

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz*

**PROYECTO TÉCNICO:
PROPUESTA DE MOVILIDAD ALTERNATIVA MEDIANTE EL USO
DE LA BICICLETA HÍBRIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA**

AUTORES:

Ramírez Álvarez Juan Diego

Tacuri Vera Jorge Sebastián

TUTOR:

Ing. Javier Stalin Vázquez Salazar

Cuenca, Enero 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Ramírez Álvarez Juan Diego con documento de identificación N° 0105518542 y Tacuri Vera Jorge Sebastián con documento de identificación N° 0104402995, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: PROPUESTA DE MOVILIDAD ALTERNATIVA MEDIANTE EL USO DE LA BICICLETA HÍBRIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA, mismo que fue desarrollado para la obtención del título de *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo denominado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Enero del 2019


Ramírez Álvarez Juan Diego

CI: 0105518542


Tacuri Vera Jorge Sebastián

CI: 0104402995

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE MOVILIDAD ALTERNATIVA MEDIANTE EL USO DE LA BICICLETA HÍBRIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por *Ramírez Álvarez Juan Diego* y *Tacuri Vera Jorge Sebastián*, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Enero del 2019



Ing. Javier Stalin Vázquez Salazar

DIRECTOR DE TESIS

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Ramírez Álvarez Juan Diego con documento de identificación N° 0105518542 y Tacuri Vera Jorge Sebastián con documento de identificación N° 0104402995, autores del trabajo de titulación: PROPUESTA DE MOVILIDAD ALTERNATIVA MEDIANTE EL USO DE LA BICICLETA HÍBRIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA, certificamos que el total contenido de este Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Enero del 2019



Ramírez Álvarez Juan Diego

CI: 0105518542



Tacuri Vera Jorge Sebastián

CI: 0104402995

DEDICATORIA

Este proyecto técnico dedico a mis queridos padres José Ramírez y María Álvarez, por la paciencia conmigo a lo largo de estos años, quienes me brindaron su apoyo incondicional hasta lograr la meta de culminar una etapa más en mi vida.

A mi abuelita paterna Beatriz quien ha estado siempre conmigo brindándome todo el apoyo en mi carrera universitaria y la motivación necesaria para lograr ser profesional.

A mis tíos, Ximena, Freddy, Marco, Johanna, Adriana y Patricio los cuales siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas apoyándome con sus consejos siempre para poder llegar a la meta.

A Dios, por mantener con salud y vida a mis seres queridos.

Juan Diego

DEDICATORIA

A la persona que ya no me acompaña físicamente, pero su presencia y su vida marcaron mi corazón y además forma parte de cada lucha y de cada alegría en todos los días, de igual forma a mis papas y mi hermano que todo su sacrificio y dedicación se aprovechó y ahora se plasma en esta meta alcanzada, igualmente para toda mi familia que de una forma u otra me han ayudado para alcanzar este objetivo.

Jorge Sebastián

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme cada día con la salud, motivación, y perseverancia necesaria para alcanzar a cumplir una meta más en mi vida.

A mi madre y toda mi familia quien a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado en mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis capacidades.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ingeniero Javier Vázquez por su apoyo para llevar a cabo este trabajo, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación se pudo terminar este proyecto técnico con éxito.

Al Ingeniero, Wilson Quintuña quien me motivó a seguir adelante en la carrera en un momento que más necesitaba de apoyo.

Son numerosas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil y cotidiana a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles.

Juan Diego

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios que es la fuerza para lidiar con todos los retos del día a día, y me entrega el tesoro más preciado que es la salud y la vida, a mis padres y mis hermanos que son el motivo para ser mejor y cumplir con todos los objetivos en mi vida, de manera muy especial a mi ángel que siempre me acompaña y me guía, de igual forma a mis profesores y amigos que han hecho de este ciclo educativo algo fructífero.

Jorge Sebastián

RESUMEN

El presente proyecto consiste en establecer una propuesta de movilidad alternativa para la ciudad de Cuenca, mediante el uso de la bicicleta híbrida.

Se elaboró una investigación teórica necesaria tanto de la bicicleta como de experiencias de movilidad alternativa en diferentes países como: Colombia, Argentina, Brasil, México, Holanda y Ecuador. Teniendo como resultado el impacto que genera el uso de la bicicleta para una movilidad alternativa, en el que este proyecto centrará su investigación, la información de la instrumentación necesaria y el método de obtención de los resultados.

La ciudad de Cuenca carece de una ciclovía que conecte lugares de interés público y por esta razón se considera realizar el estudio en la ruta recreativa, considerando: topografía, señalización, tipos de calzada, dimensionamiento y estado, todo esto en sentido norte - sur y sur – norte. De la misma forma la caracterización de la bicicleta híbrida considerando factores como: peso, transmisiones y la asistencia brindada por el motor eléctrico.

En base a la ruta determinada, se realizaron un total de 25 recorridos (ida y vuelta), con diferentes personas, se establecieron cinco variables de estudio, dos variables dependientes: altimetría y distancia, mientras que tres variables independientes: potencia, cadencia y frecuencia cardiaca, recopilados mediante un dispositivo GPS.

Una vez recopilados todos los datos de los recorridos, se procedió a realizar comparativas de las variables independientes tanto en la ida como la vuelta. Además se realizó la comparación del gasto energético de la bicicleta híbrida con la convencional mediante tabulación de datos, de la misma manera, el estudio de la energía cinética de acuerdo a las características de los dos medios de transporte, obteniendo resultados en base a la potencia calculada representando en calorías, determinando la eficiencia de la bicicleta híbrida para una movilidad alternativa en la ciudad de Cuenca.

SUMMARY

The present project is to establish a proposal for alternative mobility for the city of Cuenca, through the use of hybrid bike.

It developed a theoretical research necessary both from the bike as alternative mobility experiences in different countries such as: Colombia, Argentina, Brazil, Mexico, the Netherlands, and Ecuador. As a result the impact generated by the use of the bicycle for a mobility alternative, in which this project will focus its research, information of the necessary instrumentation and the method of obtaining the results.

The city of Cuenca lacks a bicycle path that connect places of public interest and for this reason is considered to conduct the study in the recreational path, considering: topography, signage, types of roadway, sizing and state, all this north - south and south - north. In the same way the characterization of considering factors such as hybrid bike: weight, transmissions and the assistance provided by the electric motor.

On the basis of the established route, there were a total of 25 routes (roundtrip), with different people, established five variables of study, two dependent variables: altimetry and distance, while three independent variables: power, cadence and heart rate, collected through a GPS device.

Once you have collected all data paths, we proceeded to perform comparative advantages of the independent variables in both the outward and return. In addition there was a comparison of the energy cost of conventional hybrid bike with the through tabulation of data, in the same way, the study of the kinetic energy according to the characteristics of the two means of transport, getting results on the basis of the power calculated representing in calories, determining the efficiency of hybrid bike for a mobility alternative in the city of Cuenca.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
SUMMARY	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO I.....	20
1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	20
1.1. MARCO TEÓRICO	20
1.1.1. LA BICICLETA	20
Historia de la bicicleta.....	20
Bicicleta Eléctrica	22
1.1.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	23
1.1.3. MOVILIDAD ALTERNATIVA	24
1.1.4. MOVILIDAD ELÉCTRICA.....	25
1.2. EXPERIENCIAS DE MOVILIDAD ALTERNATIVA EN OTROS PAÍSES	26
1.2.1. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN BOGOTÁ, COLOMBIA	26
1.2.1.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta	26
1.2.1.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	27
1.2.1.3. Promoción, educación y participación ciudadana.....	28
1.2.2. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN ROSARIO, ARGENTINA	28
1.2.2.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta	28
1.2.2.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	29
1.2.2.3. Promoción y participación ciudadana.....	30
1.2.3. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN RÍO DE JANEIRO, BRASIL	31
1.2.3.1. Caracterización de viajes en bicicleta	32
1.2.3.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	33
1.2.3.3. Promoción y participación ciudadana.....	34
1.2.4. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN LA CIUDAD DE MÉXICO	35
1.2.4.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta	35

1.2.4.2.	Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	36
	<i>Sistemas de bicicletas públicas - ECOBICI</i>	36
1.2.4.3.	Promoción y participación ciudadana.....	37
1.2.5.	MOVILIDAD ALTERNATIVA EN ÁMSTERDAM HOLANDA.....	37
1.2.5.1.	Caracterización de la movilidad en bicicleta	37
1.2.5.2.	Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	38
1.2.5.3.	Promoción y participación ciudadana.....	39
1.3.	LA BICICLETA COMO MEDIO DE MOVILIDAD ALTERNATIVA EN EL ECUADOR	40
1.3.1.	MOVILIDAD ALTERNATIVA EN QUITO, ECUADOR	40
1.3.1.1.	Caracterización de la movilidad en bicicleta	40
1.3.1.2.	Infraestructura para el uso de la bicicleta.....	41
1.3.1.3.	Promoción y participación ciudadana.....	42
CAPÍTULO II	43
2.	METODOLOGÍA	43
2.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA.....	44
2.1.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA RUTA RECREATIVA.....	46
2.1.2.	PERFIL DE ELEVACIÓN DE LA RUTA.....	46
2.1.3.	SEÑALIZACIÓN DE LA RUTA RECREATIVA.....	52
2.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA BICICLETA HÍBRIDA.....	53
2.2.1.	Bicicleta Híbrida	53
2.2.1.1.	Elementos de la bicicleta híbrida	54
2.3.	INSTRUMENTACIÓN A UTILIZAR.....	59
2.3.1.	BICICLETA HÍBRIDA	59
2.3.1.1.	Características de la bicicleta Híbrida.....	60
2.3.2.	BICICLETA CONVENCIONAL	60
2.3.2.1.	Características de la bicicleta convencional.....	61
2.3.3.	DISPOSITIVOS DE TOMA DE DATOS	61
2.3.3.1.	Dispositivo GARMIN GPSMAP 64	61
	Características del dispositivo Garmin GPSMAP 64.....	62
2.3.3.2.	Dispositivo SIGMA ROX 10.0.....	62
	Características del dispositivo SIGMA ROX 10.0	63
	Elementos del dispositivo SIGMA ROX 10.0	63
	Transmisor de velocidad ANT+.....	64
	Transmisor de frecuencia de pedaleo ANT+	64

Transmisor de frecuencia cardiaca ANT+	65
CAPÍTULO III	66
3. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES MEDIANTE PRUEBAS Y RECORRIDOS EN LA RUTA RECREATIVA.....	66
3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	67
3.1.1. PLANTEAMIENTO PARA DESARROLLO DE LOS RECORRIDOS.....	67
3.1.1.1. CARACTERIZACIÓN PARA REALIZAR LOS RECORRIDOS.....	68
3.2. RANGO DE EDADES	69
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO.....	69
3.3.1. VALIDACIÓN DE DATOS.....	69
3.3.2. COMPORTAMIENTO DE VARIABLES PARA EL TRAYECTO DE IDA	69
3.3.3. COMPORTAMIENTO DE VARIABLES PARA EL TRAYECTO DE VUELTA.....	75
3.4. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES.....	91
CAPÍTULO IV.....	92
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS MEDIANTE TABULACIÓN DE DATOS DE LA COMPARATIVA DEL GASTO ENERGÉTICO ENTRE UNA BICICLETA CONVENCIONAL Y UNA HÍBRIDA.....	92
4.1. COMPARACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO DE UNA BICICLETA CONVENCIONAL Y UNA HÍBRIDA.....	92
4.1.1. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES TRAYECTO DE IDA	92
Energía cinética en el trayecto de ida.....	95
4.1.2. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES TRAYECTO DE VUELTA	96
Energía cinética en el trayecto de vuelta.....	104
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ciclovías en la ciudad de México	36
Tabla 2.1 Recorrido de la Ruta Recreativa	46
Tabla 2.2 Características de la Ruta Recreativa.....	46
Tabla 2.3 Características del perfil de elevación de la Ruta Recreativa	47
Tabla 2.4 Características de la Estación “Descubre”	48
Tabla 2.5 Características de la Estación “Experimenta”	49
Tabla 2.6 Características de la Estación “Siente”	50
Tabla 2.7 Características de la Estación “Interactúa”	50
Tabla 2.8 Características de la Estación “Disfruta”	51
Tabla 2.9 Tipos de señalización en la ruta recreativa	52
Tabla 2.10 Características del motor eléctrico	55
Tabla 2.11 Características de la batería de níquel metal	58
Tabla 2.12 Características de la bicicleta híbrida.....	60
Tabla 2.13 Características de la bicicleta convencional.....	61
Tabla 2.14 Características del dispositivo GPS	62
Tabla 2.15 Características del dispositivo SIGMA ROX 10.0	63
Tabla 3.1 Promedio variable potencia en un rango de 15 a 25 años	69
Tabla 3.2 Validación de datos de potencia en un rango de 15 a 25 años.....	70
Tabla 3.3 Promedio variable cadencia en un rango de 15 a 25 años	70
Tabla 3.4 Validación de datos de cadencia en un rango de 15 a 25 años	70
Tabla 3.5 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años	70
Tabla 3.6 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años .	70
Tabla 3.7 Promedio variable potencia en un rango de 26 a 40 años	72
Tabla 3.8 Validación de datos de potencia en un rango de 26 a 40 años.....	72
Tabla 3.9 Promedio variable cadencia en un rango de 26 a 40 años	73

Tabla 3.10 Validación de datos de cadencia en un rango de 26 a 40 años	73
Tabla 3.11 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años	73
Tabla 3.12 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años	73
Tabla 3.13 Promedio variable potencia en un rango de 15 a 25 años	75
Tabla 3.14 Validación de datos de potencia en un rango de 15 a 25 años.....	76
Tabla 3.15 Promedio variable cadencia en un rango de 15 a 25 años	76
Tabla 3.16 Validación de datos de cadencia en un rango de 15 a 25 años	76
Tabla 3.17 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años	77
Tabla 3.18 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años	77
Tabla 3.19 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años	83
Tabla 3.20 Validación de datos de potencia en un rango de 26 a 40 años.....	83
Tabla 3.21 Promedio variable cadencia en un rango de 26 a 40 años	84
Tabla 3.22 Validación de datos de cadencia en un rango de 26 a 40 años	84
Tabla 3.23 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años	84
Tabla 3.24 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años	85
Tabla 4.1 Características de la persona	92
Tabla 4.2 Resultados de comparativa de variables en el trayecto de ida	94
Tabla 4.3 Resultados de la energía cinética en el trayecto de ida	95
Tabla 4.4 Resultados de la comparativa de variables en la estación Disfruta.....	97
Tabla 4.5 Resultados de la comparativa de variables estación Interactúa	99
Tabla 4.6 Resultados de la comparativa de variables estación Siente	100
Tabla 4.7 Resultados de la comparativa de variables estación Experimenta.....	101
Tabla 4.8 Resultados de la comparativa de variables estación Descubre	103
Tabla 4.9 Valores promedio de comparativas del trayecto de vuelta de la ruta recreativa	103

Tabla 4.10 Resultados de la comparativa de frecuencia cardiaca en el trayecto de vuelta	104
Tabla 4.11 Resultados de la energía cinética en el trayecto de vuelta	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Partes de una bicicleta convencional	22
Figura 1.2 Bicicleta eléctrica.....	23
Figura 1.3 Congestionamiento vehicular en la ciudad de Cuenca	25
Figura 1.4 Datos de viajes en base a las encuestas de movilidad 2015	26
Figura 1.5 Mapa de la red de ciclovías de Bogotá	27
Figura 1.6 Crecimiento del uso de la bicicleta por la crisis en el año 2001	29
Figura 1.7 Mapa de la red de ciclovías en Rosario	30
Figura 1.8 Ciudades vecinas de Río de Janeiro.....	32
Figura 1.9 Falta de espacios destinados a los ciclistas.....	33
Figura 1.10 Mapa de la red de ciclovías en Río de Janeiro	34
Figura 1.11 Evolución de demanda de viajes en bicicleta en Avenida Paseo de la Reforma CDMX.....	35
Figura 1.12 Ámsterdam, la ciudad bicicleta.....	38
Figura 1.13 Red de ciclovías en Ámsterdam	39
Figura 1.14 Aparcamientos en edificios para bicicletas.....	40
Figura 1.15 Estaciones en el Distrito Metropolitano de Quito.....	41
Figura 1.16 Estaciones más concurridas por los ciclistas	42
Figura 2.1 Procedimiento para la caracterización de la ruta recreativa y la bicicleta híbrida	44
Figura 2.2 Mapa de la ruta recreativa.....	45
Figura 2.3 Elevación sentido Norte – Sur	47
Figura 2.4 Elevación sentido Sur – Norte	47
Figura 2.5 Camineras estación "Descubre"	48
Figura 2.6 Camineras estación "Experimenta"	49
Figura 2.7 Camineras estación "Siente"	50

Figura 2.8 Camineras estación "Interactúa"	51
Figura 2.9 Camineras estación "Disfruta"	52
Figura 2.10 Elementos para la adaptación de una bicicleta híbrida	54
Figura 2.11 Motor eléctrico.....	55
Figura 2.12 Módulo de control	56
Figura 2.13 Frenos y manubrios para una bicicleta híbrida	56
Figura 2.14 Sensor de pedaleo	57
Figura 2.15 Sistema de control	57
Figura 2.16 Batería.....	58
Figura 2.17 Batería acoplada en la bicicleta híbrida	59
Figura 2.18 Bicicleta Híbrida.....	60
Figura 2.19 Bicicleta convencional.....	61
Figura 2.20 Garmin GPSMAP® 64	62
Figura 2.21 Dispositivo Sigma ROX 10.0	63
Figura 2.22 Transmisor de velocidad ANT+	64
Figura 2.23 Transmisor de frecuencia de pedaleo ANT+	65
Figura 2.24 Transmisor de frecuencia cardiaca ANT+.....	65
Figura 3.1 Metodología para la propuesta de movilidad alternativa en la ciudad de Cuenca.....	67
Figura 3.2 Altimetría - Distancia – Potencia.....	71
Figura 3.3 Altimetría – Distancia – Cadencia	71
Figura 3.4 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca	72
Figura 3.5 Altimetría - Distancia – Potencia, de la persona de 38 años	74
Figura 3.6 Altimetría – Distancia – Cadencia, de la persona de 38 años.....	74
Figura 3.7 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca, de la persona de 38 años.	75

Figura 3.8 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Disfruta de la persona de 20 años	77
Figura 3.9 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Disfruta de la persona de 20 años	78
Figura 3.10 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Interactúa de la persona de 20 años.....	78
Figura 3.11 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Interactúa de la persona de 20 años.....	79
Figura 3.12 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Siente de la persona de 20 años	79
Figura 3.13 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Siente de la persona de 20 años	80
Figura 3.14 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Experimenta de la persona de 20 años.....	80
Figura 3.15 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Experimenta de la persona de 20 años	81
Figura 3.16 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Descubre de la persona de 20 años.....	81
Figura 3.17 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Descubre de la persona de 20 años.....	82
Figura 3.18 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca, en el trayecto de vuelta de la persona de 20 años	82
Figura 3.19 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Disfruta de la persona de 38 años	85
Figura 3.20 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Disfruta de la persona de 38 años.....	86
Figura 3.21 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Interactúa de la persona de 38 años.....	86

Figura 3.22 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Interactúa de la persona de 38 años.....	87
Figura 3.23 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Siente de la persona de 38 años	87
Figura 3.24 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Siente de la persona de 38 años	88
Figura 3.25 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Experimenta de la persona de 38 años.....	88
Figura 3.26 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Experimenta de la persona de 38 años	89
Figura 3.27 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Descubre de la persona de 38 años.....	89
Figura 3.28 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Descubre de la persona de 38 años.....	90
Figura 3.29 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca, en el trayecto de vuelta de la persona de 38 años	90
Figura 4.1 Comparativa de Potencia, en el trayecto de ida.....	93
Figura 4.2 Comparativa de Cadencia, en el trayecto de ida.....	93
Figura 4.3 Comparativa de Frecuencia Cardiaca, en el trayecto de ida.....	94
Figura 4.4 Tabulación trayecto de ida.....	95
Figura 4.5 Comparativa de Potencia, en la estación Disfruta	96
Figura 4.6 Comparativa de Cadencia, en la estación Disfruta	97
Figura 4.7 Comparativa de Potencia, en la estación Interactúa	98
Figura 4.8 Comparativa de Cadencia, en la estación Interactúa	98
Figura 4.9 Comparativa de Potencia, en la estación Siente	99
Figura 4.10 Comparativa de Cadencia, en la estación Siente	99
Figura 4.11 Comparativa de Potencia, en la estación Experimenta.....	100
Figura 4.12 Comparativa de Cadencia, en la estación Experimenta.....	101

Figura 4.13 Comparativa de Potencia, en la estación Descubre	102
Figura 4.14 Comparativa de Cadencia, en la estación Descubre	102
Figura 4.15 Comparativa de Frecuencia Cardiaca, en todo el trayecto de vuelta...	103
Figura 4.16 Tabulación trayecto de vuelta.....	104

INTRODUCCIÓN

Dirigirse de un lugar a otro de forma segura, cómoda y eficiente es hablar de movilidad, además es uno de los criterios más importantes para una ciudad y su crecimiento diario, tomando en consideración el tipo de tráfico, tipo de vía, entre otros.

Por otro lado, el uso de bicicleta como medio de transporte alternativo en la ciudad de Cuenca, está condicionado a diversos factores como: distancias, tiempos de recorrido, seguridad, clima, topografía, instalaciones complementarias (aparcamiento de bicicletas, estaciones de préstamo y alquiler, otros), factores sociales y culturales.

En el capítulo I de este proyecto técnico se revisa los aspectos importantes dentro del estado del arte como: definiciones, tipos y desarrollo de las experiencias de movilidad alternativa en otros países, tomando como un punto de partida dichas experiencias para englobar un ejemplo claro como el nuestro.

Con respecto al capítulo II, se presenta las características de la ruta recreativa y de la bicicleta híbrida garantizando el correcto funcionamiento de dicha bicicleta en todo el trayecto de la ruta.

En el capítulo III se realiza un diseño experimental del comportamiento de variables mediante pruebas y recorridos en la ruta recreativa, mediante la revisión del estado del arte en el capítulo I y en base a las respectivas fuentes bibliográficas nos encaminaremos a utilizar todos los beneficios que nos puede entregar la movilidad alternativa a lo largo de la ruta preestablecida, de la mano corroboramos estos resultados mediante la utilización de la instrumentación adecuada.

Además en el capítulo III se busca obtener los datos necesarios para determinar el comportamiento de las diferentes variables tales como: potencia, distancia, cadencia y frecuencia cardíaca, donde consiste los 25 recorridos realizados en la ruta planteada en el capítulo II.

El capítulo IV se analizará los resultados obtenidos mediante tabulación de datos, comparando el gasto energético entre una bicicleta convencional y una híbrida con los resultados descritos en el capítulo III utilizando las características señaladas en el capítulo II y llegando a los resultados acertados de la movilidad alternativa descritos en el capítulo I.

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Este capítulo establece los conceptos teóricos utilizados en el presente proyecto, tales como: definiciones, recorridos y desarrollo, además considera las diferentes experiencias de movilidad alternativa en otros países de Latinoamérica como a nivel mundial.

Se busca investigar sobre el estado del arte, en donde engloba situaciones acerca de la importancia de incluir a una ciudad la movilidad alternativa como lo es Cuenca.

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. LA BICICLETA

Historia de la bicicleta

Este recurso, se retracts a las civilizaciones primitivas contando como su artífice Leonardo da Vinci, sin embargo su creación comienza en 1690 por Sivrac, con un prototipo llamado “celífero”. A lo largo de los años, muchas personas contribuyeron a la evolución de la bicicleta, tomando como modelo más similar al actual en 1885 por John Kemp Starley que la llamó “bicicleta de seguridad”, destacando que la misma se clasifica en dos grupos: bicicleta de pista desde la década de los 60 y de montaña en la década de los 70. (MovimientoBase, 2015)

Actualmente la industria ciclista impulsa el desarrollo para varias actividades que se lo puede realizar a través de la bicicleta, innovando en materiales así como su diseño, localizando su mayor adelanto en la bicicleta eléctrica.

Anatomía de la bicicleta

Según (Acosta García & Cholula Lozano, 2009), en nuestro entorno existen varios tipos de bicicletas, la mayoría son semejantes, mientras que sus componentes difieren en: diseño, calidad y peso.

Los elementos que conforman una bicicleta son los siguientes:

- Cuadro: Son fabricados de hierro, aluminio o titanio, su forma más común es rombo conocido también como doble triángulo.

- Horquilla: Es un elemento formado por el tubo que corresponde a la dirección, el mismo sujeta el buje del neumático delantero, a su vez puede ser fija o con suspensión.
- Ruedas: Son elementos de mucha importancia para el óptimo rendimiento de una bicicleta.
- Transmisión: Se refiere a los distintos cambios de marchas delanteras y posteriores, comprende también los cambios internos en el buje del neumático trasero, ambos comandados por palancas de cambio.
- Palanca de cambio: Son elementos cambiadores de marchas, los cuales pueden ser de varios tipos: cambiadores de puño, de pulgar, entre otros.
- Frenos: Elementos de seguridad del medio de transporte, los mismos puede ser de zapatas o de pastillas (disco), son comandados por un sistema de cable mediante sus respectivas palancas.
- Manillar (manubrio): Es un elemento que posibilita un control adecuado a velocidades altas y bajas dependiendo del ancho de los mismos.
- Asiento: Su uso está encaminado en buscar la comodidad y confort del usuario en todas las distintas formas de conducción.
- Tija: Es el tubo de soporte donde va colocado el asiento.

De la misma manera, la agilidad y modalidad determinan su uso, todo lo descrito anteriormente se puede apreciar en la Figura 1.1.

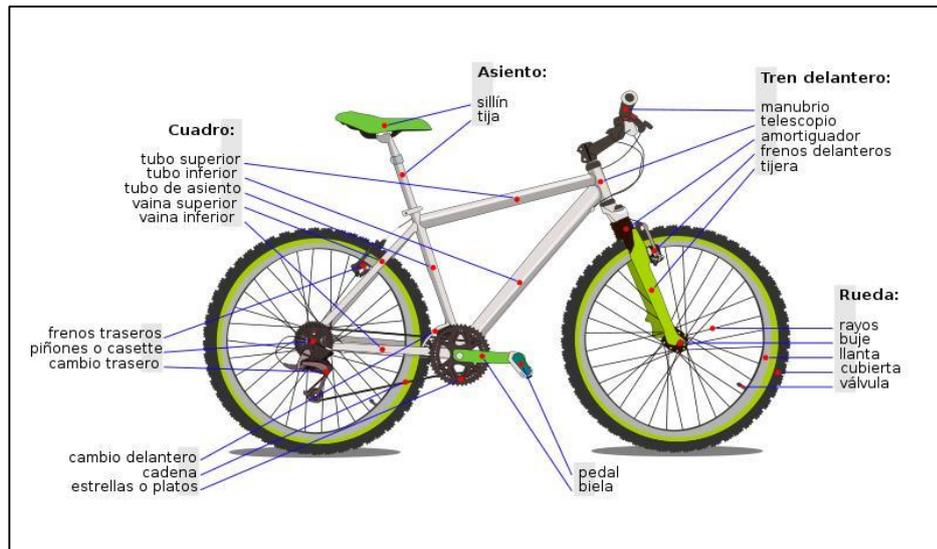


Figura 1.1 Partes de una bicicleta convencional

Fuente: (Acosta García & Cholula Lozano, 2009)

Bicicleta Eléctrica

Según (Ordoñez Luna, 2016), la bicicleta eléctrica es estimada como un medio de transporte sutil, que brinda ciertas cualidades al momento de compararla con un vehículo, dicho medio posee pocos elementos entre ellos: motor eléctrico, batería y sensores; ilustrados en la Figura 1.2, la misma combina la propiedad eléctrica con la fuerza ejercida al momento de pedalear.

Se debe tener en consideración que su uso va de la mano con el factor climático, ya que si bien posee más cualidades comparando con la bicicleta convencional, no reemplaza a los vehículos convencionales, sino que complementa la movilidad sostenible.



Figura 1.2 Bicicleta eléctrica

Fuente: Autores

1.1.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE

De acuerdo a (Calvo Salazar, 2013), movilidad es la capacidad de desplazarse de un lugar a otro en un determinado espacio. Según la definición anterior, la movilidad sostenible es un conjunto de acciones destinadas a los ciudadanos que pretenden trasladarse mejorando la calidad del entorno, es decir minimizar en la medida de lo posible el impacto ambiental y social que puedan generar.

