

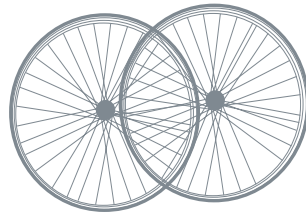
Coa colaboración:



BICICLETA ELÉCTRICA

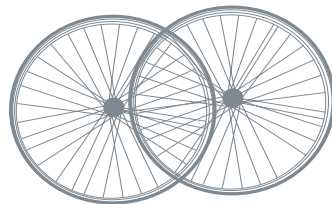
Un modo eficiente de
desprazarse pola cidade

INEGA



ÍNDICE

Presentación	Páx. 7
A bicicleta eléctrica	Páx. 8
Experiencia 1: Bicicleta eléctrica vs. bicicleta convencional.....	Páx. 11
Experiencia 2: Autonomía da bicicleta eléctrica en condicións normais de uso	Páx. 22
Experiencia 3: Comportamento da batería en condicións ideais	Páx. 27





PRESENTACIÓN

Nun mundo cada vez máis contaminado, cómpre tomar conciencia do uso de alternativas que contribúan a paliar os efectos do esgotamento dos recursos enerxéticos e que incidan nun desenvolvemento sostible do noso planeta.

Neste sentido, o uso da bicicleta eléctrica móstrase como unha opción ecolóxica e moi eficaz á hora de desprazarse nun contorno urbano. Para contribuír a referendar esta idea, a presente publicación amosa a realización e os resultados de tres experimentos realizados cunha bicicleta eléctrica, co fin de obter datos e dar resposta ás múltiples dúbidas que poden xurdir no referente a este tipo de vehículos.

Tras unha descrición breve dos usos e posibilidades das bicicletas eléctricas, os tres casos descritos e analizados, xunto coas conclusións extraídas de cada un deles, serán de utilidade para corroborar a idoneidade da bicicleta eléctrica como medio de transporte alternativo.

Para a súa realización, empregouse un único modelo de bicicleta, usándose instrumentos de medición de precisión limitada. Non obstante, o estudo consegue dar resposta a cuestións sobre situacións reais de uso, valorando o funcionamento e as particularidades deste tipo de vehículos e a súa idoneidade para determinados traxectos.



POR QUE EMPREGAR BICICLETAS ELÉCTRICAS

A bicicleta é un vehículo ecolóxico que utiliza a nosa enerxía para o seu desprazamento e apenas require mantemento. Pero para o seu uso diario presenta unha serie de problemas para o usuario, como a necesidade dun bo estado de forma física ou o inconveniente da suoración. Estas desvantaxes poden supoñer un impedimento á hora de empregala como vehículo de desprazamento habitual.

As bicicletas eléctricas semellan unha solución idónea para estes problemas: os custos de utilización son moito menores que os dos coches e ofrecen enormes vantaxes para medias e curtas distancias, xa que permiten percorrer en menos tempo traxectos máis longos que cunha bicicleta normal, e cun esforzo físico menor. Estas características cobran maior importancia en Galicia se temos en conta a orografía das súas cidades.

CONSIDERACIÓNS PRÁCTICAS

Non debemos esquecer que unha bicicleta eléctrica ten que seguir sendo, ante todo, unha bicicleta á que se lle incorporou unha batería e un motor. Por iso, antes de mercar unha ou adaptar a que temos para convertela en eléctrica, temos que ter claro o uso ao que imos destinala para escoller a que mellor se adapte ás nosas necesidades.



FUNCIONAMENTO DUNHA BICICLETA ELÉCTRICA

O funcionamento das bicicletas eléctricas é moi sinxelo, xa que, como dixemos, non deixa de ser unha bicicleta cunha batería e un motor. Podemos distinguir entre dous tipos de bicicletas eléctricas:

- **Bicicleta con sensor de par:** A axuda que nos ofrece o motor é proporcional á forza que se exerce sobre os pedais, polo que, para conseguir unha asistencia contundente, hai que realizar un esforzo contundente.
- **Bicicleta de movemento con regulador:** Un sensor situado nos pedais fai que se active a asistencia ao pedalear. Algunhas bicicletas con este sistema permiten regular a asistencia en varios niveis.

