



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**GENERADOR ELÉCTRICO DE PEDALEO
PARA UN CAMPO DE REFUGIADOS**

Autor: **Belén de Mesa Segura**

Director: **Luis Manuel Mochón Castro**

&

José Daniel Muñoz Frías

Junio 2020, Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
"Generador eléctrico de pedaleo para un campo de refugiados"

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico **2019/2020** es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: **Belén de Mesa Segura**

Fecha: 02/ 07/ 2020



Autorizada la entrega del proyecto

LOS DIRECTORES DEL PROYECTO

Fdo.: **Luis Manuel Mochón Castro**

Fecha: 02/ 07/ 2020



Fdo.: **José Daniel Muñoz Frías**

Fecha: 02/ 07/ 2020

Firmado por MUÑOZ FRIAS
JOSE DANIEL - 52573841G el
día 02/07/2020 con un
certificado emitido por AC
FNMT Usuarios



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**GENERADOR ELÉCTRICO DE PEDALEO
PARA UN CAMPO DE REFUGIADOS**

Autor: **Belén de Mesa Segura**

Director: **Luis Manuel Mochón Castro**

&

José Daniel Muñoz Frías

Junio 2020, Madrid

Agradecimientos

A mi familia por no haber dejado de confiar en mí y por ilusionarse tanto o más que yo misma con mis méritos.

A mis amigos por acompañarme en este camino y por todo lo que hemos vivido juntos.

A mis directores por hacer posible este trabajo, y en especial a Luis Manuel Mochón Castro por haberme ayudado y acompañado, tanto en éxitos como en fracasos, desde mi segundo año de grado hasta ahora.

De corazón, gracias.

GENERADOR ELÉCTRICO DE PEDALEO PARA UN CAMPO DE REFUGIADOS

Autor: de Mesa Segura, Belén

Director: Mochón Castro, Luis Manuel

Muñoz Frías, José Daniel

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día más del 90% de las personas refugiadas que viven en campamentos tiene un acceso limitado a la electricidad, lo que les dificulta poder cocinar, calentarse, estudiar, trabajar o poder orientarse de noche, además de exponerles a diversos riesgos desde puntos de vista como la salud y la protección.

Por otro lado, al no disponer de acceso a energía, muchas personas refugiadas necesitan emplear leña y carbón para cubrir sus necesidades domésticas urgentes, mientras que por lo general los espacios comunitarios e instalaciones de apoyo cuentan con generadores diésel. Todas estas fuentes de energía tienen un coste económico y medioambiental elevado.

Por ello, siguiendo las líneas del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), en el presente proyecto, mediante el diseño de un generador eléctrico de pedaleo, se pretende acercar a las personas refugiadas al fácil acceso a energía eléctrica para satisfacer necesidades básicas, de manera limpia, económica y renovable, imprescindible para conseguir un desarrollo sostenible. [1]

II. METODOLOGÍA

La creación de una máquina que consiga generar energía eléctrica mediante pedaleo en una bicicleta sería una gran oportunidad para las personas refugiadas, además de todo un reto en lo referente a la búsqueda y desarrollo de nuevas o innovadoras energías limpias y renovables.

En primer lugar, se ha llevado a cabo un estudio de los posibles generadores (alternador o dinamo) y un análisis del elegido para el desarrollo del proyecto. Para ello, se ha ensayado el generador y obtenido las curvas características del mismo. A partir de dichas curvas, se ha establecido un rango de trabajo aproximado óptimo para el generador (rendimiento próximo al máximo).

Una vez definido el rango de trabajo, se han estudiado y analizado las ventajas e inconvenientes de los distintos métodos de transmisión de energía de la rueda trasera de la bicicleta al eje del generador (que lo hará girar).

Por último, sabiendo que la energía generada se almacenará en una batería, se ha analizado el método de descarga de la batería (que permitirá utilizar o aprovechar la energía

eléctrica que se ha generado cuando sea necesario) y se ha diseñado un sistema que avise o informe al usuario sobre el estado de carga de la batería.

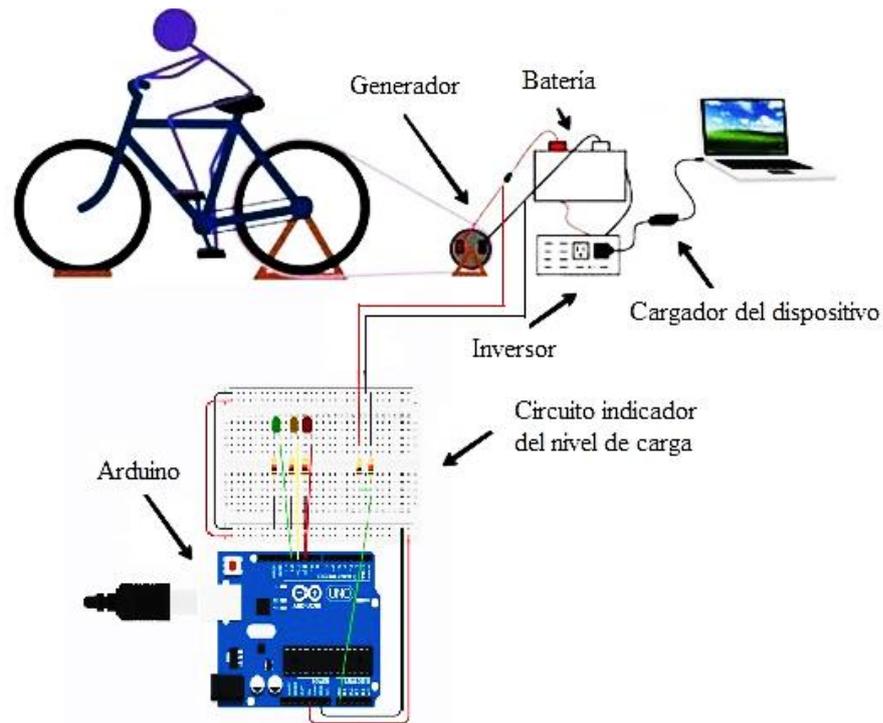
III. RESULTADOS

Se ha decidido utilizar en el presente proyecto un alternador como máquina eléctrica rotativa debido a su mayor eficiencia (y menores pérdidas), vida útil y capacidad de voltaje comparado con una dinamo. Estos aspectos son especialmente importantes dado el esfuerzo que conlleva utilizar la energía de propulsión humana, las dificultades de renovación del dispositivo en un campo de refugiados y, por último, la posible necesidad de cargar un ordenador en vez de un dispositivo de menor capacidad, como un teléfono móvil. A estas ventajas se suma la facilidad de poder tener acceso a un alternador (pudiendo encontrarlo en una chatarrería o en un desguace de coches), pues la dinamo suele resultar más difícil de encontrar.

Tras el estudio de las distintas alternativas para la transmisión bicicleta-alternador, se decide diseñar un rodillo de fricción que cumpla con dicha función ya que, además de que se requiere una relación de transmisión alta (el mínimo valor eficiente de dicha relación de transmisión es $i_{\min} = \text{velocidad de giro del eje del alternador} / \text{velocidad de giro de la rueda trasera de la bicicleta} = 920/90 \geq 10$). Se trata de un sistema simple, fácil de montar y de poner en marcha, ideal para las circunstancias dadas en el campo de refugiados. Se ha estudiado también la transmisión mediante la llanta desnuda y polea en el alternador (una solución adecuada para altas relaciones de transmisión), en caso de que resultase complicado en destino conseguir los materiales adecuados para la fabricación del rodillo.

Las dimensiones tanto del rodillo como de la polea a diseñar se han calculado a partir de la velocidad a la que debe girar el generador (rango óptimo de trabajo definido en función de las curvas características), el diámetro de la rueda trasera de la bicicleta (con neumático en el caso del rodillo y sin él en la solución de la polea y correa) y la velocidad a la que es capaz de pedalear una persona sin demasiado esfuerzo.

A continuación, tras analizar el método de descarga de la batería, se considera que la conexión batería-portátil (cargador de portátil) se debe realizar mediante un inversor de corriente para transformar corriente continua (12 V almacenados en la batería) en corriente alterna (que simula la de la red eléctrica, enchufe al que se conecta normalmente el cargador), ya que esta solución es muy sencilla y amplia (permitiendo conectar cualquier tipo de dispositivo, independientemente de su tensión de alimentación, a través de un enchufe conectado a la salida del inversor que simula la red).



Para finalizar, se ha diseñado un sistema que avise o informe al usuario sobre el estado de carga de la batería. Para el diseño de este sistema se utiliza un Arduino que leerá, a través de una entrada analógica, la tensión de la batería. Dependiendo de esta tensión, se encenderá un LED de un color distinto, que servirá para informar al ciclista del estado de carga de la batería. Si la batería se encuentra completamente cargada, se encenderá un LED verde. Si la batería se encuentra en un nivel de carga medio, se encenderá un LED amarillo. Por último, si la batería se encuentra en unos niveles de carga insuficientes o completamente descargada, se encenderá un LED rojo.

IV. CONCLUSIONES

El proyecto, además de exponer el desarrollo técnico del generador eléctrico de pedaleo diseñado (partes mecánicas y electrónicas), tras el estudio de alternativas realizado, trata diversos aspectos íntimamente ligados al mismo y su utilización.

En cuanto al impacto ambiental, se hace un análisis del generador proyectado que pone de manifiesto que el mismo consigue generar energía eléctrica sin que se desarrollen procesos dañinos para el medioambiente, de una manera sostenible, característica interesante para contribuir a intentar frenar el cambio climático si su uso llegara a extenderse a otras partes del mundo o a mayor escala. Asimismo, se realiza un análisis de lo que el proyecto puede aportar, como el impulso en la educación en los campos de refugiados y su consecuente beneficio social, ayudando a reducir las desigualdades que a día de hoy desgraciadamente siguen existiendo. De esta manera se respeta la línea de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas. [2]

A su vez, se hace un repaso de los objetivos iniciales del proyecto para comprobar si el resultado final ha sido el esperado.

Además, se realiza una valoración económica estimada basada en los diferentes recursos necesarios para la realización del proyecto.

Para terminar, en la memoria se expone el procedimiento a seguir para la utilización de la máquina y se realiza un estudio de las mejoras potenciales de la misma.

Por último, el proyecto incluye una serie de anexos con documentación complementaria.

V. REFERENCIAS

[1] Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR)

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas

Palabras clave: Alternador, pedaleo, rodillo de fricción, artesanal

ELECTRIC PEDALING GENERATOR FOR A REFUGEE CAMP

Author: **de Mesa Segura, Belén**

Supervisor: Mochón Castro, Luis Manuel

Muñoz Frías, José Daniel

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

I. INTRODUCTION

Nowadays, more than 90% of refugees living in camps have limited access to electricity, making it difficult for them to cook, warm up, study, work or be able to orient themselves at night, as well as exposing them to a range of health and safety risks.

On the other hand, in the lack of access to energy, many refugees need to use firewood and charcoal to meet their urgent domestic needs, while diesel generators are generally available in community spaces and support facilities. All these energy sources have a high economic and environmental cost.

Therefore, following the lines of United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), in the present project, through the design of a pedalling electric generator, the aim is to bring refugees closer to easy access to electricity to meet basic needs, in a clean, cost-effective and renewable manner, which is essential for sustainable development. [1]

II. METHODOLOGY

The creation of a machine that can generate electrical energy by pedalling on a bicycle would be a great opportunity for refugees, as well as a challenge in terms of finding and developing new or innovative clean and renewable energies.

First off, a study of the possible generators (alternator or dynamo) and an analysis of the chosen one for the development of the project were carried out. For this purpose, the generator has been tested and the characteristic curves of the generator have been obtained. From these curves, an optimal approximate working range for the generator has been established (performance close to maximum).

Once the working range has been defined, the advantages and disadvantages of the different methods of transmitting energy from the rear wheel of the bicycle to the axle of the generator (which will make it turn) have been studied and analysed.

Finally, knowing that the energy generated will be stored in a battery, the method of discharging the battery has been analysed (which will allow to use or take advantage of the electricity generated when necessary) and a system has been designed to alert or inform the user of the state of charge of the battery.

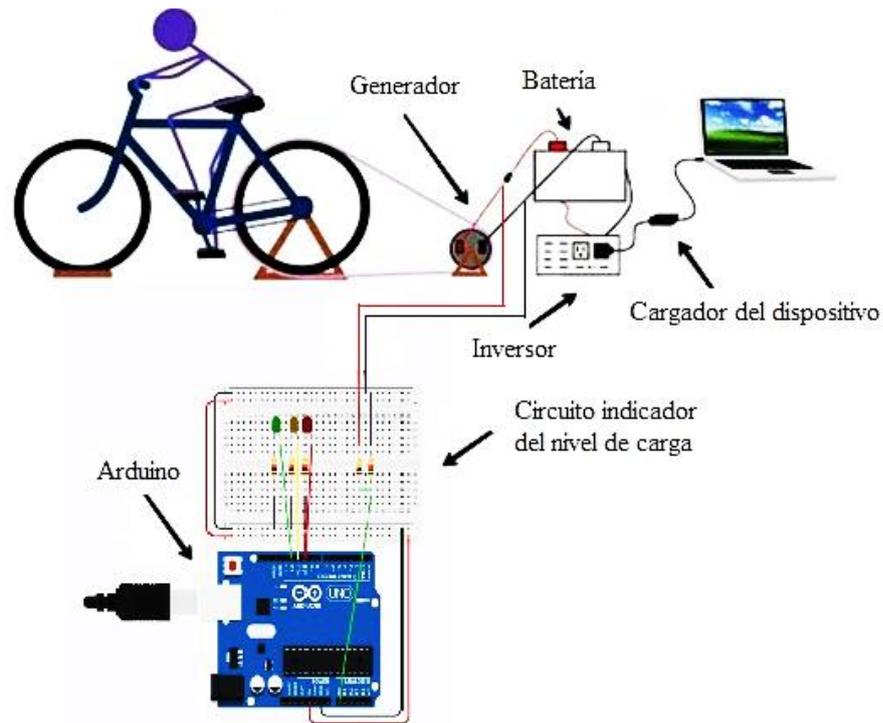
III. RESULTS

The use of an alternator as a rotary electric machine in this project was preferred due to its higher efficiency (and lower losses), useful life and voltage capacity compared to a dynamo. These aspects are particularly important given the effort involved in using human-powered energy, the difficulties of renewing the device in a refugee camp and the possible need to charge a computer instead of a smaller capacity device, such as a mobile phone. Added to these advantages is the ease of having access to an alternator (being able to find it in a scrap yard or in a chop shop), as the dynamo is often more difficult to find.