Este tipo de movilidad está vinculada a personas y a los desplazamientos que realizan para satisfacer sus necesidades, sea cual sea el modo en que lo realicen, ya sea: en vehículo, a pie, en bicicleta, etc. (Calvo Salazar, 2013)

Una de las más grandes dificultades a las que se enfrentan las políticas de movilidad es que los distintos modos de desplazamiento conviven en un mismo espacio y tiempo, por lo que dichas políticas deben garantizar el medio o combinación más idónea para dicho lugar, considerando todas las características que posee. (Moller, 2003)

Según (Giorgi, 2003) “Movilidad sostenible sintetiza entre la simetría que existe entre los costos y beneficios presentes en el ámbito del transporte. La nueva organización del transporte va de la mano de la vinculación que existe entre el crecimiento económico y poblacional actual, relacionado a esto con los riesgos e incidentes que se dan al momento de una inflación incontrolada.”

En general de toda la bibliografía revisada se puede sustentar que la movilidad sostenible busca mejorar la calidad de vida y el medio ambiente, a través de la

distribución equitativa del espacio público entre las formas de transporte motorizado y no motorizado, por lo que es determinada por principios básicos como: eficiencia, seguridad, bienestar, salud, equidad y competitividad, como se detallan a continuación:

- Eficiencia: Indica la correcta manipulación de los medios de transporte, minimizando al máximo los recursos utilizados.
- Seguridad: Se refiere a prevenir la accidentabilidad en todos los grupos vulnerables que son parte de la movilidad.
- Bienestar: Se considera a la agrupación de cosas o actividades diarias que nos dan satisfacción, tomando en cuenta la salud como punto de partida.
- Equidad: Regula la distribución de espacios públicos, como también el abastecimiento en los medios a toda la población, evitando la exclusión en todos sus ámbitos.
- Competitividad: Aminora el factor tiempo debido a la congestión.

1.1.3. MOVILIDAD ALTERNATIVA

Según (Alcantara Vascoellos, 2010), el traslado de la población en un ambiente urbano y dividido sin duda genera inconvenientes en las ciudades. La aglomeración en ciertos puntos estratégicos gobernados por zonas comerciales genera el movimiento largo y masivo de poblaciones rurales y endebles, a su vez produce un elevado gasto y la necesidad del transporte público, el cual aumenta el consumo de carburante y de esta manera el incremento de la contaminación, a sabiendas que dichos automotores circulan por calzadas en mal estado y con un alto costo para su mantenimiento, ya sea del vehículo o de la vialidad. Todo lo descrito anteriormente se puede apreciar en la Figura 1.3, destacando el caos vehicular ocasionado por el número excesivo de vehículos en determinadas horas y trayectos en la ciudad de Cuenca.



Figura 1.3 Congestionamiento vehicular en la ciudad de Cuenca

Fuente: (Diario El Mercurio, 2016)

Dicha forma de movilidad impulsa la división social, ya que los sectores más vulnerables de la sociedad se vuelven cada vez más dependientes de este tipo de transporte masivo, convirtiéndose este en un medio de inserción social y de aquí el supuesto: a menor movilidad, mayor segregación. (Schteingart & Ibarra, 2016)

1.1.4. MOVILIDAD ELÉCTRICA

El problema más preocupante a nivel mundial generado por el uso del vehículo convencional radica en la contaminación ambiental, esto impulsó el paso al concepto de movilidad eléctrica desde su inicio en 1996. (Gurrea, 2017)

Considerando la bicicleta eléctrica como un medio de transporte urbano presenta varias ventajas: ecológico, salud en los usuarios, tiempos de llegada, costos, entre otros, por lo que es catalogada la versión más eficiente de la movilidad eléctrica.

Este tipo de movilidad se presta a todas las personas, ya sea para trayectos largos (entre ciudades) y cortos (urbanos), ya que mediante su uso presenta cualidades significativas entre ellas: amigable con la naturaleza, cero ruidos, confort, etc. (Ahinco Sostenible, 2018)

1.2. EXPERIENCIAS DE MOVILIDAD ALTERNATIVA EN OTROS PAÍSES

1.2.1. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN BOGOTÁ, COLOMBIA

La población en la ciudad de Bogotá suma cerca de 8 millones de personas, posee espaciosas avenidas que conectan con los centros de labores que se encuentran en las periferias de la misma, si bien es cierto, la adición de cerca de 230 kilómetros de ciclovías da a conocer la importancia de la bicicleta en la movilidad urbana.

1.2.1.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta

En el año 2015 se observa una mejoría muy significativa en el uso de la bicicleta como un medio de transporte, ya que en un día normal se realizan 620 mil viajes que significa el 4,92% de la movilidad, de los cuales el 43% son destinados a viajes utilitarios, el 13,5% por estudios y por otros motivos el 30%.

La edad promedio entre 15 a 35 años demanda del 44% de ciclistas urbanos, donde el 80% de dichos viajes tiene una duración menor a 30 minutos en una distancia de 4 y 6 kilómetros, sin dejar de lado que el 77% de los ciclistas son hombres y apenas el 12% son mujeres. En la Figura 1.4 se puede apreciar resultados sobre encuestas de movilidad en el año 2015, donde la mayoría de los ciclistas realizan viajes cortos (Verma, López, & Pardo, 2015).

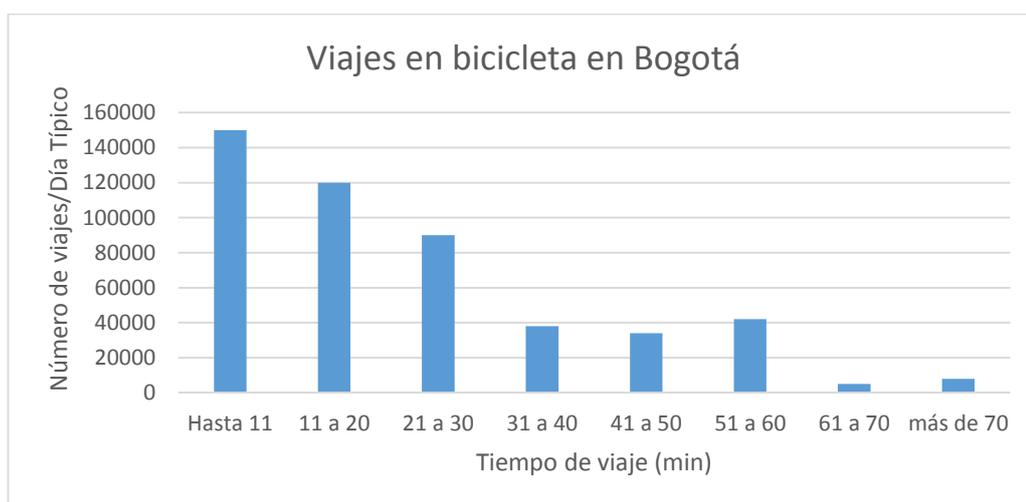


Figura 1.4 Datos de viajes en base a las encuestas de movilidad 2015

Fuente: (Verma, López, & Pardo, 2015)

1.2.1.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

De acuerdo a (Verma, López, & Pardo, 2015), Bogotá para el año 2017 posee una red de 476 kilómetros de ciclovías, las cuales un 69% están comprendidas sobre las arterias principales, en un futuro se planean adecuar 120 kilómetros distribuidos en: 44% sobre el andén, 24% sobre la calzada y 13% en otros diferentes espacios. En la Figura 1.5 se puede observar el mapa de la red actual segregada por ciclovías construidas en andén y sobre calzada, donde la ciclo ruta en andén se indica de color naranja, mientras que la ciclo ruta en calzada se indica de color amarillo.

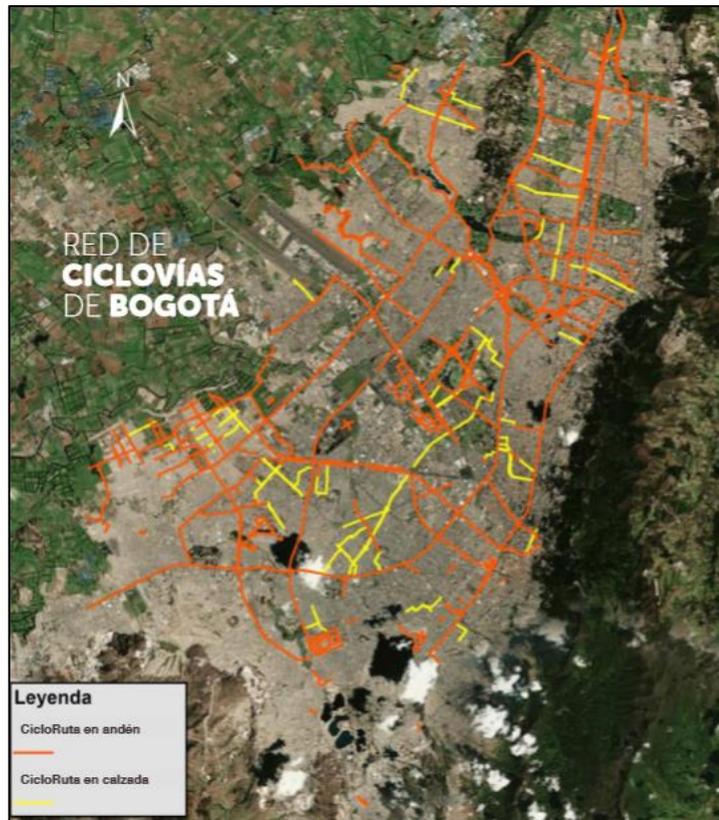


Figura 1.5 Mapa de la red de ciclovías de Bogotá

Fuente: (Verma, López, & Pardo, 2015)

Dicha ciclovía posee un dimensionamiento de 2,8 metros de ancho, teniendo la posibilidad de ensancharse de 4 a 5 metros debido al flujo de ciclistas.

Los espacios destinados al aparcamiento de bicicletas se distribuyen en 19 estaciones con una capacidad para 3.758 bicicletas y además con semaforización exclusiva en las 1.286 intersecciones. (Steer Davies Gleave, 2016)

1.2.1.3. Promoción, educación y participación ciudadana

En la ciudad de Bogotá se fomenta el uso de la bicicleta con programas masivos como: “La ciclovia dominical”, que se realiza todos los días domingos desde 1995, con el objetivo de promover la movilidad y “La semana de la bicicleta” que se efectúa todos los años en el mes de Noviembre.

A través de campañas gráficas e informativas se promueve a una mayor responsabilidad de los ciclistas y peatones debidos a los problemas de seguridad vial, de igual manera el complemento con la capacitación a conductores de vehículos motorizados para que exista la conciencia y el respeto a los ciclistas en todas las arterias viales.

1.2.2. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN ROSARIO, ARGENTINA

La población en la ciudad de Rosario es aproximadamente de 948.312 habitantes, dicha ciudad es conocida por ser un importante centro cultural, deportivo, educativo y económico, donde se caracteriza la bicicleta como un medio de transporte urbano, el cual ha sido efectivo y eficiente. (Rosario, 2016)

1.2.2.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta

El Área Metropolitana de Rosario (AMR) dispone alrededor de 383.922 hogares, teniendo en cuenta que el 41,2% poseen bicicletas, mientras que en la ciudad de Rosario se registra una cantidad de 292.096 hogares con el 35,7% que poseen bicicleta. (Aprender de los países vecinos, 2015)

En Rosario se efectúan 69.802 recorridos en bicicleta, lo que refleja el 5,3% en la movilidad, mientras que en el AMR se tiene 125.000 viajes diarios representando el 8,4%, sin tomar en cuenta a Rosario en el AMR.

En el año 2008 se tuvo un crecimiento de 125.000 viajes de los 100.000 que se realizaron en 1997, dando resultado positivo la aceptación al momento de elegir un nuevo medio de transporte, además tomando como un punto de inflexión en el año 2001 que hubo 300.000 debido a la crisis argentina, esto se puede apreciar en la Figura 1.6.

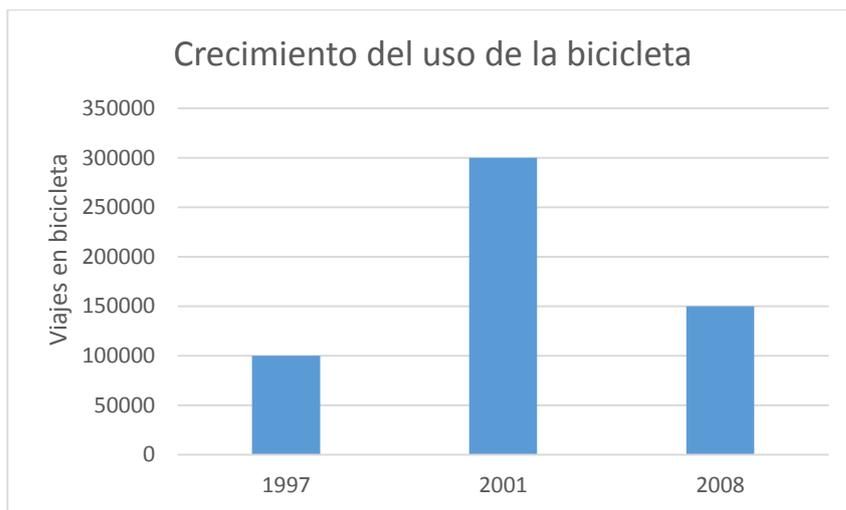


Figura 1.6 Crecimiento del uso de la bicicleta por la crisis en el año 2001

Fuente: (Aprender de los países vecinos, 2015)

La distancia de los recorridos en bicicleta es aproximadamente 3 kilómetros con un tiempo de 18 minutos promedio, la razón masiva de los viajes es para trasladarse al trabajo dando un 56%, luego un 22% para estudiantes, la edad promedio está comprendida entre 20 y 40 años los cuales un 70% son hombres y el 30% mujeres. (Aprender de los países vecinos, 2015)

1.2.2.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

La ciudad de Rosario es una de las más importantes en infraestructura para transporte no motorizado, en el año 2008 contaba con 49 kilómetros de infraestructura para bicicletas, mientras que en el año 2011, el Plan Integral de Movilidad (PIM) dispuso de un diseño de 40 km para adicionar los diferentes segmentos de la red, en la actualidad Rosario cuenta con 103 kilómetros de carriles exclusivos para bicicletas con una extensión de 406 cuadras, todo lo indicado anteriormente se puede observar en la Figura 1.7.

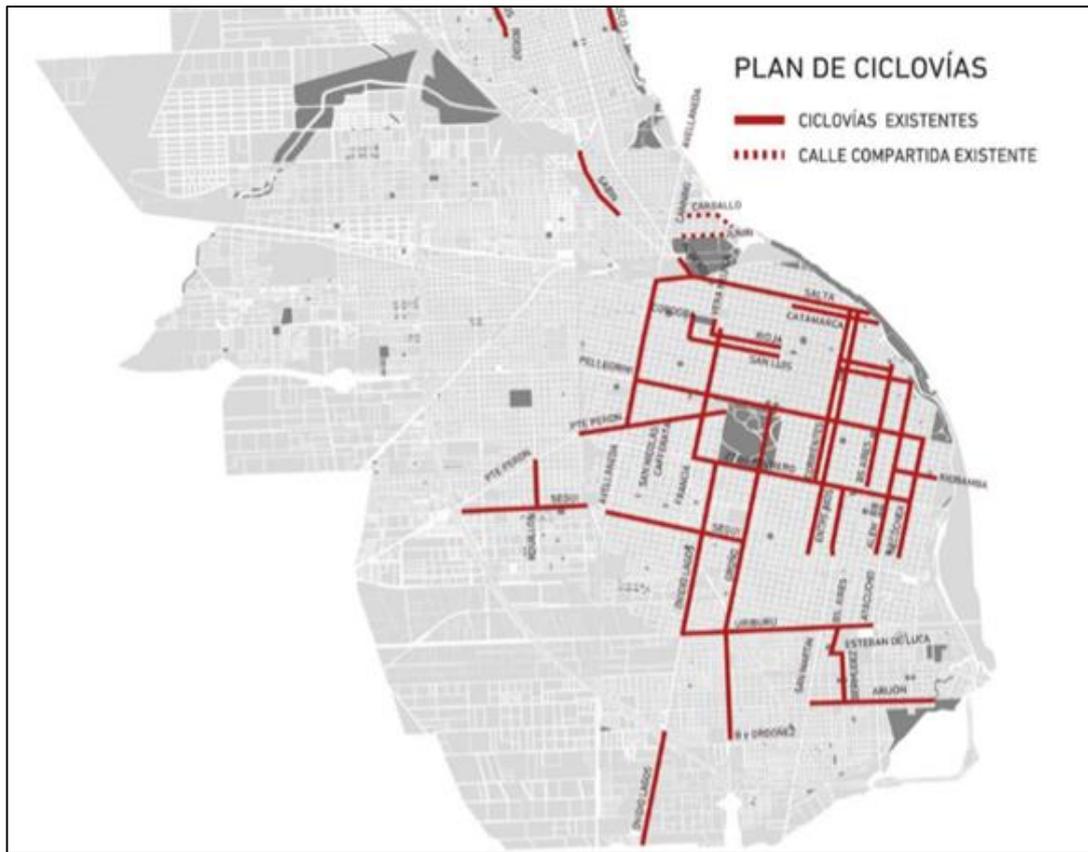


Figura 1.7 Mapa de la red de ciclovías en Rosario

Fuente: (Aprender de los países vecinos, 2015)

A principios del año 2012, la municipalidad creó un plan de estacionamiento para bicicletas en la vía pública, en la cual se instalaron aproximadamente mil estacionamientos de tipo U, los cuales brindan seguridad y accesibilidad a los usuarios, dichos estacionamientos se distribuyeron en 140 puntos de la ciudad. (Aprender de los países vecinos, 2015)

1.2.2.3. Promoción y participación ciudadana

En la ciudad de Rosario se celebra la semana de la movilidad sostenible los días 16 al 22 de septiembre de cada año, a su vez se realizan capacitaciones dictadas por el personal del Ente de Movilidad de Rosario (EMR) que están plasmadas a los diferentes cambios de hábito, tanto de los peatones como también el comportamiento de los medios de transporte.

En el año 2014 se realizó un programa de promoción del uso de la bicicleta denominado “Todos en bici” el cual fue el más conocido en la ciudad, el mismo generó material de información como: folletos, volantes, afiches, entre otros.

Una asociación civil STS (Soluciones Técnicas Sustentables) agrupa a la mayoría de jóvenes que estén de acuerdo en una movilidad sostenible en la ciudad a través del desarrollo y adecuación de herramientas tecnológicas, a su vez este grupo creó el proyecto “Rosario en bici”, que proporciona información de: mapas de ciclovías, comercios, normativas, estacionamiento para bicicletas, mantenimiento y reparación. (Rosario en bici, 2016)

Además el Municipio de Rosario habilita todos los días domingos y feriados 28 km de calles libres de automóviles para caminar, correr y principalmente fomentar el uso de la bicicleta. Este espacio se conoce como la Calle Recreativa y se estima que puede albergar hasta 40.000 usuarios cuando las condiciones son favorables. (Rosario en bici, 2016)

1.2.3. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN RÍO DE JANEIRO, BRASIL

Río de Janeiro cuenta con una población alrededor de 6,5 millones de habitantes, distribuidos por 32 unidades administrativas y 159 barrios en 1.255 km², la misma que es reconocida a nivel mundial por su cultura y turismo, ya que posee un clima tropical amigable y una temperatura promedio de 22° C.

Río tiene ciudades contiguas importantes por su número de habitantes como son: Sao Gonzalo con 1.03 millones y Niterói con 490.000, esta última posee un plan de movilidad más avanzado, destacando el uso de la bicicleta e inversión en infraestructura, mientras que en Sao Gonzalo se pretende estructurar un plan de movilidad, ya que no existen ciclovías. En la Figura 1.8, se puede observar la ubicación de dichas ciudades recalando Niterói en el tema de movilidad sostenible. (Aprender de los países vecinos, 2015)

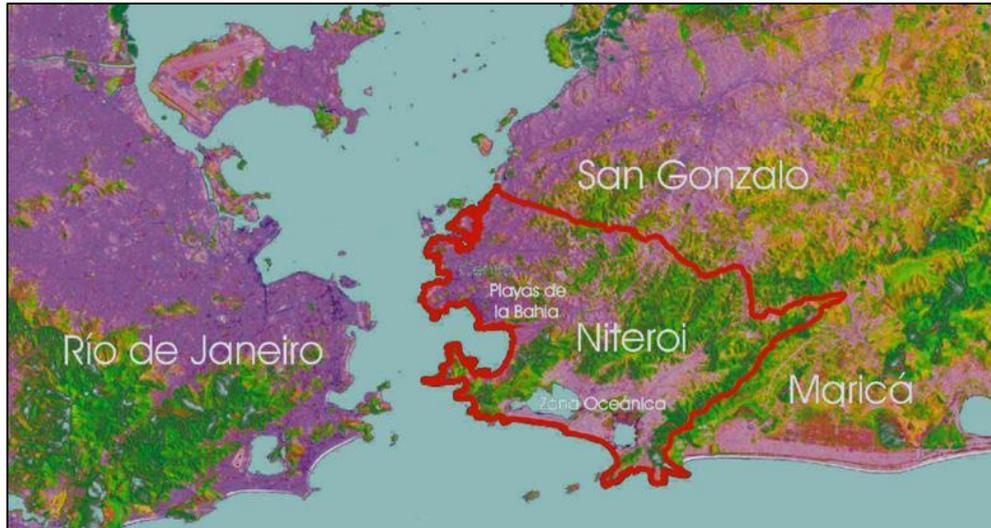


Figura 1.8 Ciudades vecinas de Río de Janeiro

Fuente: (Aprender de los países vecinos, 2015)

1.2.3.1. Caracterización de viajes en bicicleta

Según el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y el Plan Director de Transporte Urbano (PDTU) en las últimas dos décadas ha existido un crecimiento elevado en el uso de la bicicleta en la movilidad, ya sea en el casco urbano como en la zona periférica, considerando que la mayoría de usuarios son pobladores de bajos recursos. Dicho uso se puede contabilizar hasta 546.000 y 1,2 millones de viajes diarios en la zona urbana y periférica respectivamente representando esto el 2,4% del total de viajes en la ciudad. (Aichinger & Reinbacher , 2012)

Según datos e información entregada por el Municipio, no se tiene en cuenta la cantidad de usuarios que combina la bicicleta con otros medios de movilidad, como tren o transporte masivo, teniendo como único dato que el 34% de los viajes se completa con otros medios.

Entre otros datos se tiene que el 80% de los usuarios utiliza al menos cinco días por semana la bicicleta para varias actividades, al igual que el 49% de ciclistas están en un rango de edades entre 24 y 44 años, así como un 47% obtienen un salario inferior a dos básicos, el 38% han culminado sus estudios de bachillerato y el tiempo utilizado oscila entre 10 y 30 minutos.

En lo que respecta a la accidentabilidad vial según el Ministerio de Salud, se tiene una tasa de 15 muertos por cada 100.000 habitantes, de los cuales 37 ciclistas fallecen anualmente, esto equivale al 0.7% del total, como también el 3.2% son pedalistas con alguna lesión causada por los accidentes.

Un problema que acarrea la Metrópoli es la señalización y semaforización en la movilidad ciclista, como también la falta espacios destinados únicamente para la actividad, ilustrados en la Figura 1.9.



Figura 1.9 Falta de espacios destinados a los ciclistas

Fuente: (Aichinger & Reinbacher, 2012)

1.2.3.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

Según la Secretaría del Medio Ambiente (SMAC), la ciudad posee una infraestructura ciclística de 389 km, con un proyecto de incremento de 135 km más hasta el año 2016, dicha infraestructura se encuentra en la parte Este de la ciudad, donde se localiza los sectores más turísticos que representan el 62%, mientras que el norte y el sur poseen el 18 y 20% respectivamente. (Ainbinder & Sirkis, 2005)

Río posee información para sus habitantes de rutas y servicios en lo que respecta a la movilidad ciclista mediante un mapa ciclo viario, que se puede observar en la Figura 1.10 que forma parte del programa “Río Capital de la Bicicleta”.

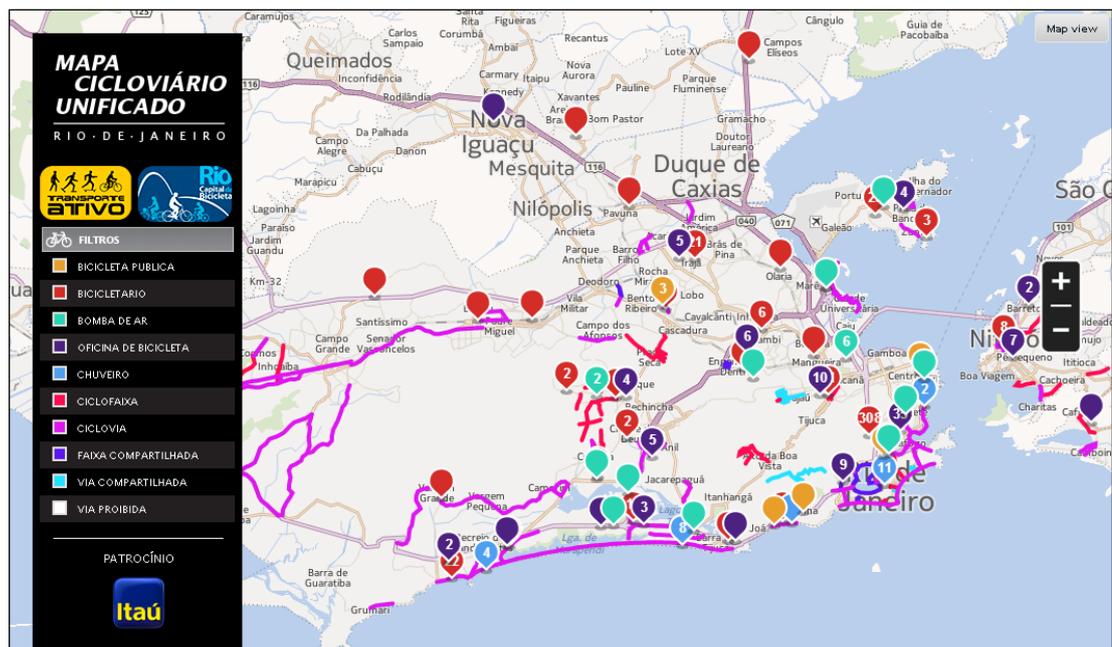


Figura 1.10 Mapa de la red de ciclovías en Río de Janeiro

Fuente: (Vadebike, 2016)

Un problema ocasionado por la constitución ciclo viaria es el aislamiento de zonas populares y comerciales que la volverían más accesibles, seguras y serviciales para toda la población. (Ainbinder & Sirkis, 2005)

1.2.3.3. Promoción y participación ciudadana

La ciudad en 1992, se comprometió a una movilidad limpia por consecuencia de la Cumbre de la Tierra, donde se concientizó sobre la importancia de tener un aire limpio. Desde el año 2003 hasta 2010 los funcionarios fueron capacitados sobre movilidad, esta iniciativa ha dado resultado, de esta manera se busca nuevas formas de trasladarse de forma segura y eficiente tomando en cuenta que estas iniciativas provienen de la sociedad civil.

Cabe indicar también que la inseguridad ciudadana presente en varios frentes de la ciudad ha causado un inconveniente en el adelanto de estos proyectos, ya que en 2008 se tuvo que cerrar la estación de servicio y préstamo SAMBA con 150 bicicletas para 19 estaciones por robos reiterados. Posterior aquello en 2011 se volvió a la apertura de dicho centro con una concesión pública teniendo 60 estaciones con 600 bicicletas para alrededor de 10.000 viajes diarios. (Carvalho & Freitas, 2012)

1.2.4. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La población en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) suma cerca de 22 millones de personas comprendidas por 60 municipios colindantes más la Ciudad de México, actualmente se encuentra entre las 20 economías urbanas más grandes del mundo gracias a su crecimiento financiero, comercial y turístico. (Princewaterhouse Coopers, 2017)

1.2.4.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta

En la ZMVM en el año 2013 diariamente se ejecutaban 22 millones de viajes, de tal forma que el 58,4% empezaba en la Ciudad de México, la gran mayoría de dicho porcentaje tenía como destino el mismo distrito. Teniendo en cuenta que el 2,9% que son alrededor de 600 mil viajes se los realiza en bicicleta, dicho porcentaje generó que en el año 2014 la Secretaria de Medio Ambiente (SEDEMA) obtuviera datos de encuestas de los usuarios del sistema de bicicletas públicas ECOBICI hallando que el 38% de los usuarios son mujeres y que el 40% de los viajes los realizan personas entre los 25 y 35 años, en la Figura 1.11 se puede apreciar la evolución de viajes realizados en bicicleta en la ciudad de México.

