se va a analizar el trabajo que hacen los caballos en la actividad, transitando por las diferentes pendientes urbanas. Como resultado, se determinará el límite de la pendiente de tránsito en combinación con las cargas y se aportarán los parámetros teóricos sobre el trabajo de los caballos con carretas de un eje en

terreno pavimentado; lo que podrá ser un fundamento teórico al momento de parametrizar y legislar el STE en la ciudad.

Los cálculos estáticos estudian el comportamiento del sistema *caballo-equipo-pendiente*, con carros de un eje, para una ciudad con unas determinadas pendientes y cargas. De acuerdo con los resultados se plantea el límite óptimo de pendiente por el cual podrá transitar el caballo con una determinada carga. Igualmente, se analiza de manera general los aspectos formales y funcionales del sistema compuesto por el caballo y la carreta tipo de un eje.

El análisis del STE surge principalmente de la comparación de las variables de fuerza de tracción del caballo, F_{t1} versus la máxima resultante F_{t2} y la carga que recibe el caballo sobre el lomo R_1 versus su máxima capacidad C_c ; derivadas de las ecuaciones sobre la capacidad de trabajo del caballo y de los cálculos estáticos sobre las fuerzas que inciden en el sistema. Las variables resultantes F_{t2} y R_1 , provienen de la conjugación de variables del peso del equino $-Q_c-$, las cargas totales $-Q_{total}-$, el tránsito por diferentes grados de pendiente $-p-$ y la ubicación de la mercancía en diferentes puntos sobre la carreta. Además se calculan las variables derivadas son la fuerza normal $-N-$ y la fuerza de fricción de las llantas $-F_f-$.

Se recuerda que “el factor determinante en el trabajo de un animal de tiro es la fuerza de tracción. Si la fuerza requerida para mover un implemento es mayor que la fuerza que los animales pueden producir, entonces el trabajo no se realiza” (O’Neil et al, 1989 en Ponce & Ríos 1998, p.63).

3.2. Cálculos funcionales del sistema de tracción equina

Seguidamente se ejecuta el análisis técnico del STE de un eje, en donde se deduce el límite de trabajo del caballo -ecuaciones (11) a (13)- a lo largo de las pendientes viales entre 0 % y 30 %, en cuanto a las variables: (a) Fuerza de tracción resultante del caballo en kgf $-F_{t2}-$, un instante antes de arrancar y un instante después de detenerse. (b) La transmisión de peso que recibe el lomo del caballo en kgf $-R_1-$. (c) La fuerza normal máxima que reciben las dos llantas en kgf $-N-$. (d) La fuerza de fricción sobre las llantas en kgf $-F_f-$. Se complementa el análisis con las variables anteriormente estudiadas D_r , V_t , T_t , T_p , y T_d - ecuaciones (1) a (10)-.

El aparte se divide en cuatro secciones que justifican el como se hallaron los límites para la movilidad del STE, así: (i) Se expone la forma como se estudiaron las variables para encontrar un equilibrio (cálculos estáticos). (ii) Se determina el límite de las variables en todo el rango de pendientes de 0 % a 30 %, se define el corolario, además se muestra como se comportan las variables fuera del límite (definición del límite de movilidad). (iii) Se analizan las variables p , R_1 y F_{t2} , en otra posición de Q_1 (variable R_1 con Q_1 desplazada y sobre el eje). (iv) Se conceptualiza formal y funcionalmente el sistema compuesto por el Equino-Carreta-Pendiente-Cargas.

3.2.1. Cálculos Estáticos

El estudio del Sistema de Transporte Equino de un eje -figura 16, Sistema de Transporte Equino un eje-, que se deriva de una situación real, se plantea en el sub-aparte, como un problema de estática en el cual se identifican todas las fuerzas que inciden sobre el STE, a través de diagramas de cuerpo libre -figuras 17 a 20-.

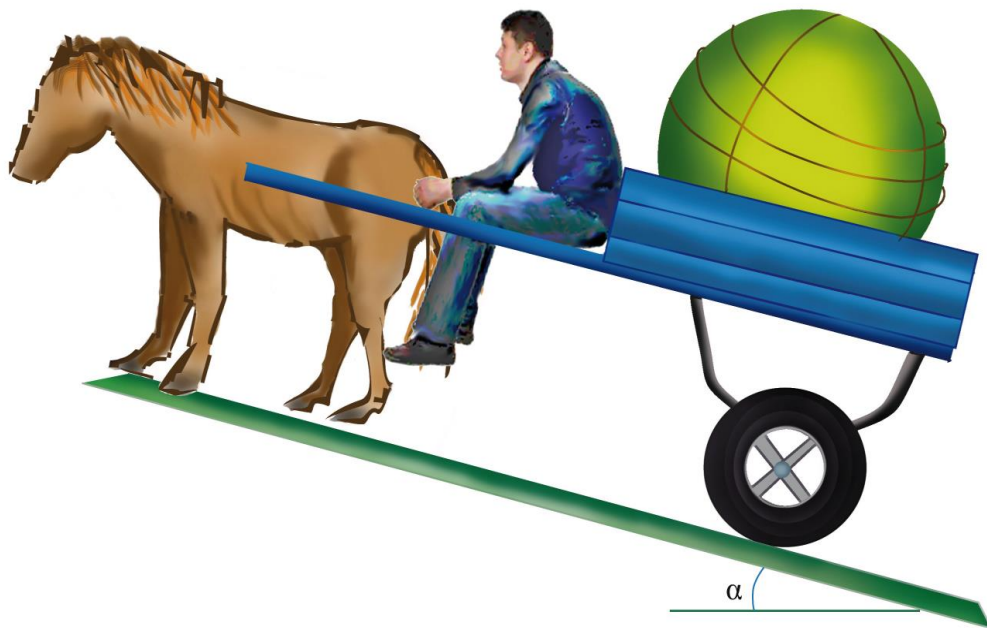


Figura 16 Diagrama espacial, Sistema de Transporte Equino un eje.
Fuente: Elaboración propia

Los cálculos estáticos determinarán la fuerza de tracción $-F_{t2}-$ que realiza un caballo cuando se desplaza con una velocidad constante (aceleración cero) o al momento antes de arrancar o un instante después de detenerse, en un terreno con un determinado grado α de inclinación y una pendiente $-p-$, como también, la carga vertical $-R_1-$ que se le transmite al equino en el lomo durante ese instante, con carros de un eje y con la mercancía $-Q_1-$ desplazada del eje.

La carga Q_1 se analiza desplazada del eje en diferentes puntos,, porque la realidad muestra que en el transporte de carga y coches de personas de un eje, ubican la carga o las personas en la parte posterior y anterior del carro, lo que genera sobreesfuerzos al equino de trabajo. Los resultados se comparan con la capacidad de trabajo del caballo teórico -tabla 7, sub-aparte 3.1.3-. Se supuso una sola altura h para la carreta enganchada al caballo, en los cálculos estáticos. El

sistema carreta-enganche al caballo, debería funcionar con una altura uniforme, aunque no siempre se observa en los sistemas estudiados.

Las ecuaciones se basan en la descomposición de las fuerzas que actúan sobre el sistema carreta – caballo con un ángulo determinado por la pendiente del terreno -figura 17-. Dichas cargas se encuentran ubicadas a unas distancias según se muestran en la figura 18. Se aíslan los objetos de análisis: caballo y carreta, en diagramas de cuerpo libre diferentes -figuras 19 y 20- para así visualizar mejor los efectos.

Las ecuaciones para hallar el comportamiento del STE se formulan basándose en la sumatoria de vectores de fuerza en los planos X y Y y la suma de los momentos alrededor del punto O. El eje de las X es paralelo al piso inclinado y el eje de las Y es perpendicular al mismo.

Diagramas de cuerpo libre del STE:

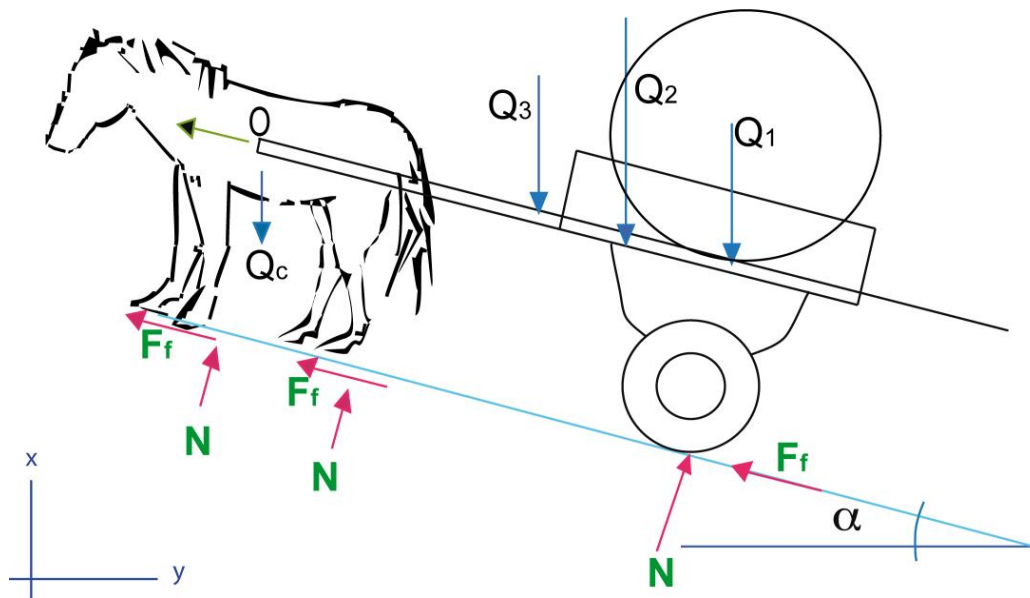


Figura 17 Fuerzas totales que actúan sobre el STE
Fuente: Elaboración propia

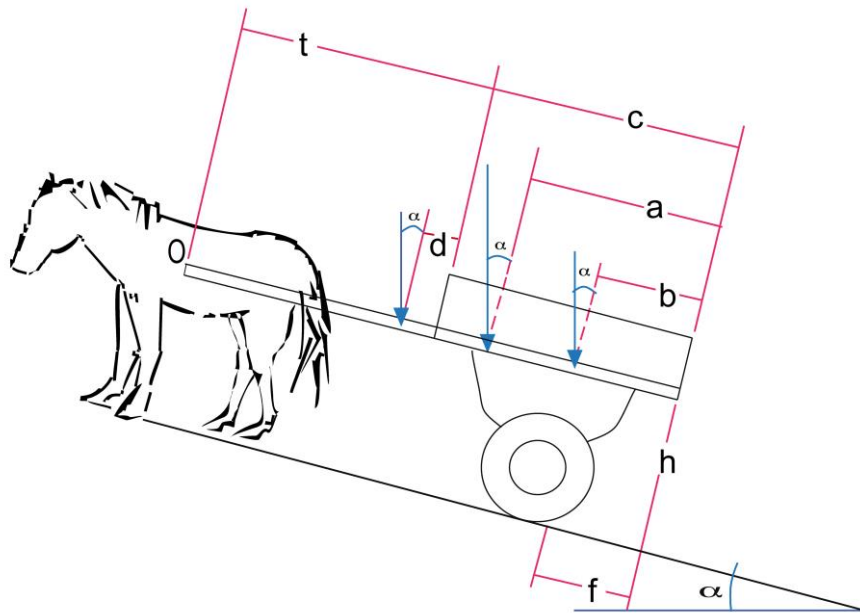


Figura 18 Dimensiones del sistema STE
Fuente: Elaboración propia

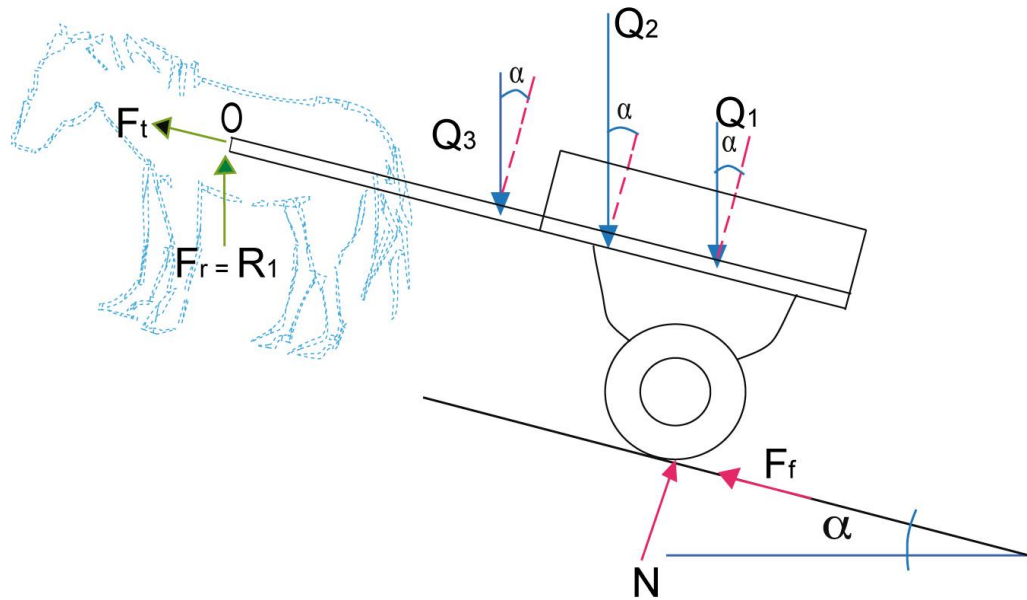


Figura 19 Diagrama de cuerpo libre de la carreta del STE
Fuente: Elaboración propia

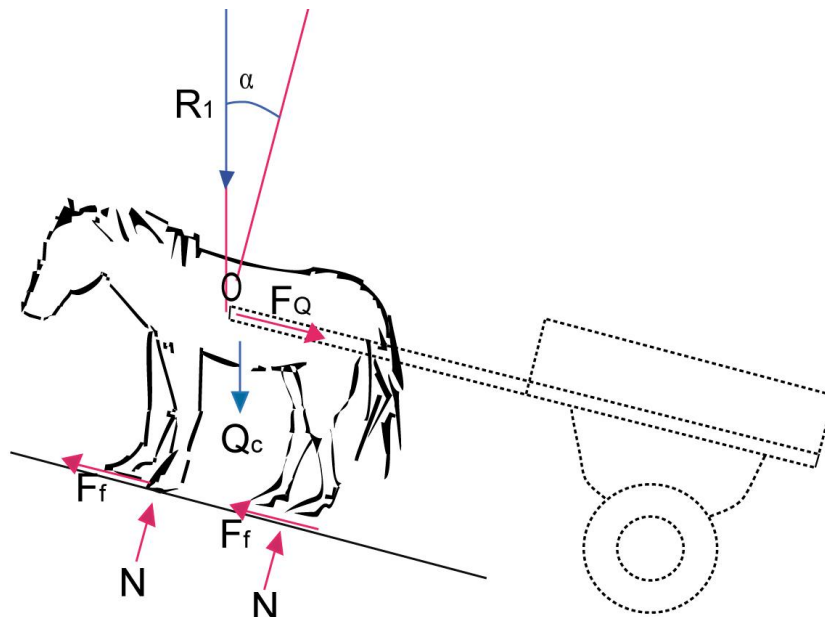


Figura 20 Diagrama de cuerpo libre del caballo del STE

Fuente: Elaboración propia

Definición de términos:

- Dimensión del tiro en metros: longitud (t)
- Dimensiones de la carreta en metros: largo (c), mitad (b), ancho del sentadero del hombre (d), altura (h), posición del eje (f), ubicación de la carga (a), ancho llanta (o), presión inflado llantas (Ψ)
- Cargas o Pesos en kgf: mercancía (Q_1), carreta (Q_2), hombre (Q_3). $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$.
- Peso del caballo: (Q_c)
- Transmisión peso que recibe el lomo del caballo en kgf (R_1)
- Ángulos: α (alfa) vertical entre Q_1 , Q_2 , Q_3 , R_1 y la perpendicular al piso. Este es igual al ángulo horizontal α (alfa) del piso con la horizontal.
- Pendiente del terreno (p)
- Coeficiente de rodadura o de fricción (μ)
- Fuerza normal máxima en kgf que reciben las dos llantas perpendicular al piso (N). N se calcula con una presión de inflado de las llantas de 35 psi, el área de contacto al piso por llanta de 12 cm por 16 cm, para lo cual cada llanta resiste 473.46 kg.
- Fuerza de fricción en kgf sobre las llantas (F_f)
- Fuerza de reacción en kgf (F_r) que es igual a R_1 .
- Fuerza de tracción resultante del caballo en kgf (F_{t2}) que debe hacer el caballo un instante antes de arrancar y un instante después de detenerse. Esta fuerza va en el sentido paralelo al suelo.

a) El problema a resolver:

El problema se evalúa para un equino C_1 con peso Q_c de 270 kg, que tiene una capacidad máxima de carga sobre el lomo C_c de 89.17 kgf, con fuerza de tracción máxima $-F_{t1}$ de 47.77 kgf. Se va a hallar la carga vertical al lomo $-R_1$ y la fuerza de tracción resultante $-F_{t2}$ del caballo; con una carga variable de mercancía $-Q_1$, a un grado de pendiente $-p$ del 0.65 %, con una carreta $-Q_2$ de 300 kg, de dimensiones: largo $-c$ 1.50 m, altura $-h$ 1 m, sentadero $-d$ 0.20 m, tiro $-t$ 1.50 m, ubicación de la mercancía $-a$ $a=0.90$ m del borde anterior de la carreta, posición del eje $-f$ 0.75 m, compuesta de un eje en el centro del remolque (sin contar el tiro), ancho de llantas $-o$ 0.12 m, presión de inflado $-\Psi$ 26 kgf/cm², carga máxima de las llantas $-N$ 946.91 kgf, coeficiente de rodadura $-\mu$ 0.075. Se obtiene la fuerza normal $-N$ y la fuerza de fricción sobre las llantas $-F_f$ -tabla 9-.

Tabla 9 Valores del problema cálculos del STE. Funcionamiento del STE

<i>Parámetros del caballo</i>			
C_c	Capacidad carga máx.	89.17	kgf
P_t	Perímetro torácico	1.41	m
A	Alzada	1.35	m
Q_c	Peso caballo	270	kgf
F_{t1}	Fuerza tracción máxima	47.77	kgf
<i>Parámetros del carro y terreno</i>			
a	Ubicación carga	0.90	m
$b= c/2$	Mitad carro	0.75	m
c	Largo carro	1.50	m
d	Ancho sentadero	0.20	m
f	Posición del eje	0.75	m
h	Altura carro	1.00	m
t	Largo del tiro	1.50	m
R_1	Transmisión peso al lomo	*	kgf
Q_2	Peso del aparato (carreta)	300	kgf
Q_3	Peso del conductor	75	kgf
N	Fuerza reciben las llantas**	*	kgf
α	Ángulo	3.72	°
p	Pendiente	6.5	%
Q_1	Carga a transportar	*	kgf
F_{t2}	Fuerza tracción resultante	*	kgf
μ	Coeficiente de rodadura	0.075	
F_f	Fuerza fricción $N* \mu =$	*	kgf

Fuente: Elaboración propia. *Resultados que se van a obtener.

** El $N_{\text{máximo}}$ es 946.91 kgf

b) Desarrollo de las Ecuaciones

Se desarrollan tres ecuaciones básicas, así:

- Suma de momentos alrededor del punto O igual a cero, Ec. (11),
- Suma de fuerzas en el eje Y igual a cero, Ec.(12),
- Suma de fuerzas en el eje X igual a cero, Ec.(13).

Para la formulación de estas ecuaciones véase la descomposición de fuerzas en las figuras 19 y 20.

Asumiendo los valores de la carga a transportar Q_1 , se resuelve el sistema de ecuaciones anteriores y se obtienen la carga que se transmite al lomo del equino R_1 , la resultante de la fuerza de tracción del equino F_{12} y la fuerza N que reciben las llantas.

Inicialmente la variable Q_1 -peso de la mercancía- se trabaja con un valor fijo en un rango entre 200 kg a 500 kg desplazada del eje a: 0.15 m, a fin de observar el comportamiento de las otras variables que inciden sobre el STE definidas en el problema a resolver y la pendiente del terreno se trabaja en primera instancia al 6.5 % (una ciudad con pendientes promedio de sus vías al 6 % ya se define vialmente como ciudad con terreno montañoso). Los resultados de las ecuaciones (11) a (13) fijando Q_1 hasta 500 kg desplazada del eje de la carreta a 0.15 m se compilan en la tabla 10. Posteriormente se trabaja el problema a resolver con las ecuaciones (11) a (13), Q_1 desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m y Q_{total} hasta 1 875 kg -tabla 11-. Se calcula Q_1 hasta 1 500 kg debido a las evidencias que estos caballos transportan más de la tonelada en un solo viaje, resultados compilados en la tabla 11.

c) Formulación para diagnosticar la movilidad de los STE:

Suma de momentos alrededor del punto O = 0

$$(t - d) \cos(\alpha) Q_3 + (t + c - a) \cos(\alpha) Q_2 + (t + c - b) \cos(\alpha) Q_1 - (t + c - f) N - hF_f = 0 \quad (11)$$

Suma de fuerzas en el eje y = 0

$$\cos(\alpha) R_1 - \cos(\alpha) Q_3 - \cos(\alpha) Q_2 - \cos(\alpha) Q_1 + N = 0 \quad (12)$$

Suma de fuerzas en el eje x = 0

$$-F_{12} - \cos(90-\alpha) R_1 + \cos(90-\alpha) Q_3 + \cos(90-\alpha) Q_2 + \cos(90-\alpha) Q_1 + F_f = 0 \quad (13)$$

Fuente: Elaboración propia

d) Resultado de las ecuaciones con las diferentes cargas Q1:

Se expone la solución a las ecuaciones (11) a (13) en la tabla 10 con ocho valores, y en la próxima (tabla 11) con 5 valores diferentes de la variable Q_1 desplazada del eje en a . Y con datos fijos de las variables Q_2 , Q_3 en d , p y μ . Con los cuales se obtienen los valores de R_1 , F_{12} , N y con está F_f . Las resultantes R_1 y F_{12} son los valores que permiten diagnosticar las fuerzas a las cuales está expuesto el caballo del sistema STE con un Q_{total} a una pendiente dada –figuras 17 a 20-.

Tabla 10 Resultado del cálculo de las ecuaciones (11) a (13) con pendiente 6.5 % y fijando Q_1 hasta 500 kg desplazada del eje de la carreta a : 0.15 m*.

Ítem	Q_1 kgf	Q_2 kgf	Q_3 kgf	μ	F_f kgf	N kgf	R_1 kgf	F_{12} kgf
1	200	300	75	0.075	37.90	505.39	68.55	70.75
2	250	300	75	0.075	41.53	553.67	70.16	77.51
3	300	300	75	0.075	45.15	601.96	71.77	84.27
4	350	300	75	0.075	48.77	650.24	73.39	91.03
5	400	300	75	0.075	52.39	698.53	75.00	97.79
6	450	300	75	0.075	56.01	746.81	76.61	104.55
7	475	300	75	0.075	57.82	770.95	77.42	107.93
8	500	300	75	0.075	59.63	795.10	78.23	111.31

Fuente: Elaboración Propia. *ver posición a en la figura 18.

El comportamiento del STE respecto a las cargas que recibe el sistema y fuerzas a las que el caballo es sometido, es:

Se obtuvo para Q totales entre 575 kg y 875 kg en pendientes del 6.5 % que: la carga N que soportan las 2 llantas está entre el 88 % y 91 % del total de Q_{total} , es decir que el caballo está cargando relativamente poco, y la fuerza de fricción F_f de las llantas a vencer por el caballo, aumenta a medida que aumenta la carga.

Seguidamente se analizan los resultados de los ítems 1 y 8 con Q_{total} de 575 kg y 875 kg, Q_1 desplazada del eje 0.15 m ($a=0.90$ m) y Q_3 en d .

Ítem 1: un caballo de 270 kg, que arrastra una carga total de 575 kg ($Q_1+Q_2+Q_3$), en una pendiente del 6.5 %, la fuerza de fricción $-F_f$ sobre las ruedas es de 37.90 kg y la fuerza normal $-N$ de 505 kgf que soportan las llantas es del 53.37 % del máximo. La carga transmitida al lomo del equino R_1 es de 68.55 kg, que representa el 68.74 % de la capacidad máxima de carga sobre el lomo $-C_c-$ (89.17 kgf, ver tabla 7). La fuerza de tracción F_{t2} que haría en el momento antes del arranque y después de la detención es de 70.75 kgf, significa que el caballo está realizando una fuerza de 48.10 % mas del F_{t1} permitido (47.77 kgf, ver tabla 7).

Ítem 8: en el caso del equino halando una carga total de 875 kg $-Q_{total}$, la fuerza de fricción $-F_f$ sobre las llantas de la carreta aumentó 21.73 kg respecto al ítem 1, lo que resulta obvio por el aumento de la carga. La carga transmitida a su lomo R_1 de 78.06 kgf corresponde al 78.33 % del total su capacidad de carga, si bien la carga R_1 sigue estando por debajo del límite permitido, es una tarea extra para el caballo de tiro. La fuerza de tracción resultante F_{t2} de 111.31 kgf que ejerce el caballo en los momentos de arranque, detención como en el sostén de la carga, es 2.33 veces a su límite F_{t1} permitido.

Tabla 11 Resultado del cálculo de las ecuaciones (11) a (13) con pendiente 6.5% y fijando Q_1 desplazada del eje de la carreta a: 0.15 m y Q totales hasta 1 875 kg

Ítem	Q_1 kgf	Q_2 kgf	Q_3 kgf	R_1 kgf	F_{t2} kgf
1	600	300	75	81.45	124.83
2	800	300	75	87.90	151.87
3	1 000	300	75	94.35	178.91
4	1 200	300	75	100.81	205.95
5	1 500	300	75	110.48	246.51

Fuente: elaboración propia

Para Q totales entre 975 kg y 1 875 kg y con las mismas variables de la tabla 9, N oscila entre 891.67 kg y 1 760.80 kg lo que corresponde a un 92 % y 94 % del Q_{total} , y F_f está entre 66.88 kg y 132.06 kg respectivamente.

Cuando se le impone al caballo C_1 cargas Q_1 tan altas comprendidas entre 600 kg y 1 500 kg, los sobre esfuerzos que realiza el caballo son muy superiores a su capacidad, por consiguiente, dañinos para su cuerpo. La fuerza promedio de tracción E_{pr} que hace con dichas cargas va entre 4.6 y 9.1 veces su capacidad corporal recomendada, y el esfuerzo máximo de tracción F_{t2} va entre 2.6 y 5.2 veces respecto al máximo F_{t1} . El C_c al lomo, que es 89 kgf fue superado por R_1 con Q_{total} de una tonelada en adelante.

e) Conclusión:

Se observa que a mayor carga en la pendiente constante, aumentan proporcionalmente todas las fuerzas que inciden sobre sistema caballo-carreta. Si bien el peso máximo que puede cargar el caballo C_1 de 270 kg de peso, sobre el lomo - C_c - es de 89.17 kg, en las resultantes de la fuerza R_1 ningún dato con la variable aleatoria Q_1 hasta 500 kg desplazada 0.15 m del eje -tabla 10 fue superior al C_c máximo, mientras que se superó notablemente en los Q_{totales} de una tonelada en adelante -tabla 11-.

A mayor desplazamiento del eje de Q_1 y Q_3 , el caballo está expuesto a más transmisión de fuerza - R_1 - sobre el lomo. R_1 tiende a ser mayor cuando la carga Q_1 es desplazada del eje, si la carga se ubicara sobre el eje, el R_1 disminuiría considerablemente. En ningún caso es recomendable que un animal de tiro lleve carga alguna sobre el lomo, puesto que está haciendo la tarea de cargar y tirar al mismo tiempo, lo que genera mayor desgaste, esto sumado los períodos largos laborales y constantes, a los que es obligado a trabajar -Veáse la figura 21-.

3.2.2. Definición del límite de movilidad del sistema STE en la ciudad.

En este subapartado se determina en qué punto de la medición se da el equilibrio entre las variables de la pendiente p versus la carga Q_1 , la fuerza resultante F_{t2} y la fuerza E_{pr} ; el equilibrio se da básicamente cuando no se sobrepasa el esfuerzo de tracción máxima F_{t1} , estipulado en la tabla 7. El objetivo ahora es encontrar una carga y una pendiente, que no obliguen a extralimitar al caballo durante la actividad de tracción de carros de un eje, en terreno pavimentado en una morfología urbana montañosa u ondulada. Lo anterior tiene como fin establecer teóricamente el límite de carga total Q_{total} por ciertas pendientes, lo que se supone viene determinado por la capacidad de fuerza de tiro que tiene el caballo, definido por índice anamórfico - I_a - (Cassai 1944) -sub-aparte 3.1-, así como por el buen diseño de los objetos. En la conclusión de expone la comprobación de esta hipótesis.

Para empezar, hay que decir que los caballos C_1 y C_2 del ejercicio planteado en el subapartado anterior, están por debajo del índice anamórfico, por tanto, no son propios para la labor -tabla 7-.

Se trabaja inicialmente Q_1 desplazada del eje, por ser frecuente la ubicación de la mercancía en los casos observados, resulta ser más fácil y seguro colocar Q_1 en la parte delantera de la carrocería, debido a que los carros tienden a inclinarse hacia atrás. Por tanto, se define el límite de pendiente y carga con la variante de Q_1 desplazada y posteriormente se evalúa con la mercancía sobre el eje, para así definir un límite de carga con una pendiente fijada.

El problema de la carga sobre el lomo es un problema de diseño que ya fue evidenciado por varios autores desde el s. XIX, pese a ello nunca dejaron de utilizar este tipo de carros.

Fuerza de tiro y carga sobre el lomo de los STE

Los resultados teóricos surgidos de la aplicación de las ecuaciones (11) a (13), permiten evaluar la movilidad urbana del STE. La figura 21 expone las variables de estudio para los STE un eje con una sola persona sobre la carreta. Las resultantes de R_1 y F_{t2} , en los diferentes rangos de pendiente p , Q_{total} y Q_1 desplazada del eje, se compilan en la tabla 12.

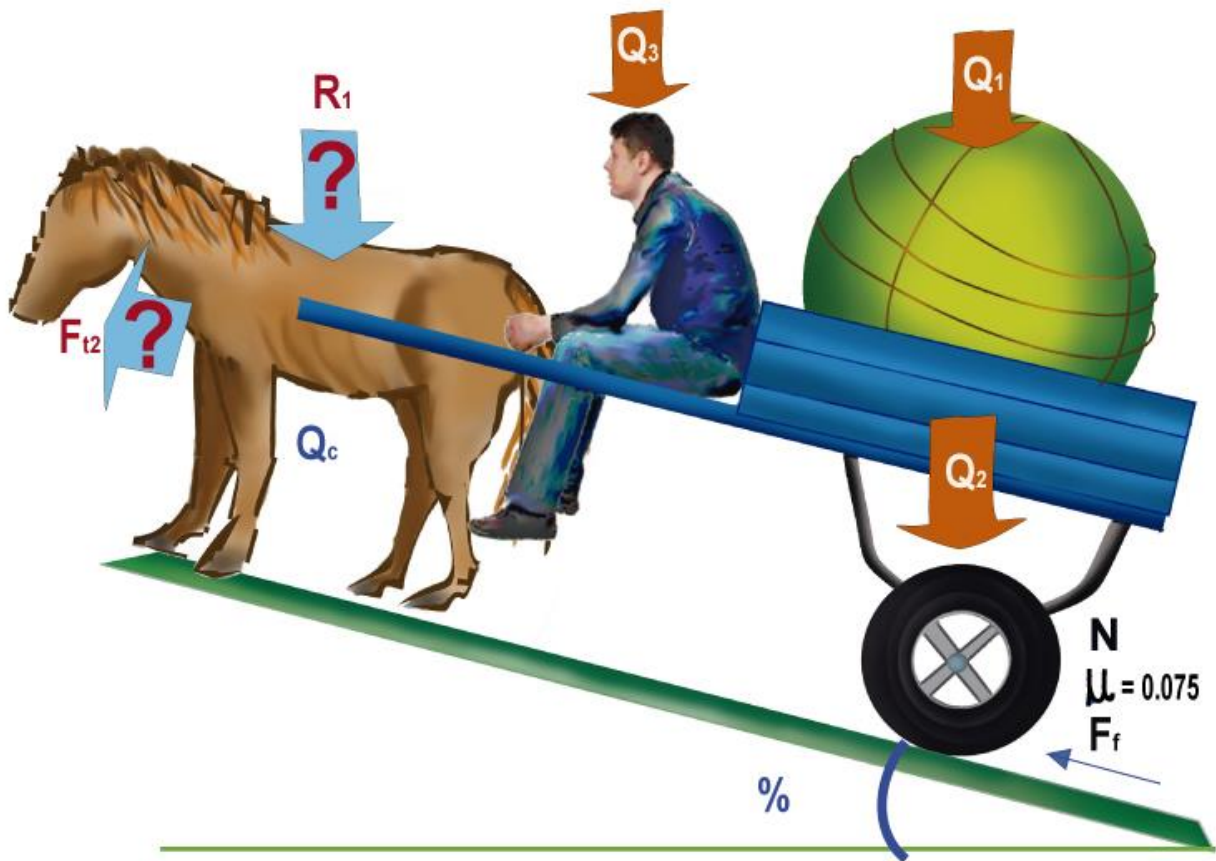


Figura 21 Variables utilizadas para hallar el límite de tránsito del STE. Diagrama espacial
 Fuente: Elaboración propia. El diagrama sólo ilustra las variables de interés, no es un diagrama estático.

A fin de encontrar los límites teóricos del STE y hallar correctamente su desempeño, se trabajan las variables en un rango de valores para un total de 37 combinaciones, así: (a) las variables aleatorias con una distribución conocida: Q_1 , desplazada del eje una distancia a de 0.90 m –figura 18-, conduciendo por una pendiente pavimentada p . (b) Las variables que en inicio se

toman fijas son: Q_2, Q_3 ; de la carreta $t, c, b, d, h, f, o, \psi, \mu$ -figura 18-; valorado para el caballo - C_1 - de peso corporal $Q_c = 270$ kg -valores tabla 9-. (c) Las variables resultantes: carga R_1 , fuerza F_{t2} , y fuerzas de las llantas N, F_t .

Los valores de las variables fijas usadas en el desarrollo de las ecuaciones (11) a (13) son las siguientes: (a) pendientes entre 0 % - 30 %. (b) Para las pendientes del 0 % - 6.5 % se usa Q_1 de 450 kg, 370 kg, 280 kg, 200 kg y 140 kg. (c) Para el resto de las pendientes se trabaja Q_1 de 300 kg, 500 kg y 800 Kg, siendo estas las cargas más comunes en la información encontrada.

Las variables del equino de trabajo con las cuales se va a comparar el siguiente análisis provienen de los cálculos de la tabla 7 respectivamente a los tres caballos C_1, C_2, C_3 , así:

- (a) Pesos de los caballos Q_c de 270 kg, 320 kg y 480 kg.
- (b) Capacidad máxima de carga en el lomo C_c de 89.17 kgf, 102.07 kgf y 122.52 kgf.
- (c) Fuerza de tracción máxima por cortos períodos F_{t1} de 47.77 kgf, 54.68 kgf y 65.64 kgf.
- (d) Esfuerzo promedio E_{pr} de 27 kgf, 32 kgf, 48 kgf.
- (e) Índice anamórfico I_a de 1.59, 1.82 y 2.19.

Resultado de las ecuaciones (11) a (13):

Tabla 12 Evaluación de la movilidad del STE con variables aleatorias de distribución conocida p y Q_1 desplazada del eje a : 0.15 m.

Ítem	p %	Q_1 kgf	Q_2 kgf	Q_3 kgf	R_1 kgf	F_{t2} kgf
1	0%	140	300	75	66.61	33.63
2	0%	200	300	75	68.55	37.98
3	0%	280	300	75	71.13	43.79
4	0%	370	300	75	74.03	50.32
5	0%	450	300	75	76.61	56.13
6	3%	300	300	75	71.77	63.31
7	3%	500	300	75	78.23	83.62
8	3%	800	300	75	87.90	114.09
9	6%	50	300	75	63.71	48.69
10	6%	500	300	75	78.23	107.37
11	6%	800	300	75	87.90	146.49
12	6.5%	450	300	75	76.61	104.55
13	6.5%	370	300	75	74.03	93.74
14	6.5%	280	300	75	71.13	81.57

Ítem	p %	Q_1 kgf	Q_2 kgf	Q_3 kgf	R_1 kgf	F_{t2} kgf
15	6.5%	200	300	75	68.55	70.75
16	6.5%	140	300	75	66.61	62.64
17	8%	300	300	75	71.77	93.20
18	8%	500	300	75	78.23	123.11
19	8%	800	300	75	87.90	167.96
20	10%	300	300	75	71.77	105.04
21	10%	500	300	75	78.23	138.74
22	10%	800	300	75	87.90	189.30
23	12%	300	300	75	71.77	116.79
24	12%	500	300	75	78.23	154.26
25	12%	800	300	75	87.90	210.47
26	15%	300	300	75	71.77	134.22
27	15%	500	300	75	78.23	177.29
28	15%	800	300	75	87.90	241.89
29	20%	300	300	75	71.77	162.67
30	20%	500	300	75	78.23	214.86
31	20%	800	300	75	87.90	293.15
32	25%	300	300	75	71.77	190.19
33	25%	500	300	75	78.23	251.22
34	25%	800	300	75	87.90	342.76
35	30%	300	300	75	71.77	216.67
36	30%	500	300	75	78.23	286.19
37	30%	800	300	75	87.90	390.47

Fuente: Elaboración Propia

Se evidencia en teoría que el trabajo del STE en la serie de pendientes $-p-$ de 0 % a 30 %, Q_{total} entre 425 kg y 1 175 kg y Q_1 desplazada del eje 0.15 m ($a=0.90$ m), en los tres caballos la carga R_1 transmitida al lomo del equino, no sobrepasa la capacidad máxima C_c de ninguno de los tres caballos referenciados - Véase la figura 21 -, pese a ello, las cargas resultan ser excesivas para la actividad de tiro urbano, pues los F_{t2} superan notablemente la fuerza de tracción respecto al límite máximo permitido F_{t1} .

Los valores mínimos y máximos resultantes de N y F_f se obtuvieron con Q_{total} de 415 kgf y 1 175 kg, p de 6 % y 10 %, varían de la siguiente manera: la fuerza N que reciben las llantas está entre 357.42 kgf y 1 081.67 kgf y la fuerza de fricción F_f entre 26.81 kgf y 81.12 kgf respectivamente.

Pendientes 0 % y 3 %: En un sistema circulando en terrenos de cero 0 % de pendiente, con cargas totales de 515 kg a 825 kg, el F_{t2} se mantiene entre los parámetros del F_{t1} para los tres equinos, sin embargo, el E_{pr} fue superado incluso por el caballo C_3 . El equino C_1 superó en un

17.5 % el F_{t1} y en un 107.8 % el E_{pr} , esto resulta ser un exceso de trabajo en una jornada laboral de 8 horas.

Para la movilidad en la pendiente del 3 %, con cargas entre 675 kg y 1 175 kg, el F_{t2} resultante para el valor máximo, supera el F_{t1} en los tres sistemas (caballos C_1 , C_2 y C_3) hasta un 138.8 %. Con Q_{total} de 675 kgf solo el caballo C_3 no supera su F_{t1} , pero los tres caballos desbordaron su E_{pr} en más del 135 % de su capacidad promedio de esfuerzo de tracción. Y con Q_{total} de 875 kgf y 1 175 kgf los E_{pr} fueron del 209 % 322 % sobre su capacidad.

Pendientes 6.0 % y 6.5 %: Los resultados muestran que con cargas hasta de 1 175 kgf el F_{t2} mas alto fue de 146.5 kgf lo que supera el F_{t1} del C_1 , al ser 206.7 %. Significa que este caballo de 270 kg está haciendo una fuerza de tracción excesiva durante innumerables veces cuando anda, arranca y detiene el sistema cuesta arriba, transitando por una ciudad con promedio de p igual a 6 %, en jornadas de 8 h. Téngase en cuenta que durante el mayor tiempo trabajado el caballo no debería exceder el promedio de fuerza estipulado - E_{pr} de 1/10 de su peso corporal-.

Casos 9 y 16 (cargas transportadas entre 50 y 140 kg) tabla 12: se observa en las pendientes 6 % y 6.5 % que con cargas totales entre 425 kgf y 515 kgf, la carga al lomo R_1 no sobrepasó el máximo permitido, correspondiente a un 74.70 % del total, y si bien, el F_{t2} para el caballo C_1 superó al límite F_{t1} (47.77 kgf) en un 31.13 % y el E_{pr} en el 132 %, se evidencia que en la combinación de $Q_1+Q_2+Q_3$ versus p , las resultantes del F_{t2} son las más bajas de los 37 ítems, aunque el R_1 sea alto y el E_{pr} se sobrepase.

Pendientes 10 % a 15 %: El sistema con las cargas estipuladas igualmente extralimita el máximo permitido de fuerza - F_{t1} -, incluso ningún valor de F_{t2} está por debajo de 105.04 kgf, lo que traduce que los tres caballos están realizando fuerzas de más del doble de su capacidad - Véase la figura 22-.

Pendientes 20 % a 30 %: Con cargas totales entre 675 kg y 1 175 kg el R_1 no es superado para ninguno de los caballos respecto al C_c estipulado, pero el esfuerzo de tracción F_{t2} osciló entre 162.66 kgf y 390.46 kgf. La fuerza de tracción F_{t2} que realiza el caballo arrancando y detenido en pendientes de una ciudad resulta ser 2.1 a 7.1 veces por encima del F_{t1} . En estas pendientes se dieron los valores más altos del F_{t2} y E_{pr} , siendo proporcionales a las pendientes más empinadas.

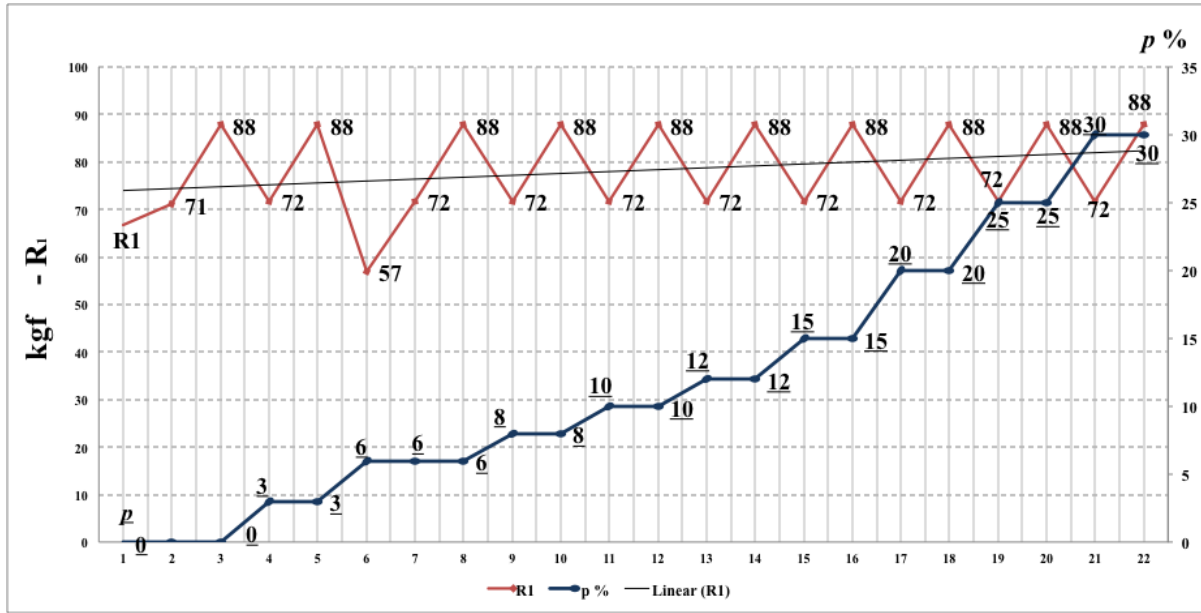


Figura 22 Comportamiento de la variable R1 -Peso transmitido al lomo del caballo- con pendientes de terreno entre el 0 % y 30 %, Q_{total} entre 515 kgf y 1 175 kgf, Q_1 en $a : 0.15$ m del eje. Fuente Elaboración propia. La figura corresponde a los valores de Q_{total} de la tabla 12

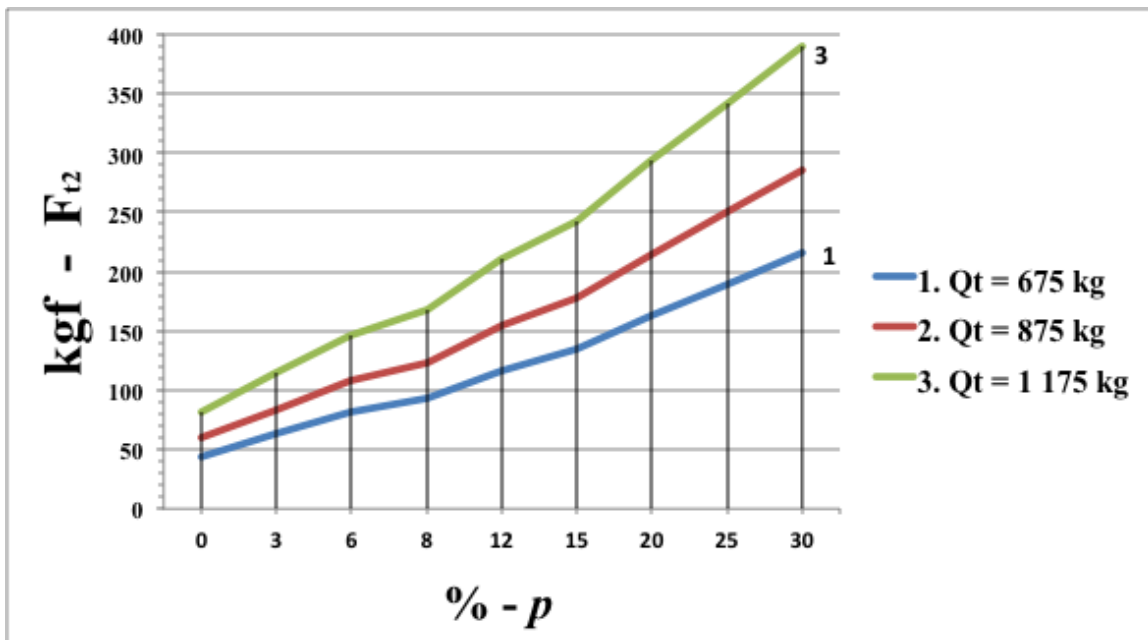


Figura 23 Comportamiento de la variable F_{t2} -fuerza resultante de tracción del caballo- con pendientes del terreno entre el 0 % y 30 % con Q_{total} .

Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

Se observa que el comportamiento teórico de los tres sistemas es disfuncional transitando con las cargas impuestas y por pendientes mayores al 3 % con Q_1 desplazada del eje 0.15 m, debido a: (1) las resultantes R_1 en las 37 combinaciones nunca estuvo por debajo del 50 % del total respecto al máximo recomendable de C_c , lo que es un impedimento para el buen funcionamiento del STE en cualquier pendiente. (2) El F_{t2} estuvo dentro del rango del F_{t1} en solo 3 casos de pendientes 0 %, en los demás resultados estuvo entre 1.1 y 8.2 veces la capacidad máxima de tracción de los caballos. (3) El E_{pr} máximo de los tres caballos fue sobrepasado por E_{pr} calculado en todos los casos de pendientes entre el 3 % y 30 %, sólo se mantuvo bajo para el C_3 en algunos casos de 0 % de pendiente. (4) Se analiza en los resultados, que el equilibrio de las variables en alta pendiente, se da en las del 6.0 % y 6.5 %, solo para los casos 9 y 16 -tabla 12-, que si bien, el R_1 es alto y el E_{pr} se supera, el F_{t2} es aceptable. Serían estos los valores teóricos más bajos sobre el trabajo del caballo en pendientes del 6.0 % y 6.5 % para carretas de un eje. Es dudoso que se pueda operar en estas altas pendientes de manera rentable, lo cual se analizará en el Capítulo 6. Por lo pronto, según la figura 23, las pendientes más razonables son las que no superan el 3 %, con Q_{total} de 675 kg, es decir, con carga transportada máxima de 300 kg.

Se concluye que la actividad de tiro en las ciudades, por pendientes mayores al 3 % con cargas hasta de 1 175 kg, extralimita constantemente la capacidad del STE de estudio por tanto su movilidad es casi imposible. Se comprueba la hipótesis sobre que las ciudades con un promedio de pendiente significativa, no son aptas para albergar el actual sistema de tracción equina como transporte. Si no se rediseña en el futuro el sistema desde su estructura, se podrán buscar que el centro de gravedad de la carreta con sus cargas quede sobre el eje, ubicando adecuadamente las cargas, a fin que el STE funcione en equilibrio durante la movilidad en las pendientes estipuladas y sin sobrecargar en exceso el lomo del animal, aunque con dicha tipología el R_1 siempre existirá.

Los análisis realizados en este estudio, evidencian la ineficacia técnica que se ha venido dando en la movilidad del STE de un eje en el tránsito por pendientes durante el s. XX y principios del s. XXI. Como consecuencias suceden los constantes accidentes viales puesto que el límite de carga excede las fuerzas del caballo. Así mismo ocurre con los límites del trabajo, como se muestra a continuación.

a) Definición del límite de trabajo del sistema STE

En el aparte se define el límite de trabajo del caballo de tiro urbano de un eje. Se parte del análisis anterior de los ítems 9 y 16 -tabla 12- en los cuales con la combinación de valores de Q_{total} de 425 kgf y 515 kg, con Q_1 desplazada una distancia a igual a 0.90 m, por pendientes del 6.0 % y 6.5 %, se obtuvo un F_{t2} por debajo del F_{t1} y un R_1 aceptable frente al C_c . Entonces, para

evaluar por donde puede transitar el STE C_1 y C_2 a una determinada pendiente y carga óptimas teóricas, con las carretas de un eje en estudio, los valores se trabajan así:

Q_{total} ($Q_1+Q_2+Q_3$) con valores de 300 kg, 450 kg, 515 kg, Q_1 desplazada una distancia a de 0.90 m, que es lo mismo que a 0.15 m del eje, para pendientes entre el 0 % a 6.5 %. Se obtendrán los valores de F_f , R_1 , N , F_{t2} , comparación porcentual de F_{t2} versus (vrs) F_{t1} , E_{pr} teórico versus E_{pr} del ejercicio, resultados en la tabla 13. Igualmente, se presenta en la tabla 14 los resultados del F_{t2} versus F_{t1} en tránsito por pendientes del 7 % a 12 % y se definen los Q_{total} .

Tabla 13 Evaluación de la movilidad del STE en pendientes del 0 % a 6.5 % hasta con cargas de 515 kg, Q_1 desplazada a : 0.15 m del eje.

	p %	Q_{total} kgf	F_{t2} kgf	E_{pr} % C_1	F_{t2} Vrs F_{t1} % C_1	E_{pr} % C_2	F_{t2} Vrs F_{t1} % C_2
1	0	300	17.98	66.6	37.6	56.2	32.9
2	0	450	28.87	106.9	60.4	90.2	52.8
3	0	515	33.59	124.4	70.3	105.0	61.4
4	2	300	22.78	84.4	47.7	71.2	41.7
5	2	450	36.56	135.4	76.5	114.3	66.9
6	2	515	42.54	157.6	89.1	132.9	77.8
7	3	300	25.17	93.2	52.7	78.7	46.0
8	3	450	40.40	149.6	84.6	126.3	73.9
9	3	515	47.01	174.1	98.4	146.9	86.0
10	4	300	27.56	102.1	57.7	86.1	50.4
11	4	450	44.24	163.9	92.6	138.3	80.9
12	4	515	51.47	190.6	107.7	160.8	94.1
13	5	300	29.95	110.9	62.7	93.6	54.8
14	5	450	48.07	178.0	100.6	150.2	87.9
15	5	515	55.93	207.1	117.1	174.8	102.3
16	6	300	32.33	119.7	67.7	101.0	59.1
17	6	450	51.90	192.2	108.6	162.2	94.9
18	6	515	60.38	223.6	126.4	188.7	110.4
16	6.5	300	33.52	124.1	70.2	104.8	61.3
17	6.5	450	53.81	199.3	112.6	168.2	98.4
18	6.5	515	62.61	231.9	131.1	195.7	114.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 Evaluación de la movilidad del STE en pendientes de 7 % a 12 % con cargas hasta de 400 kg, Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje.