Algúns fabricantes incorporan nas bicicletas un acelerador independente do pedaleo que, polo xeral, só pode ser empregado para uso fóra das vías públicas. É unha boa opción, xa que facilita as saídas nos cruzamentos, semáforos ou subidas, e proporciona un maior control.



CONSIDERACIÓNS LEGAIS

Polo xeral, para conducir unha bicicleta eléctrica, igual que unha convencional, non se require nin seguro, nin carné de conducir, nin documentación. Porén, debe cumprir unha serie de requisitos:

- Motor de 250 W nominais de potencia máxima, con asistencia que se interrompa ao superar os 25 km/h ou ao deixar de pedalear.
- Ten que dispoñer de dous freos (dianteiro e traseiro) e refractante traseiro.
- Debe estar autorizada para a súa distribución polo Ministerio de Industria.

A bicicleta eléctrica que se utilizou nos experimentos recollidos a continuación cumpre as consideracións legais, cunha batería de 250 W, motor na roda traseira, acelerador independente ao pedaleo, pantalla de control de asistencia e batería de litio-ión.



EXPERIENCIA 1

BICICLETA ELÉCTRICA vs. BICICLETA CONVENCIONAL

OBXECTIVOS

Obter unha comparativa detallada e en condicións reais, para un mesmo percorrido, entre unha bicicleta eléctrica e unha bicicleta convencional.

MATERIAIS EMPREGADOS

BICICLETA ELÉCTRICA: Yamimoto Swift, distribuída por Norbike, coas seguintes características:

PESO	26 kg
Batería	Litio de 250 W, 36 V e 10 Ah
Peso batería	2,8 kg
Autonomía (segundo fabricante)	Ata 70 km
Tempo de recarga máx.	3 h
Diámetro da roda	26"
Grosor de roda	1,75"



BICICLETA CONVENCIONAL: Bicicleta de montaña KTM Lycan 3.0 de dobre suspensión e coas seguintes características:

PESO	12,5 kg
Diámetro de roda	26"
Grosor de roda	2,35"

APARATO DE MEDICIÓN: GPS Garmin Edge 705, con sensor de cadencia e pulsímetro.

MEDIDOR DE ENERXÍA: Avidsen.





METODOLOXÍA

A proba realizouse coa participación dunha mesma persoa, con similares condicións meteorolóxicas e no mesmo horario. O ciclista é un home adulto de 1,70 m de altura e 80 kg de peso.

Escolleuse para a proba un percorrido duns 21 km cun perfil moderado e mantívose unha velocidade media similar en ambas as bicicletas, co fin de obter uns datos comparables.

O selector da bicicleta eléctrica estivo en todo momento na posición “apoio máximo ao pedaleo”, sen realizar o ciclista ningún sobreesforzo durante o percorrido.

Ao final do percorrido procedeuse á descarga de datos do GPS con cada unha das bicicletas e ao seu estudo.

PASOS E TOMA DE DATOS

Os pasos que se seguiron para a realización do ensaio foron os seguintes:

PASO 1: Colocación do aparato de medición (GPS e sensor de cadencia) na bicicleta eléctrica para poder realizar a toma de datos. O ciclista levaba, ademais, un pulsímetro.





PASO 2: O ciclista comeza a viaxe dende Sotavento cara a Vilalba coa bicicleta configurada para que o apoio eléctrico ao pedaleo fose máximo, de maneira que o esforzo físico que tivese que realizar fose mínimo.



PASO 3: Unha vez no punto de destino, procedeuse á descarga dos datos obtidos polo GPS.