After studying the different alternatives for the bicycle-alternator transmission, it was decided to design a friction roller that fulfils this function since, in addition to requiring a high transmission ratio (the minimum efficient value of said transmission ratio is $i_{\min} = \text{speed of rotation of the alternator shaft} / \text{speed of rotation of the rear wheel of the bicycle} = 920/90 \geq 10$). It is a simple system, easy to set up and start up, ideal for the circumstances in the refugee camp. Transmission has also been studied using the bare rim and pulley on the alternator (a suitable solution for high transmission ratios) in case it is difficult to obtain the appropriate materials for the manufacture of the roller at destination.

The dimensions of both the roller and the pulley to be designed have been calculated from the speed at which the generator must rotate (optimum working range defined according to the characteristic curves), the diameter of the rear wheel of the bicycle (with tyre in the case of the roller and without it in the solution of the pulley and belt) and the speed at which a person is able to pedal without too much effort.

After analysing the battery discharge method, it is considered that the battery-laptop connection (laptop charger) should be made using a power inverter to transform direct current (12V stored in the battery) into alternating current (which simulates that of the electrical network, plug into which the charger is normally connected), as this solution is very simple and comprehensive (allowing to connect any type of device, regardless of its supply voltage, via a plug connected to the inverter output simulating the network).



Finally, a system has been designed to alert or inform the user about the state of charge of the battery. An Arduino is used to design this system, which will read the battery voltage through an analog input. Depending on this voltage, a LED of a different colour will be switched on to inform the rider of the state of charge of the battery. If the battery is fully charged, a green LED will light up. If the battery is on a medium charge level, a yellow LED will light up. Finally, if the battery is at insufficient charge level or completely discharged, a red LED will light up.

IV. CONCLUSIONS

The project, in addition to exposing the technical development of the designed electric pedalling generator (mechanical and electronic parts), after the study of alternatives carried out, deals with various aspects intimately linked to it and its use.

With regard to the environmental impact, an analysis of the projected generator shows that it succeeds in generating electrical energy without the development of processes that are harmful to the environment and in a sustainable way. This proves to be an interesting feature to help try to curb climate change should its use spread to other parts of the world or on a larger scale. An analysis is also made of how the project can contribute to social improvement by promoting education in refugee camps and/or by helping to reduce the inequalities that unfortunately still exist today. This is in line with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). [2]

At the same time, a review is made of the initial objectives of the project to see if the final result has been the expected one.

In addition, an estimated economic valuation is made based on the different resources needed to carry out the project.

The report sets out the procedure to be followed for the use of the machine and studies its potential improvements.

Finally, the project includes a series of annexes with supplementary documentation.

V. REFERENCES

- [1] UNHCR (Corresponding acronym for “United Nations High Commissioner for Refugees”).
- [2] UNSDGs (Corresponding acronym for “United Nations Sustainable Development Goals”).

Keywords: Alternator, pedaling, friction roller, handcraft

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	5
1.1 Motivación del proyecto	6
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías	7
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	12
Capítulo 4. Definición del Trabajo	16
4.1 Justificación	16
4.2 Objetivos.....	16
4.3 Metodología.....	17
4.4 Impacto ambiental	18
Capítulo 5. Sistema/Modelo Desarrollado	19
5.1 Desarrollo del Sistema Mecánico	19
5.1.1 Análisis del Generador	19
5.1.2 Análisis de la Transmisión	27
5.1.3 Diseño Rodillo	30
5.1.4 Estudio de otras alternativas (Diseño Polea).....	31
5.2 Desarrollo del Sistema Electrónico	33
5.2.1 Análisis Batería	33
5.2.2 Diseño	35
Capítulo 6. Condiciones de Ejecución	39
Capítulo 7. Planificación y Estudio Económico	48
7.1 Presupuesto	49
7.1.1 Medios materiales.....	50
7.1.2 Maquinaria.....	51
Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros	53
Capítulo 9. Bibliografía	56
ANEXO I: Objetivos de Desarrollo Sostenible	59
ANEXO II: Planos del Proyecto	61
ANEXO III: Extracto Catálogo Rodamientos	67

Índice de figuras

Figura 1.1. Aula de infantil de la escuela del campo de refugiados de Maban	5
Figura 1.2. Patio de la escuela del campo de refugiados de Maban	5
Figura 2.1. Esquema de un alternador [1]	7
Figura 2.2. Esquema montaje alternador con regulador integrado [3]	8
Figura 2.3. Esquema montaje alternador con regulador externo [3]	9
Figura 2.4. Esquema sencillo montaje generador de pedaleo	10
Figura 3.1. Herramienta de taladro accionada por pedaleo	14
Figura 3.2. Máquina de coser montada sobre un triciclo en Yakarta	14
Figura 3.3. Bicilicuada (licuadora a base de pedaleo) fabricada por Maya Pedal.....	15
Figura 3.4. Modelo de generador de pedaleo fabricado por Pedal Power	15
Figura 5.1. Partes y montaje para ensayo del generador.....	20
Figura 5.2. Gráfica velocidad – intensidad del generador.....	22
Figura 5.3. Gráfica velocidad – potencia del alternador	25
Figura 5.4. Gráfica velocidad - rendimiento del alternador	26
Figura 5.5. Gráfica velocidad motor – par motor	27
Figura 5.6. Transmisión por piñón y cadena	28
Figura 5.7. Transmisión por piñón y cadena (la de la propia bicicleta).....	28
Figura 5.8. Transmisión por polea y correa.....	29
Figura 5.9. Transmisión por rodillo	29
Figura 5.10. Rodillo fijo.....	30
Figura 5.11. Rodillo de rulo	30
Figura 5.12. Tipos de correa [18]	32
Figura 5.13. Eficiencia del inversor-Potencia máxima/Potencia de salida [22].....	34
Figura 5.14. Esquema divisor de tensión	35
Figura 5.15. Montaje circuito diseñado [23]	36
Figura 6.1. Diseño soporte base.....	39
Figura 6.2. Diseño conjunto rodillo	40
Figura 6.3. Rodillo desmontable.....	41

Figura 6.4. Diseño rodillo y soporte del mismo explosionados	43
Figura 6.5. Diseño conjunto polea	44
Figura 6.6. Diseño polea	44
Figura 6.7. Llanta bicicleta [25]	45
Figura 6.8. Colocación placa de apoyo del alternador con transmisión por rodillo	45
Figura 6.9. Colocación placa de apoyo del alternador con transmisión por polea	45
Figura 6.10. Conexión batería-alternador	46
Figura 6.11. Conexión del inversor	47
Figura 6.12. Montaje completo del proyecto	47

Índice de tablas

Tabla 5.1. Datos del primer ensayo del generador	21
Tabla 5.2. Datos del segundo ensayo del generador	23
Tabla 7.1. Estimación económica de los medios materiales comerciales	50
Tabla 7.2. Estimación económica de los medios materiales diseñados a construir	51
Tabla 7.3. Estimación económica de la maquinaria	51

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En este mundo del siglo XXI, donde los avances científicos y tecnológicos son vertiginosos, hay países y, sobre todo, sectores de población, para los que estos avances son inaccesibles. En este sentido, los campos de refugiados son unas zonas especialmente vulnerables, dadas las dificultades que suelen tener estos asentamientos.

Los campos de refugiados ofrecen atención temporal a aquellos que tienen que huir de sus respectivos países por conflictos ajenos a ellos. A pesar de ser soluciones provisionales, se intenta que las personas refugiadas tengan acceso a unos servicios mínimos durante su estancia, como atención médica, seguridad, alimentación o educación.

Este proyecto se ha centrado en el campo de refugiados de Maban, en Sudán del Sur. *Entreculturas* y el *Servicio Jesuita a Refugiados*, desde 2014 han desarrollado nuevos proyectos en Maban para intentar satisfacer las necesidades de los refugiados o, al menos, hacerles la vida un poco más fácil con su granito de arena. Estos proyectos han ido desde conseguir que todos los niños, incluso los más pequeños, tengan acceso a la educación (Figura 1.1) o a pequeños espacios de ocio (Figura 1.2), hasta poder ofrecer alimento a cada uno de ellos y luz en sus hogares. Pero lo más importante que se les ha podido dar es fortaleza y ánimo para seguir adelante, por lo que ahora tienen esperanza, que es por lo que están más agradecidos: “*Queremos agradecer la esperanza que juntos hemos visto crecer*”.



Figura 1.1. Aula de infantil de la escuela del campo de refugiados de Maban



Figura 1.2. Patio de la escuela del campo de refugiados de Maban

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Lo que en muchos países es un servicio básico, como el acceso a la electricidad, en los campos de refugiados es considerado un lujo, ya que sólo cuentan con unas cuantas horas al día de electricidad, además de tener que soportar los numerosos cortes de suministro diarios. Asimismo, normalmente las escuelas de los campos de refugiados sólo cuentan con un par de bombillas, por no mencionar las dificultades y la cantidad de leña necesaria al preparar la comida (con sus respectivas emisiones de gases de efecto invernadero). Más de la mitad de las horas del día, al reinar la oscuridad, es prácticamente imposible desarrollar cualquier tipo de actividad.

El principal motivo de la falta de electricidad en muchos países del mundo es la escasez de inversión e impulso de las energías renovables ya que, en dichos países, puede que sea la única manera de conseguir energía eléctrica, no pudiendo construir una red o sistema eléctrico como el de la mayoría de países desarrollados, ni explotar o disponer de otras fuentes de energía no renovables. En este contexto, cualquier dispositivo que ayude a mejorar la calidad de vida de sus habitantes resulta muy valiosa allí y, especialmente, si es sencilla (tanto en sus componentes como en su ejecución), económica (posibilidad de reparación) y de fácil manejo, supondrá una gran ventaja.

El presente proyecto pretende diseñar un generador de pedaleo aprovechando una bicicleta que tengan los alumnos de la escuela o que puedan conseguir fácilmente, como base del mismo, consiguiendo un diseño de generador relativamente asequible, que pueda ser montado sin dificultad en el destino deseado. Dicha bicicleta se colocará en un soporte (pasará a ser una bicicleta estática) y, gracias al generador diseñado que se acoplará a la bicicleta, mediante pedaleo se conseguirá energía eléctrica a partir de la energía mecánica que cada alumno puede “crear”. Esa energía se usará para poder seguir trabajando con un ordenador en sus casas, cargar el móvil o incluso para poder disponer de algún punto de luz en la vivienda.

Cabría preguntarse: ¿por qué utilizar la fuerza humana mediante pedaleo para conseguir dicha energía? En primer lugar, la inversión inicial necesaria para aprovechar energías renovables como el sol o el viento sería infinitamente mayor. Por otro lado, a esto hay que sumar la dificultad a la hora de controlar las condiciones “ambientales” que nos proporcionan dichos recursos. Asimismo, por ser los campos de refugiados lo que se puede considerar una “solución temporal o provisional” para las personas que tienen que establecerse allí, la manera innovadora de conseguir energía debe ser económica y muy sencilla, como lo es la solución planteada. La búsqueda de esa simplicidad hace desistir de un estudio de alternativas más amplio.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Un generador eléctrico es una máquina eléctrica rotativa que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Existen dos grandes grupos de máquinas eléctricas rotativas según el tipo de corriente que producen: alternadores (alterna) y dinamos (continua).

Todas las máquinas rotativas constan de una parte móvil o rotor y de otra fija o estator, girando el rotor en el interior del estator. El principio de funcionamiento del alternador (es la máquina eléctrica rotativa utilizada en el presente proyecto) exige la excitación de flujo en el rotor. El rotor produce un campo magnético, que el estátor aprovechará para generar corriente alterna (es decir, dicha corriente se obtiene de la inducción que produce sobre las bobinas del estátor el campo magnético del rotor): el rotor es el elemento inductor, mientras que el estátor es el inducido.

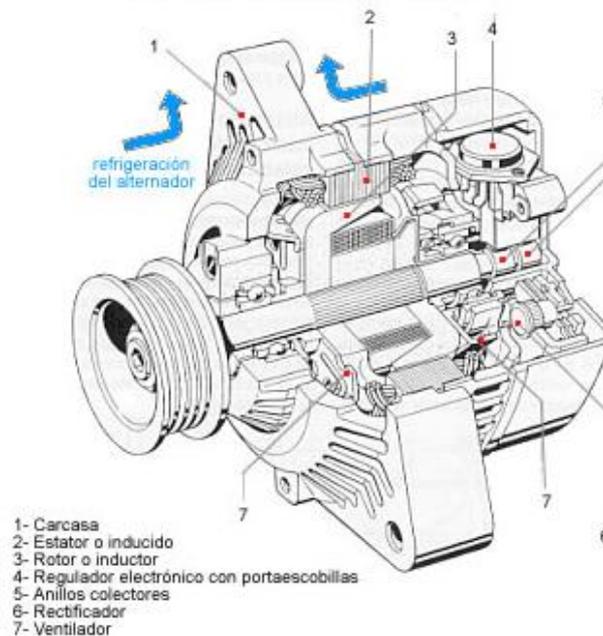


Figura 2.1. Esquema de un alternador [1]

Además del estator y el rotor, el alternador está compuesto de otros elementos (ver Figura 2.1) que cabe destacar. En primer lugar, el puente rectificador de diodos ya que, como se ha explicado anteriormente, el alternador genera energía en corriente alterna y para alimentar la mayoría de los dispositivos electrónicos se necesita corriente continua, por consiguiente, se requiere un elemento como este que la transforme. También existen otros componentes como la carcasa o soporte, y el ventilador, encargado de la refrigeración del generador (para que no experimente temperaturas demasiado elevadas) [2].