Ítem	p %	F_{t2} / F_{t1} Caballo C_1			F_{t2} / F_{t1} Caballo C_2		
		Q_{total} kgf	F_{t2} kgf	F_{t1} kgf	Q_{total} kg	F_{t2} kgf	F_{t1} kgf
1	7	300	34.71	47.77	400	51.68	54.68
2	8	300	37.09	47.77	400	55.22	54.68
3	9	300	39.46	47.77	350	47.43	54.68
4	10	300	41.83	47.77	350	50.27	54.68
5	12	300	46.56	47.77	350	55.96	54.68

Fuente: elaboración propia

Se observa:

Para el caballo C_1 de 270 kg y C_2 de 320 kg:

- **Resultantes de R_1 , F_t , N ,** para los valores de la tabla 13, las tres variables mantuvieron variaciones mínimas en las pendientes entre 0 % y 6.5 %, así: transmisión de fuerza al lomo R_1 de 60.22 kgf , 65.05 kgf , 67.15 kgf , resistencia sobre las llantas F_t de 17.98 kgf, 28.82 kgf, 33.55 kgf, fuerza de la normal N es de 239.78 kgf, 384.13 kgf, y 447.04 kgf respectivamente.
- **Para C_1 pendientes 0% a 6.5 %:** El E_{pr} se mantuvo por debajo del estipulado solamente con Q_{total} de 300 kg en pendientes del 0 %, 2 % y 3 %. Con Q_{total} de 515 kgf el E_{pr} estuvo alto en las pendientes entre el 2 % y 6.5 % superando en un 131.9 % del C_c teórico.
- El F_{t2} se excedió entre el 26.4 % y 31.1 % para los casos de Q_{total} de 515 kgf en pendientes de 6 % y 6.5 %. En pendientes del 4 % a 6.5 % con Q_{total} de 450 kgf y 515 kgf, el F_{t2} fue superado solamente entre un 7.7 % y 17.1 %. Las otras resultantes de la variable F_{t2} se mantuvieron estables con porcentajes entre 37.6 % y 100 % respecto al F_{t1} . Téngase en cuenta que estos son esfuerzos que hace el caballo durante el instante del arranque y detenido en una cuesta -tabla 13-.
- **Pendientes 7% a 12 %:** Se observa que la fuerza de tracción F_{t2} del caballo C_1 con carga total de 300 kgf, no excede el esfuerzo de tracción máxima $-F_{t1}$, este es el límite de carga que podría llevar un caballo de 270 kg en dichas pendientes -tabla 14- y si la carreta pesa eso, quiere decir que por allí no podría llevar carga a transportar, a menos que se reduzca el peso de la carreta.
- **Para C_2 pendientes 0% a 6.5 %:** El E_{pr} mantuvo el mismo comportamiento que el E_{pr} del C_1 . Los valores más bajos de E_{pr} se presentaron en pendientes del 0 % al 5 % con Q_{total} de

300 kgf y el más alto en la pendiente del 6.5 % con Q_{total} de 515 kgf, sobrepasándose en un 95.7 % el E_{pr} teórico. El F_{t2} sobrepasó el F_{t1} entre 2.3 % y 14.5 %, en las pendientes del 5 %, 6 % y 6.5 % con Q_{total} de 515 kgf -tabla 13-. En el resto de las pendientes y cargas, el F_{t2} se mantuvo por debajo del F_{t1} teórico.

- **Pendientes 7% a 12 %:** Se observa que la fuerza de tracción resultante F_{t2} del caballo C_2 con carga total de 350 kgf a 400 kgf respecto a la pendiente -tabla 14- excede solamente en 2.3 % el esfuerzo de tracción máxima - F_{t1} - en las pendientes más altas. Estos serían los límites de cargas totales para un caballo de 320 kg en dichas pendientes.

Corolario:

- 1) Se determina que la pendiente máxima por la cual podrá transitar un STE urbano de un eje con caballos de 270 kg de peso, es del 6 % a 6.5 %, con carga total hasta de 300 kg. En las mismas pendientes con cargas totales de 515 kg, condicionado a que el esfuerzo represente momentos de arranque y detención por períodos cortos, aunque se extralimita su esfuerzo de tracción - F_{t1} - hasta el 31 %, para momentos cortos y con baja frecuencia. En pendientes del 7 % a 12 % solo podrá llevar una carga total de 300 kg. La viabilidad económica de estas conclusiones técnicas se analizarán en el capítulo 6. Desde ya es evidente anticipar que para poder tener un uso rentable habrá que cambiar de caballo o reducir el peso de la carreta, o realizar una combinación de ambas acciones.
- 2) Se determina para el caballo del STE urbano de 320 kg de peso, la pendiente máxima por la cual podrá transitar es del 6 % a 6.5 % con carga total de 450 kg. Y en las mismas pendientes con cargas de 515 kg, condicionado a períodos cortos, relativos al arranque y la detención, aunque se extralimita su esfuerzo de tracción - F_{t1} - hasta el 14.5 %, para momentos cortos y con baja frecuencia. En pendientes del 7 % a 8 % sólo podrá llevar una carga total de 400 kg, para las pendientes del 9 % y 12 % la carga total será de 350 kg.

b) Comportamiento de la variable R_1 con Q_1 desplazada y sobre el eje con carreta liviana de 150 kg.

Se evalúa la fuerza R_1 que se le transmite al caballo durante la labor de tiro con carros de 1 eje con Q_{total} definida en el corolario y la ubicación de Q_1 en dos puntos. El objetivo es limitar el peso y la ubicación de la carga Q_1 sobre la carreta, como proponer el peso del carro y el hombre.

En la tabla 15 se exponen las resultantes de R_1 y F_{t2} con Q_{total} hasta de 515 kgf en pendientes del 0 % al 6.5 %. Se presupone Q_2 de 150 kg (peso de una carreta liviana), Q_3 de 75 kg (peso del conductor) en d , Q_1 tomará tres valores, de 50 kg, 200 kg y 265 kg y desplazada del eje de rodamiento 0.15 m ($a= 0.90$ m), 0.45 m ($a= 1.20$ m) y sobre el eje ($a= 0.75$ m). El resto de valores son los mismos de la tabla 9.

Tabla 15 Evaluación de R_1 y F_{12} en pendientes del 0 % a 6.5 % hasta con cargas de 515 kg, con Q_1 sobre el eje ($a=0.75$ m) y desplazada ($a=0.90$ m, $a=1.20$ m)

	p	Q_{total}	$Q_1 a=0.75$ m		$Q_1 a=0.90$ m		$Q_1 a=1.20$ m	
			R_1^*	F_{12}^{**}	R_1	F_{12}	R_1	F_{12}
	%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1	0	300	50.54	18.71	60.22	17.98	79.57	16.53
2	0	450	55.38	29.60	65.05	28.87	84.41	27.42
3	0	515	57.47	34.31	67.15	33.59	86.51	32.14
4	2	300	50.54	23.69	60.22	22.78	79.57	20.94
5	2	450	55.38	37.48	65.05	36.56	84.41	34.73
6	2	515	57.47	43.46	67.15	42.54	86.51	40.70
7	3	300	50.54	26.18	60.22	25.17	79.57	23.14
8	3	450	55.38	41.42	65.05	40.40	84.41	38.37
9	3	515	57.47	48.02	67.15	47.01	86.51	44.98
10	4	300	50.54	28.67	60.22	27.56	79.57	25.33
11	4	450	55.38	45.35	65.05	44.24	84.41	42.02
12	4	515	57.47	52.58	67.15	51.47	86.51	49.25
13	5	300	50.54	31.15	60.22	29.95	79.57	27.53
14	5	450	55.38	49.28	65.05	48.07	84.41	45.66
15	5	515	57.47	57.14	67.15	55.93	86.51	53.51
16	6	300	50.54	33.63	60.22	32.33	79.57	29.72
17	6	450	55.38	53.21	65.05	51.90	84.41	49.29
18	6	515	57.47	61.69	67.15	60.38	86.51	57.77
16	6.5	300	50.54	34.87	60.22	33.52	79.57	30.82
17	6.5	450	55.38	55.17	65.05	53.81	84.41	51.11
18	6.5	515	57.47	63.96	67.15	62.61	86.51	59.90

Fuente: Elaboración Propia

Se observa:

Para los 3 valores de Q_{total} con Q_1 de 50 kg, 200 kg y 265 kg en cada grupo de pendiente, los resultados son:

- **Variable F_{12} .** Relacionando Q_1 sobre el eje ($a=0.75$ m) y Q_1 desplazada 0.15 m ($a=0.90$ m), los F_{12} tienen variaciones hasta de 1.35 kgf, lo cual puede verse en las filas de la tabla 15 al comparar las Fuerzas ante distintos valores de a . Comparando la situación de Q_1 en el eje ($a=0.75$ m) con la de Q_1 desplazada 0.45 m ($a=1.20$ m), el F_{12} varía hasta 4.06 kgf. Por tanto, la diferencia de fuerza de tracción $-F_{12}-$ que realiza el caballo con las cargas Q_1 en las tres posiciones sobre el carro no es significativa. Se observa que F_{12} supera al esfuerzo promedio para los caballos C_1 y C_2 (27 kgf y 32 kgf respectivamente) desde casi 450 kg

de carga total en terreno de 0% para el C₁, desde pendientes del 2 % para el C₂ con similar carga total, disminuyendo la fuerza en la medida que Q₁ se ubica más lejos del eje hacia la parte delantera de la carreta, es decir, en la medida que *a* es más grande. Si el caballo fuera el C₃ podría llegar con carga total de 450 kg hasta el 4 % sin superar el esfuerzo promedio de 48 kgf. En la figura 24 puede verse la variación de F_{t2} con las diferentes cargas totales, con la pendiente y con la posición de la carga.

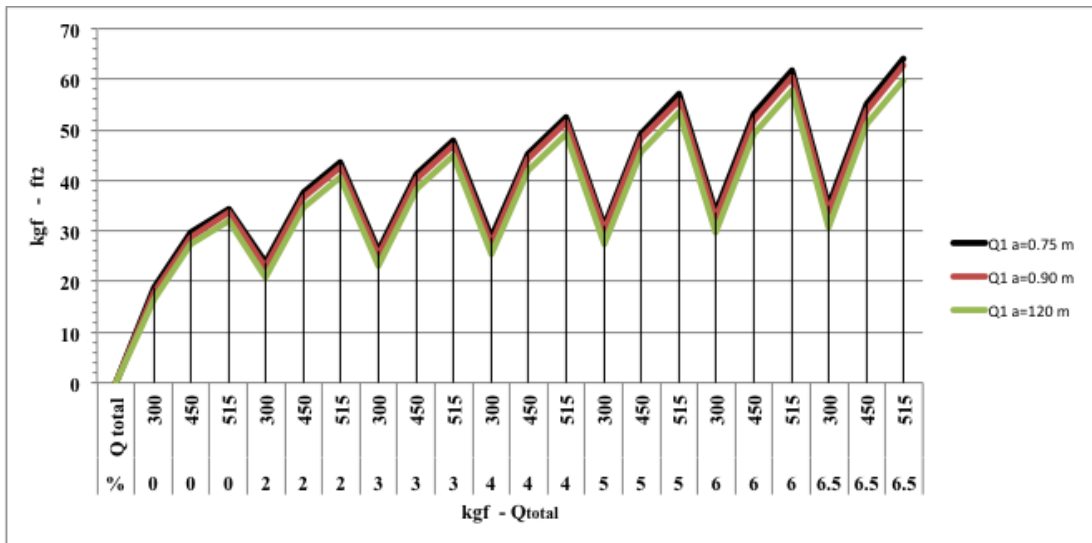


Figura 24 Comportamiento de la variable Ft₂ con pendientes entre el 0 % y 6.5 % con Q_{total} hasta de 515 kg, con tres posiciones *a* de Q₁.

Fuente elaboración propia. La figura corresponde a los valores de la tabla 15.

- Variable R₁.** Se observa que R₁ es menor cuando Q₁ está sobre el eje. Con Q₁ desplazada la fuerza R₁ que se le transmite al lomo del caballo varía entre 10 kgf y 29 kgf respecto a Q₁ sobre el eje para desplazamientos de 0.15 m y 0.45 m del eje respectivamente (*a*= 0.90 m y *a*= 1.20 m medidos desde el borde trasero de la carreta a 0,75 m del eje). Entre más se ubique la carga descentrada del eje hacia la parte anterior (adelante) de la carreta, aumenta la fuerza sobre el lomo del caballo. Si bien la capacidad de carga C_c no es superada en ninguna ubicación de Q₁ en *a*, los caballos C₁ y C₂ están usando el 97 % y 85 % de su máximo de carga -C_c-.

Entonces, a una pendiente del 6.5 %, con Q_{total} de 515 kgf , Q₁ de 265 kg, y *a* de 1.20 m, con resultantes F_{t2} de 59.90 kgf y R₁ de 86.51 kgf, se diagnostica para el caballo C₁, que está utilizando casi el máximo de su capacidad de carga -C_c- y el F_{t2} supera el F_{t1} en un 17 % - tabla 15-.

El F_{t2} disminuye en la medida que Q₁ se ubica hacia la parte delantera de la carreta pero aumenta significativamente la fuerza R₁ transmitida al lomo del caballo. Si bien el equino haría menor esfuerzo de tracción, en teoría, por tener la carga más cerca de su centro de gravedad, aumentará el peso sobre el lomo.

Conclusiones finales sobre la definición del límite funcional de los STE:

Téngase en cuenta que el límite de carga para el tránsito de los STE por pendientes X , varía de acuerdo con la capacidad de tiro del caballo, definido en principio por su peso corporal. Este puede hacer en contadas veces su esfuerzo máximo de tracción pero, habrá que deducirlo tiempo de labor, los kilómetros diarios de trabajo y las pendientes del terreno, como tener en cuenta su alimentación.

De los resultados surgidos de la combinación de las variables p , Q_1 , Q_2 , Q_3 , a , E_{pr} , F_{t2} y R_1 se concluye que:

- El STE transitando en pendientes entre el 0 % y 6.5 %, con cargas totales menores a $Q_{total} = 515$ kgf y la mercancía ubicada fuera y sobre el eje, no superan significativamente el esfuerzo de tracción máximo $-F_{t1}-$ cuando se trata de los momentos de arranque y detención del caballo sobre terreno pavimentado; aunque la carga transmitida al lomo R_1 está entre un 50 % y 100 % de su capacidad de carga. Si bien, el equino siempre trabajará sobreesforzado debido a la fuerza R_1 , estos serían los límites máximos de pendiente, carga y ubicación de Q_1 , en donde no se transgrede en exceso la salud de los caballos C_1 y C_2 , sí y solo sí, durante la mayoría de la jornada laboral aplican su esfuerzo promedio de tracción $-E_{pr}-$. Aunque el esfuerzo promedio es superado después del 3%, por tanto los caballos C_1 y C_2 no son aptos para ciudades con pendientes que no sean consideradas planas.
- Para los mismos caballos C_1 y C_2 su trabajo máximo deberá ser así: con el F_{t1} de 47.77 kgf y 54.68 kgf, el trabajo por paso T_p de 48.36 kgfm/paso y 57.82 kgfm/paso, un trabajo diario T_d de 540 000 kgfm/día y 640 000 kgfm/día, para 5.49 h y 5.25 h $-T-$ horas diarias, podrán recorrer $-D_r-$ hasta 20 km día haciendo su E_{pr} , a una velocidad sostenida $-V_{t1}-$ de 3.65 km/h y 3.81 km/h respectivamente.

Cuando viajen a su esfuerzo máximo de tracción $-F_{t1}-$ los kilómetros de recorrido deberán disminuir a 11.3 km y 11.7 km respectivamente. El máximo de velocidad en teoría, para el STE de coches podrá ser de 5.83 km/h y 6.60 km/h en pendientes de hasta el 1 %, con Q_{total} menor a 450 kg y trabajar diario hasta 3 h -sub-aparte 3.1, tabla 7.

A fin de hacer un planteamiento del STE en los planos social, técnico y urbano, más cercanos a la realidad, se tomará como valor restrictivo el tránsito del STE hasta pendientes del 6 % y 6.5 %, siendo las pendientes máximas donde se encontró un equilibrio aceptable del funcionamiento del sistema entre la *carga, el equipo y el límite de la fuerza del animal* sin llevarlo teóricamente a grandes sobreesfuerzos.

Si bien se trabajan los parámetros con el cociente de fuerza de tiro es el que oscila de 1/10 a 1/8, (Ponce & Ríos, 1998) que en algunos casos puede elevarse a 1/6. Debe tenerse en cuenta que

el esfuerzo de tracción que puede realizar un caballo de tiro en las tareas de la agricultura varía entre el 1/12 y 1/16 del peso corporal (en Cabezas et al., 1994). Y un caballo de tiro deberá del aplicar su esfuerzo promedio de tracción E_{pr} hasta de 1/18 de su peso corporal a fin de regular su esfuerzo físico y disminuir la fatiga.

Los conductores del sistema deberán tener una guía clara sobre la capacidad del caballo, porque éste es un ser vivo que cambia de ánimo y fuerza de uno a otro.

3.2.3.Comparación con estudio previo

Se analiza comparativamente el estudio de la presente tesis con el de Toro y Encinales (1994) de los STE de Manizales -Colombia-, en cuanto a la cantidad de carga que deberían llevar los caballos de tiro urbano. Esto con el fin de cotejar la información e ilustrar el trabajo de los caballos de tiro urbano hace más de dos décadas. Se trabajan las variables con las mismas condiciones de la tabla 12.

Toro y Encinales (1994) objetan sobre el exceso de carga a los cuales son sometidos los equinos de la ciudad (p. 563). Manizales es una población emplazada en terreno montañoso con pendientes que en algunos casos superan el 15 %. Citan a Arévalo (1994), quien propone unos pesos de mercancía en relación con el grado de pendiente para los caballos de tiro urbano. Se entiende que los siguientes valores corresponden solamente al peso de la carga, no se tiene en cuenta el peso del hombre ni del carro. Véase tabla 16:

Tabla 16 Carretas un tiro dos ruedas:

Grado de pendiente	0 °	20°
Kilogramos de mercancía	781.29 kg	287.98 kg

Fuente: Toro y Encinales (1994)

Toro & Encinales, concluyen que para carretas de un tiro de dos ruedas según Arévalo, los pesos de las mercancías a dichas pendientes no conllevarían al desgaste físico del animal, sin embargo, no especifican cuál fue el peso del caballo para los análisis. En su trabajo de campo recolectaron que los caballos están entre 237 kg y 381 kg de peso corporal y el más frecuente entre 302 kg y 332 kg (1994, p.540). Argumentan que un caballo arrastrando una mercancía de 780 kg correspondiente a 12 bultos de papa, está en el límite permitido, aunque debe disminuir a 520 kg u 8 bultos, debido a los grados de pendiente que presenta la ciudad. El peso de la carreta fue de 150 kg para los cálculos de Arévalo pero el estudio dio carretas entre 209 a 263 kg, y el hombre 75 kg (1994, p.564) .

Los resultados de la presente investigación se contraponen a los planteamientos de Toro y Encinales (1994). Para efectos de evaluar el desarrollo de las autoras sobre el comportamiento del STE en las pendientes, se aplican los datos al modelo de cálculos de la investigación (ecuaciones (11) a (13)), con resultados en la tabla 17.

Tabla 17 Resultado del modelo del cálculos del STE, con las variables de Toro y Encinales (1994) a una pendiente del 36 %, con Q_1 desplazada del eje a : 015 m ($a=0.90$ m).

p	g	Q_1	Q_2	Q_3	μ	N	F_t	R_1	F_{t2}
%	°	kgf	kgf	kgf		kgf	kgf	kgf	kgf
36	20	287.98	150	75	0.075	426.87	32.02	56.87	192.69

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión:

Para el caballo $C_2=320$ kg:

El caballo Toro y Encinales 1994, transitando por una pendiente del 36 %, lo que equivale a 20° de pendiente (cuando la altura vertical es de 36 m por 100 m la horizontal), con una carga total de arrastre de 512.98 kgf - Q_{total} -, la fuerza de tracción F_{t2} que ejerce el caballo rebasa el F_{t1} en un 252 %, el E_{pr} es 5 veces mayor al límite. Sin embargo, la transmisión de carga al lomo - R_1 - es del 50 % de lo estipulado. Esto para un caballo que trabaja durante 8 horas.

Se concluye entonces que los resultados de Toro y Encinales (1994), quienes aseguraron que el límite de carga Q_1 permitido para las pendientes del 36 % era del 287.98 kg, se refuta. Los cálculos del presente estudio corroboran que las cargas impuestas al equino son demasiado altas para permitir su adecuada movilidad en las diferentes pendientes.

3.2.4. Conceptualización formal y funcional del STE

Se analiza de manera conceptual el funcionamiento del STE en los aspectos formales de los objetos en interacción con el equino y las cargas.

Para que la actividad de tiro de carros urbanos se realice de manera óptima, el caballo no debería soportar carga extra sobre el lomo, para lo cual, habría que lograr un diseño inmejorable de los objetos arnés y carro. De este modo, aislando el sistema equino-objetos del entorno de trabajo y las pendientes urbanas, el trabajo que debe realizar hipotéticamente un équido cualquiera en la acción de tiro de coches constaría de dos pasos, *traccionar y sostener*.

La acción de la tracción equina urbana a s. XXI funciona de manera errática, debido a que los objetos no cumplen con las características formales y funcionales especializadas para la actividad. Al équido no se le ha proporcionado los elementos necesarios para realizar correctamente su tarea, por tanto, no se cumplen las funciones prácticas¹⁰ de lo que sería un buen sistema de transporte equino. El caballo está capacitado para impulsar una determinada carga o realizar una cantidad de trabajo en la acción de tiro, sin embargo, el mal uso que se hace de la tipología de un eje, las leyes de su cinemática se cumplen con grandes esfuerzos, por dichas razones es muy común ver derrumbarse un caballo en plena calle de una ciudad.

Como se dijo al principio de la tesis -capítulo 2-, las carretas de un eje se utilizan en regiones llanas y montañosas por ser más livianas y de fácil manipulación, a sabiendas que con ellas se ocasionan graves problemas físicos al caballo (se reitera que las de dos ejes mal utilizadas también producen los mismos efectos en los équidos). En conclusión, en las carretas de un eje con Q totales muy altos, en pendientes escarpadas pavimentadas, se extralimita el esfuerzo máximo F_{ti} y el esfuerzo promedio E_{pr} del caballo (resultados teóricos en el ítem 3.2.1).

Las variables formales del diseño de los objetos, que influyen positiva o negativamente en el funcionamiento de la actividad de tiro en interacción con las pendientes del terreno, más la carga, corresponden a: (a) las dimensiones de largo, ancho y altura de la carreta, (b) la línea de tiro t , (c) el arnés; (d) la altura, la ubicación y el peso de la carga. Seguidamente se exponen las teorías sobre la interacción del sistema *equino-carreta-carga* y se evalúa, de manera conceptual como general, los aspectos funcionales del sistema que viene siendo utilizado hasta la segunda década del s. XXI.

a) Teoría formal-funcional del STE un eje

Los pocos documentos encontrados sobre el estudio de los équidos halando carros de tiro urbano carecen de profundidad técnica. A continuación se presenta una revisión de lo que se cree relevante para la investigación en curso. Para finales del s. XX Dennis (1996), publica una guía de manufactura de carros de un eje para los burros del África, sin embargo, no se evidencia un estudio físico-funcional sobre la interacción del équido con los elementos. El autor en su libro propone carros de un eje hasta de 337 kg de peso para ser utilizados por un solo burro (p.41), lo que en principio puede determinarse erróneo tratándose del alto peso del carro, sobre todo en pendientes.

¹⁰ Función Práctica de los objetos: rendimiento técnico de los productos y diseño de sus elementos de manejo, en cuanto a la cuestión de la satisfacción de las necesidades es decir las funciones sociales. (Burdek, 1994, p.129).

En la compilación de Youatt (1831), no se tenía la certeza de cuál era la mejor línea de tiro para el caballo, es decir, la interacción entre el elemento y el ángulo de tiro. El documento no concluye si es mejor el tiro recto o inclinado, pero explica que entre más bajo sea el tiro más fuerza tendrán que hacer las extremidades inferiores y la otra porción será asumida por los hombros *o pectoral del caballo* (cursivas por la autora de tesis) (p.417) -figura 25-.

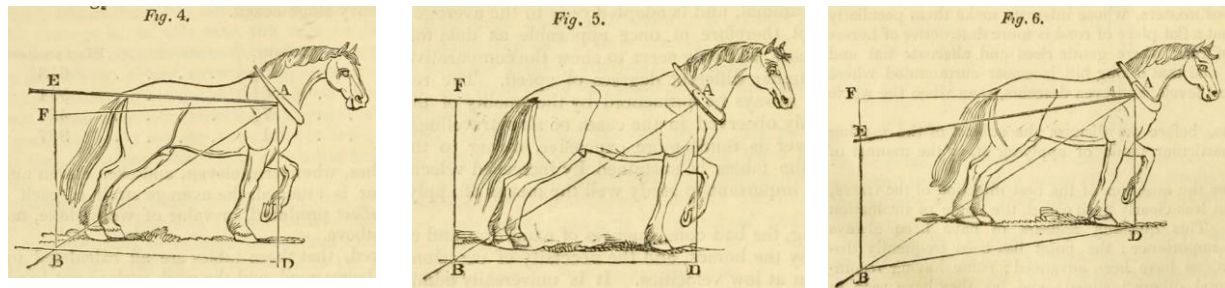


Figura 25 Diagramas de la forma de accionar del caballo tirando carros respecto al ángulo del tiro
Fuente: Youatt (1831, p.417)

En los apuntes de Cassai (1944), explica como el caballo combina sus esfuerzos musculares para tirar del elemento a través de la pechera que representa la resistencia, los tiros son la línea de resistencia, el cuerpo del animal la línea de potencia, así, las fuerzas de potencia y resistencia se reúnen en la pechera a través de los tiros. Las acciones musculares del caballo de tiro se desarrollan desde la extensión de sus miembros fijados sólidamente en el suelo con una actitud de flexión, para transmitir la potencia hacia el tronco y la columna vertebral. Se transcribe de Cassai (1944) afirma que “el efecto útil de la fuerza será tanto mayor cuanto menor sea el ángulo formado por las dos líneas; y sería completo sí la línea de potencia coincidiera con la de la resistencia”.

Explica el autor que la línea de tiro no debe ser demasiado inclinada con el horizonte como tampoco demasiado alta, porque habrá pérdidas de energía en ambos casos. Cuando el tiro es muy inclinado, impide que los movimientos del cuerpo se adicione a la fuerza de arrastre, ahí el animal instintivamente se acerca al suelo para hacer la fuerza, lo que ocasionará que caiga de rodillas. Los tiros deben ser cortos para evitar pérdida de fuerza muscular. Lo anterior en cuanto a carros para el arado sugiriendo que se utilicen caballos bajos para la tarea. Respecto a los carros urbanos, dice el autor que estos podrán ser altos, con tiro alto o no muy inclinado y utilizar caballos altos como fuertes (Cassai 1944, p.225-226).

En la siguiente figura 26 hay dos caballos tirando de un carro de un eje, y tiene un tiro inclinado



Figura 26 competencias de caballos de tiro

Fuente: Adrenalina pura, en prueba de fuerza de equinos de tiro pesado. (29 julio 2013).

Foto: Asociación Colombiana de Criadores de Caballos de Tiro Pesado

La figura 27 es de una competencia de Tiro y arrastre que se practica en la comunidad valenciana en España hasta el día de hoy. Allí se observa un tiro más horizontal pero subiendo una pendiente.



Figura 27 competencias de caballos de tiro

El Tiro y Arrastre, en valenciano “*Tir i arrossegament*” es un deporte autóctono de la Comunidad Valenciana. 16 noviembre 2103

b) Relación formal-funcional del STE un eje –equino objetos-

El trabajo ejecutado por los caballos de tiro con las carretas de un (1) eje en pendientes mayores al 1 %, tiene tres componentes: *halar, retener y en ambos casos, cargar en el lomo*, lo que ya desde el principio es disfuncional debido al peso en el lomo y a la ausencia de frenos en el carro.

Otro aspecto que hace que el equino ejecute fuerzas erráticas, es la movilidad sobre terrenos lisos pavimentados, que lo obliga sobreesforzar sus extremidades, en los movimientos de tiro, marcha y detención. La dificultad y el esfuerzo se potencian en las vías que tienen líneas blancas de pintura que señalizan los peatonales o pasos de cebra, pues allí el caballo no podrá fijar sólidamente sus miembros para avanzar. En consecuencia, la fuerza que imprimen sus miembros inferiores deberá ser mayor a la normal, debido a la baja fricción entre el piso con el casco o la herradura. El caballo instintivamente ejerce movimientos de tensión de miembros, para encontrar la estabilidad requerida, evitar volcarse, patinar o resbalar en el asfalto.

Otro aspecto sobre la marcha en una ruta normal que potencia sus esfuerzos, es el entorno urbano compuesto de semaforización, tráfico vehicular y pendientes en el terreno, los equinos de la ciudad se enfrentan a movimientos súbitos e indeterminados, debido a los imprevistos del tráfico. Además de las anteriores variables incontrolables, él está sujeto al exceso de carga y a trabajar con objetos mal acondicionados como la herradura, el arnés y el carro.

El buen trabajo del caballo depende mucho de sus herraduras, ya que un caballo bien herrado podrá ejecutar bien las pisadas, sin embargo, en los caballos urbanos la herradura no es un tema tratado por especialistas, siendo éste un aspecto que requerirá de futuras investigaciones. A los caballos que trabajan en entornos urbanos se les cambia con mayor frecuencia la herradura con respecto a los que trabajan en el campo, incluso a diario, debido al alto desgaste; a otros no se les hierra o se les deja un pie sin herradura a fin que frenen con el casco, siendo cualquiera de los dos casos un maltrato del animal. La cinemática de las extremidades del caballo en la actividad de tracción, se repite en forma cíclica según las fases de elevación, avance, contacto y apoyo, que los va ejecutando en la medida que arrastra la carga, pero al tener heridos los cascos hace que no pueda ejecutar bien los movimientos.

El arnés es el otro elemento que potenciaría el desempeño del caballo, sin embargo los usados en países donde el caballo presenta mayor detrimento, están concebidos fuera de parámetros especializados y son manufacturados con materiales rígidos, rudos, sin acolchado, además con materiales revalorizados (material reciclado al cual se le ha dado un valor económico) Un buen aparejo incrementa la fuerza del trabajo del animal de tiro.

En cuanto a los carros, estos carecen de frenos, lo que sería muy necesario a fin de liberar al animal de peso en los momentos de sostener la carga cuesta arriba y cuesta abajo, por tanto, el caballo debe asumir el sostenimiento de los objetos, además de buscar la mejor manera de

arrancar evitando que la carga lo arroye. El caballo no tiene la fuerza para realizar los movimientos de sostenimiento y arrancado, cuando lleva cargas que superan su capacidad.

Todo caballo deberá vencer el coeficiente de rodadura de las llantas del elemento. En el caso de la ciudad, se utilizan las llantas de neumático, que aumentan la fricción a medida que son más anchas o pierden aire, induciendo a algunos sobreesfuerzos adicionales para el equino. Si bien una llanta rígida, como aros de hierro con secciones de caucho, sobre terreno regular sin pavimentar hace que el caballo arranque de forma más eficiente con la carga, no es recomendable, y tampoco en la ciudad sobre pavimento es pertinente dicha tipología puesto que golpearía mucho el cuerpo del animal, si bien los neumáticos obligan al caballo en principio a realizar un poco de más fuerza, traen beneficios en cuanto a la absorción del golpe del elemento contra el pavimento.

Ley de la Palanca aplicada al STE.

En un sistema de tracción animal de un eje, en el cual la carga a transportar es mayor que la del jinete y su posición está por detrás del eje, el caballo en vez de soportar carga sobre el lomo lo que va a experimentar es una fuerza hacia arriba, por lo que el caballo le va a imprimir al tiro, una fuerza hacia abajo, formando así una palanca de primer grado tal como se ilustra en la parte izquierda de la figura 28, en donde la fuerza F_r es realizada por el equino, la resultante Q_{total} del peso de la carreta, del hombre y de la carga transportada es la resistencia de la palanca, y el eje E de la carreta es el fulcro de la palanca. Desde la física, si el fulcro o eje está a la derecha y cerca de la resistencia, la fuerza F_r tendría que ser mucho menor para compensar la resistencia o carga Q_{total} , es decir $F_r < Q_{total}$. Con esta palanca hay una ganancia mecánica cuando se requieren vencer grandes resistencias sin hacer tanta fuerza.

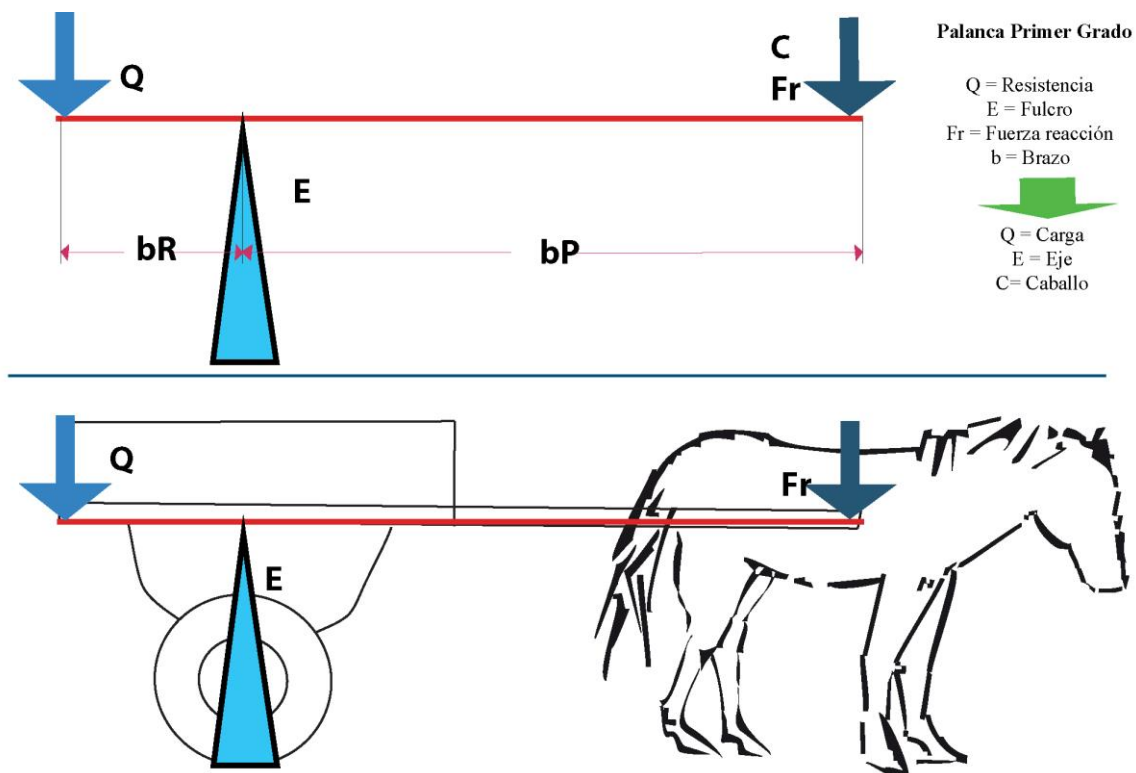


Figura 28 Diagrama palanca de primer grado del STE
Fuente: elaboración propia

Sin embargo, este sistema de palanca de 1er grado al ser el fulcro un solo apoyo con balinera; cuando la fuerza, en este caso hacia arriba (R_1) ejercida por la palanca supera el peso Q_c del caballo, el sistema no estará en equilibrio, haciendo que la carga incline la carreta hacia atrás y levante al caballo en el aire.

Por el contrario, cuando la carga resultante está por delante del eje, se transmitirá una carga R_1 hacia abajo sobre el lomo del caballo

Habrá que diseñar la carreta de forma que la resultante de las cargas de jinete, carreta y carga transportada esté lo más cerca posible del eje, para que la fuerza transmitida al lomo del caballo, sea hacia arriba o hacia abajo sea lo más pequeña posible.

Trabajo muscular del caballo -análisis formal funcional-

La acción de tiro con carros de un eje, altas cargas y en pendientes pavimentadas hace que el caballo o un équido adopte posiciones extremas en los cuartos traseros y delanteros (grupo de músculos del tren anterior y posterior), en donde sus extremidades tienen que fijarse sólidamente en el suelo a través de la herradura con actitud de flexión, a fin de transmitir la

potencia hacia el tronco -figura 29-, explicado por Cassai (1944). Los equinos instintivamente ejecutan movimientos acertados para mover la carga, transmitidos a través de las líneas de tiro hacia el arnés, movimientos que se ven entorpecidos por las superficies lisas y el pavimento.

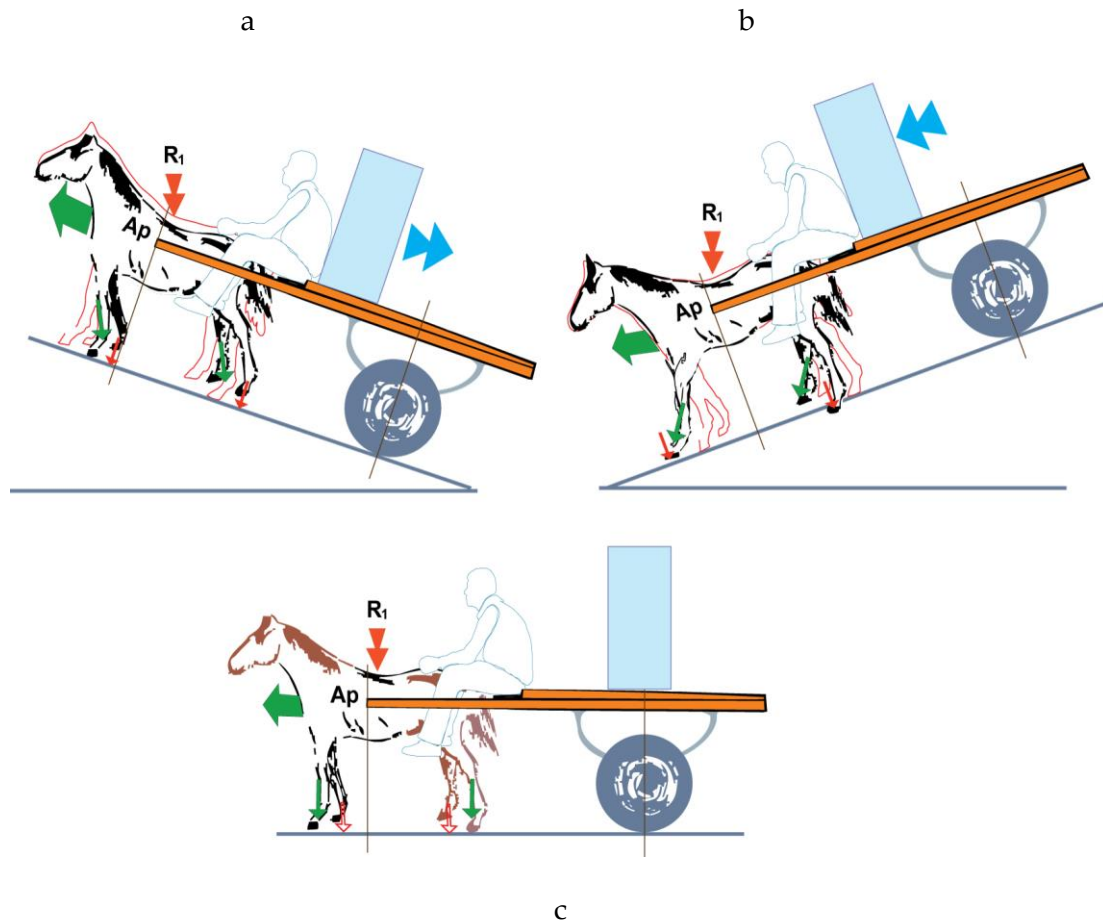


Figura 29 Trabajo muscular del caballo -carreta de 1 eje, con carga en pendientes.

Fuente: elaboración propia

Cuando el sistema está en equilibrio entre sus partes y el caballo anda lento y por pendientes aptas, el trabajo se distribuye entre los músculos pectorales, la grupa y las extremidades de manera correcta. El trabajo del caballo se desarrollaría de manera estable con bajas cargas sobre el eje y pendientes no mayores al 3 % (terrenos o vías planas), en donde este podría sostener y tirar el elemento naturalmente sin sobre esfuerzos.

En la imagen c de la figura 29 se observa que el caballo sobre el terreno plano está sometido a esfuerzos menos extremos, siempre y cuando no se supere su capacidad de fuerza. En la dirección horizontal, el equino realiza sus movimientos con mayor fluidez y sin traumatismos mayores.

En las imágenes a, b de la figura 29, se representa la dirección de las extremidades de un caballo haciendo esfuerzos mayores cuesta arriba y abajo, sobre-puesto con lo que sería la posición normal en color rojo. Las flechas perpendiculares al terreno indican la fuerza que hace la fijación de los cascos al suelo y las flechas paralelas a los miembros, es la dirección de la fuerza que hacen las extremidades detenidas cuesta arriba y abajo, sin ayuda mecánica de frenos.

En la dirección de ascenso, los miembros del animal tienden a tomar posiciones angulares orientadas hacia atrás, para así lograr sostener forzosamente con sus cascos, y sus rodillas estarán tensionadas y rígidas -imagen a figura 29-. Por otra parte, la columna vertebral tenderá a estar más estirada y mantendrá su cuerpo en estado de impulso a fin que la carga no lo arrastre hacia atrás.

En descenso, toda la carga recae en los cuartos traseros del animal empujándolo hacia delante e incluso levantándolo del piso cuando la carga es muy pesada. Sus extremidades deberán adoptar posiciones tensas e inclinadas hacia el frente, los pectorales y cuello con posturas forzadas; su columna vertebral intentará un arco cóncavo moderado lo que tenderá a bajar su cuerpo -imagen b figura 29-.

La carga en el lomo R_1 , la superación del promedio de tracción E_{pr} y de la máxima fuerza F_{t1} , así como la carga ubicada en la parte delantera del carro a fin de evitar que se resbale -figura 29- son aspectos extremos que agotan en exceso al equino de tiro.

Altura de la carreta -análisis formal funcional.

La altura de las carretas varía de una ciudad a otra, como del que las fabrica. Las variables de la altura de la carreta más la carga, con relación a la pendiente de la ciudad, influyen notablemente en la estabilidad del sistema y su funcionamiento. En principio, la carreta no debería sobrepasar la altura media del equino, es decir no superar su centro medio de gravedad, lo que le facilitaría el trabajo al animal y al hombre el uso de los objetos.

Cuanto más baja sea la carreta, se comportará mejor la carga, disminuyendo así el vaivén lateral del conjunto -Fv: fuerza vaivén, imagen a, b, c de la figura 30- pero no tan baja, porque el tiro quedará quedaría muy angulado. Es conveniente que el eje de rodamiento tenga el mismo ancho de la carrocería, si el eje de rodamiento es más angosto que el planchón e igualmente bajo, presentará inestabilidad sobre todo en giros y con cargas altas.

Se recomienda que la carreta no sobrepase el plano medio longitudinal del tronco del caballo, la carga no se eleve más del lomo del caballo, como el eje y el planchón no sean más estrechos que el ancho volumétrico del costillar del animal. Las cargas de poca dimensión en sentido vertical generalmente no desestabilizan el sistema, como tampoco las cargas livianas

con gran dimensión vertical; a diferencia de las cargas altas y pesadas que sí aumentan la probabilidad de giros laterales.

Al no cumplir las normas básicas en cuanto a la forma y la función de estos carros, hace que se entorpezca el tránsito del STE en las pendientes escarpadas como en vías con giros estrechos. Igualmente, no es conveniente un ancho exagerado de carreta, que además de adicionarle volumen de carga, se le dificultará al equino la maniobra del elemento. Un estudio del ancho de la carreta donde ésta no supere los 1.20 metros, podría llegar a proponer un tamaño que haga factible que estos sistemas circulen por ciclorutas de 2.80 metros de ancho, para que así no interfiera con ciclistas que necesiten adelantar dicho sistema.

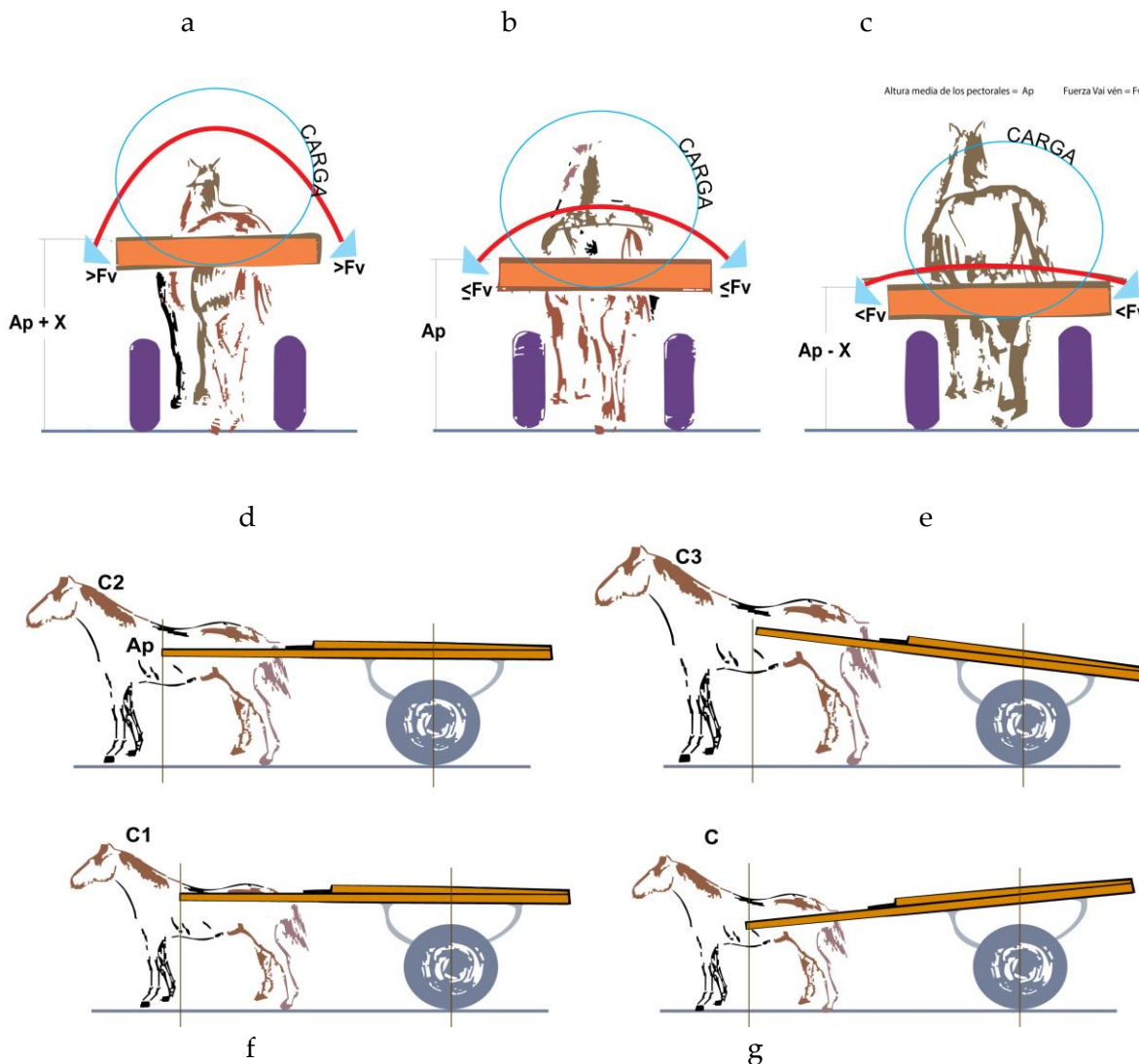


Figura 30 Altura carreta 1 eje versus altura del caballo.

Fuente: elaboración propia

Sin embargo, al estar diseñando para un ser vivo y sensible, no hay algo definitivo para la forma de los objetos, por tanto, los análisis se complejizan. Si la carreta es más baja que plano medio longitudinal del tronco, la carga tendrá mejor comportamiento, pero sucede lo explicado por Cassai (1944), el caballo no podrá utilizar bien sus pectorales con la línea de tiro, entonces sus miembros inferiores entrarán a trabajar más. El mismo autor afirma que la altura de la carreta debe ser un promedio entre el plano medio del tronco y la altura media de los pectorales -Ap- a fin de utilizar correctamente la potencia del caballo Cassai (1944).

El tamaño del caballo en un aspecto formal que debe tenerse en cuenta al hacer una carreta, -véase e, f, g de la figura 30-, lo ideal es adecuar la altura de la carreta al tamaño del caballo.

Enganchar carretas muy pequeñas o muy grandes a un caballo hará que su fuerza sea desperdiciada. De la imagen d -figura 30- podría decirse que es una representación efectiva del elemento en interface con el caballo para terrenos planos. Si el caballo es más alto -imagen e-, la carreta estará inclinada hacia atrás respecto al eje horizontal y la carga se resbalará hacia atrás. Si el caballo es más bajo, la carreta no alcanzará el anclaje -imagen f- y se tendrá que adecuar a la altura, quedando inclinada hacia delante -imagen g-, en este caso además la carga se resbalará hacia delante. Con estas condiciones la carga los conductores tenderán a no ubicarla en el centro de gravedad o del eje del carro, estas son las consecuencias de tener una carreta palanca tipo uno.

Ubicación de la carga en la carreta -análisis formal funcional-

Los carros de un eje se fabrican en diferentes modalidades, las cuales pueden ser: de planchón, con estacas, furgón o como calesas. Para efectos del estudio se analiza su comportamiento como una sola tipología pues al ser todas de 1 eje, la carga se comporta de igual manera -imagen a (planchón), b (estacas), c (calesa) figura 31-.

La carga transportada, dependiendo del volumen y peso, para el carro de estudio, es ubicada en el lado posterior (figura 31 a) o anterior (figura 31 d) y sobre el eje (figura 31 b), de acuerdo con la conveniencia de la ruta y del conductor mismo. El hombre se sienta en la parte frontal de la carreta bien sea a un lado o en el centro, de acuerdo con la disponibilidad de espacio y visibilidad, este peso suma carga al sistema, en algunos casos se sientan dos personas.

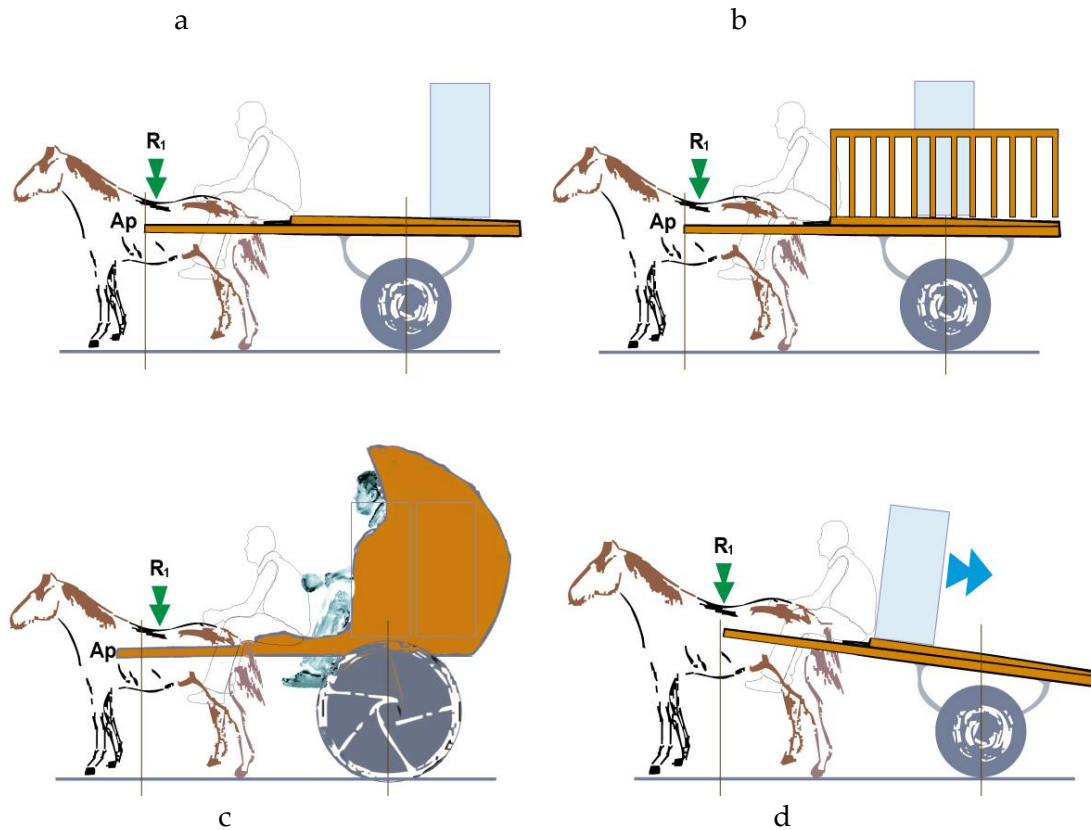


Figura 31 Ubicación de la carga en carreta de 1 eje.
 Fuente: Elaboración Propia

La localización de las cargas necesariamente debe ser sobre el eje de rodamiento del carro o en el centro de gravedad, lo que asegura que el caballo cargue menos peso. Sería importante que se encuentre libre de carga en su lomo para así realizar eficientemente la movilidad del sistema en la ciudad. Generalmente, los usuarios no determinan el centro de gravedad en las carretas, estos sistemas que transmiten carga al lomo del animal, debería evitarse que los STE transmitan carga al lomo del animal.

CAPITULO 4

4.El transporte equino en Colombia y caso de estudio

En materia de transporte, los coches tirados por equinos aparecen en Colombia desde el s. XVI, con el arribo de los europeos y se hicieron más populares a finales de s. XIX y principios del s. XX, cuando se implementaron los tranvías urbanos como los trenes intermunicipales, tirados por equinos y mulas, formando así una red con el transporte fluvial y el terrestre. El transporte de tracción equina entra en decadencia, en la capital colombiana (Bogotá), a partir del primer decenio del s. XX, como consecuencia de la llegada del automóvil, el tren de carga, el tranvía eléctrico en las principales capitales y el cable aéreo en la zona cafetera de Manizales y sus alrededores. Sin embargo, el sistema de tiro animal se mantuvo vigente en el país durante 15 y hasta 30 años más tarde (Sierra D, 2001; Patiño, 1993).

El tranvía eléctrico representó el inicio de la modernización del transporte en los centros urbanos, en un principio, eran tirados por equinos como en Medellín (1887-1897) y posteriormente fueron conectados a la red eléctrica.

Para el inicio del s. XXI el sistema formal de transporte urbano en el país, es casi en su totalidad, de fuente energética fósil, con algunas excepciones en Medellín. Además de los sistemas modernos de transporte público, hay un alto porcentaje de transporte individual compuesto por motocicletas que en 2016 ya superaban al número de autos, y otros de fuentes energéticas vivas como bicicletas, carretillas haladas por personas y por equinos. El sistema de transporte equino a principios del siglo XXI parece representar un estorbo en las poblaciones y constituye una expresión de deterioro tanto estético, como social y económico, que para algunos grupos de personas, entorpecen la metamorfosis que intenta alcanzar la ciudad moderna, tal como quedó

expresado en el artículo 98 del Código Nacional de tránsito de Colombia (República de Colombia, 2002).