PASO 4: O sistema de medición da bicicleta eléctrica colocóuselle á bicicleta convencional para repetir o mesmo traxecto que o día anterior.



PASO 6: Repetiuse o percorrido, tratando de manter unha velocidade media o máis próxima posible á do día anterior.





PASO 7: Tras chegar ao punto de destino procedeuse de novo á descarga de datos do GPS para este percorrido na bicicleta convencional e á recarga da batería para calcular o consumo e o gasto desta.

ANÁLISE DE RESULTADOS

As gráficas facilitadas polo GPS para ambos os percorridos son as que se amosan a continuación:

Información do percorrido

INFORMACIÓN XERAL			
Distancia total		21,288	
Desn. de subida acumulado		258,3	
Desn. de baixada acumulado		432,77	
Altura máxima		649,62	
Altura mínima		426,03	

SUBIDAS	km/h	% do total	Observacións
Entre o 1 e o 5%	3,804	17,87	
Entre o 5% e o 10%	2,091	9,82	
Entre o 10% e o 15%	0,038	0,18	
Entre o 15% e o 30%	0	0	
Erros de track	0	0	Descartados en IBP e no perfil
Total*	5,933	28,87	Tras corrixir erros
Ratio de subida		4,35	

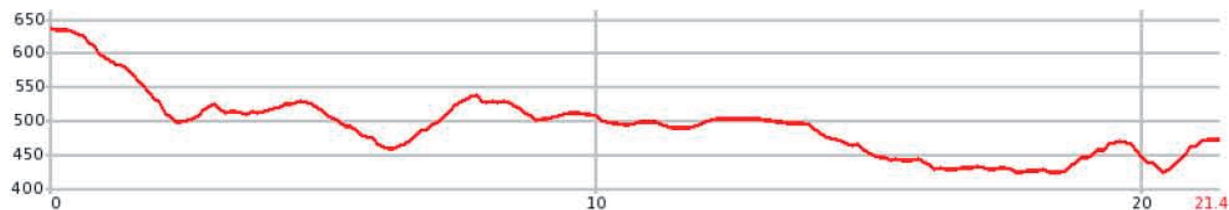
BAIXADAS	km/h	% do total	Observacións
Entre o 1 e o 30%	9,913	46,56	
Erros de track	0	0	Descartados en IBP e no perfil
Total*	9,913	46,56	Tras corrixir erros
Ratio de baixada		4,37	

* O total non ten que coincidir necesariamente coa suma dos parciais tras a corrección dos erros

TERREO CHAN	km/h	% do total	Observacións
Desniveis do 1%	5,443	25,57	



Perfil do terreo



Datos obtidos coa bicicleta eléctrica

TEMPOS	km	Observacións
Tempo total	0:50:32	
Tempo por terreo chan	0:10:11	
Tempo subindo	0:21:26	
Tempo baixando	0:18:55	
Tempo parado	0:00:00	Velocidade inferior a 1 km/h ou distancia entre puntos 0 m.
VELOCIDADES	km/h	Observacións
Velocidade media	25,37	Descontado tempo parado
Velocidade media total	25,37	
Velocidade máxima	57,82	Sostida varios puntos de track