Por otro lado, el circuito de excitación del alternador conseguirá la corriente eléctrica necesaria (además del movimiento de pedaleo) para generar electricidad y crear un campo magnético en el rotor, que a su vez inducirá el estator. En un primer momento, durante el arranque del motor, el alternador necesita lo que se conoce como un “circuito de preexcitación” ya que no es capaz de crear el campo magnético por sí mismo, por lo que tomará la corriente eléctrica necesaria para la excitación de una batería externa; mientras que una vez arrancado el motor (es decir, una vez polarizada la bobina), el alternador se “autoexcita”, es decir, toma la corriente eléctrica que necesita de la propia corriente que genera (trifásica).

Por último, la función del regulador de tensión es mantener constante la tensión del alternador dentro de los rangos aceptables (evitando sobretensiones) en todo el margen de revoluciones del generador e independientemente de la carga y de la velocidad de giro (de las cuales sí depende), para poder suministrar la energía o almacenarla en una batería (sin sobrecargas). Dicho regulador puede estar integrado en el alternador (como se refleja en la Figura 2.2) o ser externo a él (esquema mostrado en la Figura 2.3).

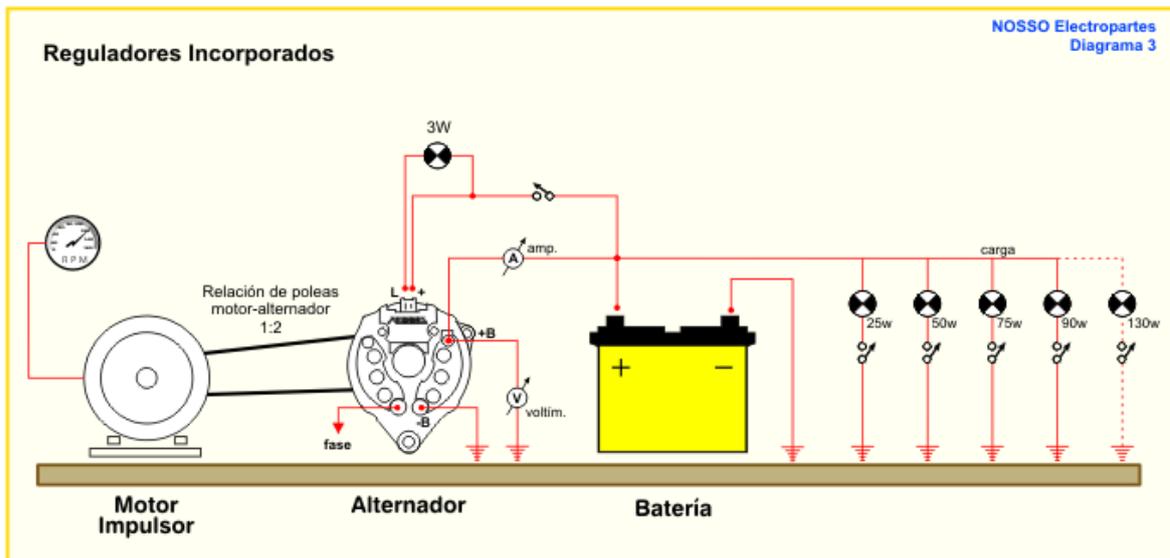


Figura 2.2. Esquema montaje alternador con regulador integrado [3]

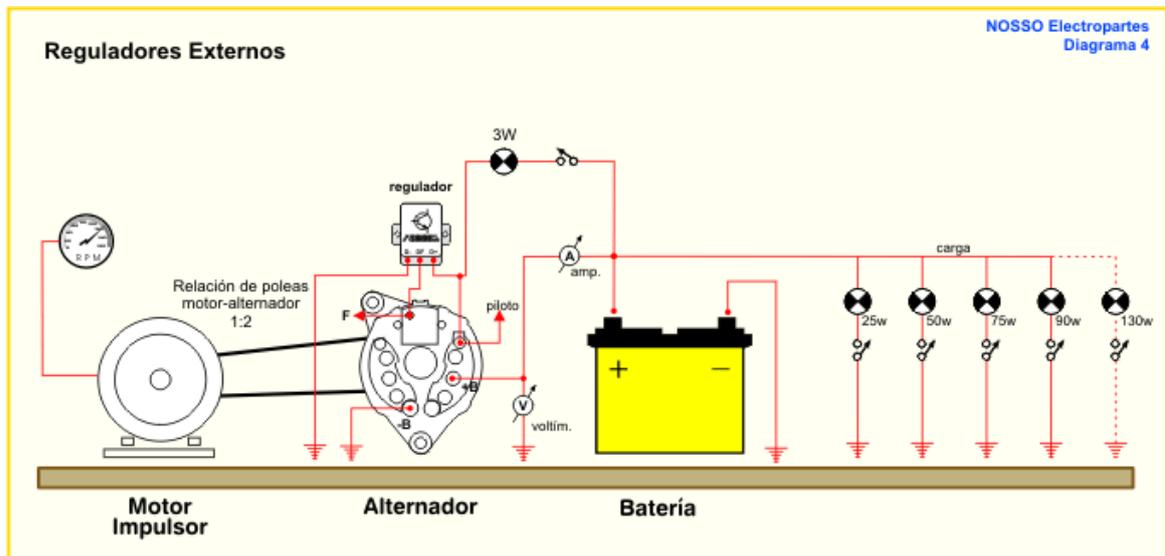


Figura 2.3. Esquema montaje alternador con regulador externo [3]

La tensión generada en el alternador crece al aumentar su velocidad de giro (determinada por la velocidad de giro de la rueda trasera de la bicicleta y su relación de transmisión con el alternador) y la corriente de excitación. En un alternador con excitación total, pero sin carga y sin batería, la tensión no regulada aumenta linealmente con la velocidad. El regulador de tensión regula el valor de la corriente de excitación y, con ello, la magnitud del campo magnético del rotor, en función de la tensión generada en el alternador, manteniendo de esta manera la tensión en bornes del alternador constante (con velocidad de giro y cargas variables) hasta el máximo valor de corriente.

Siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de tensión no desconecta. Si la tensión sobrepasa el valor teórico superior prescrito, el regulador interrumpe la corriente de excitación, disminuyendo la excitación (desciende la tensión que suministra el alternador). Si a consecuencia de ello dicha tensión llega a ser menor que el valor teórico inferior, el regulador conecta de nuevo la corriente de excitación, haciendo que la excitación aumente y, con ella, la tensión del alternador. Cuando la tensión sobrepasa otra vez el valor límite superior, comienza nuevamente el ciclo de regulación.

Como los ciclos de regulación son del orden de milisegundos, se regula el valor medio de la tensión del alternador en correspondencia con la curva característica preestablecida. La relación de los tiempos de conexión y desconexión de la corriente de excitación a través del regulador determinan la corriente de excitación media. A bajo régimen, el tiempo de conexión es alto y el de desconexión bajo, mientras que a altas revoluciones del motor sucede lo contrario tiempo de conexión bajo y de desconexión alto. [4]

En definitiva, el regulador de voltaje puede encontrarse en tres estados distintos (se verá reflejado en las indicaciones del amperímetro y del voltímetro): en primer lugar, cuando el funcionamiento sea correcto indicará un voltaje estable cuyo valor dependerá de cada modelo de regulador como así también de su origen (nacional o importado) y una corriente de carga que irá decreciendo de un valor máximo (dependiente del estado de la batería utilizada) a un valor mínimo, indicando que la batería está recibiendo carga; en segundo lugar, cuando se presente una falta de regulación, la indicación del voltímetro mostrará un permanente aumento de la tensión de regulación, mientras que el amperímetro mostrará también un constante aumento de la corriente de carga a la batería; en el tercer estado, cuando no excite, la indicación del voltímetro mostrará un valor de voltaje correspondiente al de la batería en reposo, mientras que el amperímetro no mostrará paso de corriente del alternador a la batería. [3]

Por último, cabe destacar que otro efecto de la batería es reducir la ondulación de la corriente eléctrica, ya que la corriente suministrada por el alternador no es lisa, sino ligeramente ondulada o con fluctuaciones, y dicha batería se conectará en paralelo con el alternador. En caso de que la batería no sea capaz de aportar la corriente eléctrica que necesita el alternador en el arranque, se puede atribuir a uno de los siguientes motivos: la batería suministra una energía excesiva, no recibe la carga necesaria o perdió la capacidad de almacenamiento.

Al pedalear en la bicicleta, es decir, al hacer girar la rueda trasera, a través de una banda o correa, se transmite el movimiento al eje del alternador (como se puede observar en el esquema de la Figura 2.4). A continuación, se podrán cargar a través de una batería, por ejemplo, dispositivos pequeños (corriente continua) o incluso pequeños electrodomésticos (corriente alterna), necesitando un inversor en este último caso.

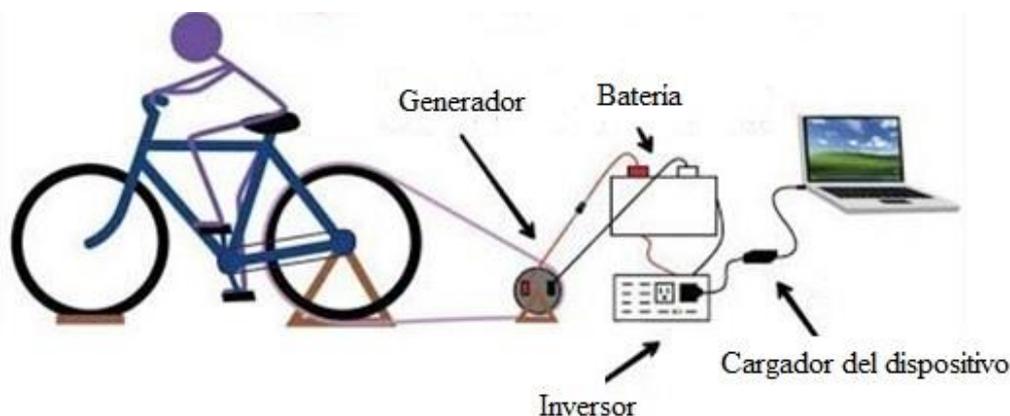


Figura 2.4. Esquema sencillo montaje generador de pedaleo

El segundo gran grupo de máquinas eléctricas rotativas es el de las dinamos, que transforman la energía mecánica en energía eléctrica. Mediante la rotación de cuerpos conductores en un campo magnético, se consigue generar corriente continua. El funcionamiento de la dinamo se basa en la generación de un campo magnético por los imanes que contiene. La bobina, por la influencia de dicho campo magnético, comienza a girar, generando de esta manera una corriente eléctrica inducida, que mediante unas escobillas se conducirá al exterior.

Las dinamos, al igual que los alternadores, suelen ir acompañadas de un regulador, para que la corriente suministrada y la tensión puedan mantenerse constantes (dentro de los límites teóricos) a pesar de que se reduzca la velocidad de rotación.

Tras comparar las dos máquinas rotativas expuestas, se ha decidido utilizar en el presente proyecto un alternador, debido a su mayor eficiencia (y menores pérdidas), por ser éste un aspecto especialmente importante en caso de utilizar la energía de propulsión humana, dado el esfuerzo que esto conlleva. Además, la vida útil del alternador es mucho mayor, siendo ésta una gran ventaja debido a las dificultades de renovación del dispositivo en un campo de refugiados y, por último, la capacidad de voltaje es mayor que en la dinamo, siendo una solución mejor a la hora de necesitar cargar un ordenador en vez de un dispositivo de menor capacidad, como un móvil. [5] A estas ventajas se suma la facilidad de poder tener acceso a un alternador (pudiendo encontrarlo en una chatarrería o en un desguace de coches), pues la dinamo suele resultar más difícil de encontrar.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La historia de la electricidad se remonta al principio de los tiempos, cuando rayos, relámpagos y truenos atemorizaban a todo ser vivo. Se empezó a tener más conciencia de ello en la época del antiguo Egipto, cuando se comenzó a utilizar ciertos animales, como el pez gato del Nilo, con fines terapéuticos. El poder maravilloso de los peces eléctricos (anguila eléctrica, pez gato) se conocía desde siglos antes del descubrimiento de la electricidad. Hoy en día, aún sin percatarse de ello, los seres vivos se encuentran rodeados, de alguna forma, de electricidad por todas partes: campos magnéticos, eléctricos, radiaciones de todo tipo, ondas de radio y televisión... [6]

El uso generalizado de la energía eléctrica se produjo en los países más avanzados del mundo a finales del siglo XIX. La incorporación de la energía eléctrica a la sociedad ha significado no sólo un avance tecnológico, sino una verdadera revolución social. Se ha producido un inmenso cambio en la vida cotidiana de las personas, desde poder iluminar las viviendas o calles y la comodidad de utilizar cualquier tipo de electrodoméstico, hasta poder comunicarse con otra persona que se encuentra en la otra punta del mundo. A esto hay que añadir el inmenso cambio que ha supuesto en los procesos de producción y fabricación y en la industria del transporte. Hoy en día, la electricidad es la energía que cubre más del 40 % de las necesidades humanas. [7]

Durante la segunda mitad del siglo XVIII y el primer tercio del siglo XIX los descubrimientos de científicos como Volta, Coulomb, Ampere y Ohm acerca de los fenómenos eléctricos y magnéticos supusieron un gran avance en la comprensión de los mismos. Partiendo de dichos descubrimientos, en 1831 Michael Faraday (1791-1867) inventó un dispositivo que generaba electricidad a partir de un movimiento mecánico, basándose en un concepto desconocido hasta entonces: la inducción electromagnética. Se trataba del primer generador electromagnético: el disco de Faraday (también llamado generador homopolar) que generaba una pequeña corriente continua mediante el giro de un disco metálico que está sometido a un campo magnético fijo. La dinamo fue el primer generador eléctrico apto para un uso industrial, construida en 1832 por el fabricante francés Hippolyte Pixii, que empleaba un imán permanente que giraba por medio de una manivela. Posteriormente, cabe destacar a James C. Maxwell (1831-1879), que en 1873 formuló las ecuaciones con las que se explican todos estos fenómenos electromagnéticos.