La tracción equina compite directamente con los vehículos motorizados de trabajo como camionetas, camperos y moto-carros de hasta una tonelada de carga. No se puede ignorar el trabajo de los STE, como tampoco generalizar su abolición como parte del sistema de transporte de la ciudad. Se podría decir que en cada municipio urbanizado, hay un grupo de sistemas de tracción equina operando como transporte urbano e intermunicipal, excluyendo algunos centros urbanos de más de medio millón de habitantes que a 2016 lo han sustituido por vehículos a combustión como se explicará más adelante.

El STE es un tema poco relevante en el desarrollo económico de las regiones y se vislumbra como una actividad en vías de extinción. Se cree que la ciudad alberga el STE, en primera instancia por ser una herencia en los hombres y mujeres, incapaces de mejorar sus condiciones de vida; y segundo, por la migración de los campesinos a la ciudad que en la falta de oportunidades se dedican al STE. En el anexo 1 se profundizan todos los aspectos históricos y sociales sobre los STE de Colombia.

La primera parte de este capítulo hace referencia al STE en Colombia, los temas humanos y económicos, las tipologías de carretas, como la legislación de protección animal y de movilidad. En la segunda, se describe la técnica de muestreo y se compilan los resultados del trabajo de campo en la ciudad de estudio, en los aspectos sociales, del equino, la normativa de tránsito y los equipos de trabajo.

4.1 El sistema de transporte de tracción equina urbana

El transporte de tracción equina ópera como sistema de carga informal en todos los departamentos de Colombia. Es manejado por un grupo humano desfavorecido económicamente y desamparado por los entes gubernamentales, un grupo que hace parte del sector de transportadores urbanos informales, que pese a la competencia directa del transporte a combustión, aún sigue vigente en las ciudades. Estos operan con equipos viejos y poco adecuados para la labor ardua de transporte de mercancía. Presentan conflictos a diario en su movilidad por la ciudad, tanto por el tráfico vehicular como por las pendientes a las cuales tienen que acceder sobrecargados.

a) Los trabajadores del transporte equino

Las personas que laboran en la tracción equina son hombres, mujeres cabeza de hogar, como también pueden ser niños o adolescentes, algunos de origen campesino, otros inmigrantes u oriundos de la región, quienes reciben el nombre de *zorreros, carreteros o carretilleros*, apelativos

derivados del nombre dado al equipo o sistema: carretillas o zorras, este último, definido como carro bajo y fuerte para transportar pesos grandes (Real Academia Española, 2001).

Las mujeres que conducen las carretas en las ciudades representan un porcentaje mínimo de la población, son cabeza de hogar y habitualmente van acompañadas por adolescentes o niños. En el caso de Bogotá el censo arrojó 2 472 transportadores en la ciudad, compuesto aproximadamente de cuatro mujeres por cada diez hombres (Alcaldía de Bogotá, 2012, p.8). En las indagaciones para la tesis sobre las personas dedicadas al STE, se ha percibido que hombres y mujeres tienen edades hasta los 80 años, como los niños de 10 años en adelante. El grupo familiar está compuesto por un número que oscila entre cuatro a siete personas en promedio. De los trabajadores de Bogotá, el 69 % manifiesta tener 3 hijos o menos (Alcaldía de Bogotá, 2012, p.11). En Pereira 78 % de los hogares de los conductores del STE tienen familias entre 3 y 6 miembros según el Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira -T. T.P- (2003).

La WSPA (World Society for the Protection of Animals) contabiliza que en Colombia hay 25 000 (aprox.) caballos trabajando en el STE, la entidad no discrimina si el conteo es del área urbana o rural (WSPA, 2009-2011). En otro reporte la WSPA dio cifras de 7 000 caballos de tiro urbano en Bogotá D. C. y presume que alrededor de 18 000 personas dependen del caballo (WSPA, 2009b).

No hay cifras oficiales en el país del porcentaje de personas que se usufructúan del STE para el año 2015. En esta tesis se proyecta, que en las ciudades de mayor desarrollo, el STE representa del 0.02 al 0.09 % neto de la población urbana, con un grupo familiar promedio de cuatro (4) integrantes. Lo que permite concluir que cerca del 0,1 al 0,6% de la población de cada ciudad depende de este sistema de trabajo.

b) Economía del transporte equino

Muchas familias dependen totalmente de los ingresos percibidos por el trabajo de la carretilla. La renta mensual percibida en Colombia no alcanza para suplir las necesidades básicas de sus familias, ni las del caballo. En vista de la baja actividad económica, la incapacidad de organizarse como grupo económico sólido y el deseo del Estado de abolirlos o sustituirlos por otros transportes, los trabajadores conductores del STE de las grandes ciudades piden al gobierno que les cambien su medio de transporte por camperos, camiones y/o moto-carros, o que les ayuden con algún negocio alternativo (unidad productiva) con su respectiva capacitación.

Las ganancias promedio mensuales derivadas del trabajo con el STE, en ciudades de más de 500 mil habitantes y en conductores que no sobreexplotan el sistema, representan cerca de un

salario mínimo legal colombiano (USD\$ 258,80¹¹), y en el resto de las poblaciones está por debajo del salario mínimo. Sin embargo existen muchos casos no divulgados, en los que los conductores y empresarios del sistema, alcanzarían a recolectar al mes hasta más del doble de las ganancias descritas, generalmente cuando obligan al equino a trabajar dos jornadas diarias, superando las 16 horas-día; lo que resulta un trato cruel para cualquier ser viviente. Los sistemas caballo-carreta en Colombia, siempre se observan en regular estado de mantenimiento y el costo inicial del sistema completo se aproxima a los \$ 600 dólares. Con ese dinero los conductores no podrían comprar un vehículo a motor que está por los 3 000 dólares.

El sistema de tracción equina compite directamente con los sistemas de carga -tabla 18-. Se observa que el STE presta el mismo servicio de carga por menor precio, que un vehículo de carga a gasolina, gas o diésel. Los compradores del servicio son establecimientos del sector de la construcción, supermercados, tiendas pequeñas, así como las personas particulares, quienes pertenecen a todos los estratos sociales económicos. Los conductores del STE siempre aceptan cobrar un precio menor que la competencia y acarrear lo que otros conductores no están dispuestos a transportar.

Tabla 18 comparación del costo y recorrido del servicio entre el transporte equino de carga y el equivalente motorizado. Regiones de Colombia.

Valores por 1 (uno) viaje	Vehículo Carga hasta 1 ton.		Tracción Equina hasta 1.5 ton.	
	Rango		Rango	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Kilómetros ida-retorno	4	30	0.5	20
Costo de transporte en USD\$	2,60	26,04 (*)	1,04	20,83 (*)

Fuente: Elaboración Propia.

*Los costos varían de acuerdo a la ciudad, el tipo de carga y la distancia del servicio

Mientras que el resto de sistemas de transporte, sea un automóvil o una camioneta, realizan los mismos transportes de la tracción equina con una frecuencia de 5 a 15 (± 2) viajes-día, en jornadas de ocho horas, el STE tiene una frecuencia de 1 a 5 (± 2) viajes-día con menor valor tarifario, pero también con menores costos de operación. Los moto-carros por los cuales han reemplazado los STE en algunas ciudades de Colombia, tienen una capacidad hasta de 400 kg y transportan generalmente víveres, trasteos y materiales de construcción. El costo del servicio para cerca de 5 km es de USD\$ 7,81. Para más detalles sobre los cálculos económicos de los STE ver el capítulo 6.

¹¹ Valor del dólar para el documento USD\$=1 920,00 peso colombiano (Enero 2015). Códigos de moneda ISO 4217.

Los sistemas de carga también se desempeñan como venta ambulante de víveres u otros implementos y ocasionalmente transportan pasajeros. En algunas localidades durante fiestas regionales, decoraban las carretas para cargar hasta diez personas, lo que constituía un maltrato al animal sin precedente, no se sabe si se sigue dando en otras localidades. Un caso documentado por la prensa colombiana es el de los caballos de Coches de Cartagena, que a menudo caen muertos en la vía, por sobre-trabajo (Cartagena, 2014).

Los conductores clandestinos del STE no regulados por autoridad alguna en ciertas localidades, representan hasta un 50 % extra de los carnetizados. Los equinos de estos clandestinos también son utilizados sábados y domingos en otros mercados laborales para la monta turística. También hay empresarios del transporte equino que mantienen sistemas equinos para el alquiler, comenta el director de la REDPAA (Red de Protección Animal y Ambiental, Colombia). En el alquiler de los STE en muchas ocasiones lo hacen con un solo caballo en doble jornada. A pesar de los casos anteriores, cabe rescatar que muchos de los conductores quieren a su animal como otro miembro de la familia y lo cuidan.

c) La movilidad del transporte equino

El STE no tiene rutas definidas o paradas especiales. La restricción de tránsito del sistema se da por razones como la afluencia de tráfico vehicular o la congestión de las vías, generalmente las prohibiciones se aplican en las horas pico. Sin embargo, la velocidad normal del tráfico en las ciudades oscila entre 20 y 30 km/h, mientras que el STE lo hace a velocidades de una tercera parte o menos. La normativa no tiene en cuenta las condiciones del STE en interacción con las pendientes de la ciudad, el tipo de señalización o el trabajo como tal.

En Colombia no existe para el STE la adecuación de bebederos, acampadores techados, diseño de estaciones y mucho menos corredores especiales, o especificaciones para las pesebreras donde descansan y se les alimenta. El diseño de todo lo anterior, podrían ser buenas acciones en pro del trabajo y la movilidad de este transporte en las ciudades en donde perdure este tipo de sistemas. En la figura 32 se puede ver un modelo a seguir del diseño de rutas especiales para los coches halados por equinos en Alemania.



Figura 32 Coche urbano. Alemania. Ruta especial para su movilidad. 2010
Fuente:Redbubble

A raíz de los inconvenientes de movilidad presentados por el sistema en las ciudades desde hace más de 50 años, la equívoca integración al ejercicio laboral urbano y los constantes accidentes viales y muerte de los animales en plena vía; las entidades del gobierno colombiano, las alcaldías municipales y las asociaciones protectoras de animales, han querido erradicarlos, por lo menos del tránsito de las ciudades con mayor tráfico. Si se evalúa la medida de cambiar los vehículos del STE deteriorados y sus équidos maltratados por automotores, es positiva para el conductor y el animal, pero también la incorporación de más automotores genera más contaminación al aire de la ciudad. Además, no hay ninguna propuesta para las ciudades de menor tamaño, ni para los sistemas de uso turístico.

d) Tipologías del transporte equino

El STE está presente en todas las regiones de Colombia casi en las mismas condiciones críticas. Todas las tipologías de carreta y arnés están manufacturados con materiales y tecnologías no aptas para el trabajo que desempeñan, igualmente, presentan inconsistencias funcionales y estructurales como las comentadas al final del capítulo 4. No existen talleres especializados para el desarrollo de los elementos, tampoco se tiene acceso a manuales técnicos de manufactura de equipos. El arnés en la gran mayoría de casos, es elaborado con materiales de desecho como neumáticos, llantas y espumas, haciéndolos poco aptos para el ejercicio de la tracción y perjudiciales para la piel del animal.

El STE en Colombia es movilizadado por los burros, asnos y caballos pertenecientes a la *Familia Équida*, los que son explotados y desatendidos por igual. Las tres especies se utilizan

indiferentemente en las zonas costeras y el oriente de Colombia; mientras que en el centro, el sur y la zona de cordilleras se emplean mayoritariamente los caballos. Los equinos muchas veces no son entrenados para la actividad de tiro y otros son viejos. No poseen las condiciones anatómicas ni fisiológicas para desempeñar la tarea de tiro pesado o liviano, ni para transitar por pendientes asfaltadas con pesos transportados habituales de 400 a 1 500 kg.

Hay tres tipologías de carros de tracción équida: (1) la carreta de dos llantas, (2) la carreta de cuatro llantas y (3) el coche *victoria* de cuatro llantas –figura 33 a 35-. En las ciudades montañosas, la variable de la pendiente obliga al uso de las carretas de 1 eje (dos llantas), por ser de bajo peso y fácil manipulación para el caballo. En la tipología de la carreta de un eje, el equino hace un triple esfuerzo; el de cargar sobre el lomo cierta carga que se le transmite, halar y sostener a cualquier grado de pendiente sobre terreno asfaltado, y el peso máximo permitido de la mercancía es normalmente regulado por decretos hasta el valor de 500 kg, sin ninguna clase de estudios. En las regiones de topografía plana, se utilizan mayoritariamente de 500 kg. En las regiones de topografía plana, se utilizan las carretas de 2 ejes, a estas se les permite cargas de 1 000 a 1 500 kg. Para las tipologías de 1 y 2 ejes los pesos de las mercancías resultan ser muy altos, además los dos sistemas transitan por pendientes mayores al 1 %, pues aunque haya ciudades planas estas también tienen sus calles con pendientes moderadas.



a. Fuente: Bogotá Revista CROMOS oct 11-2002.



b. Fuente propia. 2013. Barranquilla



c. Fuente propia. 2014. Cali
Figura 33 Carretas dos Ejes. Colombia



Figura 34 Coche Victoria. Colombia
Fuente Guianza Express LTDA



a. Fuente propia. Pereira Colombia (2009)



b. Fuente desconocida. Itagüí Colombia (2011)

Figura 35 Carretas de un eje. Colombia

El tráfico desorganizado, ruidoso e intolerante con los animales, es otro factor que incide en el desempeño del equino –figura 36-. El estrés mortifica al animal durante su movilidad, al igual, que el estar parqueado y conectado a la carreta tomando su alimento, sin embargo, este hecho no es propio de la ciudad colombiana, véase, un ejemplo de la ciudad de New York en la

figura 37. Los equinos sometidos a la clandestinidad, son los que presentan mayor deterioro de salud, puesto que ni los dueños ni los conductores temporales los alimentan adecuadamente, así como tampoco le hacen el mantenimiento requerido a los equipos. Los equipos utilizados en estas dobles o triples jornadas, están más desgastados que el común de los otros sistemas.



Figura 36 Carreta urbana. Colombia
Fuente propia. 2014. Santa Marta



Figura 37 Coche urbano. New York - Usa. 2007
Fuente propia. 2007

e) Normativa del sistema de transporte equino

Las normativas colombianas que involucran en su legislación aspectos referentes a los Vehículos de tracción animal –VTA- son: la Ley 769 del 2002 Código Nacional de Tránsito Terrestre; la Ley 84 de 1989 Estatuto Nacional de Protección de los Animales; el Decreto 1355 de 1970 Código Nacional de Policía, y los decretos regionales. Otras leyes que tratan sobre el respeto al animal son: la Constitución Política de Colombia. 1999, que los reconoce como seres sensibles, y el Proyecto de Ley 087/2014C, que pretende ampliar el marco de protección animal en el Código penal. La Ley 576/2000 Código de Ética para el Ejercicio Profesional de la Medicina Veterinaria y Zootecnia, en su Art 12., trata en su Condición jurídica a los animales como cosas.

El deseo del gobierno nacional y de autoridades locales de abolir el STE en algunas ciudades, es una acción unilateral en gran parte por la incapacidad de legislarlos, y esta incapacidad hunde sus raíces en la falta de estudios rigurosos. La desatención gubernamental hace del grupo de la tracción equina un sistema desorganizado e ineficaz en la movilidad y en la actividad laboral.

El STE ya no se tiene en cuenta en la planeación urbana nacional ni regional, como quizá se tuvo en cuenta en Europa antes de la aparición del automóvil. El grupo de conductores del STE en su actividad comercial y de transporte, no son relevantes para los POT¹² -Plan de Ordenamiento Territorial- en Colombia, no se hace alusión a ellos en las reformas urbanísticas regionales en los aspectos ambientales, culturales y de transporte. Igualmente las leyes relativas a la tracción equina urbana, el que se nombra como vehículos de tracción animal –VTA-, son exiguas e incompletas en los aspectos salubres del equino, policiales y de sanciones, como en lo técnico del sistema.

En cuanto al aspecto ambiental, algunos grupos lo han proyectado como transporte limpio, por ejemplo los investigadores de la Universidad del Valle, plantean a los coches tirados por caballos como una opción de servicio público de taxi individual, con taxímetro igual que los taxis y bici-taxis. Los autores proponen seguir el modelo de las ciudades de Holanda y Alemania (Moller, Beltrán Arcila, & Jiménez Duque, 2009, p.133-134). Si bien es positivo el impulso del STE como transporte ambiental, este deberá modificarse en su totalidad tanto en diseño como en la implementación urbana; a fin de lograr su eficiencia funcional como salubre del équido. Además, es importante que el hombre como el animal, adquieran subsidios y el merecido estatus social. Lo anterior en pro de reducir la saturación de las ciudades de automotores y entrar en la era del transporte sostenible, como lo están haciendo al s. XXI los países que ya degradaron sus recursos y requieren hacer aportes al medio ambiente.

¹² Ley 9 de 1989. *Reforma Urbana. Planeación del desarrollo municipal. Desarrollo urbano y reglamentación de usos del suelo.*

Leyes de protección de los animales del STE

En el Decreto 1355 de 1970 Código Nacional de Policía, se dan algunas disposiciones sobre el trato de los animales en general, pero ninguna en materia de los animales de tiro de carros urbanos.

La Ley 84 de 1989 Estatuto Nacional de Protección de los Animales, reglamenta acciones generales sobre el comportamiento del hombre frente a cualquier animal en su Artículo 6¹³ Sobre la crueldad para con los animales trabajadores. La ley deja claridad sobre la penalización cuando se recarga al animal de trabajo y se le hace sufrir, igualmente estipula que el no herrarlos es un acto de crueldad. La Ley no especifica qué tipo de animal debe usarse para la labor de tiro, por tanto, no reglamenta sobre la edad y el entrenamiento del équido o animal, el tiempo de labor, ni la frecuencia de las actividades de trabajo, ni sobre las condiciones de las pesebreras, ni cuidados veterinarios, entre otros.

Leyes sobre la movilidad del STE

Al año 2015 en Colombia la normativa de movilidad sobre los VTA o STE es muy precaria o casi inexistente. El Congreso de la República no ha considerado importante legislar este sistema de transporte. Lo único que se ha legislado es su abolición en grandes capitales.

La Ley 769 de 2002 Código Nacional de Tránsito Terrestre, que derogó al Decreto 1433 de 1970 Código Nacional del Tránsito, no legisla acerca de la cantidad de carga, el peso de los equipos, las pendientes de tránsito pavimentado por la cual pueden acceder los animales *versus* su tipología, ni determinan carriles especiales, entre otros aspectos muy importantes para el tránsito de los VTA o STE, siendo prácticamente ignorados por las autoridades.

El único artículo que regula la movilidad de los STE es el Art. 98¹⁴ de la Ley 769 del 2002, donde los prohíbe de municipios especiales y primera categoría. En Colombia a 2010 según el

¹³ Art. 6.- Numeral h. Utilizar para *el servicio de carga, tracción, monta o espectáculo*, animales ciegos, heridos, deformes o enfermos gravemente o *desherrados en vía asfaltada, pavimentada* o empedrada, o emplearlos para el trabajo cuando por cualquier otro motivo *no se hallen en estado físico adecuado*. Numeral m. *Recargar de trabajo a un animal a tal punto que como consecuencia del exceso o esfuerzo superior a su capacidad o resistencia se le cause agotamiento, extenuación manifiesta o muerte*. (Ley 84 de 1989) (Cursivas y subrayado por la autora de la tesis)

¹⁴ Art. 98.- Vehículos de tracción animal. En el término de un (1) año, se prohíbe el tránsito urbano en los municipios de categoría especial y en los municipios de primera categoría del país, de vehículos de tracción animal.

Parágrafo 1º. Quedan exceptuados de la anterior medida los vehículos de tracción animal utilizados para fines turísticos, de acuerdo a las normas que expedirá al respecto el Ministerio de Transporte.

Conpes, existen 1 122 municipios, donde 23 son especiales y de primera categoría. Por tanto, quedan 1 099 municipios para los cuales no hay ningún tipo de normativa sobre los STE o VTA. La Ley 769 de 2002 Art. 98 permite que en los mismos municipios los VTA de turismo continúen sin normativa y en las condiciones deprimentes al presente, lo cual es insólito -ver anexo 1-.

El citado artículo 98 fue demandado por inconstitucional y la corte constitucional en su sentencia C-355 de 2003 estableció que el artículo debía ser modificado, eliminándole algunas expresiones. No obstante, declaró su exequibilidad, pero lo sujetó al cumplimiento de unos programas por parte de los municipios, los cuales han venido cumpliendo las ciudades que han seguido los programas de sustitución.

El Decreto 1666 del 12 mayo de 2010 (Ministerio de Transporte de Colombia, 2010) obliga a los municipios a iniciar procesos para empezar a sustituir los vehículos de tracción animal. Para ello se dio un plazo de dos años, que venció el 31 de enero de 2012. Sin embargo, por solicitud de algunos alcaldes del país, el gobierno expidió el Decreto 178 del 2012 (Diario Oficial 48325, 2012) que dio una prórroga de un año más para el cambio, es decir, hasta el 31 de enero del 2013.

Desde 2010, los VTA o STE han sido erradicados de algunas ciudades de mayor tamaño en Colombia. Medellín, con el remplazo de cerca de 230 binomios caballo-carreta en 2010, y Manizales con 86 entre 2012 y 2013, fueron las dos primeras ciudades colombianas que presentaron casos exitosos en cuanto a la finalización de la tortura animal y la mejora de la economía del transportista. Es importante explicar que estas dos ciudades no cumplían con los requerimientos morfológicos para albergar el STE, según los análisis de la presente tesis, no habiendo sido la decisión motivada por esta restricción técnica, fue acertada su erradicación.

Entre 2013 y 2015 en Bogotá D.C, fueron cambiados 2 900 caballos por otros sistemas de transporte a combustión, lo mismo que en Pereira a 2013 se inició la sustitución con 59 caballos y en diciembre de 2015 ya se habían sustituido más de 140. También en Armenia se sustituyeron 90 a 2015 y cerca de 400 en Cali en una primera fase (la cifra total es de más de 800). Aunque no todos los conductores se presentan a los censos y a los programas, se considera prácticamente abolida la circulación de estos sistemas en estas seis ciudades, en donde la inversión a pesos de 2016 era de aproximadamente 15 a 20 millones por cada solución (motocarro o unidad productiva, incluyendo capacitación o vivienda). La medida se considera buena, en pro de la dignidad de los caballos que dejaron de sufrir, puesto que muchos eran explotados y abusados.

Parágrafo 2º. Las alcaldías municipales y distritales en asocio con el SENA tendrán que promover actividades alternativas y sustitutivas para los conductores de los vehículos de tracción animal." (Duarte Murillo, 2002).

Sobre el peso que pueden llevar los equinos de la tracción de vehículos para el resto de municipios, no hay legislación, al parecer se continúa en la práctica con el valor de 500 kg para un eje y 1000 kg para dos ejes, del anterior Código Nacional del Tránsito Decreto 1433 de 1970, Derogado por la Ley 769 de 2002, en su Artículo 161¹⁵.

Se desconoce quiénes estipularon el peso o la cantidad de carga que podían llevar los VTA. Aquella norma no aclaraba si se incluye o no el peso de la carreta y del hombre en el total de kilogramos, tampoco determina el tipo de terreno *versus* el modelo de la carreta. Igualmente, el viejo Decreto, habla del “animal”, pero no especifica si es ganado bovino o equino.

Decretos sobre el STE

Los decretos urbanos para los animales de tracción, los que en su mayoría datan de 30 años atrás, son expedidos por cada departamento, generalmente regulan sobre el carné, la placa, el color de la pintura del carro, las vías restringidas para su tránsito y el máximo peso de carga, dato copiado entre decretos regionales y del derogado Decreto 1433 de 1970. El Decreto 292 de 1991, legisló sobre la velocidad a la que pueden andar los VTA tipo victoria con 5 *unidades* o personas fuera del conductor, la velocidad máxima se estipuló en 15 km/h, significa que el animal recorre 4.2 m/s, es decir, va al trote, lo que está fuera de todo análisis técnico funcional, tal como se discutió en el capítulo 3.

En vista que varias autoridades locales y los mismos conductores del STE, han solicitado al Gobierno Nacional considerar la sustitución de la tracción animal por vehículos automotores, y en mérito a lo expuesto en Bogotá por el Decreto Distrital 40 de 2013; decreta el Presidente de la República el cambio de vehículos de tracción animal por vehículos automotores, en el artículo 1.¹⁶ del Decreto 178 de 2012 (Diario Oficial 48325, 2012).

Los sistemas de tracción equina y su reemplazo siguen siendo tema de controversia para el segundo decenio del s. XXI, incluso se han descubierto exconductores que vendieron los motocarros y han vuelto al STE, se desconoce su motivación, aunque en Manizales la prensa ha reportado quejas de los beneficiarios por la corta vida útil de los automotores y el alto costo de su mantenimiento.

¹⁵ Art. 161.- El peso máximo de carga para vehículos de tracción animal es: 1. En carros de dos ruedas y un tiro, hasta de quinientos kilogramos. 2. En carros de cuatro ruedas con esferas o balineras y un tiro, hasta de mil kilogramos. 3. En carros de cuatro ruedas con esferas o balineras y dos tiros, hasta de mil quinientos kilogramos [...] (Ramírez Poveda, 2001, p.98).

¹⁶ Art.1.- Autorizar la sustitución de vehículos de tracción animal por vehículos automotores debidamente homologados para carga, para facilitar e incentivar el desarrollo y promoción de actividades alternativas y sustitutivas para los conductores de vehículos de tracción animal.

No se ha evidenciado apoyo por parte de alguna institución, para aquellos conductores que desean continuar con su tradición, como por ejemplo, programas de profesionalización tanto en el manejo del sistema y el caballo, como en la creación de talleres mecánicos especializados.

El gobierno no tiene en sus planes reinsertar el STE en las ciudades como una alternativa de transporte ambiental, mencionada anteriormente, ni las normas urbanísticas ni las leyes de movilidad dejan ver chance alguno para tales sistemas como transporte ambiental en la ciudad; como si lo hacen los países denominados desarrollados, que están implementando los STE como transporte sostenible. Para más detalles sobre la situación colombiana del STE se recomienda la lectura del Anexo 1.

4.2 Caso de estudio, muestreo y proceso de encuestas.

El caso de estudio se aplica a los sistemas de transporte equino de un eje de la ciudad de Pereira departamento de Risaralda –Colombia (ver anexo 2 figura 1). Tiene un promedio de pendiente vial entre el 9 % y 15 %, (véase el capítulo 5 Movilidad del STE en el caso de estudio). Al momento de escoger la ciudad, se analizaron Manizales (379 072 habitantes en 2005) y Pereira¹⁷ (443 554 habitantes en 2005). Se seleccionó la segunda por tener un promedio de pendiente menor, aspecto que permitiría en el futuro proyectar el STE como transporte organizado. Se determinó durante la profundización del estudio, que debía desaparecer el STE de Manizales y de las ciudades con similares características morfológicas.

Para la investigación de los STE de Pereira se desarrolla una encuesta cuantitativa con algunos aspectos cualitativos, denominada *Movilidad del transporte de tracción equina, Encuesta del día anterior* (Encuesta de movilidad 2008 véase anexo 2); que indaga sobre la movilidad de los STE y algunos aspectos sobre el grupo humano, que se complementa con el último estudio socioeconómico realizado por el Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira de 2003. La encuesta de movilidad 2008 tiene dos objetivos principales, (1) estudiar la actividad social, económica y laboral de los STE de Pereira y (2) analizar la movilidad del STE en la ciudad. El primer objetivo se desarrolla en el presente capítulo ítem 4.3, el segundo se trabaja en el capítulo 5.

La población de conductores de carretillas haladas por caballos censada en el 2003 fue de 152 conductores (Instituto de Tránsito y Transporte Pereira, 2003). Existen dos grupos sindicalizados de conductores de la tracción equina en el casco urbano de la ciudad de Pereira, el de la zona centro y el del sur occidente. Entre la población del sistema de transporte equino hay semovientes que no se encuentran registrados ante ningún organismo de control, se

¹⁷ DANE, Censo general 2005.

presume que existe un 60 % más de los registrados en el censo legal (Fuente: Carlos Arturo Bermúdez Gaviria, jefe de sindicato del sur occidente de Pereira, 2008).

El número de sistemas que circulan por la ciudad durante el año laboral es variable, de acuerdo con la oferta laboral de otros oficios que los conductores también desempeñan, como obreros del sector de la construcción, trabajadores de la agricultura u operarios de alguna empresa. Para la fecha de las entrevistas (noviembre de 2008), la muestra se tomó sobre 90 conductores afiliados a los sindicatos y que estaban trabajando en ese momento en el casco urbano de Pereira.

a) Técnica de muestreo para caso de estudio

Para ejecutar la Encuesta de Movilidad 2008 al caso de estudio, se aplicó la *técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia*, que consistió en un muestreo estratificado del total de las zonas de parqueo laboral, es decir, que cada una de las 15 zonas de parqueo era tratada como un estrato estadístico; y al interior de cada estrato, se aplicó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia. Existía la dificultad de obtener la muestra de los encuestados por sorteo aleatorio en cada estrato, debido a la inconsistencia de los conductores en los sitios y a la citación personal para la compleja entrevista; por tales motivos el muestreo se hizo por conveniencia al interior de cada estrato.

La encuesta de la movilidad del STE, estuvo precedida de una encuesta piloto, aplicada a los presidentes de los dos sindicatos, lo que permitió ajustar la encuesta final. Las entrevistas fueron diligenciadas por el investigador y un ayudante de investigación, la que estaba dividida en tres técnicas al interior: preguntas cortas y directas, preguntas abiertas (grabación en cinta magnetofónica), y trazado de las rutas del día anterior (en mapa sobre papel).

Diseño de la Muestra

Para la selección de la muestra se tuvo en cuenta (a) tamaño de la población de 90 carreteros $-N-$, (b) error estándar de 0,045 $-S.E-$, (c) porcentaje de confiabilidad del 95 % $-p-$.

La muestra: La varianza poblacional fue del 0,002025 $-T_2-$. La varianza de la muestra de 0,0475 $-S_2-$. El factor de las varianzas de 23,46 $-n'-$. La fracción del estrato de 0,020 $-F_h-$ y el total por estrato de 1.03 $-N_h-$ (Véase en anexo 2 tabla 3 el cálculo de muestreo y tabla 4 los parámetros estadísticos de la muestra). El cálculo dio para un 21.1 % de la población y la proporción de 1/5, o sea, un (1) individuo entrevistado por cada cinco (5) conductores del sistema.

Se clasificaron inicialmente 15 estratos que corresponden al total de las zonas de parqueo laboral de los conductores, tabla 19. Se agruparon algunos estratos para la toma de datos, en vista de que la muestra para ellos resultaba ser cero. La tipificación se estableció bajo los

siguientes parámetros: (1) Parqueaderos que albergan más de cinco carretas. (2) Parqueaderos con menos de cinco carretas, ubicados en zonas únicas con 1 km de radio. (3) La unión de un estrato con otro, cuando una de las poblaciones no sobrepasa a tres conductores y tienen cercanía de hasta de 500 m. de radio; y parqueaderos hasta de dos conductores ubicados a menos de 300 m entre zonas de parqueo, puesto que los semovientes trabajan indiferentemente en uno u otro parqueo.

Tabla 19 Población de conductores del STE de Pereira muestreada en 2008.

Muestreo de los Sistemas de transporte equino de la ciudad de Pereira a noviembre de 2008						
Diseño de la muestra: Muestreo Probabilístico Estratificado						
Al interior de cada estrato: Muestreo No Probabilístico por Conveniencia						
Zona Centro - Norte oriente						
Zona de Parqueo	Estratos parqueo E	Estratos Totales	Población Estrato -Nh-	Muestreo por Estrato -Fh-	Agrupados	Comentarios
Parque industrial	1	1	5	1		
Samaria	2	2	3	1		Desapareció la zona de parqueo el día de la encuesta
Calle 31 Crr 7	3	3	9	2	E3 +E8	Cercanía
Crr 6 Calle 27	8		2			370 m. Aprox.
Crr 10 Calle 13	4	4	12	2		
Crr 8 Calle 8 y 9	5	5	6	1		
Crr 10 Calle 3 y 4 Trinidad	6	6	6	1		
Villa Santana	7	7	3	1		
Crr 3 Calle 23	9	8	1	1		
Calle 31 Crr 5	10	9	1	1		
Zona Cuba - sur occidente						
San Joaquín	11	10	5	1		
Panorama 1	12	11	4	1		
Panorama 2	13	12	10	2	E13 + E14	Cercanía
El Dorado 3	14					439 m Aprox.
Parque central	15 – 15.1	13 - 13-1	23	4		Desplazado
			90	19		
			Universo	Muestra		

Fuente: Elaboración propia

La muestra se agrupó finalmente en 13 estratos con un total de 19 conductores, Así:

- Los *estratos agrupados por parqueo*, son: el 3 con el 8 y el 13 con el 14, quedando los agrupados enumerados como 3 y 12 respectivamente. Esta unión responde a la tercera categoría (poblaciones hasta de tres conductores).
- En la categoría de *estratos totales*, el número 13 tiene dos parqueos temporales. Casi la totalidad de los sistemas estaban agrupados alrededor del Parque Central de Cuba, pero debido a obras civiles de 2007 y 2008, los conductores fueron desplazados del sitio de trabajo y ubicados temporalmente durante el día. Las encuestas realizadas en el estrato 13 se indicaron como 13 y 13.1, igualmente, los caballos se instalan en una u otra dirección dependiendo de la oferta laboral.
- El estrato número dos (2), sector de Samaria, no pudo ser entrevistado, pues casualmente desapareció la semana anterior a la aplicación de la encuesta por tanto los encuestados fueron 18, que sigue siendo una muestra de 1 cada 5 conductores.

b) Trabajo de campo – Encuesta de movilidad 2008

Encuesta Piloto

Se ejecutó una encuesta piloto a fin de analizar la información, el formato y la percepción de los entrevistados. Entre los elementos perturbadores de la encuesta, estuvo el tiempo para la identificación y trazado de las rutas. Por ejemplo, en el caso de las rutas del Centro, se emplearon entre 25 y 30 minutos en el trazado en planos de las dos rutas que se les invitó a describir; en el sector Cuba emplearon 60 minutos y no se pudo trazar ninguna ruta.

Una de las mayores dificultades para el compendio de las rutas, es la exigua información cartográfica. Otro obstáculo que dificultó la recogida de la información, fue mantener a los conductores de 25 a 30 minutos respondiendo la encuesta.

A 2008 la información cartográfica de la ciudad de Pereira del Instituto Agustín Codazzi databa de 1994. La Alcaldía de Pereira tenía publicado un mapa de la ciudad catastrado y definido por el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) en 2007, pero éste resultó sumamente incompleto, se podría decir que el 60 % de los elementos necesarios para identificar una dirección no figuran en él. Igualmente hay zonas, vías y viviendas ya existentes que no estaban compiladas. El otro problema es que las direcciones de ciertas áreas de Pereira no son consecutivas.

Encuesta final

Con base en la encuesta piloto y las recomendaciones de los jefes de sindicato de los sectores del Centro y Cuba, la encuesta se diseñó para respuestas cortas, concretas y directas, a fin de disponer mayor tiempo en el trazado de las rutas. Se programó el cuestionario para 20 minutos por cada conductor. Las encuestas se aplicaron durante seis días entre el 3 y el 19 de diciembre de 2008. El tiempo de diligenciamiento se extendió más de lo previsto a 25 y 45 minutos por persona. Los jefes de sindicato nos introducirían a los encuestados en cada estrato, pero no pudieron estar presentes en todos los momentos. Si bien llegar solos fue un obstáculo frente a los conductores, la conducta de la mayoría denotó amabilidad y disposición para proporcionar la información, otros si expresaron cierto recelo o desconfianza.

Para completar la información de la cartografía de la ciudad de Pereira del POT 2008, se traslapó con otros dos mapas de Pereira proporcionados por la facultad de arquitectura de la Universidad Católica de Pereira. Se trabajó en campo con la cartografía de las manzanas y vías a escala 1:5 000 en un formato de 1.20 m x 5.5 m. La Encuesta de *Movilidad del transporte de tracción equina, encuesta del día anterior* -anexo 2- indagó sobre:

- I. Información General: Información familiar y residencial.
- II. Valoración del Trabajo: su percepción sobre el trabajo.
- III. Datos del Sistema de Trabajo: áreas, horarios y número de semovientes de trabajo.
- IV. Movilidad a los Destinos: recolección de las rutas del día, la primera debía ser la ruta fija de todos los días (C); en caso de no haberla, se preguntó por la ruta más larga (1), y la segunda ruta, la mas larga o de libre escogencia del conductor y se rotuló con el número (2), aspectos que se trabajan en el capítulo 5.
- V. Datos Extras: sobre la historia laboral, aspectos que se trabajan en el ítem 4.3.



a.



b.

Figura 38 Trabajo de campo encuesta 2008, ayudante de encuestas y señores conductores
Fuente: Elaboración propia. 2008 Encuesta de movilidad

Durante el proceso de indagación se ejecutó una entrevista no estructurada: Percepción de los conductores de su trabajo en la ciudad 2008 (Entrevista de percepción 2008), véase en anexo 2 tabla 5: Percepción de los conductores de su trabajo en la ciudad 2008, la que fue grabada en cinta magnetofónica. Se le realizó a los dos jefes de sindicatos a fin de plasmar sus percepciones laborales como voceros de los agremiados. La información será comentada a lo largo del documento. Igualmente se realizó una toma fotográfica de los equipos: carreta, arnés, con los cuales se hizo el diagnóstico del estado de los objetos y los materiales de manufactura.

4.3 Aspecto social, económico y laboral - STE de Pereira-

La población de conductores de la tracción equina del área metropolitana de Pereira que se encuentran agremiados y censados, generalmente acatan las normas de la APAP (Asociación Protectora de Animales de Pereira) y del Instituto de Tránsito y Transporte. Empero existen sistemas no agremiados, donde los conductores no obedecen reglas ni hacen presencia en los diferentes consensos que realiza la municipalidad. El sistema de tracción equina en la ciudad de Pereira, se desempeña con carretas de un eje y un caballo, para la carga de mercancía.

Los sindicatos de los conductores del STE a 2009 eran dos: la Asociación de Carretilleros de Pereira constituida desde 1970, que reunía a los conductores de las comunas del sur occidente de la ciudad (barrio Cuba y cercanías); y el Sindicato de Carreteros de Pereira, que desde 1935 congregaba a los del centro, oriente, suroeste, noroeste y centro-norte. Los jefes del sindicato son los líderes y voceros de los conductores, quienes se encargan de velar por los derechos y deberes en lo que respecta al trabajo de los conductores en la ciudad.

El grupo de trabajadores de la tracción equina está inhabilitado para tomar decisiones sobre su actividad en la ciudad, no es autónomo en su movilidad, no tiene una proyección de crecimiento económico, y tampoco participan en los procesos de creación de las normas y reglas urbanas para su actividad. Por otra parte, carecen de ayudas económicas o auxilios gubernamentales. El gobierno departamental no encuentra sitio para ellos en la ciudad, por lo cual desea que la actividad no siga operando. En las entrevistas realizadas al gremio en 2008, expresaron oposición al cambio del caballo por moto-carro; su opinión era que el moto-carro solo puede cargar 200 kilos y no tendría la potencia para subir las cuestas urbanas (Fuente: declaraciones de un conductor 13-11-2008).

Los conductores son personas en condición de pobreza, con familias mayores a 3 personas. Entre ellos hay hombres de todas las edades, tanto ancianos como niños, entre la población estudiada no hubo mujeres. Sus ingresos económicos provienen básicamente de lo que les pagan por los acarreos de ferreterías, materiales para obras civiles, mercados de alimentos y trasteos (muebles).

Los materiales de manufactura de los objetos de los STE de Pereira, son en su mayoría materiales de desecho de otras tecnologías, los cuales son revalorizados¹⁸. La carreta es manufacturada en talleres ocasionales o por los mismos dueños, pero estas se ven destartadas, desalineadas y pesadas. En ciertos casos, los materiales son de buena calidad, como por ejemplo, la madera utilizada para el carro y los implementos de los arneses en fibras naturales. Sin embargo, los arneses son hechos de materiales sintéticos o cuero viejo, todos, materiales que dañan la piel del animal.

Seguidamente se profundiza en los resultados referentes a los aspectos humanos, económicos y normativos, como el estado físico de los objetos; surgidos del Censo realizado por el Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira en 2003, la encuesta de Movilidad de 2008, de la entrevista de Percepción 2008, como de la observación directa de los objetos.

4.3.1 El grupo humano del STE de Pereira

El grupo en estudio está conformado por personas pacíficas que intentan pasar inadvertidas en la ciudad y que a diario se enfrentan a la indiferencia social y gubernamental. Al interior del gremio existen normas y valores como jerarquías, por ejemplo se debe respetar el turno de carga, cuidar la carretilla y el caballo de otro mientras esté ausente, compartir el espacio en la calle. El compromiso de los conductores se mide al mantener en buen estado el caballo y la carreta, como por el compañerismo y la solidaridad.

Muchos de los conductores, antes de ejercer este oficio, se desempeñaban como agricultores u obreros de la construcción (Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira, 2003, p. 69), que por motivos diferentes, se vieron en la obligación de adoptar el transporte de tracción equina como alternativa de empleo. En el estudio del Censo se halló que el 64.4 % de la población, tiene nivel de escolaridad básica primaria, en su mayoría no culminada, el 23.1 % no tiene estudios y solo el 10.6 % tiene algún nivel de estudios de secundaria. Estas personas no encuentran interés en tener un nivel de escolaridad y muchas veces no alcanzan a suplir las necesidades básicas (Instituto de Tránsito y Transporte Pereira, 2003, p. 37).

Según la Entrevista de percepción 2008 y las encuestas de movilidad 2008, para los conductores del STE, el imaginario de su futuro se fija en abandonar el sistema de tracción equina, debido a la baja rentabilidad, para dedicarse a otros trabajos. Se frustran porque no pueden alimentar a su familia y ofrecerle otro tipo de vida más cómoda. Asimismo, se sienten despreciados al trabajar en una labor no reconocida y saben que el espacio en la ciudad se les está reduciendo.

¹⁸ Materiales de desecho a los cuales se les da un destino con valor monetario y funcional.

a) Demografía

El censo de los conductores en la ciudad de Pereira arrojó 152 agremiados con una población masculina mayoritaria, y la femenina en un mínimo porcentaje de apenas 2 %. Los censados son tradicionales en la labor, con dedicación exclusiva en su mayoría (Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira, 2003). La edad más común entre los encuestados, está en el rango mayor a 36 a más de 56 años que representan el 66.4 % de la muestra. El 20.2 % se encuentran en el rango de los 25 a 35 años, y el restante de la población es menor a 24 años (Censo T.T.P, 2003) -figura 39-.

Según el estudio del Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2003, p.33), la vinculación al oficio se da desde edades más tempranas, sobre todo para el que ha heredado el oficio de sus padres. Sin embargo, de los encuestados en 2008, el 50 % no heredó el oficio, el resto lo recibió de padres, abuelos y amigos, pues esta es una actividad cuyos sindicatos se crearon hace cerca de 80 años. Uno de los encuestados adquirió el oficio 25 años, de manos de su madre de 25 años y lleva dedicado 13 años. El censo no consideró la población infantil trabajadora en la actividad (Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira, 2003). En la Encuesta de movilidad, 2008, de los encuestados solo uno declaró un ayudante de 14 años, sin embargo, se advierte que había niños trabajando como conductores y ayudantes entre los STE de la ciudad de Pereira.

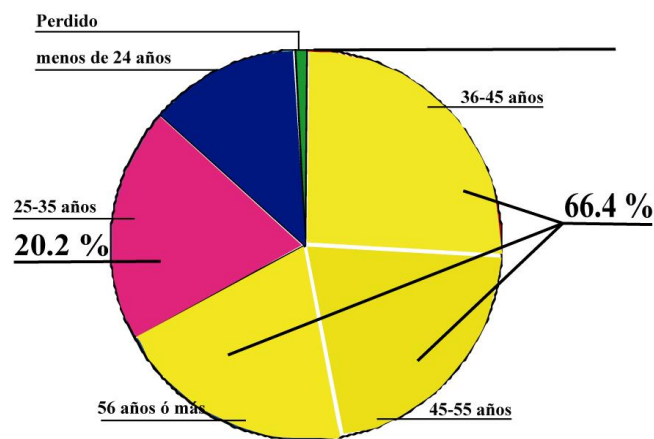
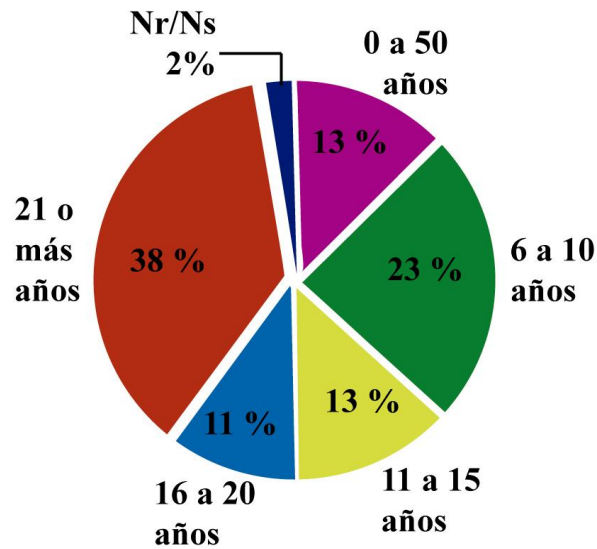


Figura 39 Edad conductores STE Pereira
Fuente: Instituto Tránsito y Transporte de Pereira -Censo T.T.P. 2003-

El Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2003, p.48), indica que la población con antigüedad laboral de 6 a 10 años representa el 23 % del total. El oficio de conductor del STE se

mantiene en el tiempo, por ejemplo el 50 % declara llevar entre 20 y 50 años en la labor -figura 40-.



Nr/Ns : No responde/No sabe

Figura 40 Tiempo de labor STE Pereira

Fuente: Instituto Tránsito y Transporte de Pereira -Censo T.T.P. 2003

b) Grupo familiar y su economía

El trabajo del conductor del sistema de tracción constituye una actividad difícil y físicamente ardua. Se trata de personas que desde las cinco de la mañana comienzan su jornada de vida, adecuan el caballo, y en algunos casos realizan las tareas hogareñas como atender a los hijos y demás personas que viven con ellos, todo antes de dirigirse a los puntos de parqueo.

El núcleo familiar de los conductores del sistema de la tracción oscila entre uno y nueve miembros. Según el Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2003) el 78 % de la población de conductores tiene de 3 a 6 miembros por familia, donde el menor número de miembros por familia, es de 3 personas que corresponde al 12 %. En la entrevista de percepción 2008 se declara que el grupo familiar de los carreteros oscila entre los 3 y 11 hijos, a quienes deben sostener por lo menos de las necesidades básicas y de salud. El Instituto de Tránsito y Transporte Pereira de , 2003, declara que alrededor del 75 % del ingreso de los carreteros de la ciudad de Pereira, está destinado a satisfacer las necesidades básicas de los hogares y en muchos casos es el único salario recibido en este. En la Encuesta de movilidad 2008 declararon que las ganancias mensuales deben repartirse entre el grupo familiar, alimentar al equino y mantenerlo en buen estado de salud, también deben pagar a los ayudantes de carga, ya que un 33 % de conductores cuenta con ayudante.

Los conductores son trabajadores independientes e informales, que generalmente no cuentan con ningún tipo de prestaciones sociales, vacaciones, horas extras, o incapacidad remunerada, bonificaciones y mucho menos pensión de vejez (Entrevista de percepción 2008). Del Censo de 2003 se tiene que el 90.3 % de los conductores de la tracción equina urbana, no está afiliado a ninguna promotora de salud, y el 64.4 % ingresó al régimen subsidiado Sisben¹⁹, se registran únicamente dos personas jubiladas, el resto no tiene derecho a subsidio por invalidez, enfermedad ni vejez (Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira, 2003, p. 54).

Existen conductores que poseen segundos sistemas completos para alquiler o negocio propio, como es el caso de un encuestado con distribución de materiales de construcción. De la población encuestada el 77 % solo tiene un caballo, el resto posee más de uno y hasta 3 caballos que justifican para uso personal (ver Anexo 2 figura 3). Los conductores perciben mejores salarios, cuando combinan el transporte de tracción equina con otras actividades comerciales, un testimonio se dio en el barrio Cuba, donde el dueño de un sistema, tiene un lote en el cual recolecta materiales de construcción y alquila el lugar para guardar los equinos.

c) Vivienda

De acuerdo con el censo del Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2003), los conductores del STE de Pereira, pertenecientes en su mayoría a los estratos sociales 1 y 2, residen en áreas periféricas urbanas y en zonas rurales cercanas al municipio, véase figura 41. En las comunas del área urbana del suroeste, noroeste y al centro-norte de Pereira, se concentra la mayor cantidad de hogares, y un porcentaje menor vive fuera del perímetro urbano -en el anexo 2 figura 2 se hace una relación con la división de comunas. El 7.2 % de la población tiene su hogar en la conurbación Dosquebradas al nororiente de la ciudad y trabaja en el centro de Pereira. Cuando se trate el tema de la movilidad en el capítulo 5, se volverá sobre este tema con más amplitud.

¹⁹ El sisben: modalidad de subsidio en salud dado por el Estado, otorgando el acceso a las personas de los estratos económicos más bajos. Todos los zorreros no tienen acceso al sistema de régimen contributivo, estos deben esperar la oportunidad de presentarse ante el sistema de seguridad social, para quedar inscritos en el régimen subsidiado -Sisben-, la tarea para ingresar a él es larga y ardua, no todas las personas lo logran, pues deberán demostrar ingresos muy bajos y que tienen una familia para sostener.

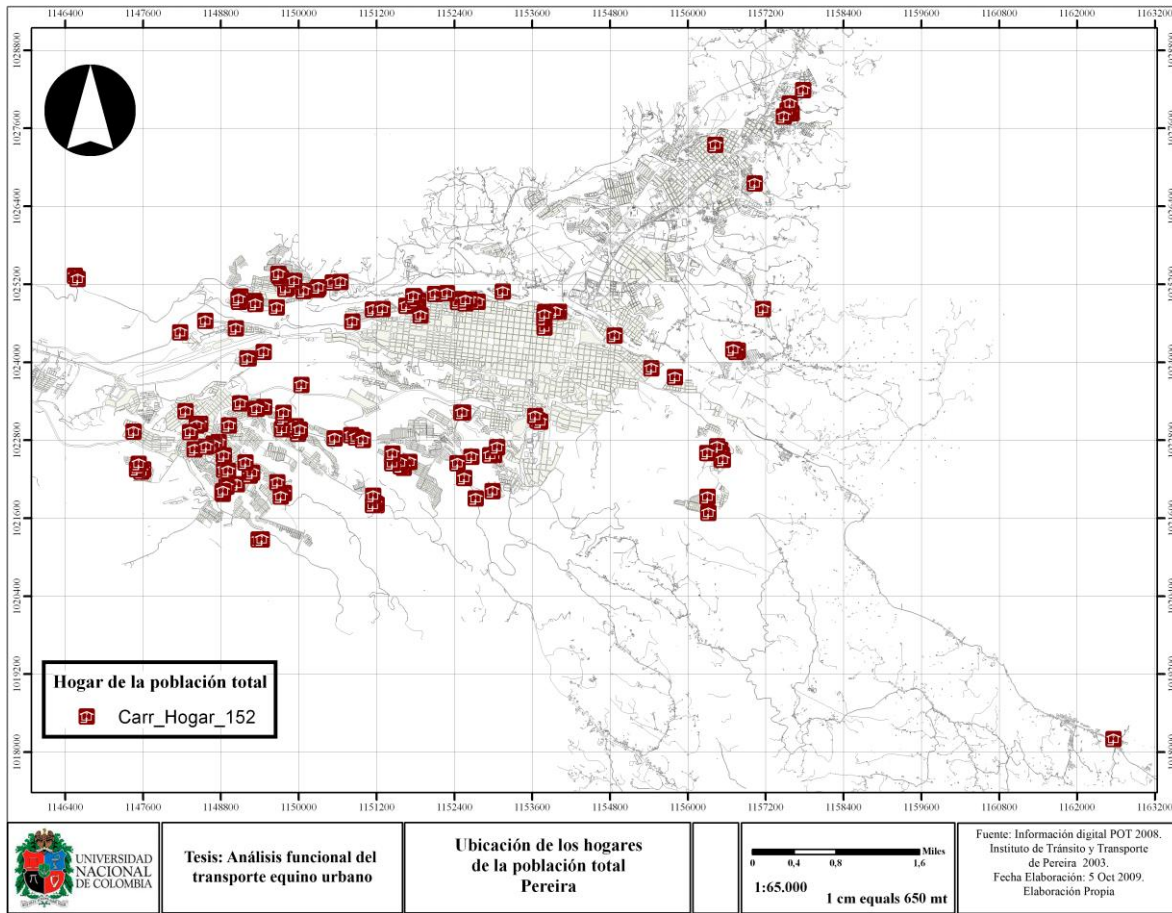


Figura 41 Ubicación de los hogares del total de la población.

Fuente: Elaboración propia usando como fuente las direcciones de los conductores de Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira (2003).

Muchos de los conductores guardan el caballo en su vivienda, un pequeño establo o zona verde cercana a la misma. La encuesta de movilidad 2008, permitió determinar que el 72 % de los conductores guarda su animal cerca de su hogar -figura 42-. Se observó también, que quienes alquilan algún sitio o pesebrera para el animal, lo hacen cerca de la zona laboral o en el mismo lugar del trabajo diario, como es el caso de Panorama I en Cuba, que es parqueo y pesebrera a la vez. De los conductores que guardan sus equinos lejos de la zona laboral u hogar, está el caso del encuestado No. 16, que deja el caballo en la conurbación Dosquebradas a 6 km (aprox.) tanto de su vivienda (Cll 42 Crr 9 Dosquebradas) como de la zona de trabajo (Cll 31 Crr 7); significa que el equino deberá viajar 12 km extras diariamente. El resto de encuestados de 2008, ubican su equino en un perímetro de 1 km de radio de la zona de influencia del parqueo.