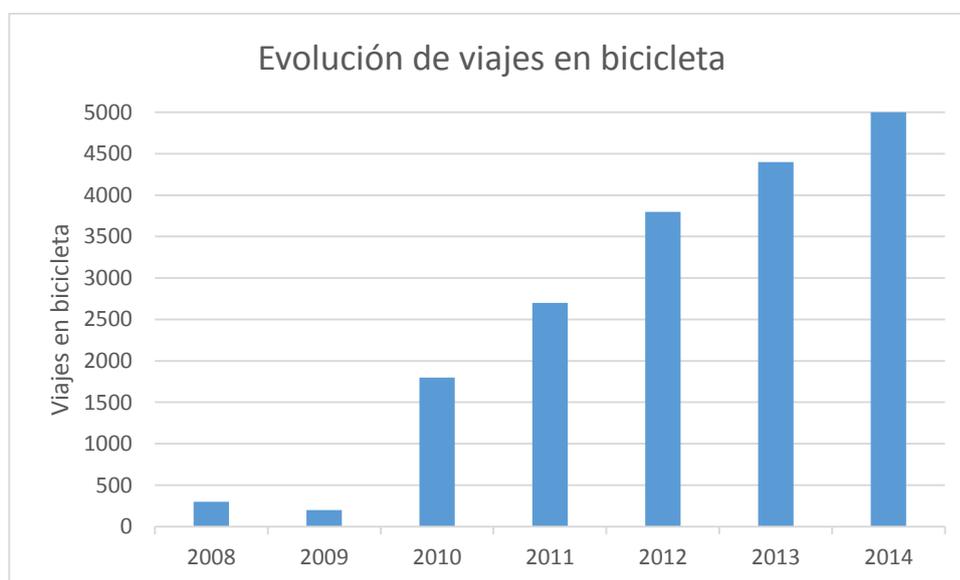


Figura 1.11 Evolución de demanda de viajes en bicicleta en Avenida Paseo de la Reforma CDMX

Fuente: (Censo ciclista, 2013)

1.2.4.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

En Ciudad de México existen 170 km de infraestructura para bicicletas, de los cuales 163 km son ciclovías de uso exclusivo y 8 km son carriles compartidos con buses de transporte público. En la Tabla 1.1 se destaca las diferentes ciclovías más importantes con su respectiva distancia para el recorrido.

Tabla 1.1 Ciclovías en la ciudad de México

CICLOVÍAS CDMX	Km
Ciclovía Reforma I (Lieja-Juárez)	6.4 km
Ciclovía Chapultepec (Sonora-20 de Noviembre)	9.5 km
Bus Bici Eje 7 Sur (Mixcoac-División del Norte)	7.3 km
Ciclovía Eduardo Molina (San Lázaro-Río de los Remedios)	20 km
Ciclovía Nuevo León (Insurgentes Sur-Plaza Villa Madrid)	5 km
Ciclovía Reforma III (Hidalgo-Flores Magón)	3.6 km
Ciclovía Parque Lineal de Cuernavaca (Cervantes Saavedra-Mar Mediterráneo)	9.7 km
Ciclovía Horacio (Mariano Escobedo-Periférico)	4.2 km
Ciclovía Buenavista (Eje 1 Norte-Reforma)	3.2 km
Ciclovía Patriotismo (Molinos Alfonso Reyes)	5 km
Ciclovía Revolución (Alfonso Reyes-Molinos)	5 km
Ciclovía de la Ciudad de México	72 km

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México)

Sistemas de bicicletas públicas - ECOBICI

Un sistema incorporado por el Gobierno de la Ciudad de México como parte de movilidad en bicicleta es ECOBICI, mismo que empezó en Febrero del 2010 con 85 estaciones, hasta el año 2016 contaba con 6025 bicicletas en 452 estaciones con 200 mil usuarios registrados. De acuerdo al uso se considera que el 87% de los viajes son combinados con otras formas de transporte como: 35% con la caminata, 29% metro y 34% bus. De acuerdo al destino se establece que el 47% de los viajes reportados son hacia el trabajo, luego el 12% al hogar, entre los más importantes. (SEDEMA CDMX, 2016)

1.2.4.3. Promoción y participación ciudadana

Según (SEDEMA CDMX, 2016), para obtener en la población una adecuada educación y culturización es necesario que la ciudadanía este capacitada, para ello se creó el plan “Muévete en Bici”. Este plan surgido en el año 2016 busca educar tanto a las personas como a conductores, es así que cuenta con seis Biciescuelas para niños y adultos.

Otro proyecto creado en el 2013 “Ojo: cuida al ciclista” ha servido de mucho para crear el respeto adecuado a los ciclistas y sus espacios. (SEDEMA CDMX, 2016)

1.2.5. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN ÁMSTERDAM HOLANDA

Con una población de 810.000 habitantes, es una ciudad que acatado con responsabilidad el tema de la movilidad, utilizando la bicicleta al igual que sus medios de transportes masivos para el desplazamiento de sus pobladores. (Gómez, 2015)

Una iniciativa mundial que empezó en la ciudad en el año 2009, busca la reducción de la contaminación principalmente con la disminución del CO₂ en un 40% a 1990, así como para el año 2015 pretender ser completamente sostenible. (Eco inteligencia, 2009)

1.2.5.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta

Con una particularidad se tiene que por cada habitante existe más de una bicicleta, debido a esto se la considera como “la ciudad bicicleta”, como se puede apreciar en la Figura 1.12, con más del 60% de ciudadanos que utiliza dicho medio de transporte, empezando desde 1920, donde el 80% de los viajes se los realizaba en bicicleta, con una caída en 1960 debido al uso de los vehículos. (Eco inteligencia, 2009)



Figura 1.12 Ámsterdam, la ciudad bicicleta

Fuente: (Eco inteligencia, 2009)

En el año 1975 se creó la Unión Holandesa de Ciclistas, que marcó un hito en la búsqueda de la recuperación de espacios para la actividad ciclista, ganando con esto la construcción de ciclo rutas y generando conciencia tanto en la ciudadanía como en las autoridades que el medio más eficiente es la movilidad sostenible, por consecuencia de la crisis mundial del petróleo y el incremento abrupto de los hidrocarburos, el País se volvió dependiente a la movilidad en bicicleta. (Gómez, 2015)

1.2.5.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

Actualmente el País posee el máximo número de ciclistas en el mundo, con una infraestructura de 500 kilómetros de ciclovías, asfaltadas y con su respectiva señalización como se puede observar en la Figura 1.13, donde las ciclovías de color rojo son rutas de largo recorrido mientras que las de color amarillo son las más utilizadas por los ciclistas para viajes cortos. Para ejecutar estas obras el Gobierno ha invertido 50 millones de dólares en espacios para el uso adecuado y seguro para los ciclistas, queriendo evitar el alto número de bicicletas que caen a los canales que es alrededor de 25.000, debido al espacio angosto de la infraestructura. (Magnet, 2016)



Figura 1.13 Red de ciclovías en Amsterdam

Fuente: (Magnet, 2016)

1.2.5.3. Promoción y participación ciudadana

En la ciudad de Amsterdam prevalece notablemente la movilidad sostenible, el crecimiento del uso de la bicicleta en 20 años ha sido del 40%, tomando en cuenta que cada día un 58% de la población se desplaza alrededor de 2 millones de kilómetros, lo que significa que es una de las ciudades más reconocidas del mundo por el uso de bicicletas. (Martínez Gaete, 2016)

En la actualidad, la bicicleta es considerada como el primordial medio de transporte en la ciudad, teniendo ventajas como: reducción de los siniestros de tránsito y principalmente la contaminación ambiental. Sin embargo ha beneficiado la intermodalidad, ya que en las principales estaciones existe una gran cantidad de aparcamientos para bicicletas, las mismas abastecen a edificios completos, esto se puede apreciar en la Figura 1.14. (Martínez Gaete, 2016)



Figura 1.14 Aparcamientos en edificios para bicicletas

Fuente: (Conteo ciclista , 2013)

Debido a este problema, según (Martínez Gaete, 2016), la ciudad se encaminó a un Plan de Largo Plazo, que tuvo por objetivo analizar el dimensionamiento para añadir infraestructura para bicicletas, destacando también la construcción de 40 mil aparcamientos hasta el año 2040, considerando esta iniciativa se pretende que en el año 2020 los viajes en bicicleta desde y hacia estaciones del metro aumentarán un 25%, un 10% por el centro y un 5% fuera del centro, además se proyecta construir 5.000 aparcamientos en distintas estaciones de trenes.

1.3. LA BICICLETA COMO MEDIO DE MOVILIDAD ALTERNATIVA EN EL ECUADOR

1.3.1. MOVILIDAD ALTERNATIVA EN QUITO, ECUADOR

1.3.1.1. Caracterización de la movilidad en bicicleta

Dentro del Ecuador, el Distrito Metropolitano de Quito generó el proyecto de movilidad alternativa denominado “BiciQuito”, el mismo empezó en el año 2012 y pretende obtener una movilidad ágil y eficiente de la bicicleta, ya sea para propios o extraños. Dicho programa se complementa con 658 bicicletas, a las cuales se puede

acceder en las 25 estaciones, ubicadas de manera estratégica en los puntos más concurridos como se puede apreciar en la Figura 1.15. (BiciQuito, 2012)



Figura 1.15 Estaciones en el Distrito Metropolitano de Quito

Fuente: (BiciQuito, 2012)

Cabe indicar que desde el año 2013 el servicio fue gratuito, ya que anteriormente su costo anual fue de 25 dólares, por lo que la respuesta fue inmediata contando hasta febrero de 2014 un aumento de 15.000 usuarios, cada uno de ellos registrados con su carnet de identificación.

Una característica del programa es que el 60% de los usuarios comprenden edades entre 21 y 30 años con un porcentaje del 84% hombres y 16% mujeres, mientras tanto el 88% de usuarios son estudiantes y profesionales, entretanto el 12% provienen de niveles socioeconómicos bajos, sin dejar de lado la problemática más grande que es la inseguridad al momento de movilizarse debido a la falta de sensibilidad de conductores. (BiciQuito, 2012)

1.3.1.2. Infraestructura para el uso de la bicicleta

Según (Gartor, 2015), la ciudad posee una vasta extensión ciclo viaria que es alrededor de 173 kilómetros: urbanas, mixtas y recreativas; tomando en consideración que el 32% son vías exclusivas para bicicletas, mientras que el restante se comprende en uso compartido, ya sea con peatones o con vehículos. Debido a este inconveniente se puede citar algunas arterias viales con mayor número de problemas entre ellas: Francisco de Orellana, Diego de Almagro, Antonio de Ulloa y Luis Cordero.

La solución más idónea está en concienciar a la reducción de uso del vehículo privado, que representa el 70% del espacio vial, esto para promover una movilidad sustentable, destacando en la Figura 1.16, los puntos más concurridos por los ciclistas. (Gartor, 2015)

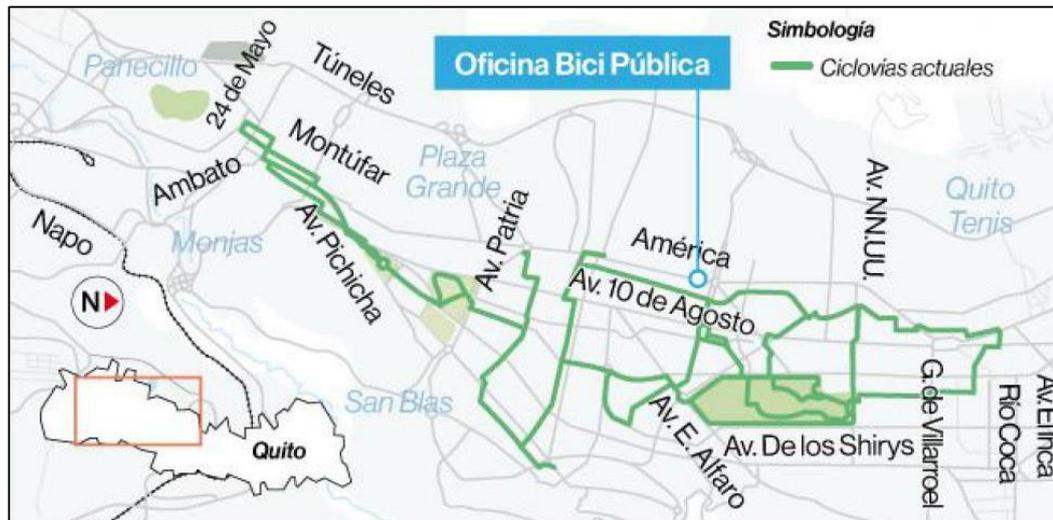


Figura 1.16 Estaciones más concurridas por los ciclistas

Fuente: (Gartor, 2015)

1.3.1.3. Promoción y participación ciudadana

Una iniciativa que caracteriza la ciudad, es el préstamo de alrededor de 300 bicicletas eléctricas, convirtiéndose en una de las ciudades pioneras en portar este servicio, para el correcto uso del medio de transporte, la Gobernación fomenta cursos aproximadamente de 30 minutos, en los cuales se capacita al público en general, anexando a este la información encontrada en los sitios web para atención de los usuarios en caso de accidentes o daños.

Además, a futuro se pretende innovar el programa mediante la utilización de una tarjeta inteligente para el préstamo de las bicicletas eléctricas, a su vez convertiría al programa en un sistema autónomo. (Semana, 2016)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la caracterización, tanto de la ruta recreativa como de la bicicleta híbrida.

En el año 2005 en la ciudad de Cuenca se crea la primera propuesta para la obtención de una movilidad alternativa sustentable conocida como “Cuenca, se mueve contigo”, la misma se puntualiza como: el plan vial para bicicletas, que busca luchar contra la pobreza incrementando la movilidad urbana con las respectivas medidas de seguridad y reduciendo la contaminación ambiental, mediante el uso de la bicicleta como medio de transporte. (Mendieta Armijos & León Jaramillo, 2017)

Cinco años más tarde gracias a la creación de la EMOV (Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca), brindó las facilidades para la creación de amplias infraestructuras para el uso de la bicicleta, principalmente en la Avenida 12 de abril, la misma ofrece el servicio de préstamo del medio de transporte alternativo, este lugar se conoce como la ruta recreativa.

Mediante la revisión del estado del arte realizado en el Capítulo I con las respectivas fuentes bibliográficas para la obtención de datos de un recorrido, se establece en la Figura 2.1, la metodología del procedimiento para la implementación de movilidad alternativa.

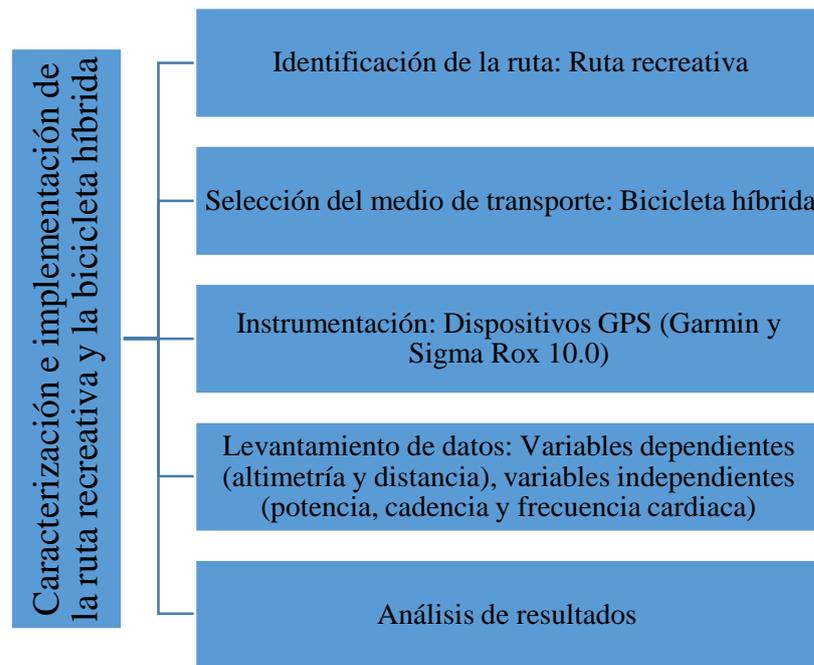


Figura 2.1 Procedimiento para la caracterización de la ruta recreativa y la bicicleta híbrida

Fuente: Autores

Se empleará en la ruta establecida condiciones normales de manejo, mediante el uso del equipo adecuado para el conductor, salvaguardando siempre la integridad del mismo, debido a que puede presentarse alguna anomalía en el medio de transporte o en el recorrido, el cual puede llegar a provocar algún tipo de accidente en el trayecto.

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA

La ruta de estudio para determinar el comportamiento de la bicicleta híbrida será la “Ruta Recreativa”, la misma está conformada por 8,5 kilómetros con diferentes tipos de calzadas que se conectan mediante 5 estaciones a lo largo del trayecto, iniciando en la Av. Loja y Paseo Tres de Noviembre hasta la Ciudadela de los Ingenieros.

Esta iniciativa promueve el uso de la movilidad sostenible, brindando el espacio adecuado a lo largo del trayecto de manera ágil y cómoda, además cuenta con un punto determinado para el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo del medio de transporte.

De esta manera se pretende llegar a gran parte de la población, generando concientización sobre los beneficios que entrega la bicicleta, así como la reducción en los índices de contaminación en la Ciudad.

La ruta recreativa está conformada por cinco estaciones llamadas:

- Estación 1: Descubre
- Estación 2: Experimenta
- Estación 3: Siente
- Estación 4: Interactúa
- Estación 5: Disfruta

En la Figura 2.2 se puede identificar las cinco estaciones que conforman la ruta recreativa.



Figura 2.2 Mapa de la ruta recreativa

Fuente: Google Maps

A su vez, están constituidas mediante camineras con su respectiva señalización e iluminación para el uso adecuado y seguro de todos los usuarios que acudan a la misma, se establece las estaciones numeradas en la ruta donde se detalla el sentido Norte – Sur y el sentido Sur – Norte, como se ilustra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Recorrido de la Ruta Recreativa

Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia (m)
Norte – Sur (Trayecto de ida)	Avenida Loja y Paseo 3 de Noviembre	Ciudadela de los Ingenieros Civiles del Azuay (CICA)	Paseo 3 de Noviembre, Av. Pumapungo	8050
Sur – Norte (Trayecto de vuelta)	Ciudadela de los Ingenieros Civiles del Azuay (CICA)	Avenida Loja y Paseo 3 de Noviembre	Av. Pumapungo, Paseo 3 de Noviembre	8050

Fuente: Autores

2.1.1. CARACTERISTICAS DE LA RUTA RECREATIVA

Mediante levantamiento topográfico realizado por los autores, se ha podido constatar que la ruta recreativa tiene una longitud de 8,5 kilómetros a lo largo de las cinco estaciones, tomando en cuenta las características y distancias de las mismas ilustradas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características de la Ruta Recreativa

Estación	Descubre	Experimenta	Siente	Interactúa	Disfruta
Distancia	1230 m	1710 m	1180 m	1080 m	3290 m
Tipo de calzada	Adoquín 730 m. Asfalto 500 m.	Asfalto 300 m. Lastre 1410 m.	Lastre completo 1180 m.	Lastre completo 1080 m.	Lastre completo 3290 m.
Ancho de caminera	Adoquín 2.20 m. Asfalto 1.40 m.	Asfalto 1.40 m. Lastre 3 m.	Lastre completo 3 m.	Lastre completo 3 m.	Lastre completo 2.50 y 3 m.

Fuente: Autores

Para obtener valores promedios confiables en la distancia del trayecto se realizó cuatro recorridos, dos de ida y dos de vuelta con la ayuda de la instrumentación Sigma Rox 10.0.

2.1.2. PERFIL DE ELEVACIÓN DE LA RUTA

A continuación en la Tabla 2.3, se indican las características del perfil de elevación de la Ruta Recreativa tanto para el sentido Norte – Sur y Sur Norte, con sus respectivos valores promedio, de igual manera se puede apreciar en las Figuras 2.3 y 2.4, respectivamente.

Tabla 2.3 Características del perfil de elevación de la Ruta Recreativa

Sentido	Norte – Sur	Sur – Norte
Elevación mínima	2435 msnm	2577 msnm
Elevación máxima	2543 msnm	2428 msnm
Elevación promedio	2489 msnm	2502 msnm

Fuente: Autores

De igual forma que la distancia, los valores promedios de elevación se estimaron mediante cuatro pruebas: dos de ida y dos de vuelta a diferencia que la instrumentación fue el Garmin GPSMAPS 64.

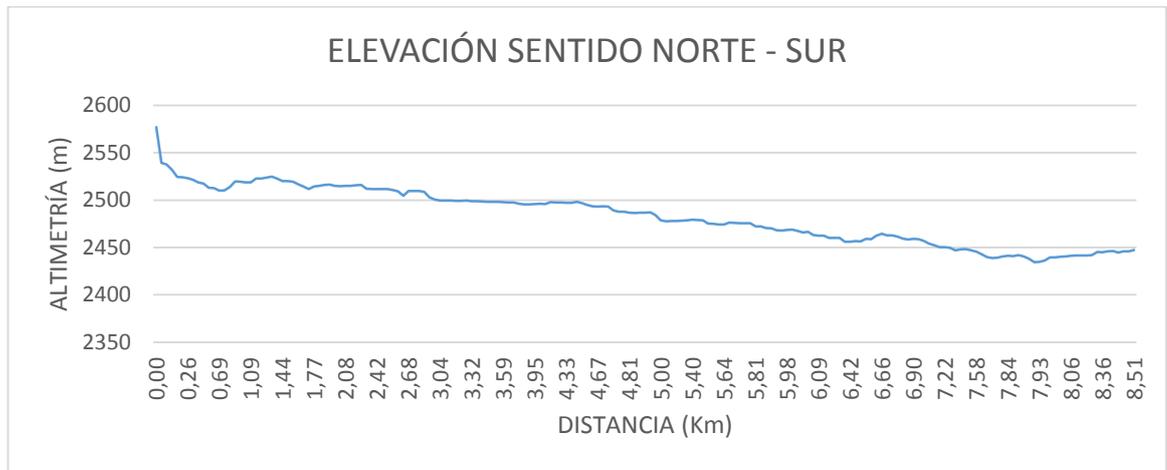


Figura 2.3 Elevación sentido Norte – Sur

Fuente: Autores

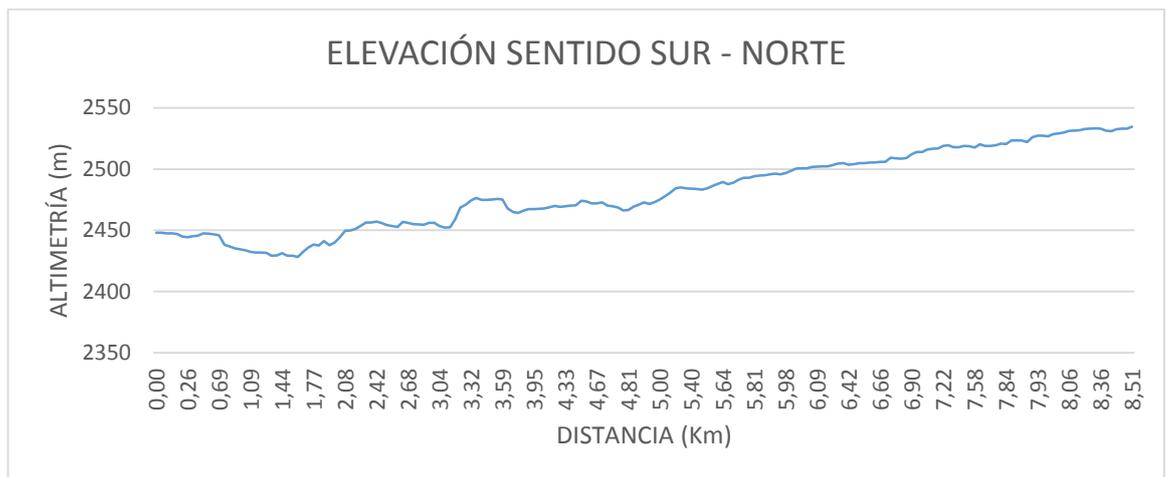


Figura 2.4 Elevación sentido Sur – Norte

Fuente: Autores

De la misma manera se detalla cada estación, dando a conocer factores de seguridad en tramos y puntos específicos, en busca de la integridad del ciclista durante el trayecto.

- **Estación Descubre**

Tabla 2.4 Características de la Estación “Descubre”

Tipo de calzada	Adoquín y asfalto
Longitud (metros)	1230 m
Ancho (metros)	2.20 m (adoquín) y 1.40 m (asfalto)
Estado	Regular

Fuente: Autores

La estación de partida “Descubre”, posee dos tipos de calzada: adoquín y asfalto, la misma cuenta con una distancia de 1230 metros, como la Tabla 2.4 indica.

Cabe recalcar que la caminera es una vía compartida, tanto para bicicletas en la parte derecha como para personas en la parte izquierda, en la Figura 2.5 se puede apreciar las camineras de dicha estación.



Figura 2.5 Camineras estación "Descubre"

Fuente: Autores

Partiendo de la estación “Descubre” PK 0 + 000, a lo largo de PK 0 + 600 metros se tiene una parada obligatoria debido al cruce del puente “El Barranco”, por lo que se requiere tener la debida precaución al momento de cruzar.

- **Estación Experimental**

Tabla 2.5 Características de la Estación “Experimental”

Tipo de calzada	Asfalto y lastre
Longitud (metros)	1710 m
Ancho (metros)	1.40 m (asfalto) y 3 m (lastre)
Estado	Bueno

Fuente: Autores

La estación “Experimental”, cuenta con 2 tipos de calzada: asfalto y lastre con una distancia de 1710 metros, ilustrado en la Tabla 2.5, además se tiene puntos a considerar como lo es a PK 1 + 730 metros existe una pendiente negativa y a su vez se halla un cambio de calzada a baldosa, con una distancia de 7 metros hasta PK 1 + 737 metros, la misma que genera un riesgo para los ciclistas con diferentes factores climáticos y finalmente se encuentra una pendiente positiva con calzada de lastre, indicadas en la Figura 2.6.



Figura 2.6 Camineras estación “Experimental”

Fuente: Autores

A PK 2 + 167 metros de la estación “Experimental”, se encuentra el punto más crítico del recorrido, alrededor de 50 metros de calzada pavimentada no brinda ninguna seguridad a lo estipulado en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 “Señalización Vial” parte 6 “Ciclovías”, culminando con el redondel del Hospital

Vicente Corral Moscoso, el mismo que obliga a detenerse completamente debido al intenso flujo vehicular presente en dicho lugar.

- **Estación Siente**

Tabla 2.6 Características de la Estación “Siente”

Tipo de calzada	Lastre
Longitud (metros)	1180 m
Ancho (metros)	3 m y 2.20 m
Estado	Bueno

Fuente: Autores

La estación “Siente”, cuenta con una calzada completamente de lastre y una distancia de 1180 metros, ilustrado en la Tabla 2.6, con puntos a considerar como la segmentación en el trayecto a PK 2 + 910 metros de la estación experimenta y el cruce semaforizado en la Avenida Max Uhle a PK 3 + 215 metros.



Figura 2.7 Camineras estación "Siente"

Fuente: Autores

- **Estación Interactúa**

Tabla 2.7 Características de la Estación “Interactúa”

Tipo de calzada	Lastre
Longitud (metros)	1080 m
Ancho (metros)	3 m
Estado	Bueno

Fuente: Autores

La cuarta estación denominada “Interactúa” cuenta con una calzada de lastre en su totalidad, ilustrado en la Figura 2.8, con una distancia de 1080 metros. Tomando en cuenta el cruce en el puente Rayoloma a PK 5 + 124 metros, el mismo no brinda seguridad debido a la falta de semaforización exclusivo para ciclistas.



Figura 2.8 Camineras estación "Interactúa"

Fuente: Autores

- **Estación Disfruta**

Tabla 2.8 Características de la Estación “Disfruta”

Tipo de calzada	Lastre
Longitud (metros)	3290 m
Ancho (metros)	3 m
Estado	Bueno

Fuente: Autores

Finalmente la estación “Disfruta”, completamente de lastre en su calzada, es la más larga comparando con las demás estaciones, su distancia total es de 3290 metros, como se puede apreciar en la Tabla 2.8, dicha estación es la menos conflictiva y más segura, ya que la mayoría de su recorrido se realiza sin interrupciones hasta el cruce de la avenida González Suarez en donde se tiene que detener la marcha hasta cruzar de forma segura debido a que no posee semaforización alguna.



Figura 2.9 Camineras estación "Disfruta"

Fuente: Autores

2.1.3. SEÑALIZACIÓN DE LA RUTA RECREATIVA

En lo que respecta a la señalética para ciclovías hay que regirse a lo que nos dice el Reglamento de Señalización – Ciclovías “RTE INEN 004 Señalización vial. Parte 6. Ciclovías (Aprobado Oct. 2013), en la Tabla 2.9, se muestra las diferentes señaléticas presentes en el trayecto de la ruta recreativa.