Datos obtidos coa bicicleta convencional

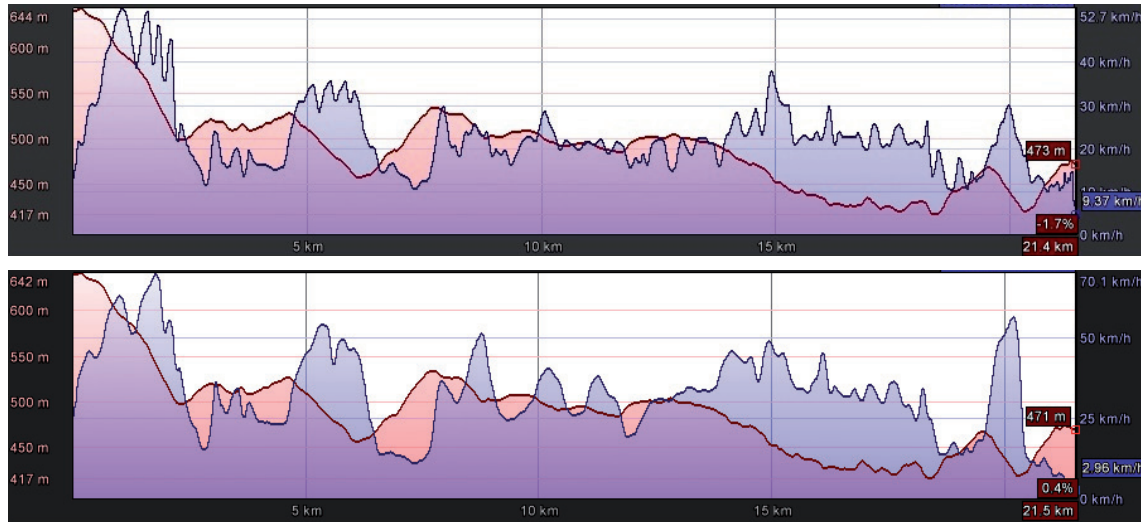
TEMPOS	km	Observacións
Tempo total	0:50:32	
Tempo por terreo chan	0:10:45	
Tempo subindo	0:24:59	
Tempo baixando	0:15:04	
Tempo parado	0:00:00	Velocidade inferior a 1 km/h ou distancia entre puntos 0 m
VELOCIDADES	km/h	Observacións
Velocidade media	25,37	Descontado tempo parado
Velocidade media total	25,37	
Velocidade máxima	70,18	Sostida varios puntos de track



Se resumimos os datos obtidos polo GPS e engadimos os datos facilitados polo pulsímetro, obtemos a seguinte táboa comparativa:

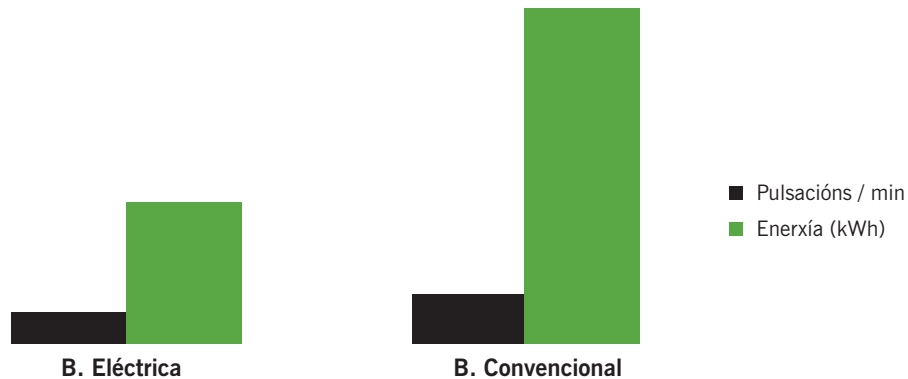
PESO	Bicicleta eléctrica	Bicicleta convencional
Tempo total (min:seg)	50:32	50:49
Velocidade media (km/h)	25,37	25,37
Velocidade máxima (km/h)	57,82	70,18
Frecuencia cardíaca media (pulsacións por minuto)	89	147
Enerxía consumida polo ciclista (kWh)	0,402	0,969

A continuación amosamos os perfís do terreo de ambos os dous traxectos (liña vermella) coa velocidade en cada momento (liña azul). O primeiro correspóndese co percorrido na bicicleta eléctrica e o segundo coa bicicleta convencional. Pode observarse que coa bicicleta eléctrica se acadaron velocidades máis elevadas nos tramos de subida, mentres que nas baixadas, a velocidade foi superior coa bicicleta convencional. Isto débese, posiblemente, ás xeometrías particulares de cada unha das bicicletas, que determinan a posición do ciclista, ademais das rodas, freos e o amortecemento, que equipan moi superiores na convencional.