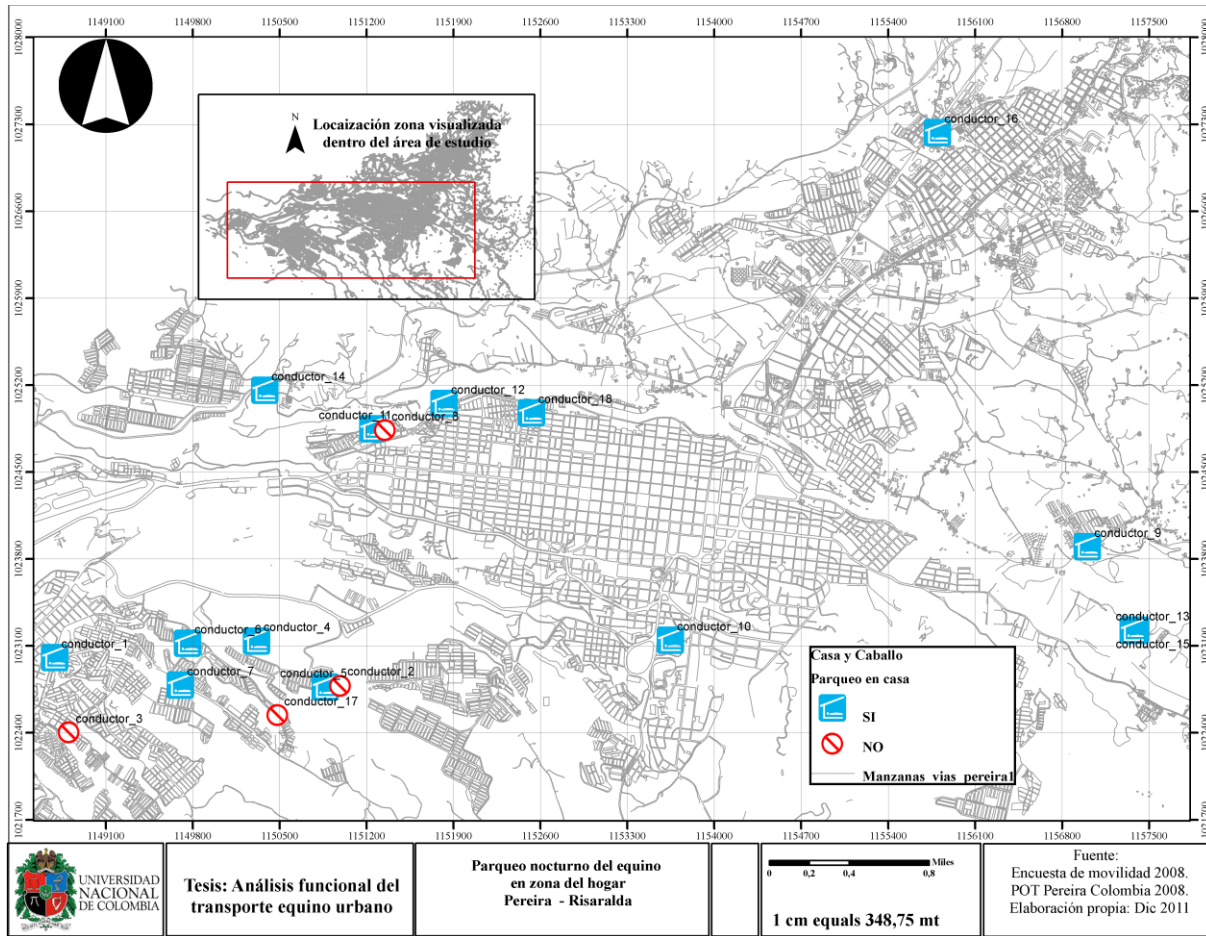


Figura 42 Parqueo nocturno del caballo en la zona de hogar de los encuestados. Elaboración propia. Herramienta: SIG. Fuente: Encuesta de movilidad 2008.

d) La economía del servicio

Las zonas de parqueo laboral del STE, son estaciones diurnas temporales designadas por la Alcaldía, sin ningún mobiliario especializado ni elementos para la limpieza.

Un carretero que cuida bien su sistema, debe invertir cerca de USD\$ 210 (moneda de enero de 2015 al mes, en la alimentación del equino y el mantenimiento del sistema general. En caso de alquilar un espacio para el STE deberá pagar de COP\$ 2 000 a 3 000 (USD\$ 1 a 1,5) por cada noche. Para un carretero mantener una familia, debe conseguir por lo menos COP\$ 1 000.000 mensuales (USD\$ 526), poco más de dos salarios mínimos legales (Entrevista de percepción 2008, declaraciones del Sr. Carlos Arturo Bermúdez Gaviria).

El horario normal de trabajo de los STE empieza a las 7 am y finaliza a las 6 pm la mayoría de los conductores y caballos laboran alrededor de ocho horas al día, con un descanso en la mitad

de la jornada, pero muchas veces la jornada se extiende a las 12 horas diarias -figura 43-. Trabajan de lunes a sábado con un promedio de 5.0 (± 1.0) viajes diarios para el 50% de la muestra, de 8.5 (± 1.5) viajes para el 5.6 %, el restante 44,4% declaran 2 a 3 -figura 44.



Figura 43 Horas de servicio al día
Fuente: Encuesta de movilidad 2008

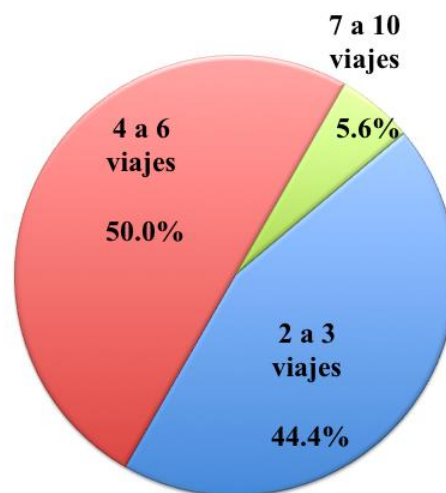


Figura 44 Promedio de Viajes al día
Fuente: Encuesta de movilidad 2008

Se indagó al grupo de estudio sobre el máximo de viajes que hicieron en un día en el último mes, y se registró la mayor proporción entre 6 a 10 viajes por día para un 44 % de la población y el 4 % acarreo de 16 a 21 viajes por día – anexo 2 figura 4 -. Para obtener muchos viajes en un día laboral, los recorridos deberán ser menores a 2 km de ida y retorno, con carga liviana y a una velocidad media, o carga un poco más pesada a una velocidad baja, transitando por terrenos de fácil acceso para el caballo. En el capítulo 5 se determina la velocidad a la que anduvieron los STE del caso de estudio.

El costo del servicio se rige por la distancia y el peso de la carga, por ejemplo, si el trayecto es corto, de 10 minutos, pero la carga es muy pesada, más de 400 kg quizá, el costo aumenta; y si el viaje es muy largo con la carga no tan pesada, el valor del servicio baja. Otra circunstancia que genera más valor monetario, es el hecho de que el sistema deba transitar por grados de pendientes difíciles para el equino. Un acarreo puede costar desde COP\$ 3 000 (USD\$ 1,5) a COP\$ 30 000 (USD\$ 16), aunque no son frecuentes los de alto costo, en ocasiones se da debido a que la carga debe transportarse en varios viajes. La distribución de los ingresos diarios se puede ver en la figura 45. El 28 % declara unas ganancias diarias entre COP\$ 10 000 y 12 000 (USD\$ 5,26 y 6,31) que multiplicado por 27 días de trabajo al mes, en el mejor de los casos, solo da COP\$ 324 000, que es apenas un 70 % del salario mínimo mensual, que en 2008 era de COP\$ 461 500. Solo un 20 % de los encuestados superarían un ingreso superior al salario mínimo mensual.

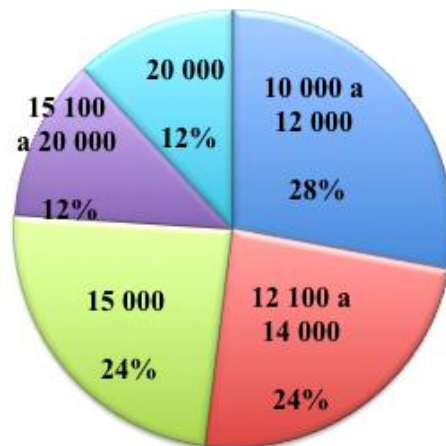


Figura 45 Ingreso diario
 Moneda: COP
 Fuente: Encuesta de movilidad 2008

Se compara la relación existente entre los kilómetros recorridos por viaje y su costo mediante regresión lineal –tabla 20–.

Tabla 20 Resultado regresión lineal de la tarifa del servicio con los kilómetros recorridos

R ²	0.08995		
	Coefficientes	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	5,940.20723	0.00032	0.00032
Distancia km	726.66138	0.07555	0.07555

Fuente: Elaboración propia

El modelo presenta un solo un 9 % del comportamiento de la variable dependiente (tarifa) con la variable independiente distancia. La regresión revela que la tarifa por viaje en el caso de estudio los kilómetros recorridos en cada viaje, no se relaciona linealmente con los kilómetros recorridos en cada viaje el costo por viaje en el caso de estudio. El modelo no explica el fenómeno, porque la probabilidad es menor a ($<$) 0,05, se observa entre los STE que a más distancia no necesariamente el costo sube -figura 46-. El comportamiento de la variable tarifa o ingreso no solamente van sujeta a los kilómetros, sino también al punto a donde deben viajar, el peso de la mercancía, si requieren ayudante y cuántos viajes deberán realizar para completar el servicio.

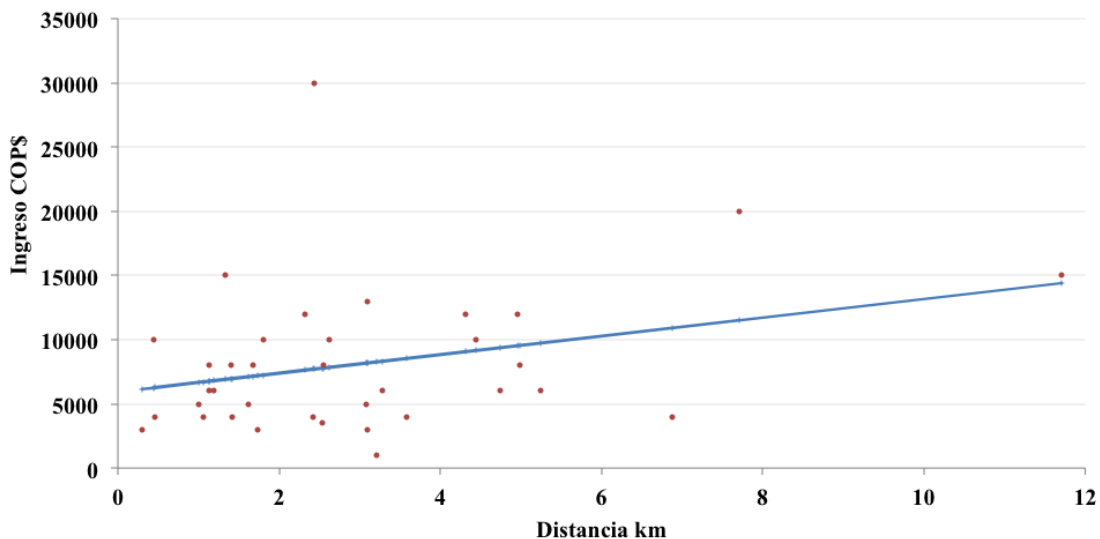


Figura 46 Predicción Y, Ingresos en COP\$, distancia en km.

Fuente: Elaboración propia

La carga a transportar consiste en materiales para la construcción y escombros, también realizan acarreos de bienes muebles como enseres. La venta ambulante de alimentos u otros

implementos no es habitual entre los encuestados, aunque en ocasiones sí se usa esta modalidad. Los tipos de cliente que más los contratan son personas independientes, para un 44 % de la muestra, y el segundo más común son las ferreterías -figura 47-. En general se evidenció que el 94 % de los encuestados no tiene clientes fijos, (véase en anexo 2 figura 5). Un conductor de edad mayor, lo usa como transporte familiar todas las mañanas, para el resto de conductores el STE representan netamente un sistema de trabajo.

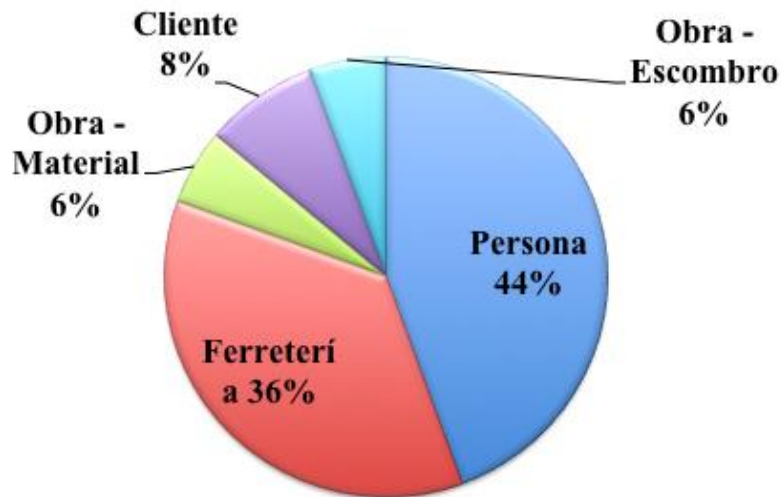


Figura 47 Tipo de cliente

Fuente: Encuesta de movilidad 2008

El peso de la mercancía en cada una de las dos rutas, declarado por los conductores, oscila entre los 10 y los 500 kg, el más común fue de 400 kg -figura 48-. El 44 % de los encuestados transporta cargas hasta de 1.50 m de largo y el 31 % lleva elementos que miden entre 2 m y 6 m de largo. En cuanto a la altura de la mercancía, dicen, que no sobrepasa el metro.

Se percibió entre el grupo estudiado de Pereira, que los conductores conocen empíricamente la resistencia del equino al transportar una carga y las pendientes a las cuales es capaz de acceder, ellos saben la vía fácil y difícil para el caballo, entonces, si un animal es maltratado por carga y trabajo, lo están haciendo con conocimiento de causa. Durante el trabajo de campo, se observaron muy a menudo equinos sobrecargados haciendo grandes esfuerzos para moverse, sin embargo, no se pudo determinar quiénes eran los conductores o si pertenecían a los agremiados. El peso a transportar que los conductores declaran, se cree verdadero, puesto que los caballos vistos en la muestra encuestada no presentaron grave deterioro. En las 36 rutas de las que se hizo registro a través de la encuesta, ninguna superó los 400 kg de carga transportada, como puede verse en la figura 48.

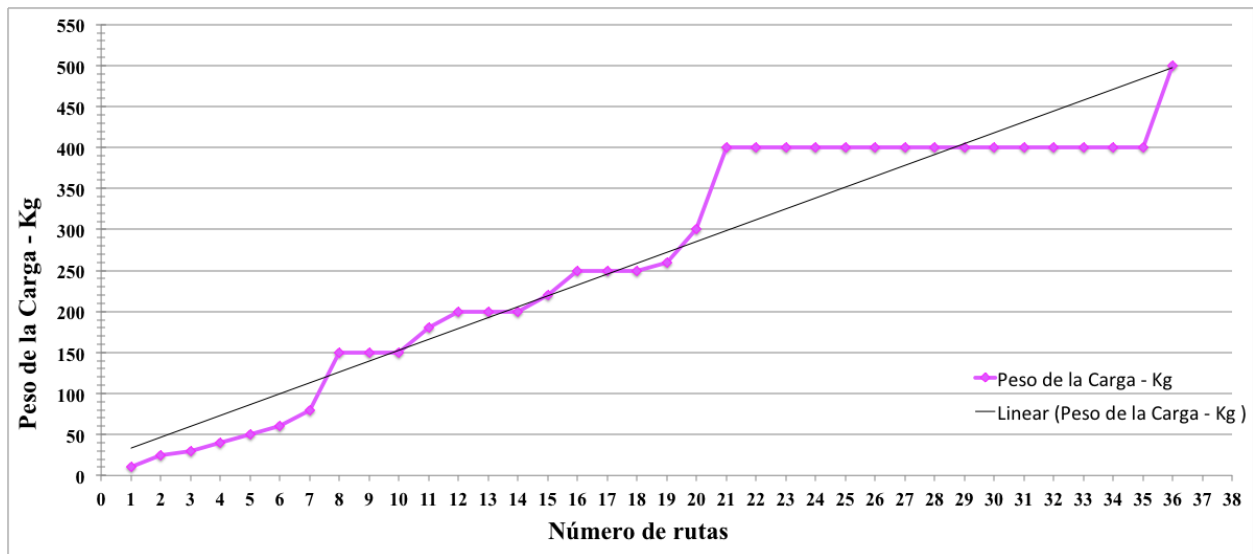


Figura 48 Peso de la carga transportada
Fuente: Encuesta de movilidad 2008

Se les preguntó además sobre la posibilidad de trabajar para el turismo o como sistema de coche-taxi, pero las apreciaciones frente a ello fueron negativas. Sus argumentos son muy válidos a saber: Pereira no es una ciudad turística, no los dejarían entrar al centro de la ciudad como hasta ahora, por tanto, la labor se desarrollaría en la periferia, donde seguramente no habrá trabajo. Otro aspecto que dificulta el cambio hacia moto-carros, y ellos lo saben, es que van a representar una competencia para los vehículos a combustión (Encuesta de movilidad 2008).

e) Condiciones del Caballo

El estudio socioeconómico de Pereira, arrojó que el 96.2 % de las personas poseen caballos de raza criolla colombiana (Instituto de tránsito y transporte Pereira, 2003, p. 55). De los encuestados el 69 % asegura que su caballo pesa entre 380 kg y 400 kg, el 22 % entre 450 kg y 500 kg, y solo una persona comenta que su caballo pesa 350 kg. El director de la APAP de Pereira en 2009 facilitó para la investigación los pesos reales de los caballos de toda la población, los que tienen un promedio de 346 kg de peso corporal; un bajo porcentaje de los caballos está en 400 kg y ninguno en los 500 kg; siendo el máximo peso de 413 kg y el mínimo 268 kg. La edad promedio de los equinos que laboran en Pereira es de 16 años (APAP, 2008) significa que ya son viejos, pues, como se mencionó en el capítulo 3, un caballo debe trabajar entre los 5 y 12 años.

Si bien los equinos de los encuestados, no están en el rango de los pesos normales, según la APAP de Pereira, en la inspección visual ninguno se veía desnutrido o maltratado. Los dueños de la carreta y del caballo que realmente tienen el sistema como medio de subsistencia, aprecian la labor del animal y tratan de mantenerlo en buen estado. Ellos mismos se encargan del cuidado sanitario y veterinario del caballo, solo lo llevan a la clínica cuando presentan complicaciones de salud. Alimentan al caballo con pasto, miel, maíz, caña de azúcar, miel de purga o cáscara de plátano tres veces al día, declarado por los conductores a los que se les preguntó. Esta dieta no es buena alimentación, les agranda la panza y no les genera reservas energéticas y se trata de productos económicos (véase la alimentación correcta para el caballo en el ítem 3.1.2).

La APAP de Pereira no acude a los sitios de emergencia, cuando se necesita asistencia para los caballos, sino que estos deben ser llevados al centro veterinario. Uno de los encuestados manifestó que la organización no hace presencia ante los atropellos o los excesos de carga, no sanciona a los infractores como tampoco decomisa los animales enfermos.

El director de la APAP de Pereira impugna el trabajo que realizan los conductores y la explotación del caballo, declarando que los señores han sido una dolencia (sic) social por muchos años²⁰. Otra forma de maltrato es no alimentar al caballo cada 4 horas y no darle agua cuando lo requiere y hacerlo conectado de la carreta. Se sabe que entre la población total, muchos los alimentan cada 10 horas lo que es una crueldad, con la disculpa que se enferman si se les da comida durante el trabajo, otros lo hacen en el sitio de trabajo y todos lo dejan enganchado a la carreta.

²⁰ "Los carreteros han sido una dolencia social por muchos años, ya que las condiciones de empuje y arrastre son muy malas, y como si fuera poco la explotación que se le aplica por parte de los contratistas es bastante marcada" (Entrevista al Director de la APAP, 2008).

La APAP²¹ junto con la WSPA²², hacen campañas periódicas de vacunación así como talleres a los conductores, para enseñarles el manejo preventivo de algunas enfermedades en los equinos. Así mismo, la Gobernación del departamento de Risaralda vacuna a los animales gratuitamente cada año, por intermedio del ICA²³, también se les enseña manejo sanitario, cuidados de los animales y cómo debe ser la alimentación correcta (APAP, 2003).

f) Normativa para los STE de Pereira

La norma que rige la movilidad de los STE de Pereira es el Decreto No. 1049 de diciembre 7 de 2001, *Por medio del cual se reglamenta y se toman unas disposiciones en materia de transporte vehículos tracción animal, Republica de Colombia – Alcaldía de Pereira.*

El Decreto reglamenta algo de los arneses, la placa, el carné, el comportamiento del conductor, y el horario laboral de 6 am a 6 pm. Sobre las prohibiciones, está el transitar por vías específicas y alimentar los caballos en vía pública.

La norma también obliga a registrarse por el Código Nacional de Tránsito en cuanto al conocimiento de las señales, como por los requisitos del Instituto de tránsito y transporte para su movilidad.

No hay normativa sobre el peso de los caballos, del equipo y la mercancía a transportar, como tampoco se restringen o asignan las vías, de acuerdo con la capacidad de los caballos. La norma de Pereira presenta la misma deficiencia que las nacionales y las demás normas municipales del país en materia de los VTA o STE.

4.3.2 Los objetos del STE de un eje

Las condiciones laborales del hombre, en interacción con los elementos del sistema, no son mejores que las del animal. La labor los obliga a estar expuestos todo el día a la intemperie, trabajando bajo la lluvia o el sol, absorbiendo los gases contaminantes de los automotores, soportando el ruido de la ciudad y sufriendo desgaste físico.

El trabajo de carga se reparte entre el hombre y el caballo, al inicio de la marcha y en caso de estar muy pesada la carreta, el hombre ayuda al equino a moverla halándolo del bozal o empujando la carreta. Durante todo el recorrido, el conductor direcciona el equino, en muchos tramos el hombre va caminando paralelo al animal para encauzarlo, en otros, se sube a un lado de la parte delantera de la carreta, para ocupar el puesto del conductor; si son dos personas se

²¹ APAP: Asociación Protectora de Animales y Plantas.

²² WSPA: World Animal Protection

²³ ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

sientan a ambos lados del frente de la carreta o uno va en la zona de carga. El hecho de que los conductores vayan en la parte frontal de la carreta, representa mayor transmisión de peso para el lomo del equino, al no existir un punto de apoyo al piso en las carretas de un eje actuales.

Los equipos utilizados en el sistema de tracción equina de Pereira, además de viejos y destartados, no cumplen con las condiciones ergonómicas, funcionales y estructurales, de lo que sería un buen objeto para la tracción urbana y que supla exitosamente las necesidades del caballo y el hombre. En el capítulo 2 tabla 6, se compila el estado de los objetos del STE de Pereira y algunos aspectos generales, resultado del trabajo de campo de 2008, el documento del Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira. (2003) y las entrevistas con la APAP de Pereira.

Para que la acción de tiro se ejecute correctamente, el arnés debe ser óptimo e ir debidamente conectado al carro, pero bien diseñados ambos elementos. Es pertinente que el sistema carro-arnés tenga un estudio técnico, formal y estructural profundo, por ser un sistema que carga. Los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento de un STE se exponen en el capítulo 3 en donde se estudian varios autores y se plantean unos requerimientos.

Seguidamente se hace una descripción y diagnóstico general de los objetos del sistema arnés y carreta, desglosando los materiales que utilizan para su construcción en el caso de Pereira.

a) Arnés

La fuerza desarrollada por un animal de tiro está condicionada por su arnés y el modo como se adecua a su cuerpo. En la ciudad del caso de estudio, los caballos portan collares de cuero generalmente viejos, en mal estado y con poco mantenimiento -figuras 49 a 52-. También los arneses se ven con remiendos de espuma sintética sin forrar, lo que causa peladuras al caballo, figura 49 y 50.



Figura 49 Arnés completo
Fuente: STE caso de estudio Pereira 2008.



Figura 50 Collar en cuero y enjalma de espuma sintética
Fuente: STE caso de estudio Pereira 2008.

La decoración de estos es característica singular de algunos dueños, quienes pintan el cuero con pinturas a base de aceite, lo que se convierte en láminas tiesas que deterioran el apero y maltratan la piel del animal -figura 51-.



Figura 51 Collar en cuero pintado

Fuente: Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira. 2004.

Un arnés muy común en Colombia son los de sección de llanta, con la base de neumático que va directamente a la piel, no son rígidos, son tiesos y dañinos por ser de caucho figura 52.

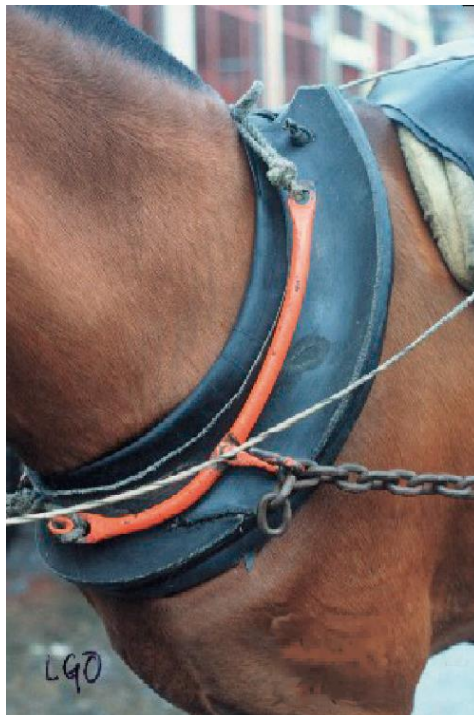


Figura 52 Collar en llanta de automóvil y neumático con estructura en hierro forjado.

Fuente: Manizales 2008.

Otro arnés utilizado es una pechera angosta como trapo de tela con espuma delgada, que no ayuda al ejercicio de los músculos para la tracción, pues se comporta como una correa angosta –ver también figura 34-.

Entre la población total de los caballos de Pereira se ven las tres tipologías de arnés (los de espuma sintética sin forrar, los de sección de llanta y los de pechera angosta con trapo y espuma), cualquiera de las modalidades son antiergonómicas, lo que representa maltrato animal.

En conclusión, se observa que los diferentes diseños de arneses son antiergonómicos para el animal, se encuentran en mal estado y algunos son alquilados o heredados de otro equino, por tanto, son muy pequeños o muy grandes.

La descripción completa de los materiales del arnés y su diagnóstico, se compila en el anexo 2 tabla 7.

b) Carreta

Las carretas están manufacturadas con materiales de segunda mano, recuperados y revalorizados. Se les ve con llantas de diferente ancho y diámetro figura 53, y en muchas ocasiones no están verticales, alcanzan a desviarse hasta 15 grados. Véase el diagnóstico en el anexo 2 tabla 8.

El 34 % de los conductores declaran que la carreta pesa 200 kg, el resto opina que el peso es de 100 kg 150 kg y 250 kg en porcentajes iguales (Encuesta de movilidad 2008).



Figura 53 STE caso de estudio. 1. Eje de rodamiento. 2. Chasis. 3. Tiro.

Fuente: STE caso de estudio Pereira 2008

Los sistemas de Pereira son planchones o con estacas figura 53, 54 y 55, tienen dimensiones de 1.50 m de ancho, por 1.90 m de largo, el eje de rodamiento se encuentra ubicado en el centro del planchón (véase las dimensiones totales en el anexo 2 tabla 9). El 100 % de las carretas son elaboradas en madera y hierro, los demás insumos son de la tecnología automotriz, tabla 21.



Figura 54 Puesto de trabajo del hombre.

1. Puesto de conducción. 2. Carrocería, planchón. 3. Suspensión, hojas de resorte.

Fuente: STE caso de estudio Pereira 2008



Figura 55 Carreta de un STE de Pereira. 1. Carrocería, estacas. 2. Sistema de suspensión, resortes y hojas de resorte.

Fuente: Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira. 2004

El puesto del conductor es improvisado en las carretas de un eje, suele ser una tela u otro elemento blando figura 56. Algunas tipologías tienen baranda en el borde frontal. La localización del puesto de trabajo, no le permite al hombre la visibilidad directa de los obstáculos. Si el hombre va centrado no ve, pero si va a un lado puede causarle esfuerzos de torsión al caballo si no los compensa con la colocación de un poco más de carga en el lado opuesto a donde él va.



Figura 56 Sistema completo

Fuente: STE caso de estudio Pereira 2008

El mal diseño que presentan las carretas, hace que las personas tengan que realizar sobreesfuerzos físicos cuando el sistema está en marcha, uno de ellos es el de hacer las veces de *hombre-freno* desde la parte frontal del carro, con el fin que el sistema no arroye al animal, esta modalidad se vio en el caso de estudio. Otra modalidad consiste en tener una llanta clavada a una tabla y amarrada al eje del carro u otro anclaje, entonces para frenar se arroja el elemento al asfalto y la segunda persona se ubica sobre ella ejerciendo presión vertical. El modelo de freno llanta-tabla no se encontró entre la población de encuestados.

Tabla 21 Materiales generales de la carreta de un eje y arnés utilizados en al ciudad de Pereira 2008.

Carreta de un eje			
	Partes	Material	Tecnología
Sistema desuspensión	Llantas	Rin 14 - 16	Automóvil y campero
	Eje	Tubería, perfil fundición	Automóvil (Volkswagen) Camperos o hechizo
	Amortiguación	Un par de hojas de resorte	Automóvil o campero
	Chasis	Listones	Madera
Carrocería	Planchón	Tablas	Hierro y/o Madera
	Barandas	Listones	Madera
	Puesto de Conducción	No Tiene- Improvisado	Sobre Madera. Cojín - Ruana
	Tiro	Rígido - Listones	Hierro - Madera
Sistema de arrastre	Cadena de enganche	Cadena	Hierro - Cuerda

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 5

5.Movilidad del STE en el Caso de Estudio

La movilidad del transporte equino en la ciudad de estudio, se evalúa a partir de los datos recogidos de la encuesta de *Movilidad del transporte de tracción equina, Encuesta del día anterior* (Encuesta de Movilidad 2008). De la encuesta se obtuvieron los recorridos de las rutas laborales, los pesos de las cargas transportadas, la ubicación de las zonas laborales, la ubicación de los hogares y el lugar de parqueo del caballo. En el ítem 5.3 se diagnosticará el trabajo que hizo el caballo de estudio según las variables de movilidad, bajo el esquema de los cálculos estáticos del ítem 3.2.

Los datos de las rutas laborales del día anterior, se compilaron en mapa de formato análogo escala 1:5.000 –figura 38. El procedimiento elaborado sobre la cartografía consistió en tomar dos rutas por encuestado así: la primera una fija o constante (C) o la más larga (1), y la segunda la más larga o de preferencia del conductor (2)²⁴. Sobre mapa digital se ubicaron los domicilios de los hogares del total de la población de conductores, censada por el Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira en 2003, y otros datos declarados en la Encuesta de movilidad 2008 como los hogares, el parqueadero del caballo y las zonas laborales.

Para el procesamiento de la anterior información de la Encuesta de movilidad 2008, se usó el software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arcgis versión 9,3 Esri®, el cual facilitó

²⁴ Encuesta de movilidad 2008. IV. Movilidad a los Destinos: recolección de las rutas del día, la primera la ruta fija o constante de todos los días (C); en caso de no haberla, se preguntó por la ruta más larga (1), y la segunda ruta, la más larga o de libre escogencia del conductor y se rotuló con el número (2).

la manipulación de los datos, la obtención de cálculos y el análisis en los recorridos del STE - ítem 5.2, en cuanto a las longitudes de las rutas, las pendientes de los segmentos transitados como las distancias lineales desde las zonas laborales a los hogares y parqueos nocturnos de los caballos. La sistematización de la información arroja los datos que permitirán evaluar la movilidad y comprobar las hipótesis sobre el funcionamiento de los STE en ciudades con promedio de pendientes significativas.

El estudio del STE de un eje de la ciudad de Pereira –Risaralda –ver anexo 2 figura 1 ubicación espacial se propone como un modelo de diagnóstico que podrá ser replicado en todas las regiones a nivel mundial que utilizan este sistema de transporte.

5.1 La zona de estudio

Seguidamente se analizan y evalúan los datos procesados en SIG de la Encuesta de movilidad 2008: Información residencial y Movilidad a los Destinos el formato y el resultado de la encuesta de movilidad 2008 -ver en anexo 2 tabla 2.

a) Sistematización de datos mediante SIG

Con la información del área de estudio sistematizada mediante el software Arcgis -versión 9,3 Esri®, se analiza y calcula desde el contexto espacial, las variables referentes a la movilidad de los STE. Como primer procedimiento, se generó la red vial de las ciudades de Pereira, Dosquebradas y otros sitios aledaños, a partir de las capas existentes como manzanas, construcciones y delimitación predial; esta red vial fue clasificada en vías arterias principales, vías arterias secundarias, vías colectoras²⁵ y vías locales. La nomenclatura utilizada en Colombia para designar las direcciones, responde a calles, carreras (perpendiculares a las calles), diagonales (vías que sin ser perpendiculares a ninguna, conectan dos carreras), transversales (vías que sin ser perpendiculares a ninguna, conectan dos calles), manzanas, avenidas troncales y autopistas. Sobre la red vial obtenida y en segunda instancia, se realizó la fase del trazado de rutas y la localización de los puntos de interés.

Las pendientes del terreno se evalúan a partir de la capa de curvas de nivel con altimetría

²⁵ Vías Arterias Principales: vías que conectan los sectores urbanos con los rurales distantes, y son de integración al área urbana; alojan volúmenes vehiculares intensos a velocidades medias. Vías Arterias Secundarias: distribuyen el tránsito vehicular en los sectores de la ciudad. generan la unión entre los sectores y las vías arterias principales. Vías Colectoras: distribuyen el tránsito dentro de las distintas áreas de la ciudad, permitiendo la accesibilidad a zonas residenciales, institucionales y recreacionales; son el vínculo entre las vías arterias y las vías locales

de 5 metros, del Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira, y se representan en colores por otra capa de rangos de pendiente, tomadas de un modelo digital de elevaciones (MDE) de *raster* con resolución de 5 metros por pixel -figura 57.

Para obtener la pendiente transitada por el STE se fraccionaron los recorridos en segmentos de 5 m aprox., y se interceptaron con las curvas de nivel y el manzaneo de la ciudad de estudio. Se le asignó a cada segmento vial rangos de pendiente, variable determinante en el diagnóstico de la movilidad del STE de la ciudad de Pereira. Para la investigación se codificaron las pendientes en cinco intervalos, que se describen en la tabla 22:

Tabla 22 Intervalos de pendiente.

Intervalo de pendiente	1	2	3	4	5
% Pendiente	0 a <3	3 a <6	6 a <8	8 a <12	12 a <25

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la red vial del área de estudio, se generaron salidas cartográficas en las que se trazaron las rutas, inicialmente en formato análogo, para luego sistematizarlas y asignarles la información complementaria mediante atributos. Igualmente, se localizaron los sitios de parqueo del caballo, las zonas laborales, los hogares de los conductores, lo que permitió a su vez, delimitar con mayor exactitud el área de estudio.

b) Características del relieve de la ciudad de Pereira y Dosquebradas

El departamento de Risaralda se ubica al noroeste de Colombia entre la base de las cordilleras central y occidental. En el sureste se localiza su capital, el municipio de Pereira, y al noreste separada por el río Otún, se encuentra la conurbación de Dosquebradas -figura 57. Pereira se emplaza en una zona de pendientes urbanas que la ubica en categoría de ciudad ondula - figura 58.

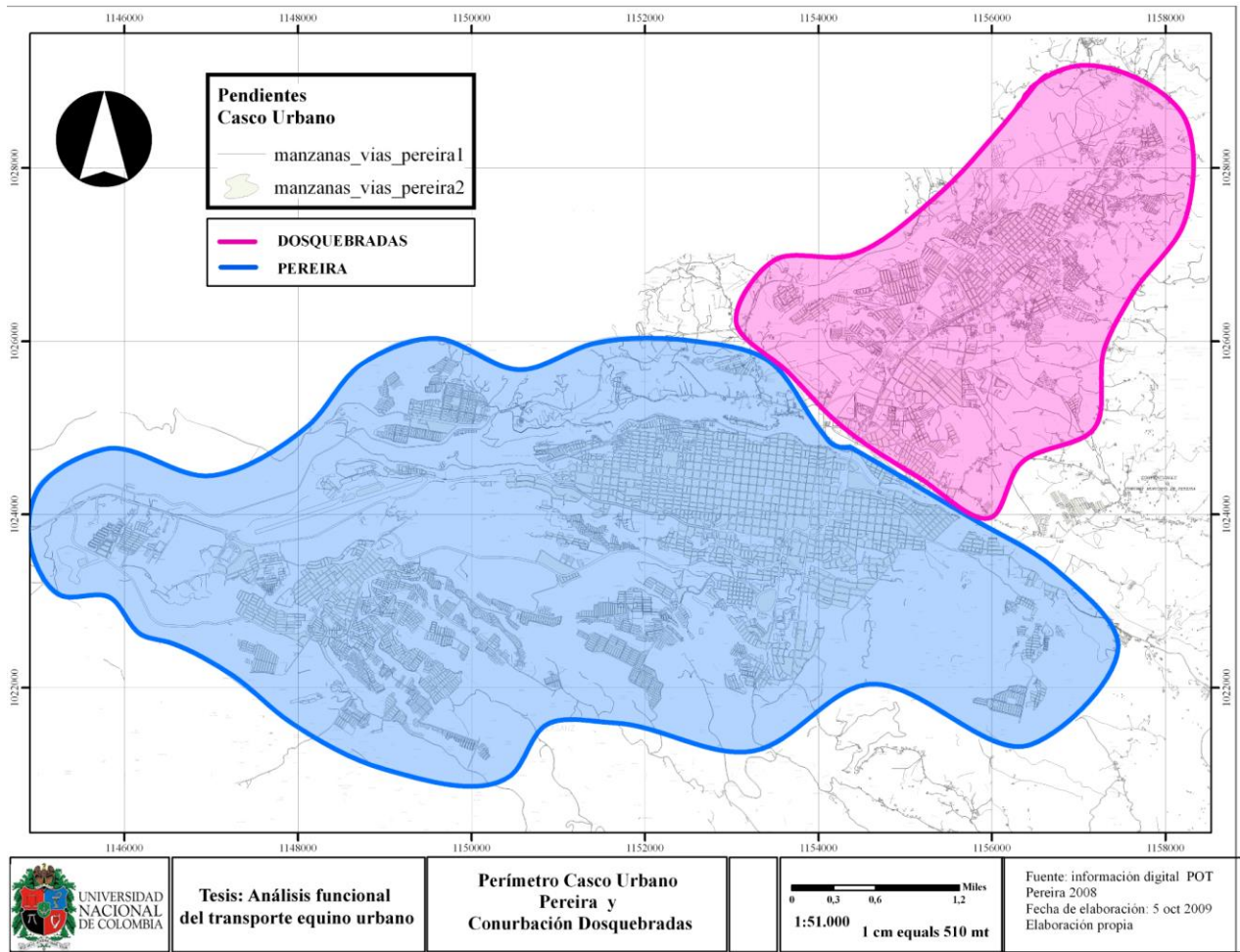


Figura 57 Casco urbano de Pereira y la conurbación de Dosquebradas.
 Fuente: Elaboración propia. Información geográfica del POT del municipio de Pereira 2008.

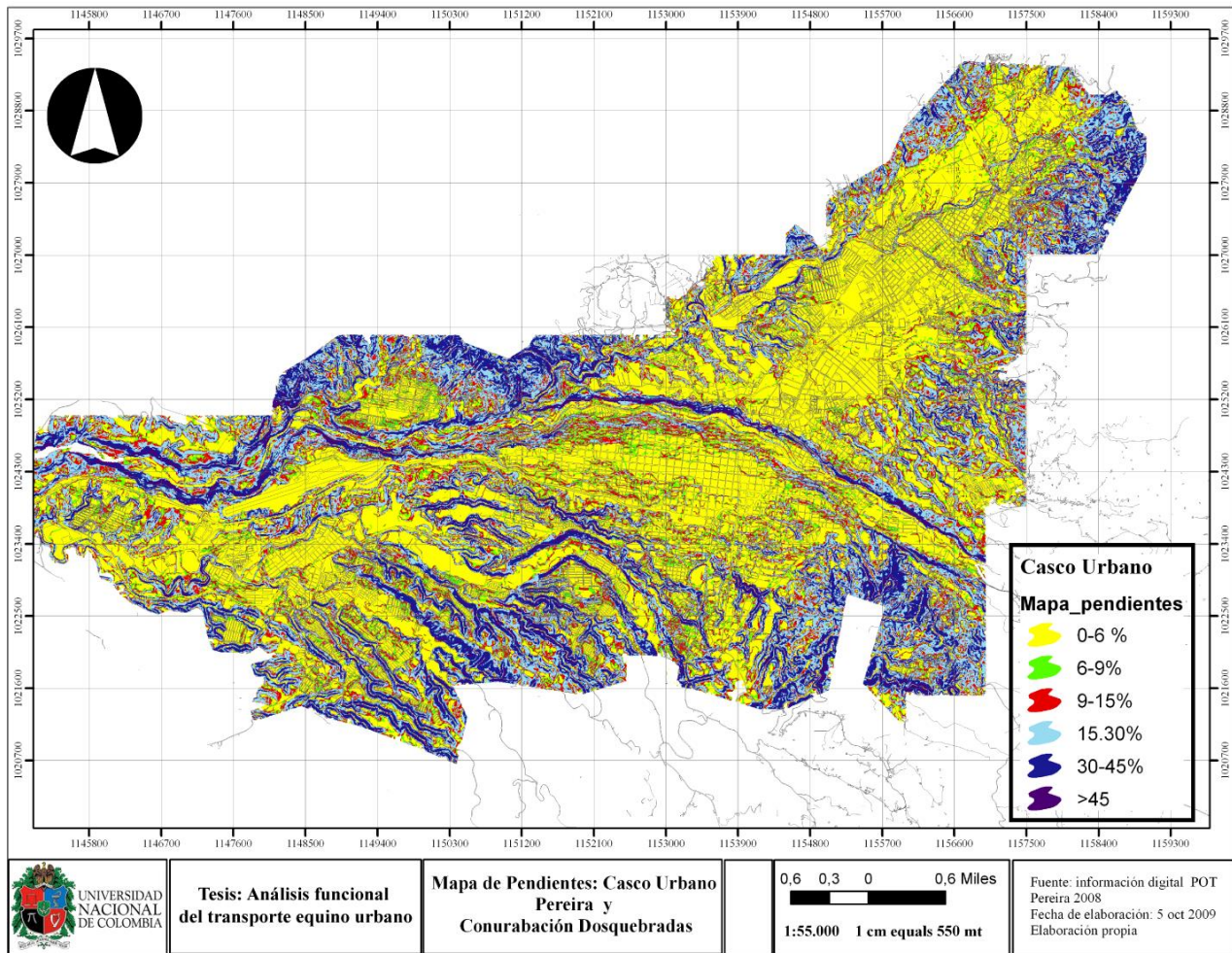


Figura 58 Rangos de pendiente de la zona urbana de los municipios de Pereira y Dosquebradas. Fuente: Elaboración propia. Información geográfica del POT del municipio de Pereira 2008. Rangos de pendiente a partir de un modelo digital de elevaciones (MDE), de *raster* con resolución de 5 metros por pixel. Software Arcgis -versión 9,3 Esri®-.

5.2. Entorno laboral y vivienda

La reforma urbana implementada en el área metropolitana de Pereira a principios del s. XXI, generó conflictos viales entre los STE y los demás sistemas de transporte como buses, taxis, vehículos particulares, camiones, entre otros. La reforma consistió en incorporar, como solución de movilidad pública urbana, el sistema de transporte masivo Megabus por las principales vías de Pereira y Dosquebradas, como son la Avenida 30 de Agosto, Avenida del Ferrocarril, carreras séptima y octava en Pereira y Avenida Simón Bolívar en Dosquebradas, vías que pasan por el centro de la ciudad. Las consecuencias se vieron en la reducción considerable del ancho disponible de la sección vial por la calzada donde se implementó el Megabus, aumentando la

En el ruteo de los STE, los conductores escogen las vías más adecuadas para movilizar la carga; ellos empíricamente conocen la capacidad del animal para llevar una carga a una pendiente determinada, esto se pudo comprobar mediante el trabajo de campo (Entrevista de percepción 2008 y la Encuesta de movilidad 2008). Los caballos de los conductores encuestados no se presentaron con alto deterioro físico. El no poder transitar por las vías restringidas, le implica al STE hacer recorridos más largos, ir en contravía y en muchos casos circular por pendientes que superan la capacidad del caballo. Pese a la dificultad en el terreno, las restricciones y las largas distancias, ellos deben hacer dichos recorridos, pues en caso contrario no conseguirán quién los contrate de nuevo. Otro conflicto urbano que afecta la circulación de los STE, se da con los conductores de servicio público como taxis y buses, quienes han comprometido al sistema-animal en muchos de los accidentes presentados. Expresan algunos de los encuestados, que las personas de los transportes públicos consideran que la tracción equina no tiene derecho a moverse como cualquier otro transporte.

Como se expone en los párrafos anteriores, el gremio de la tracción equina está supeditado a los cambios urbanos sin respeto por su área de trabajo y tampoco son reconocidos como transporte importante dentro del mercado laboral. La zona de la antigua galería, en donde se ubicaron por más de un decenio los conductores del STE, fueron desplazados en el año 2003 a otros sitios de parqueos o zonas laborales, como consecuencia de la renovación urbana denominada “Ciudad Victoria” en el centro de la ciudad. Para su traslado, no se tuvo en cuenta la dinámica laboral de estas personas o los clientes con quienes trabajaban. La situación se repitió al año 2007 en el Parque Central del barrio Cuba, donde los conductores fueron desalojados a un sitio no comercial, con la finalidad de construir el actual intercambiador del Megabus.

5.2.1. Zonas laborales y de parqueo

En la ciudad de Pereira los conductores se estacionan en el centro y zonas medianamente periféricas -tabla 19. La ubicación descentralizada del STE les da la opción de trabajar por sectores en un radio de 1 a 3 kilómetros aproximadamente, sin presentarse interferencia entre sí de los clientes de cada cual; aunque es muy cotidiano que el STE acarreen del Centro de la ciudad hacia Cuba, Dosquebradas y viceversa, lo que representa distancias de ida y retorno mayores a 15 kilómetros en un solo cliente atendido.

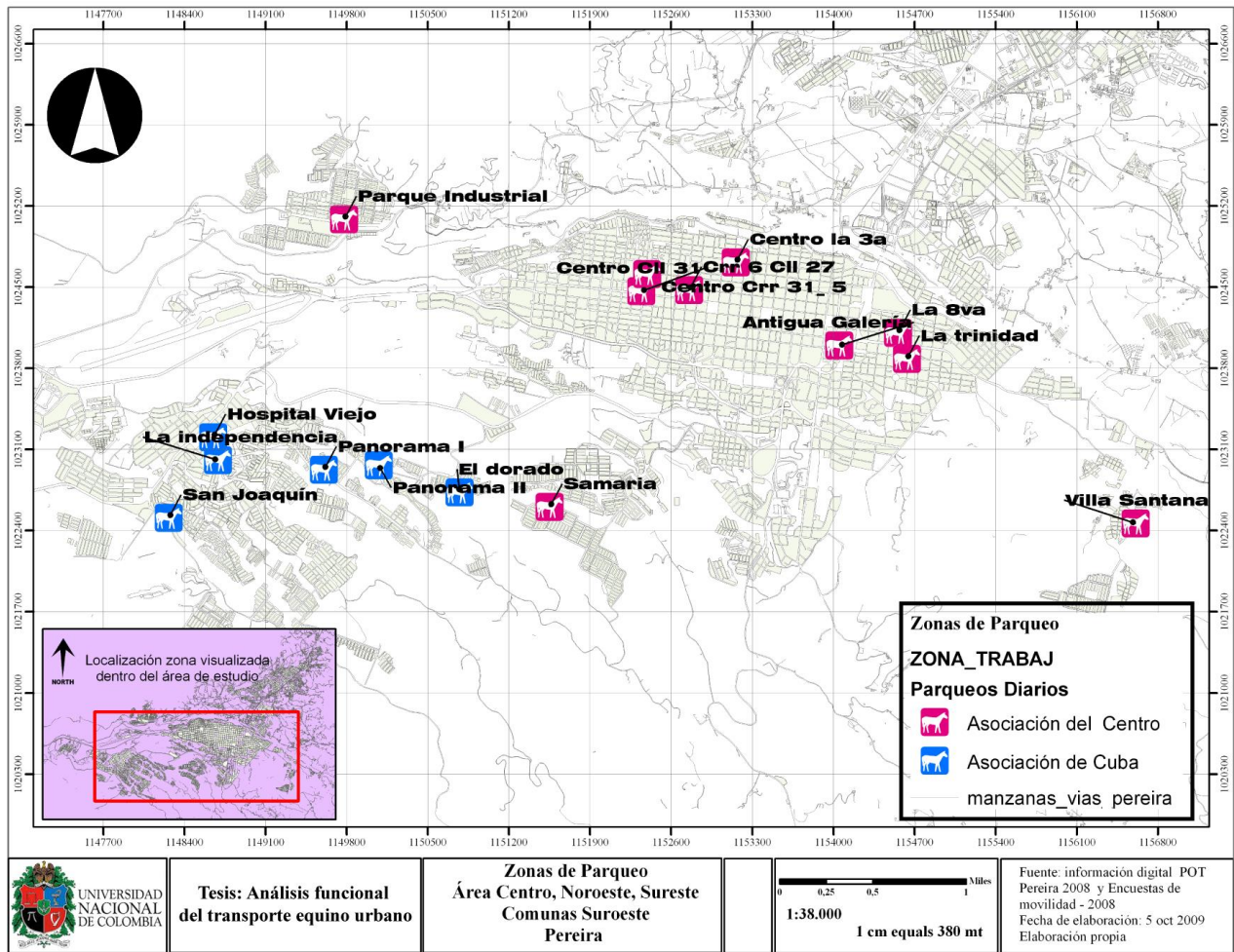


Figura 60 Zonas de parqueo de los conductores asociados, Centro y Cuba.

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

Al momento de la Encuesta de movilidad 2008, los parqueos de la zona Centro acogían el 44 % de los conductores del total de la población; los parqueos de la zona Cuba reunían el 47 % y los parqueos de Villa Santana (al este de la ciudad) como Parque Industrial el 9 % de la población. La selección de los sitios de trabajo ha obedecido a la demanda del mercado, por lo general el STE está cerca de los grandes establecimientos que distribuyen materiales de construcción, como también cerca de sus hogares para minimizar recorridos muertos.

Es común que los conductores se movilicen entre zonas laborales de cortas distancias entre sí, la tabla 23, registra las distancias y la migración de los STE de una zona laboral a otra durante el día. Los de la zona Centro están a una distancia máxima de 0.77 km en línea recta a vuelo de pájaro, los de sur occidente a 0.76 km -anexo 3 tabla 10. Los conductores de las zonas laborales periféricas como Villa Santana y Samaria, migran indistintamente por días a las zonas laborales del Centro, teniendo que viajar hasta 2.85 km lineales. No es común que los conductores del Parque Industrial Villa Santana trabajen en el Centro o el Sur Occidente, por encontrarse aislados topográficamente por pendientes muy altas y trayectos de muchos

kilómetros.

Si bien, no parece significativo que los sistemas se desplacen hasta 3 km entre zonas laborales una o varias veces al día, sí resulta ser un gasto energético extra para el caballo del sistema, lo que debería evitarse.

Tabla 23 Distancia entre los parqueos según la zona

Zona laboral	Zonas de migración	Kilómetros
CENTRO		
La 8va	La Trinidad	0.03
Trinidad	la Antigua Galería	0.56
Antigua Galería	La 8va	0.05
Crr 6 Cll 27	Crr 3ra	0.45
Crr 3	Crr 31 Cll 5	0.77
Crr 31 Cll 5	Cll 31	0.15
Cll 31	Crr 5 Cll 27	0.39
Crr 31 Cll 5	Samaria	2.68
Samaria	Antigua Galería	2.85
SUR ORIENTE		
Villa Santana	la 8va	2.69
SUR OCCIDENTE		
Panorama I	Panorama II	0.47
Panorama II	El Dorado	0.76
Panorama I	Hospital Viejo	0.10
Hospital Viejo	La Independencia	0.22
La Independencia	San Joaquín	0.65

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

Cálculos obtenidos mediante el SIG.

La interacción del sistema equino en la zona laboral con el entorno de la ciudad es conflictiva, los equinos deben ser alimentados en la calle al no existir parqueos diseñados especialmente para ellos. Al momento de la encuesta, la zona laboral Panorama I reunía los conductores desplazados del Parque Central de Cuba, en un lote de venta de materiales de construcción, propiedad del jefe del sindicato de los STE del sur occidente, por tanto, la alimentación de los caballos no se presentaba en la calle, sin embargo, el lote solo estaría disponible por el tiempo de las obras civiles del año 2008, después estos volverían a un parqueo común sobre la calle o el andén.

5.2.2. Parqueo nocturno del sistema y vivienda

Los sitios laborales son el eje de la actividad de cada conductor, por tanto, intentan trabajar y guardar el caballo en una zona cercana a su hogar. En la figura 61 se muestra la ubicación del Hogar de los STE encuestados, y en la figura 62 las Zonas de influencia laboral a un kilómetro con el parqueo nocturno del caballo. De la encuesta de movilidad de 2008, se pudo corroborar que la zona de parqueo nocturno del semoviente, se encuentra en un sitio entre el punto laboral y el hogar, en el hogar o en el mismo sitio laboral. En general el parqueo nocturno respecto a la zona laboral, está en un área de 0.5 km a 2 km, cuando no es en la misma zona laboral; se observa que los sistemas ubicados en el Centro hacen un viaje más largo para guardar el equino, seguramente por estar en zona urbana totalmente edificada. El conductor No. 16 es el que vive y guarda más lejos su sistema, lo hace en la conurbación de Dosquebradas y trabaja en el parqueo del Centro Cll 31 Cra 7ª, significa que el caballo debe viajar alrededor de 5 km extras de ida y 5 km de retorno. De la totalidad de la muestra, se pudo concluir que el conductor mencionado, es el que trabaja más alejado de su hogar. El 72 % de los caballos duerme en el hogar de sus conductores. En la figura 42 se ilustró el Parqueo nocturno del caballo en la zona de hogar de los encuestados.