Poco tiempo después, el papel de Thomas A. Edison (1847-1931) fue determinante en el uso y la generalización de la energía eléctrica, siendo considerado “el padre de la energía eléctrica”. Sin embargo, pronto comenzaría la conocida “guerra de las corrientes”, donde la corriente continua quedaría desplazada por un nuevo rival: el sistema de corriente alterna

desarrollado por George Westinghouse (1846-1914) y Nikola Tesla (1856-1943). Este último se dio cuenta de que, al duplicar el voltaje, la corriente se dividía por dos, consiguiendo reducir las pérdidas resistivas de los cables. Todo esto hacía que los generadores de corriente alterna fuesen más eficaces, económicos y útiles, además de que las pérdidas eran menores y eran más seguros (ya que las corrientes también se reducían). [8]

El ser humano, desde sus inicios, no ha cesado en su búsqueda e intento de aprovechar cualquier fuente de energía disponible, como en su momento fueron las llamadas energías de sangre, donde se utilizaban animales y esclavos para los propósitos deseados. A principios de los años 70 del pasado siglo, debido a la crisis energética, muchas personas se centraron en encontrar nuevos métodos para conseguir energía de forma autónoma. Aunque las primeras ideas que surgieron fueron aprovechar fuentes renovables como el sol o el viento, surgió también la idea de producir energía gracias a la propulsión humana.

Una de las máquinas más eficientes a la hora de transmitir la potencia energética humana es la bicicleta, gracias a la posición que adopta el cuerpo y el movimiento de las piernas debido a su particular diseño. Por lo general, esta potencia transmitida la genera el ser humano a través de los músculos de su cuerpo, capaces de generar alrededor de unos vatios por kilogramo de masa. En todo este proceso de generación de energía, cabe destacar algunos factores determinantes, como la capacidad pulmonar (debido a la influencia del transporte de oxígeno en el proceso), la edad, el nivel de entrenamiento y, por supuesto, la alimentación de cada persona, pudiendo influir estos factores en la eficiencia muscular. [7]

Una de las primeras aplicaciones que se le dio a la rueda de la bicicleta para conseguir energía eléctrica fue la famosa dinamo, que hizo posible el circular de noche mediante la iluminación del camino a seguir y de otros vehículos. Posteriormente, siguiendo esas mismas líneas, aparecieron y se popularizaron las denominadas dinamos de buje, más eficientes gracias a la reducción de las pérdidas por rozamiento.

Con el paso de los años, han ido surgiendo generadores de pedaleo para, por ejemplo, conseguir luz, elevar agua con una bomba, moler grano o realizar un taladro (mostrado en la Figura 3.1), coser (como se puede observar en la Figura 3.2) e innumerables aplicaciones más.



Figura 3.1. Herramienta de taladro accionada por pedaleo



Figura 3.2. Máquina de coser montada sobre un triciclo en Yakarta

Otro claro ejemplo de ello es una ONG guatemalteca que desarrolló la Asociación Maya Pedal. A partir de una bicicleta (o piezas recicladas de la misma), mediante pedaleo, desarrollan proyectos que denominan autosostenibles (como el que se puede observar en la Figura 3.3), para conseguir energía limpia y al alcance de todos. [9]



Figura 3.3. Bicilicuada (licuadora a base de pedaleo) fabricada por Maya Pedal



Figura 3.4. Modelo de generador de pedaleo fabricado por Pedal Power

Hoy en día se sigue intentando mejorar o perfeccionar la misma idea que comenzó hace años para tratar de sacar el mayor provecho de ella, con proyectos como el de Pedal Power [10] (cuyo modelo se puede observar en la Figura 3.4) que comenzó en Nueva York, la bicicleta Free electric [11] o el Siva Cycle Atom [12], para conseguir la energía necesaria para, por ejemplo, cargar algún dispositivo electrónico o mantener las luces y los pequeños electrodomésticos de la casa funcionando.

Lo más asombroso es que la lista de ejemplos es interminable, como el de la ciudad de Ámsterdam, Holanda, donde se está intentado llevar a cabo una nueva propuesta energética muy innovadora que consiste en entregar a los ciudadanos unas ruedas especiales que utilizarán en sus bicicletas para conseguir electricidad para la red de la ciudad [13], o la innovadora idea de aprovechar la fuerza empleada por cada cliente del gimnasio [14], principalmente en bicicletas estáticas, para conseguir energía eléctrica 100% limpia y autoabastecerse [15]; y todas las ideas que quedan por descubrir...

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día es difícil, para una gran parte de la población mundial, pensar en llegar a casa y no poder contar con un enchufe que cargue el móvil o el ordenador y casi inimaginable no contar con agua caliente, calefacción o incluso que no se encendiese la luz al pulsar el interruptor. ¿Cómo “sobreviviría” cualquier persona de un país desarrollado en un campo de refugiados?

Por otro lado, la cantidad de recursos electrónicos para acceder a la información es inmensa a día de hoy, y no para todo el mundo está “al alcance de la mano”. Toda esa información permite aprender y adquirir conocimientos sobre cualquier tema que interese. Acercar a todas las personas que no cuentan con todas las facilidades del primer mundo a esos conocimientos puede conseguir su desarrollo intelectual y contribuir a su desarrollo profesional. Por ello la máquina, además de proporcionar electricidad en horas de oscuridad, ofrece una oportunidad de trabajo personal diario a los estudiantes, mediante la cual se descubrirá la cantidad de beneficios que se pueden llegar a tener, como, por ejemplo, la posibilidad de continuar sus estudios y, de esa manera, incluso forjarse un futuro laboral.

Con el desarrollo del presente proyecto se pretende ayudar a un sector desfavorecido de la población, que desgraciadamente es demasiado numeroso, a poder conseguir electricidad por sí mismos. Pero, a su vez, se propone una idea de generación de energía limpia e ilimitada, es decir, que se puede disfrutar de manera sostenible, que podría extenderse al resto del mundo, y quizá de este modo comprenda lo costoso que resulta obtenerla, ya que, como dijo Ligia Noronha, directora de la División de Economía ONU Medio Ambiente: *“Centrarse en la calidad del crecimiento es clave para mejorar la calidad de vida”*.

4.2 OBJETIVOS

El principal objetivo de este proyecto es que, en aquellos lugares donde no existen infraestructuras eléctricas, los estudiantes puedan utilizar ordenadores para su aprendizaje o, en un caso extremo, iluminar su vivienda, como se ha explicado anteriormente, por lo que este carácter “social”, que pretende conseguir ayudar a otros en vez de desarrollar un nuevo producto meramente comercial, lo convierte en un objetivo realmente bueno y destacable. En este sentido, la máquina será muy “provechosa” aunque con ella sus diseñadores no ganen dinero alguno, y la consecución del objetivo será plenamente satisfactoria para los participantes en el proyecto.

Además, resulta muy interesante poder ejercitarse para tener presente que, como profesionales, tenemos que informarnos y documentarnos sobre otras circunstancias de vida muy distintas a las nuestras.

Por último, cabe destacar que los procesos de producción de energía eléctrica son altamente contaminantes. Véanse, por ejemplo, las centrales térmicas al quemar combustibles fósiles, las centrales nucleares debido a la producción de residuos radiactivos, o incluso las que son consideradas “limpias”, como la eólica o la hidráulica, por el impacto medioambiental de los parques eólicos necesarios y de la construcción de embalses y presas, respectivamente.

Con el prototipo de generador eléctrico de pedaleo desarrollado en el presente proyecto, además de ayudar a personas que lo necesitan, se conseguirá energía eléctrica a pequeña escala, para las necesidades básicas, sin ninguna clase de impacto medioambiental o producción de residuos contaminantes.

4.3 METODOLOGÍA

Para el diseño y construcción de un generador eléctrico accionado mediante pedaleo hay que tener en cuenta que el proyecto consta de una parte mecánica, para acoplar el generador a la rueda trasera de una bicicleta; y de una parte electrónica, para almacenar y gestionar la carga y descarga de la batería, como elemento de almacenamiento de la energía generada.

Por un lado, cabe señalar que el generador utilizado en el proyecto (transformará la energía mecánica producida por el pedaleo en la bicicleta) será un alternador (siendo fácil de conseguir en un desguace de coches). En primer lugar, habrá que ensayar el alternador para obtener la curva característica de funcionamiento y, por tanto, en torno a qué valores es óptimo que trabaje, es decir, la tensión que se necesita. Para realizar dicho ensayo, además del alternador, se necesita un motor (que simulará el giro de la rueda trasera de la bicicleta) y una batería, cuya función será almacenar la energía generada, además de eliminar las fluctuaciones (ya que la energía que sale del generador no será constante). La batería utilizada será de 12 voltios, como la de un coche.

Una vez obtenida la curva característica del alternador, habrá que definir la relación de transmisión mecánica entre el alternador y la bicicleta.

Por otro lado, una vez se consigue la energía eléctrica necesaria a partir de energía mecánica, se debe ser capaz de adaptar la tensión de salida del alternador a la tensión de salida útil, que será utilizada en los procesos antes descritos. Además, habrá que gestionar la carga y descarga de la batería, donde se ha almacenado la energía generada. Por otro lado,

se controlará la tensión de la batería para dar un aviso al ciclista cuando la batería se encuentre completamente cargada, es decir, cuando puede dejar de pedalear.

4.4 IMPACTO AMBIENTAL

Para evaluar el impacto ambiental del proyecto hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La intensidad y extensión del impacto (gravedad de las repercusiones apreciables en la superficie de suelo o territorio), al igual que el efecto del mismo (directo o indirecto).
- La reversibilidad del impacto (capacidad de corrección por parte del propio medio, sin necesidad de intervención humana) y la recuperabilidad (posibilidad de corrección por medios humanos).
- La periodicidad del impacto (se da de forma continua, de forma cíclica o periódica en el tiempo o de forma impredecible o aleatoria) y la persistencia del mismo.

Como se ha explicado anteriormente, al ser los campos de refugiados lo que se puede considerar una “solución temporal o provisional” para las personas que tienen que establecerse allí, la manera innovadora de conseguir energía planteada consiste únicamente en una bicicleta que se colocará en una estructura en los hogares para convertirla en estática. Por tanto, no se prevé repercusión apreciable alguna en el medioambiente. En proyecto no necesita construir ni demoler infraestructura alguna que pudiera requerir medidas precautorias o correctoras de impactos, sino que puede trasladarse como si de mobiliario se tratase en caso de que el campo de refugiados ya no fuese necesario en el futuro o se desplazase a otro lugar.

Por otro lado, cabe señalar que dicha energía generada será limpia e ilimitada, pudiéndose disfrutar de manera sostenible a pequeña escala, sin producción de residuos contaminantes (salvo la gestión de los materiales constituyentes como residuos al llegar al final de su vida útil) ni impacto medioambiental previsible, siendo el proyecto totalmente compatible.

Capítulo 5. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

El presente proyecto se puede dividir claramente en dos partes:

- Una parte mecánica: análisis del generador y de la relación de transmisión entre éste y la bicicleta, y diseño de la unión alternador-bicicleta.
- Una parte electrónica: análisis de la carga y descarga de la batería, como elemento de almacenamiento de la energía generada (y aviso al ciclista cuando esté completamente cargada).

5.1 DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO

5.1.1 ANÁLISIS DEL GENERADOR

En el presente proyecto la máquina eléctrica rotativa utilizada para transformar la energía mecánica en eléctrica es un alternador, que produce corriente alterna a partir de la inducción del campo magnético del rotor sobre las bobinas del estátor.

Se analiza el generador dentro de la parte mecánica, a pesar de ser una máquina eléctrica, porque se requiere determinar la velocidad de giro óptima del alternador para poder establecer la relación de transmisión pertinente (movimiento mecánico).

Se ha utilizado un alternador ya que, al estar el proyecto diseñado para ser utilizado en un campo de refugiados en Sudán del Sur y poderse extender la idea a otros campos de refugiados o lugares del mundo con menos recursos, el principal factor que debe influir en la elección del generador es la facilidad para encontrar y adquirir dicha máquina, es decir, un generador relativamente accesible. Un alternador de micro-coche como el utilizado en el proyecto puede conseguirse en cualquier desguace de coches, como ha sido obtenido en este caso para el desarrollo del presente proyecto. El propio alternador lleva incorporado o integrado el regulador de tensión (es interno), que mantiene constante la tensión dentro de los rangos aceptables, como en el esquema mostrado en la Figura 2.2.

En primer lugar, mediante un ensayo del alternador en carga, se pretende obtener la curva característica del mismo y, de esta manera, observar la velocidad de trabajo óptima del alternador.

Para realizar dicho ensayo, el alternador se arrastra mediante un motor trifásico alimentado con un variador de frecuencia, al objeto de realizar un ensayo a velocidad variable y determinar la zona de mejor rendimiento del alternador. Ambas máquinas están montadas sobre bancada y la conexión entre ellas se realiza mediante correa plana (Figura

5.1). También se precisa de una batería, la cual aporta la corriente eléctrica de preexcitación durante el arranque del alternador.