A distancia total percorrida foi de aproximadamente 21,3 km, con pronunciadas subidas e baixas. A autonomía da bicicleta eléctrica foi máis que suficiente para percorrer esta distancia.

Na seguinte gráfica represéntase a enerxía consumida polo ciclista durante a proba e o seu ritmo cardíaco medio segundo os datos do pulsímetro.





Observando a gráfica, comprobamos que o ciclista foi moito máis descansado na bicicleta eléctrica (89 pulsacións por minuto) que na convencional (147 pulsacións por minuto), de xeito que gastou moita máis enerxía nesta última.

Os datos obtidos tras a recarga da batería despois da realización do percorrido son os seguintes:

TEMPO DE RECARGA	2:13
Consumo eléctrico no percorrido (kWh)	0,187 kWh
Custo da recarga (€)	0,03 €

EXPERIENCIAS DO USUARIO

Neste apartado inclúense as experiencias do ciclista durante o traxecto realizado na bicicleta eléctrica.

- O ciclista opina que a bicicleta eléctrica axuda a realizar un traxecto máis ou menos longo de xeito descansado e sen necesidade de realizar grandes esforzos.
- Como principal desvantaxe, destaca a incomodidade da sela, xa que para percorridos longos o seu deseño non é o máis axeitado. Pola contra, o manexo dos cambios é bastante cómodo.
- O apoio eléctrico prodúcese sobre todo en situacións de subida, onde o usuario circula con relacións de marchas máis curtas. Pola contra, en terreo chan e, loxicamente, en baixada o apoio case desaparece.
- Dados os compoñentes do modelo probado e a súa xeometría, trátase dunha bici configurada para circular amodo por vías asfaltadas e sen moitos obstáculos, dada a dificultade de manobra.



CONCLUSIÓNS

- É máis doado alcanzar unha velocidade media máis elevada na bicicleta eléctrica que nunha convencional.
- A bicicleta eléctrica está especialmente indicada para percorridos urbanos ou interurbanos de curta distancia (10-15 km), xa que en desprazamentos longos non resulta especialmente cómoda pola súa xeometría e compoñentes.
- A bicicleta eléctrica é un bo substituto do coche nas cidades e para desprazarse ao lugar de traballo cando a distancia a este non supera en moito os 20 km totais (ida e volta), xa que o apoio eléctrico permite realizar o percorrido sen esforzos significativos.
- Dos datos recollidos conclúese que o uso do apoio ao pedaleo reduce o consumo enerxético do ciclista nun 58,5 % e reduce as pulsacións medias por minuto nun 38,5% para un mesmo percorrido e unha mesma velocidade.
- O uso da bicicleta eléctrica é unha alternativa moi económica e funcional ao uso dun vehículo de combustión para pequenos percorridos.
- Como xa comentamos, o modelo probado dificulta os descensos a gran velocidade, debido á súa inestabilidade e á mala repartición dos pesos. Noutros modelos eléctricos o motor e a transmisión atópanse en eixes distintos, de maneira que o peso e a tracción se reparten.
- O uso da bicicleta eléctrica e a súa recarga resulta moi sinxelo para o usuario. A posibilidade de retirar a batería mellora a protección ante posibles roubos, así como o propio inmovilizador que monta de serie.

Reduce o consumo enerxético do ciclista nun 58,5% e reduce as pulsacións medias por minuto nun 38,5% para un mesmo percorrido e unha mesma velocidade.



EXPERIENCIA 2

AUTONOMÍA DA BICICLETA ELÉCTRICA EN CONDICIÓNS NORMAIS DE USO

OBXECTIVOS

Obter datos de autonomía e comportamento da batería eléctrica en condicións normais de uso, é dicir, nun terreo con perfil moderado e o suficientemente longo como para esgotar por completo a carga. Preténdese, ademais, obter datos relativos ao custo da recarga para este percorrido.