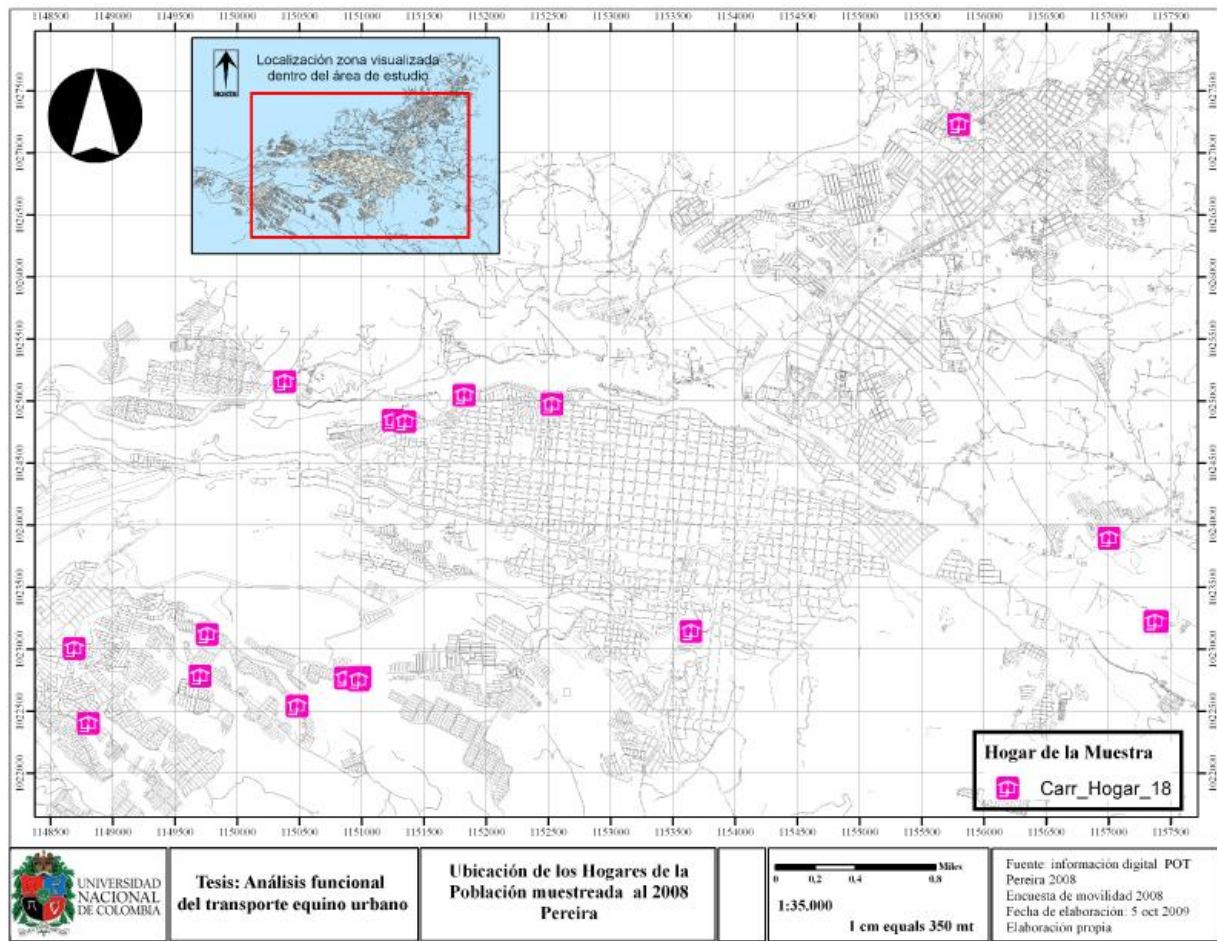


Figura 61 Hogar de los STE encuestados.
Fuente: Elaboración. Encuesta de movilidad 2008.

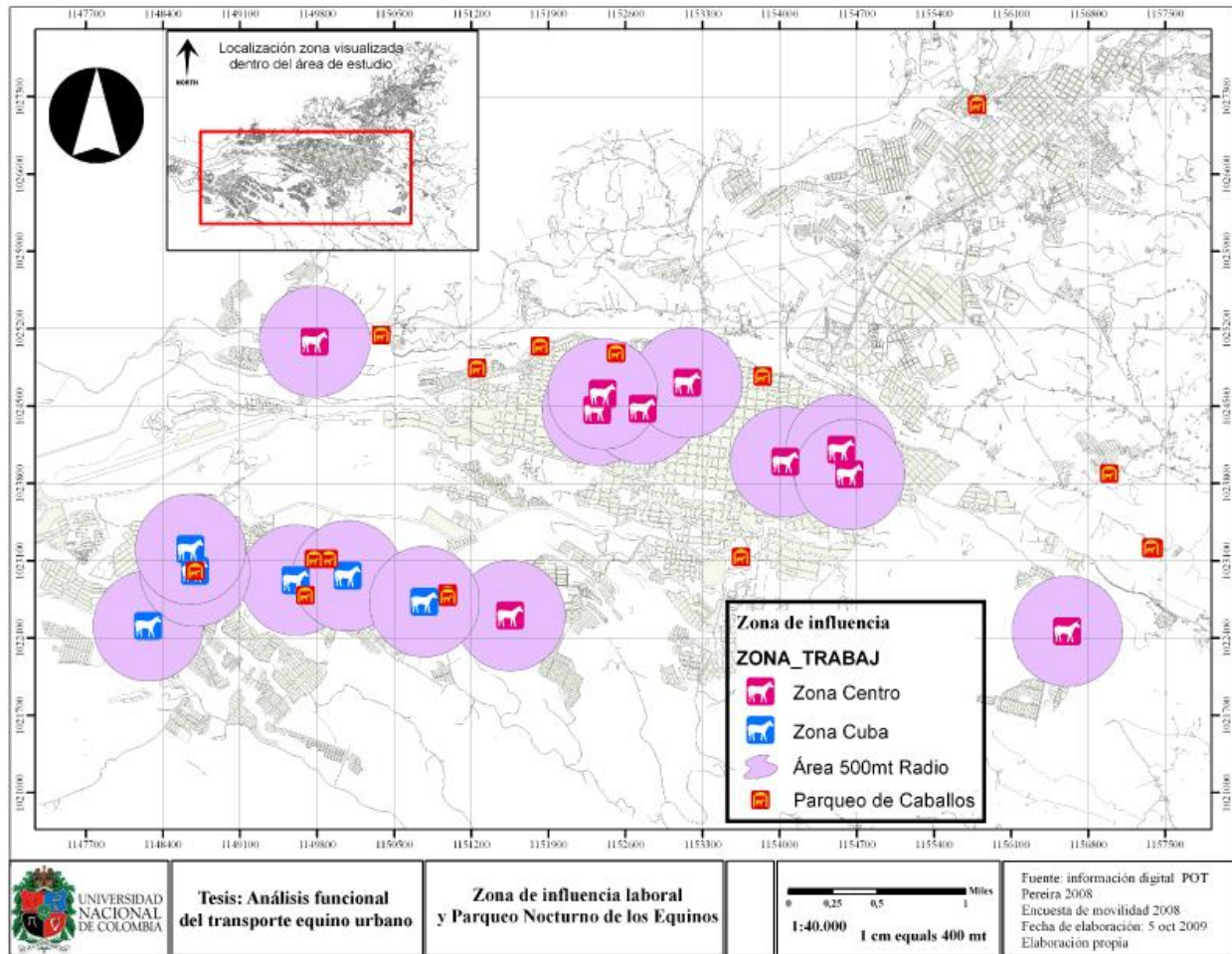


Figura 62 Zonas de influencia laboral a un 1 km con el parqueo nocturno del caballo
Fuente: Elaboración. Encuesta de movilidad 2008.

El 74% de las viviendas de toda la población de conductores censada en el año 2003 (Instituto de Tránsito y Transporte Pereira, 2003) se localizan entre 0.012 km a 2 km lineales de la zona laboral más cercana entre el casco urbano y rural de Pereira -figura 61 y en anexo 3 tabla 10-. Los conductores que viven en el oriente en la conurbación de Dosquebradas y en otras áreas del sur-oriente, son los más alejados de las zonas laborales, por tanto, el caballo tiene que recorrer una distancia extra para trabajar diariamente. El 9 % de la población total tiene que viajar entre 8 km y 13 km promedio ida y retorno de la zona laboral al hogar. El hogar más alejado se registró en el área rural de la Florida a 7.3 km del punto laboral de Villa Santana. La motivación de su desplazamiento a zonas laborales retiradas del hogar, puede deberse a la demanda del mercado.

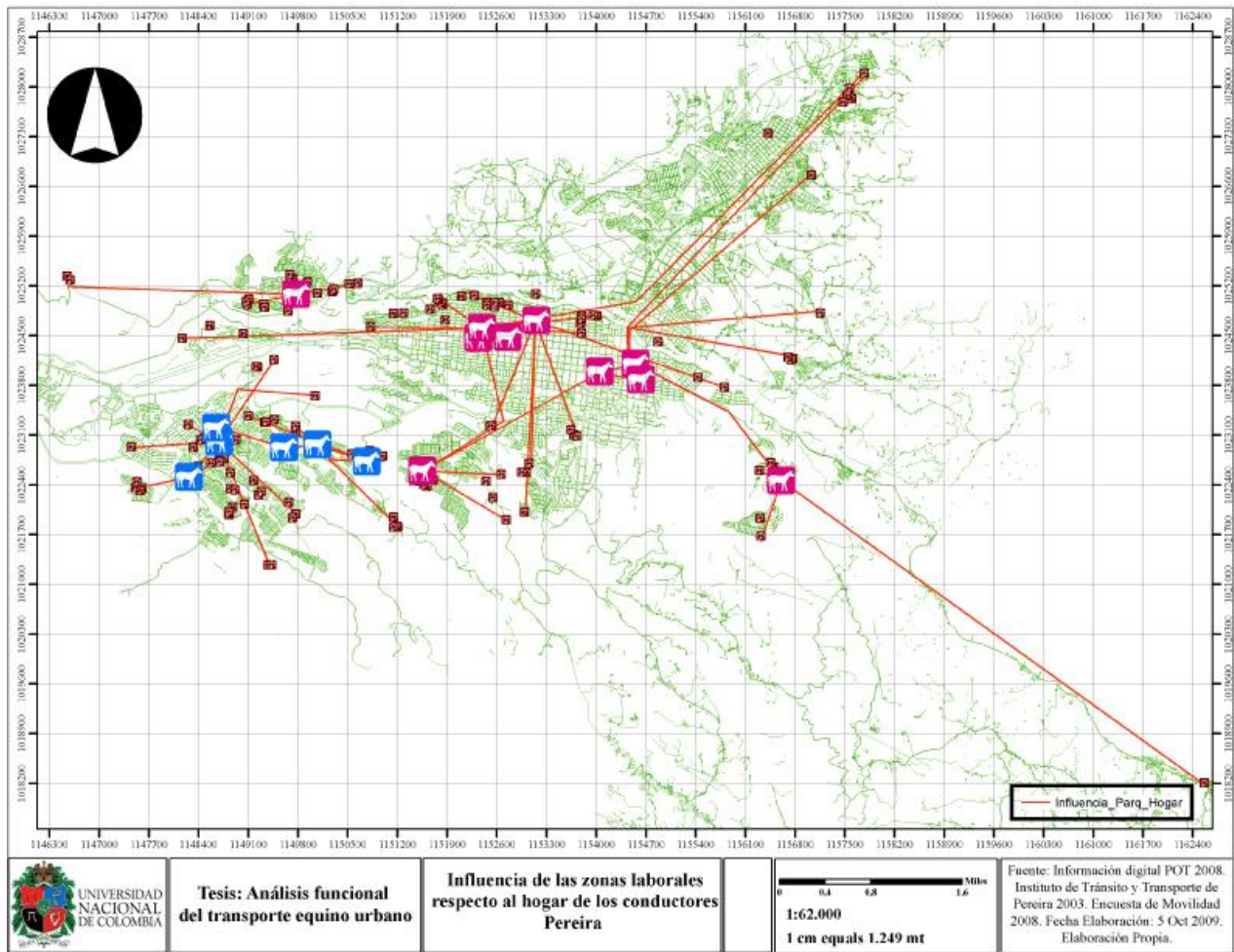


Figura 63 Hogares del total de la población y zonas laborales.

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008) e Instituto de Tránsito y Transporte Pereira (2003). Herramienta SIG.

5.3. Rutas del día anterior

En este ítem se comprueba la hipótesis sobre el funcionamiento del STE en el caso de estudio a partir de los resultados de la Encuesta de movilidad 2008.

5.3.1. Rutas laborales

El ruteo por conductor del STE de Pereira, se trazó en cada sitio laboral -figura 64-, para efectos del análisis se incluye la ruta C o ruta fija en las rutas 1 y se trabajan los trayectos como Ruta 1 y 2 (ruta larga), ida y retorno. Un 50 % de los conductores del STE encuestados declaran un promedio de 4 a 6 rutas diarias ida y vuelta -figura 44, la frecuencia de viajes diarios se da

en la medida que consigan trabajo o que las distancias se los permitan. Se observa que el STE circulan por todo el casco urbano de Pereira. Los ubicados en la zona centro atraviesan la ciudad diariamente desde la comuna oriente, la Florida hasta los sectores conocidos como el Rocío y la Olímpica (conductores No. 9 a 13, 15 a 18). En la figura 64 se observa el casco urbano de Pereira con la diagramación de las rutas del día anterior del STE. Los conductores del Sur Occidente trabajan desde la comuna Cuba hasta el Oso (conductores No. 1 a 8). Los conductores del parqueo del Norte transitan por los alrededores de la comuna del Café y el Aeropuerto (conductor No. 14).

Se pudo constatar en campo que el STE de dos ejes andan a una velocidad entre 14 km/h y 20 km/h, es decir, entre 3.9 y 5.5 m/s cuando van en 0 % de pendiente y descargados, por lo que los caballos con carreta vacía van al trote, en parte debido a la presión del tráfico vehicular y también por ganar tiempo, por lo cual se les ve sobre forzados, siendo esto una manifestación poco documentada de maltrato al caballo.

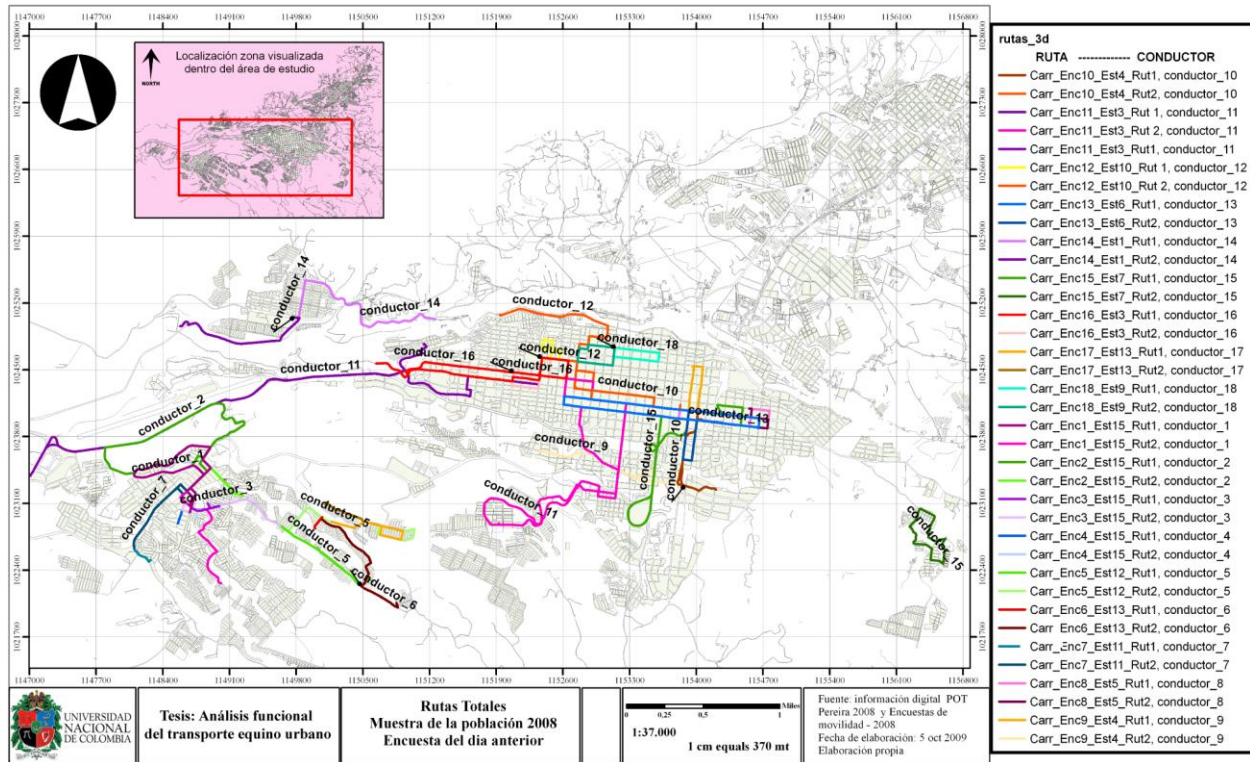


Figura 64 Mapa general de Rutas del día anterior del STE
 Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008). Herramienta SIG.

En las rutas recopiladas, la mayoría de kilómetros los reunió el conductor No. 11 con 19.41 km, el mínimo lo obtuvo el conductor No. 4 con 1.46 km en total. El promedio de la longitud de las rutas ida y retorno de la población encuestada es de 2.97 km, el recorrido más largo de ida y vuelta fue de 11.71 km y la ruta más corta de 0.29 km. Las longitudes de rutas más comunes

fueron del rango de 1 km a 1.99 km con un 33.3 % de la población encuestada, y el 8.3 % viajó entre 0.05 km y 0.99 km. Las distancias de rutas entre 2 km y 3.99 km correspondieron al 33.3 % de los encuestados, y las rutas entre 4 km y 12 km, el 25 % de las rutas, tal como se observa en la figura 65 y en la tabla 24 se recogen los datos del tiempo, longitud, mercancía y promedio de pendientes de las distintas rutas.

En la figura 65 se observa que obviando los viajes de 0 km a 1 km, ocurre menor cantidad de viajes entre mayor sea la distancia a recorrer. La relación entre estas dos variables ajusta perfectamente (R^2 de 84 %) a la conocida curva exponencial negativa que es propia del transporte. El beta (-0.397) es un valor alto en comparación con otros sistemas de transporte, lo cual muestra que el STE no está dispuesto a realizar viajes tan largos como lo hace un camión. Esta nueva ecuación aportada por esta tesis se llamará la ecuación (14)

$$P_{Lr} = 43.265 e^{-0.397 Lr} \quad (14)$$

Donde,

P_{Lr} es la proporción o el porcentaje de una determinada longitud de ruta

Lr es la longitud de la ruta, aplicable a valores mayores a 1 km

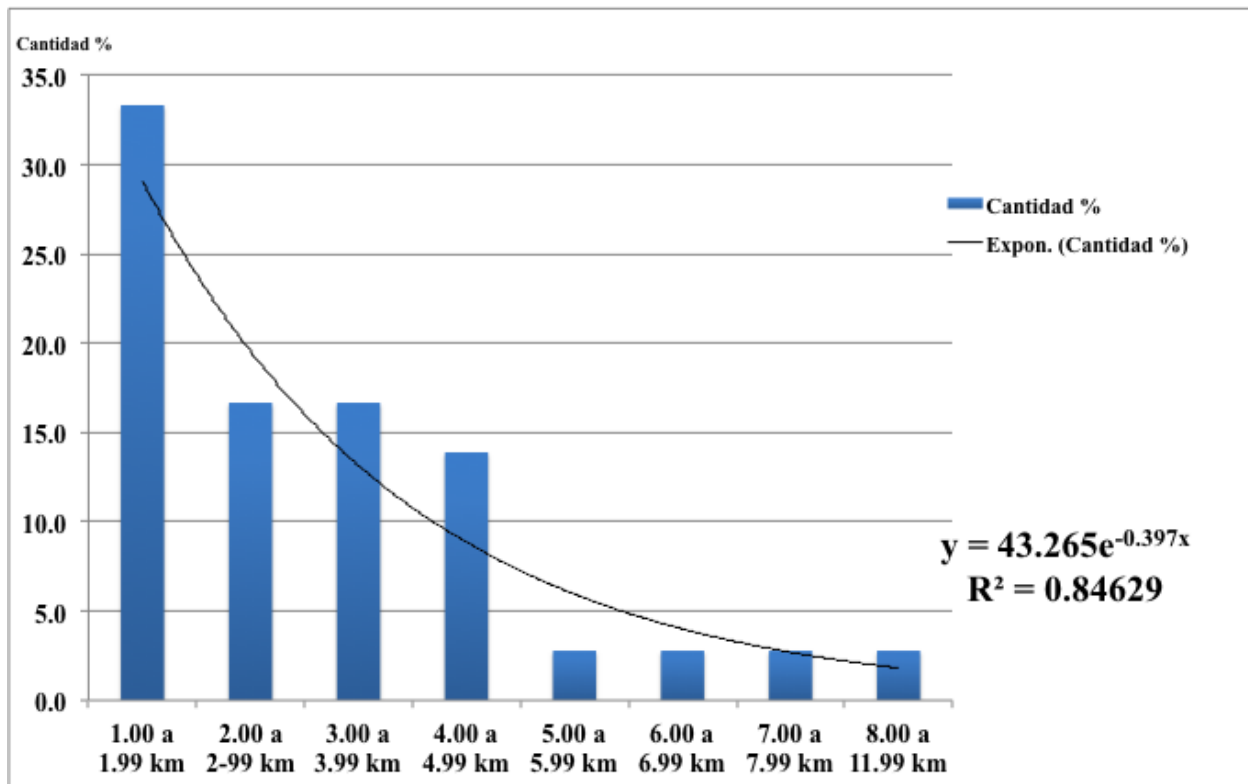


Figura 65 Rangos de longitud de rutas entre 1 km y 12 km, con curva exponencial negativa. STE Pereira

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008).

La recolección de la carga a transportar se da en varias modalidades, unos cargan la mercancía en los puntos laborales, otros inician el recorrido sin carga y hacen la parada en el punto de recolección de la mercancía y todos finalizan el recorrido en las zonas laborales o su hogar dependiendo de la hora. El conductor 8 fue el único que reportó en su ruta C solo el trayecto de ida, es decir, de su casa llega al sitio a recoger la mercancía y la lleva a su zona laboral -figura 66-. El STE generalmente va cargado en el trayecto de ida y se devuelve vacío. El promedio de longitud del trayecto del total de las rutas tipo 1 con carga transportada fue del 1.49 km y de las rutas 2 de 1.48 km, es decir, no hay una diferencia estadísticamente representativa de longitudes -anexo 3 tabla 11-. El 83.3 % de los sistemas inició el recorrido con carga, el 13.9 % cargó mercancía en medio de la ruta, y el 91.7 % terminó el recorrido sin carga, es decir, la mayoría de retornos son en vacío -anexo 3 tabla 12 -.

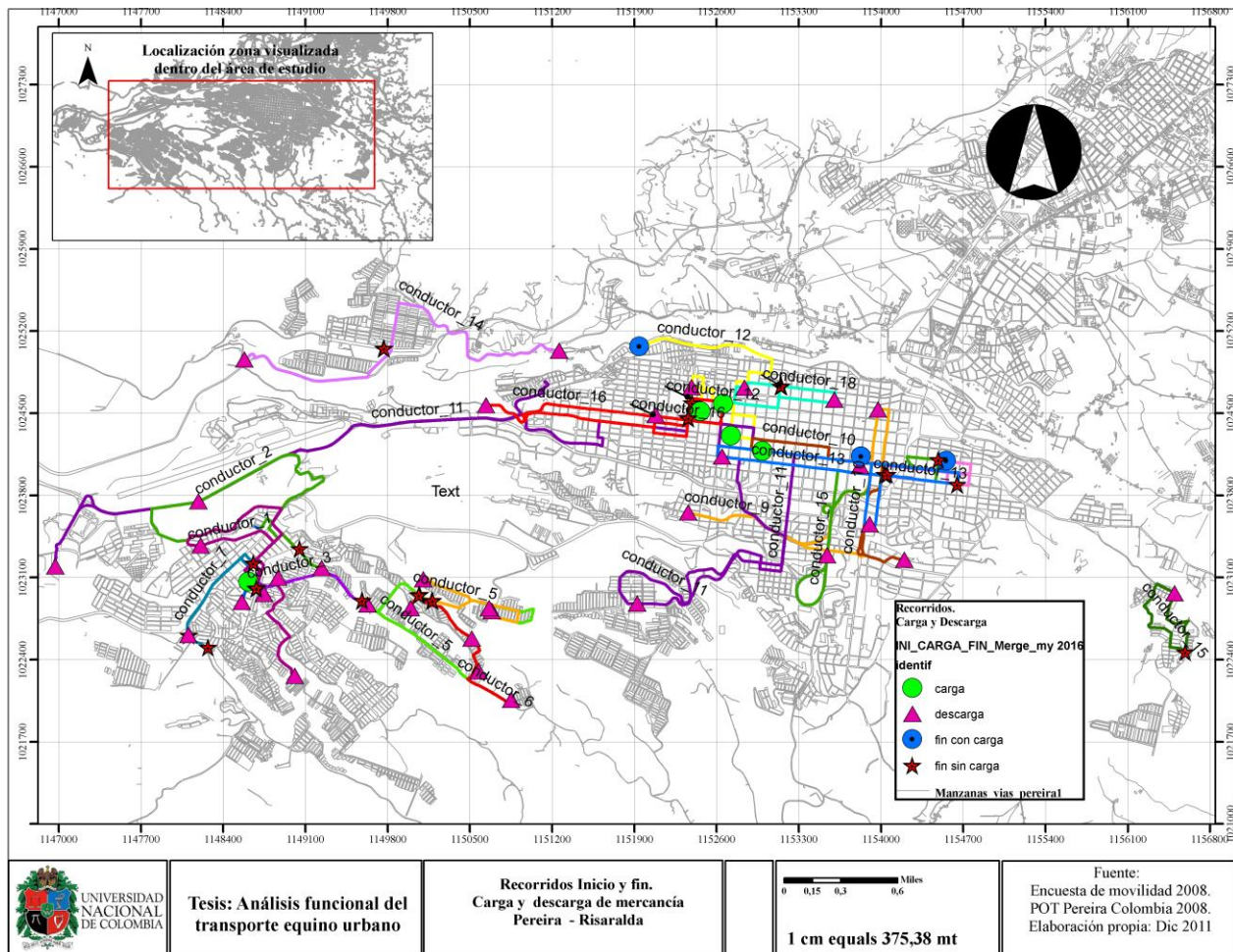


Figura 66. Actividad de recolección y descargue de la mercancía de los STE Pereira.

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008). Herramienta SIG.

Del peso de la mercancía transportada declarada por cada conductor, se observa que algunos no dimensionaron correctamente el peso tanto por exceso como por defecto, por ejemplo, se considera que unos andamios bien acomodados en la carreta del STE no llegan a pesar 400 kg, a no ser que hubiese acarreado cerca de 27 cuerpos, lo que resulta imposible porque no cabrían en la carreta -ver figura 48.

El tipo de mercancía transportada con más frecuencia es la arena, seguido de los escombros y el hierro, como puede verse en la figura 67. En el caso del hierro, las barras miden 6 metros de longitud, por tanto, sobresalen del planchón o carreta. Sobre las dimensiones de la mercancía que cada conductor acarrió, véase en anexo 3 la tabla 13. El promedio del peso transportado en el total de las rutas fue de 265.4 kg, el peso mínimo de 10 kg y el máximo de 500 kg -figura 48 -.

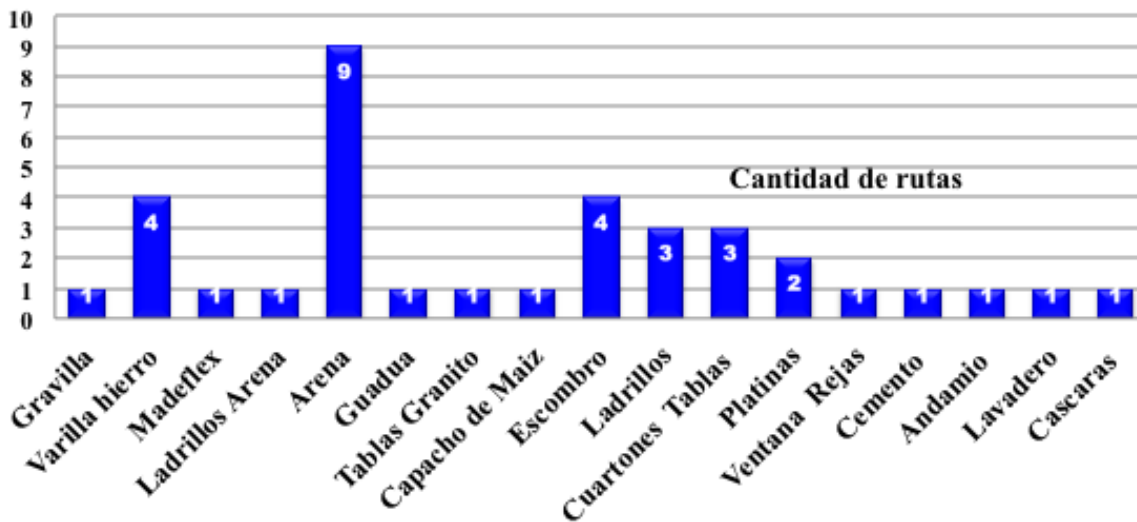


Figura 67 Frecuencia de la mercancía transportada en las rutas
Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008).

La pendiente máxima transitada fue del 25 % y la mínima del 0 %. Las pendientes más transitadas (moda) por los conductores estuvieron entre el 0.25 % y 10.10 % - tabla 24-. En esa misma tabla se observa que solo 9 de las 36 rutas tienen modas superiores al 4%, y entre ellas, sólo 4 superan el 6 %. Esto permite inferir que los carretilleros en un 75 % de sus recorridos tienen pendientes características (modas) inferiores al 4 % y en casi un 90 %, inferiores al 6 %. Entre los datos de las rutas sistematizadas en SIG, se encontraron pendientes superiores al 30 %, las cuales se obviaron por no ser medidas reales, sino el resultado de la interpolación del SIG donde hay cambios fuertes de pendientes en el terreno, que la vía no los sigue porque son salvados por puentes o viaductos. En pendientes superiores al 25 % el caballo se volcaría o rodaría con la carreta, representación a escala de las pendientes en la figura 68.

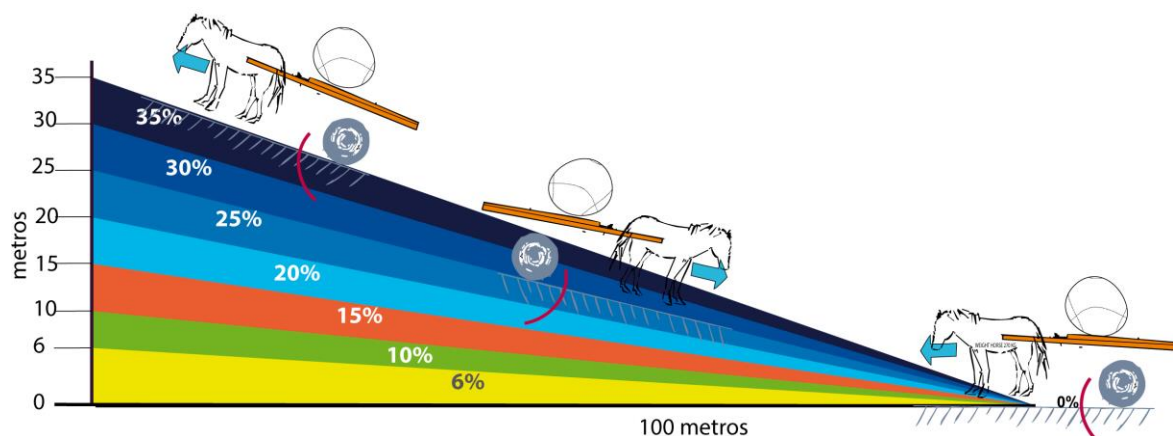


Figura 68 Representación a escala del STE en los % de pendientes.
Fuente: Elaboración propia.

El numero de tramos de las rutas transitados en los rangos 4 y 5 fue del 9 % y 11 %, -tabla 22 definición de intervalos de pendientes- y en el rango 1 del 57 %, las pendientes del rango 5 se consideran muy altas para el locomoción del sistema, véase anexo 3 tabla 14 el porcentaje total de pendientes transitadas en las 36 rutas de ida y retorno, como el número de tramos de 5 m aprox. correspondiente a cada pendiente.

Tabla 24 Moda, promedio y máximo de pendiente de las rutas del STE.

	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 1	Ruta 2
Conductor	Moda %	Moda %	Promedio %	Promedio %	Máximo %	Máximo %
1	0.16	0.55	2.91	6.79	24.6	24.2
2	1.82	2.03	5.33	7.86	24.3	23.7
3	5.84	0.25	4.27	7.16	17.3	24.8
4	3.84	1.05	4.40	2.37	11.7	9.2
5	5.99	10.10	7.08	7.16	25.4	25.4
6	5.71	4.14	5.14	7.34	17.2	25.0
7	1.56	2.46	7.55	6.72	25.3	25.3
8	0.86	7.53	6.03	7.08	25.3	24.3
9	3.18	3.06	3.93	4.98	25.1	23.4
10	3.01	0.02	5.39	2.28	23.6	18.4
11	0.01	2.93	4.75	7.55	24.4	25.4
12	4.72	0.25	6.67	6.91	23.9	24.9
13	0.74	3.04	4.24	3.71	24.7	24.1
14	3.87	7.86	5.73	11.11	25.4	25.2
15	1.01	0.24	5.56	3.93	24.2	25.1
16	0.46	1.54	4.91	4.83	25.2	24.7
17	6.47	0.13	8.50	7.90	24.9	23.6
18	0.30	0.33	4.13	3.38	16.9	13.0

El mínimo de pendientes registradas en cada trayecto fue del 0 %
Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008).

El promedio de pendiente más predominante encontrada en el total de las rutas, está en los rangos de $3\% < 6\%$ y $6\% < 8\%$, que corresponden al 86.1 % del total de las rutas del caso de estudio- tabla 24 y tabla 25. El mayor número de tramos transitados por la muestra fue en el rango de 0% a 3% con un 57 % de total de segmentos.

Tabla 25 Distribución de pendientes promedio del total de las rutas

Rutas con una pendiente promedio %	Pendiente Promedio %
8.3	2 < 3
47.2	3 < 6
38.9	6 < 8
5.6	8 < 12

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008, herramienta SIG.

El tiempo máximo que se registró entre los recorridos fue de 1 hora 30 minutos para los conductores No. 13 y 15, que anduvieron 2.25 km, el menor tiempo fue de 10 minutos para 1.06 km. El promedio total del tiempo de las rutas 1 y 2 fue de 37 minutos y la moda de 30 minutos, con una velocidad promedio de 5.12 km/h con el sistema cargado. El 30 % de las rutas duraron 30 minutos de ida y retorno con un peso máximo de mercancía de -Q₁- 500 kg, el 22 % de las rutas se hicieron en 1 hora y el 19 % duró 20 min en su recorrido -tabla 26-.

Tabla 26 Rutas: Tiempo, longitud, velocidad, peso de la mercancía y promedio pendientes.

Conductor	Ruta1					Ruta 2				
	Duración h	Distancia km	Mercancía* kg	Pendiente*** %	Velocidad** km/h	Duración h	Distancia km	Mercancía* kg	Pendiente*** %	Velocidad** km/h
1	1.0	3.09	400	2.91	2.31	0.5	1.63	50	2.91	4.93
2	0.3	5.01	40	5.33	3.74	0.3	2.47	400	5.33	3.65
3	0.5	1.19	400	4.27	2.68	0.3	1.00	400	4.27	7.28
4	0.8	0.45	500	4.4	0.68	0.3	3.61	400	4.4	3.01
5	1.0	2.55	400	7.08	2.53	0.5	3.11	400	7.08	5.37
6	1.0	0.3	250	5.14	0.22	0.3	6.94	300	5.14	6.95
7	0.3	0.44	250	7.55	0.33	0.1	1.33	400	7.55	6.87
8	0.5	2.32	150	6.03	6.95	0.5	4.97	150	6.03	1.99

Conductor	Ruta1					Ruta 2				
	Duración	Distancia	Mercancía*	Pendiente***	Velocidad **	Duracion	Distancia	Mercancía*	Pendiente***	Velocidad **
9	0.5	1.40	400	3.93	2.10	0.5	2.44	200	3.93	7.43
10	1.0	2.63	400	5.39	3.93	1.0	7.80	400	5.39	1.83
11	0.2	11.75	80	4.75	8.78	1.0	3.22	200	4.75	5.78
12	1.0	1.06	150	6.67	4.76	0.5	2.55	10	6.67	4.82
13	0.5	4.32	180	4.24	3.23	1.5	3.14	400	4.24	1.27
14	1.5	4.5	220	5.73	6.65	1.3	1.85	260	5.73	1.86
15	0.5	2.25	25	5.56	2.62	0.3	1.42	30	5.56	4.06
16	0.3	4.76	200	4.91	7.12	0.5	1.69	400	4.91	2.13
17	0.4	1.74	400	8.5	3.89	0.3	1.13	400	8.5	3.77
18	1.0	1.13	60	4.13	2.03	0.3	1.63	250	4.13	2.53

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008. ** Velocidad media de 2/3 del trayecto con carga. *** Pendiente promedio transitada.

5.3.2. Análisis de las rutas

En este aparte se analizan las rutas más representativas según las pendientes transitadas. En el trabajo de campo realizado en el año 2008, se constató que los conductores trabajan en unos radios de distancia que van de 1 a 3 km por lo general –figura 62- Un caso específico se presentó con el conductor No. 11 ubicado en la zona laboral de la Cra 6 CII 31, quien fue el que viajó con el caballo y el sistema más kilómetros del total de encuestados –figura 69 -. En la ruta 2 el conductor No. 11, el 11.57 % ida (i) con una mercancía de 80 kg, transitó por pendientes entre el 6 % y 8 %, y 9.47 % por dichas pendientes en el retorno (r). En un 27.96 % de la ruta lo hizo por pendientes entre el 8 % y 25 % (i) y 21.40 % (r). Durante la ruta 1, un 7.31 % (i) lo hizo por el intervalo o rango de pendiente 3 con una carga de 200 kg, y en un 12.21 % (i) con carga y 10.92 % (r) descargado -anexo 3 tabla 14, figura 72 -.

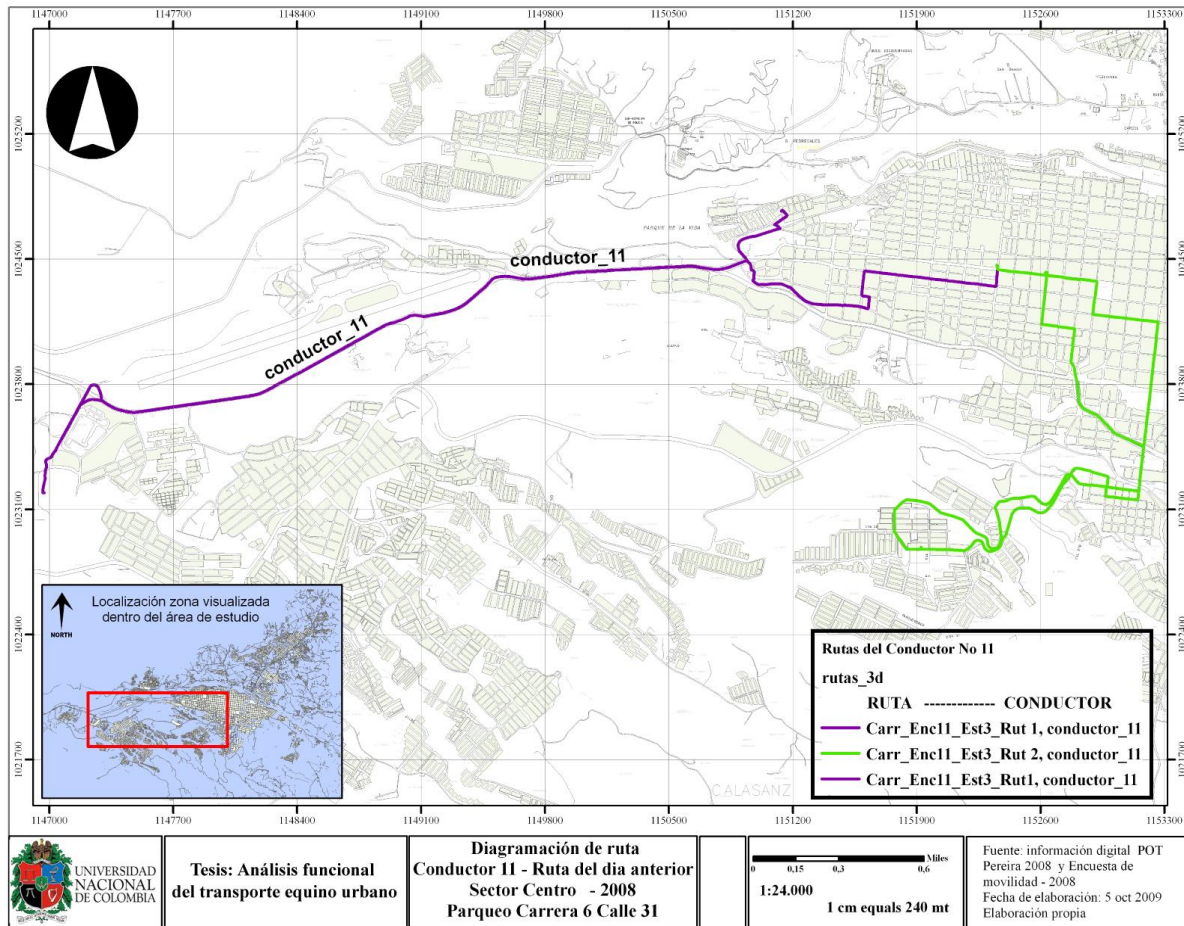


Figura 69 Rutas del Conductor 11

Elaboración propia. Fuente: Encuesta de movilidad (2008). Herramienta SIG.

Las rutas de los conductores pertenecientes a la zona del sur-occidente -barrio Cuba-, se mantuvieron en el área, a un radio de 2 km² a 4 km², los recorridos se realizaron a zonas aledañas a los parqueos laborales, como las comunas: Cuba, San Joaquín, el Oso, Perla del Otún, acarreando mercancía para obras civiles y a particulares –tabla 19-. Para la zona mencionada los conductores de la comuna Cuba transitaban por un promedio de pendientes del 5.9 % -tabla 26 y véase el sector laboral y el promedio de pendiente transitada en anexo 3 tabla 11-, pese a que la zona de influencia de los parqueaderos se encuentran en pendientes del 0 % a 3 %, ellos deben transitar por vías hasta del 25 % -representación de las rutas sobre el terreno en la figura 70. El conductor No. 7 ruta 1, transitó en un 30.23 % (i) y 20.55 % (r) de la ruta por pendientes entre el 12 % a 25 % con una mercancía de 250 kg. El conductor No. 3 ruta 2, transitó en un 14.83% (i) y 18.64 % (r) de la ruta por pendientes entre el 12 % y 25 % con una mercancía de 400

kg, el mayor porcentaje de tramos lo hizo en pendientes del intervalo 1 -0 % a 3%-, con 57.41% (i) y 53.18 % (r) –tabla 26, figura 72 y anexo 3 tabla 14-.

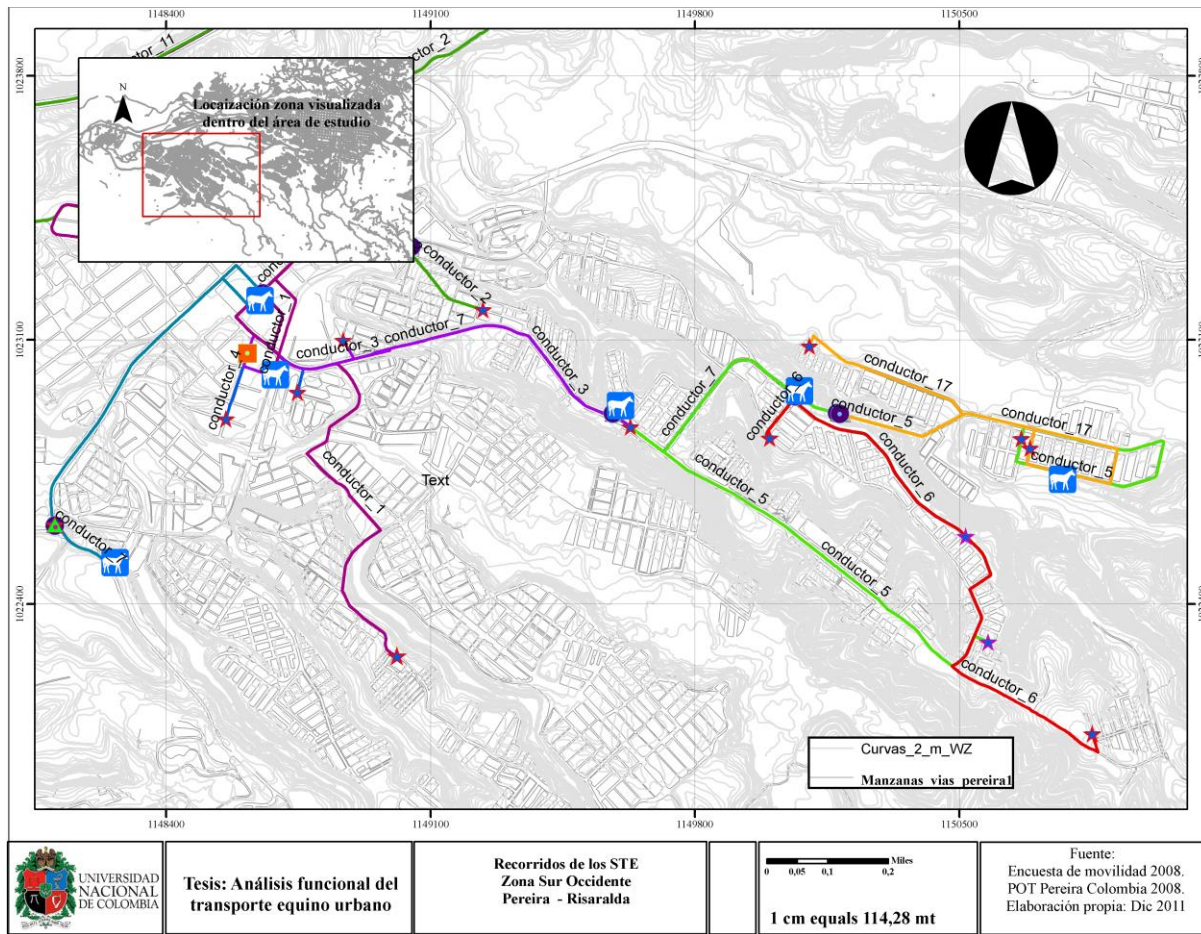


Figura 70 Pendientes, rutas y parqueos Zona Sur Occidente de Pereira.
Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

Los conductores pertenecientes a la zona del centro -figura 71-, transitaron por un promedio de pendientes del 5.5 % -tabla 26. Los conductores mencionados recorrieron en promedio un área de 3 km de radio, transportando carga a obras civiles, escombreras y a particulares. El conductor No. 11, realizó las rutas más largas de la muestra y anduvo por la Avenida 30 de Agosto que está restringida -figura 70. El conductor No. 9 ruta 2, descartando al conductor No. 11, hizo un recorrido más largo que el promedio de 5 km con 200 kg, un 12.87 % (i) y 18.03 % (r) de la ruta fue por pendientes del 6 % al 12 %; un 6.63 % (i) y 4.82 % (r) por pendientes del 12 % a 25 %. El conductor No. 18 ruta 1, el 6.73 % (i) y 4.96 % (r) de la ruta transitó por pendientes entre el 12 % y 25 % con una mercancía de 60 kg ida, el mayor porcentaje de pendiente estuvo entre el 0 % y 3 % para un 51.92% (i) y 63.64 % (r). En la ruta 2 el % de pendiente entre el 0 % y 3 % fue del 73.91 % (i) y 52.60 % (r) con una carga de 250 kg, y no anduvo por pendientes del 12 % a 25 % (i) -anexo 3 tabla 14-.

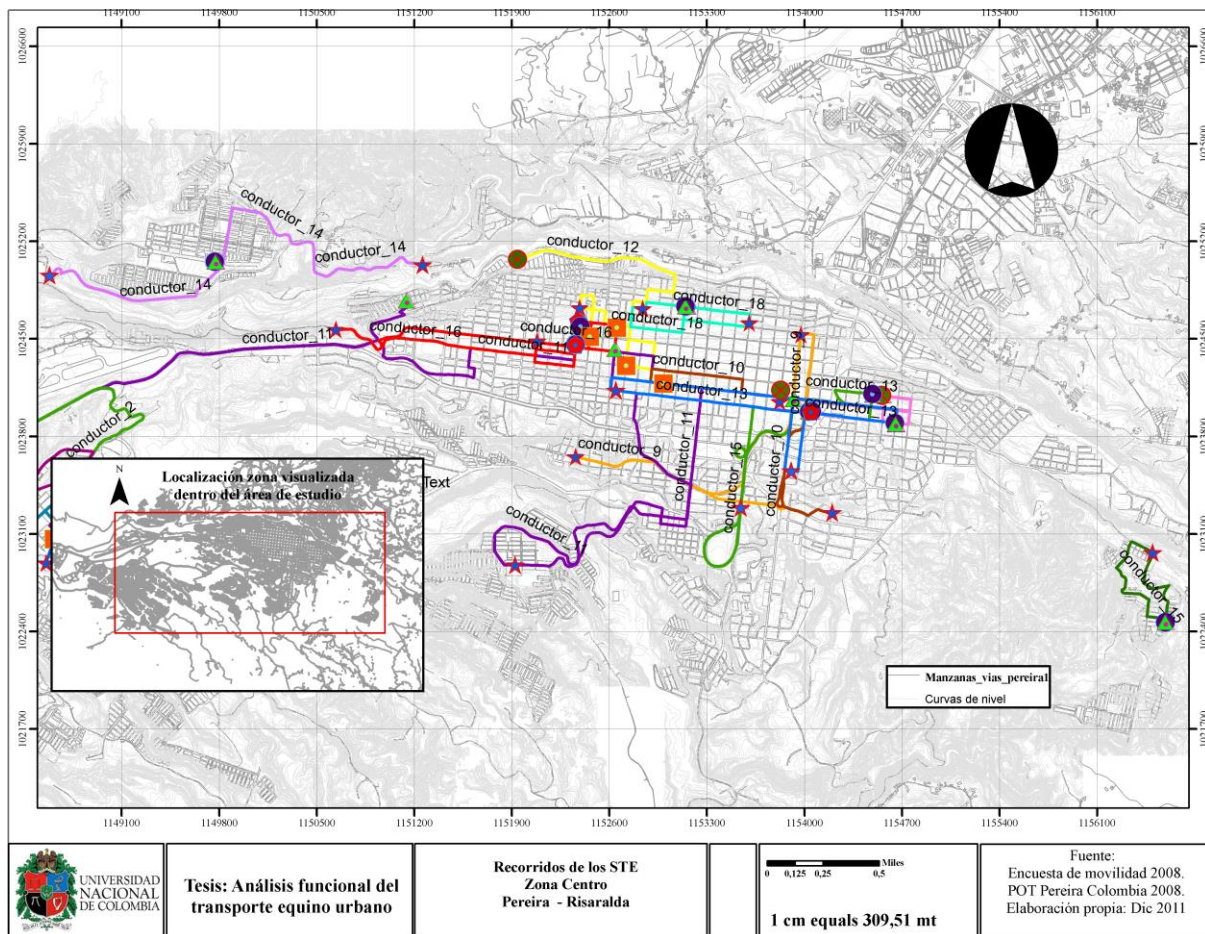


Figura 71 Pendientes, rutas y parques Zona Centro de Pereira.
Elaboración propia. Fuente: Encuesta de movilidad (2008). Herramienta SIG.

El conductor No. 14 ruta 2, perteneciente al sindicato del Centro, el cual se encuentra ubicado en el Parque Industrial, el 18.51 % (i) y 19.03 % (r) lo hizo por pendientes entre el 8 % y 12 %. En la misma ruta transitó el mayor porcentaje de kilómetros en pendientes del 12 % al 25 %; esto se debe a que la zona recorrida presenta pendientes altas, el promedio de pendiente de la ruta 2 fue de 11.1 % -anexo 3 tabla 14-. Los conductores de Parque Industrial raramente viajan al centro de la ciudad de Pereira, debido a que la zona está separada por grandes pendientes y por la *Avenida del Río*, vía paralela a la ciudad, la cual es concurrida por tráfico pesado

El conductor No. 15 perteneciente al Sindicato del Centro, trabaja en las mañanas en el parqueo de Villa Santana, y en las tardes viaja al parqueo de la Cll 8 Cra 8ª, lo que representa 4 km de viaje extra de ida y vuelta para el caballo –figuras 59 y 60-. El conductor No. 15 ruta 2, fue el que más kilómetros realizó en el rango 5 de pendiente con 29.37 % (i) y 20.83 % (r) de toda la muestra de conductores. En la ruta 1 que es una ruta constante -C de todos los días, transitó por pendientes del 6 % al 12 % en un 18.83 % (i) y 19.87 % (r), y en la ruta 2 en un 22.38 % (i) y 20.37 % (r) -anexo 3 tabla 14-.