Se realiza un segundo ensayo para corroborar los resultados obtenidos en el primero y, además, medir la potencia activa de motor.



1. Motor eléctrico trifásico
2. Alternador micro-coche
3. Soporte motor-alternador
4. Cuadro de control del motor
5. Batería 12 V
6. Correa de unión o transmisión

Figura 5.1. Partes y montaje para ensayo del generador

5.1.1.1 Resultados de los ensayos

Tabla 5.1. Datos del primer ensayo del generador

Ensayo nº:	1	
Fecha:	29/01/2020	
Medidas realizadas		
Tensión de la batería [V]	Intensidad del generador [A]	n _{ALTERNADOR} [rpm]
12,30	0	990
12,30	0,70	1015
12,40	3,00	1080
12,58	4,20	1130
12,86	5,40	1215
13,45	8,20	1300
13,56	8,60	1400
13,58	8,10	1630
13,60	8,00	1830
13,62	7,90	2000
13,63	7,90	2280
13,66	7,90	2800
13,67	7,89	3200
13,70	7,81	3280

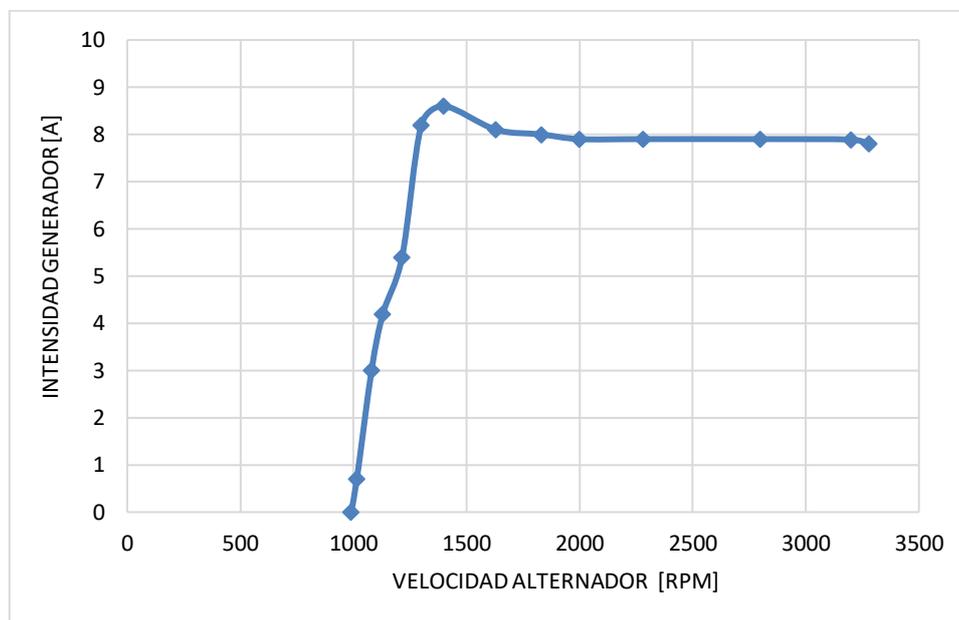


Figura 5.2. Gráfica velocidad – intensidad del generador

Tras realizar el primer ensayo de carga del alternador se toman las medidas (manteniendo constantes las condiciones del entorno) mostradas en la Tabla 5.1, es decir, tensión de la batería, intensidad y velocidad angular del generador ($n_{\text{alternador}}$), para lo que se necesita un voltímetro, un amperímetro y un tacómetro. Con dichas medidas se puede representar en una gráfica, como la mostrada en la Figura 5.2, la intensidad del generador en función de la velocidad del mismo. En la gráfica se puede observar que una vez la velocidad del generador llega a 1500 rpm, la intensidad prácticamente no varía y se mantiene constante en un valor de 8 A aproximadamente. Esto se debe a la influencia del regulador de tensión, que como se ha comentado anteriormente regula el valor de la corriente de excitación y, con ello, la magnitud del campo magnético del rotor, en función de la tensión generada en el alternador, manteniendo de esta manera la tensión en bornes del alternador constante hasta el máximo valor de corriente.

Tabla 5.2. Datos del segundo ensayo del generador

Ensayo nº:			2					
Fecha:			04/02/2020					
$n_{\text{MOTOR}}/n_{\text{ALTERNADOR}} [-]$			0,57					
Rendimiento motor (η_{motor})			0,85					
Rendimiento correa transmisión (η_{correa})			0,98					
Medidas realizadas				Valores calculados				
$n_{\text{alternador}}$ [rpm]	Tensión batería [V]	Intensidad alternador [A]	Potencia activa MOTOR [W]	Potencia mecánica alternador [W]	n_{motor} [rpm]	Par MOTOR [Nm]	Potencia útil generador [W]	Rendimiento alternador ($\eta_{\text{alternador}}$) [%]
2910	14,2	7,5	350	292	1672	2,0	106,5	36,5
2750	14,2	7,5	360	300	1580	2,2	106,5	35,5
2460	14,2	7,5	370	308	1414	2,5	106,5	34,6
2250	14,2	7,5	350	292	1293	2,6	106,5	36,5
1950	14,2	7,5	345	287	1121	2,9	106,5	37,1
1750	14,2	7,5	340	283	1006	3,2	106,5	37,6
1600	14,2	7,5	340	283	920	3,5	106,5	37,6
1390	14,2	7,5	380	317	799	4,5	106,5	33,6
1280	14,0	7,2	400	333	736	5,2	100,8	30,3
1220	13,5	6,0	350	292	701	4,8	81	27,8
1140	13,0	3,9	280	233	655	4,1	50,7	21,7
1100	12,8	3,0	260	217	632	3,9	38,4	17,7
1085	12,8	2,3	240	200	624	3,7	29,44	14,7
1070	12,6	1,9	230	192	615	3,6	23,94	12,5
1050	12,6	1,3	217	181	603	3,4	16,38	9,1
1030	12,5	0,4	200	167	592	3,2	5	3,0
1010	12,4	0,1	190	158	580	3,1	1,24	0,8

Tras realizar el segundo ensayo de carga del alternador se toman las medidas mostradas en la Tabla 5.2, es decir, velocidad angular del generador, tensión de la batería, intensidad del generador y potencia activa del motor (para lo que se necesita, aparte de los aparatos de medida del ensayo anterior, un analizador de redes para la potencia, ya que el motor es trifásico). El resto de parámetros mostrados en la Tabla 5.2 se han calculado utilizando las ecuaciones que se exponen a continuación. [16]

Ecuación 5.1. Relación simplificada motor – alternador

$$n_{motor} = i \cdot n_{alternador}$$

En la Ecuación 5.1 (sin simplificar Ecuación 5.2); **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** el valor de i (Ecuación 5.3) se corresponde con la relación de transmisión por correa motor-alternador, obtenida a partir de los diámetros de las poleas del motor ($d_{motor}=109,1$ mm) y el alternador ($d_{alternador}=62,7$ mm).

Ecuación 5.2. Relación completa motor – alternador

$$n_{motor} \cdot R_{motor} = n_{alternador} \cdot R_{alternador}$$

Ecuación 5.3. Cálculo del valor de relación

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{alternador}} = \frac{R_{alternador}}{R_{motor}} = \frac{d_{alternador}}{d_{motor}} = \frac{62,7}{109,1} = 0,575$$

Por otro lado, a partir de la potencia activa y la velocidad del motor, se puede obtener el par motor según la Ecuación 5.4:

Ecuación 5.4. Cálculo del par motor

$$Par_{motor} = \frac{Potencia\ activa_{motor}}{n_{motor} \cdot \frac{\pi}{30}}$$

A continuación, en la Ecuación 5.5 se refleja la relación entre la potencia activa del motor y la potencia mecánica del alternador, relacionados a través de los rendimientos del motor (η_{motor}) y de la correa de transmisión (η_{correa}). Se toman valores típicos para ambos: $\eta_{motor} = 0,85$ y $\eta_{correa} = 0,98$.

Ecuación 5.5. Cálculo de la potencia mecánica del alternador

$$Potencia\ mecánica_{alternador} = Potencia\ activa_{motor} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{correa}$$

Por último, según la Ecuación 5.6 se calculará la potencia útil del generador a partir de las medidas tomadas, y se introducirá dicho valor en la Ecuación 5.7 para calcular finalmente el rendimiento del alternador (sabiendo la potencia de entrada y la de salida del mismo).

Ecuación 5.6. Cálculo de la potencia útil del generador

$$Potencia\ útil_{generador} = Tensión_{batería} \cdot Intensidad_{alternador}$$

Ecuación 5.7. Cálculo del rendimiento del alternador

$$\eta_{\text{alternador}} = \frac{\text{Potencia útil}_{\text{generador}}}{\text{Potencia mecánica}_{\text{alternador}}} \cdot 100$$

Con las medidas de la Tabla 5.2 se puede representar las potencias mecánica y útil del alternador en función de la velocidad (Figura 5.3). Se puede observar que una vez se alcanza el pico de potencia máxima, a pesar de que la velocidad del generador aumente la potencia del motor no lo hace.

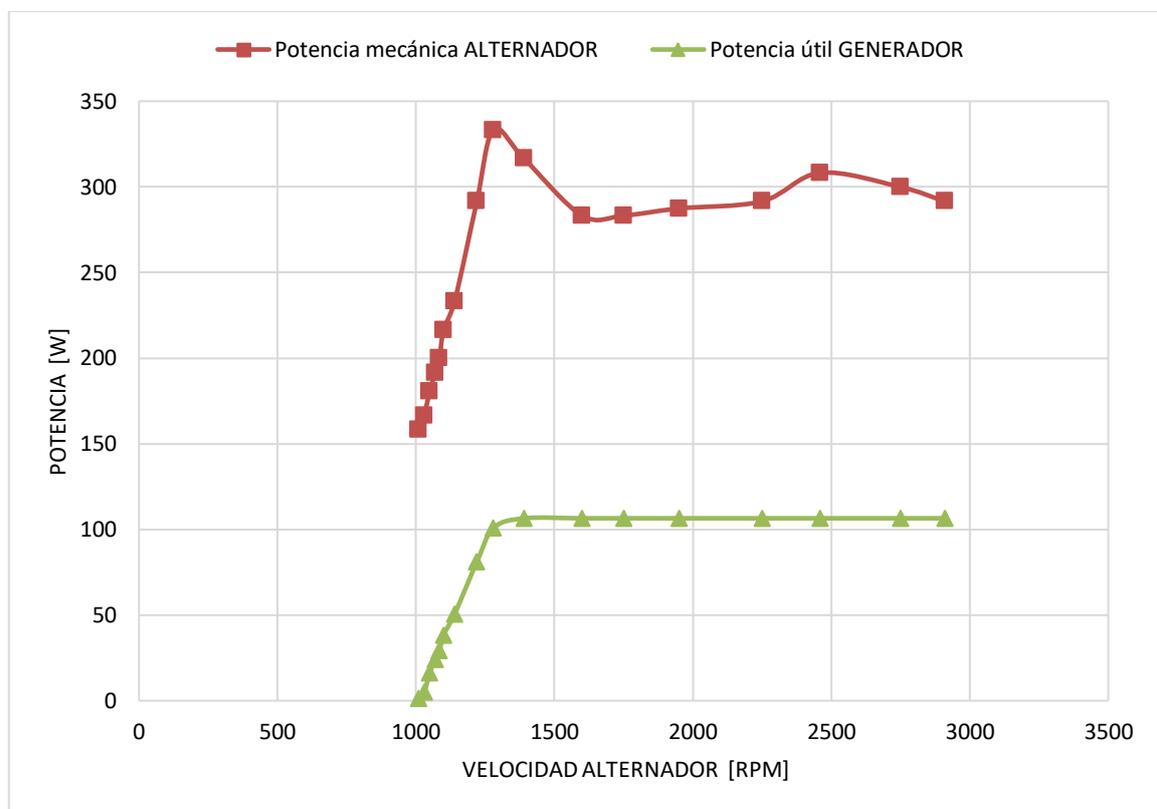


Figura 5.3. Gráfica velocidad – potencia del alternador

Al transformar energía mecánica en eléctrica es inevitable que se produzcan diferentes pérdidas (pérdidas en el hierro debidas al cambio del campo magnético en el hierro del estator y del rotor por efectos de histéresis y de corrientes parásitas, pérdidas en el cobre en el devanado del estator y pérdidas mecánicas por rozamiento). En la Figura 5.3 se puede observar claramente la influencia de todas estas pérdidas en la potencia útil final del generador.