Tabla 2.9 Tipos de señalización en la ruta recreativa

Simbología	Descripción	Estación
	Vía resbalosa.	Experimenta
	Manténgase a la derecha (bicicletas)	Descubre Experimenta Siente Interactúa Disfruta
	Cruce de Bicicletas al cruzar.	Experimenta

	Pendiente Negativa.	Experimenta
	Acera Bicicleta	Siente Interactúa Disfruta
	Vía Compartida	Descubre Experimenta Siente Interactúa Disfruta

Fuente: Autores

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA BICICLETA HÍBRIDA

2.2.1. Bicicleta Híbrida

La bicicleta híbrida es un vehículo ligero de dos ruedas, el mismo es accionado por tracción humana mediante los pedales y tracción eléctrica mediante el motor que posee internamente en una rueda. (Abagnale & Iodice, 2015)

Las bicicletas híbridas se pueden clasificar en:

- *Bicicleta híbrida pura:* la cual integra un motor eléctrico dentro del cuadro de la bicicleta o ruedas y es impulsada por la fuerza del motor solo con un acelerador en el manillar
- *Bicicleta de accionamiento mecánico:* es una bicicleta eléctrica híbrido-

humano que apoya al piloto con energía eléctrica solamente cuando el ciclista pedalea. (Abagnale & Iodice, 2015)

Para la adaptación del sistema híbrido se parte de una bicicleta convencional, a la misma que se le adapta los diferentes componentes como: manubrios, frenos, interruptor de encendido, sensor de pedaleo, motor eléctrico, módulo de control, batería, porta batería, sistema de control y linterna, todo lo descrito anteriormente se puede apreciar en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Elementos para la adaptación de una bicicleta híbrida

Fuente: Autores

2.2.1.1. Elementos de la bicicleta híbrida

- **Motor Eléctrico**

El motor eléctrico es el encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, el mismo se localiza en el buje del neumático posterior, ya que brinda los beneficios de un fácil montaje, reducidos costos de mantenimiento y fabricación (Híbridos y eléctricos, 2013), como se muestra en la Figura 2.11, así como sus principales características ilustradas en la Tabla 2.10.



Figura 2.11 Motor eléctrico

Fuente: Autores

Tabla 2.10 Características del motor eléctrico

Diámetro	9.06 pulg.
Voltaje	48 V
Potencia	1 KW
Intensidad	20.8 A
Velocidad típica aro 26	38 km/h
Peso	13.5 kg

Fuente: Autores

- **Módulo de control**

La finalidad del módulo de control es enviar señales a los diferentes elementos: motor eléctrico, frenos, indicador o pantalla, sensor de pedaleo y la batería. Todo lo indicado anteriormente se puede visualizar en la Figura 2.12, cabe recalcar que el módulo de control cuenta con un bolso protector, el mismo está colocado en el cuadro por debajo del asiento de la bicicleta.

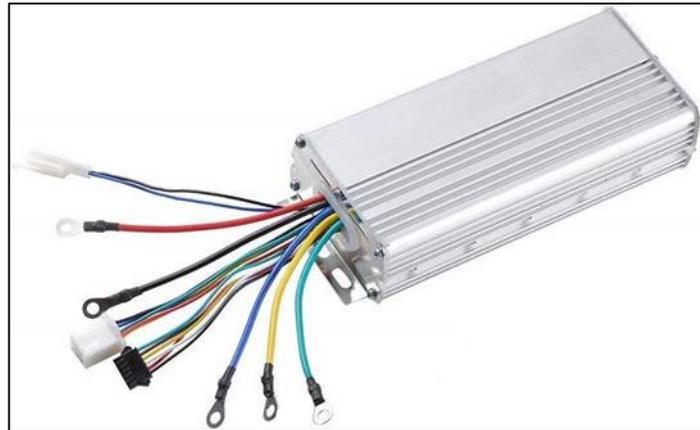


Figura 2.12 Módulo de control

Fuente: Autores

- **Frenos y Manubrios**

La misión de los frenos en una bicicleta híbrida es disminuir paulatinamente la corriente al motor eléctrico, estos son comandados por el módulo de control, a su vez los manubrios son de fácil adaptación a la bicicleta, sin embargo el del lado derecho consta de un interruptor de encendido del sistema como también de una pantalla donde se visualiza el voltaje de la batería cuando se encuentra en posición ON, esto se puede apreciar en la Figura 2.13.

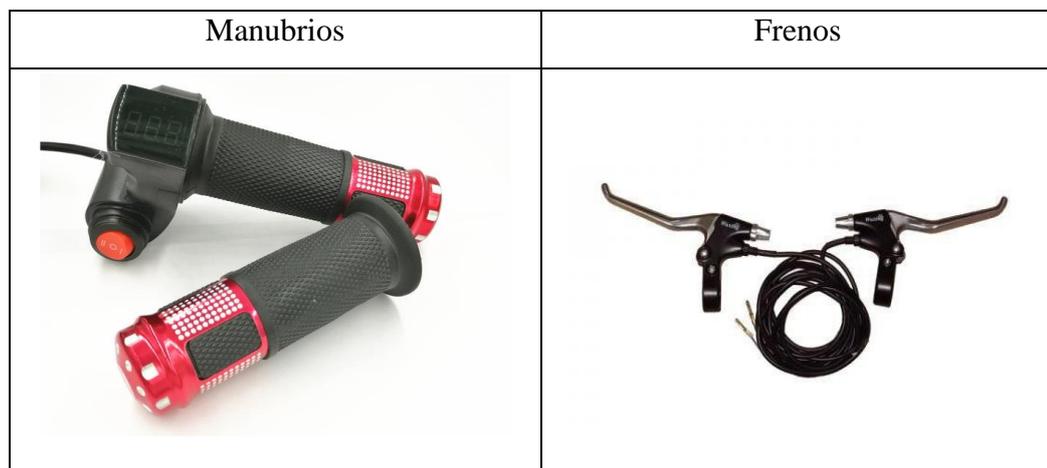


Figura 2.13 Frenos y manubrios para una bicicleta híbrida

Fuente: Autores

- **Sensor de pedaleo**

Se trata de un sensor tipo Hall mostrado en la Figura 2.14, alimentado con 5V de corriente directa, a su vez detecta el campo magnético cuando un imán pasa muy cerca, emitiendo una señal comprendida entre 0 y 4V, procesando la cantidad de potencia que debe suministrar el motor. (Medio Ambiente y Naturaleza, 2016)



Figura 2.14 Sensor de pedaleo

Fuente: Autores

- **Sistema de control (Pantalla)**

Se refiere a un sistema incorporado con una pantalla LCD, mostrada en la Figura 2.15. Esta permite seleccionar a voluntad la asistencia que el motor brinda al pedalear, a su vez se puede visualizar durante el trayecto: la velocidad, la temperatura, carga de la batería, la potencia que brinda el motor y el tiempo recorrido.



Figura 2.15 Sistema de control

Fuente: Autores

- **Batería**

Es la encargada de suministrar corriente al motor, considerando que forma parte de un vehículo híbrido, la misma se aprecia en la Figura 2.16 y posterior aquello fue sometida a un proceso de reacondicionamiento que comprende: selección de celdas, balanceo, carga y descarga, enlace de celdas y la comprobación del voltaje.



Figura 2.16 Batería

Fuente: Autores

- **Características de la batería**

La Tabla 2.11 da a conocer los valores típicos de trabajo de una batería utilizada en los vehículos híbridos, a su vez estos valores pueden variar dependiendo del modelo de batería utilizada. (Aguado, 2008)

Tabla 2.11 Características de la batería de níquel metal

ITEM	DESCRIPCIÓN
Tipo	Níquel – Hidruro Metálico
Modelo	6GP7PVS
Tensión	7,2 v/módulo
Capacidad	6,5 Ah
Descarga	6.0v
Cantidad de módulos	5 módulos
Tensión total	41 V
Corriente de carga	2 A
Corriente máxima de carga	6.5 A
Corriente máxima de descarga	65 A
Resistencia interna	8 mΩ

Fuente: (Aguado, 2008)

Para el funcionamiento de la bicicleta híbrida se requiere de 5 celdas de la batería de Níquel Metal acopladas en serie, además de un fusible de 10 amperios para precautelar el sistema eléctrico en caso de un cortocircuito. La ubicación es en el tubo interior del cuadro, de modo que el centro de gravedad sea bajo y por ende brinde una mejor estabilidad, se coloca en una base metálica previamente ubicada en la estructura como se puede observar en la Figura 2.17.



Figura 2.17 Batería acoplada en la bicicleta híbrida

Fuente: Autores

Este medio de transporte surge como solución a algunos de los inconvenientes de la bicicleta convencional, aunque se la debe utilizar cuando el tiempo lo permita, pues no será un sustituto a los vehículos convencionales, sino un complemento para tener un ecosistema de vehículos energéticamente eficientes. (Mostafavi & Doherte, 2011)

2.3. INSTRUMENTACIÓN A UTILIZAR

2.3.1. BICICLETA HÍBRIDA

El medio de transporte que se utilizará para las diferentes pruebas y recorridos es la bicicleta híbrida, como se indica en la Figura 2.18. Además se brinda la seguridad necesaria para los ciclistas en cada trayecto como: casco, guantes, ropa adecuada y una linterna que estará instalada cerca del manubrio izquierdo de la bicicleta.



Figura 2.18 Bicicleta Híbrida

Fuente: Autores

2.3.1.1. Características de la bicicleta Híbrida

Tabla 2.12 Características de la bicicleta híbrida

Bicicleta Híbrida	
Marca	Trek 3700
Aro bicicleta	26 plg.
Velocidades	21
Frenos	Zapatatas
Cuadro	Aluminio Alpha Silver
Color	Rojo
Suspensión	RST (Líquido)
Peso Total	36,36 kg

Fuente: Autores

2.3.2. BICICLETA CONVENCIONAL

La bicicleta convencional mostrada en la Figura 2.19, será utilizada para la comparación del gasto energético con la bicicleta híbrida en un análisis posterior, con sus características ilustradas en la Tabla 2.13.



Figura 2.19 Bicicleta convencional

Fuente: Autores

2.3.2.1. Características de la bicicleta convencional

Tabla 2.13 Características de la bicicleta convencional

Bicicleta Convencional	
Marca	Kona all Mountain
Aro bicicleta	26 plg.
Velocidades	27
Frenos	Pastillas
Cuadro	Aluminio Butted
Color	Verde - Blanco
Suspensión	Rock Shox (Líquido)
Peso Total	15 kg

Fuente: Autores

2.3.3. DISPOSITIVOS DE TOMA DE DATOS

2.3.3.1. Dispositivo GARMIN GPSMAP 64

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), indica la información detallada de variables en intervalos de distancia, tiempo, velocidad, etc., estos valores son generados con una excelente precisión cada segundo. (Salisa, Atiq, & Norbakyah, 2015)

Este sistema de radionavegación estadounidense que se basa en el espacio, dispone de tres elementos: satélites, estaciones terrestres en la Tierra y receptores que conlleva a los usuarios.

El dispositivo GPS que se manejará para el levantamiento topográfico de la ruta es el Garmin GPSMAP® 64 como se puede apreciar en la Figura 2.20, catalogado de gran sensibilidad, de tipificación rápida y con una gran capacidad de recepción, es decir, este dispositivo localiza la posición de forma rápida y precisa.



Figura 2.20 Garmin GPSMAP® 64

Fuente: Autores

Características del dispositivo Garmin GPSMAP 64

Tabla 2.14 Características del dispositivo GPS

Dimensiones (ancho, alto y profundidad)	6,1 x 16,0 x 3,6 cm
Batería	2 pilas AA (NIMH)
Receptor de alta sensibilidad	SI
Altímetro barométrico	SI
Porcentaje de error	3,45 m

Fuente: (GARMIN, 2016)

2.3.3.2. Dispositivo SIGMA ROX 10.0

Mientras que para realizar el levantamiento de datos durante los recorridos en la ruta recreativa se utiliza un dispositivo llamado SIGMA ROX 10.0, como se indica en la Figura 2.21, que además trae incorporado la opción de GPS. Los datos generados se

dan mediante una conexión inalámbrica por medio de sensores, los cuales envían una señal al dispositivo.

Por medio del uso del equipo se obtendrán datos que sirven para visualizar el comportamiento de las diferentes variables en un determinado trayecto como: velocidad máxima, velocidad media, distancia de ruta, altimetría, pendiente, potencia, cadencia o frecuencia de pedaleo, frecuencia cardiaca y tiempo de recorrido.



Figura 2.21 Dispositivo Sigma ROX 10.0

Fuente: Autores

Características del dispositivo SIGMA ROX 10.0

Tabla 2.15 Características del dispositivo SIGMA ROX 10.0

Navegación de pistas GPS	SI
Brújula	3 ejes digital
Porcentaje de error en distancia	3.40 m
Porcentaje de error en muestreo (5 seg)	3,2 %

Fuente: (TODOMOUNTAINBIKE, 2016)

Elementos del dispositivo SIGMA ROX 10.0

Para el correcto uso y toma de datos de la actividad ciclista, el artefacto indicado es el SIGMA ROX 10.0, el cual nos brinda propiedades precisas y rápidas en un debido intervalo de tiempo.

Cabe indicar que el artefacto posee diferentes elementos, los cuales van acoplados en la bicicleta híbrida y en la persona como son: transmisor de velocidad ANT+,

transmisor de frecuencia de pedaleo ANT+, transmisor de frecuencia cardiaca ANT+ y cinturón de tela COMFORTEX+.

Transmisor de velocidad ANT+

Este elemento entrega valores de velocidad y al mismo tiempo la distancia recorrida, sin tomar en cuenta la eficiencia de señal del GPS. Para el correcto funcionamiento del mismo se debe colocar en un lugar estratégico en la suspensión, acompañado del sensor tipo magneto que proporciona la señal al momento del giro del neumático, como se puede observar en la Figura 2.22.



Figura 2.22 Transmisor de velocidad ANT+

Fuente: Autores

Transmisor de frecuencia de pedaleo ANT+

Este instrumento es de suma importancia, ya que mediante los datos que este nos proporciona se puede calcular la potencia suministrada por el ciclista, además de la frecuencia de pedaleo, de igual forma su ubicación conlleva de un lugar preciso, se encuentra en la base inferior del cuadro por lo que la parte magnética se da por el imán que se encuentra fijado en la parte inferior de la biela del pedal, todo lo descrito anteriormente se puede observar en la Figura 2.23.

Transmisor de frecuencia de pedaleo	Ubicación
	

Figura 2.23 Transmisor de frecuencia de pedaleo ANT+

Fuente: Autores

Transmisor de frecuencia cardiaca ANT+

Este artefacto puede ser considerado de mayor importancia ya que el mismo capta pulsos cardiacos en todas las zonas de trabajo para el ciclista, a su vez se ubica con el cinturón de tela COMFORTEX+ en la zona del torso con el dispositivo ubicado en la parte del corazón, como se puede apreciar en la Figura 2.24.

Transmisor de frecuencia cardiaca	Ubicación
	

Figura 2.24 Transmisor de frecuencia cardiaca ANT+

Fuente: Autores

Posteriormente, al finalizar un recorrido se procede a la descarga de toda la información que es proporcionada por los equipos acoplados a la bicicleta. El programa es de la misma casa que los equipos (SIGMA). Todos los equipos deben estar completamente comunicados para evitar pruebas sin datos y esto se corrobora con el display del ciclo computador.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES MEDIANTE PRUEBAS Y RECORRIDOS EN LA RUTA RECREATIVA

En este capítulo no se puede realizar el estudio mediante diseños experimentales debido a que (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008), indica en la planeación y realización que: al momento de elegir las variables de respuesta que serán medidas en cada punto del diseño, estas deben poseer características de confiabilidad y precisión para todo el trayecto.

De acuerdo a (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008),

“el diseño experimental por factores es el adecuado para este estudio debido a que influye cada factor sobre la variable respuesta, es obligatorio elegir dos niveles de prueba para cada uno, en nuestro proyecto se realizaron pruebas con personas de diferentes características en los rangos de edades establecidos, es por ello que no se cuenta con repeticiones de pruebas con personas de las mismas características, además la forma tradicional que se utilizaba en la experimentación, para el estudio de estos problemas, se basaba en estudiar los factores uno a uno, esto es variar los niveles de un factor permaneciendo fijos los demás. Esta metodología presenta grandes inconvenientes:

- Es necesario un gran número de pruebas.
- Las conclusiones obtenidas en el estudio de cada factor tienen un campo de validez muy restringido.
- No es posible estudiar la existencia de interacción entre los factores.
- Es inviable, en muchos casos, por problemas de tiempo o costo.”

La mayoría de diseños estadísticos, especialmente cuando son formulados por primera vez, se han criticado como demasiado costosos, complicados y que requieren mucho tiempo, en nuestro caso en el levantamiento de datos resulta complicado realizar un número excesivo de pruebas debido a la disponibilidad de las personas y el tiempo que esto conlleva el mismo oscila alrededor de 1 hora con 15 minutos, lo que sería irrelevante realizar diseños experimentales.

Por lo citado anteriormente se optó por la siguiente metodología indicada en la Figura 3.1, verificando el comportamiento de las variables presentes en los recorridos realizados en la ruta planteada en el Capítulo II, mediante el uso de la instrumentación y el medio de transporte seleccionado (bicicleta híbrida).

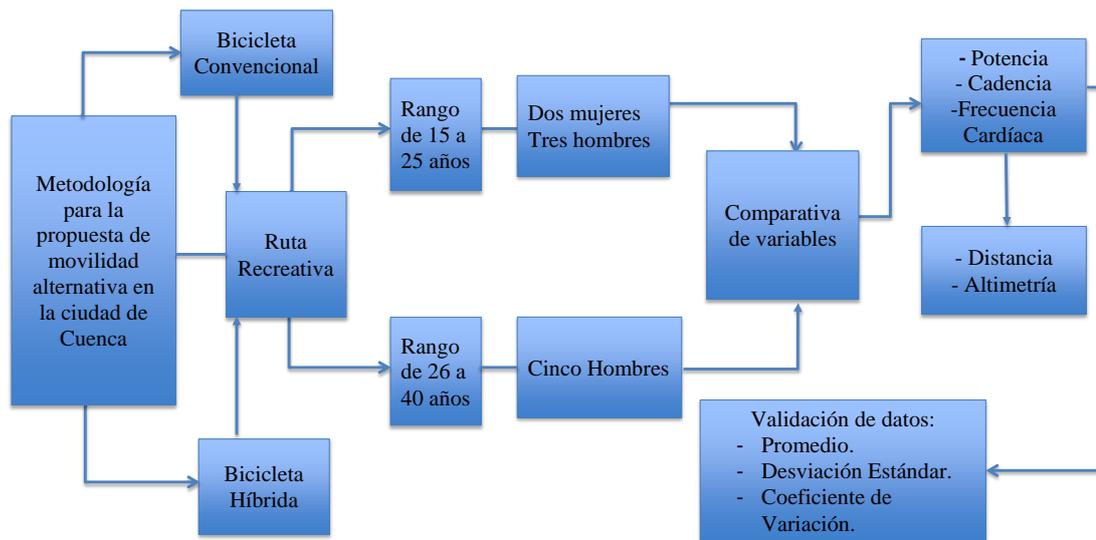


Figura 3.1 Metodología para la propuesta de movilidad alternativa en la ciudad de Cuenca

Fuente: Autores

3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

3.1.1. PLANTEAMIENTO PARA DESARROLLO DE LOS RECORRIDOS

Los recorridos se realizan en días y horarios oportunos: de lunes a viernes dividido en dos jornadas: de 10:30 a 12:00 y 15:30 a 18:00, dado que en estos horarios no existe un gran número de personas utilizando las camineras de la ruta, y además las condiciones climáticas son favorables para practicar ciclismo.

Se estima en realizar tres recorridos en la mañana y cuatro en la tarde, sin embargo se considera la disponibilidad o algún contratiempo por obstaculización de la ruta y podría ser:

- Por obras.
- Por accidente.
- Por marchas, protestas, etc.

Todos estos factores mencionados involucran a que se modifique la circulación por las camineras, en estos casos, se procederá a detener las pruebas y esperar a que todo vuelva a la normalidad.

El tiempo estimado a cubrir los diferentes recorridos está previsto a efectuarse en seis semanas.

Al finalizar los recorridos, se procede a la descarga de datos que nos entrega la instrumentación detallada en el Capítulo II. Estos son utilizados para el análisis de variables dependientes e independientes.

3.1.1.1. CARACTERIZACIÓN PARA REALIZAR LOS RECORRIDOS

Para analizar todas las variables involucradas, se procede a efectuar el recorrido tanto de ida como de vuelta, tomando en cuenta que en el trayecto de ida (estación 1 a estación 5), demanda de menos esfuerzo para el ciclista, mientras que el trayecto de regreso (estación 5 a estación 1), genera mayor esfuerzo debido a la topografía del recorrido, obteniendo así valores acordes al análisis.

Por tal motivo se priorizará el estudio para el trayecto de vuelta, con análisis de las variables dependientes para cada una de las cinco estaciones, mientras que para el trayecto de ida el análisis se lo hará de forma general en toda la ruta.

A nivel global, las características más influyentes para un análisis ciclo viario están relacionadas:

- **Peso y topografía**

Son los factores más importantes a tomar en cuenta, ya que la tendencia es; a mayor peso, mayor gasto energético, como también sucede, en una topografía con pendiente positiva genera mayor oposición al movimiento y por tanto mayor esfuerzo.

- **Bicicleta**

De acuerdo a las características indicadas en el Capítulo II, la bicicleta híbrida posee varias ventajas con respecto a una convencional, ligado a esto una tendencia topográfica, donde dicho medio presenta ahorros significativos en gasto energético.

- **Condiciones climáticas**

En busca de una movilidad alternativa, una limitación es el factor climático, ya que a altas temperaturas existe un mayor consumo energético en la persona, así como a bajas temperaturas o en lluvia la movilidad se vuelve más conflictiva.

3.2. RANGO DE EDADES

Dicho proyecto está encaminado a la búsqueda de una movilidad alternativa, en donde el uso más eficiente de la bicicleta comprende edades desde los 15 hasta los 40 años. Por tal motivo se parcializó en dos grupos de edades: el primero desde los 15 años hasta los 25 años y el segundo grupo desde los 26 años hasta los 40 años, destacado que las pruebas serán de cinco personas en los rangos de edades establecidos.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

Se tiene cinco variables involucradas para este análisis, las mismas se dividen en: tres variables independientes (potencia, cadencia y frecuencia cardiaca) y dos dependientes (distancia y altimetría), tomando en cuenta que la potencia se ve reflejada en el gasto energético (watts), la cadencia en las revoluciones por minuto (rpm) que el ciclista demanda para cubrir todo el recorrido y la frecuencia cardiaca en las pulsaciones por minuto (bpm).

3.3.1. VALIDACIÓN DE DATOS

Para validar los datos obtenidos mediante instrumentación adecuada para las variables independientes (potencia, cadencia y frecuencia cardiaca), se procede a evaluar los valores promedios de cada variable señalada, para que posteriormente se analice mediante desviación estándar, y coeficiente de variación, dando mayor credibilidad para los resultados.

3.3.2. COMPORTAMIENTO DE VARIABLES PARA EL TRAYECTO DE IDA

Comportamiento de variables en un rango de edades 15 a 25 años

En las tablas 3.1 hasta 3.6, se ilustra los valores promedios de potencia, cadencia y frecuencia cardíaca para todo el trayecto de ida de la ruta, esto debido a las características topográficas que presenta, cada una de ellas validadas mediante desviación estándar y coeficiente de variación.

Tabla 3.1 Promedio variable potencia en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE POTENCIA (W)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	15,14	16,34	7,84	17,22	36,88

Fuente: Autores

Tabla 3.2 Validación de datos de potencia en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS POTENCIA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	18,68	10,82	0,58

Fuente: Autores

Tabla 3.3 Promedio variable cadencia en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE CADENCIA (rpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	43,53	49,98	34,97	53,68	57,12

Fuente: Autores

Tabla 3.4 Validación de datos de cadencia en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS CADENCIA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	47,85	8,79	0,18

Fuente: Autores

Tabla 3.5 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE FRECUENCIA CARDIACA (bpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	153,9	156,03	152,84	133,28	131,67

Fuente: Autores

Tabla 3.6 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS FRECUENCIA CARDIACA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	145,54	11,9	0,08

Fuente: Autores

A continuación se presenta en las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4, los resultados de las dos variables dependientes: altimetría y distancia que se indica con líneas de color azul, con las tres variables independientes: potencia, cadencia y frecuencia cardiaca indicadas con líneas de color naranja para el trayecto de ida por completo de la ruta.

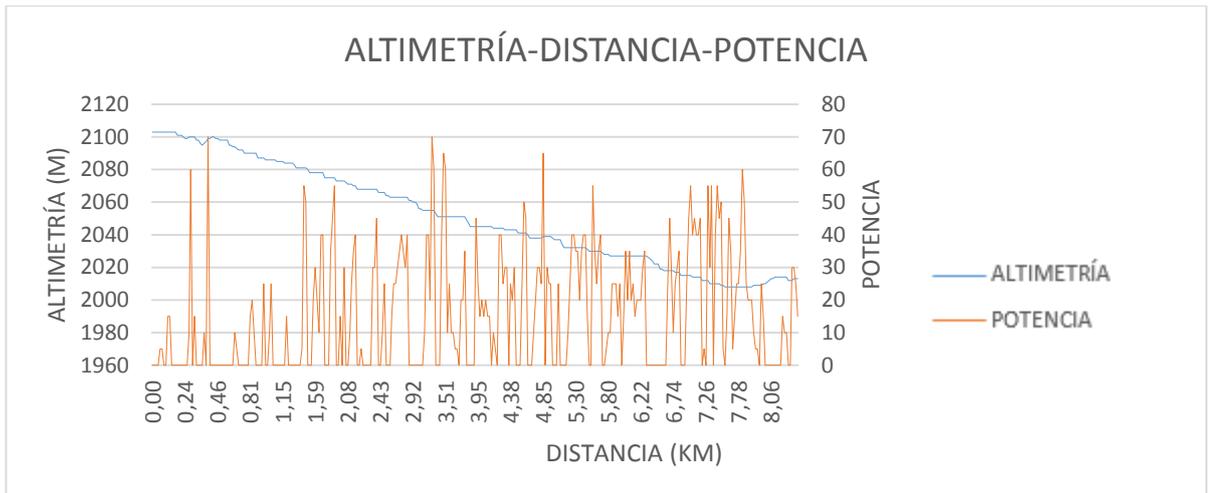


Figura 3.2 Altimetría - Distancia – Potencia

Fuente: Autores

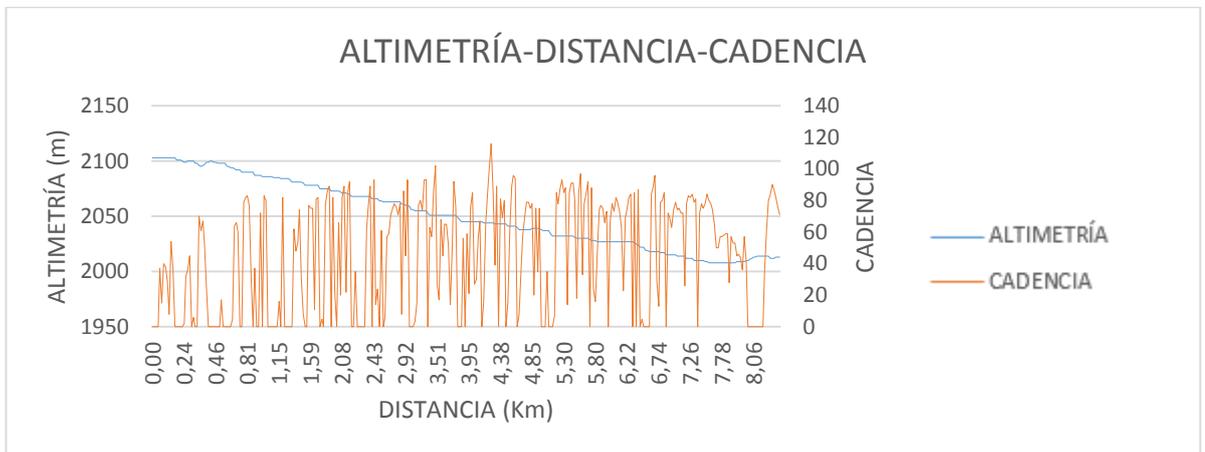


Figura 3.3 Altimetría – Distancia – Cadencia

Fuente: Autores

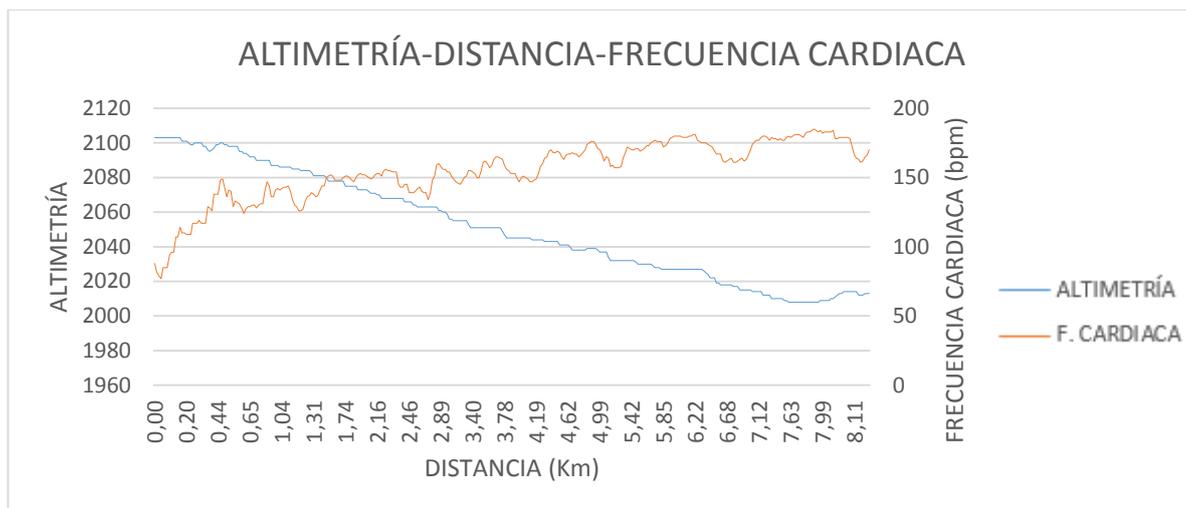


Figura 3.4 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca

Fuente: Autores

Debido a que el trayecto de ida posee una tendencia de pendientes negativas, al igual que una distancia plana considerable, se optó por no utilizar la asistencia brindada por el motor eléctrico.