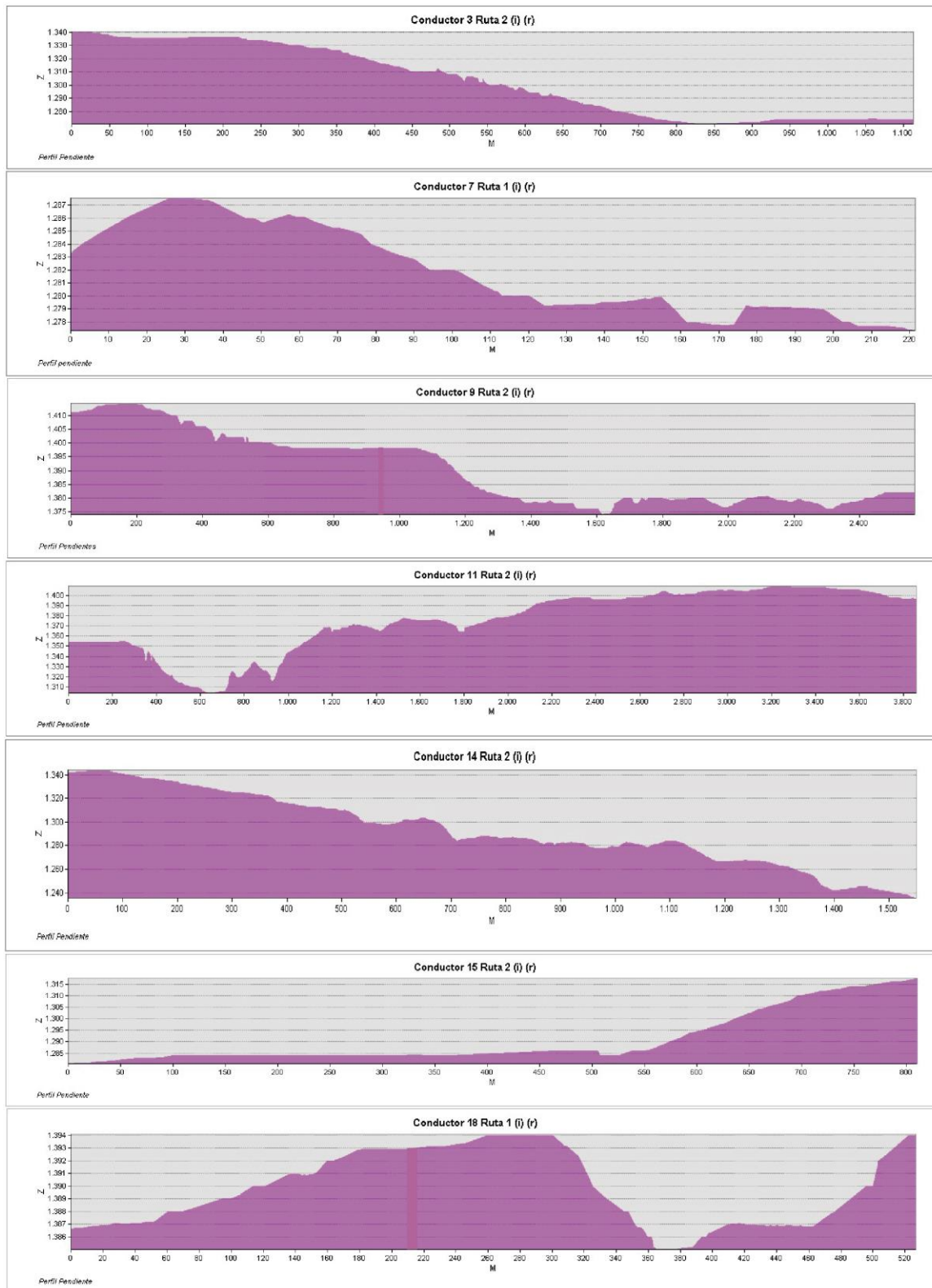


Figura 72 Perfiles viales de rutas de los STE de Pereira.
Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Circulación por Vías de restringidas

La Alcaldía de la ciudad ha restringido el número de vías para el tránsito de los STE, debido al tráfico urbano, lo reducido del ancho vial existente y por la implementación del sistema integrado de transporte masivo Megabus. Las vías restringidas aparentemente no representan un alto porcentaje respecto al total de la red vial – figura 73, tabla 27, sin embargo, los conductores que tienen sus zonas laborales cercanas a las vías restringidas, como el de la Antigua Galería, la 8va y la Trinidad – figura 60, figura 74, deberán transitarlas en algunos de sus recorridos laborales de ida o regreso. Lo anterior se debe a que las pendientes son muy bajas y se les facilita el tránsito, a diferencia de otras vías contiguas que tienen mayores pendientes dificultándosele la movilidad al caballo.

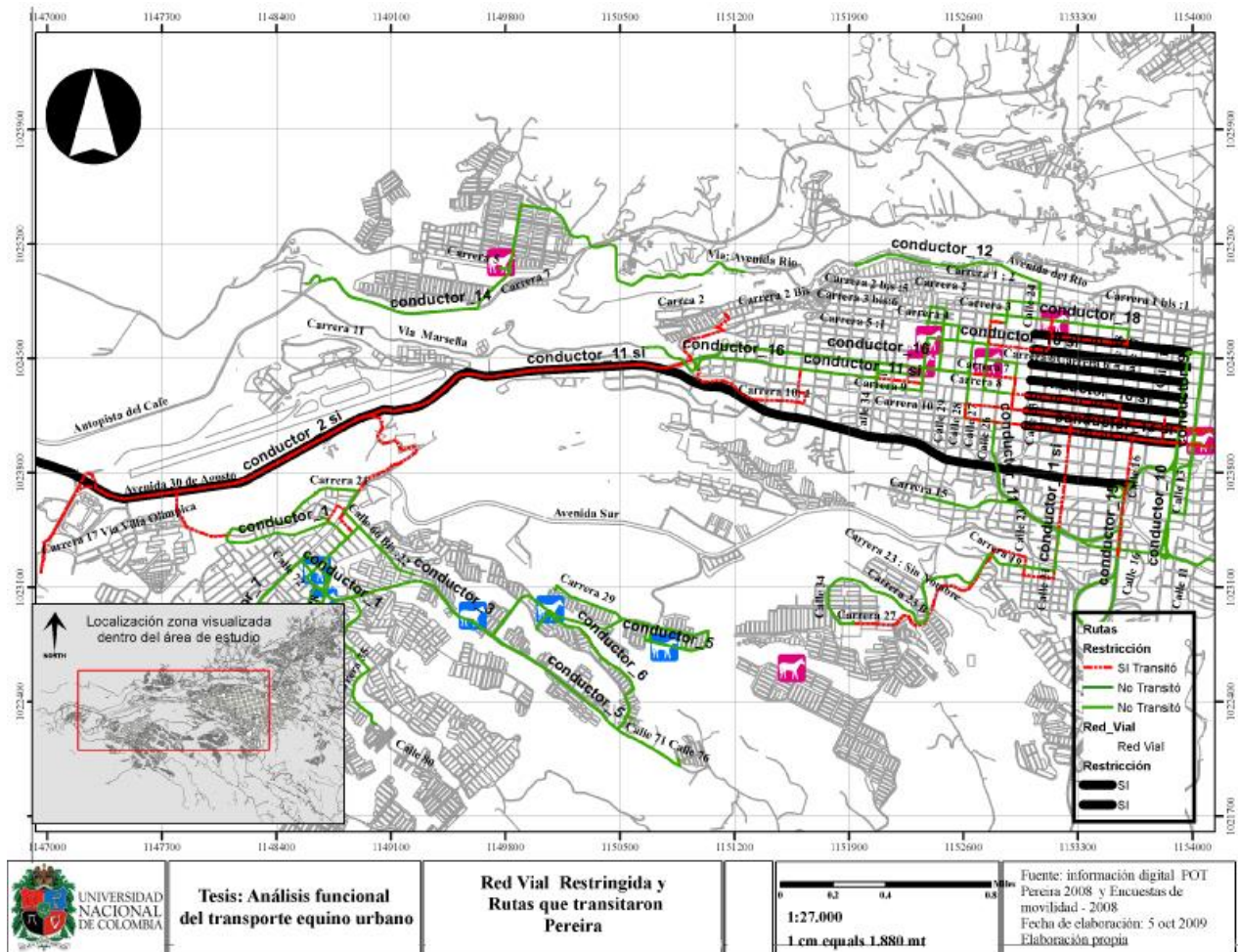


Figura 73 Rutas de los STE y vías restringidas
 Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

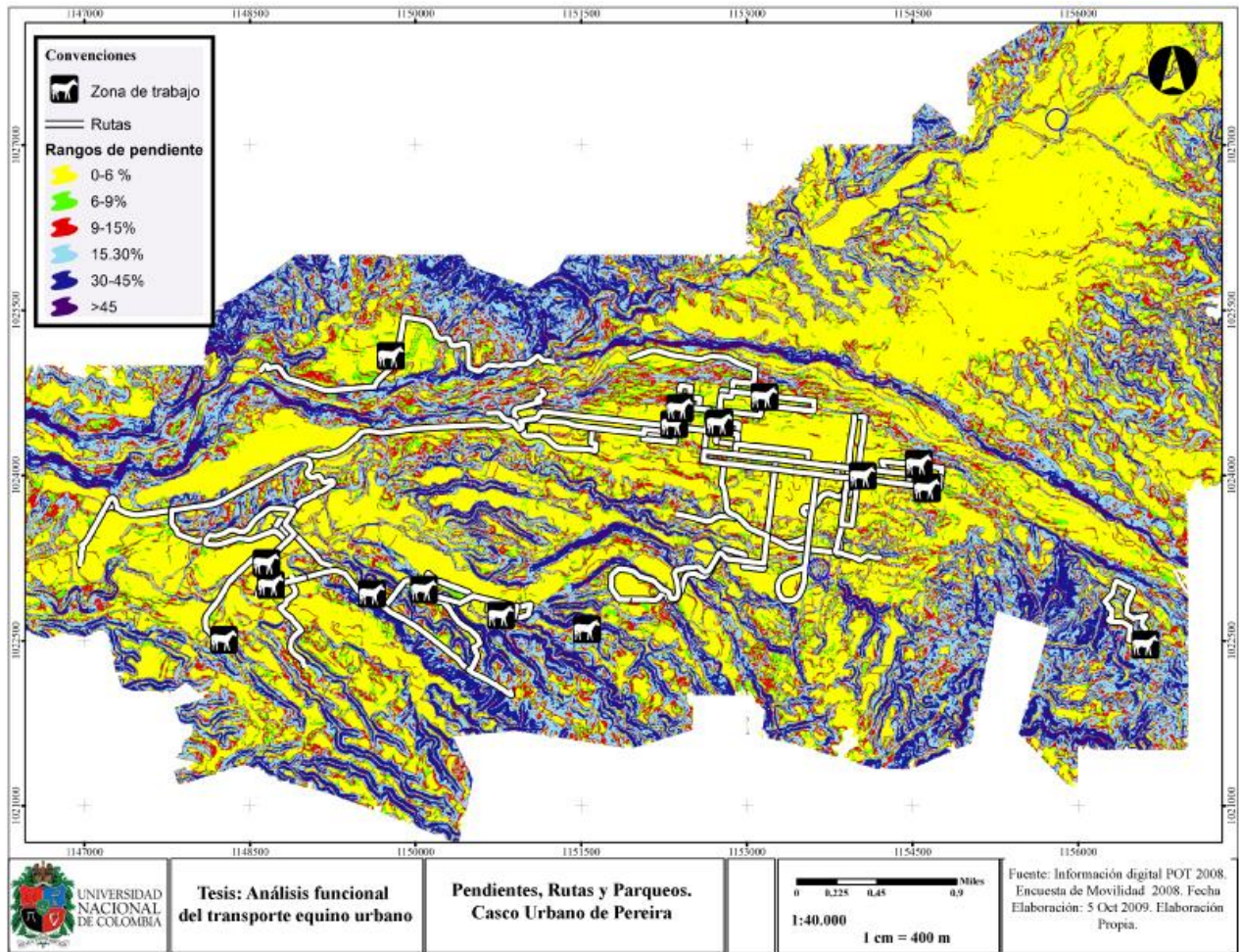


Figura 74 Pendientes Raster, rutas y parques. STE de Pereira. Elaboración propia. Fuente: Encuesta de movilidad (2008). Herramienta SIG.

La restricción acoge vías arterias secundarias así: de las carreras 6ª a la 10ª, entre las calles 14ª a la 24ª y la vía arteria principal 30 de Agosto en su totalidad (Alcaldía de Pereira Decreto No.1049 de 2001). Los señores conductores viajan normalmente por las vías autorizadas y por donde el sistema es capaz de movilizarse, empero, las vías restringidas abarcan sectores fundamentales de tránsito que conectan áreas principales, además de unir la ciudad de oriente a occidente.

De los recorridos trazados a partir de la Encuesta de Movilidad 2008, se observa que el 38 % del STE transitó por los tramos de vías restringidas, tabla 27, tabla 28, figura 73, de los cuales el 8.3 % de los recorridos representan rutas constantes –C-; quiere decir, que todos los días un pequeño porcentaje del STE debe transitar por la misma vía restringida. El 11 % de las rutas del total de la muestra, viajaron por las vías restringidas entre 7:30 am y 8:30 am (horas denominadas pico)–tabla 28-. Si se mira por el % de los conductores, al menos el 40 % de ellos utilizaron alguna vía restringida en al menos una ruta al día.

Tabla 27 Vías restringidas transitadas por el STE

Nomenclatura	Zona	Conductor	De paso	Vías Restringidas
Carrera 9	Centro	Conductor 11 -13	si	Calles 14 a 24
Carrera 10	Centro	Conductor 13 - 15 -8	si	Calles 14 a 24
Carrera 8	Centro	Conductor 10	si	Calles 14 a 24
Carrera 7	Centro		no	Calles 14 a 24
Carrera 5:1	Centro	Conductor 18	si	Calles 14 a 24
Carrera 6	Centro			Calles 14 a 24
Carrera 4	Centro	Conductor 18	si	Calles 14 a 24
	Oriente -			
Avenida 30 de Agosto	Occidente	Conductor 11 y 2	si	Toda

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

Tabla 28 Rutas del STE por las vías restringidas.

Conductor	Trayecto	Pasó vía restringida	Tipo de ruta	Parqueo	Hora inicio a	Hora inicio b	Hora fin a	Hora fin b
conductor 8	IDA	si	C	5	8:00		8:15	
conductor 11	IDA	si	1	3	7:30			
conductor 11	REGRESO	si	1	3			8:30	
conductor 11	REGRESO	si	2	3				13:00
conductor 10	REGRESO	si	2	4				10:00
conductor 10	IDA	si	2	4		9:00		
conductor 2	REGRESO	si	1	13			10:00	
conductor 2	IDA	si	1	13	9:00			
conductor 15	REGRESO	si	C	7			11:30	
conductor 13	REGRESO	si	1	6			11:30	
conductor 13	IDA	si	1	6	10:30			
conductor 18	REGRESO	si	1	8			10:25	
conductor 18	REGRESO	si	2	8				15:50

Fuente: Elaboración propia. Herramienta: SIG .Encuesta de movilidad 2008.

Es muy difícil para el STE de una región funcionar como transporte organizado si los acorralan en cuanto al tránsito por las vías de la ciudad. Se propone para las ciudades que acogen el STE, que las vías se restrinjan en función de su pendiente, considerando la capacidad del caballo y que en caso de conflicto con los otros transportes se analicen restricciones de solo horas pico como se hace con los vehículos automotores de carga; pero no restricciones permanentes de todo el día sobre unas vías que también son esenciales para la circulación del STE.

5.4. Diagnóstico de la movilidad de los STE de Pereira

En este apartado se evalúa y se comprueba el comportamiento del STE del caso de estudio, integrando las variables que definen su movilidad: caballo, carreta, pendiente, carga y velocidad. En el primer ítem, se diagnostica la movilidad de los STE de Pereira de acuerdo con los resultados de los análisis en SIG sobre la pendiente, el trabajo del caballo de tiro del caso de estudio con las fórmulas (2) a (4) y (7) a (10) -tabla 7-, y el cálculo de las fuerzas que inciden sobre el sistema STE, ecuaciones (11) a (13), según la sumatoria de vectores de fuerza en los planos X y Y, y la suma de los momentos alrededor del punto O -figuras 17 a 20 sub-aparte 3.2-. En el segundo ítem, se concluye el trabajo del STE de estudio por las diferentes pendientes, incluyendo la variable velocidad a la cual viajaron cargados los STE y el tiempo de los trayectos.

5.4.1 Trabajo del Caballo y funcionamiento del Sistema STE

El peso de los caballos $-Q_c-$ de estudio fue declarado por los conductores en 407 kg de promedio, un conductor dice que su caballo pesa 350 kg y el 61 % declara un peso entre 400 kg y 500 kg. Se considera que la información no es correcta puesto que la Asociación protectora de animales y plantas de Pereira, informó para la investigación, el promedio de peso corporal de los caballos de Pereira en 346 kg, el mínimo de 268 kg y el máximo de 413 kg (APAP, 2008); para el análisis se trabaja con el peso promedio de los caballos declarados por la APAP 2008. El valor k para calcular la distancia de trabajo D_r corresponde a 2 000 y el parámetro de velocidad β es igual a 1.3 deducida de Beltrán (1954, p 249) -ver del capítulo 3 fórmula (9).

El peso de la carreta dado por la población de estudio fue entre 100 kg y 250 kg, se tomará el máximo. El STE de Pereira llevan un ayudante, por tanto, el peso total de los hombres será de 140 kg. En el proceso de observación del STE, se pudo constatar que la mercancía es ubicada en la parte anterior de la carreta, entonces, los cálculos se desarrollan con la carga desplazada del eje a 0.35 m.

Seguidamente se describe el comportamiento teórico del STE del caso de estudio, según los requerimientos del trabajo del caballo de tiro con Q_c de 346 kg, denominado C_4 con I_a de 1.82 - fórmulas (2) a (4) y (7) a (10)-, fórmulas de Beltrán (1954). Cassai (1944). Reyes & Hetz (citados en Ponce & Ríos 1998).

a) Resultados de variables del trabajo del caballo de tiro C_4 :

$$C_c = 56 \frac{P_t^2}{A} \quad C_c = 102.07 \text{ kgf} \quad (2)$$

$$E_{pr} = P_c f_t \quad E_{pr} = 34.60 \text{ kgf} \quad (3)$$

$$F_{t1} = 30 \frac{P_t^2}{A} \quad F_{t1} = 54.68 \text{ kgf} \quad (4)$$

$$D_r = \frac{T_{d1}}{F_{pr}} \quad D_r = 18.50 \text{ km (con } E_{pr}) \quad (7)$$

$$D_r = 11.70 \text{ km (con } F_{t1})^*$$

$$V_{t1} = 3600(3/4)A \quad V_{t1} = 1.06 \text{ m/s (3.81 km/h)} \quad (8)$$

$$V_{t2} = bA \quad V_{t2} = 1.83 \text{ m/s (6.60 km/h)} \quad (9)$$

$$T_t = \frac{D_r}{V_t} \quad T_t = 4.86 \text{ h (con } E_{pr}) \quad (10)$$

$$T_t = 3.07 \text{ h (con } F_{t1})^*$$

* Distancia calculada con el F_{t1} para definir, en teoría, los kilómetros totales cuando los caballos del STE ejecutan su esfuerzo máximo durante todo un recorrido (variación para la tesis).

El equino $-Q_c-$ de 346 kg que trabaja en los STE de Pereira, tiene una capacidad máxima de carga sobre el lomo $-C_c-$ de 102.08 kgf, una fuerza de tracción máxima $-F_{t1}-$ de 54.68 kgf y hace un esfuerzo de tracción promedio de $-E_{pr}-$ de 34.6 kgf a un f_t de 1/10. Se le va a hallar la carga vertical al lomo $-R_1-$ y la fuerza de tracción $-F_{t2}-$, a pendientes $-p-$ del 0 % a 25 %, con los siguientes valores: una carga de mercancía $-Q_1-$ entre 10 kg y 500 kg, ubicada $-a-$ a 1.10 m del borde anterior de la carrocería (0.35 m desplazada del eje). Carreta $-Q_2-$ de 250 kg, de dimensiones: largo $-c-$ 1.50 m, altura $-h-$ 1 m, sentadero $-d-$ 0.20 m, tiro $-t-$ 1.50 m, posición del eje $-f-$ 0.75 m, compuesta de un eje en el centro del remolque (sin contar el tiro). Ancho de llantas $-o-$ 0.12 m, presión de inflado $-\Psi-$ 26 kgf/cm², carga máxima de las dos llantas $-N-$ 946.91

kgf, coeficiente de rodadura μ - 0.075. Se obtiene la fuerza normal $-N$ - y la fuerza de fricción sobre las llantas $-F_f$ - figura 75, tabla 29-.

Tabla 29 Valores de las variables de entrada. Funcionamiento del STE caso de estudio con caballo C₄.

<i>Parámetros del caballo C₄</i>			
C _c	Capacidad carga máx.	102.08	kgf
P _t	Perímetro torácico	1.60*	m
A	Alzada del caballo	1.41**	m
Q _c	Peso caballo	346	kg
F _{t1}	Fuerza tracción máxima	54.68	kgf
E _{pr}	Esfuerzo promedio	34.6	kgf
<i>Parámetros del carro y terreno</i>			
<i>a</i>	Ubicación carga	1.10	m
<i>b= c/2</i>	Mitad carro	0.75	m
<i>c</i>	Largo carro	1.50	m
<i>d</i>	Ancho sentadero	0.20	m
<i>f</i>	Posición del eje	0.75	m
<i>h</i>	Altura carro	1.00	m
<i>t</i>	Largo del tiro	1.50	m
R ₁	Transmisión peso al lomo	***	kgf
Q ₂	Peso de carreta	250	kgf
Q ₃	Peso de conductores	140	kgf
N	Fuerza reciben las llantas****	***	kgf
<i>p</i>	Pendiente	0 a 30	%
Q ₁	Carga a transportar	***	kgf
F _{t2}	Fuerza tracción Resultante	**	kgf
μ	Coeficiente de rodadura	0.075	
F _f	Fuerza fricción N* μ =	***	kgf

Fuente: Elaboración propia. *P_t tomado de Toro y Encinales (1994, p.576). **Alzada Promedio (APAP 2008). ***Resultados que se van obtener. **** N_{máximo} = 946.91 kg

b) Resultados de cálculos estáticos del sistema STE

El comportamiento teórico del sistema de la tracción equina de Pereira, se evalúa a través de la resolución de las ecuaciones (11) a (13), resultado de las cargas que recibe el sistema y las fuerzas a las que el caballo es sometido -figura 75-. Los resultados de las ecuaciones se resumen en la tabla 30, y se compilan completos con pendientes del 0 % a 30 % en el anexo 3 tabla 15.

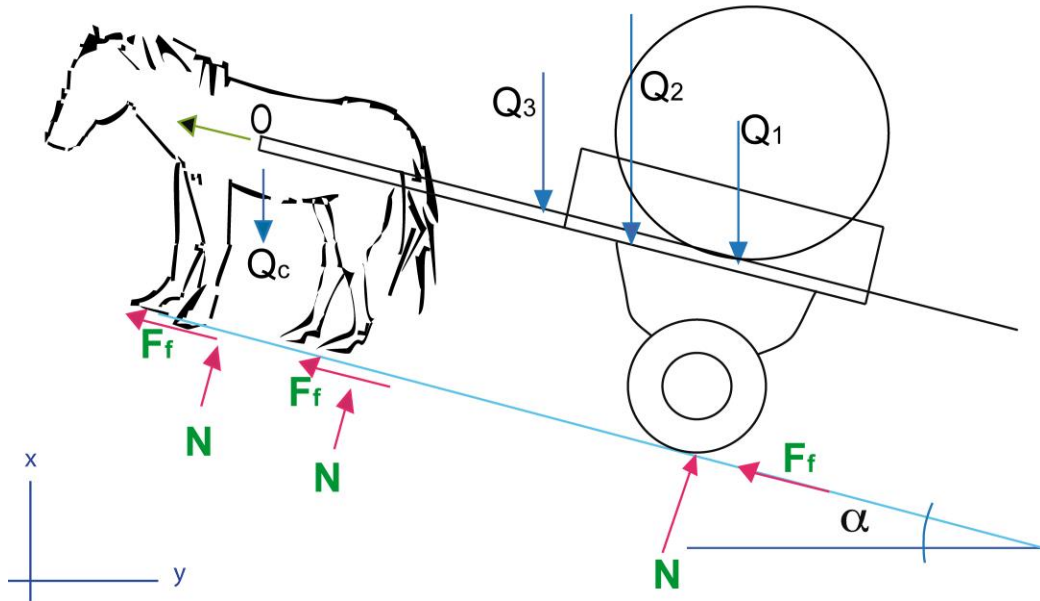


Figura 75 Fuerzas totales que actúan sobre el STE de Pereira
Fuente: Elaboración Propia

Formulación* para diagnosticar la movilidad de los STE de Pereira –Colombia-:

$$(t - d) \cos(\alpha) Q_3 + (t + c - a) \cos(\alpha) Q_2 + (t + c - b) \cos(\alpha) Q_1 - (t + c - f) N - hF_f = 0 \quad (11)$$

$$\cos(\alpha) R_1 - \cos(\alpha) Q_3 - \cos(\alpha) Q_2 - \cos(\alpha) Q_1 + N = 0 \quad (12)$$

$$-F_f - \cos(90-\alpha) R_1 + \cos(90-\alpha) Q_3 + \cos(90-\alpha) Q_2 + \cos(90-\alpha) Q_1 + F_f = 0 \quad (13)$$

*Fuente: Elaboración Propia

Resultados de las ecuaciones (11) a (13):

Tabla 30 Resultado del cálculo estático, con Q_1 desplazada a: 0.35 m del eje. STE caso de estudio ciudad de Pereira.

ítem	p	Q total	R_1	F_{t2}	N	F_f
	%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1	0	890	123.01	57.52	766.99	57.52
2	25	890	123.01	241.83	744.09	55.81
3	9	790	119.78	110.14	667.52	50.06
4	6	690	116.56	77.28	572.41	42.93
5	25	690	116.56	180.80	556.32	41.72
6	8	540	111.72	66.17	426.92	32.02
7	15	440	108.49	73.76	327.84	24.59
8	25	440	108.17	101.47	312.22	23.42

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de resultados sobre el Comportamiento del STE de Pereira, respecto a las pendientes transitadas y el trabajo del caballo C_4 :

La carga transmitida al lomo del caballo $-R_1-$ supera el valor de carga máxima C_c de 108 kgf que un caballo de 346 kg puede soportar en condiciones apropiadas de uso; esto se da en todas las variaciones de Q_1 desplazada 0.35 m y 0.45 m del eje y todos los rangos de pendiente -tabla 30 y en anexo 3 tabla 15, téngase en cuenta que el caballo para la acción de tiro debería estar casi libre de la carga R_1 . La fuerza normal $-N-$ y la fuerza de fricción sobre las llantas $-F_f-$, son directamente proporcionales a la disminución o aumento de la carga total $-Q_{total}-$; las dos variables se mantuvieron constantes para cada rango de pendientes con variaciones de un 10 % aprox. -anexo 3 tabla 15 -. Se observa que cuanto más baje la carga Q_{total} , bajan todas las variables de fuerza y transmisión de pesos al caballo.

Para cargas de 890 kg: El STE de estudio con la mercancía $-Q_1-$ ubicada a 0.35 m del eje de rodamiento y peso total de 890 kg, el caballo recibió una carga al lomo $-R_1-$ de 123 kgf, superando su C_c máximo en 15 kgf aprox. El caballo C_4 hace una fuerza de tracción resultante máxima F_{t2} de 241.83 kgf durante la pendiente del 25 %, lo que representa 4.4 veces más que el F_{t1} permitido; en las pendientes del 0 % el F_{t2} estuvo en 57.52 kgf el único que se mantuvo debajo del F_{t1} .

Para cargas de 790 kg a 690 kg: Con la mercancía a 0.35 m desplazada del eje de rodamiento, el caballo recibió un peso al lomo $-R_1-$ hasta de 117 kgf. El caballo del STE de Pereira $-C_4-$ en alguna de las rutas en pendientes del 0 % a < 25 %, hizo una fuerza de tracción máxima F_{t2} en un rango de 116.56 kgf a 211 kgf. Representa que el caballo en las pendientes del 25 % hizo un esfuerzo de tracción 3.9 veces mayor al F_{t1} permitido, la única pendiente que mantuvo el F_{t1} fue la del 0% de pendiente con 43.01 kg y Q_1 de 690 kg. El caballo debió andar la mayoría del tiempo aplicando su esfuerzo promedio de tracción $-E_{pr}-$ el que debería ser de hasta 1/18 de su peso corporal.

Para cargas de 540 kg a 440 kg: Con la mercancía a 0.35 m deslaza del eje de rodamiento y dichas cargas, el lomo del caballo recibió un R_1 cercano al C_c máximo, con una variación de ± 9 kg. El caballo hizo una fuerza de tracción máxima $-F_{t2}$ de 66.17 kgf a 135.03 kgf en pendientes del 8 % al 25 % en algún momento de las rutas; representa una fuerza de tracción de hasta de 2.5 veces más de la permitida.

c) Velocidad de viaje versus distancia, carga y pendiente

Las rutas del STE de Pereira tuvieron una duración de tiempo declarado entre 5 minutos y 1 hora 30 minutos. Asumiendo una velocidad del doble cuando va vacío que cuando va cargado durante 1/2 del tiempo de los trayectos con carga. La tabla 31 plasma la fuerza de tracción máxima $-F_{t2}$ realizada por el caballo C_4 durante la mitad de tiempo de cada trayecto, con el peso de la mercancía $-Q_1$ desplazada del eje a : 0.35 cm, y las máximas pendientes transitadas en cada ruta. De la mitad de los kilómetros transitados en los trayectos y el tiempo declarado t igual a 2/3, se obtuvo la velocidad en km/h a la que viajó el STE de Pereira, ésta se compara con la velocidad ideal $-V_{t1}$ a la que debió viajar cada sistema en el trayecto.

La velocidad máxima V_{t2} (derivada de la relación de Beltrán 1954, p.246), para el caballo de peso $Q_c = 346$ kg ($\beta = 1.3$) halando vehículos con personas es hasta 1.83 m/s (6.60 km/h) y a paso lento con carga $-V_{t2}$ a 1.06 m/s (3.81 km/h). Podrá trabajar máximo $-T_r$ 4.86 horas en el día cuando realiza su E_{pr} y recorrer hasta $-D_r$ 18.59 km en total; y trabajar máximo $-T_r$ 3.07 horas en el día cuando realiza su F_{t1} con distancias máximas de $-D_r$ 11.70 km. Los autores de las fórmulas no dan la carga que debe halar el equino y tampoco específica los ejes de la carroza o elemento –tema ampliado en el ítem 3.1.3. Igualmente se analiza por regresiones lineales, la velocidad versus la distancia y la velocidad versus el peso de la mercancía.

Tabla 31 Velocidad real a la que viajó cada STE en 2/3 del tiempo trayecto de las dos rutas. Distancia de trayectos, peso de mercancía, fuerza de tracción máxima, pendiente máxima.

Conductor	Ruta 1					Ruta 2				
	1/2 Trayecto	Velocidad Real	Mercancía Q_1	F_{t2}	Pendiente máxima	1/2 Trayecto	Velocidad Real	Mercancía Q_1	F_{t2}	Pendiente máxima
	km	km/h	kg	kgf	%	km	km/h	kg	kgf	%
1	1.54	2.3	400	208.74	24.6	1.64	4.9	50	101.97	24.2
2	2.5	3.7	40	99.28	24.3	0.81	3.6	400	203.31	23.7
3	0.6	2.7	400	163.65	17.3	1.21	7.3	400	209.95	24.8
4	0.23	0.7	500	146.16	11.7	0.5	3	400	111.37	9.2
5	1.27	2.5	400	213.54	25.4	1.79	5.4	400	213.54	25.4
6	0.15	0.2	250	127.68	17.2	1.54	7	300	180.63	25.0
7	0.22	0.3	250	166.79	25.3	3.44	6.9*	400	212.94	25.3

Conductor	Ruta 1					Ruta 2				
	1/2 Trayecto	Velocidad Real	Mercancía Q_1	F_{t2}	Pendiente máxima	1/2 Trayecto	Velocidad Real	Mercancía Q_1	F_{t2}	Pendiente máxima
8	1.16	6.9	150	136.01	25.3	0.66	2	150	132.18	24.3
9	0.7	2.1	400	211.75	25.1	2.48	7.4	200	143.25	23.4
10	1.31	3.9	400	202.70	23.6	1.22	1.8	400	170.58	18.4
11	5.85	8.8	80	111.57	24.4	3.85	5.8	200	151.83	25.4
12	0.53	4.8	150	130.63	23.9	1.61	4.8	10	91.89	24.9
13	2.16	3.2	180	142.79	24.7	1.27	1.3	400	205.73	24.1
14	2.22	6.7	220	158.00	25.4	1.55	1.9	260	169.39	25.2
15	2.62	2.6	25	94.52	24.2	0.9	4.1	30	98.53	25.1
16	2.37	7.1	200	150.97	25.2	0.71	2.1	400	209.34	24.7
17	0.86	3.9	400	210.55	24.9	0.84	3.8	400	202.70	23.6
18	0.57	2	60	81.96	16.9	0.56	2.5	250	106.63	13.0

*Calculado con 30 min. Resultados con la carga Q_1 desplazada del eje a : 35 cm

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación Tabla 31:

El R_1 de los trayectos de ida (i) cargado fue de hasta 123.55 kgf con Q_1 desplazada 0.35 cm, Q_{total} de 890 kg, el F_{t2} máximo realizado fue de 213.54 kgf con pendientes hasta del 25 %. El R_1 de los trayectos de retorno (r) descargado fue 107.42 kgf con Q_{total} de 390 kg, el F_{t2} máximo fue de 90.11 kgf y transitaron pendientes hasta del 25 %.

- El 72 % de los STE de Pereira anduvieron cargados a una velocidad entre 0.03 m/s y 1.83 m/s, significa que no sobrepasaron la variable V_{t2} , pero si resulta perjudicial para el caballo mantener el máximo de velocidad $-V_{t2}$, debieron mantener una velocidad $-V_{t1}$ de 1.06 m/s. Estos sistemas superaron el F_{t1} entre 1.5 y 4 veces, con las cargas transportadas y por las pendientes transitadas.
- El 25 % de la población encuestada realizó 1/2 de los trayectos de las rutas a una velocidad entre 2.00 m/s y el 3.26 m/s, lo que significa que anduvieron al trote, transgredieron su capacidad de carga con pesos totales entre $-Q_{total}$ de 400 kg a 890 kg. Ningún sistema cumplió con el F_{t1} ni con el E_{pr} debido para un caballo de dicho peso.
- El conductor No. 6 ruta 1, anduvo en promedio a una velocidad baja de 0.3 km/h, en un trayecto de 0.15 km (1/2 del trayecto total) con $Q_i = 250$ kg. Si bien mantuvo una velocidad baja, el caballo transitó por pendientes máximas del 17.2 % y con un promedio de pendiente del 5.1 % –anexo 3 tabla 14, tuvo que hacer una fuerza de tracción máxima

con carga de $-F_{t2}$ de 2.3 veces superior al F_{t1} . Se deduce que pudo realizar su trabajo con el esfuerzo promedio $-E_{pr}$ en las pendientes del 0 %.

- El caballo del conductor No. 12 en la ruta 1 con $Q_{total} = 540$ kg, cuando transitó por pendientes hasta del 25 %, hizo un esfuerzo de tracción de F_{t2} de 130.63 kgf en el trayecto de ida cargado durante el 3.77 % (i) del trayecto y con una carga $-R_1$ de 112.26 kgf sobre su lomo. Hizo el recorrido de 0.53 km (i) en 10 minutos a una velocidad promedio de 6.35 km/h, cercano al máximo de 6.6 km/h, lo que permite concluir que este caballo iba al trote recorriendo 1.78 m/s, cuando debió andar cargado a una velocidad de hasta 1.06 m/s. El mismo conductor ruta 1, transitó un 22.64 % (r) descargado por pendientes hasta del 24 %, haciendo un F_{t2} de 86.30 kgf y recibió una fuerza R_1 de 107.42 kgf.

Interpretación tabla 32:

Se evalúa por regresiones lineales, la distancia y el peso Q_1 con la velocidad a la cual viajó el STE en cada trayecto, a fin de comprobar la tendencia de las variables independientes. La ruta 2 del conductor No. 7, declara haber transitado 6.94 km en 5 min, lo que se cree estuvo mal estimado el tiempo, por tanto, no se incluye en la regresión.

Tabla 32 Resultado regresiones lineales: Velocidad – Distancia y Velocidad - Peso Q_1 . Para 2/3 de trayecto del total de rutas con carga. STE de Pereira.

	Variables	R ²	Coeficientes	Estadístico t	Probabilidad
		0.77329			
Velocidad y Distancia	Intercepción		0	0	0
	Distancia		2.849070869	10.76908	1.69152E-12
		0.00107			
Velocidad y Peso Q_1	Intercepción		4.86142	4.48711	0.00008
	Peso Q_1		0.00067	0.18811	0.85194

Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad (2008). Herramienta Microsoft Excel. Prueba de coeficientes: **H₀**: $B_i = 0$ y **H₁**: $B_i \neq 0$. Análisis de varianza: **H₀**: $B_0 = B_1 = 0$

- Regresión *Velocidad y la Distancia* de medio de los trayectos del total de rutas con carga: El modelo en su conjunto es significativo, se acepta H_1 con una significancia $\alpha = 0,001$. El modelo representa el 77 % del comportamiento de la variable dependiente que es distancia. El modelo está sujeto a las otras variables que impacta en la velocidad que no están incorporadas en este modelo. La ecuación (15) representa el fenómeno

$$V_{carga} = 2.84907 D_{carga} \quad (15)$$

Donde:

V_{carga} es la Velocidad en el trayecto con carga

D_{carga} es la Distancia del Trayecto cargado

- Esta ecuación (15) sugiere que por cada km de longitud del tramo con carga la velocidad del STE aumenta 2.85 km/h. El STE es un sistema guiado por humanos y conducido por una vida animal, aunque es muy difícil predecir la velocidad por fórmulas con las diferentes variables de carga y pendiente, parece que los conductores hacían correr más al caballo cuando debían hacer recorridos más largos, tal como se observa claramente en la-figura 76.

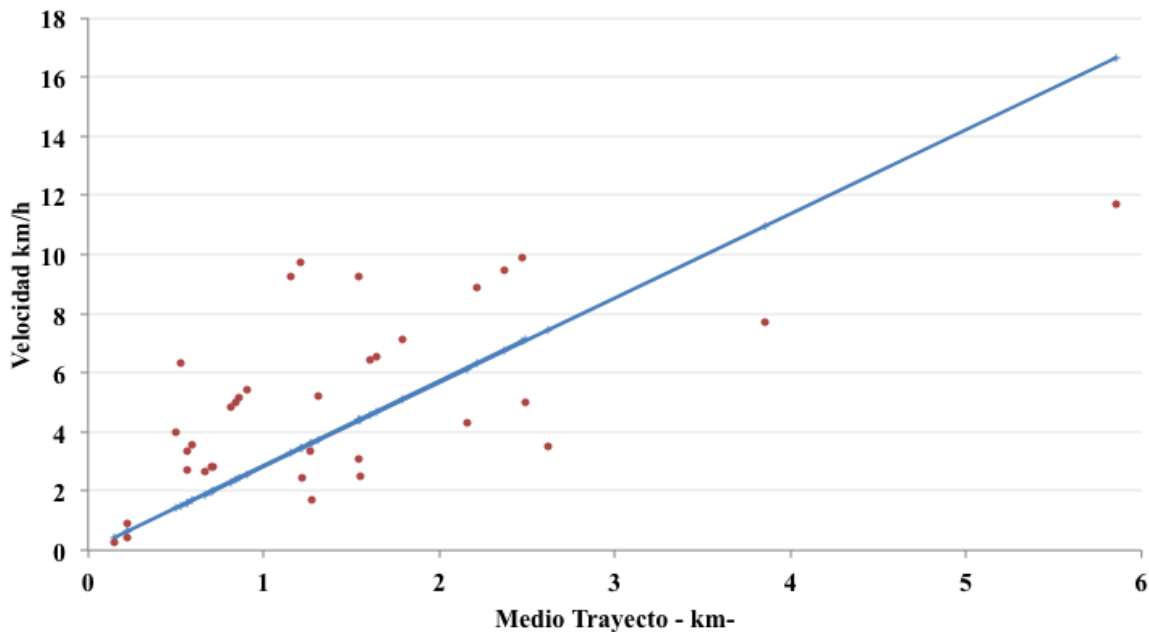


Figura 76 Predicción Y, Velocidad vs. Medio Trayecto de Rutas 1 y 2
Fuente: Elaboracion propia. Encuesta de movilidad 2008.

- Regresión *Velocidad* y el *Peso Q_1* llevado durante los 1/2 de medios trayectos cargados del total de rutas. El modelo representa el 0.11 % del comportamiento de la variable dependiente y la variable independiente Q_1 sin una clara relación con la velocidad. El modelo revela que la velocidad del sistema no se relacionó con el peso de la mercancía en el caso de estudio, variables que deberían ser inversamente proporcionales en la práctica (a más peso uno esperaría menos velocidad). El modelo no explica el fenómeno, sin embargo, se observa que entre los STE la velocidad no disminuyó a medida que aumentó la carga, por ejemplo, con un $Q_1 = 400$ kg los conductores viajaron en todos los rangos de velocidad y transitaron por pendientes entre el 0 % y 25 %. -figura 77.

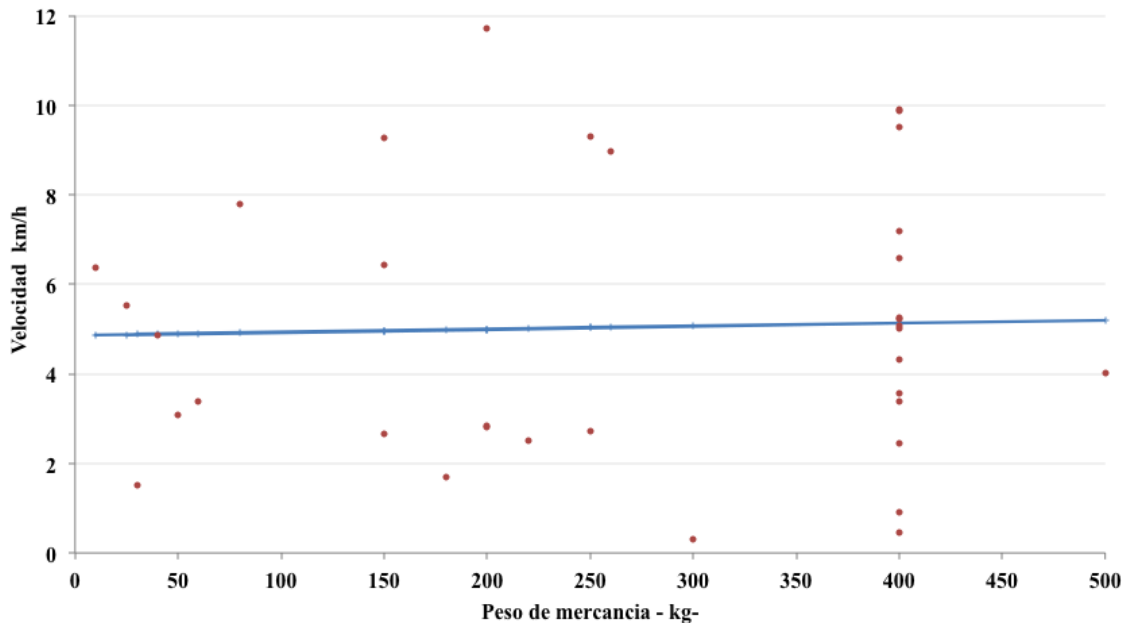


Figura 77 Predicción Y, Velocidad km/h vs. Peso de mercancía –kg-. Rutas 1 y 2
Fuente: Elaboración propia. Encuesta de movilidad 2008.

Conclusiones:

Los resultados de los cálculos (fórmulas (11) a (13)) de las cargas que se le transmitieron a los caballos del STE de Pereira, permiten concluir que siempre hay una carga R_1 al lomo del caballo promedio C_4 superior al C_c máximo; debido al peso de la carreta y a los dos hombres que van en ella, bien sea con mercancía o vacía.

Los trayectos de máximo grado de pendiente por los que transitó el STE de estudio registrados entre el 8 % y < 25 % corresponden al 20 % -anexo 3 tabla 14. Las pendientes transitadas entre el 6 % y < 8 % correspondieron al 7.7 %, y en el 15.6 % transitaron entre el 3 % y < 6 % de pendientes del total de la muestra. La pendiente característica o más común (moda) fue de 0 % a < 1 % para un 36 % de la muestra seguida por la del 3 % a < 4 % con un 16.7 %.

El 42 % de la población estudiada, anduvo con carga a una velocidad promedio entre 0.29 km/h y 3.58 km/h, que está en el rango de la velocidad mínima con carga. El 28 % anduvo entre 5.02 km/h a 7.71 km/h con cargas totales $-Q_{total}-$ entre 400 kg y 890 kg, el 17 % desarrollaron velocidades promedio entre 8.87 km/h y 11.71 km/h, superando notablemente el promedio permitido de 5.2 km/h.

El 81 % de los conductores realizaron las rutas con cargas entre 540 kg y 890 kg a velocidades promedio entre 0.7 km/h y 7.4 km/h, superando la velocidad máxima ideal para trabajo pesado hasta 1.9 veces, de la estimada para un caballo delgado y pequeño, como lo son

los de la población de Pereira. Se supone que el caballo debió bajar su velocidad en las pendientes de tránsito con carga, es probable que haya sido menor o igual a 3.81 km/h, en caso contrario sería arrojado por la carreta con la carga.

Un caballo cargado debería dar un paso de 1 m/s en pendiente del 0 % de manera constante, variable que se cumplió en el mínimo de la población, pues la velocidad promedio en pendientes estuvo entre 0.08 m/s y 0.99 m/s para un 42 % de los sistemas. Todos los sistemas superaron la capacidad de carga $-C-$ del caballo incluso sin carga. El esfuerzo promedio $-E_{pr}-$ se logró en los momentos en que los sistemas transitaron por pendientes del 0 % con carga Q_1 de 400 kg y hasta el 6 % con cargas totales de $-Q_{total}-$ de 490 kg, sin embargo, el R_1 fue superior al permitido. Estos caballos sobrepasaron en alguna pendiente, los valores máximos de todas las variables $R_1, E_{pr}, F_{tl}, C_c, D_r, T_t$ y V_t , que definen su trabajo.

Con los anteriores análisis se comprueba las hipótesis sobre que el mal funcionamiento de STE se debe al desempeño de la actividad por pendientes no aptas con cargas que superan la fuerza del caballo, y que la ciudad con pendientes altas no es pertinente para el tránsito del STE, como se dan en ciertas zonas de la ciudad de estudio.

La altura de la carga que transportaron los sistemas no superó el metro, aspecto positivo, puesto que permite la visibilidad del área de tránsito y mantiene el centro de gravedad del sistema, igualmente, la mercancía no excedió el ancho de la carreta; sin embargo, un 27.7 % de los sistemas transportaron varillas de hierro entre los 3 m y 6 m de longitud, superando notablemente la profundidad de la carreta. Al quedar la mercancía por fuera de la carrocería, afectando el centro de gravedad del sistema, lo que representa esfuerzos extras para el caballo – anexos 3 Tabla 13.

CAPITULO 6

6. Diseño: Movilidad para los STE un eje

En este último capítulo se plantea una metodología general para la movilidad del sistema de tracción equina urbana, replicable a cualquier región del mundo que utilice el STE de un eje para carga. Lo anterior cumple con el tercer objetivo e hipótesis de la investigación presente, referidos a la posibilidad de diseñar correctamente la movilidad del STE urbano desde el punto de vista económico, integrando las variables caballo, carreta, pendiente, carga y velocidad.

Se aplica el modelo a un caballo hipotético que reúna las condiciones físicas requeridas para la labor de tiro urbano de carros. Se determina el límite de carga del equino *versus* las pendientes de tránsito, basados en los desarrollos de las fórmulas del trabajo del caballo y la evaluación del sistema STE a través de los cálculos estáticos, desarrollados en el capítulo 3 del documento. Se proyecta un modelo económico en cuanto al costo del servicio del STE, como las ganancias mensuales que debe tener un conductor para cumplir con los requerimientos del caballo y el sistema con una rentabilidad adecuada. Definidas las anteriores variables, se dan unos lineamientos generales para la escogencia de la zona urbana de una ciudad con terrenos ondulados que albergue el STE.

La propuesta se hace para los STE de un eje con un caballo apto para la labor, teniendo en cuenta que gran población mundial de equinos trabajadores lo hace con carretas de un eje -ver capítulo 1 y anexo 1-. Se aclara que en el desarrollo investigativo se censura la funcionalidad de ésta tipología, debido a que el caballo recibe constantemente una carga extra en su lomo por la falta de un tercer apoyo, para lo cual también se sugiere una solución. En el capítulo se pretende dar unos lineamientos que ayuden a la organización de su actividad económica dentro de una ciudad de manera sostenible.

Un diseño de movilidad urbana para el STE, comienza a ser eficiente cuando es incluido en la planeación urbana como transporte integrado a los otros servicios públicos. Este debe generar unas ganancias suficientes tales que los conductores logren un equilibrio entre el trabajo, su economía y el mantenimiento del sistema.

Seguidamente se expone el trabajo del caballo, el comportamiento del sistema en las pendientes urbanas y finalmente se hace la proyección económica para el STE.

6.1 Trabajo del Caballo, carga y pendiente de tránsito

Los caballos de tiro semirápidos de coches deberán tener un peso entre 475 kg a 550 kg con proporciones mesolíneas o mesomórficas (Beltrán, 1954, p.248). En vista que estos caballos son de pura raza y su costo como el mantenimiento sería inaccesible para el conductor de STE urbano, se proyecta el modelo con un caballo teórico -C₅- de peso corporal mínimo de 440 kg. El caballo modelo debe poseer las aptitudes físicas morfológicas para la tarea del tiro como, no ser muy largo, que los miembros inferiores tiendan a ser gruesos, su perímetro torácico sea mínimo de 1.80 m de diámetro, en donde la alzada puede ser variable, sin embargo se aconseja que no sean muy altos. Los caballos criollos colombianos tienen un promedio de alzada -A- de 1.42 m y los especializados en el tiro tienen alzadas mínimas de 1.60 m. De los caballos criollos que han trabajado en la tracción de tiro urbano se han registrado según distintos estudios, alzadas entre 1.47 m (las más comunes) y 1.60 m (Toro y Encinales, 1994, p.541); alzada máxima de 1.46 m (Mac-Leod Silva, 1999, p.13); alzada máxima de 1.47 m (APAP, 2008). Para otros caballos criollos chilenos la alzada máxima es de 1.48 m (García L, M., 1997) y de -A- 1.47 m (Muñoz, L. Et al., 2012, p.286).

Para el ejercicio se trabaja el caballo con una alzada de 1.50 m, que con el perímetro torácico -P_t- de 1.80 m, va a estar por encima del índice anamórfico definido para caballos de tiro ($I_a = 2.12$). Con la fórmula del I_a , el caballo con mayor alzada y menor perímetro torácico no dará apto para la tarea de tiro, y si tiene una alzada muy baja y un perímetro torácico superior a 1.80 m, puede significar que ya tiene sobre peso. Se sugiere que el caballo sea buscado para la actividad de tiro urbano a través del cruce de razas y ser evaluado en la práctica por especialistas, esto se deja como futura línea de investigación para el área veterinaria.

Se toma como pendientes máximas urbanas permisibles para el tránsito del STE entre 6 % y 6.5 %, habiendo encontrado en estos valores un equilibrio aceptable del funcionamiento del sistema entre la *carga, el equipo y el límite de la fuerza del caballo*, sin llevarlo teóricamente a grandes sobreesfuerzos -véase el desarrollo en el capítulo 3, con un límite de kilómetros recorridos.

El caballo debe trabajar durante la mayoría del tiempo haciendo su esfuerzo promedio -E_{pr}- para el ejercicio se proyecta como el máximo un $f_t = 1/10$ de su peso corporal; se sugiere para efectos de la práctica diaria se regule su E_{pr} en la ciudad a un $f_t = 1/18$. El valor K se define en 2

933 para un caballo de 440 kg, en relación lineal con 3 200 para un caballo de 480 kg. La velocidad ideal para el caballo con Q_c de 440 kg halando vehículos, se deriva de la relación de los datos de Beltrán (1954, p.246), por tanto, se determina que el parámetro de Velocidad es de 1.4 por la Alzada –fórmula (8)-, es decir, 2,1 km/h -tema ampliado en el ítem 3.1.3.

a) Trabajo del Caballo C_5

Seguidamente se desarrollan las fórmulas (1) a (10) para determinar el trabajo del caballo C_5 .

Tabla 33 Valores de las variables de entrada – trabajo del caballo C_5 .

f_t	Coficiente fuerza de tiro	0.10
K	Valor k	2 933
β	Parámetro de Velocidad	1.4
Q_c	Peso Corporal - C_5 -	440
P_t	Perímetro Torácico	1.80
A	Alzada	1.50

Fuente:elaboración propia

Medición de la capacidad de trabajo del caballo C_5 en la faena de tiro urbano. Fórmulas de Beltrán (1954), Cassai (1944), Reyes & Hetz 1988 (Citados en Ponce & Ríos,1998). Véase la explicación de las fórmulas en el capítulo 3.