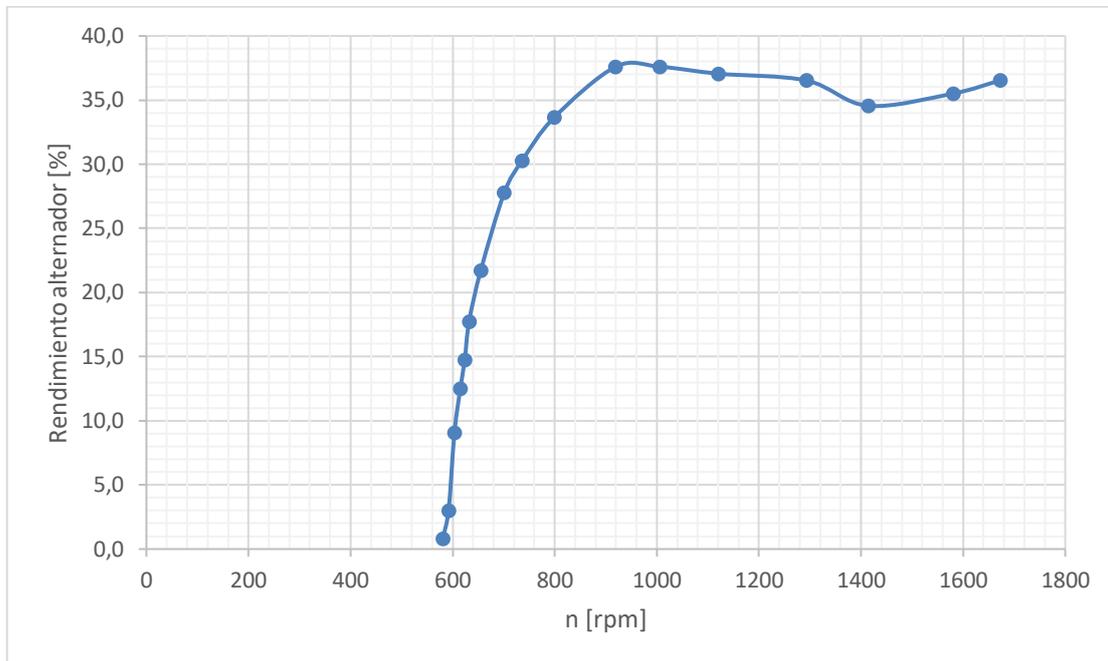


Figura 5.4. Gráfica velocidad - rendimiento del alternador

El rendimiento máximo de un alternador refrigerado por aire es aproximadamente del 65% a una cierta velocidad, y disminuye con rapidez para velocidades inferiores. En la práctica, y debido a la marcha habitual a carga parcial de los alternadores, su rendimiento es algo menor, en torno al 55% [17]. Los alternadores de los micro-coches, como es el caso del presente proyecto, presentan valores aún menores, donde el máximo encontrado ha sido del 38%. Considerando la zona óptima de trabajo para el alternador como aquella en la que el rendimiento es prácticamente plano, resulta que para el presente alternador se alcanza por encima de 920 rpm (Figura 5.4).

Sin embargo, se recomienda el uso de un alternador de un vehículo no micro-coche, ya que es más habitual y, por tanto, más fácil de encontrar, además de que tendrá, previsiblemente, un rendimiento algo mayor que el obtenido.

Por otro lado, la Figura 5.5, también utilizando las medidas de la Tabla 5.2, muestra la gráfica donde se representa el par del motor en función de su velocidad. Se puede observar un par máximo de 5,2 N·m, a 736 rpm.

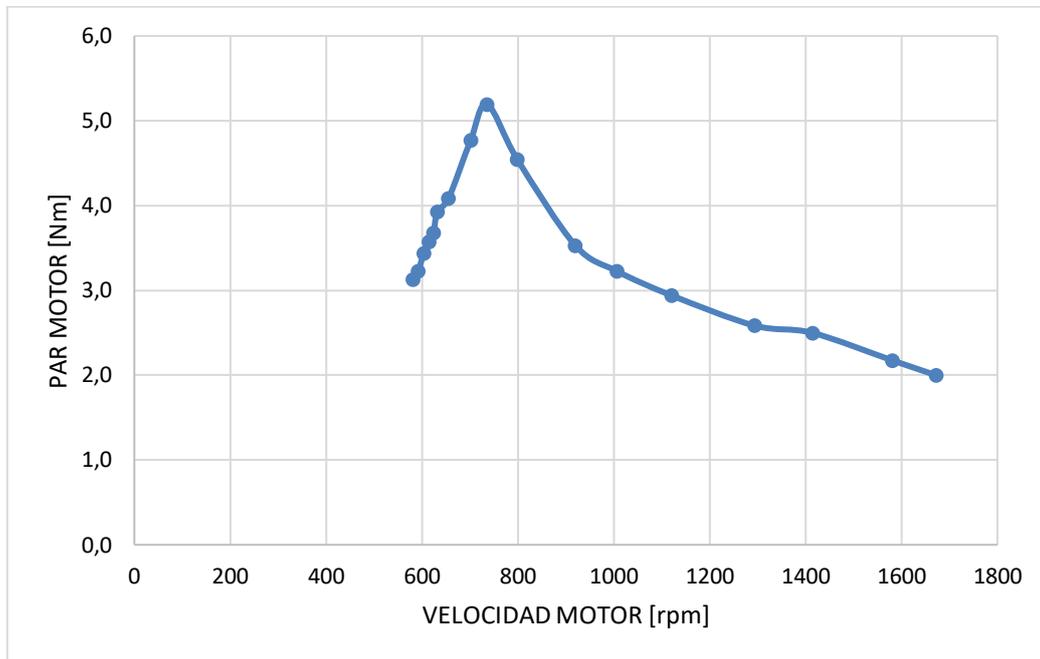


Figura 5.5. Gráfica velocidad motor – par motor

5.1.2 ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN

La potencia mecánica media mantenida sobre una bicicleta que puede desarrollar una persona tiene un valor aproximado de 50 W, con una cadencia de unos 90 pedaleos por minuto. El consumo energético muscular asociado es superior a este valor, encontrándose en torno a los 150 W. Estos valores son variables y dependen de factores como la masa muscular del ciclista, nivel de entrenamiento, entorno y terreno por el que se rueda, etc.

De cara a la generación de energía eléctrica mediante un alternador accionado por pedaleo, un factor importante es el rendimiento de la cadena cinemática de la bicicleta. Pero ésta suele presentar un valor relativamente alto, por ejemplo, para 48 dientes en la corona y 12 en el piñón, únicamente produce una pérdida del 10% desde el pedal a la rueda, lo que, para una potencia muscular al pedal de 50 W, deja libre una potencia mecánica al alternador de 45 W. [7]

Teniendo en cuenta que, por un lado, los ensayos realizados arrojan una velocidad óptima del alternador por encima de 920 rpm y que, por otro lado, la rueda trasera de la bicicleta tiene un diámetro de 640 mm, se estudian a continuación diferentes métodos de transmisión sencillos [16] pensando en su montaje en un campo de refugiados.

5.1.2.1 Estudio de los distintos métodos transmisión

- **Transmisión por piñón y cadena:** instalando un piñón en el eje trasero de la bicicleta (Figura 5.6) y realizando la conexión bici-alternador mediante una cadena. Es apropiado cuando se requieren relaciones de transmisión próximas a la unidad, pero presenta el inconveniente que requiere modificar la configuración de la rueda trasera, salvo cuando ésta disponga de varios piñones, en cuyo caso uno se puede emplear para el accionamiento de la rueda y otro para el accionamiento del alternador. Otra opción consistiría en conectar un piñón montado en el eje del alternador sobre la propia cadena de la bicicleta (Figura 5.7). Con esta solución no hay desgaste del neumático, pero presenta el inconveniente que la correcta alineación del generador es algo más complicada.

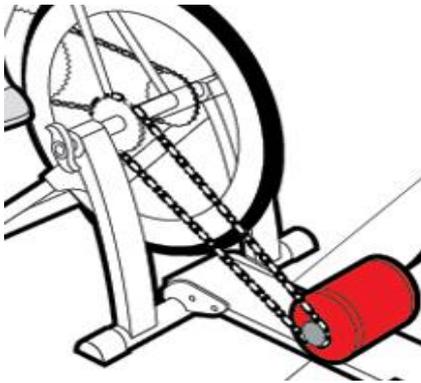


Figura 5.6. Transmisión por piñón y cadena

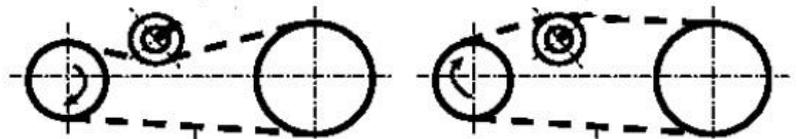


Figura 5.7. Transmisión por piñón y cadena (la de la propia bicicleta)

- **Transmisión mediante polea y correa:** similar a la transmisión mediante piñón y cadena, con la diferencia que estos elementos se sustituyen por una polea y una correa. Este sistema aporta grandes relaciones de transmisión bici-alternador, con el inconveniente que se precisa modificar la configuración de la rueda trasera. Una sencilla alternativa sería utilizar la llanta de la rueda (prescindiendo del neumático) como polea (Figura 5.8), lo cual requeriría una correa de transmisión y una polea en el alternador.



Figura 5.8. Transmisión por polea y correa



Figura 5.9. Transmisión por rodillo

- **Transmisión mediante rodillo de fricción:** disponiendo un rodillo en el eje del alternador y arrastrado por el contacto con el neumático de la bicicleta (Figura 5.9). En este caso, no sería necesaria ninguna modificación en la bicicleta, aunque el desgaste de la cubierta sería un poco mayor, al igual que el esfuerzo del usuario, debido a la deformación del neumático. Esta solución es apropiada para relaciones de transmisión altas (por encima de 10). Una ventaja añadida de este sistema viene del hecho que no se requiere de elemento intermedio de conexión rueda-alternador, como sí se precisa en los sistemas mencionados anteriormente (cadena o correa).

Finalmente, tras barajar las alternativas presentadas, la elegida para el presente proyecto es el rodillo. En primer lugar, porque se requiere una relación de transmisión alta, el mínimo valor eficiente de dicha relación de transmisión es $i_{\min} = 920/90 \geq 10$ y, en segundo lugar, por la simplicidad, facilidad de montaje y rápida puesta en marcha que supone este sistema. Sin embargo, dado que en algún caso podría resultar complicado conseguir los materiales adecuados para la construcción del rodillo en el campo de refugiados, se estudiará también la transmisión mediante la llanta desnuda y polea en el alternador, que también es una solución adecuada para altas relaciones de transmisión.

5.1.3 DISEÑO RODILLO

Teniendo en cuenta que el funcionamiento eficiente del alternador se encuentra a velocidades por encima de 920 rpm (Figura 5.4), y que, según se ha establecido anteriormente, un ritmo de pedaleo de 95 rpm es cómodo y no requiere gran esfuerzo, el valor máximo del diámetro medio del rodillo de arrastre, según la Ecuación 5.8, debe ser:

Ecuación 5.8. Diámetro del rodillo de arrastre

$$d_{\text{rodillo}} = d_{\text{rueda}} \frac{n_{\text{rueda}}}{n_{\text{rodillo}}} = 640 \cdot \frac{90}{920} = 62,6 \text{ mm}$$

Donde el valor de 640 mm corresponde con el diámetro exterior de la rueda (considerado constante). Valores más pequeños del rodillo que los estrictamente necesarios fatigan excesivamente el neumático, por lo que no son recomendables.

Dentro de la transmisión por rodillo, se pueden distinguir dos tipos principales: de rodillo fijo (Figura 5.10) y de rodillo de rulo (Figura 5.11). El primer tipo dispone de un único rodillo e incorpora un soporte para la bicicleta. El segundo tipo requiere no requiere soporte adicional para la bici, pero precisa de gran pericia del ciclista para mantener el equilibrio si caerse. Los rodillos de rulo se emplean para entrenamiento indoor de ciclistas.



Figura 5.10. Rodillo fijo



Figura 5.11. Rodillo de rulo

En el presente proyecto se opta por el rodillo fijo, dado que es simple, incorpora el alternador y mantiene al ciclista en todo momento en posición estable.

Una vez se han definido las dimensiones del rodillo, se pretende estudiar distintos materiales posibles para su desarrollo (dado que en algún caso podría resultar complicado conseguir ciertos materiales):

- Acero: las propiedades del acero más importantes son la conformabilidad y durabilidad, resistencia a la tracción y su buena resistencia a la fluencia, buena conductividad térmica, y, para los aceros inoxidables, la resistencia a la corrosión.
- Madera: entre sus propiedades físicas cabe destacar su resistencia mecánica, sobre todo cuando las tensiones principales se orientan en el sentido de las fibras; su gran flexibilidad, que permite que pueda ser curvada o doblada mediante calor, humedad o presión; la dureza, mayor o menor dependiendo del tipo de madera; y su buena capacidad como aislamiento térmico, eléctrico y acústico.
- Plástico: Para evitar deslizamientos entre el rodillo y la rueda (que perjudican la transmisión), como puede ocurrir en caso de utilizar termoplásticos (por ejemplo, el nylon), la opción más recomendable es el uso de elastómeros. Entre los polímeros que son elastómeros se encuentran el poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno, y los poliuretanos. Tienen una capacidad característica de sufrir grandes deformaciones elásticas sin ruptura; son blandos y tienen un bajo módulo elástico.

Se entiende que la solución idónea sería un rodillo de acero, pero, si no hubiese calderería en destino, se supone que la alternativa más adecuada sería un rodillo de la madera más resistente y menos sensible a la humedad que pudiera localizarse (madera de olivo o similar).

5.1.4 ESTUDIO DE OTRAS ALTERNATIVAS (DISEÑO POLEA)

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en el apartado anterior, el valor máximo del diámetro medio de la polea del alternador se obtiene, siguiendo la Ecuación 5.9 (sistema de transmisión directa), de la velocidad mínima de funcionamiento eficiente del alternador (920 rpm), de la cadencia media de pedaleo (95 rpm) y del diámetro (600 mm) de la llanta desnuda (sin neumático):

Ecuación 5.9. Diámetro de la polea del alternador

$$d_{polea\ alternador} = d_{llanta\ rueda} \cdot \frac{n_{rueda}}{n_{rodillo}} = 90 \cdot \frac{600}{920} = 58,7\ mm$$

En este tipo de transmisión mediante polea y correa, se precisan dos poleas: una conductora o motora, montada sobre la llanta desnuda de la rueda trasera, y otra conducida, montada sobre el alternador y arrastrada por la primera.