Comportamiento de variables en un rango de edades 26 a 40 años

En las Tablas 3.7 hasta 3.12, se ilustra los valores promedios de potencia, cadencia y frecuencia cardíaca respectivamente para todo el trayecto de ida de la ruta esto debido a las características topográficas que presenta, cada una de ellas validadas mediante desviación estándar y coeficiente de variación.

Tabla 3.7 Promedio variable potencia en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE POTENCIA (W)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	6,52	7,99	8,12	6,50	8,28

Fuente: Autores

Tabla 3.8 Validación de datos de potencia en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS POTENCIA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	7,48	0,89	0,11

Fuente: Autores

Tabla 3.9 Promedio variable cadencia en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE CADENCIA (rpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	28,39	28,28	53,72	28,86	24,05

Fuente: Autores

Tabla 3.10 Validación de datos de cadencia en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS CADENCIA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	32,66	11,93	0,36

Fuente: Autores

Tabla 3.11 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE FRECUENCIA CARDIACA (bpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	119,65	123,73	152,00	122,44	146,84

Fuente: Autores

Tabla 3.12 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS FRECUENCIA CARDIACA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	132,93	15,23	0,12

Fuente: Autores

A continuación, se ilustra en las Figuras 3.5, 3.6 y 3.7 el comportamiento de las variables comprendidos en los rangos de edades entre 26 hasta 40 años.

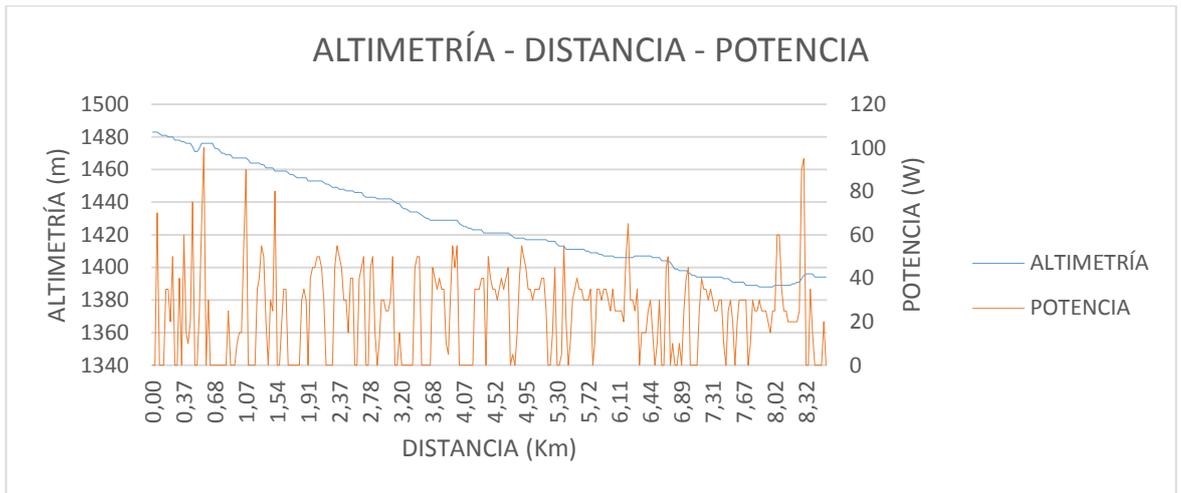


Figura 3.5 Altimetría - Distancia – Potencia, de la persona de 38 años

Fuente: Autores

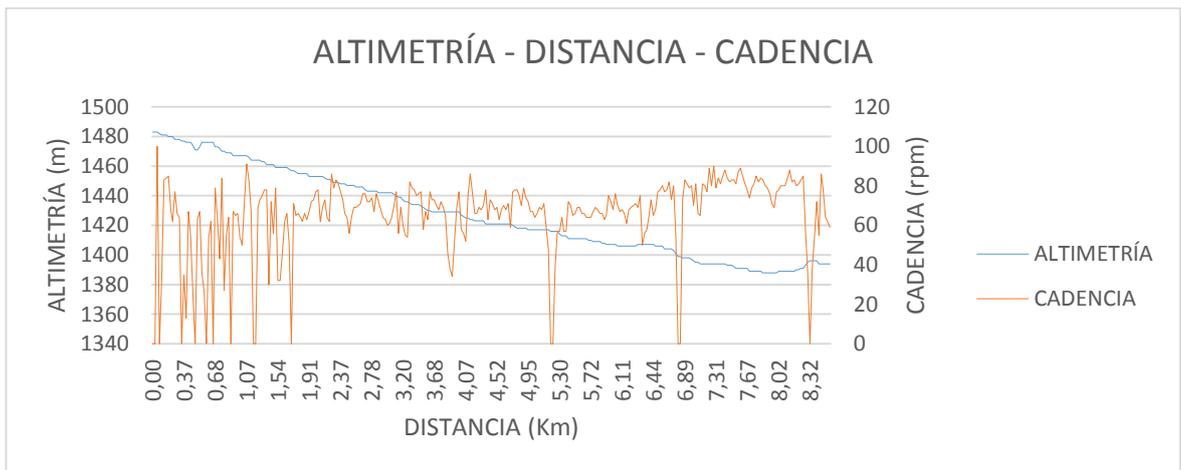


Figura 3.6 Altimetría – Distancia – Cadencia, de la persona de 38 años

Fuente: Autores

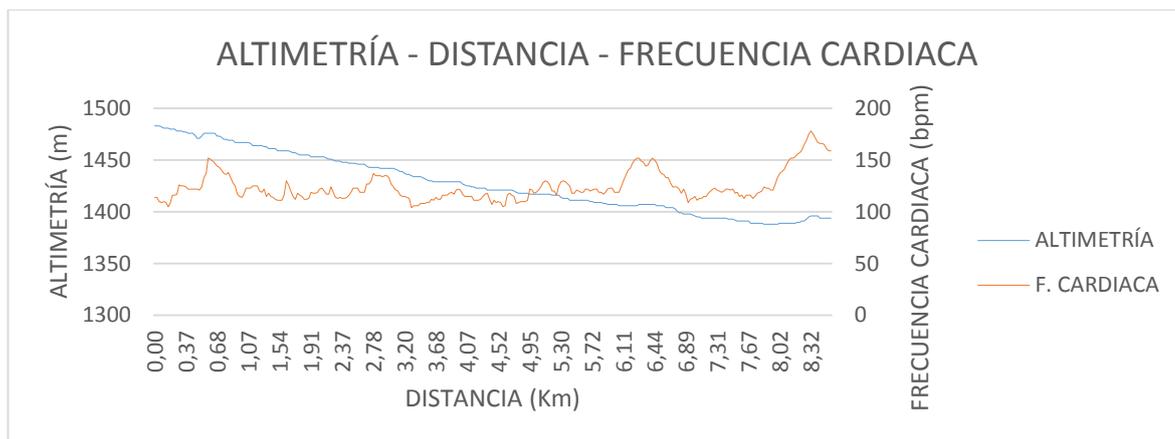


Figura 3.7 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardíaca, de la persona de 38 años

Fuente: Autores

3.3.3. COMPORTAMIENTO DE VARIABLES PARA EL TRAYECTO DE VUELTA

Comportamiento de variables en un rango de edades 15 a 25 años

Para este trayecto se analiza de manera más detallada la ruta, que inicia en la estación Disfruta hasta la estación Descubre, debido a que existe un cambio topográfico que repercute en las tres variables independientes (potencia, cadencia y frecuencia cardíaca), además el uso de la asistencia del motor eléctrico se vuelve más influyente y notorio. En las Tablas 3.13 y 3.14, se ilustran los valores promedios de la variable potencia de las cinco personas y los resultados de la validación respectivamente.

Tabla 3.13 Promedio variable potencia en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE POTENCIA (W)					
ESTACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5
Disfruta	25,45	22,36	25,55	27,56	32,64
Interactúa	32,71	30,91	26,96	29,80	38,02
Siente	31,58	34,44	31,96	43,30	47,9
Experimenta	31,84	27,55	26,75	28,31	29,83
Descubre	20,67	29,93	19,68	38,26	39,37

Fuente: Autores

Tabla 3.14 Validación de datos de potencia en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS POTENCIA			
ESTACIÓN	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
Disfruta	26,71	3,79	0,14
Interactúa	31,68	4,11	0,12
Siente	37,84	7,35	0,19
Experimenta	28,85	2,01	0,07
Descubre	29,58	9,33	0,31

Fuente: Autores

De la misma manera los valores promedios de las cinco personas para la variable cadencia con su validación se ven reflejadas en las Tablas 3.15 y 3.1, respectivamente.

Tabla 3.15 Promedio variable cadencia en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE CADENCIA (rpm)					
ESTACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5
Disfruta	64,45	64,21	53,88	64,9	66,52
Interactúa	64,28	60,59	59,03	72,4	65,6
Siente	61,04	49,33	62,49	71,78	68,36
Experimenta	54,1	48,53	55,39	60,48	54,52
Descubre	36,97	34,24	38,38	48,79	41,87

Fuente: Autores

Tabla 3.16 Validación de datos de cadencia en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS CADENCIA			
ESTACIÓN	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
Disfruta	62,8	4,52	0,072
Interactúa	64,38	4,66	0,073
Siente	62,6	7,7	0,12
Experimenta	54,6	3,8	0,07
Descubre	40,05	5,02	0,12

Fuente: Autores

Al momento de analizar el comportamiento de la frecuencia cardiaca mostrada en la Figura 3.18, se considera todo el recorrido, debido a que permanece en un rango

constante a diferente altimetría, al igual que al momento del uso de la asistencia, dichos valores promedio se observan en las Tablas 3.17 y 3.18.

Tabla 3.17 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE FRECUENCIA CARDIACA (rpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	169,57	173,7	174,01	163,53	168,83

Fuente: Autores

Tabla 3.18 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 15 a 25 años

VALIDACIÓN DE DATOS FRECUENCIA CARDIACA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	169,93	4,27	0,026

Fuente: Autores

A continuación se presenta en las Figuras 3.8 y 3.9, los resultados de potencia y cadencia respectivamente en un rango de edades entre 15 y 25 años.

Estación Disfruta

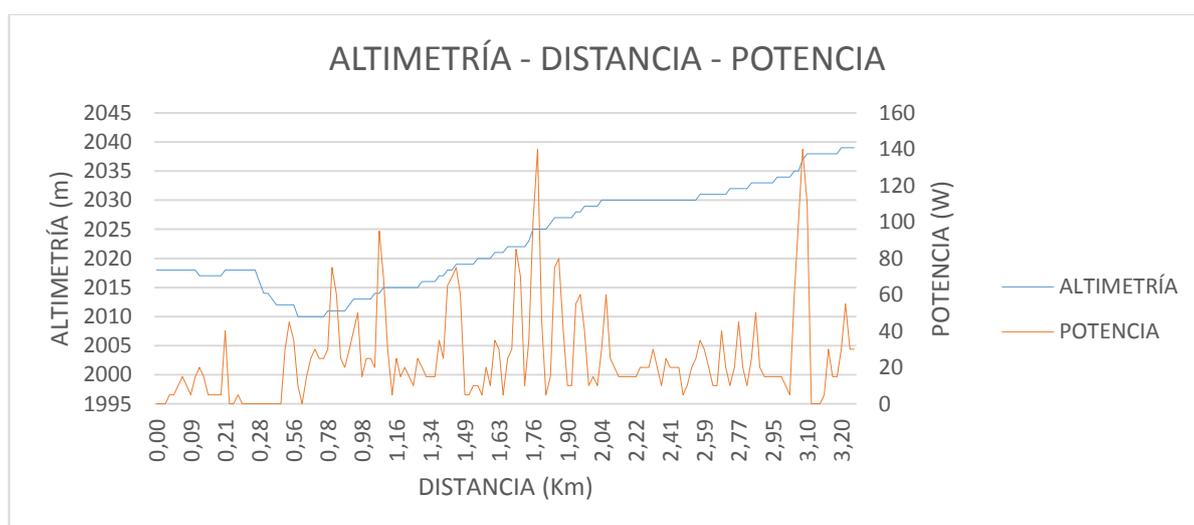


Figura 3.8 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Disfruta de la persona de 20 años

Fuente: Autores

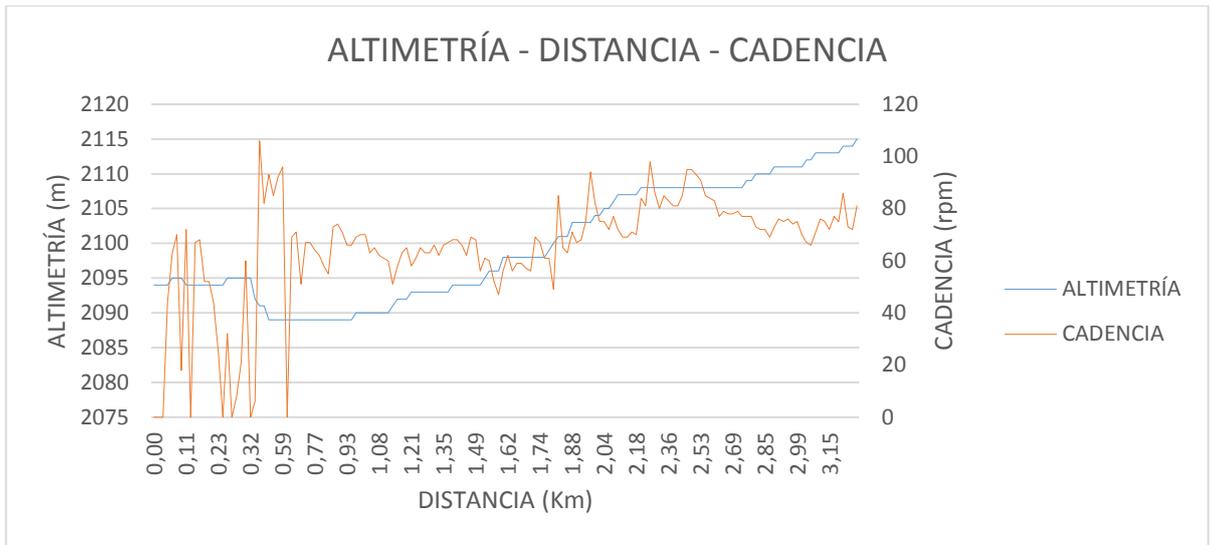


Figura 3.9 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Disfruta de la persona de 20 años

Fuente: Autores

Tomando en cuenta que es la estación con mayor longitud y en la cual el aporte de la asistencia es fundamental para el estado físico del ciclista, se obtiene los valores promedio ilustrados en la Tabla 3.5.

Estación Interactúa

En las Figuras 3.10 y 3.11 se muestra las gráficas tanto de potencia y cadencia en el trayecto correspondiente.

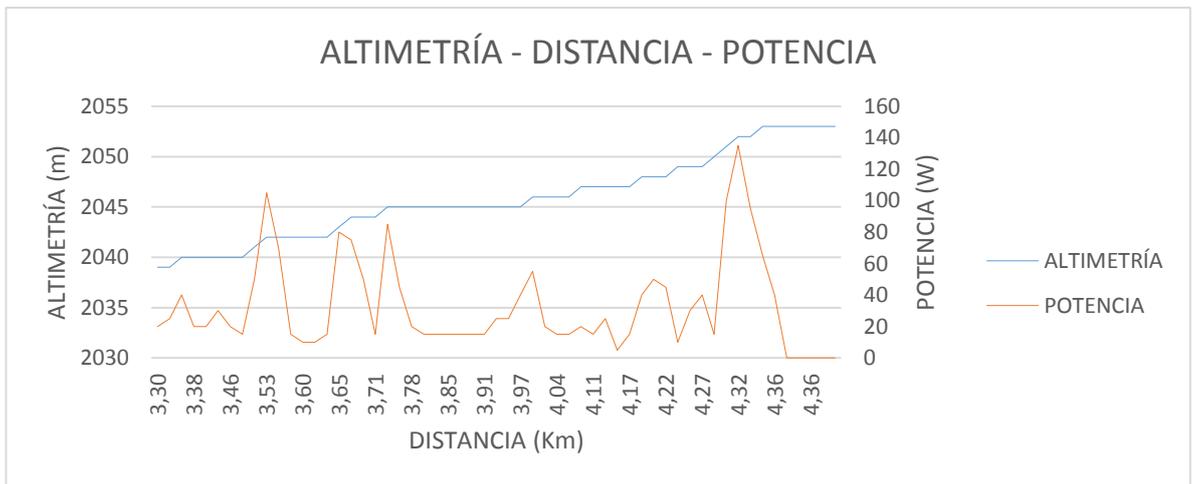


Figura 3.10 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Interactúa de la persona de 20 años

Fuente: Autores

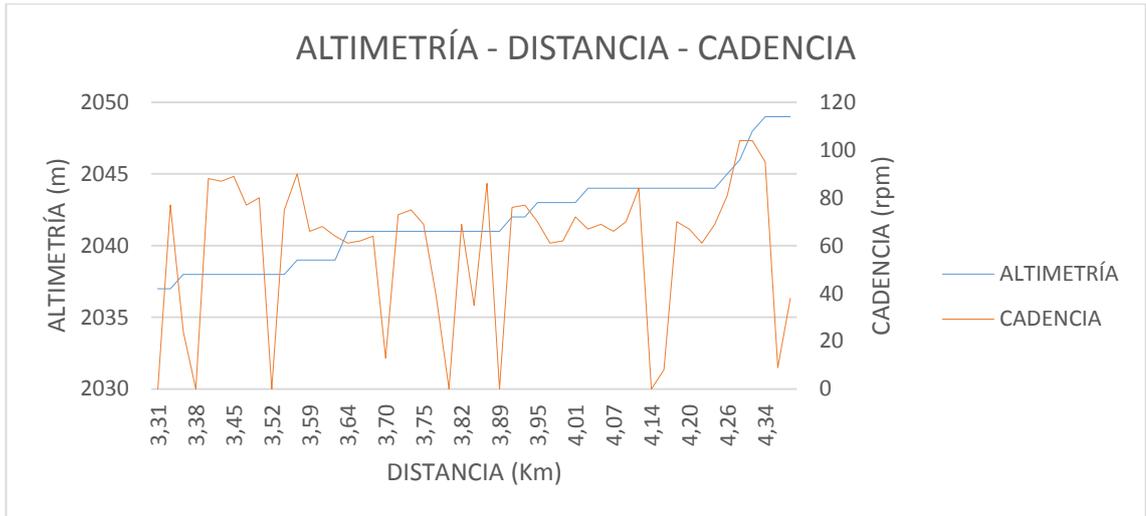


Figura 3.11 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Interactúa de la persona de 20 años

Fuente: Autores

En dicha estación, los valores de potencia y cadencia tienden a aumentar, debido a la topografía de la estación, con una disminución en su altimetría al igual que su corto trayecto, obteniendo valores promedio indicados en la Tabla 3.6.

A continuación se presenta en las Figuras 3.12 hasta 3.17, el comportamiento de potencia y cadencia en las demás estaciones de la ruta recreativa.

Estación Siente

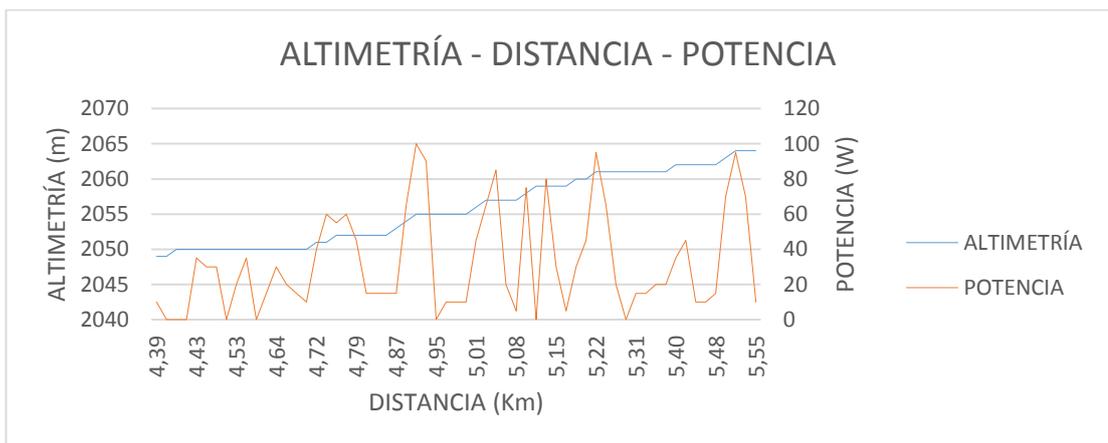


Figura 3.12 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Siente de la persona de 20 años

Fuente: Autores

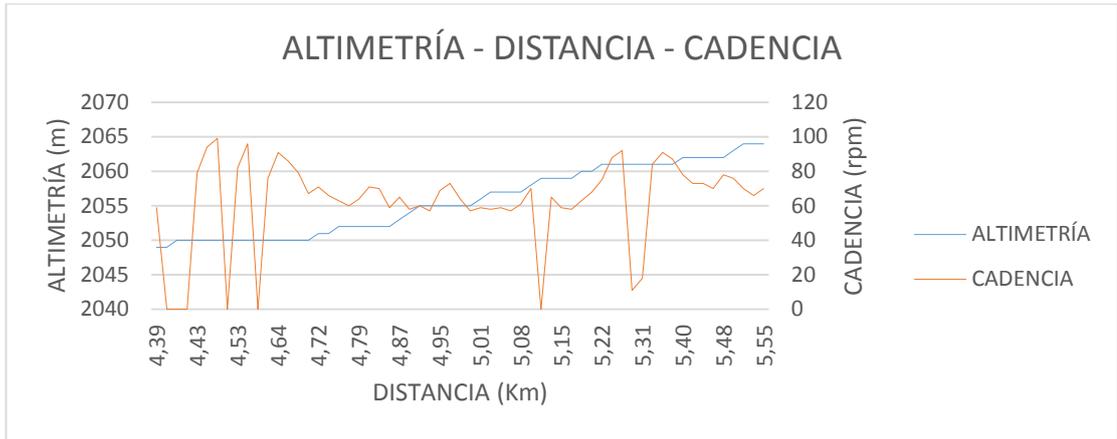


Figura 3.13 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Siente de la persona de 20 años

Fuente: Autores

De la misma forma que en la estación anterior, los valores promedio tanto de potencia y cadencia se mantienen en un intervalo, con un cambio mínimo en la cadencia de 5 rpm, debido a que su trayecto es mayor con 80 metros, ilustrado en la Tabla 3.7.

Estación Experimenta

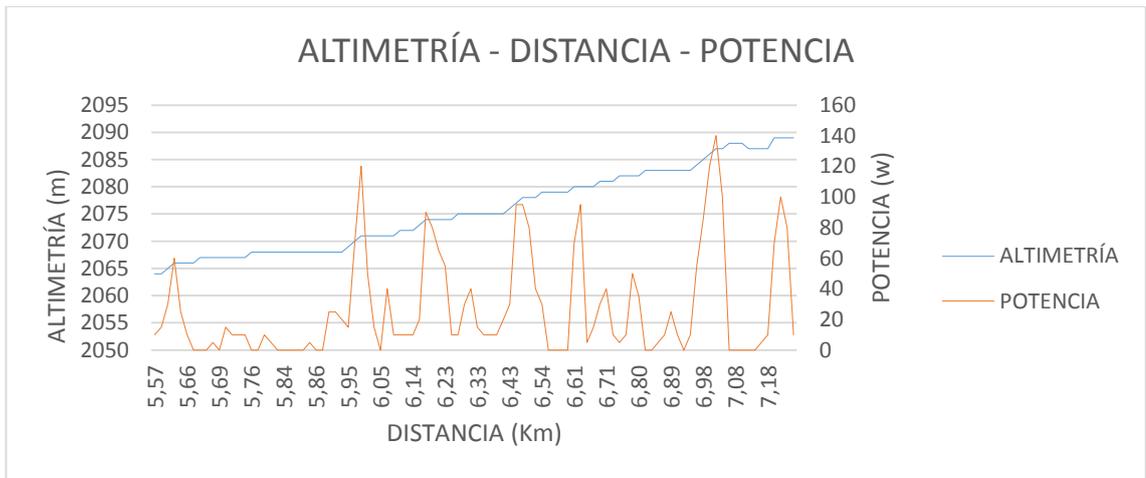


Figura 3.14 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Experimenta de la persona de 20 años

Fuente: Autores

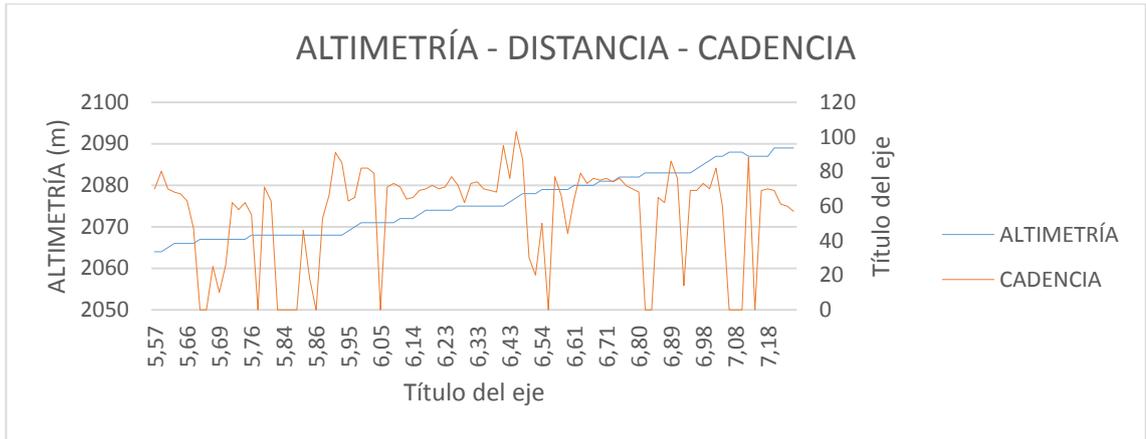


Figura 3.15 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Experimenta de la persona de 20 años

Fuente: Autores

La tendencia se mantiene con los valores promedios indicados en la Tabla 3.8, esto debido a la altimetría que varía alrededor de 15 metros en una distancia de 1,71 km, recordando además que para ciertos tramos el uso de la asistencia resulta de importante valía.