Resultados de variables del trabajo del caballo de tiro C_5 :

$$\text{Índice anamórfico} \quad I_a = \frac{P_t^2}{A} \quad I_a = 2.16 \quad (1)$$

$$\text{Capacidad de carga} \quad C_c = 56 \frac{P_t^2}{A} \quad C_c = 120.96 \text{ kgf} \quad (2)$$

$$\text{Esfuerzo promedio de tracción} \quad E_{pr} = P_c f_t \quad E_{pr} = 44.00 \text{ km} \quad (3)$$

$$\text{Esfuerzo de tracción máx.} \quad F_{tl} = 30 \frac{P_t^2}{A} \quad F_{tl} = 64.80 \text{ kgf} \quad (4)$$

$$\text{Trabajo por paso} \quad T_p = (30) \frac{P_t^2}{A} (3/4) A \quad T_p = 72.90 \text{ kgfm/p} \quad (5)$$

$$\text{Trabajo diario} \quad T_d = P_c K_1 \quad T_d = 1\ 290\ 667 \text{ kgfm/día} \quad (6)$$

Distancia recorrida	$D_r = \frac{T_{dl}}{F_{pr}}$	$D_r = 29.33 \text{ km (con } E_{pr})$ $D_r = 19.9 \text{ km (con } F_{t1})^*$	(7)
---------------------	-------------------------------	---	-----

Velocidad de trabajo	$V_{t1} = 3600(3/4)A$	$V_{t1} = 4.05 \text{ km/h}$	(8)
----------------------	-----------------------	------------------------------	-----

	$V_{t2} = bA$	$V_{t2} = 2.10 \text{ m/s (7.56 km/h)}$	(9)
--	---------------	---	-----

Tiempo trabajado	$T_t = \frac{D_r}{V_t}$	$T_t = 7.24 \text{ h (con } E_{pr})$ $T_t = 4.92 \text{ h (con } F_{t1})^*$	(10)
------------------	-------------------------	--	------

* Distancia calculada con el F_{t1} para definir, en teoría, los kilómetros totales cuando los caballos del STE ejecutan su esfuerzo máximo durante todo un recorrido (variación para la tesis).

b) Funcionamiento del Sistema STE

Seguidamente, con los valores anteriores se desarrollan las ecuaciones (11) a (13), de acuerdo con la sumatoria de vectores de fuerza en los planos X y Y, y la suma de los momentos alrededor del punto O –figura 78, complementétese con las figuras 17 a 20, sub-aparte 3.2. Se evalúa la movilidad urbana del STE un eje con una sola persona sobre la carreta -figura 79. Se obtienen las resultantes de R_1 y F_{t2} , en los diferentes rangos de pendiente $-p-$ con Q_{total} y Q_1 desplazada del eje a: 0.15 m, como la fuerza normal $-N-$ y la fuerza de fricción sobre las llantas $-F_f-$ (ampliése el tema en el capítulo 3).

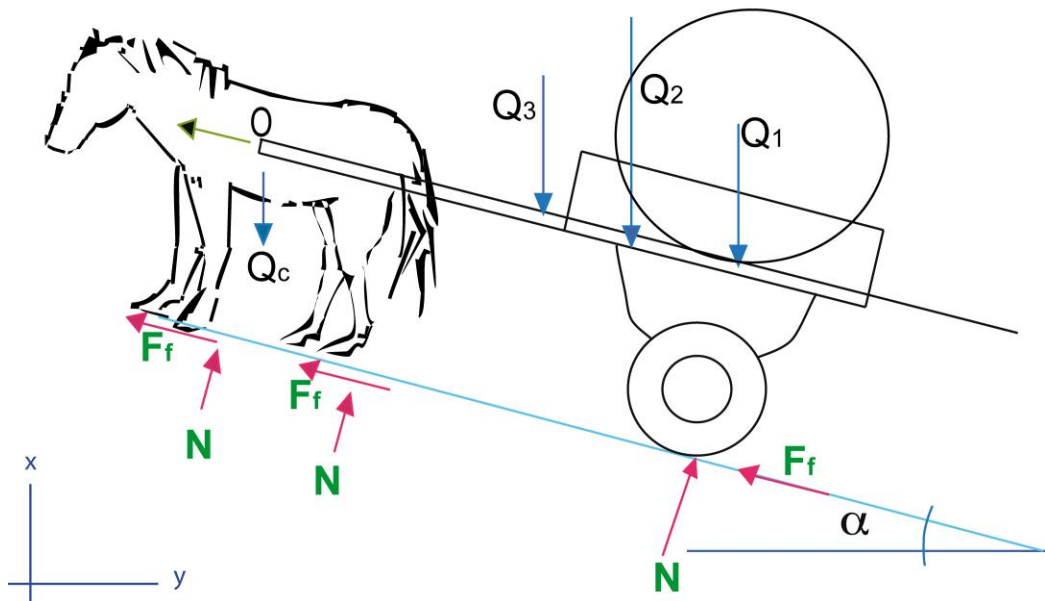


Figura 78 Fuerzas totales que actúan sobre el STE.

Fuente: Elaboración Propia

Variables utilizadas para hallar el límite de tránsito del STE caballo C₅. Diagrama espacial.

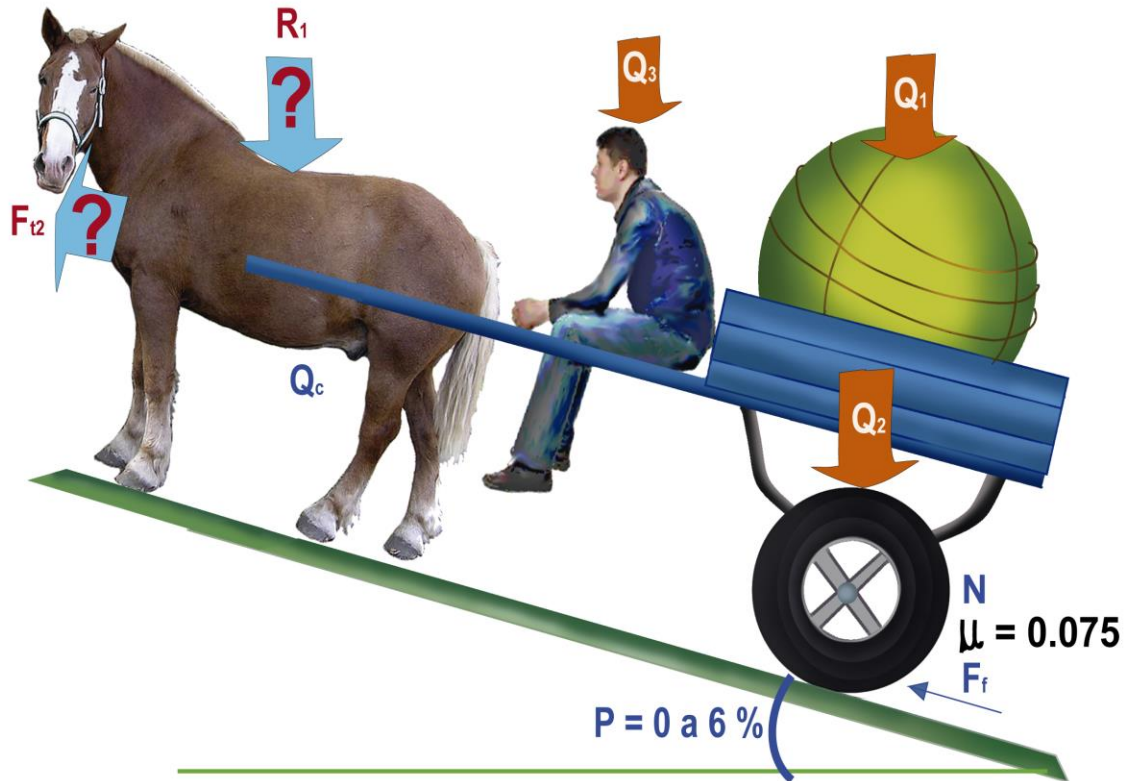


Figura 79 Diagrama espacial, Sistema de Transporte Equino un eje.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34 Valores de las variables de entrada – Funcionamiento del STE con caballo C₅.

Parámetros del caballo C ₅		
C _c	Capacidad carga máx.	120.96 kgf
P _t	Perímetro torácico	1.80 m
A	Alzada del caballo	1.50 m
Q _c	Peso caballo	440 kg
F _{tl}	Fuerza tracción máxima	64.80 kgf
E _{pr}	Esfuerzo promedio	44.00 kgf
Parámetros del carro y terreno		
a	Ubicación carga	0.90 m
b= c/2	Mitad carro	0.75 m
c	Largo carro	1.50 m
d	Ancho sentadero	0.20 m
f	Posición del eje	0.75 m
h	Altura carro	1.00 m
t	Largo del tiro	1.50 m
R ₁	Transmisión peso al lomo	* kgf
Q _{total}	Peso total ***	625 a 165 kgf
N**	Fuerza reciben las llantas	* kgf

<i>Parámetros del carro y terreno</i>			
p	Pendiente	0 a 6.5	%
F_{t2}	Fuerza tracción Resultante	**	kgf
μ	Coficiente de rodadura	0.075	
F_f	Fuerza fricción $N \cdot \mu =$	*	kgf

Fuente: Elaboración propia. *Resultados que se van obtener. **N Máximo por dos llantas 946.91 kgf *** Q_{total} = carreta + un hombre + mercancía.

Resultados de la evaluación de las Ecuaciones (11) a (13):

Los cálculos se relacionan a un caballo C_5 de $Q_c=440$ kg, con variación de Q_{total} en cada pendiente de tránsito con el fin de cumplir los siguientes parámetros: (1) Que el R_1 no sobrepase el 50 % de la carga máxima $-C_c-$. (2) El F_{t2} que el caballo realice con Q_{total} a los diferentes % de pendientes, no sobrepase el 90 % o 92 % del F_{t1} permitido. (3) Se espera que el caballo haga su esfuerzo promedio $-E_{pr}-$ durante la mayoría del tiempo de la ruta, y el F_{t2} se ejecute en los momentos estáticos del arranque, frenado o cuando transite por pendientes hasta del 6.5 %. Se define el límite de carga total que podrá halar el caballo C_5 hasta pendientes del 6.5 % -tabla 35, así:

Tabla 35 Límite de Q_{total} para el caballo C_5^ en pendientes hasta del 6.5 %, con Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje, aplicando su F_{t1} máximo.*

Pendiente	Q_{total}	R_1	F_{t2}
%	kgf	kgf	kgf
6.0	535	57.58	64.34
6.5	515	56.94	63.99

*Cálculos relacionados a un caballo de $P=1.80$ m $A=1.50$ y $Q_c= 440$ kg de peso corporal. Resultados de las ecuaciones (11) a (13).

Fuente: Elaboración propia

Se delimita el Q_{total} , para unas resultantes R_1 y F_{t2} que estén dentro de los anteriores parámetros, a los diferentes porcentajes de pendientes que podrán encontrarse en una ciudad como Pereira, se obtienen las variables N y F_f - 36, así:

Tabla 36 Propuesta de Q_{total} para los STE un eje con caballo C_5^* . Q_1 desplazada a: 0.15 m del eje y F_{t2} por debajo del F_{t1}

p	Q_{total}	R_1	F_{t2}	N	F_f
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
0	625	60.48	42.34	564.5	52.3
1	625	60.48	47.98	564.5	52.5
2	625	60.48	53.62	564.4	47.4
3	625	60.48	59.25	564.3	42.3
4	575	58.87	59.31	515.7	38.7
5	535	57.58	59.60	476.8	35.8
6	495	56.29	59.12	437.9	32.8
6.5	485	55.97	59.94	428.1	32.1
7	465	55.32	59.26	408.7	30.7
8	440	54.52	59.56	384.3	28.8
9	415	53.71	59.37	359.8	27.0
10	395	53.06	59.54	340.2	25.5

*Cálculos relacionados a un caballo de $P_t=1.80$ m $A=1.50$ y $Q_c=440$ kg de peso corporal. Resultados de las ecuaciones (11) a (13).

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación del Comportamiento del STE con el trabajo del caballo C_5 :

- El caballo con P_t de 1.80 m y alzada A de 1.50 m se le calcula el índice I_a en 2.16, quiere decir que es apto para la actividad de tiro. Se fija un $E_{pr} = 44$ kgf y se obtiene un $F_{t1} = 64.80$ kgf.
- El trabajo diario o energía consumida $-T_d-$ para el caballo C_5 es de 1 290 667 kgfm/día, en función de su peso con $K = 2\ 933$, lo que se acerca al trabajo diario de un caballo especializado para el tiro liviano (véase en el Capítulo 3, tabla 7). Este mismo caballo estaría haciendo una fuerza en cada paso de 72.90 kgfm/paso, téngase en cuenta que el T_p se calcula para un piso de tierra, en donde el caballo podrá ejecutar con mayor facilidad su esfuerzo de tracción; a diferencia de la tracción que ejecuta con sus miembros inferiores sobre pavimento. En el pavimento el caballo pierde su impulso debido a la poca fricción de la herradura con la superficie, y el fenómeno se potencia cuando debe transitar, frenar y arrancar sobre las rayas blancas peatonales, es posible que el caballo esté gastando mayor energía y haciendo más fuerza por paso. Se puede considerar válida la hipótesis de Pearson (2005), de que un animal incluso haciendo el trabajo liviano de tirar un carro, puede gastar más energía en el día que otro desempeñando la tarea de tiro pesado en el arado.

- La carga transmitida al lomo del caballo R_1 se estipula hasta el 50 % del C_c para el ejercicio hipotético del trabajo del caballo urbano C_5 , téngase en cuenta que el caballo para la acción de tiro debería idealmente estar libre de la carga R_1 . La variable de fuerza normal $-N-$ y fuerza de fricción sobre las llantas $-F_f-$ se comportaron altas con cargas totales $Q_{total} = 625$ kg, representando el 60 % del $N_{máximo}$ -tabla 36-. Las variables N y F_f resultan proporcionales a la carga, en las diferentes pendientes se dan algunas variaciones del 3 % para las dos variables. Puede observarse en los resultados de las ecuaciones -tabla 36 que entre mas baje la carga Q_{total} bajan todas las variables de fuerza y transmisión de pesos al caballo.
- Para el caballo C_5 de tiro de carga, se recomienda que cuando ande cargado se le regule la velocidad hasta un máximo de 4 km/h $-V_{t1}-$. Los descansos deberán ser de $\frac{1}{2}$ hora después de cada viaje entre 0.3 km y 2 km. Si se superan estos kilómetros, el descanso será de $\frac{2}{3}$ del tiempo de cada viaje o del mismo tiempo del acarreo -tabla 37. La velocidad máxima a desarrollar el sistema cargado y en pendientes del 0 % es hasta 7.56 km/h, pero no se recomienda llevar al caballo a su máximo esfuerzo.
- La distancia a recorrer por el caballo que arroja la fórmula (7) aplicando su E_{pr} con $f_t = 1/10$ es de 29.33 km. La distancia calculada ejecutando su máximo esfuerzo de tracción F_{t1} sería de 19 km durante 5 horas, no siendo recomendable obligarlo a realizar el máximo esfuerzo durante dichas horas, puesto que le harán daño al caballo. Haciendo su esfuerzo promedio E_{pr} podrá trabajar máximo $-T_t-$ 7 horas diarias con los descansos deducidos, aunque no se recomienda hacerlo trabajar las horas seguidas, este valor se calculó con un $f_t = 1/10$ que para la actividad ya es alto, valor que deberá regularse hasta $1/18$. Al calcular la velocidad V_{t1} y los descansos deducidos de la jornada laboral, los kilómetros máximos de recorrido disminuyen a 17 km, véase la tabla 37. Por tanto, se recomienda no obligar al caballo a realizar más trabajo que ese.

Tabla 37 Distancia, tiempos de viaje* con descansos, para siete horas diarias de trabajo del caballo C₅.

Distancia	Tiempo de viaje	Descanso por viaje	Distancia Total
km	min	min	km
0.30	4.44	30.00	3.75
1.00	14.81	30.00	9.40
2.00	29.63	30.00	14.10
3.00	44.44	29.63	17.01
4.05	60.00	40.00	17.01
5.00	74.07	49.38	17.00
6.00	88.89	59.26	17.10
7.00	103.70	69.14	17.01
8.00	118.52	79.01	17.04
9.00	133.33	88.89	17.01
10.00	148.15	98.77	17.00

*Velocidad promedio del STE a 4.05 km/h

Fuente Elaboración propia.

- Al 6.5 % de pendiente, límite máximo de tránsito para el STE, el caballo C₅ deberá llevar un Q_{total} inferior a 515 kg en donde el R₁ estará al 50 % del C_c y el F_{t2} al 100 % de F_{t1} -tabla 36-. La carga total para transitar en pendientes entre 0 % y 3 % sería de 625 kg para el R₁ al 50 % del C_c y el F_{t2} menor a 94 % del F_{t1}. Pero sí el caballo transita con Q_{total} = 625 kg por pendientes de 5% a 6.5 %, el F_{t2} estará por encima del F_{t1} en un 7 % a 21 % respectivamente, el R₁ se mantendrá menor al 50 % del C_c. Por lo que no es recomendable subir la carga a más de 515 kg para pendientes mayores al 5 %.
- El Q_{total} puede ser manejado según el diseño del carro y el peso del conductor a fin de variar la carga Q₁ -peso de mercancía. Para las carretas de Pereira que pesan 250 kg, y el peso del hombre de 70 kg (aprox.) en pendientes del 6.5 %, el caballo C₅ podrá llevar un Q₁ de hasta 190 kg, lo que corresponde a un R₁ = 56.94 kgf y un esfuerzo de tracción máximo -F_{t2}- de 63.99 kgf correspondiente al 98.75 % del F_{t1}.

Conclusiones

- Los anteriores parámetros son los máximos para el caballo de labranza en un día de trabajo (exceptuando las fórmulas (1) y (9)), sin embargo, la V_{t2} y la D_r son muy altas para el caballo urbano, se recomienda regularlas en la vía.
- El trabajo del caballo debe ser regulado de acuerdo al Q_{total}, las pendientes de tránsito y la distancia recorrida, con la velocidad, durante la jornada. El día laboral debe ser de cinco a siete horas descansando 2 horas en el almuerzo desconectado el caballo del

sistema. Se recomienda que después de cada viaje, el caballo descanse mínimo entre $\frac{1}{2}$ h a $\frac{2}{3}$ del tiempo del trayecto. El tiempo descanso varía de acuerdo al Q_{total} , las pendientes transitadas y la velocidad andada, en muchas circunstancias el descanso deberá ser de más tiempo, de acuerdo con la energía gastada en el viaje -tabla 37. Es importante considerar que el Caballo es un ser viviente que tiene carácter y se cansa, ellos pueden autorregular su trabajo, sin embargo, se dejan explotar fácilmente llevándolos al deterioro físico.

- Los kilómetros recorridos del caballo del tiro urbano, deberán deducirse en la práctica y cotejarse con los teóricos, evaluando las variables de la energía gastada, el peso transportado, la velocidad y las pendientes transitadas; teniendo en cuenta que la historia ha demostrado que un caballo de coches de personas al trabajar durante 8 horas a 4 km/h, ya se encontraba fatigado al otro día (McShane & Tarr, 2003 p.179), y el caballo descargado trabaja sin fatiga durante 6 horas, sin embargo, sí en esas 6 horas se le aumenta el esfuerzo, se evidenciará fatiga en sus articulaciones las que se rigidizarán (Youatt, 1931, p.415) (autores estudiados en el capítulo 3).
- En las fórmulas se trabajó el E_{pr} con un $f_i = 1/10$ que para la actividad ya es alto, si se le hace trabajar todos los días con la misma intensidad. Se recomienda por la salud del caballo que el trabajo diario debe ser con un f_i hasta de $1/18$.
- En pendientes altas el caballo trabajaría de manera forzada, sino que ejecuta su esfuerzo promedio de fuerza $-E_{pr}$ en el mayor porcentaje del viaje, sumado a que debe sostener el sistema hacia adelante y evitar que se deslice hacia atrás en dichas pendientes. Y cuando se encuentre a la espera en la vía, deberá sostener toda la carga al no poseer la carreta sistemas de freno. Se propone como línea futura de investigación el estudio de la movilidad del STE para STE con sistemas de freno integrados al sistema de suspensión, y que pueda ser accionado mediante palanca o pedal, por el conductor desde su puesto de trabajo.

6.2 Modelo para determinar los costos de viajes del STE

Se desarrolla el modelo para determinar los costos tarifarios del transporte equino de carga, basados en la estructura de costos de operación y el salario requerido mensual por los conductores. En el estado de ingresos y egresos fijos del STE con un caballo tipo C_5 se incluye la inversión inicial del sistema y caballo.

Para recolectar el salario mensual requerido, se proyectan los costos desde el número de viajes según los kilómetros, con los descansos deducidos del caballo para una jornada laboral máxima día, obedeciendo a las restricciones del trabajo del caballo y la pendiente del terreno, definidos en la sección anterior. Se aplica la metodología de costos de viaje *versus* los

kilómetros, según el Ministerio de Transporte de Colombia (s.f). En la parte final del documento, se proponen algunos procedimientos para la escogencia de la zona donde podrían trabajar el STE de una ciudad con terrenos ondulados.

El ejercicio se plantea para una familia de hasta de tres personas dependientes del STE para un nicho de estudio similar al caso de estudio, con unas ganancias mínimas mensuales con las que suplirían las necesidades básicas del sistema y su familia.

a) *Estado de ingresos y egresos*

Los egresos que demanda el sistema STE serían: los familiares como seguridad social, vivienda, alimentación y vestido; del caballo, alimentación balanceada -ver en ítem 3.1.2 en manutención y edad del equino de tiro-, imprevistos veterinarios, parqueo diario del sistema y del caballo, mantenimiento del sistema y el pago de impuestos urbanos como el seguro obligatorio de accidentes de tránsito -Soat-, entre otros. A lo anterior se le suma la inversión inicial -tabla 38.

La inversión inicial de dinero para la compra del caballo y la carreta, genera una cuota de pago mensual para recuperar la inversión en un período -n-. La cuota mensual -R- se calcula con la fórmula (16) de valor presente, en donde el valor de la inversión de la carreta -USD\$ 1 041,67-, el caballo -USD\$ 2 083.33- y otros, se valoró en un total de USD\$ 3 229,17. La tasa de rentabilidad del negocio -i- se plantea del 3 % mensual (los países en vías de desarrollo suelen tener altas tasas de oportunidad como esta), la vida laboral del caballo se estima en 7 años por tanto n es igual a 84 meses.

$$V_p = R \left[\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] \quad V_p = 105.70 \quad (16)$$

Aplicando la ecuación (16) se obtiene $V_p = \text{USD\$ } 105.70$

Para un conductor cumplir con las obligaciones económicas del STE y familiares, requiere mínimo un ingreso mensual de USD\$ 721,33, con una rentabilidad mínima por la inversión inicial del caballo y la carreta.

Tabla 38 Egresos e ingresos para un STE con caballo C₅*

Egresos del STE	Mensual
Caballo:	
Comida	156,25
Parqueo STE	78,13
Veterinaria	10,42
Mantenimiento Carreta	10,42
Otros Imprevistos	26,04
Soat	5,21
<i>subtotal</i>	286,46
Egresos por conductor	
Personales	329,17
<i>subtotal</i>	329,17
Egresos por inversion	
Cuota Mensual	105,70
<i>subtotal</i>	
Total egresos	721,33

*Q_c = 440 kg
 **5.5 días laborales

Fuente: elaboración propia

b) Costos fijos de operación por recorrido

El ingreso diario que debe percibir el STE con el caballo C₅ en una ciudad, para completar el ingreso estimado mensual, a fin de pagar la inversión, sostener el sistema y al conductor es de USD\$ 32 día, para 5.5 días semana, por 4 semanas de labor, deducidos los descansos de sábados y domingos.

La distancia y el número de viajes diarios, que debe realizar el caballo tipo C₅ con el sistema cargado, con los descansos deducidos por viaje y los kilómetros recorridos por viaje para un total de horas día laboradas, se compilan en la tabla 39. Los resultados van acordes con los parámetros del trabajo del caballo C₅ –fórmulas (1) a (10) del capítulo 6.

La tabla 39 se desarrolla bajo la fórmula de costos fijos de operación por recorrido igual a los costos fijos al mes, dividido los recorridos al mes, según el Ministerio de Transporte de Colombia (s.f).

La medida base para el cálculo es la distancia de un viaje por hora, igual a 4.05 km - fórmulas (1) a (10)-.

Tabla 39 Distancia, horas y número de viajes* con descanso por viaje, para recolectar el ingreso mensual**. Caballo C₅.

Distancia ida y vuelta por viaje	Distancia Total día	Número de Viajes día	Horas laboradas
km	km		h
0.30	3.78	12.60	7.23
1.00	7.81	7.81	5.83
2.00	10.40	5.20	5.17
3.00	12.51	4.17	5.17
4.05	13.37	3.30	5.50
5.00	13.60	2.72	5.60
6.00	13.92	2.32	5.73
7.00	14.14	2.02	5.82
8.00	13.92	1.74	5.73
9.00	14.13	1.57	5.81
10.00	14.20	1.42	5.84

Velocidad promedio del STE a 4.05 km/h. ** USD\$ 722 mensual

Fuente Elaboración propia.

Para que el STE con el caballo C₅ pueda generar unos ingresos tales que permita sostener el sistema, se estipula en teoría, que podrá recorrer distancias totales hasta de 14 km en un día laboral de 5.5 horas netas, a una velocidad promedio de 4.05 km/h. De acuerdo con estos datos y los resultados de la tabla 37, el STE podrá trabajar máximo 6 horas diarias netas, descansando entre ½ hora y 2/3 del tiempo de cada viaje. Arrastrar un Q_{total} hasta de 625 kg en pendientes hasta del 3 %, y de 515 kg hasta pendientes del 6.5 %, haciendo su esfuerzo promedio E_{pr} hasta el valor recomendado –fórmulas (1) a (10) del capítulo 6. El caballo deberá descansar las dos horas de almuerzo y encontrarse desenganchado del sistema en ese tiempo, con lo cual sumará 8 horas día en la actividad.

Al caballo jamás se le debe hacer trabajar las 6 o 7 horas seguidas como tampoco llevarlo a su máximo esfuerzo todos los días. Sí en un día hizo su máximo esfuerzo, al otro día deberá trabajar con menor intensidad o tiempo. En el caso de hacer viajes de 0.3 km, el caballo deberá realizar cerca de 13 viajes en el día, y tendrá que trabajar 7.23 horas con los descansos para recolectar el salario diario –tabla 39, lo que ya es extenuante para él porque la actividad ascendería a 9.23 horas día. Mientras que con los otros recorridos un poco más largos solo labora 6 horas, por tanto, no es recomendable hacerlo trabajar con todos los viajes cortos, debido a que no habría equilibrio entre el desgaste y la rentabilidad requerida.

La tabla 40 muestra que si se realizan viajes de diferentes longitudes, con los descansos obligatorios después de cada viaje, a velocidades promedio de 4.05 km/h, en pendientes de hasta 6.5 %, sin rebazar las 6 horas netas laborales día, se podría llegar a recolectar el salario

mensual. En la conjugación de las variables tiempo de viaje y tarifa, para recolectar el salario mensual sin sobrepasar las horas totales día, se observa en todos los casos, que los kilómetros de recorrido están dentro del rango permitido ascendiendo entre los 11 y 11.90 km.

En el caso 2 habría que añadirle otra ruta de 0.3 km para alcanzar 11.3 km/día con un total 5.70 h/día, para un salario mensual de USD\$ 882.29. En el caso 4 el tiempo de labor ascendió a las 6 horas con una ruta en el máximo de kilómetros y un salario de USD\$ 721.88. Se presume que las rutas de distancias medias, le pueden dar al caballo mayores posibilidades de descanso, lo contrario a las rutas largas -caso 4, como a las menores de 1 km que obligarían al sistema a ser más repetitivas.

Tabla 40 Viajes al mes con diferentes distancias y descanso por viaje, para recolectar el ingreso mensual*. Caballo C₅**.

				Tiempo labor día	Ingreso Mes
				h	USD \$
Caso 1					
Distancia	0.3 km*3	4 km	3 km *2		
Tiempo de viaje. min	13.33	60.00	88.89		
Descanso por viaje. min	90.00	40.00	60.00		
Total tiempo viaje. min	103.33	100.00	148.89	5.87	
Precio unitario USD\$	7.81	9.90	15.63		733.33
Caso 2					
Distancia	1 km*3	3 km	5 km		
Tiempo de viaje	44.44	44.44	74.07		
Descanso por viaje	90.00	30.00	49.38		
Total tiempo viaje	134.44	74.44	123.46	5.54	
Precio unitario USD\$	12.50	7.81	11.98		710.42
Caso 3					
Distancia	1 km *3	2 km	6 km		
Tiempo de viaje	44.44	29.63	88.89		
Descanso por viaje	90.00	30.00	59.26		
Total tiempo viaje	134.44	59.63	148.15	5.70	
Precio unitario USD\$	12.50	6.25	14.06		721.88
Caso 4					
Distancia	0.30 km*2	1 km	10 km		
Tiempo de viaje	8.89	14.81	148.15		
Descanso por viaje	60.00	30.00	98.77		
Total tiempo viaje	68.89	44.81	246.91	6.01	
Precio unitario USD\$	8.33	4.17	22.92		779.17

* USD\$ 720 **Velocidad promedio del STE 4.05 km/h

Fuente: Elaboración Propia.

c) Tarifa por viaje de los STE

La tarifa por viaje del STE con el caballo C₅, y la oferta del sistema se daría en términos del número de viajes que puede realizar el caballo en un mes. Esta proyección se ajustó a la demanda declarada por los STE de Pereira en la Encuesta de movilidad de 2008 –Capítulo 4.

Los límites de los viajes –tabla 41 se define de acuerdo con los ingresos mensuales a recolectar, el límite de kilómetros que puede realizar el caballo C₅, la velocidad andada con carga y el tiempo de labor día. Para el valor por trayecto del STE se tiene en cuenta el descanso del caballo y la cantidad de rutas que deberá hacer para recolectar los ingresos mensuales necesarios durante 22 días.

La tabla 41 se calcula adecuando la fórmula de Holguin & Brom (2008), donde el costo tarifario por ruta se da en función de la distancia sumado el tiempo en minutos.

Tabla 41 Costo por trayecto en función de la Distancia. STE con caballo C₅.

Distancia	Precio Unitario
km	USD\$
0.3	2,60
1.0	4,17
2.0	8,85
3.0	10,42
4.0	11,46
5.0	13,02
6.0	15,63
7.0	18,23
8.0	19,27
9.0	20,83
10.0	22,40
11.0	23,44
12.0	26,04

Velocidad promedio del STE a 4.05 km/h. Ganancia Mensual USD\$ 722

Fuente: Elaboración propia.

Los viajes de 0.3 km y 7 km de la tabla 39, corresponde a la cantidad de viajes más frecuentes que hizo el STE del caso de estudio (Encuesta de movilidad 2008).

La tarifa de los 0.3 km se calculó sobre la base del número de horas al día laboradas y el número de viajes requeridos para recolectar el ingreso mensual, lo que resulta un costo por viaje de USD\$ 2.60. En algunas regiones puede representar un alto costo, por ser incluso más alto que la tarifa-base de otros transportes públicos motorizados. Por ejemplo en el caso de estudio de la

tesis, esta tarifa del STE es mayor o cercana a la mínima de un taxi para personas, pero hay que tener en cuenta que la carga requiere manipulación de cargue y descargue, mientras que los pasajeros no.

La variable de velocidad del STE puede resultar una desventaja para algunos clientes y sectores de la ciudad. Por tanto está variable no puede determinar el costo de la tarifa.

Por ejemplo, el costo por una viaje de 3 km, se acerca a los costos de un acarreo que realiza la competencia del STE, que en la actualidad son camionetas y taxis motorizados, con la desventaja que la competencia puede viajar más kilómetros por los mismos dólares, incluso por menos valor -tabla 18 y tabla 42. Por 6 km de distancia seguramente muchos clientes no estarán dispuestos a pagar la tarifa de USD\$ 15,63.

Sí se compara una camioneta de hasta 1 ton de carga versus el STE con capacidad hasta de 300 kg para un recorrido de 3 km -tabla 43, la camioneta puede realizar el trayecto en 15 min y el caballo en 45 min. Sin bien, el costo de tarifa de la camioneta casi duplica la del STE, éste último se demora 3 veces más que su competencia.

Tabla 42 Comparación entre una camioneta y el STE con caballo C₅*

	Camioneta	STE.
	Hasta: 1 000 kg	Hasta Q: 300 kg
Distancia -km-	3	3
Costo -USD\$-	18,23	10,42
Tiempo -min-	15	45

*Camioneta capacidad 1 ton

Fuente: Elaboración propia.

Resulta difícil determinar las tarifas del STE *versus* la competencia motorizada, debido a la diferencia en velocidad y carga del sistema con respecto a los sistemas de carga motorizados. Por tales inconvenientes se propone crear un nicho de mercado para el STE y ser definido como transporte de carga liviana, el cual se deja planteado como futura línea de investigación.

d) Parámetros para determinar la zona laboral según la pendiente

En las ciudades planas el sistema no debe tener problema para su implementación, sin embargo, en la ciudad montañosa o con promedio de pendientes mayores al 6 % deberán planearse rutas para el STE que sean por pendientes menores al 6.5 %. En este apartado se dictan algunas disposiciones que pueden tenerse en cuenta para este tipo de ciudades.

Para lograr una eficiente movilidad del STE del futuro, deberán reevaluarse las restricciones urbanas a los cuales están sometidos en las ciudades. Se propone para éste modelo,

designar al STE viajes especiales y compartir las ciclovías, además que la restricción vial sea en función de la capacidad del caballo como del sistema y no solo por darle prioridad al transporte motorizado. Para ello la carreta no deberá tener un ancho mayor a 1.20 m, y deseablemente 1.00 m para que se inserte mejor en las ciclovías que tienen carriles de 1.25 m por sentido.

Conclusiones del aspecto laboral

Para las ciudades interesadas en implementar el STE como un transporte ambiental alternativo, deben desaparecer las zonas peatonales de cruce pintadas en el pavimento, denominadas cebras deben pintarse con pinturas que sean antideslizantes para que los caballos no se resbalen al transitarlas.

El STE, de cualquier tipología (de carga o personas, de uno o dos ejes) debe parametrizarse como transporte de carga liviana. En las zonas en donde las rutas estén entre el límite permitido, el sistema de transporte equino de un eje podrá desempeñarse en las modalidades de turismo y carga, siempre y cuando no se extralimite el Q_{total} . Se propone que los sistemas de un eje tengan un tercer apoyo, es decir, una tercera llanta.

Las rutas del sistema de tracción equina tendrán que descentralizarse a fin de sectorizar el transporte. Se propone insertar el sistema equino como un transporte inter-barrial con viajes definidos. También podrían funcionar como alimentadores de los sistemas de transporte masivos y del transporte público. Otra modalidad de tránsito, consistiría en implantarlo como transporte turístico y taxi por vías y rutas especiales, para lo cual se deberá evaluar el número de personas a transportar en función del Q_1 definido. Esto requerirá de estudios de demanda y el desarrollo de modelos, que podrían desarrollarse en futuras investigaciones.

En las ciudades donde se considere al sistema de transporte equino como una alternativa de baja velocidad y contribuyente a los aspectos ambientales y sociales, se podrían tener rieles especiales que ayuden a la locomoción, el frenado y el arranque del mismo.

Para otros casos se propone la construcción de rutas con mezclas especiales en el pavimento, que disminuyan la absorción de la luz solar y la temperatura del pavimento que calientan los cascos del caballo, con el fin de hacer más comfortable su labor.

Se propone que el STE tenga paraderos especiales, con sistemas de objetos urbanos acordes a la estética de la ciudad y a las necesidades del caballo. Es importante construir sitios adecuados con techo y demás aditamentos a lo largo de las rutas urbanas para el descanso del caballo.

Las personas que desempeñan el cargo de conductores, también deben cumplir requisitos, como ser mayor de 18 años y haber tomado cursos previos respecto al desempeño de la labor en general. El conductor debería tener un bajo peso corporal, pues este hace parte del cálculo de la

carga total del sistema, compuesta por el peso de los elementos, la mercancía y peso del hombre. No obstante, se podría volver un tema discriminatorio para el acceso al trabajo, por lo que no es recomendable incluirlo en una legislación, sino hacerlo parte de las buenas prácticas o recomendaciones en las cartillas a los conductores, que además contribuirá a la salud de los mismos.

El nuevo diseño de movilidad del sistema de transporte no concibe un ayudante para las tareas de carga, por lo que no se podrá llevar una persona extra.

El Estado es el llamado a educar a los transportadores del sistema urbano de tracción animal, sobre las obligaciones alimenticias para con el caballo, las visitas veterinarias, el entrenamiento, las condiciones óptimas de salud y la correcta interacción del caballo con el sistema.

Es pertinente que las Asociaciones Protectoras de Animales, subsidien las revisiones veterinarias del equino cada dos meses, igualmente, que sea obligación vigilar que los transportadores proporcionen al animal un alimento rico en nutrientes, como el hecho de alimentarlos y darles agua varias veces en el día laboral. También se sugiere que el Estado estudie la posibilidad de subsidiar parte de la alimentación correcta para el equino de tiro urbano, considerando su aporte ambiental.

CAPITULO 7

7. Conclusiones y recomendaciones.

7.1. Conclusiones

a) El sistema de transporte equino en el mundo.

La FAO (Food and Agriculture Organisation) calcula que el número de animales trabajadores en el mundo está cercano a los 100 millones (Chirgwin, Roover & Dijkman, 2000) y estima en 60 millones la población de caballos trabajadores (FAOSTAT, 2009). La entidad proyecta que la población de la familia de los équidos va en crecimiento anualmente, aunque se ha visto en las estadísticas de FAOSTAT que el número de animales se ha mantenido en algunos países y disminuido en otros durante la primera década de siglo XXI.

- Los animales más referenciados son los burros y la mayoría de ellos se encuentran en Asia. De acuerdo con Rahman et al. (2005, p. 598) el 50 % se distribuye entre China, Pakistán e India.
- África alberga aproximadamente el 7 % de los caballos de trabajo en el mundo (FAOSTAT, 2009). En Sudáfrica los caballos, burros y mulas hacen la mayor contribución a la agricultura como al transporte urbano y periurbano (Taylor, Kneale & Pearson, 1999, p.56).
- Los caballos en Asia ascienden al 25 % del conteo mundial, la mayor cantidad de ellos se utilizan en el oriente de Asia, con $\frac{3}{4}$ partes del total, sumado con los países del sur oriente, el número es menor para los países del occidente de Asia (FAOSTAT, 2009).

- Los caballos de uso rural y urbano de Suramérica ascienden al 28 % (aprox.) del total mundial. Las mayores poblaciones de caballos se encuentran en Brasil con un 37 % seguido por Argentina un 24 % y Colombia con un 16 %, el porcentaje sobrante se reparte entre los otros países (FAOSTAT, 2009).
- Los países europeos tienen cerca del 7 % de la población mundial de caballos; Australia y Oceanía poseen menos del 1 % (FAOSTAT, 2009).
- Los caballos en Norteamérica siguen siendo muy importantes para el trabajo y el transporte interno en las áreas rurales. En Estados Unidos y Europa la tecnología para el caballo de tiro en el agro ha venido desarrollándose continuamente (Herold & Heß, 2001, p. 21).
- En muchas regiones hay grupos de la tracción que acarrear personas en coches-carrozas, algunas ciudades y países que lo utilizan son Chile, Gonder (Etiopía), Lampang (Tailandia), Cartagena (Colombia), Montevideo (Uruguay), México, Cuba los tiene instaurados como sistema de transporte de vagones-buses. Al igual que en ciudades de los países ricos como Berlín, Roma, New York, Austria, España, Alemania, Suiza y Francia.
- En países pobres la tracción animal permanecerá por años y en los países ricos los están implementando nuevamente como transporte ambiental, pero no de la mejor manera. Se invita a pensar que la solución tiene varios frentes: (a) tecnificar los equipos regionalmente, (b) desarrollar estudios de movilidad, (c) legislar correctamente el STE, (d) adecuar los espacios urbanos para el STE, o (e) reemplazarlos por moto-carros –MC– cuando la topografía y la ciudad no cumplan con los requerimientos para albergar el STE.
- Los caballos para la tracción de carros pueden tener un peso igual a 500 kg con una alzada de 1.60 m, a fin de desarrollar cierta velocidad (Beltrán, 1954, p.247 249).
- Sí la fuerza requerida para mover un elemento es mayor a la fuerza que el animal es capaz de hacer, entonces el trabajo no se puede realizar (O’Neil & Kemp, citado por Cabezas et al., 1994, p.24).
- El esfuerzo de tracción que puede realizar un caballo de tiro en las tareas de la agricultura varía entre el 1/12 y 1/16 del peso corporal (en Cabezas et al., 1994). El caballo con coches debe andar la mayoría del tiempo aplicando su esfuerzo promedio de tracción $-E_{pr}$ el que debe llegar hasta 1/18 de su peso corporal.
- La historia ha demostrado que un caballo de coches de personas al trabajar durante 8 horas a 4 km/h, ya se encontraba fatigado al otro día (McShane & Tarr, 2003 p.179). El

caballo descargado trabaja sin fatiga durante 6 horas, sin embargo, sí en esas 6 horas se le aumenta el esfuerzo de tracción, se evidenciará fatiga en sus articulaciones las que se rigidizarán (Youatt, 1931, p.415). Los caballos y los burros, pertenecientes a la familia équida, con un trabajo constante por más de 6 horas al día, pueden exceder el doble de los requerimientos de su mantenimiento (Pearson, 2005, p.249).

- Los caballos usados en la artillería andaban en marchas forzadas de 51 km a 77 km diarios (Gassendi en 1819), lo que es un trabajo excesivo cuando cada uno está utilizando de manera constante el 78 % de su fuerza de tiro. Estos caballos debían tener una carga ideal compartida por caballo máximo de 318 kg, a los que llevaban jinete se les reducía la carga de tracción a la mitad.
- Se observa que la propuesta de Gassendi en 1819, de una hacer una fuerza de tiro de 60 kgf máxima en 32 km/día, dividido entre 8 horas resulta en 4 km/h, coincide con lo propuesto por Youatt en 1831 y Trautwine en 1874.
- Un caballo no puede realizar las tareas diarias todos los días con la misma intensidad, ya que después de un día duro de trabajo, el animal ya tiene fatiga extrema. A mayor fuerza de tracción, debe haber menos velocidad y recorrer menor distancia.
- En ningún caso es recomendable que un equino de tiro lleve carga alguna sobre el lomo, puesto que está haciendo la tarea de cargar y tirar al mismo tiempo, lo que genera mayor desgaste; esto sumado a los períodos largos laborales y constantes a los que es obligado a trabajar, como si fuesen grandes equinos especializados.
- Para que un caballo se desplome durante la tarea de tiro en la ciudad, es porque realiza un trabajo diario muy superior al que es capaz en cuanto a las variables E_{pr} , F_{ti} , T_p , T_d , C_c , D_r , T_t y V_t ,²⁶ sumado a las variables de cargas de arrastre y pendientes del terreno.
- Las normativas mundiales encontradas para la presente tesis, no ahondan en la situación técnica del STE, siendo este el origen de la inoperancia del sistema en su movilidad, situación que se ha camuflado bajo la fachada de una problemática social.

b) Comportamiento funcional del STE

Se observó que la problemática de movilidad de los STE está dada por el deficiente funcionamiento de los elementos que componen el sistema: caballo, carreta, hombre en las

²⁶ E_{pr} : Esfuerzo promedio. F_{ti} : Esfuerzo máximo de tracción. T_p : Trabajo por paso. T_d : Trabajo diario. C_c : Capacidad de carga en el lomo. D_r : Distancia recorrida. T_t : Tiempo trabajado día. V_t : Velocidad.

pendientes urbanas. Para lo cual se estudia el caballo y el sistema a través cálculos de la estática, demostrando el fallo del conjunto de la tracción equina en su comportamiento funcional y de movilidad. Los cálculos estáticos determinan la fuerza de tracción resultante F_{t2} que realiza un caballo al momento tirar y sostener la carga, la carga vertical R_1 que se le transmite al lomo durante ese instante, en terreno pavimentado a diferentes grados α (alfa) de inclinación, con carros de un eje y con la mercancía $-Q_1-$ en tres puntos respecto al eje.

- Para hallar la capacidad de trabajo del caballo urbano, se tienen las siguientes variables: de entrada peso y tamaño del caballo, de salida: la capacidad de fuerza de tracción, la velocidad de trabajo, la distancia recorrida y el límite de tiempo trabajado. Para el análisis se establece el trabajo en la ciudad de tres equinos $-C_1, C_2, C_3-$ de pesos corporales de 270 kg y 320 kg y 480 kg. De salida con cálculos estáticos: F_{t2}, R_1 , la fuerza normal $-N-$ fuerza de fricción $-F_f$ a $^\circ \alpha$ dado en % de pendiente.
- Los resultados del índice anamórfico $-I_a-$ de los caballos C_1 y C_2 (1.2 y 1.3) están por debajo del 2.12, por tanto, no son aptos para desempeñar las tareas de tiro liviano ni pesado.
- Hay que tener en cuenta que la variable R_1 de carga sobre el lomo no desaparece al momento de encontrar el límite de trabajo del equino de tiro de la ciudad con carros de un (1) eje, aunque disminuye colocando la mercancía sobre el eje. Significa que el caballo con dicha tipología de carreta, siempre estará ejerciendo la labor de tiro con una gran fuerza extra debido a la transmisión de peso que recibe el lomo, por consiguiente, su fatiga será mayor. Este problema de diseño fue ya evidenciado por varios autores desde el s. XIX, pese a ello nunca dejaron de utilizar este tipo de carros.

Tarea de tiro de carros por terreno asfaltado en pendiente del 0 %, con la carga total $-Q_{total}-$ de 875 kg, se concluye:

- El esfuerzo promedio $-E_{pr}-$ que pueden realizar los 3 caballos haciendo una fuerza de tracción $-f_t-$ igual 1/10 su peso corporal y un máximo de fuerza F_{t1} durante períodos cortos de tiempo es de 47.77 kgf, 54.68 kgf y 65.64 kgf respectivamente.
- La fuerza del T_p del caballo C_1 es de 48.36 kgfm/p. En la medida que el animal sea más fuerte el momento de fuerza en el paso aumenta, el caballo C_3 hace una trabajo hasta del 40 % neto más que los caballos C_1 y C_2 , aplicando su F_{t1} .
- El T_d con K_1^{27} 2 000 para los caballos C_1 y C_2 , arroja que los caballos deberán tener un rendimiento de 540 000 kgfm/día y 640 000 kgfm/día, haciendo su E_{pr} en el mayor

²⁷ Valor k (K): Un valor (adimensional) entre 2 000 y 3 200 veces el peso corporal del equino

tiempo posible con descansos deducidos del tiempo total. Recorriendo una distancia – D_r – de hasta 20 km en un día, durante 5.6 h – T_r –, a una velocidad sostenida – V_{t1} – de 3.65 km/h y 3.81 km/h respectivamente. El máximo de velocidad V_{t2} de coches podrá ser de 5.83 km/h y 6.60 km/h en pendientes de hasta el 1 %.

- Resultado de cálculos estáticos: (1) El caballo está recibiendo constantemente sobre su lomo una carga R_1 de 78.23 kgf, correspondiente al 87.7 % de 89 kgf, 76.7 % de 102 kgf y 63.9 % de 122 kgf de la capacidad de carga – C_c – permitida. (2) Los caballos C_1 y C_2 hacen un esfuerzo de tracción resultante F_{t2} en los momentos iniciales de arranque y detención de 59.76 kgf, lo que exceden repetidamente el máximo F_{t1} en un 25 % y 9 %.
- Estos equinos, en un solo viaje, deberán hacer múltiples veces dichas fuerza, debido a que están supeditados a factores de movilidad incontrolables en la ciudad. Se calcula que si el caballo mantiene su F_{t1} en la mayoría del tiempo, los kilómetros de recorrido deberán disminuir a 11.3 km y 11.7 km por día respectivamente.

Con Q_{total} entre 425 kg y 1 175 kg, Q_1 desplazada del eje a : 0.15 m ($a= 0.90$ m), en la serie de pendientes – p – de 0 % a 30 %, se concluye:

- Resultado de cálculos estáticos: La fuerza N que reciben las llantas está entre 357.42 kgf y 1.081.67 kgf y la F_t entre 26.81 kgf y 81.12 kgf respectivamente, para p de 6 % y 10 %.
- Se observa que el comportamiento teórico de los tres sistemas es disfuncional transitando con las cargas impuestas y por pendientes mayores al 3 % con Q_1 desplazada del eje a : 0.15 m.
- R_1 en todas las series de pendientes nunca estuvo por debajo del 50 % del total respecto a C_c . (2) La fuerza F_{t2} estuvo dentro del rango del F_{t1} en solo 3 casos de pendientes 0 %, en los demás estuvo entre 1.1 y 8.2 veces la capacidad de tracción de los caballos. (3) El E_{pr} permitido de los tres caballos fue sobrepasado por E_{pr} calculado en todos los casos de p %, sólo se mantuvo bajo para el C_3 en algunos casos de 0 % de pendiente.
- Se analiza que el equilibrio de las variables en alta pendiente, se da en las del 6.0 % y 6.5 %, que si bien el R_1 es alto y el E_{pr} se supera, el F_{t2} es aceptable.

Con Q_{total} hasta de 515 kg, Q_1 desplazada del eje de rodamiento 0.15 m ($a= 0.90$ m), 0.45 m ($a= 1.20$ m) y sobre el eje ($a= 0.75$ m); en la serie de pendientes – p – de 0 % al 6.5 %, para caballos C_1 y C_2 , corolario y conclusiones, se concluye:

- Se observa que a mayor carga en la pendiente constante, aumentan proporcionalmente todas las fuerzas que inciden sobre sistema caballo-carreta.

- Cuanto más se ubique la carga descentrada del eje hacia la parte anterior (adelante) de la carreta, aumenta la fuerza R_1 sobre el lomo del caballo. Si bien la capacidad de carga C_c no es superada en ninguna ubicación de Q_1 en a , los caballos C_1 y C_2 están usando el 97% y 85 % de su máximo de carga $-C_c-$. R_1 es menor cuando Q_1 está sobre el eje.
- El F_{t2} resultante disminuye en la medida que Q_1 se ubica hacia la parte delantera de la carreta pero aumenta significativamente la fuerza R_1 transmitida al lomo del caballo.

Corolario teórico: límite funcional de los STE:

- Si bien, el equino siempre trabajará sobreesforzado debido a la fuerza R_1 , los siguientes serían los límites máximos de pendiente y carga, con ubicación de Q_1 en a : 0.15 m, en donde no se transgrede en exceso la salud de los caballos C_1 y C_2 , sí y sólo sí, durante la mayoría de la jornada laboral aplican su E_{pr} .
- Se determina que la pendiente máxima por la cual podrá transitar un STE urbano de un eje con caballos de 270 kg de peso, es del 6 % a 6.5 %, con carga total hasta de 300 kg. En las mismas pendientes con cargas totales de 515 kg, condicionado a que el esfuerzo represente momentos de arranque y detención por períodos cortos, aunque se extralimita su esfuerzo de tracción $-F_{t1}-$ hasta el 31 %. En pendientes del 7 % a 12 % sólo podrá llevar una carga total de 300 kg.
- Se determina para el caballo del STE urbano de 320 kg de peso, la pendiente máxima por la cual podrá transitar es del 6 % a 6.5 % con carga total de 450 kg. Y en las mismas pendientes con cargas de 515 kg, condicionado a períodos cortos, relativos al arranque y la detención, aunque se extralimita su esfuerzo de tracción $-F_{t1}-$ hasta el 14.5 %. En pendientes del 7 % a 8 % solo podrá llevar una carga total de 400 kg, para las pendientes del 9 % y 12 % la carga total será de 350 kg.

Conclusiones del corolario:

- El límite de carga para el tránsito de los STE por pendientes x , varía de acuerdo con la capacidad de tiro del caballo. Este puede hacer en contadas veces su esfuerzo máximo de tracción pero habrá que deducirlo del tiempo de labor, los kilómetros diarios, las pendientes del terreno y su I_a .
- De la combinación de las variables p %, Q_{total} , Q_1 en a : 0.15 m, E_{pr} , F_{t2} y R_1 se concluye: no se supera significativamente el F_{t1} cuando se trata de los momentos de arranque y detención del caballo sobre terreno pavimentado; aunque la fuerza R_1 está entre un 50 % y 100 % de su C_c .

- El trabajo máximo para los caballos C_1 y C_2 deberá ser: con el F_{t1} de 47.77 kgf y 54.68 kgf, el T_p de 48.36 kgfm/paso y 57.82 kgfm/paso, el T_d , T_t , D_r , V_{t1} y V_{t2} ya definidos arriba (en Q_{total} 875 kg).
- A fin de hacer un planteamiento del STE en los planos social, técnico y urbano, más cercanos a la realidad, se define como valor restrictivo el tránsito del STE hasta p del 6 % y 6.5 %, siendo las pendientes máximas donde se encontró un equilibrio aceptable del funcionamiento del sistema entre la carga, el equipo y el límite de la fuerza del animal sin llevarlo teóricamente a grandes sobreesfuerzos.

c) El caso de estudio. Aspectos generales.

- El caso de estudio se aplica a los sistemas de transporte equino de un eje de la ciudad de Pereira departamento de Risaralda –Colombia-. Se efectuó la encuesta de *Movilidad del transporte de tracción equina, Encuesta del día anterior, 2008*, para obtener datos económicos, sociales y de movilidad en cuanto al ruteo.
- Se aplicó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia. Consistió en un muestreo estratificado del total de las zonas de parqueo laboral, para un total de 15 estratos, al interior de cada estrato, se aplicó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia.
- Escogencia de la muestra: varianza poblacional fue del 0,002025 – T_2 -. La varianza de la muestra de 0,0475 – S_2 -. El factor de las varianzas de 23,46 – n' -. La fracción del estrato de 0,020 – F_h - y el total por estrato de 1.03 – N_h -. El cálculo dio para un 21.1 % de la población y la proporción de 1/5, un (1) individuo entrevistado por cada cinco (5) conductores del sistema. El universo de la muestra fue de 90 individuos activos para la fecha para lo cual se entrevistaron 18 conductores.
- La edad más común entre los encuestados, está en el rango de los 36 a > 56 años que representan el 66.4 % de la población de 152 conductores (Censo realizado por Tránsito y Transporte, TTP 2003). El 20.2 % se encuentran en el rango de los 25 a 35 años, y el restante de la población es menor a 24 años (Censo TTP, 2003).
- El costo del servicio se rige por la distancia y el peso de la carga. Si el trayecto es corto, de 10 minutos, pero la carga es muy pesada, más de 400 kg, el costo aumenta; y si el viaje es muy largo con la carga no tan pesada, el valor del servicio rebaja. El hecho de que el sistema deba transitar por grados de pendientes difíciles para el equino, aumenta el costo del viaje, como transportar la carga en varios viajes.