Por otro lado, hay que estudiar los distintos tipos de correa para elegir la mejor opción para el proyecto. Como se puede observar en la Figura 5.12, los principales tipos son redondas, trapezoidales, planas y dentadas. A pesar de que las trapezoidales y dentadas son las más utilizadas, ya que garantizan el agarre (evitando posibles deslizamientos), la opción

más apropiada para el presente proyecto es la redonda, dado que se adapta muy bien a la forma de media luna de la llanta de la bici. Esto obligará a construir el canal de la polea conducida también en forma de media luna.

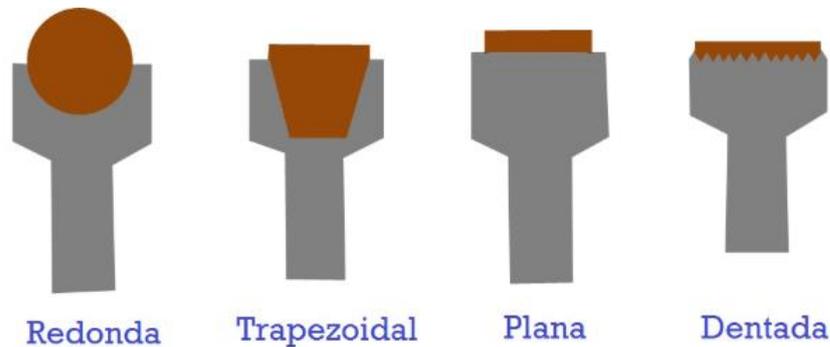


Figura 5.12. Tipos de correa [18]

El material utilizado en este tipo de correas suele ser caucho, resistente al desgaste; a lo que se suele sumar un refuerzo con cuerdas para mejorar el comportamiento a tracción.

Dada la posible dificultad para encontrar una correa redonda suficientemente larga como la que se precisa para abarcar la llanta y el alternador, una opción sencilla sería utilizar una cámara de rueda de bicicleta como elemento de transmisión. Pero debería ser una cámara de una rueda del mayor diámetro posible, al objeto de que la distancia entre los ejes de la bici y el alternador pueda ser considerable y el ángulo abarcado por el contacto correa-polea alternador sea lo más amplio posible que evite el deslizamiento entre ambos. Otras alternativas más imaginativas pueden ser el uso de un cinturón de seguridad de un coche de desguace (cosiéndolo o remachándolo para hacerlo continuo), aunque el agarre no es tan bueno como con goma, o bien una correa de distribución de un coche, cuya longitud puede llegar hasta los dos metros y medio de longitud.

5.2 DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

5.2.1 ANÁLISIS BATERÍA

En el presente proyecto, también se llevará a cabo el análisis de la carga y descarga de la batería, como elemento de almacenamiento de la energía generada.

El funcionamiento de las baterías de plomo-ácido (coche) está basado en una pila electroquímica. Al colocar una carga eléctrica en los terminales de la batería, los electrones fluyen de un electrodo a otro (generando una corriente eléctrica). Las baterías están formadas por varios pares de electrodos (uno positivo y otro negativo) que se sitúan en compartimentos independientes llamados celdas, donde están sumergidos en una disolución que recibe el nombre de electrolito. La solución del electrolito contiene iones cargados formados por sulfato (cargados negativamente) e hidrógeno (con carga positiva). En las baterías de plomo ácido, el electrodo positivo se compone de una placa de plomo recubierta por óxido de plomo (II), PbO_2 , y el electrodo negativo por plomo esponjoso. Reciben el nombre de baterías de plomo "ácido" porque utilizan como electrolito una disolución de ácido sulfúrico. [19]

Cuando una carga eléctrica se coloca en los terminales de la batería el ácido sulfúrico se descompone y los iones de sulfato resultantes se desplazan a las placas negativas, reaccionando con el material activo de la placa abandonando su carga negativa a través de la ionización. Esto hace que la batería se descargue o produzca energía eléctrica.

Al cargar una batería se invierte el proceso químico que tiene lugar durante la descarga, es decir, los iones de sulfato y de hidrógeno cambian sus posiciones. La energía eléctrica utilizada para cargar una batería se vuelve a convertir en energía eléctrica y se almacena dentro de la batería. [20]

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el cargador de un ordenador portátil, convierte el voltaje de la red eléctrica a la que se enchufa para que pase de unos 100-240 voltios (según la zona del mundo en la que estemos) a unos 12-14 voltios (que es lo que un ordenador portátil suele admitir). El cargador, propio de cada dispositivo, se asegura de generar, a partir de la red, una tensión igual a la de alimentación del dispositivo y una corriente igual o superior a la de alimentación (una corriente menor podría dañar la fuente de energía del portátil), consiguiendo alimentar el dispositivo con una potencia igual o superior a la nominal.

Por dicho motivo, la conexión batería-portátil (cargador de portátil) se debe realizar mediante un inversor de corriente para transformar corriente continua (12 V almacenados en la batería) en corriente alterna a 220 V. Se elige este voltaje, aunque la red eléctrica en Sudáfrica sea de 240V [21], porque dicho inversor es más común y, por tanto, fácil de

encontrar, a lo que se suma que los cargadores de los distintos dispositivos (cargadores universales) soportan tensiones de entradas desde 100V a 240 V.

Un ordenador portátil consume alrededor de 140 W (20V x 7A). La potencia nominal del inversor es la potencia máxima que puede entregar, pero la eficiencia del inversor será menor (<95%) si la potencia del dispositivo alimentado no es inferior a la nominal del inversor. Por dicho motivo, es aconsejable adquirir un inversor de mayor potencia, aproximadamente el doble de la potencia para la cual se desea utilizar. Sin embargo, tampoco se debe sobredimensionar el inversor, ya que a muy bajas potencias la eficiencia tampoco es muy buena, como se puede observar a continuación en la Figura 5.13. En conclusión, un inversor de aproximadamente 300 W que transforma 12V en 220V sería la elección idónea para la finalidad del presente proyecto, pudiéndose utilizar para la carga de numerosos dispositivos de una manera muy económica.

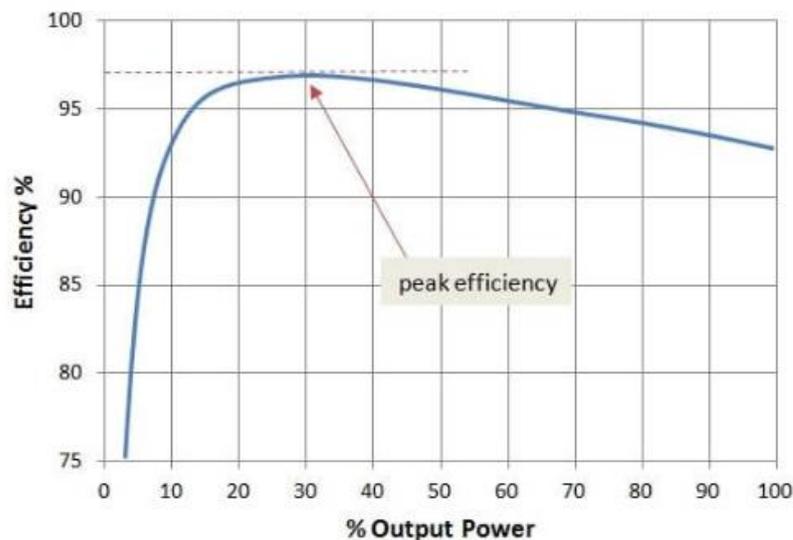


Figura 5.13. Eficiencia del inversor-Potencia máxima/Potencia de salida [22]

Por último, se debe diseñar un sistema que controle la tensión de la batería, relacionada directamente con el estado de carga de la misma, que sirva para informar al ciclista del estado en que se encuentra la batería y, por ejemplo, deje de pedalear cuando se encuentre completamente cargada.

Dado que se trata de una batería de 12V-44ah y teniendo en cuenta que un usuario puede aportar entre 50 y 100W en función de distintos factores, como el nivel de entrenamiento, la batería tardará en cargarse completamente entre 5 y 10 horas aproximadamente, siguiendo la Ecuación 5.10:

Ecuación 5.10. Tiempo de carga de la batería

$$T_{carga}[h] = \frac{12[V] \cdot 44[A \cdot h]}{\text{Potencia aportada por el usuario [W]}}$$

5.2.2 DISEÑO

Para el diseño de este sistema se utiliza un Arduino que leerá, a través de una entrada analógica, la tensión de la batería. Dependiendo de esta tensión, se encenderá un LED de un color distinto, que servirá para informar al ciclista del estado de carga de la batería. Si la batería se encuentra completamente cargada, se encenderá un LED verde. Si la batería se encuentra en un nivel de carga medio, se encenderá un LED amarillo. Por último, si la batería se encuentra en unos niveles de carga insuficientes o completamente descargada, se encenderá un LED rojo.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que es muy peligroso suministrar más de 5V a los pines analógicos de Arduino. Al tratarse de una batería que puede llegar hasta los 14,5 V aproximadamente, se diseña un pequeño circuito (un divisor de tensión, mostrado en la Figura 5.14), para que la entrada analógica que lea el Arduino (que seguirá la Ecuación 5.11) nunca supere los 5V.

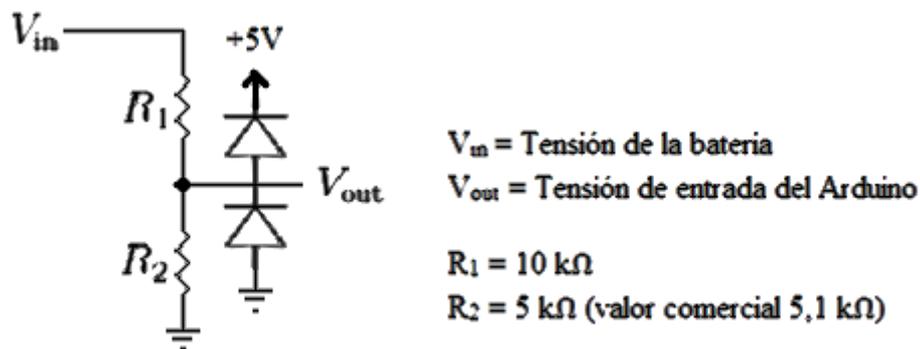


Figura 5.14. Esquema divisor de tensión

Cabe señalar que se deben incluir dos diodos a la salida, como se muestra en el esquema de la Figura 5.14, para proteger el Arduino de sobretensiones en caso de que R2 se desconecte o rompa (ya que la entrada del Arduino recibiría directamente la tensión de la batería, V_{in}). El diodo cuyo cátodo se encuentra conectado a una fuente de tensión de 5V conducirá siempre que V_{out} sea mayor que 5V, evitando que entre al Arduino una tensión mayor (la batería puede llegar hasta 14,2V); mientras que el diodo cuyo ánodo se encuentra conectado a tierra conducirá en caso de que se invierta la tensión de la batería, evitando de esa manera que entre al Arduino una tensión menor que 0V (que tampoco soportaría).

Ecuación 5.11. Divisor de tensión

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1} = V_{in} \cdot \frac{5,1}{15,1}$$

Por otro lado, cada LED (que indica el estado de carga) debe ir acompañado de una resistencia, que limitará la corriente que pasa por los mismos (un valor típico asociado a dicha corriente es 10 mA). El valor elegido para dichas resistencias es de 360 Ω , siguiendo la Ecuación 5.12, donde la tensión que deben soportar las resistencias será como máximo 5V menos la caída de tensión en el diodo (1,4V).

Ecuación 5.12. Resistencia que acompaña al LED

$$R = \frac{5V - 1,4V}{10 \text{ mA}} = 0,36 \text{ k}\Omega = 360 \Omega$$

Todos los aspectos indicados anteriormente se ven reflejados en el diseño del circuito mostrado en la Figura 5.15.

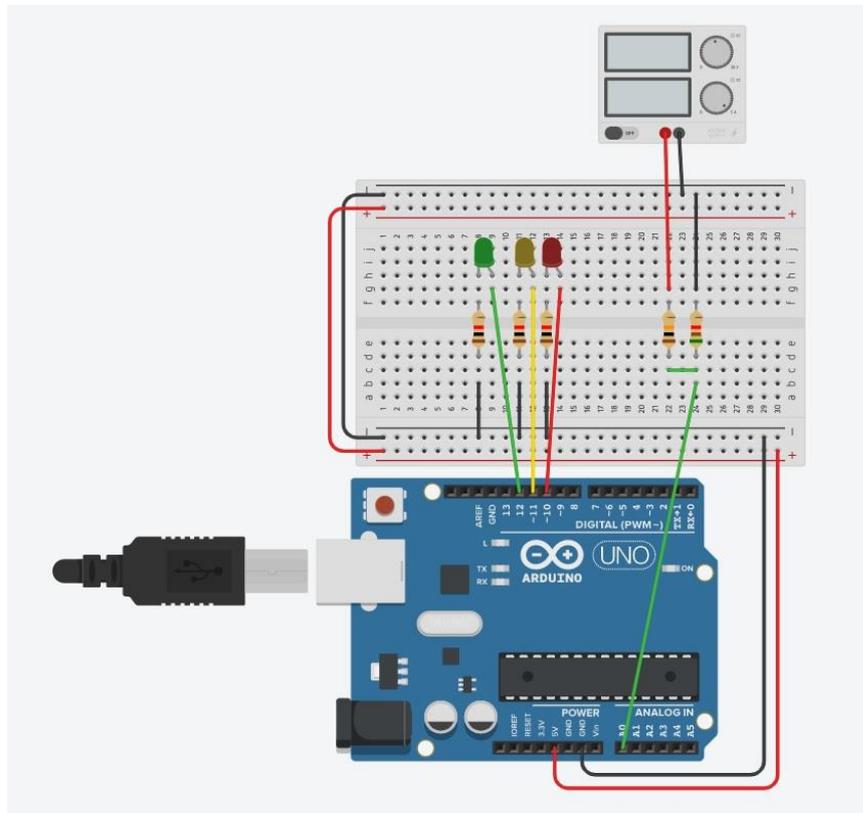


Figura 5.15. Montaje circuito diseñado [23]

A continuación, se escribe un código correspondiente al cumplimiento de los objetivos anteriormente descritos:

```
void setup()
{
    pinMode (12, OUTPUT);
    pinMode (11, OUTPUT);
    pinMode (10, OUTPUT);
    pinMode (A0, INPUT);
}

void loop()
{
    int Vout= analogRead(A0);
    float voltage =Vout*(5.0/1023.0);

    if (voltage>=4.8){ //correspondiente a una tensión de 14,2V
        digitalWrite (11,LOW);
        digitalWrite (10,LOW);
        digitalWrite (12,HIGH);
    }
    else if (voltage<4.8 && voltage>=3.8){
        digitalWrite (12,LOW);
        digitalWrite (10,LOW);
        digitalWrite (11,HIGH);
    }

    else if (voltage<3.8){ //correspondiente a una tensión de 11,2V
        digitalWrite (12,LOW);
        digitalWrite (11,LOW);
        digitalWrite (10,HIGH);
    }
}
```

En primer lugar, se deben definir las entradas (INPUT) y salidas (OUTPUT) utilizadas (eligiendo los pines del Arduino correspondientes necesarios).