Estación Descubre

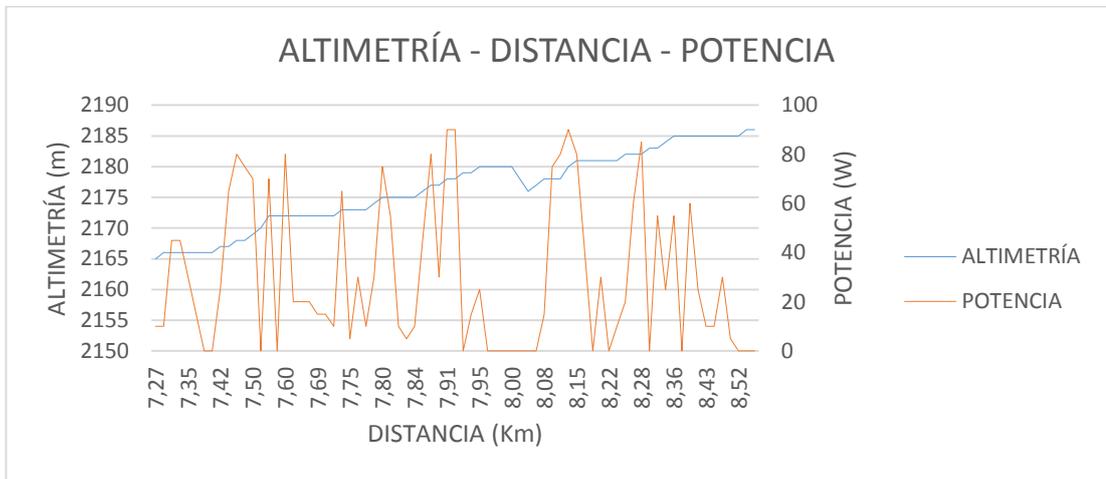


Figura 3.16 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Descubre de la persona de 20 años

Fuente: Autores

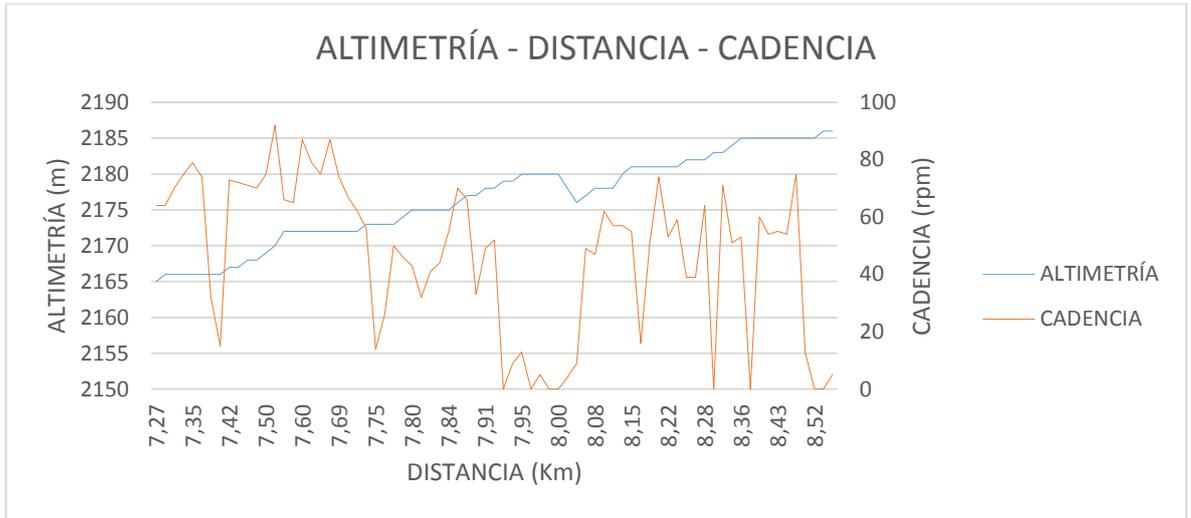


Figura 3.17 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Descubre de la persona de 20 años

Fuente: Autores

Este trayecto, con más consideraciones a tomar en cuenta, ya que con una corta distancia, nos entrega el valor más alto en potencia, así como el mínimo valor en cadencia en todo el trayecto, dichos valores se dan debido a su alta altimetría y además el uso más constante de la asistencia.

- **Frecuencia Cardiaca**

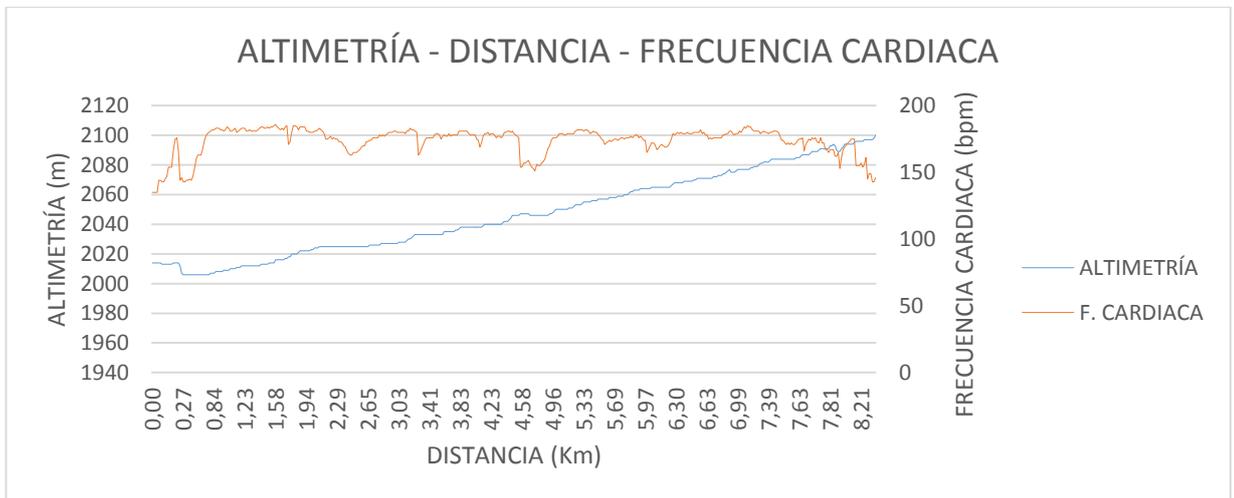


Figura 3.18 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardiaca, en el trayecto de vuelta de la persona de 20 años

Fuente: Autores

Comportamiento de variables en un rango de edades de 26 a 40 años

En las Tablas 3.19 y 3.20, se ilustran los valores promedios de la variable potencia de las cinco personas y los resultados de la validación respectivamente.

Tabla 3.19 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE POTENCIA (W)					
ESTACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5
Disfruta	20,87	21,12	20,32	18	23,61
Interactúa	21,72	20,76	14,4	14,72	23,21
Siente	35,55	28,05	37,8	20,54	33,69
Experimenta	20,9	17,6	19,66	18,16	19,15
Descubre	29,52	20,05	19,3	30,6	23,19

Fuente: Autores

Tabla 3.20 Validación de datos de potencia en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS POTENCIA			
ESTACIÓN	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
Disfruta	20,94	1,74	0,08
Interactúa	18,96	4,11	0,21
Siente	31,13	6,93	0,22
Experimenta	19,11	1,32	0,07
Descubre	24,53	5,27	0,21

Fuente: Autores

De la misma manera los valores promedios de las cinco personas para la variable cadencia con su validación se ven reflejadas en las Tablas 3.21 y 3.22.

Tabla 3.21 Promedio variable cadencia en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE CADENCIA (rpm)					
ESTACIÓN	P1	P2	P3	P4	P5
Disfruta	50,31	77,41	62,8	46,52	56,95
Interactúa	59,31	77,7	62,99	47,89	74,42
Siente	54,53	74,04	65,74	43,74	65,43
Experimenta	48,51	66,42	59,13	55,18	65,16
Descubre	43,32	52,8	43,7	51,64	49,52

Fuente: Autores

Tabla 3.22 Validación de datos de cadencia en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS CADENCIA			
ESTACIÓN	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
Disfruta	58,8	12,13	0,2
Interactúa	64,46	12,02	0,18
Siente	60,7	11,73	0,19
Experimenta	58,89	7,37	0,12
Descubre	48,2	4,43	0,09

Fuente: Autores

Al momento de analizar el comportamiento de la frecuencia cardiaca mostrada en la Figura 3.29, se considera todo el recorrido, debido a que permanece en un rango constante a diferente altimetría, al igual que al momento del uso de la asistencia, dichos valores promedio se observan en la Tablas 3.23 y 3.24.

Tabla 3.23 Promedio variable frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años

DATOS PROMEDIO VARIABLE FRECUENCIA CARDIACA (rpm)					
RUTA	P1	P2	P3	P4	P5
	136,1	141,77	139,76	144,03	133,44

Fuente: Autores

Tabla 3.24 Validación de datos de frecuencia cardiaca en un rango de 26 a 40 años

VALIDACIÓN DE DATOS FRECUENCIA CARDIACA			
RUTA	PROMEDIO	D. ESTÁNDAR	C. VARIACIÓN
	139,03	4,27	0,03

Fuente: Autores

Estación Disfruta

A continuación se presenta en las Figuras 3.19 y 3.20, los resultados de potencia y cadencia respectivamente en un rango de edades entre 26 y 40 años, tomando en cuenta las características de la persona, ilustradas en la Tabla 3.3.

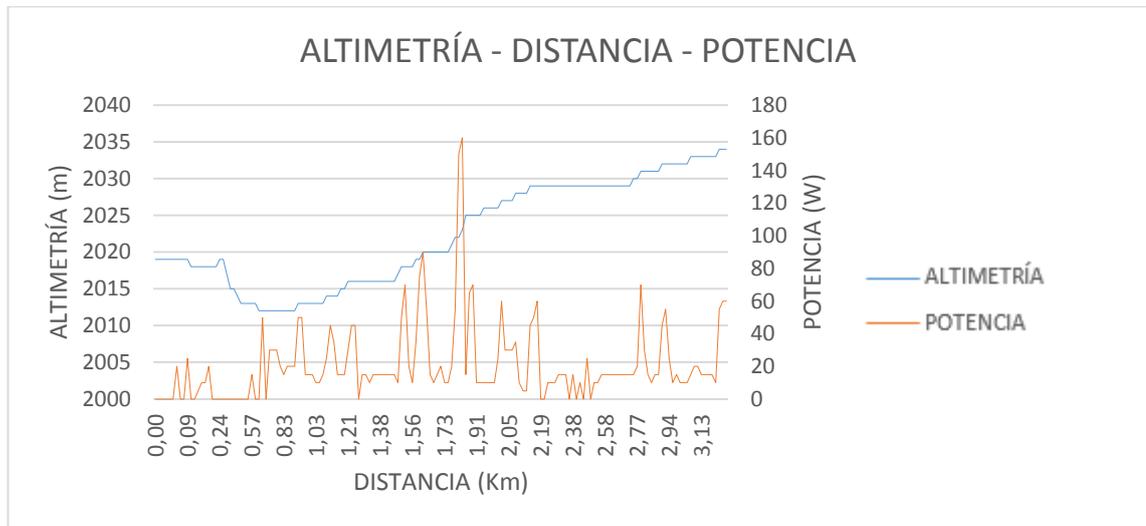


Figura 3.19 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Disfruta de la persona de 38 años

Fuente: Autores

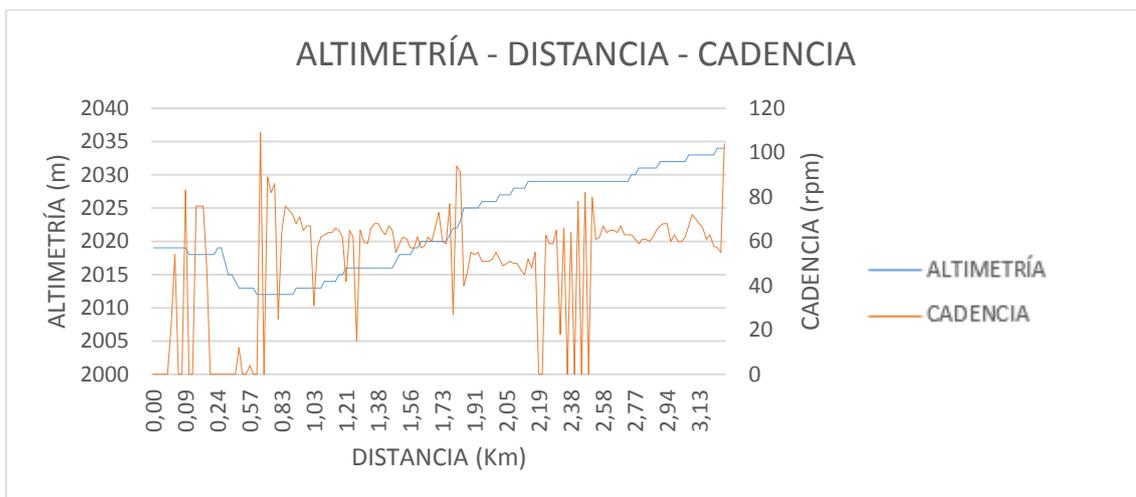


Figura 3.20 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Disfruta de la persona de 38 años

Fuente: Autores

Esta estación tiene una mayor longitud y en la cual el aporte de la asistencia es fundamental para el estado físico del ciclista, se obtiene los valores promedio ilustrados en la Tabla 3.12.

Estación Interactúa

En las Figuras 3.21 y 3.22 se muestra las gráficas tanto de potencia y cadencia en el trayecto correspondiente.

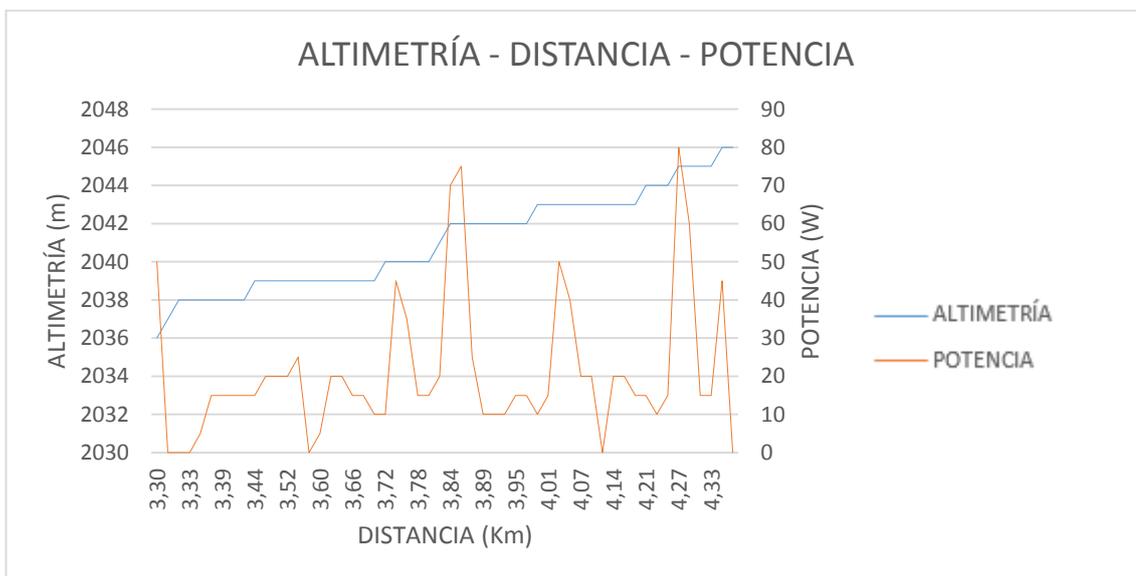


Figura 3.21 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Interactúa de la persona de 38 años

Fuente: Autores

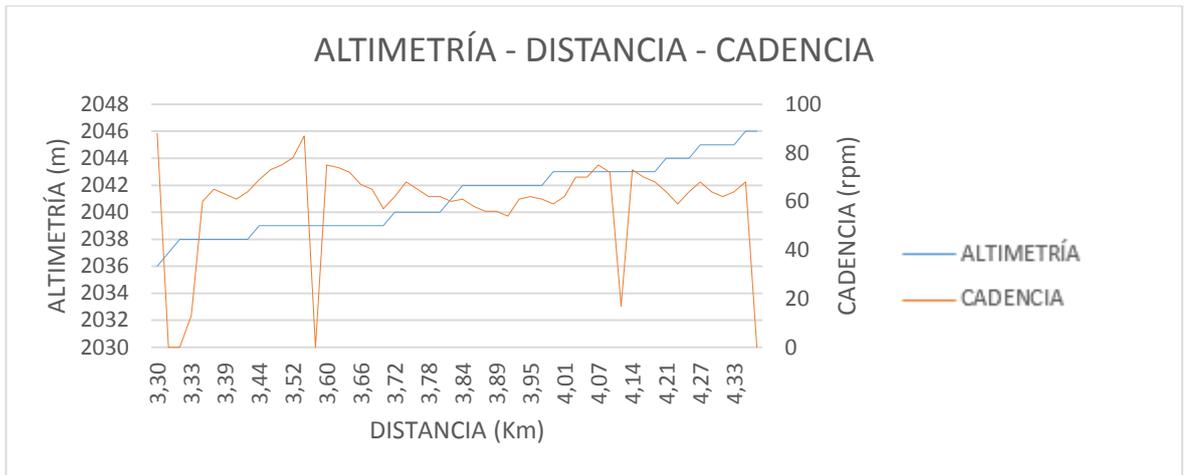


Figura 3.22 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Interactúa de la persona de 38 años

Fuente: Autores

En dicha estación, los valores de potencia como de cadencia tienden a elevarse, debido a la topografía de la estación, al igual que su corto trayecto, obteniendo valores promedios indicados en la Tabla 3.13.

A continuación se presenta en las Figuras 3.23 hasta 3.28, el comportamiento tanto de la potencia como de la cadencia en las demás estaciones de la ruta recreativa.

Estación Siente

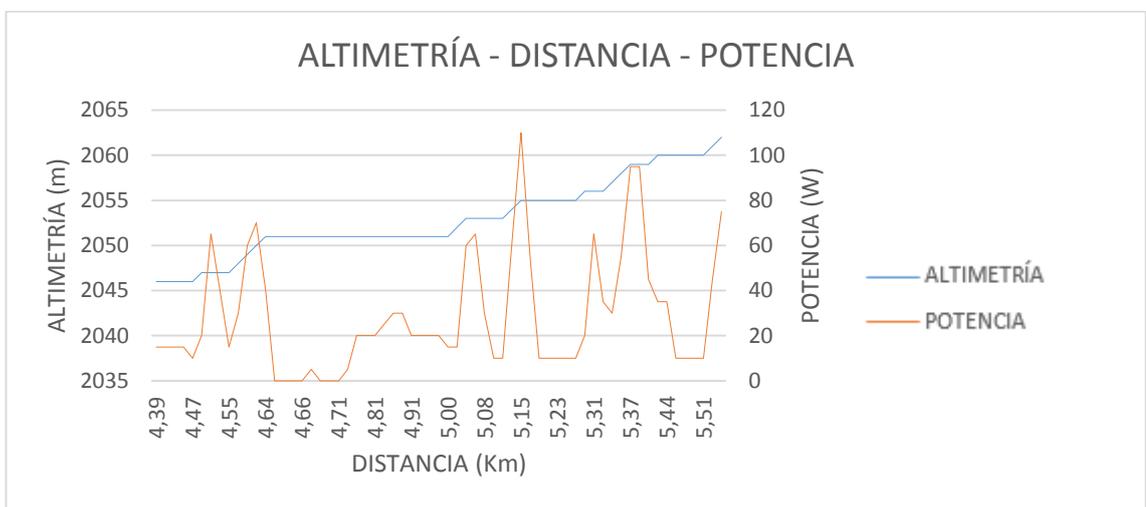


Figura 3.23 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Siente de la persona de 38 años

Fuente: Autores

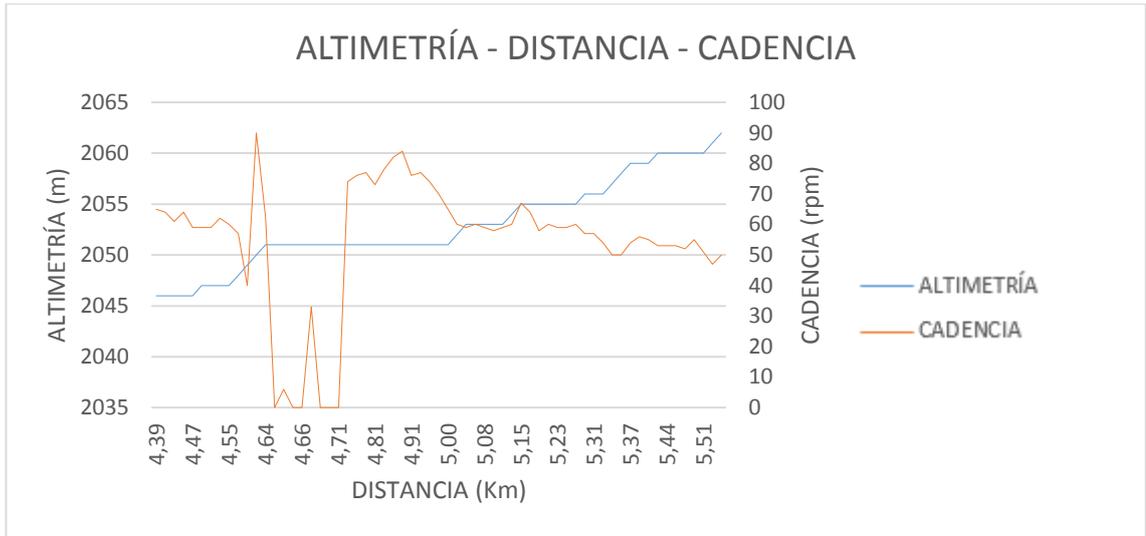


Figura 3.24 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Siente de la persona de 38 años

Fuente: Autores

De la misma forma que en la estación anterior los valores promedio de potencia y cadencia se mantienen en un intervalo, con un cambio mínimo en la cadencia, debido a que su trayecto es mayor con 80 metros, ilustrado esto en la Tabla 3.14.

Estación Experimenta

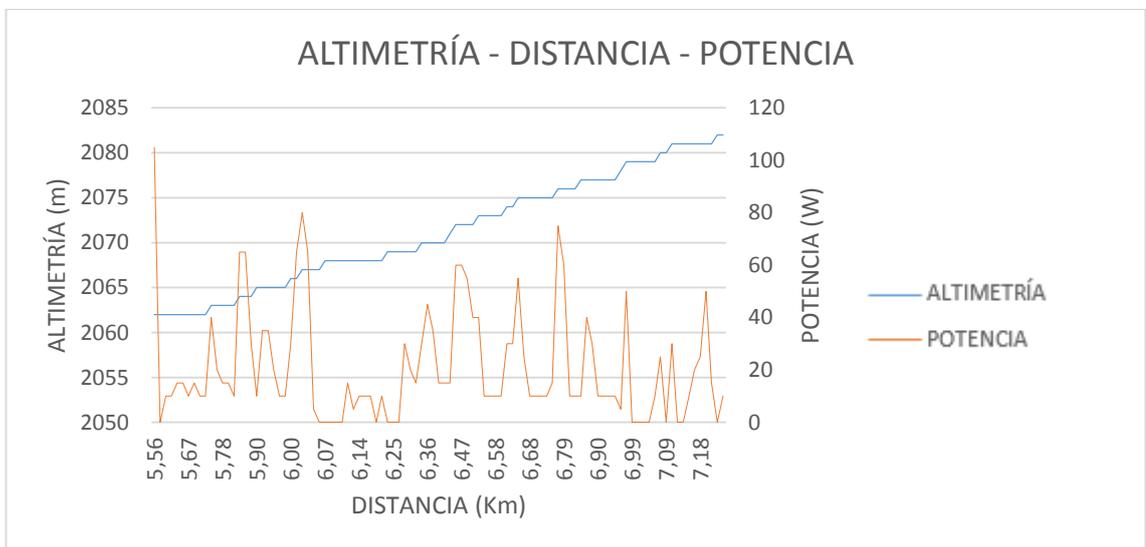


Figura 3.25 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Experimenta de la persona de 38 años

Fuente: Autores

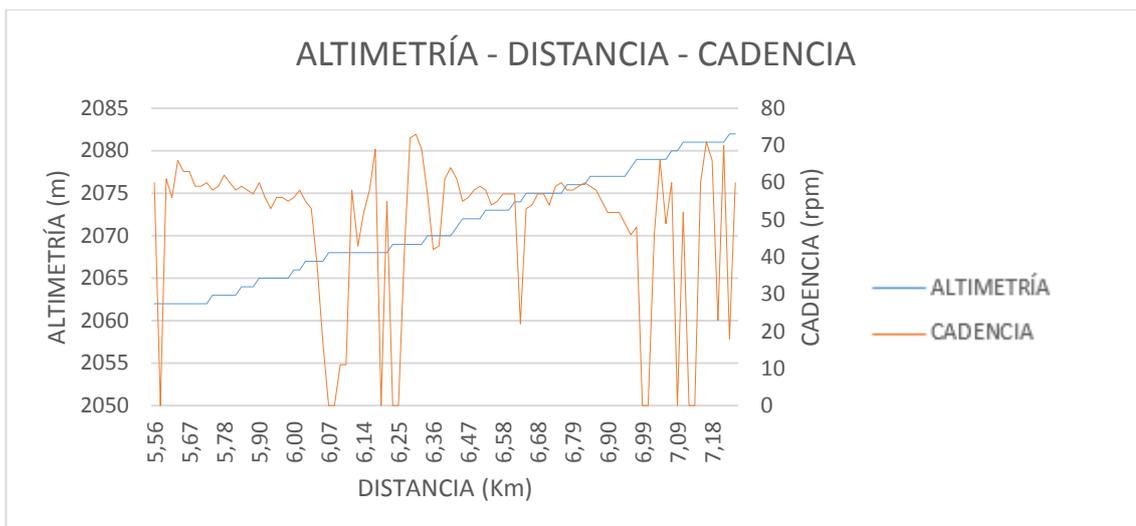


Figura 3.26 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Experimenta de la persona de 38 años

Fuente: Autores

La tendencia se mantiene con los valores promedios indicados en la Tabla 3.15, esto debido a la altimetría que varía alrededor de 15 metros en una distancia de 1,71 km, recordando además que para ciertos tramos el uso de la asistencia resulta de importante valía.

Estación Descubre

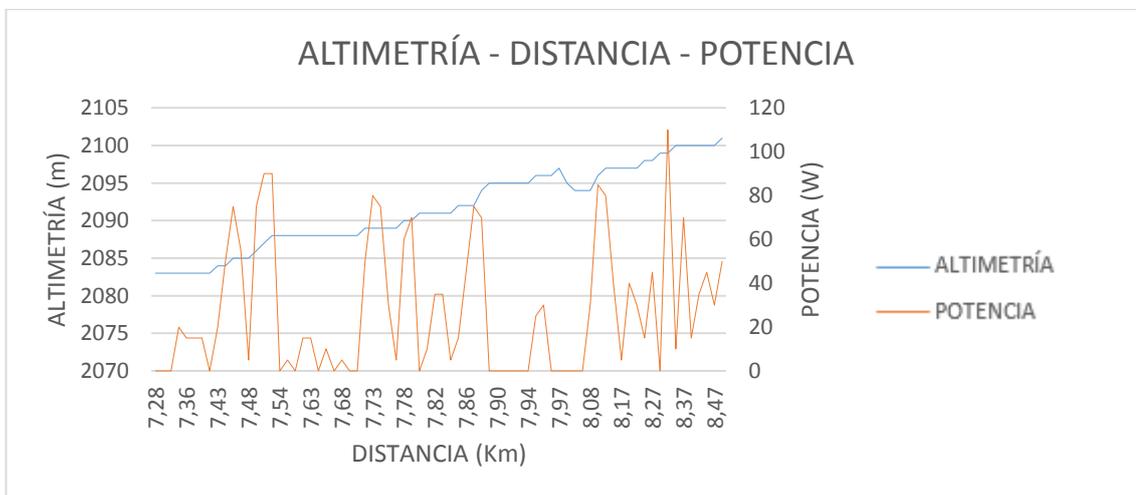


Figura 3.27 Altimetría - Distancia – Potencia, en la estación Descubre de la persona de 38 años

Fuente: Autores

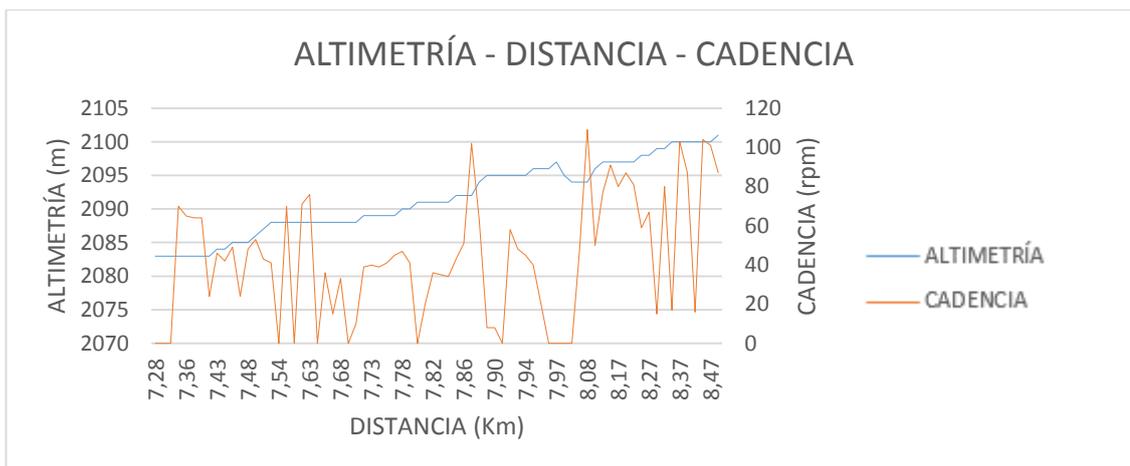


Figura 3.28 Altimetría – Distancia – Cadencia, en la estación Descubre de la persona de 38 años

Fuente: Autores

Los valores promedios en esta estación, nos indica que es el trayecto con más consideraciones a tomar en cuenta, ya que con una corta distancia nos entrega el valor más alto en potencia, así como el mínimo valor en cadencia en todo el trayecto, dichos valores se dan debido a su alta altimetría y además el uso más constante de la asistencia.