MATERIAIS UTILIZADOS

BICICLETA ELÉCTRICA: Yamimoto Swift, distribuída por Norbike, coas seguintes características:

PESO	26 kg
Batería	Litio de 250 W, 36 V e 10 Ah
Peso batería	2,8 kg
Autonomía (segundo fabricante)	Ata 70 km
Tempo de recarga máx.	3 h

APARATO DE MEDICIÓN: GPS Garmin Edge 705, con sensor de cadencia e pulsímetro.



MEDIDOR DE ENERXÍA: Avidsen



METODOLOXÍA

A proba foi realizada por un ciclista adulto, de 1,70 m de altura e 80 kg de peso.

Escolleuse para a proba un tramo cun perfil moderado e percorreuse na bicicleta eléctrica co selector na posición de “apoio máximo ao pedaleo”, de xeito que o ciclista non tivo que realizar sobreesforzos en ningún momento do percorrido.

Tras finalizar a proba no punto en que o motor eléctrico deixou de asistir ao ciclista, procedeuse á toma de datos referentes ao consumo e tempo de recarga da batería eléctrica.

PASOS E TOMA DE DATOS

A continuación enuméranse os pasos que se seguiron para a realización deste ensaio:

PASO 1: Cargouse completamente a batería eléctrica co fin de obter datos significativos de autonomía e custe da recarga da mesma.



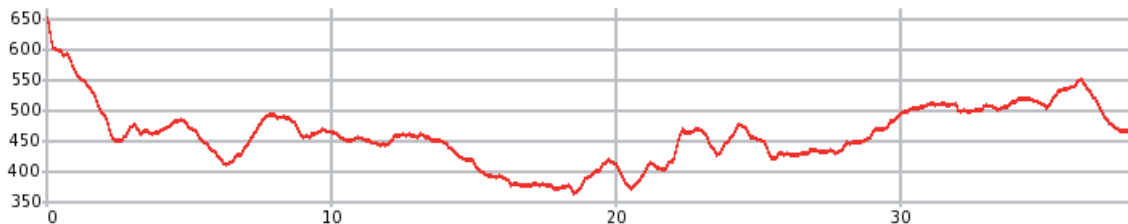
PASO 2: O ciclista sae de Sotavento coa bicicleta configurada para un apoio máximo ao pedaleo, de maneira que o esforzo físico que tivese que realizar fose mínimo.

PASO 3: O ciclista continuou a viaxe ata esgotar por completo a batería da bicicleta e procedeu á descarga de datos proporcionados polo aparato de medición.



ANÁLISE DE RESULTADOS

O perfil de terreo facilitado polo aparato de medición para o traxecto realizado neste ensaio é o seguinte:





Na seguinte táboa amósanse os datos numéricos do percorrido realizado para esta proba:

Distancia total (km)	37,812
Desn. subida acumulado (m)	562,84
Desn. baixada acumulado (m)	720,41
Tempo total (h:min:seg)	1:35:57
Velocidade media (km/h)	23,63

Os datos referentes ao tempo de recarga e consumo da recarga completa da batería son os seguintes:

TEMPO DE RECARGA	3:04
Consumo eléctrico no percorrido (kWh)	0,250 kWh
Custo da recarga (€)	0,04 €

CONCLUSIÓN

Tras analizar os datos obtidos na proba podemos chegar ás seguintes conclusións:

- A autonomía da bicicleta eléctrica para este percorrido concreto en condicións normais de uso foi de case 38 km, polo que a bicicleta eléctrica resulta adecuada para realizar a diario distancias curtas.
- O custo económico do percorrido, no que se refire á recarga da batería, foi duns 4 céntimos, moito menos do que gastaría calquera vehículo de combustión interna. Se extrapolamos este dato a 100 km, o gasto sería duns 0,10 euros, fronte aos 8,16 euros dun coche diésel e aos 10,23 euros dun de gasolina.