- Un acarreo puede costar desde USD\$²⁸ 1,5 a USD\$ 16 aunque no son frecuentes los de alto costo.
- El 28 % de los encuestados declara unas ganancias diarias entre USD\$ 5,26 y 6,31, multiplicado por 27 días mes, equivalen a USD\$ 168,75, dichas ganancias están por debajo del salario mínimo mensual. Sólo un 20% de los encuestados superaran un ingreso superior al salario mínimo mensual.
- La carga a transportar consiste en materiales para la construcción y escombros, también realizan acarreos de bienes muebles como enseres. La venta ambulante de alimentos u otros implementos no es habitual entre los encuestados, aunque en otras regiones se usa la modalidad.
- Los tipos de cliente que más los contratan son personas naturales para un 44 % de la muestra, y el segundo más común son ferreterías. Se evidenció que el 94 % de los encuestados no tiene clientes fijos.
- Los equinos de los encuestados no están en el rango de los pesos normales, según la APAP de Pereira, como tampoco son especializados para el tiro. En la inspección visual durante la encuesta de movilidad de 2008, ninguno se veía desnutrido o maltratado.
- Los dueños de la carreta y del caballo que realmente tienen el sistema como medio de subsistencia, aprecian la labor del animal y tratan de mantenerlo en buen estado.
- Los equipos –arnés y carreta- utilizados en el sistema de tracción equina de Pereira, además de viejos y destartalados, no cumplen con las condiciones ergonómicas, funcionales y estructurales, de lo que sería un buen objeto para la tracción urbana y que supla exitosamente las necesidades del caballo y el hombre.

d) *Movilidad de los STE caso de estudio*

- De la encuesta de Movilidad 2008 se obtuvieron los recorridos de dos rutas laborales por conductor, una ruta fija C o en su defecto una ruta 1, y la más larga la ruta 2. Se preguntó por los pesos de las cargas transportadas, la ubicación de las zonas laborales, la ubicación de los hogares y el lugar de parqueo del caballo. Para el procesamiento de la encuesta, se usó el software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arcgis versión 9,3 Esri®.

²⁸ Valor del Peso colombiano en Dolares: 1 920 COP\$ equivale a 1 USD\$

- Las pendientes del terreno se evalúan a partir de la capa de curvas de nivel con altimetría de 5 metros, del Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira, y se representan en una capa de rangos de pendiente, tomadas de un modelo digital de elevaciones (MDE) de raster con resolución de 5 metros por pixel.
- El 74% de las viviendas de la población de conductores (TTP, 2003) se localizan entre 0.012 km a 2 km lineales de la zona laboral más cercana entre el casco urbano y rural de Pereira.
- Un 50 % de los conductores del STE declaran un promedio de 4 a 6 rutas diarias ida y vuelta.
- El promedio de la longitud de las rutas ida y retorno es de 2.97 km, el recorrido más largo de ida y vuelta fue de 11.71 km y la ruta más corta de 0.29 km. Las longitudes de rutas más comunes estuvieron en el rango de 1 km a 1.99 km con un 33.3 %. Las distancias de rutas entre 2 km y 3.99 km correspondieron al 33.3 %, y las rutas entre 4 km y 12 km al 25 % de las rutas.
- De las 2 rutas por conductor, la mayoría de kilómetros los reunió el conductor No. 11 con 19.41 km, el mínimo lo obtuvo el conductor No. 4 con 1.46 km en total.

Aplicación de las fórmulas sobre la capacidad del equino de peso corporal 346 kg – C₄– y cálculos estáticos para determinar el trabajo de los caballos del STE un eje de Pereira, se concluye:

El caballo C₄ de I_a de 1.82, con Q₁ en 1.10 m (*a*: 0.35 m del eje), tiene una capacidad máxima de carga C_c de 102.08 kgf , puede hacer un F_{t1} hasta de 54.68 kgf y su E_{pr} es igual a 34.6 kgf. Haciendo su E_{pr}, el D_r máximo es de 18.50 km y el T_t de 4.86 h. La V_{t1} hasta de 3.81 km/h y V_{t2} máximo 6.60 km/h. Q_{total} es igual a el peso de 2 hombres, la carreta y la mercancía.

- Se observa siempre una fuerza R₁ al lomo del caballo C₄ superior al C_c, incluso sin mercancía Q₁.

- Los trayectos de máximo grado de pendiente por los que transitaron los STE, fueron entre el 8 % y < 25 % correspondientes al 20 % del total. Las pendientes entre el 6 % y < 8 % correspondieron al 7.7 %; y en el 15.6 % transitaron entre el 3 % y < 6 % de pendiente. La pendiente más común (moda) fue de 0 % a < 1 % para un 36 % de la muestra seguida por la del 3 % a < 4 % con un 16.7 %.
- El 42 % de la población, anduvo con carga a una velocidad promedio entre 0.29 km/h y 3.58 km/h, ubicado en el rango de la velocidad mínima con carga. El 28 % anduvo entre 5.02 km/h a 7.71 km/h con Q_{total} entre 400 kg y 890 kg; el 17 % desarrollaron velocidades promedio entre 8.87 % a 11.71 km/h, superando el promedio permitido de 5.2 km/h.

- El 81 % de los conductores realizaron las rutas con cargas entre 540 kg y 890 kg a velocidades promedio entre 0.7 km/h y 7.4 km/h, transgredieron la velocidad mínima hasta 1.9 veces de la estimada para un caballo delgado y pequeño. Se cree que el caballo debió bajar su velocidad en las pendientes, en caso contrario habría sido arrojado por la carreta y la carga.
- Un caballo cargado debería dar un paso de 1 m/s en pendiente del 0 % de manera constante, variable que se cumplió en el mínimo de la población. El E_{pr} se logró cuando transitaban por pendientes del 0 % con carga Q_1 de 400 kg y hasta el 6 % con Q_{total} de 490 kg.
- Los equinos objeto de estudio sobrepasaron en alguna de las pendiente los valores máximos de las variables E_{pr} , F_{t1} , C_c , D_r , T_t y V_t , que definen su trabajo.
- Los equinos del caso de estudio trabajan entre 8 y 10 horas diarias seguidas, recorriendo más de 10 km por hora.
- Se pudo constatar en campo que el STE anda a una velocidad entre 14 km/h y 20 km/h, es decir, entre 3,9 m/s y 5,5 m/s cuando van en 0 % de pendiente y descargados, significa que van al trote.
- Con los anteriores análisis se comprueba la hipótesis sobre que el mal funcionamiento del STE se debe al desempeño de la actividad por pendientes no aptas con cargas que superan la fuerza del caballo, y que la ciudad con pendientes promedio superiores al 6 % no es pertinente para el tránsito del STE.

e) *Metodología para la movilidad del STE para una ciudad ondulada.*

Se proyecta el trabajo a un caballo C_5 de peso corporal 440 kg, un $I_a = 2.12$ y con un $f_t = 1/10$ de su peso corporal, para sistemas de un eje. El Q_{total} puede ser manejado según el peso del carro y el peso de un conductor, a fin de variar la carga Q_1 .

- Al 6.5 % de pendiente, límite máximo de tránsito, el caballo C_5 deberá llevar un Q_{total} inferior a 515 kg en donde el R_1 estará al 50 % del C_c y el F_{t2} al 100 % de F_{t1} . La carga total para transitar en pendientes entre 0 % y 3 %, es de 625 kg para el R_1 al 50 % del C_c , con el F_{t2} a 94 % del F_{t1} . Pero sí el caballo transita con Q_{total} igual a 625 kg por p de 5% a 6.5 %, el F_{t2} estará por encima del F_{t1} en un 7 % a 21 % respectivamente, el R_1 da al 50 % del C_c . Por lo que no es recomendable subir la carga a más de 515 kg para pendientes mayores al 5 %.

- Para el caballo C₅, se recomienda que cuando ande cargado se le regule la velocidad hasta un máximo de 4 km/h -V_{HI}-. Los descansos deberán ser de ½ hora después de cada viaje entre 0.3 km y 2 km. Si se superan estos kilómetros, el descanso será de 2/3 del tiempo de cada viaje.
- El ingreso diario mínimo que debe percibir el STE con el caballo C₅ en una ciudad, para completar el ingreso estimado mensual, pagar la inversión inicial del caballo y la carreta, sostener el sistema y al conductor es de USD\$ 32 día, para 5.5 días semana, por 4 semanas de labor, deducidos los descansos de sábados y domingos.
- Para un conductor cumplir con las obligaciones económicas del STE y familiares, requiere mínimo un ingreso mensual de USD\$ 721,33 para una mínima rentabilidad.
- Para que un STE con el caballo C₅ pueda generar los ingresos mensuales, podrá recorrer distancias totales hasta de 14 km en un día laboral de 5.5 horas netas, a una velocidad promedio de 4.05 km/h. Sí realiza un máximo de 3.3 viajes diarios de 1 hora, o 7.8 recorridos de 15 min con los descansos obligatorios después de cada viaje, a velocidades promedio, en pendientes de hasta 6.5 %, el costo por viaje *versus* la cantidad podrá ser de USD\$ 9.9 y USD\$ 4.2 respectivamente.
- Los costos por recorridos se fijan así: la mínima de 0.3 km por USD\$ 2,60, de 3 km por 10,42 USD\$, para 7 km USD\$18,23, y para 10 km un costo de USD\$ 22.40.

f) *Aspectos generales*

- Para las regiones que deseen erradicar el STE del sistema de transporte o cuando los gobernantes de la región no son capaces de controlar el maltrato animal; se considera una acción positiva cambiar los sistemas de tracción equina –STE- por otros transportes motorizados como los moto-carros –MC-, aunque su introducción al casco urbano aumenta la contaminación ambiental.
- Los conductores del sistema, deberán tener una guía clara sobre la capacidad del caballo, por ser este un ser vivo que cambia de ánimo, sentir y fuerza entre uno a otro animal.
- El sistema de transporte animal en países pobres presenta diversos problemas generalizados, tales como (a) el maltrato al animal, (b) la difícil movilidad urbana, (c) la pobreza de las personas, (d) el mal estado de los equipos, (e) la violencia de los conductores hacia la comunidad, entre otros. Sin embargo en países ricos también se ven violentados y maltratados arrastrando grandes y pesados carruajes.

- En las ciudades interesadas en implementar el STE como un transporte ambiental alternativo, deben desaparecer las zonas peatonales pintadas en el pavimento, denominadas cebras. Puesto que el caballo se resbala a su paso. Deberán ser reemplazadas por otros modelos educativos.
- Se propone insertar el sistema equino de manera descentralizada o como transporte inter-barrial con viajes definidos. También podrían funcionar como alimentadores de los sistemas de transporte masivos y del transporte público. Otra modalidad de tránsito, consistiría en implantarlo como transporte turístico y taxi por vías y rutas especiales o usar las vías de las bicicletas.
- Es pertinente que las Asociaciones Protectoras de Animales, subsidien las revisiones veterinarias del equino cada dos meses, igualmente, que sea obligación vigilar que los transportadores proporcionen al animal un alimento rico en nutrientes tres veces al día desenganchados de los carros, como darles agua varias veces en el día laboral.

7.2. Recomendaciones

La vanguardia tecnológica descuidó la investigación y el desarrollo (I+D) en materia de transporte de tracción animal. El STE se encuentra vigente en el presente siglo y pasarán muchos años antes que desaparezca. Por los años futuros, no se puede ignorar el papel del STE en la tecnología y la sociedad, así la problemática solo acoja a una minoría de la población mundial. Aunque se vislumbra un futuro gris en los desarrollos tecnológicos del STE, debido a que el mercado del transporte está dominado por las multinacionales de automotores. A fin de aportar a la tecnología del transporte animal, se dejan planteadas las siguientes línea de investigación.

1. Para que el STE esté en equilibrio físico entre sus partes, los objetos deben ser manufacturados bajo parámetros específicos y con tecnología apropiada. En muchas regiones, las innovaciones en dispositivos para la acción del tiro animal, apenas han sido desarrolladas, esto se debe a la falta de investigación y desarrollo tecnológico que permita potenciar el trabajo del animal. Como futura línea de investigación está el estudio de nuevos desarrollos de objetos más livianos y seguros para la actividad.
2. En las ciudades donde se considere el STE como una alternativa de baja velocidad y contribuyente a los aspectos ambientales y sociales, se podrían tener rieles especiales que ayuden a la locomoción, el frenado y el arranque del mismo. Como vías con mezclas especiales en el pavimento, que disminuya la absorción de la luz solar y la temperatura a los cascos del caballo.

3. Las fórmulas se aplican a un caballo trabajando sobre tierra y el caballo urbano trabaja sobre pavimento, por lo que se considera que hace un gran esfuerzo al sostener la carga total cuesta arriba y abajo, aspecto que no se desarrolla en la presente investigación.
4. Se sugiere que el caballo sea reproducido para la actividad de tiro urbano a través del cruce de razas y ser evaluado en la práctica por especialistas, esto se deja como futura línea de investigación para el área veterinaria.
5. Se propone el estudio de la movilidad para STE con sistemas de freno integrados al sistema de suspensión, y que pueda ser accionado mediante palanca o pedal por el conductor desde su puesto de trabajo.
6. Resulta difícil determinar las tarifas del STE *versus* la competencia motorizada, debido a la diferencia en velocidad y carga del sistema con respecto a los sistemas de carga motorizados. Por tales inconvenientes se propone crear un nicho de mercado para el STE y ser definido como transporte de carga liviana.
7. Se propone calcular una tercera velocidad en donde se evalúen las fuerzas que hace el caballo en el primer momento del movimiento, después de la fuerza máxima resultante F_{12} calculada desde la estática como una cuarta velocidad referida al momento que el caballo desacelera en plano y pendiente.
8. Propone extender el modelo a casos que incluyan aceleración y desaceleración STE. Para ello se recomienda Instrumentalizar las mediciones del modelo desarrollado.
9. Se sugieren estudios de demanda y el desarrollo de modelos, para nuevas modalidades de trabajo del STE como pueden ser: el transporte interbarrial con viajes definidos, como alimentadores de los sistemas de transporte masivos y del transporte público, o como transporte turístico y taxi por vías y rutas especiales.

Lista de Anexos.

Anexo 1: El Transporte Equino Urbano en el Mundo y en Colombia

Anexo 2: Caso de Estudio la Ciudad de Pereira –Colombia

Anexo 3: Movilidad del STE en el Caso de Estudio

Bibliografía

- Adeoti, J.S. (S.F) *The potential and development in animal transport devices*. Nigeria, Ilorin: Faculty of Engineering Technology, University of Ilorin.
- Aguilera Rojas, Javier. (1994). *Fundación de ciudades hispanoamericanas*. Madrid, España: Editorial Mapfre.
- Albert, L A. (1998). *Curso Básico, Toxicología Ambiental*. Balderas, México: Editorial Limusa, S.A de C.V, Grupo Noriega Editores.
- Alcaldía de Pereira. (2007). *Mapa división de comunas área urbana*.
- Alcaldía de Pereira (2008). Plan de Ordenamiento Territorial POT. Mapa división de comunas área urbana.
- Amulya K.N. Reddy., Anand, Y.P. & D'Sa Antonette. (2000) Energy for a sustainable road/rail transport system in India. *Energy for Sustainable Development, IV* (1), 29-44
- Asociación Protectora de Animales y Plantas de Pereira. APAP. (2008). *Resumen Actividades Realizadas Con Caballos Carretilleros*. Documento inédito suministrado por Jairo Muñoz Arango, Presidente de la Asociación.
- Atencia, C., Rosas, S & Tumay, R. (2014). *Sustitución de vehículos de tracción animal por motocarros. De la ciudad de Medellín*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Austin, G T. (1988). Manual de procesos químicos en la industria. Tomo I Quinta edición en ingles, México: primera en español., editorial Mc graw Hill USA
- Barberi, Juliana. (7 de marzo de 2009). Corporación RAYA Red de Ayuda a los Animales Re: La Tracción Equina Urbana, [en línea]. Mensaje a: Lina Maria García Ospina.
- Barter, P A. (1998). "Transport Dilemmas in dense urban areas. Example from Eastern Asia". En: Jenks, Mike & Burgués, Rod (eds.) *Compact cities. Sustainable urban forms for developing countries*. Usa: Editorial Spon Press – Taylor & Francis Group.

- Bastidas, C E. & Salazar, M L. (1985). *Índices zoométricos del caballo criollo colombiano*. Tesis no Publicada para optar al título de Médico Veterinario. Manizales, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Caldas.
- Barwell, I., & Ayre, M. (1982). *The harnessing of draught animals*. London, UK: Intermediate Technology Publications.
- Baudrillard, J.(1968). *El sistema de los objetos*. Paris: Éditions Gallimard, París,. Traducido por Francisco González Aramburu. Mexico: Siglo XXI.
- Bauman, Z. (2006). *Vidas Desperdiciadas, La modernidad y sus parias*. Buenos Aires: Editorial Paidós Estadio y Sociedad.
- BBC News. (2009, 26 de febrero). Rome bans horse-drawn carriages. Recuperado de: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7913458.stm>.
- Beltrán, J.M. (1954). *Ganado caballar*. Barcelona, España: Salvat S. A
- Bennett-Wimbush, K. PAS. Amstutz, M. & Willoughby, D. (2014) Characteristics and welfare of horse used for transportation in northeast Ohio. *The Professional Animal Scientist*. 30 :99-104.
- Betker, J., Kutzbach, H.D. (1989). Influence of design on the draught force characteristics of animal-drawn carts. *Draught Animals in Rural Development. ACIAR Proceedings*. 27, 258–263.
- Biffa D., & Woldemeskel, M. (2006). Causes and Factors Associated with Occurrence of External Injuries in Working Equines in Etiopía. *Res Veterinary Medicine* 4, (1).
- Boada Ortiz, A. (2004). *Las empresas y el medio ambiente: un enfoque de sostenibilidad*. Bogota: Departamento de publicaciones Universidad Externado de Colombia.
- Bocquet, J. A. (1938) *Tratado elemental de mecánica aplicada*. Barcelona, España: Editor Gustavo Gili. 7ª edición.
- Bonsiepe, Gui. (1995). *El objeto a la interface, Mutaciones del diseño*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Infinito
- Bradbury, H. (2001). The Gharry Horses of Gonder. En: *Draught Animal News*, (35), 23-25.
- Burdek, Bernhard E. (1994). *Diseño. Historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.
- Cabezas, J., Valenzuela, S., Merino, V., Riquelme, J., García, M., Hertz, E. & Perez, R. (1994). Rendimiento físico, requerimientos energéticos y adaptación fisiológica del caballo de tiro en faenas de aradura. *Archivos de Medicina Veterinaria*, XXVI (2) 12-28.

- Campbell, R.S.F. (1989). Draught Animal Power to 2020. Section 1. Introductory papers. En: Hoffmann, D., Nari, J., & Petheram, R.J. (Editors) Draught animals in rural development. Proceedings of an international research symposium, Cipanas, Indonesia. Australian Centre for International Agricultural Research –ACIAR- N°27: 18-23.
- Cárdenas, M.; Mesa, C., y Riascos J C. (Comps.) (1998). *Planificación Ambiental y ordenamiento territorial*. Santa fe de Bogotá: Fundación Friedrich Ebert de Colombia, Fescol; Centro de Estudios de la Realidad Colombiana, Cerec; Departamento Nacional de Planeación.
- Cassai, G. (1944). El caballo de labranza, *El Campesino*, (76), 224-227.
- Chaparro Valderrama, J. (1998). Colombia Urbana. Una aproximación cultural- Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Biblioteca Virtual Luís Ángel Arango. Capítulo VI
- Chawatama S., Ndlovu L.R., Richardson F.D. Mhlanga F. & Dzama K. (2003a). A simulation model of draught animal power in smallholder farming systems Part I: Context and structural overview. *Agricultural Systems*, (76), 415–440.
- Chawatama S., Ndlovu L.R., Richardson F.D. Mhlanga F. & Dzama K. (2003b). A simulation model of draught animal power in smallholder farming systems Part II: Model evaluation and application. *Agricultural Systems*, (76), 441–455.
- Chiang, Hung-Lung. Huang, Pei-Hsiu, Lai, Yen-Ming. & Lee, Ting-Yi. (2014). Comparison of the regulated air pollutant emission characteristics of real-world driving cycle and ECE cycle for motorcycles. *Atmospheric Environment*, (87), 1-9.
- Chirgwin, J.C. Roover, P. & Dijkman, J.T. (2000). El burro como animal de trabajo, Manual de capacitación. *Estudio FAO producción y sanidad animal*. No. 146.
- Cortés, F. (1979). Estudio descriptivo de la relación entre peso corporal y perímetro torácico en caballos carretoneros de la ciudad de Valdivia. Tesis, Valdivia. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Crevat y Baron .(1985) Equinotecnia. Chile: Departamento de Medicina Veterinaria Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de Concepción.
- Crevat y Baron .(1946). Hipotecnia. 2ª Edición Corregida y Aumentada. Argentina, Buenos Aires: Ediciones Morata.
- Cuellar Mosquera, A. (1992). *El Caballo En La Historia del Hombre*. Colombia: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

- De Aluja, A. S. (1998). The welfare of working equids in Mexico. International Donkey Protection Trust(IDPT), International League for the Protection of Horses(ILPH). Veterinaria México, (1), 55-59
- Dennis, R.A (1996) *Guidelines for design, production and testin of animal-drawn carts*. London: intermediate technology publications.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2012). *Algunos aspectos del análisis del sistema de ciudades Colombiano*. Bogotá: Misión del sistema de ciudades. Republica de Colombia.
- Departamento Nacional de Planeacion DNP. (1995). *Ciudades y ciudadanía. La Política Urbana del Salto Social*. República de Colombia.
- Del Castillo, J C & Salazar, F J. (2001). La planeación urbanística en Colombia. la planeación urbanística como primera experiencia de planeación. En: Brand, Peter C. (Comp.), *Trayectorias urbanas en la modernización del estado en Colombia*. Medellín: TM Editores, Universidad Nacional, sede Medellín.
- Delgado, O. (2001). Geografía, Espacio y Teoría Social. En: Universidad Nacional de Colombia, Red de estudios de espacios y territorio, RET, *Espacio y Territorios. Razón, pasión e imaginarios*. Bogotá: Editorial Unibiblos Universidad Nacional de Colombia,
- Delgado Ruiz, M. (1999). *Ciudad líquida ciudad interrumpida*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Colombia: Editorial Universidad De Antioquia.
- Diehl Richard, A. & Mandeville, M D. (1987). Tula, and wheeled animal effigies in Mesoamerica. *Antiquity*. 6(232), 239-246
- Dossenbach, Monique & Hans D. (1987). *El Caballo Rey*. Barcelona: Editorial Blume.
- Duarte Murillo, D. (2002). (Comp.) *Código Nacional de transito terrestre, LEY 769 de 2002*. Bogotá D.C, Colombia : Editorial Leyes.
- Estrada Londoño, R. (1990) *Chalanería Colombiana, Origen histórico del caballo criollo*. 2da edición. Medellín: Vieco Cia Ltda.
- Fédération Equestre Internationale FEI. (2009). Switzerland Rules for international combined driving events 10th edition.
- Evans J, W., Borton, A., Hintz, H F., Van Vleck, & L., Dale. (1979) *El Caballo*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

- García Delgado, Carlos Andrés (1999) *Guía para el cuidado del equino de trabajo*. . Monografía sin publicación. A.D.A, Asociación Defensora de Animales, Bogotá.
- García L, M., Cabezas A, I., Guzmán SM, R., Valenzuela, S., Merino, V & Pérez F, R. (1997) Características hipométricas, peso corporal y capacidad de carga del caballo fina sangre chileno en rodeo. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 12, (1).
- Giraldo Aristizabal, W A & Toro Gómez, M V.(2008). Estimación de la emisión de contaminantes por Motocicletas en el valle de aburra.
- Gómez Pineda, Ó D. (2012). *Régimen jurídico del tránsito terrestre en colombia*. Corporación fondo de prevención vial.
- Gossain, J. (2014, 24 de junio). Diario EL Tiempo. Los caballos cocheros de Cartagena se están muriendo en la calle.
- Hawks, E. (1946). *Historia del transporte*. Barcelona: Editorial Juventud S.A Provenza IOI.
- Herbst, J. (2005). *The History of Transportation*. Minneapolis, Minnesota: Twenty-First Century Books
- Herold, P. & Heß, J. (2001). Draught animal power in organic farming in Germany. A comparison of horsedrawn. *Draught Animal News*, (35), 21-23.
- Hetz, E. y Carrasco, J. (1987). Capacidad de trabajo y costos de la labranza con caballos en el área regada de Ñuble, Chile. *Agrociencia*, 3, 151-159.
- Hetz, E., Candia, M., Ibáñez, A., Islas, G., Mora, G., Quijada, R., Pérez. (1990). Habilitación de un carro para estudiar la aptitud física y rendimiento en animales de tiro. *Agro-Ciencia* 6: 39-45.
- Ho, B.Q., Clappier, A. (2011). Road traffic emission inventory for air quality modeling and to evaluate the abatement strategies: a case of Ho Chi Minh City, Vietnam. *Atmos. Environ.* 45, 3584-3593.
- Holguín-Veras, J. & Brom, M. (2008) Trucking costs in a metropolitan area: a comparison of alternative estimation approaches. *TRB 2008 Annual Meeting CD-ROM*.
- Instituto Nacional de Vias INVIAS (1996). Manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles. Segunda versión.
- Institute for Transportation and Development Policy ITDP. (1996). "Jakarta's Non-motorized Modes 'Living Dangerously.'"

- Jiménez Herrero, L. (2000). *Desarrollo sostenible. Transición hacia la Coevolución global*. Madrid España: Editorial pirámide.
- Jones, C.(1982). *Métodos de Diseño*. Barcelona España: Editorial Gustavo Gili.
- Joubert, A.B.D. & Kotsokoane, J. (2000). Animal traction in South Africa into the 21st century. En: Kaumbutho, P., Pearson, A. & Simalenga, T. (Eds.) *Empowering farmers with animal traction*. (p. 10-17). South Africa: Atnesa Org.
- Levi-Strauss,C. (1962). *La ciencia de lo concreto en el pensamiento salvaje*. México: Fondo de cultura economica.
- Lin, C. W., Chen, Y. R., Lu, S. J., Cho, S. W., Lin, K. S., Chiu, Y. C., Tang, X. Y. (2008). Relationships between characteristics of motorcycles and hydrocarbon emissions in Taiwan. *Transportation Research Part D. Transport and Environment*, 13, 351-354.
- Lindsey, Thomas. (2008, 16 Diciembre). Horse Drawn Carriages. Bill Aims to Ban Carriage Horses En: Horse Drawn Carriages. Home page: all-creatures.org. Animal Rights Articles. Moo-ving people toward compassionate living. Recuperado de: <http://www.all-creatures.org/articles/hdc-20081216.html>.
- Littauer M. A., Crouwel J, H., Spuler, B., Hrouda, B., Altenmüller, H. (1979). Wheeled vehicles and ridden animals in the ancient near east. *Handbuch der Orientalistik:Brill Archive*.
- López, Yáñez B. & Morales, Burguet J. (2001). An approach to determine the status of the donkey in Central Veracruz, México. *Draught Animal News*, (35), 15- 21.
- Mac-Leod Silva, C A. (1999). *Estudio de los equinos carretoneros atendidos en un policlínico de terreno en Valdivia, caracterizando aspectos de hipometría, patologías, alimentación, cascos y herrajes*. Valdivia Chile: Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Zootecnia
- Makower, J., Elkington, J., Hailes, J. (1993). *The Green Consumer*. Usa: Editorial Pengui books.
- Maldonado, Tomás. (1999) *Hacia una racionalidad ecológica*. Buenos Aires: Ediciones Infinito Primera edición en Español.
- Manzini, E. (1990). *Artefactos, hacia una nueva ecología del ambiente artificial*. Madrid, España: Celeste Ediciones.
- Manzini, E. (1995) Prometheus of Everyday: The Ecology of the Artificial and the Designer's Responsibility' . En: Margolin, V & Buchanan, R. *Explorations in Design Studies*. Chicago, Discovering design: University of Chicago.
- Margolin, V. & Buchanan, R. (1995). *Discovering design*: University of Chicago press.

- Marín Guevara, J G. (2003). Estudio Socioeconómico. Monografía no publicada. Instituto de Tránsito y Transporte de Pereira.
- Martín Juez, F. (2002). Contribuciones a una antropología del diseño. Ed. Gedisa.
- Mattick, A. (1999). Draught animal power in Mozambique. *Draught Animal News*, 31, 22-24.
- Maya, A. (2000). La aventura de los símbolos. Una visión ambiental de la historia del pensamiento. Bogotá: Ecofondo.
- May, T.(2011). *Social Research. Issues, Methods and Process* (4ed.) Berkshire: Open University Press.
- McShane, C. & Tarr, J. (2003) The decline of the urban horse in American cities. *Journal of Transport History*, 24 (2), 177-199.
- Melo Gonzáles, O J. y otros. (1988). Caminos reales de Colombia. Parte II tradición y continuidad. Caminos reales y caminos republicanos. Recuperado de www.lablaa.org.
- Melo Moreno, V. (2001). La calle: Espacio geográfico y vivencia urbana en Santa Fé de Bogotá. Recuperado de: www.lablaa.org.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Guía Metodológica 1. Información práctica para formulación de Planes de ordenamiento territorial.
- Ministerio de Transporte. (2011). Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011 -2016.
- Miralles Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte, el binomio imperfecto*. España: Editorial Ariel.
- Moller, R., Beltrán Arcila, D., Jiménez Duque, F. (2009). *Transporte urbano sostenible y la calidad de vida para los municipios de Colombia*. Programa editorial Universidad del Valle: Colección Libros de investigación.
- Moreno Urrego, S, Pérez Barbosa, D & Hurtado, V. (2012). Sustitución de vehículos de tracción animal (vta). Actualización, validación e identificación plena de carreteros: Alcaldía de Bogotá
- Motocarro terminó como garantía de pago. (2013, 25 de abril) *La Patria*.
- Muñoz, L., Ortiz, D., Ortiz, R., Cabezas, I. & Briones, M. (2012). Determinación de la carga al dorso en caballos de rodeo chileno y comparación con la capacidad máxima de carga al dorso estimada, de acuerdo a la fórmula de Beltrán (1954). *Archivos de medicina veterinaria*, 44 (3), 285-289.

- Nguyen Thi Kim Oanh, Mai Thi Thuy Phuong, Didin Agustian. (2012). Permadi Analysis of motorcycle fleet in Hanoi for estimation of air pollution emission and climate mitigation co-benefit of technology implementation. *Atmospheric Environment*, 59, 438-448.
- Oanh, N. T. K, Phuong, M. T.T., Permadi, D. A. (2012). Analysis of motorcycle fleet in Hanoi for estimation of air pollution emission and climate mitigation co-benefit of technology implementation. *Atmospheric Environment* 59, 438-448.
- O'Neil, D. H., & Kemp, D.C. (1989). A comparison of work outputs of draught oxen. *Journal of Agricultural Engineering Research*, (43), 33-44.
- Patiño, V.M. (1993) Historia de la cultura material en la América equinoccial, *tomo 3: Vías, transportes y comunicaciones*. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. Compilación en la biblioteca virtual de Luis Ángel Arango.
- R. Anne Pearson, R, (1993) Pearson, Resource requirements for draught animal power. *Animal production in developing countries. Occasional publication British Society of Animal*. No. 16 p 57-67
- Pearson, R. A. (2005). Contributions to society: draft and transport. En: Pond G. Wilson, Bell W. Alan. *Encyclopedia of Animal Science*. Estados Unidos de Norte América, CRC Press. p. 248 – 249.
- Pérez, E. (2002). Paisaje Urbano en Nuestras Ciudades. En Bitácora, Urbano / Territorial. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogota. *Revista del Departamento de Urbanismo, Facultad de Artes*, 4, 37 – 40.
- Pérez F, R., Islas L, A., Mora R, G., Recabarren M. S., Barahona M, E., Jara M, C. & Ibáñez C, M. (1991) Electrolitos séricos y proteínas plasmáticas en caballos mestizos de tiro sometidos a ejercicio de tracción. *Avances en Medicina Veterinaria*, 6 (1).
- Perez, R., Recabarren, S.E., Valdes, P. & Hetz, E. (1992). Biochemical And Physiological Parameters And Estimated Work Output In Draught Horses Pulling Loads For Long Periods. *Veterinary Research Communications*, 16 (3), 231-246. Chile.
- Personas por la Ética en el Trato de los Animales. PETA. (S.f). Incidents Involving Horse-Drawn Carriages.
- Pinto Carrillo, A. (2001). Política Urbana y Ciudades Intermedias en Colombia. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Presentacion compilada en Internet.
- Polanco, Marcos A. (2009, 12 de marzo). Sociedad Dominicana para la Prevención de Crueldad a los Animales –SODOPREC-. República Dominicana. Comunicación personal.

- Ponce Cevallos, F. & Ríos López, J. (1998). *Mecanización con tracción animal para la conservación de suelos de ladera*. Monografía no publicada Departamento de Sistemas de Producción y Agropecuaria ISCAH, La Habana, Cuba.
- Rahman S.A., Walker L. & Ricketts W. (2005). Global perspectives on animal welfare: Asia, the Far East, and Oceania. *Rev. Sci. tech*, 24 (2), 597-610.
- Ramado, G. (2009, 4 de febrero). World Society for the Protection of Animals WSPA Bz. Comunicación personal.
- Ramaswamy, N.S. (1998). Draught animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 59, 73-84.
- Ramirez Poveda, J M. (2001) El hombre y el animal. Su relación en una concepción legal y filosófica. Monografía. Bogotá D.C.: Instituto de Estudios del Ministerio Público. Procuraduría General de la Nación.
- Reddy, A K.N., Anand, Y.P., D'Sa, A. (2000) Energy for a sustainable road/rail transport system in India. *Energy for Sustainable Development, IV* (11), 29-44.
- REDPAA. (2009, 19 de marzo). Re: La tracción equina Urbana [en línea]. Mensaje a: Lina Maria García Ospina. Comunicación personal.
- Reyes, J.F., E. Hetz. (1988). Fundamento de mecanización agrícola con tracción animal. Tesis sin publicar. Chillán, Universidad de Concepción.
- Ríos, A. y Cárdenas, J. (2003). Animal traction in Cuba: an historical perspectiva. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), Havana, Cuba. Recuperado de: <http://www.recta.org>.
- Ríos, H, Carmona (2001). El sector del transporte: eje de la modernización. En: Brand, Peter C. (Comp.) *Trayectorias urbanas en la modernización del estado en Colombia*. Universidad Nacional sede Medellín: TM editores.
- Rodríguez, G. (1995). Manual de diseño industrial. México: Ed. Gustavo Gili.
- Rodriguez, E. O (1984) *Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas*. Food & Agriculture Org.
- S/A (11 de noviembre de 2015) Galope a golpes, ALELÍ, La Habana. Recuperado de http://www.14ymedio.com/blogs/origenes/animales-caballos_7_1631306854.html
- Sáenz Zapata, L M. (2007). *Ergonomía y diseño de productos. Criterios de análisis y aplicación*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

- Sáez M., Escobar A., and Tadich T. A. (2013). Morphological characteristics and most frequent health constraints of urban draught horses attending a free healthcare programme in the south of Chile: A retrospective study (1997-2009). *Livestock Research for Rural Development*, 25 (5).
- Salado Rodriguez. J., Cepero Rodriguez. O., Pentón Gomez. M. H., & Silveira Prado, E. A. (2006). Caballos de Tracción: Comportamiento en la ciudad de Sancti Spiritus, Cuba . *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, VII, (11), p.1 -12.
- Salcedo Salcedo, J. (1996). *Urbanismo hispano americano siglos XVI – XVIII, el modelo urbano aplicado a la América española su génesis y su desarrollo teórico practico*. Santa fe de Bogota: Editorial Ceja.
- Santos, M. (2000). *La Naturaleza del Espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción* (1ra ed.). Barcelona: Ariel Geografía.
- Sasimowski, E. (1987). Polonia, empleo, producción y crianza de caballos de tiro. Estudio monográfico. *Revista mundial de zootecnia*, 63, 31-39.
- Sevilla, C.C. (1995). The use of draft animals and the potential of the draft cow system in the Philippines. En Zerbini, E., Shapiro, B.I. & Chirgwin, J.C. (Eds.). *Cows for Milk, Meat and Traction in Smallholder Farming Systems*. Ethiopia: ILRI (International Livestock Research Institute).pp 93-108.
- Sisson, S. & Grossman, J.D. (2005). *Anatomía de los Animales Domesticos*. Barcelona, España: Ed. Masson. Tomo I 5ta Ed.
- Solanet, E. (1946). *Hipotecnia*. 2ª Edición Corregida y Aumentada. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Morata.
- Starkey P., Hanekom D., Lake T., Meikle, G., & Jaiyesimi-Njobe, F. (2000). Animal traction in South Africa: the present situation.
- Starkey, P. (2001) *Local Transport Solutions. People, Paradoxes and Progress. Lessons Arising from the Spread of Intermediate Means of Transport*. Sub-Saharan Africa Transport Policy Program, The World Bank and Economic Commission for África. SSATP Working Paper No. 56. Sub-Saharan Africa Transport Policy Program (SSATP) Africa Region.
- Starkey, P., Hine, J. & Ternell, A. (2002). *Impoving rural mobility. Options for developing motorized and nonmotorized transport in rural areas*. the World bank technical paper No 525. Internacional bank for reconstruction an development.
- Starkey P., Ríos A., Valdés H. y Sotto P. (S.f). *The importance of horses, mules and donkeys in modern Cuba*.

- Starkey, P. (1995). *Animal Power in South Africa: Empowering Rural Communities*. Gauteng, South Africa: Development Bank of Southern Africa.
- Tadich, T., Escobar, A. & Pearson, RA (2008). Husbandry and welfare aspects of urban draught horses in the south of Chile. Aspectos de manejo y bienestar en equinos de tiro urbano en el sur de Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(3), 267-273.
- T, A. S. (1998). The welfare of working equids in Mexico. *Applied Animal Behaviour Science*, (59), p. 19-29. Doi [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00117-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00117-8).
- Taylor D., Kneale J. & Pearson A. (1999). The use of donkeys, horses and mules on smallholder faros in eastern cape province. En: *Feeding draught cattle in semi-arid areas DFID Livestock production programme*. Final technical report Project R6609. 39-56.
- Tissera, J., Losinno, L., Aguilar, J., & Ludueña, R. (2009). *Razas Equinas Guía de Trabajos Prácticos*. Argentina: Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento Producción Animal Área de producción equina UNRC.
- Toro Sánchez, F. & Encinales Gallo, C. (1994,) *Estudio de las condiciones socio familiares, económicas y laborales de los carreteros, análisis de los equinos y características de los atalajes utilizados en este oficio en el Municipio de Manizales*. Monografía no publicada. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Caldas. Manizales.
- Trautwine, J C. (1874). *Civil Engineer's Pocket Book*. USA: Philadelphia, Claxton, Remsen & Haffelfinger.
- Unilever Andina S.A. y Ergosourcing. (2001). *Ergonomía en movimiento. Manual de aplicación*. Bogotá: Comité Editorial de Ergonomía Unilever Andina S.A. y Ergosourcing.
- Uribe Uribe, L. (1962). *Historia del urbanismo y técnicas de planificación*. Medellín, Colombia: Publicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Uriol I., Jose L. (1980). *Apuntes Para Una Historia del Transporte*. España: Revista de Obras Publicas, 641-652.
- Van der Lee, J., Udo, H.M.J., Brouwer, B.O. (1993). Design and validation of an animal traction module for a smallholder livestock systems simulation model. *Agricultural Systems* 43, 199-227
- Venturelli, L., Moltoni, A., Esparza, S., Huerga, I., Giordano, G., Valderrama, P., & Regazzoni, J. (S.f). *Tracción de implementos en la agricultura familiar. Desarrollo de instrumental para medir fuerza de tiro y potencia*. Instituto Ingeniería Rural
- Warren Evans J., Borton, A., Hintz, H F. & Van Vleck, L. D. (1979). *El Caballo*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

- Williams, C. (1981). *Los orígenes de la forma*, Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Youatt, W. (1831). *The Horse, with a Treatise on Draught and a Copious*. London : Baldwin and Cradock.
- Zealelem, B., Mengistu ,G. Amsalu, S., Abule, I. & Teshome, B. (2001). Draught characteristics of a pair of working donkeys in the Rift Valley of Etiopía. *Draught Animal News*, 35, 4-5.
- Zegpi, E.R. (1986). Ventajas de usar el caballo en el tiro animal. Chile, *Agrícola*, 10: 126-128.

Normatividad

Colombia. Constitución Política de Colombia . 1991

Colombia. Congreso de la República. Comisión Primera Constitucional Permanente Proyecto de Ley 087/2014C. Septiembre 04 de 2014 “Por Medio De La Cual Se Modifica La Ley 84 De 1989, Se Modifica El Código Penal, El Código De Procedimiento Penal y Se Dictan Otras Disposiciones”.

Colombia. Congreso de la República. Ley 576/2000 Código Ética para el Ejercicio Profesional de la Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Colombia. Acuerdo Distrital 79. por el cual se expide el código de policía de Bogotá D.C. 20 de enero de 2003.

Colombia. Alcaldía de Cartagena de Indias (2014), Decreto 0656. Alcaldía de Cartagena de Indias Colombia 3 de junio de 2014.

Colombia. Presidencia de la República. Decreto 178. Por el cual se establecen medidas relacionadas con la sustitución de vehículos de tracción animal, 27 de enero de 2012.

Colombia. Alcaldía de Pereira. Risaralda Decreto 1049. Alcaldía de Pereira. Risaralda, 7 de diciembre de 2001.

Colombia. Presidencia de la República. (1970a) Decreto 1344. Código Nacional de Tránsito Terrestre, 4 de agosto de 1970.

Colombia. Presidencia de la República. (1970b) Decreto 1355. Código Nacional de Policía, 4 de agosto de 1970.

Colombia. Presidencia de la República (1989) Decreto 2737. Código del Menor, 27 de noviembre de 1989.

Colombia. Presidencia de la República. (1971) Decreto 522. Contravenciones especiales de policía, 27 de marzo de 1971

Colombia. Presidencia de la República. Decreto 2055. Se adiciona y se modifican algunas disposiciones del Decreto 1355 de 1970, 29 de octubre de 1970.

Colombia. Presidencia de la República. Decreto Nacional 497. Por el cual se reglamenta la ley 5a. de 1972. 29 de marzo de 1973.

Colombia. Presidencia de la República. Decreto 2257. Por el cual se Reglamentan Parcialmente los Títulos VII y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a investigación, Prevención y Control de la Zoonosis. 16 de julio de 1986.

Colombia. Presidencia de la República. Decreto 2811. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974.

Colombia. Congreso de la República. Ley 769. Código Nacional de Tránsito Terrestre, agosto 6 de 2002.

Colombia. Congreso de la República. Ley 746. se regula la tenencia y registro de perros potencialmente peligrosos. 19 de julio de 2002.

Colombia. Congreso de la República. Ley 232. Se dictan normas para el funcionamiento de los establecimientos comerciales, 26 de diciembre de 1995.

Colombia. Congreso de la República. Ley 100. Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. 23 de diciembre de 1993.

Colombia. Congreso de la República. Ley 99. Régimen legal Colombiano del medio ambiente. 22 de diciembre de 1993.

Colombia. Congreso de la República. Ley 388. Principios y normas sobre desarrollo territorial y urbano. 18 de Julio de 1997.

Colombia. Congreso de la República. Ley 84. Estatuto Nacional de Protección de los Animales. 29 de diciembre de 1989.

Colombia. Proyecto de Ley 21 de 2002. Por medio de la cual se reforma integralmente la Ley 84 de 1989, y parcialmente la Ley 599 de 2000 y se dictan otras disposiciones.

-
- Colombia. Corte constitucional. Sentencia C-355/03. Corte constitucional. Demanda de inconstitucionalidad contra el artículo 98 de la Ley 769 de 2002, 6 de Mayo de 2003.
- Colombia. Corte constitucional. Sentencia C-481/03. Corte constitucional. Demanda de inconstitucionalidad contra el artículo 98 de la Ley 769 de 2002, 11 de junio de 2003.
- Colombia. Corte constitucional. Sentencia C-475/03. Corte constitucional. Demanda de inconstitucionalidad contra el artículo 98 (parcial) de la Ley 769 de 2002, 10 de junio de 2003.
- Colombia. Corte constitucional. Sentencia C-981/10. Corte constitucional. Demanda de inconstitucionalidad contra el literal A-12, artículo 21, ley 1383 de 2010. 1 de diciembre de 2010.

Fuentes de Internet

Adrenalina pura, en prueba de fuerza de equinos de tiro pesado. (29 julio 2013) web. Contexto ganadero Recuperado de :<https://www.contextoganadero.com/galeria/adrenalina-pura-en-prueba-de-fuerza-de-equinos-de-tiro-pesado>. Foto: Asociación Colombiana de Criadores de Caballos de Tiro Pesado

Bunyavejchewin, P. (1995). The potential and trend of using buffalo cows for farm draft power in Thailand. En Zerbini, E. Shapiro, B.I. & Chirgwin, J.C. (Eds.). *Cows for Milk, Meat and Traction in Smallholder Farming Systems* (p.108-118). Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/2849/TechTran.pdf?sequence=1>

Cartagena. (2014, 30 de junio). Extenuado, se desplomó un caballo cochero en Cartagena. *Diario El Tiempo*. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14187976>

Cuellar Montaña, J. (S.f.) Investigación y textos. Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango. Recuperado de www.lablaa.org

Dawson, P. (2007). *Artillery Horses: Harness and Draught of the Napoleonic Era. Military: Organization, Strategy & Tactics. The Napoleon Series*. Recuperado de : http://www.napoleon-series.org/military/organization/c_artilleryhorses.html

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2005-2006). Censo general 2005, Conciliación Demográfica. Recuperado de www.dane.gov.co/.../Pob. Archivo: PoblacionConciliada.xls Fuente

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2006-2007). Encuesta Continua de Hogares. Recuperado de: www.dane.gov.co/.../Pob. Archivo: C1_Inf_13areassexo_Itrim06.xls

Devonshire-Ellis, C (2010, 3 de junio). Rural Life Still Influential in China and India's Urban recuperado de <http://www.2point6billion.com/news/2010/06/03/rural-life-still-influential-in-china-and-india's-urban-cities-5871.html>.

El Tiro y Arrastre, en valenciano "Tir i arrossegament" es un deporte autóctono de la Comunidad Valenciana.(16 noviembre 2103). Recuperado de Web paperblog

- <http://es.paperblog.com/el-tiro-y-arrastreren-valenciano-tir-i-arrossegament-es-un-deporte-autoctono-de-la-comunidad-valenciana-2508956/>.
- En Bogotá hay 450 mataderos clandestinos (2003, 13 de marzo en línea). El Tiempo. Recuperado de: http://www.EL TIEMPO_COM-Bogotá-En_Bogotá_hay_450_mataderos_clande.htm.
- Encyclopedia Britannica Advocacy For Animals. (2008, 31 de marzo). The Carriage Horses of New York City. Virtual Encyclopedia Britannica Advocacy For Animals. Recuperado de: <http://advocacy.britannica.com/blog/advocacy/2008/03/the-plight-of-new-york-city-carriage-horses/>.
- European Commission. (Septiembre 2009). A Sustainable Future for Transport Response to the European Commission Consultation.. **Recuperado de:** transport & environment www.transportenvironment.org.
- Evidencia de la sustitución. (2013, 19 de julio). *La Patria*.
- Fady, D. (2009) Ramassage des déchets verts et insertion sociale à l'aide du cheval à Lucerne (Suisse). Recuperado de <http://hippotese.free.fr/blog/index.php/category/Recherche-materiel-harnais>.
- FAOSTAT. (2011). Live animals. Recuperado de: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/search/animals/E>.
- FAOSTAT (2009). Working horses. Recuperado de: <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>.
- Fondo de Prevención Vial. Bogotá. (2002). Accidentalidad vial nacional. Recuperado de: www.mintransporte.gov.co/Servicios/.../ACCIDENTALIDAD.pdf.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2011). *The Brooke. Electronic Consultation on The role, impact and welfare of working (traction and transport) animals*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/FAO-The%20Brooke%20working%20animals%20e-consultation%20report.pdf
- Funny photo imran khan. (S.f). India. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/AmazonWebServices/session-2se>.
- Guianza Express LTDA. (s.f) Paseo en Coche de Caballos. Recuperado de http://www.guianzaexpresscartagena.com/nuestros_tours_3.htm.

- Guiinot, P. (2009). Un phénomène de Société durablement enraciné. Recuperado de: <http://www.chevaux-haute-normandie.com/fr/actualites/information-filiere/bilan-eme-congres-des-chevaux-territoriaux,8405.html>
- Gómez E, L. (2009, 18 de noviembre). Motos expulsan media tonelada de contaminantes al día en Bogotá revela U. de los Andes. *Diario El Tiempo*. Recuperado de : <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-6620969>.
- Hanoi's People Committee. HPC. (2008). Available online at Hanoi Police. Recuperado de: <http://www.anninhthudo.vn/Tianyon/Index.aspx?ArticleID1/437965&ChannelID1/45>.
- Hung-Lung Chiang, Pei-Hsiu Huang, Yen-Ming Lai, Ting-Yi Lee. (2013). Comparison of the regulated air pollutant emission characteristics of real-world driving cycle and ECE cycle for motorcycles Department of Health Risk Management, China Medical University, Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.12.031>.
- Mohita Nagpal (2011, 7 de agosto) *Bumpy ride: Delhi tongas on their last legs* recuperado de <https://in.news.yahoo.com/bumpy-ride-delhi-tongas-last-legs-065301631.html>.
- Moreyra, A. (2008, 27 de mayo). Asociación protectora de animales y ecologista de Quilmes. Recuperado. de: <http://www.apaeq.org.ar/proyectotraccionasangre.html>
- Owen R. (2008, 26 de julio). *Horse Drawn Carriages MPs gallop to defence of Rome's horses* From *The Times*. En: Horse Drawn Carriages From all-creatures.org Animal Rights Articles Moving people toward compassionate living. Recuperado de: <http://www.all-creatures.org/articles/hdc-20080726.html>
- Redbubble (s/f) horse carriage in Munich, Germany recuperado de <http://www.redbubble.com/people/chord0/works/1945379-horse-carriage-in-munich-germany>.
- Reemplazar carretillas por motocarros. (2010, 9 de mayo). El Diario del Otún. Pereira Risaralda, recuperado de <http://www.eldiario.com.co/seccion/LOCAL/reemplazar-n-carretillas-por-motocarros100508.html>.
- Serrano, E.(2012, 2 de julio) Cuba a través de los ojos de una periodista estadounidense recuperado de <http://www.anhelos-y-esperanzas.com/2012/07/cuba-traves-de-los-ojos-de-una.html>
- Sierra D, M. J. (2001) *Del Tranvía Al Transmilenio*. Recuperado de www.lablaa.org. Biblioteca Virtual Luís Ángel Arango.
- Starkey P. (2001). *Local Transport Solutions People, Paradoxes and Progress. Sub-Saharan Africa Transport Policy Program.SSATP*. Working Paper No. 56. Recuperado de

- <http://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publications/SSATP-WorkingPapers/SSATPWP56.pdf>.
- Starkey, P. & Starkey, M. (2000). Regional and world trends in donkey populations. En Starkey, P. & Fielding, D. (eds.) *Donkeys, people and development, Regional and world trends in donkey populations*. Recuperado de: [http:// www.atnesa.org](http://www.atnesa.org).
- Starkey, P. (2004). *Moving forward with animal power for transport: how people, governments and welfare organisations can make an impact: examples from Africa and Madagascar*. Recuperado de <http://www.taws.org/TAWS04-Starkey-Transport-8April04-16.pdf>.
- S/A. (2006, 16 de Mayo). Tracción Animal y Tenencia Responsable de animales. Sociedad Uruguaya: Mirate. Uruguay. Recuperado de <http://www.sociedaduruguaya.org/2006/05/traccion-animal-y-tenencia-responsable-de-animales.html>.
- The Carriage Horses of New York City (2008, March 31). Advocacy For Animals. Virtual Encyclopedia Britanica. Recuperado de <http://advocacy.britannica.com/blog/advocacy/2008/03/the-plight-of-new-york-city-carriage-horses>.
- WSPA. History of WSPA involvement (2009). En: El regio animal – Colombia- publicado 15/10/2009 7:59 por WEB MASTER [actualizado el 30/5/2011 15:41] Recuperado de: <http://www.elrefugioanimal.org/Noticias/headline1>
- World Society for the Protection of Animals. WSPA. (2009a, 14 de enero). Emergency help for Gaza's vital working animals. Recuperado el 20 de enero de 2009, de <http://www.wspa.org/>.
- World Society for the Protection of Animals -WSPA-. (2009b). Improving the lives of Colombia's working horses. Recuperado de [http:// www.wspa-international.org/wspaswork/workinghorses/improvinghorses livescolombia.aspx](http://www.wspa-international.org/wspaswork/workinghorses/improvinghorses livescolombia.aspx).
- World Society for the Protection of Animals -WSPA- (s/f) Caballos trabajadores. Recuperado de. http://www.wspa-latinoamerica.org/nuestro_trabajo/caballos_trabajadores/Default.aspx.
- World Society for the Protection of Animals –WSPA. (s/f). Atención a caballos de carretoneros en Managua. Recuperado de <http://wspa.or.cr/newsba0b.html?newsID=6&type=3>.
- World Society for the Protection of Animals. (2009, 15 de octubre). History of WSPA involvement. Recuperado de <http://www.elrefugioanimal.org/Noticias/headline1>.