- **Frecuencia Cardíaca**

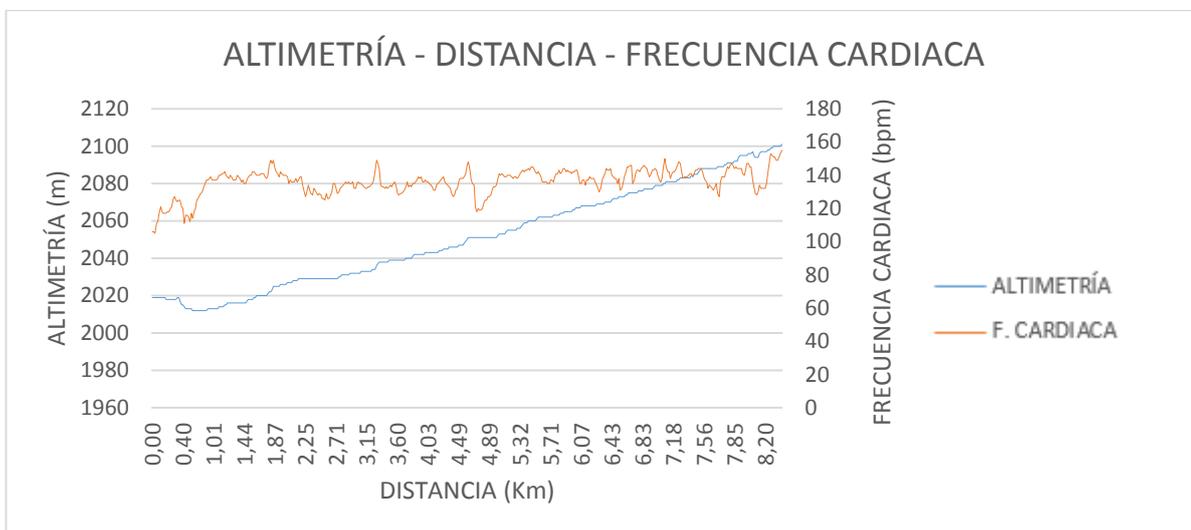


Figura 3.29 Altimetría – Distancia – Frecuencia cardíaca, en el trayecto de vuelta de la persona de 38 años

Fuente: Autores

3.4. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES

Para el trayecto de ida, hay que tener en consideración que en la mayoría de su recorrido posee pendiente negativa, dando como resultado que el rango de edad de 15 a 25 años cuenta con un 59,95% más potencia, 31,74% más cadencia y un 8,66% más frecuencia cardiaca que el rango de edad de 26 a 40 años, tomando en cuenta que el uso de la asistencia es nulo, analizando dichos valores se puede establecer que repercuten en el tiempo que llevaría trasladarse en dicho trayecto.

Al igual que el trayecto de ida, la condición de las variables independientes (potencia y frecuencia cardiaca) en el trayecto de vuelta aumenta en el rango de 15 a 25 años con respecto al rango de 26 a 40 años, dando como resultado para la variable potencia: en la estación disfruta existe un incremento del 24,43%, en la estación interactúa el 40,15%, en la estación siente el 17,73%, en la estación experimenta un 33,76% y en la estación descubre un 17,07%, mientras que la variable frecuencia cardiaca tiene un aumento de 18,18% en todo el trayecto de vuelta.

La variable cadencia se comporta diferente en tres estaciones que la variable potencia y frecuencia cardiaca, esto es: en la estación interactúa 0,12%, en la estación experimenta un 7,83% y en la estación descubre un 20,32% más en el rango de 26 a 40 años que el rango de 15 a 25 años que si es mayor en las estaciones disfruta y siente con un 6,35% y un 0,35% respectivamente.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS MEDIANTE TABULACIÓN DE DATOS DE LA COMPARATIVA DEL GASTO ENERGÉTICO ENTRE UNA BICICLETA CONVENCIONAL Y UNA HÍBRIDA

En base a la ruta establecida en el Capítulo II, así como los resultados obtenidos en el Capítulo III se procede a la comparativa del gasto energético mediante tabulación de datos entre una bicicleta convencional y una híbrida en los dos rangos de edades preestablecidos, de la misma manera la comparación de la energía cinética producida por los dos medios de transporte.

4.1. COMPARACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO DE UNA BICICLETA CONVENCIONAL Y UNA HÍBRIDA

La bicicleta convencional, posee diferentes características que la bicicleta híbrida detalladas en el Capítulo II, destacando significativamente el peso y la asistencia en la bicicleta híbrida como factores fundamentales para el cambio del comportamiento de las variables independientes: potencia, cadencia y frecuencia cardiaca

Posterior se realiza en los trayectos tanto de ida como de vuelta en la ruta recreativa la comparativa de las tres variables independientes de una persona de 25 años de edad, en la Tabla 4.1 se presenta las características de la persona.

EDAD	25 años
PESO	78 kg
ALTURA	1,78 m

Fuente: Autores

4.1.1. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES TRAYECTO DE IDA

A continuación se presenta en la Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 la comparativa de las variables independientes: potencia, cadencia y frecuencia cardiaca respectivamente en el trayecto de ida, la línea de color azul representa la altimetría, la línea de color naranja la potencia, cadencia y frecuencia cardiaca generada con la bicicleta híbrida y la línea de color verde la potencia, cadencia y frecuencia cardiaca generada con la bicicleta convencional, los resultados se ilustran en la Tabla 4.2.

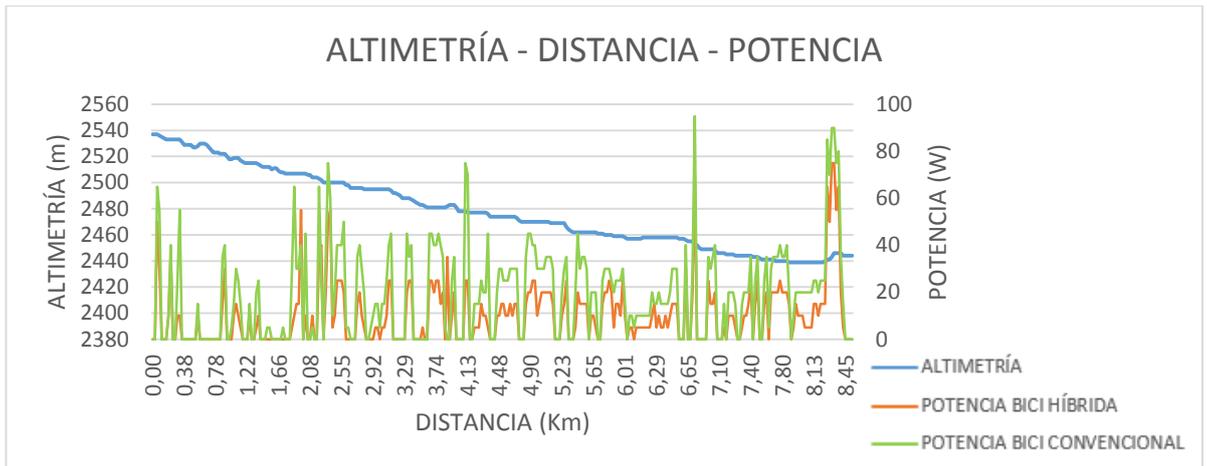


Figura 4.1 Comparativa de Potencia, en el trayecto de ida

Fuente: Autores

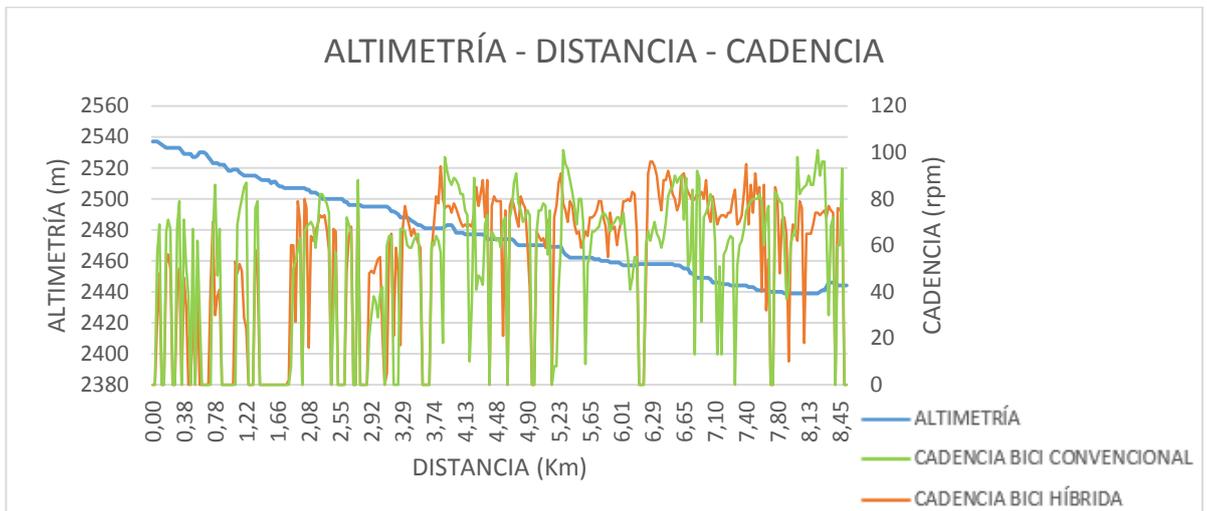


Figura 4.2 Comparativa de Cadencia, en el trayecto de ida

Fuente: Autores

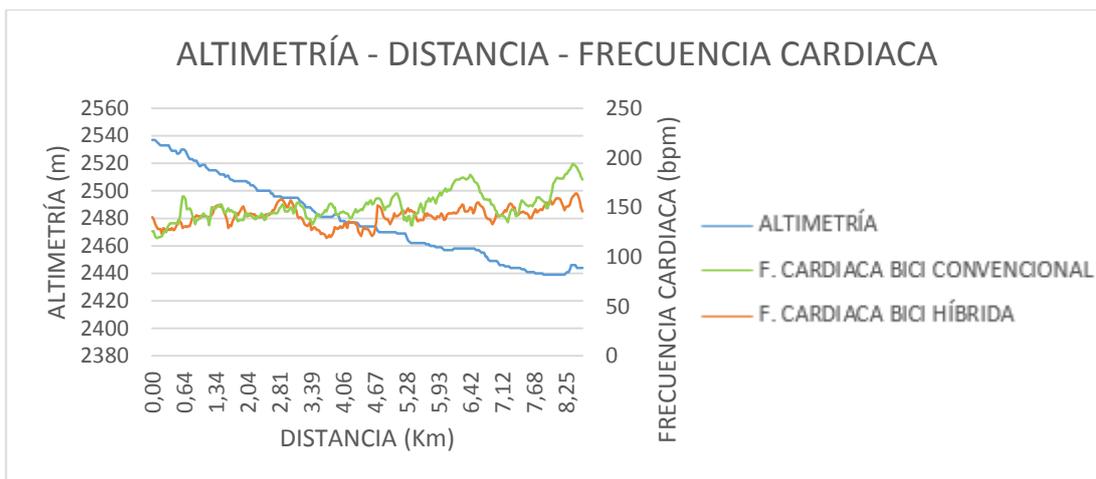


Figura 4.3 Comparativa de Frecuencia Cardíaca, en el trayecto de ida

Fuente: Autores

Tabla 4.2 Resultados de comparativa de variables en el trayecto de ida

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	32,42 W
	Cadencia	67,27 rpm
	Frecuencia Cardíaca	141,22 bpm
Convencional	Potencia	36,72 W
	Cadencia	70,78 rpm
	Frecuencia Cardíaca	151,49 bpm

Fuente: Autores

A continuación se ilustra la tabulación de datos del trayecto de ida de las tres variables: potencia, cadencia y frecuencia cardíaca en las Figura 4.4.

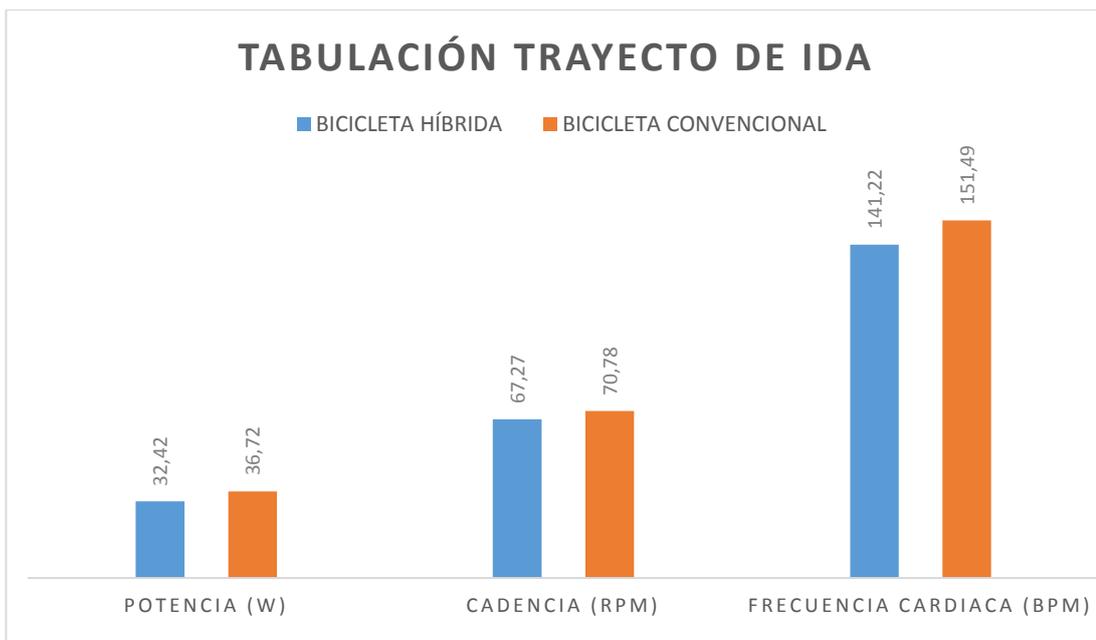


Figura 4.4 Tabulación trayecto de ida

Fuente: Autores

Un factor de comparación para la variable potencia, se puede determinar por medio de la ecuación de energía cinética mostrada en (1), expresado en calorías (2), ya que mediante el gasto energético producido al trasladarse de un lugar a otro con diferente masa, al igual que con una velocidad promedio se llega a obtener la potencia conforme al esfuerzo de las personas.

$$E_C = \frac{1}{2} * mT * v^2 \quad (1)$$

$$1 \text{ Joule} = 0,2388 \text{ cal} \quad (2)$$

Energía cinética en el trayecto de ida

Tabla 4.3 Resultados de la energía cinética en el trayecto de ida

BICICLETA	CALORIAS (cal)	INCREMENTO (%)
Híbrida	1499,33	20,9 en la bicicleta convencional
Convencional	1893,78	

Fuente: Autores

4.1.2. COMPARATIVA DE VARIABLES INDEPENDIENTES TRAYECTO DE VUELTA

Para el trayecto de vuelta, se realiza las comparativas en cada estación de la ruta recreativa, con el objetivo de analizar el comportamiento de las variables independientes con el uso de la asistencia en distintos tramos, en la Tabla 4.1 se aprecia las características de la persona.

A continuación se ilustra en las Figuras 4.5 hasta 4.16, la comparativa de potencia y cadencia en todas las estaciones, al igual que en las tablas 4.4 hasta 4.8 se indica los resultados promedio de dichas variables.

- **Estación Disfruta**

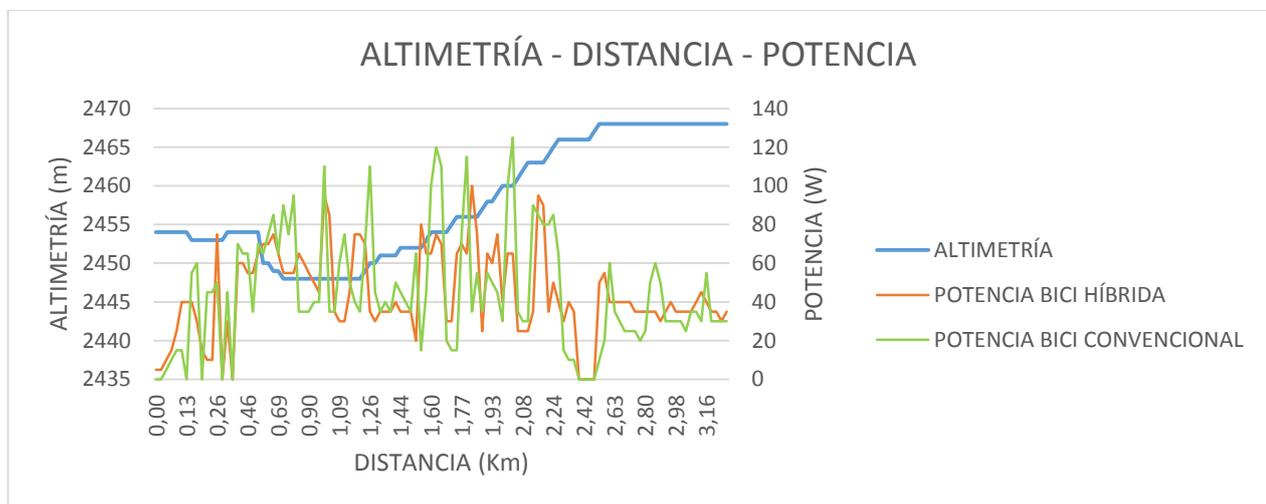


Figura 4.5 Comparativa de Potencia, en la estación Disfruta

Fuente: Autores

Se puede observar que la tendencia se repite en los dos medios de transporte, con valores mayores en el uso de la bicicleta convencional para puntos en específico, por lo la asistencia de la bicicleta híbrida brinda prestaciones en la reducción de consumo energético del usuario.

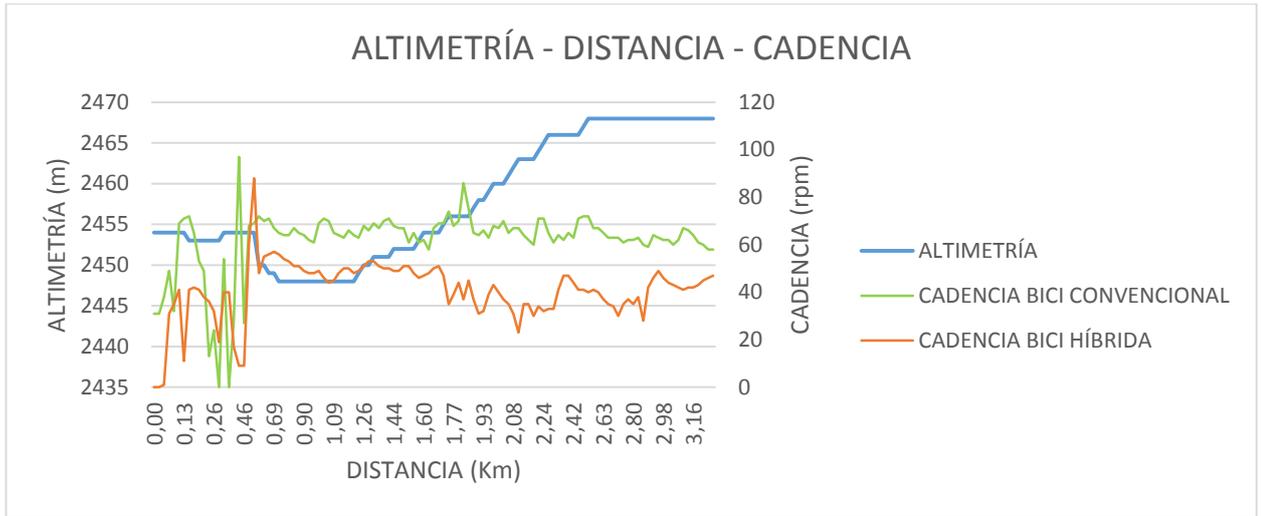


Figura 4.6 Comparativa de Cadencia, en la estación Disfruta

Fuente: Autores

Al tener la estación más larga del recorrido, esto conlleva mayor cadencia del usuario que utiliza la bicicleta convencional, debido a que el uso de la asistencia brindada por la bicicleta híbrida disminuye la necesidad de pedaleo en especial para zonas con mayor elevación, a continuación se ilustra en la Tabla 4.4 los resultados de comparación.

Tabla 4.4 Resultados de la comparativa de variables en la estación Disfruta

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	46,3 W
	Cadencia	41,2 rpm
Convencional	Potencia	49,4 W
	Cadencia	61,4 rpm

Fuente: Autores

- **Estación Interactúa**

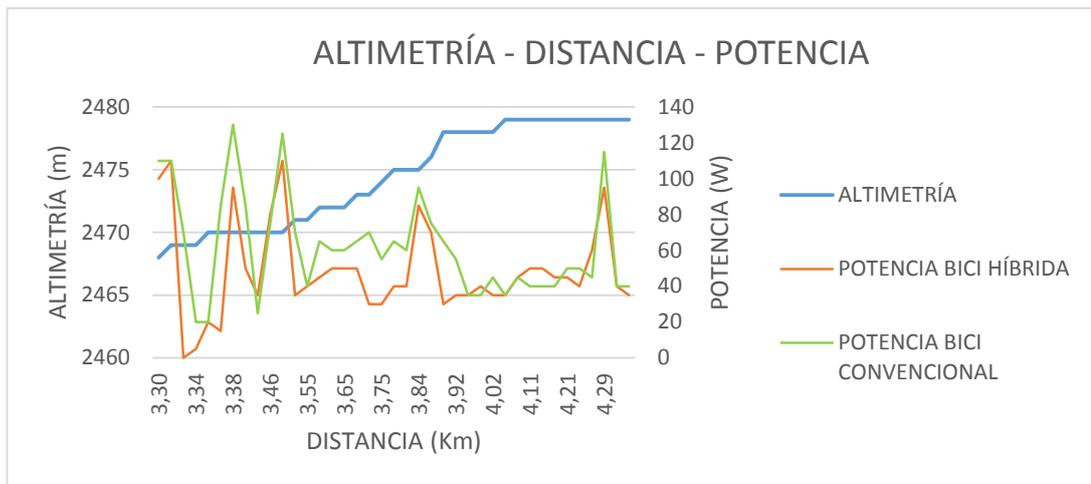


Figura 4.7 Comparativa de Potencia, en la estación Interactúa

Fuente: Autores

Al tener una estación con una distancia de 1007 metros con una diferencia en altimetría de alrededor de 12 metros, la potencia utilizada para dos medios no genera cambios relevantes en toda la prueba.

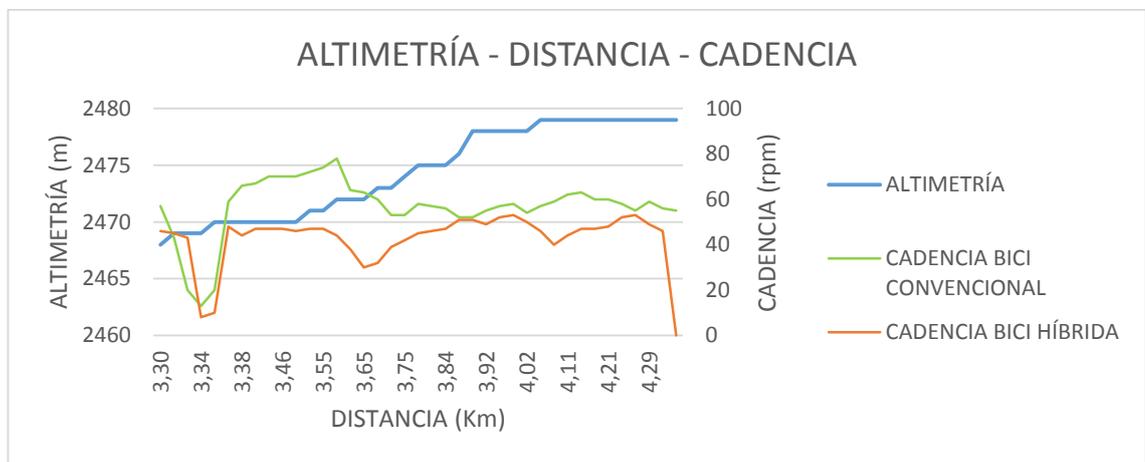


Figura 4.8 Comparativa de Cadencia, en la estación Interactúa

Fuente: Autores

Al tener una estación con un leve cambio en su altimetría la cadencia utilizada se mantiene, si bien es cierto un aumento en el kilómetro 3,59 en el uso de la bicicleta convencional no genera mayor causa de análisis.

Tabla 4.5 Resultados de la comparativa de variables estación Interactúa

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	48,58 W
	Cadencia	45,41 rpm
Convencional	Potencia	60,12 W
	Cadencia	57,6 rpm

Fuente: Autores

- **Estación Siente**

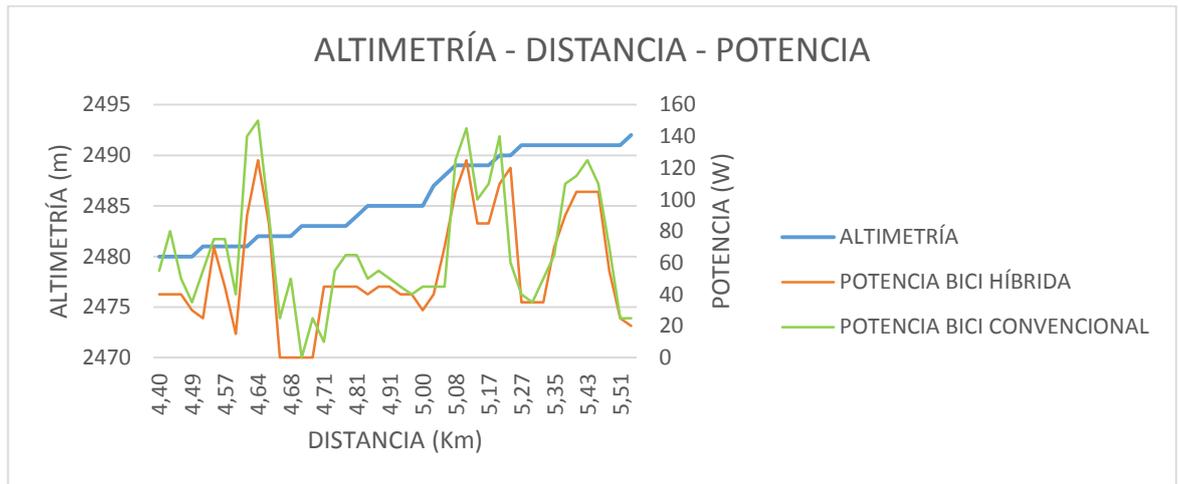


Figura 4.9 Comparativa de Potencia, en la estación Siente

Fuente: Autores

La potencia para la estación Siente se mantiene en los dos medios de transporte, debido a que no existe un aumento significativo en su altimetría, al igual que su distancia que es alrededor de 1010 metros.

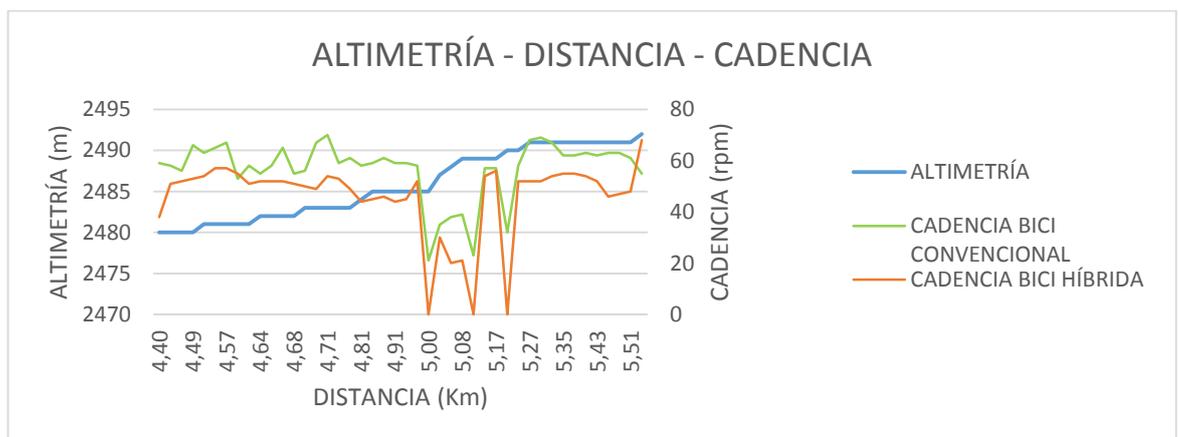


Figura 4.10 Comparativa de Cadencia, en la estación Siente

Fuente: Autores

Para valores de cadencia sucede de forma similar que la potencia, con valores que se mantienen entre 50 y 60 rpm, con un cambio en el kilómetro 5,00 hasta el kilómetro 5,20 debido a un inconveniente en el recorrido de la prueba.