- A velocidade media da proba foi de 23,63 km/h.
- A parada do apoio da bicicleta prodúcese de forma repentina, é dicir, nun momento dado deixa de brindar apoio por completo, non diminúe de xeito progresivo, aínda que se intúe a descarga.
- Como xa comprobamos noutras experiencias, esta bicicleta eléctrica non está pensada para o deporte nin para longas distancias, xa que, unha vez esgotada a batería, o seu elevado peso e xeometría fan complicado o seu manexo.

A autonomía da bicicleta eléctrica nun perfil moderado rolda os 40 km e ten un custo cada 100 km duns 0,10 euros, o que significa 8,06 euros menos que un coche diésel e 10,13 menos que un de gasolina para a mesma distancia.



EXPERIENCIA 3

COMPORTAMENTO DA BICICLETA ELÉCTRICA EN CONDICIÓN IDEAIS (sen rozamento)

OBXECTIVOS

Obter datos de duración e comportamento da carga da batería da bicicleta eléctrica en condicións ideais, é dicir, sen rozamento. Para isto colocáremola sobre un rodete adestrador e recolleremos datos cada 15 minutos.

MATERIAIS UTILIZADOS

BICICLETA ELÉCTRICA: Yamimoto Swift, distribuída por Norbike, coas seguintes características:

PESO	26 kg
Batería	Litio de 250 W, 36 V e 10 Ah
Peso batería	2,8 kg
Autonomía (segundo fabricante)	Ata 70 km
Tempo de recarga máx.	3 h

APARATO DE MEDICIÓN: Contaquilómetros DC4 S da marca bTwin.



RODETE ADESTRADOR: VFS (Variable Fluid System) da marca Minoura.



METODOLOXÍA

A proba realizouse observando o comportamento da bicicleta eléctrica en condicións de rozamento cero, en aceleración continua e baixo a medición constante do contaquilómetros.

Para este estudo, colocouse a bicicleta eléctrica sobre un rodetes adestrador, de maneira que a roda traseira se mantivese no aire para xirar en baleiro. Mediante cinta adhesiva, mantívose durante toda a proba a bicicleta en aceleración continua e tomáronse datos de quilometraxe e velocidade cada 15 minutos.

Tras esgotarse por completo a batería, procedeuse á elaboración dunha folla Excel cos datos obtidos para poder ser avaliados.



PASOS E TOMA DE DATOS

Os pasos que se seguiron para a realización do ensaio foron os seguintes:

PASO 1: Carga completa da batería eléctrica para obter datos significativos de autonomía.

PASO 2: Colocación da roda traseira da bicicleta eléctrica sobre un rodete adestrador evitando o contacto co chan, ao tempo que se instala un contaquilómetros para poder realizar a toma de datos.



PASO 3: Activouse a axuda eléctrica da bicicleta e, mediante o uso de cinta adhesiva, fixouse o acelerador na posición de máxima aceleración e procedeuse á toma de datos.



PASO 4: Recollida de datos relativos á velocidade, tempo e distancia cada 15 minutos.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Os datos de tempo, velocidade e distancia obtidos nesta experiencia amósanse na seguinte táboa:

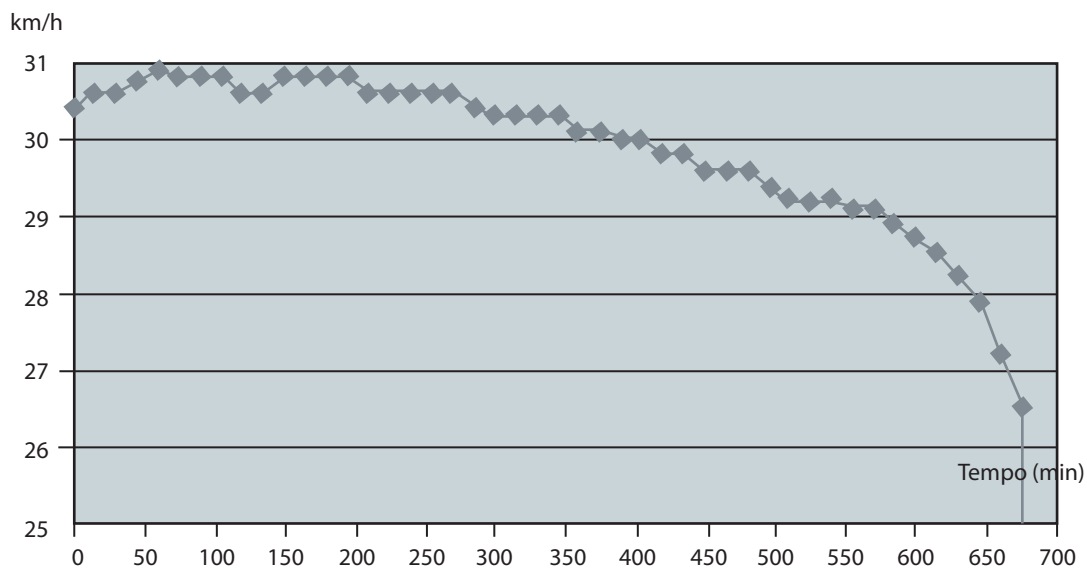


TEMPO (min)	VELOCIDADE (km/h)	DISTANCIA (km)
0	30,4	0
15	30,6	6,77
30	30,6	14,31
45	30,8	21,99
60	30,9	29,68
75	30,8	37,44
90	30,8	45,31
105	30,8	53,24
120	30,6	61,05
135	30,6	68,73
150	30,8	76,54
165	30,8	84,20
180	30,8	91,73
195	30,8	98,94
210	30,6	106,60
225	30,6	114,28
240	30,6	121,94
255	30,6	129,52
270	30,6	137,26
285	30,4	144,76
300	30,3	152,38
315	30,3	160,01
330	30,3	167,51
345	30,3	175,12
360	30,1	182,67
375	30,1	190,14
390	30,0	197,70
405	30,0	205,24
420	29,8	212,71
435	29,8	220,12
450	29,6	227,59
465	29,6	235,00
480	29,6	242,39
495	29,4	249,73
510	29,2	256,96
525	29,2	264,28
540	29,2	271,64
555	29,1	279,05
570	29,1	286,46
585	28,9	293,79
600	28,7	300,63
615	28,5	307,93
630	28,2	315,05
645	27,9	322,26
660	27,2	329,20
675	26,5	335,81
680 (11H 20 MIN)	0,0	337,67 km



O gráfico que se amosa a continuación ofrécenos unha relación entre o tempo de uso da bicicleta eléctrica e a súa velocidade en cada momento.

VARIACIÓN DA VELOCIDADE CON RESPECTO AO TEMPO DE DURACIÓN DA BATERÍA





CONCLUSIÓNS

Tras a análise dos datos obtidos, chegamos ás seguintes conclusións:

- En condicións ideais (sen rozamento), a batería eléctrica sería capaz de percorrer unha distancia de 337,67 km durante 11 h e 20 minutos.
- A velocidade máxima alcanzada pola bicicleta neste ensaio foi de 30,9 km/h, e acadouse unha hora despois de comezar a proba.
- A parada prodúcese de xeito repentino e non progresivo.
- A velocidade media durante a proba foi de 29,88 km/h.
- A variabilidade máxima das velocidades acadadas é de 4,4 km/h.

A velocidade media comeza a reducirse ao esgotarse o 29% da carga da batería, e redúcese máis drasticamente ao esgotarse o 85% desta.

BICICLETA ELÉCTRICA



Un modo eficiente de desprazarse pola cidade