Tabla 4.6 Resultados de la comparativa de variables estación Siente

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	65,46 W
	Cadencia	51,21 rpm
Convencional	Potencia	71,87 W
	Cadencia	68,43 rpm

Fuente: Autores

- **Estación Experimenta**

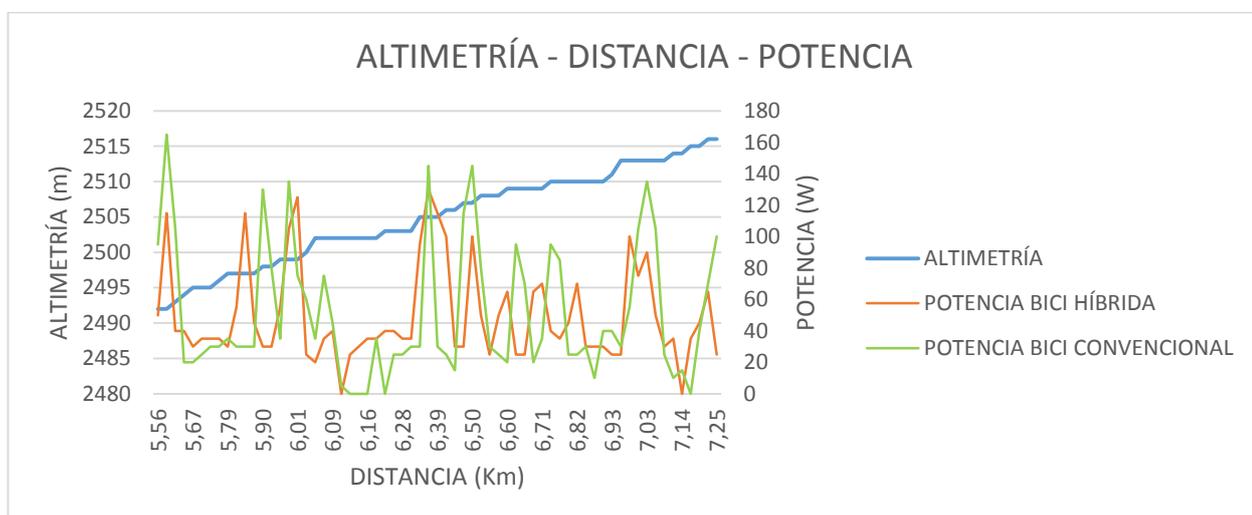


Figura 4.11 Comparativa de Potencia, en la estación Experimenta

Fuente: Autores

Con una distancia de alrededor de 1750 metros y un aumento en la altimetría de 23 metros, se puede apreciar que el consumo energético con el uso de la bicicleta convencional es mayor, por lo que la eficiencia con la bicicleta híbrida aumenta en especial para zonas altas.

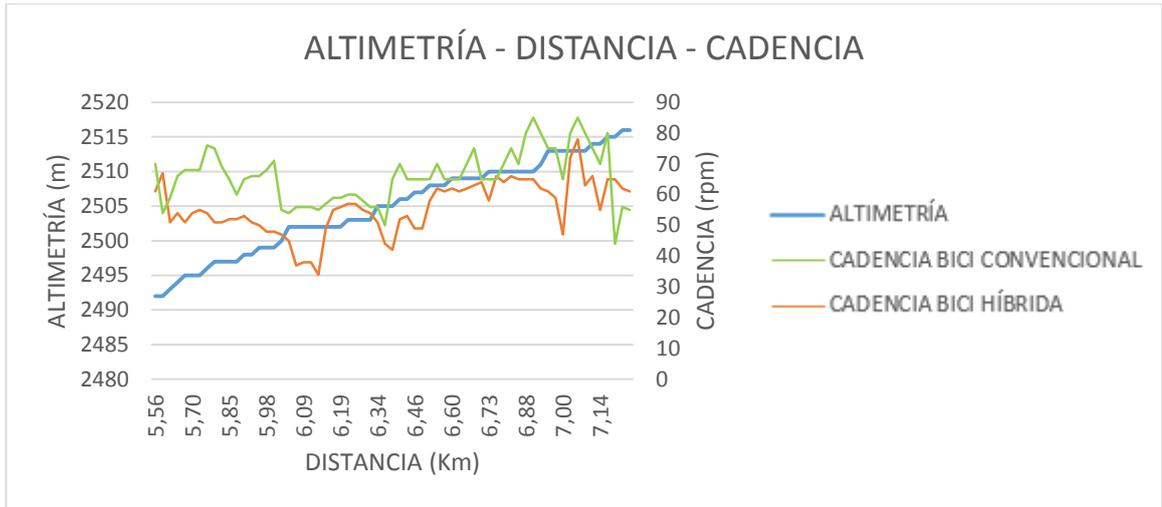


Figura 4.12 Comparativa de Cadencia, en la estación Experimenta

Fuente: Autores

Para esta estación la cadencia con el uso de la bicicleta convencional aumenta alrededor de 10 rpm para todo el trayecto, reflejando esto en cansancio para el usuario al momento de comparar con la cadencia necesaria para la bicicleta híbrida.

Tabla 4.7 Resultados de la comparativa de variables estación Experimenta

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	51,61 W
	Cadencia	56,16 rpm
Convencional	Potencia	56,27 W
	Cadencia	65,14 rpm

Fuente: Autores

- **Estación Descubre**

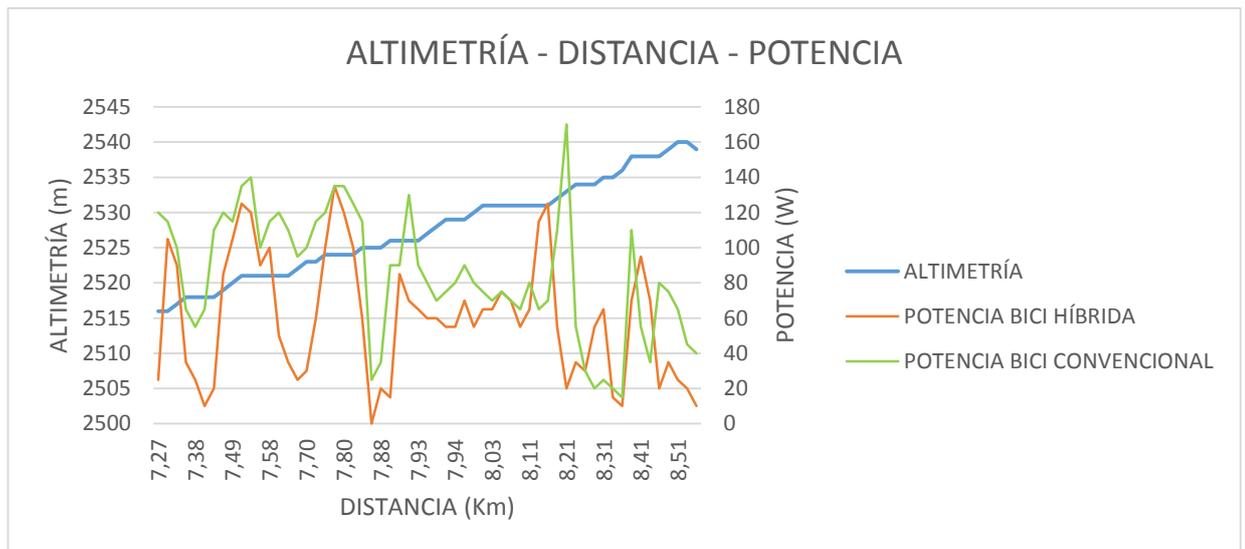


Figura 4.13 Comparativa de Potencia, en la estación Descubre

Fuente: Autores

Al igual que el resto de estaciones, la potencia generada es mayor para la bicicleta convencional esto debido a la asistencia que brinda la bicicleta híbrida con un valor promedio para dicha estación de 80W.

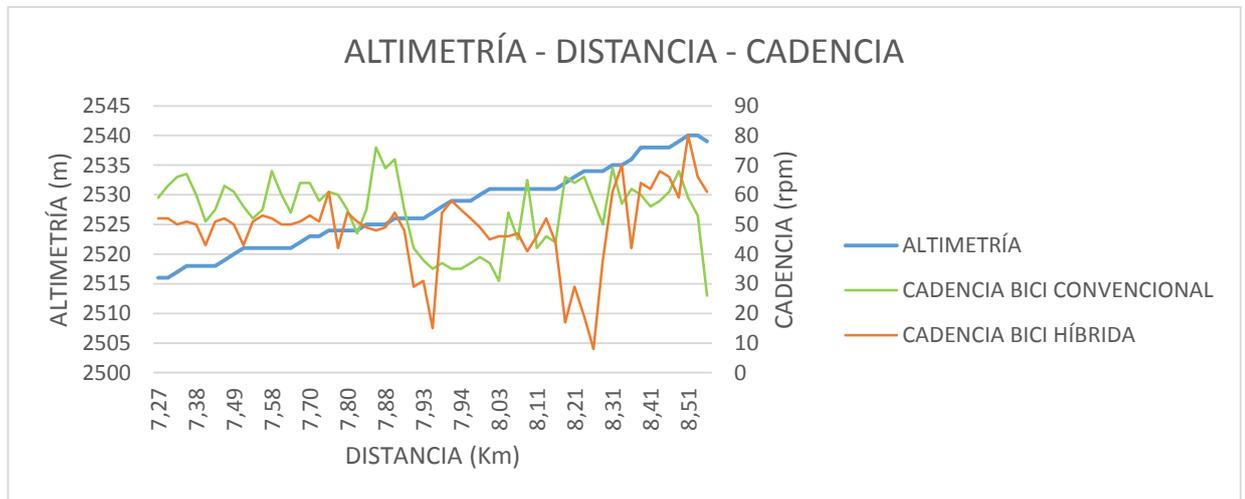


Figura 4.14 Comparativa de Cadencia, en la estación Descubre

Fuente: Autores

La cadencia para la estación Descubre con 1200 metros y un cambio en su altimetría de 15 metros se mantiene similar para los dos medios de movilidad con un valor promedio de 60 rpm ya que el mismo oscila entre 40 y 80 rpm para todo el recorrido.

Tabla 4.8 Resultados de la comparativa de variables estación Descubre

BICICLETA	VARIABLE	VALOR PROMEDIO
Híbrida	Potencia	61,22 W
	Cadencia	52,23 rpm
Convencional	Potencia	78,32 W
	Cadencia	58,67 rpm

Fuente: Autores

Tabla 4.9 Valores promedio de comparativas del trayecto de vuelta de la ruta recreativa

BICICLETA	ESTACIÓN	POTENCIA (W)	CADENCIA (rpm)
Híbrida	Disfruta	46,3	41,22
	Interactúa	48,58	45,41
	Siente	65,46	51,21
	Experimenta	51,61	56,16
	Descubre	61,22	52,23
	PROMEDIO		54,63
BICICLETA	ESTACIÓN	POTENCIA (W)	CADENCIA (rpm)
Convencional	Disfruta	49,4	61,4
	Interactúa	60,12	57,6
	Siente	71,87	68,43
	Experimenta	56,27	65,14
	Descubre	78,32	58,67
	PROMEDIO		63,19

Fuente: Autores

- **Frecuencia Cardiaca**

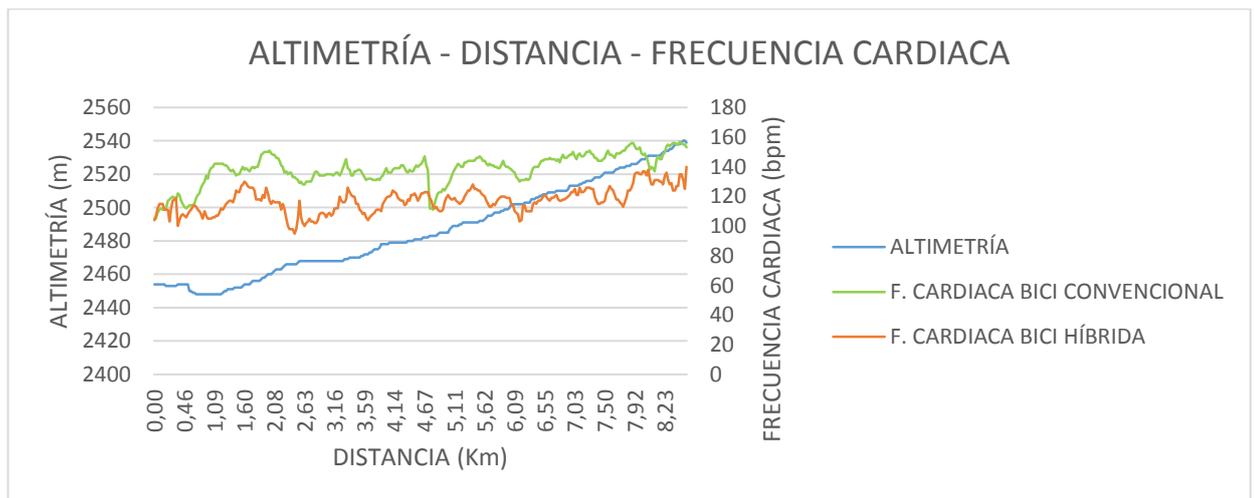


Figura 4.15 Comparativa de Frecuencia Cardiaca, en todo el trayecto de vuelta

Fuente: Autores

Al igual que análisis anteriores la Frecuencia Cardiaca se mantiene similar para todo el trayecto con leves cambios, con un valor promedio en los dos medios de transporte de 125 bpm.

Tabla 4.10 Resultados de la comparativa de frecuencia cardiaca en el trayecto de vuelta

VARIABLE	BICICLETA	VALOR PROMEDIO
Frecuencia cardiaca	Híbrida	117,04
	Convencional	138,17

Fuente: Autores

A continuación se ilustra en la Figura 4.16, la tabulación de datos en el trayecto de vuelta de las variables: potencia, cadencia y frecuencia cardiaca.

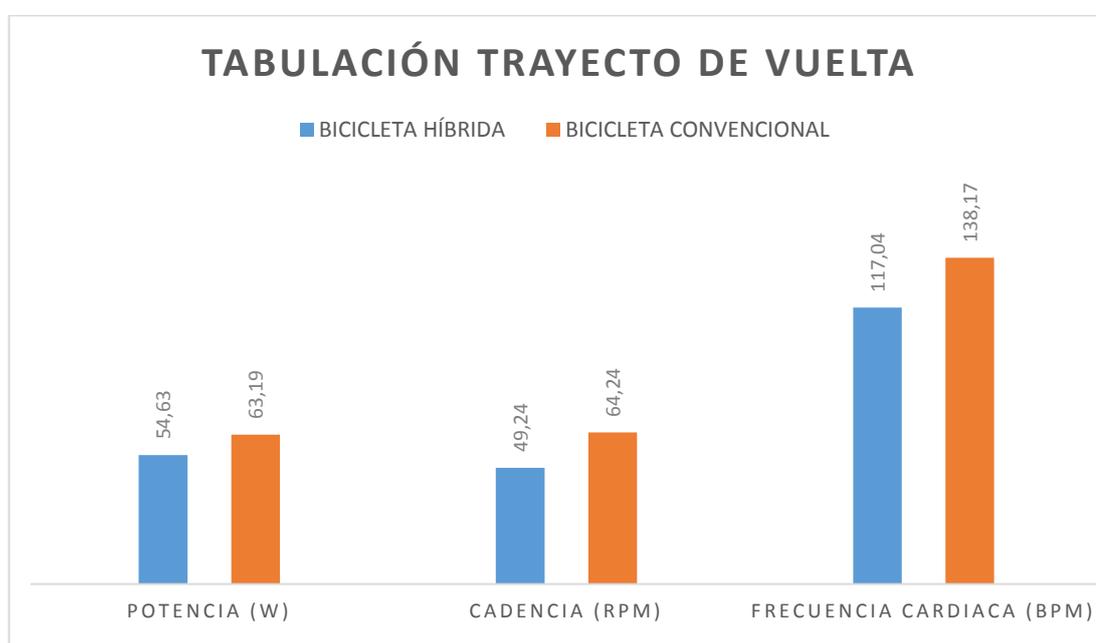


Figura 4.16 Tabulación trayecto de vuelta

Fuente: Autores

Energía cinética en el trayecto de vuelta

Tabla 4.11 Resultados de la energía cinética en el trayecto de vuelta

BICICLETA	CALORIAS (cal)	INCREMENTO (%)
Híbrida	1506,41	2,8 en la bicicleta híbrida
Convencional	1464,31	

Fuente: Autores

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, se compara valores promedio de las variables independientes para los dos medios de transporte (híbrido y convencional), además de la energía cinética representada en calorías.

Al tomar en cuenta el trayecto de ida se aprecia un aumento del 11,8%, 5% y 6.8% de potencia, cadencia y frecuencia cardíaca respectivamente, de la bicicleta convencional con respecto a la bicicleta híbrida, esto se da debido a la topografía con pendiente negativa de dicho lugar, sumado a esto el peso de esta última con casi cincuenta libras más, lo que genera mayor gravedad y por ende menos esfuerzo físico para el usuario, afectando incluso a la energía cinética ya que la bicicleta convencional demanda de 393 calorías (20.9%) más que la bicicleta híbrida.

De forma semejante se obtiene los resultados para el trayecto de vuelta, con respecto a las variables independientes, con incrementos del 13,6% en la potencia, 23,4% en la cadencia y un 15,3 % en la frecuencia cardíaca, estos valores dan muestra de mayor desgaste energético presente en este recorrido, así como mayor pedaleo indicado en la cadencia, además de la importancia de la bicicleta híbrida para realizar esta actividad ciclística, con menor desgaste y mayor comodidad reflejada en la asistencia brindada por la misma para pendientes positivas.

Lo que sucede con la energía cinética, donde existe un incremento de 42 calorías (2,8%) en la bicicleta híbrida, se da por el peso de la misma, que repercute al momento del pedaleo, sobre todo por la topografía antes señalada.

CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo del marco teórico y estado del arte se pudo conocer todos los fundamentos necesarios para la propuesta de movilidad alternativa mediante parámetros e instrumentación, además teniendo en cuenta las distintas experiencias de movilidad alternativa en otros países.
- A partir de la información obtenida de la ruta establecida, mediante el uso de la instrumentación, se pudo determinar los diferentes recorridos realizados a personas de diferentes edades a su vez se logró desarrollar una asignación de viajes y establecer un total de 25 recorridos que consistió en cubrir en totalidad la ruta recreativa tanto en sentido Norte - Sur y viceversa.
- Para los diferentes recorridos se realizó una conducción normal de la bicicleta híbrida por la ruta establecida, mostrando así el comportamiento real de manejo de parte de los usuarios al momento de enfrentar al innovador medio de transporte.
- Mediante un dispositivo GPS, se recopiló diferentes parámetros como potencia, cadencia, frecuencia cardíaca y velocidad, estableciendo una tabla general de resultados, la cual da como consecuencia que se realizó un total de 437,5 *km* en 25 horas de manejo.
- El estudio del comportamiento de las variables resulta de mucha valía, ya que al tener variables fijas (distancia y altimetría) comparadas con variables cambiantes (potencia, cadencia y frecuencia cardíaca) a lo largo del recorrido dan muestra clara de lo que está sucediendo y así considerar la importancia del uso de la bicicleta híbrida como un medio de movilidad alternativo, tomando en cuenta que el peso así como la topografía del lugar donde se realiza la actividad son factores predominantes.
- Debido a la topografía del lugar, el trayecto de ida se lo puede realizar sin el uso de la asistencia brindada por la bicicleta híbrida, de igual forma al comparar los valores promedios con valores nominales, el peso tanto de la persona así como del equipo influye para un comportamiento cambiante en especial con la potencia generada, ya que a mayor peso se genera mayor consumo energético.

- El trayecto de vuelta se lo debe tener más consideración, ya que el consumo tanto de energía como de revoluciones, indicadas en potencia y cadencia aumenta el 9,5% y 6% respectivamente, generando mayor desgaste en el usuario por lo que el uso de la asistencia híbrida disminuye dicho problema en especial en tramos con pendiente positiva así como el tiempo de traslado.
- El uso de la bicicleta híbrida genera ventajas considerables con respecto a la bicicleta convencional, tomando en cuenta que la potencia así como la cadencia se ven disminuidas en la misma distancia recorrida al momento de la comparación entre estos dos medios de transporte, por lo que el consumo energético disminuye el 2,8 %.
- Además, este proyecto está facultado para todos los usuarios, adecuado para trasladarse utilizando la bicicleta híbrida en puntos específicos de la ciudad donde existan ciclovías, por lo que es considerable para una propuesta de movilidad alternativa para la ciudad de Cuenca.

RECOMENDACIONES

- Al momento de utilizar un medio de transporte a través de una bicicleta, se debe tener en consideración las características de la misma con respecto al usuario: longitud del cuadro, tipo de suspensión y transmisión para diferentes espacios. Además periódicamente realizar un mantenimiento tanto preventivo como correctivo, para el adecuado funcionamiento.
- Para evitar accidentes y consecuencias que puedan ocasionar los mismos, se debe tener en cuenta el equipo adecuado para realizar la actividad ciclística, en todas las condiciones que en esta se presentan ya sea en el día o en la noche, salvaguardando siempre la integridad del mismo con el uso de: casco, indumentaria con características reflectivas y linterna.
- En el estudio realizado, para obtener mayor eficiencia en el uso de la bicicleta híbrida, se puede establecer la disminución de peso en la batería, motor eléctrico y el cuadro de la misma, debido a que existe mayor consumo energético en el usuario al trasladarse en especial en tramos con pendientes positivas.
- Mediante los resultados obtenidos, se pudo constatar que la pérdida de datos fue considerable, en especial para tramos con mayor atención por lo que el uso de un potenciómetro en el pedal eliminaría dicho problema, ya que el mismo nos entrega mayor certeza al momento de la obtención de datos.
- Un aspecto importante es el factor climático, ya que el mismo determina la condición de la calzada en épocas de lluvia, aproximadamente en un 60 % de la ruta recreativa, provocando factores no favorables e inseguros al momento de realizar la movilidad, además de un incremento considerable en el gasto energético del usuario, quedando de forma inservible dicho trayecto.
- Este estudio se recomienda realizar en el centro histórico de la ciudad, debido a que en ciertas horas presenta un flujo masivo de vehículos, por lo tanto existe dificultad de traslado de usuarios en este punto en tiempos de llegada, ya que en este punto hay mayor afluencia de personas que realizan diferentes actividades a diario, además su topografía es adecuada para movilidad mediante la bicicleta híbrida.

BIBLIOGRAFÍA

- Abagnale, C., & Iodice, P. (2015). *Dynamic Model for the Performance and Enviromental Analysis of an Innovtive e-bike*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/290034311_A_Dynamic_Model_for_the_Performance_and_Environmental_Analysis_of_an_Innovative_e-bike
- Acosta García, R., & Cholula Lozano, B. (2009). *Plan de negocios para ensamble y comercialización de una bicicleta eléctrica autosustentable ecocleta*. México.
- ADNCICLISTA. (2017). Obtenido de Entrenamiento por cadencia: <https://www.adnciclista.com/>
- Aguado, E. (22 de Julio de 2008). *alavolantes.es*. Obtenido de <http://www.alavolantes.es/tecnica/15-material/39-carga-baterias-nicd-nimh.html>
- Ahingo Sostenible*. (Enero de 2018). Obtenido de Ahingo sostenible: <http://www.ahingo-sostenible.com/index.php/es/movilidad-electrica.html>
- Aichinger, W., & Reinbacher, E. (10 de 07 de 2012). *Cycling Policy and Practice in Megacities Rio de Janeiro and Cairo*. Obtenido de Cycling Policy and Practice in Megacities Rio de Janeiro and Cairo: <http://www.ta.org.br>
- Ainbinder, R., & Sirkis, A. (2005). *Ciclovias Cariocas Rio de Janeiro*. Instituto Pereira 1 Edición.
- Alcantara Vascocellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana*. Bogotá.
- Aprender de los países vecinos. (2015). *Experiencias de ciudades de América Latina en la promoción de la bicicleta como modo de transporte cotidiano*, 50.
- BiciQuito*. (2012). Obtenido de BiciQuito: <http://www.biciquito.gob.ec/>
- Calvo Salazar, M. (2013). *Movilidad sostenible en nuestras ciudades*. Sevilla.
- Carvalho, M. L., & Freitas, C. M. (06 de 06 de 2012). *Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis*. Obtenido de Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600024&lng=pt&nrm=iso

CicloBlog. (02 de 2016). Recuperado el 19 de 11 de 2018, de <http://cicloblogger.blogspot.com/2016/02/que-tipo-de-ciclista-eres.html>

Conteo ciclista . (2013). *ITDP*.

Diario El Mercurio. (21 de Septiembre de 2016). 100.000 vehículos circulandiarriamente en la ciudad. Obtenido de <http://www.elmercurio.com.ec/448682-100-000-vehiculos-circulandiarriamente-en-la-ciudad/>

Eco inteligencia. (02 de 12 de 2009). Obtenido de Eco inteligencia: <https://www.ecointeligencia.com/2011/11/amsterdam-smartcity/>

El telégrafo. (02 de 09 de 2017). *Un proyecto busca convertir a la movilidad alternativa en un hecho cotidiano y masivo*.

GARMIN. (12 de 02 de 2016). Obtenido de <https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/gpsmap64/ES-XM/GUID-075511A0-202A-4CFE-BAB0-AD9EDE0024BA-homepage.html>

Gartor, M. (2015). El sistema de bicicletas públicas BiciQuito como alternativa de movilidad sustentable. *Letras Verdes*, 249-263.

Giorgi, L. (2003). La movilidad sostenible: dificultades, posibilidades y conflictos. *Revista Internacional De Ciencias Sociales*, 3.

Gómez, D. (12 de 08 de 2015). Así fue como Ámsterdam se hizo la ciudad de las bicicletas. *El Tiempo*.

Gurrea, M. (2017). Historia de la movilidad eléctrica.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). En *Análisis y diseño de experimentos* (págs. 10 -11). México: Mc Graw Hill.

Híbridos y eléctricos. (2013). Obtenido de La bicicleta eléctrica: <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/la-bicicleta-electrica/20130403132157005368.html>

- Magnet*. (16 de 02 de 2016). Obtenido de El paraíso de los ciclistas se llama Holanda: <https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/el-paraiso-de-los-ciclistas-se-llama-holanda-asi-lo-han-conseguido>
- Martínez Gaete, C. (2016). La estrategia de Ámsterdam en 2020 para enfrentar el crecimiento de viajes en bicicleta. *Plataforma urbana*.
- Medio Ambiente y Naturaleza*. (2016). Recuperado el 04 de 10 de 2018, de http://medioambienteynaturaleza.com/consideraciones-y-tipos-de-bicicletas-electricas/#Que_son_las_bicicletas_electricas
- Mendieta Armijos, K., & León Jaramillo, M. (2017). *Uso de la bicicleta como medio de movilidad sostenible en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Moller, R. (2003). *Movilidad de personas y desarrollo sostenible en Santiago de Cali, Colombia*. Cali.
- Mostafavi, M., & Doherte, G. (23 de 08 de 2011). *Ecological Urbanism*. Obtenido de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2427.2011.01080_5.x
- MovimientoBase*. (02 de 12 de 2015). Obtenido de <https://www.base.net/movimientobase/breve-historia-de-la-bicicleta/>
- Ordoñez Luna, S. (2016). *Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Peña Bernal, A. (2013). Como monitorear la frecuencia cardiaca en el ciclismo. *My bike*.
- Princethershouse Coopers. (2017). *The Long View will the global economic order change by 2050*.
- Rosario*. (2016). Obtenido de Rosario: <http://www.rosario.gov.ar/web/ciudad/caracteristicas/informacion-territorial-y-datos-demograficos>
- Rosario en bici*. (2016). Obtenido de Rosario en bici: www.rosarioenbici.com
- Salisa, A. R., Atiq, W. H., & Norbakyah, J. S. (2015). *Development of a KL river driving cycle for pherb powertrain*. Terengganu.

Schteingart, M., & Ibarra, V. (2016). *Desarrollo urbano-ambiental y movilidad en la ciudad de México*. México.

Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México. (s.f.).

SEDEMA CDMX. (2016). Obtenido de SEDEMA CDMX: <http://data.sedema.cdmx/>

Semana. (18 de 10 de 2016). *Por qué Quito es pionera en el préstamo de bicicletas eléctricas*.

Steer Davies Gleave. (2016). Obtenido de Steer Davies Gleave: <http://la.steerdaviesgleave.com/>

Todo Mountain Bike. (23 de 11 de 2015). Obtenido de Sigma Rox 10.0: www.todomountainbike.net

TODOMOUNTAINBIKE. (11 de 2016). Obtenido de Sigma Rox 10.0: www.todomountainbike.net

Vadebike. (11 de 08 de 2016). Obtenido de www.vadebike.org

Verma, P., López, J. S., & Pardo, C. F. (2015). *Bicycle Account*. Obtenido de Bicycle Account: <http://www.bicycleaccount.org>