Tras haber definido las entradas y salidas, se procede al desarrollo de la lógica del programa. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

1. Se lee el pin analógico donde se tiene conectada la salida del divisor de tensión (para que la tensión medida sea menor que 5V), y se almacena dicho valor en la variable "Vout".
2. Se calcula la tensión que se corresponde con dicho valor medido (ya que Arduino Uno tiene una resolución de 10 bits, es decir, unos valores entre 0 y 1023), sabiendo que la máxima tensión medida será de 5V (que se corresponderá con el valor 1023) y la mínima 0V (que se corresponderá con el valor 0). Dicha tensión

se guardará en la variable “voltaje” (float, ya que la tensión medida no tendría que ser necesariamente un número entero).

3. Se evalúa la tensión (valor de la variable “voltaje”), y se encienden (HIGH) o se apagan (LOW) los LED correspondientes al estado de carga de la batería:
 - Si es mayor o igual que el umbral máximo, se encenderá el LED verde (pin 12) y se apagarán el resto (amarillo y rojo), lo que indica que la batería se encuentra completamente cargada. El umbral máximo (4,8V) se corresponde con una tensión en la batería de 14,2V aproximadamente.
 - Si es menor que el umbral máximo y mayor o igual que el umbral mínimo, se encenderá el LED amarillo (pin 11) y se apagarán el resto (verde y rojo). La batería se encuentra en un nivel de carga medio.
 - Si es menor que el umbral mínimo, se encenderá el LED rojo (pin 10) y se apagarán el resto (verde y amarillo), lo que indica que la batería se encuentra en unos niveles de carga insuficientes o completamente descargada.). El umbral mínimo (3,8V) se corresponde con una tensión en la batería de 11,2V aproximadamente.

Capítulo 6. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Una vez se han barajado y analizado los distintos métodos de transmisión, y se ha elegido desarrollar un rodillo de fricción fijo y, como alternativa, una polea de transmisión (mediante correa), se ha procedido al diseño de un prototipo de los mismos.

El primer paso en la construcción del prototipo, es la creación de un soporte para cada una de las ruedas. De esta manera se fijará la bicicleta y el usuario se mantendrá en una posición estable durante su uso.

Dicho soporte, mostrado en la Figura 6.1, se ha diseñado (plano contenido en el ANEXO II) siguiendo líneas sencillas para que su construcción sea lo más fácil posible y el material elegido para el diseño ha sido madera, que cuenta con la resistencia suficiente (teniendo en cuenta también la estructura de diseño) para soportar al ciclista y la bicicleta y es un material fácil de encontrar y económico.

La unión de los distintos elementos o listones de madera que conforman el soporte puede realizarse de manera muy sencilla mediante el uso de escuadras de unión (en las uniones en esquina) o placas planas (en las caras superiores).

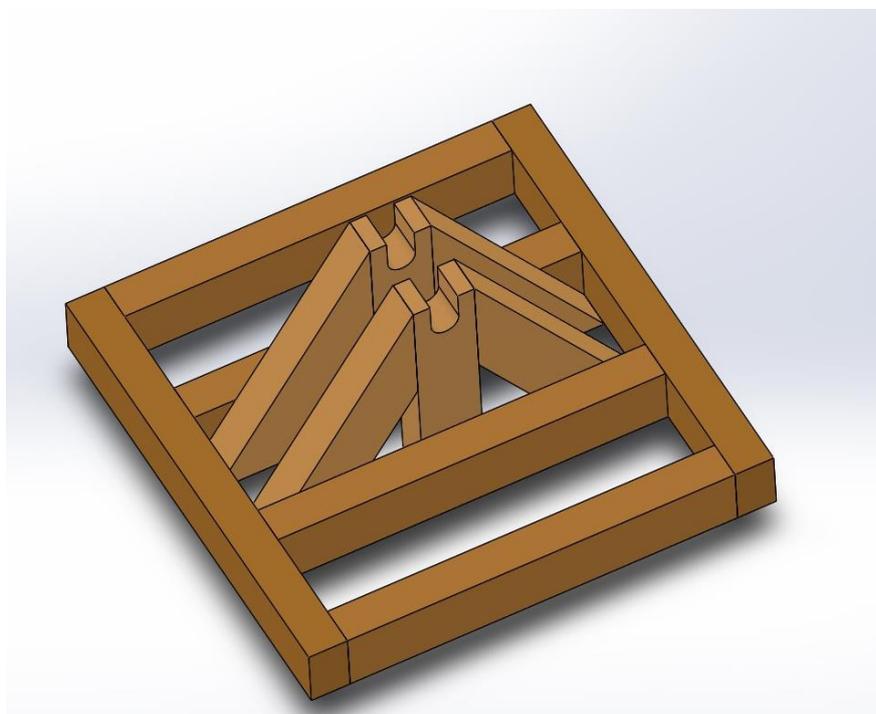


Figura 6.1. Diseño soporte base

A continuación, se procede al diseño del prototipo del rodillo y del soporte del mismo (conjunto mostrado en la Figura 6.2), con el que se conseguirá una relación de transmisión alta de manera simple, de fácil montaje y rápida puesta en marcha.

Para ello, se tienen en cuenta distintos aspectos: por un lado, se debe colocar una placa soporte (que puede ser una pieza de madera como las utilizadas en el soporte base) para la sujeción del alternador; por otro lado, sabiendo que el rodillo no es recomendable que trabaje en voladizo, se diseñará un soporte que contenga al mismo.

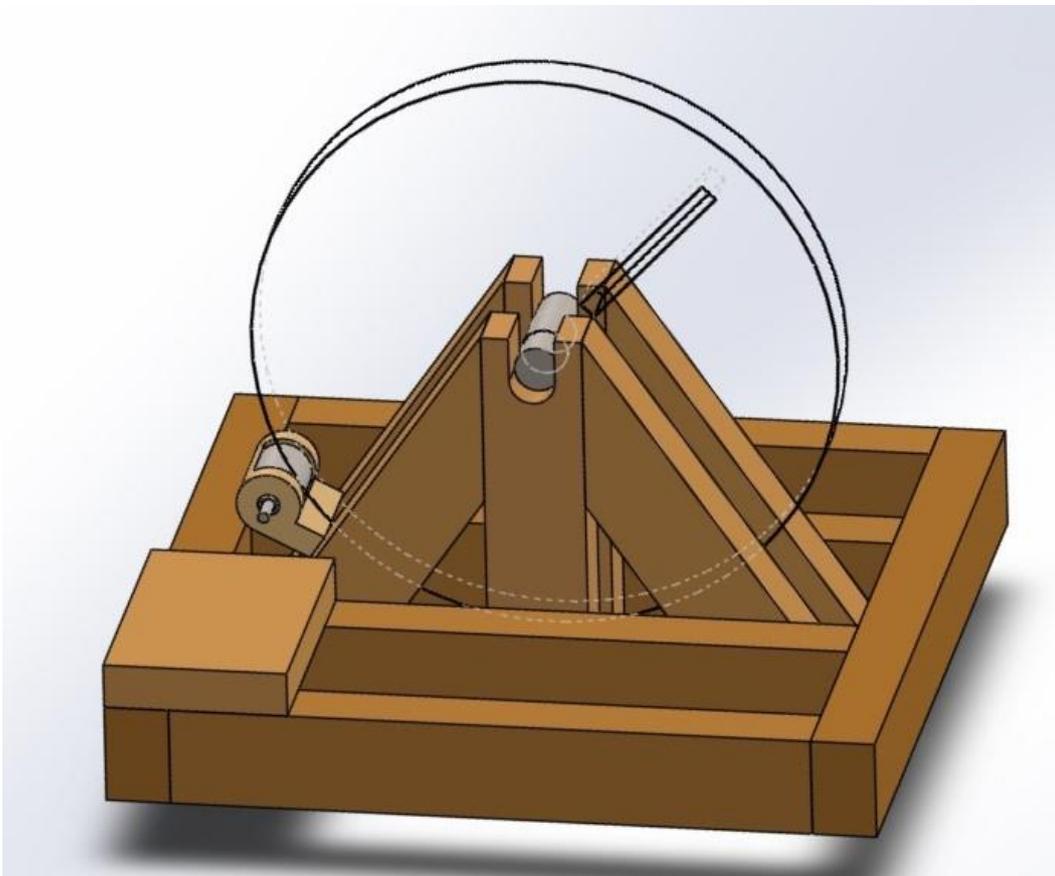


Figura 6.2. Diseño conjunto rodillo

El soporte que contiene al rodillo debe ser de dimensiones mayores que las del mismo para que permita su giro y debe poseer una parte libre para que se pueda producir el contacto entre la rueda de la bicicleta y el rodillo. Por otro lado, el soporte del rodillo debe poderse abrir y cerrar, como se muestra en la Figura 6.3, para que sea posible introducir el rodillo dentro del mismo (se podría hacer con una bisagra exterior y mediante placas atornilladas en el perfil plano).

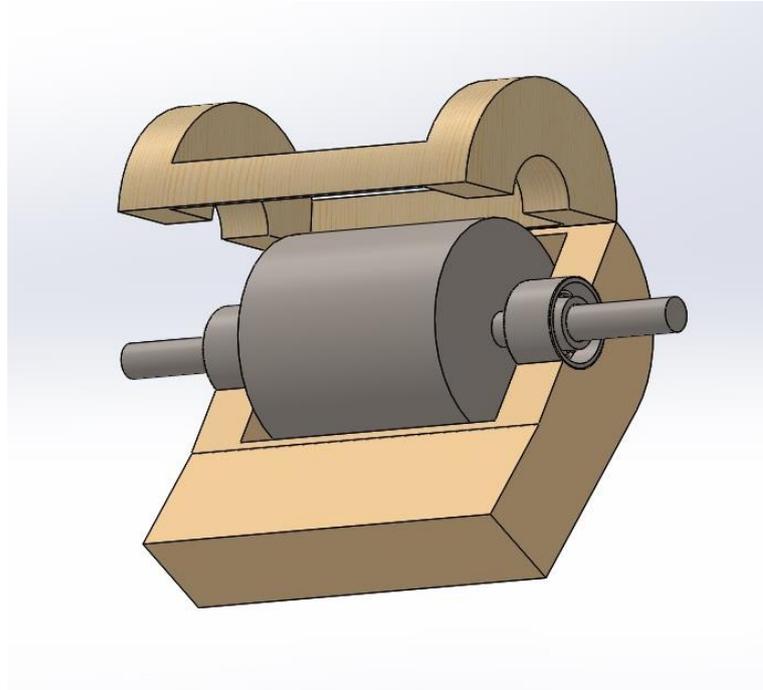


Figura 6.3. Rodillo desmontable

Cabe señalar que entre el soporte y el eje del rodillo (en ambos lados) se deben colocar rodamientos para reducir la fricción entre las piezas (Figura 6.4). Para esta aplicación son apropiados los rígidos de bolas con jaula (como se han utilizado en el prototipo diseñado), siendo, además, fáciles de encontrar. Por otro lado, hay que tener en cuenta que las dimensiones de los rodamientos deben ser acordes con la pieza diseñada. [24]

En referencia a este aspecto, se debe calcular el esfuerzo axial que deben soportar los rodamientos para su correcta elección. Para ello, el primer paso es calcular el par mecánico que ejerce el ciclista sobre la rueda de la bicicleta a partir de la potencia mecánica de pedaleo [W] y la velocidad de la rueda [rad/s], según la Ecuación 6.1:

Ecuación 6.1. Par mecánico sobre la rueda

$$M_{rueda} = \frac{P_{mecánica}}{w_{rueda}} = \frac{283}{9,42} = 30,04 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Sabiendo que la rueda trasera de la bicicleta gira a 90 rpm (lo que se corresponde con 9,42 rad/s) y que la potencia mecánica (Potencia mecánica alternador en la Tabla 5.2) máxima es de 283 W, que se corresponde con la velocidad de la rueda de la bicicleta antes mencionada y, por tanto, con la velocidad de giro óptima del alternador (920 rpm) en la que se ha basado el diseño, se obtiene el par mecánico sobre la rueda.

A continuación, a partir del valor obtenido de dicho par, se debe calcular la fuerza de rozamiento mínima de interacción entre la rueda y el rodillo [N] mediante la Ecuación 6.2, a través del radio de la rueda (320 mm):

Ecuación 6.2. Fuerza de rozamiento de interacción

$$F_r = \frac{M_{rueda}}{r_{rueda}} = \frac{30,04}{0,32} = 93,88 \text{ N}$$

Una vez se ha calculado el valor de la fuerza de rozamiento que existe en el contacto entre el rodillo y la rueda de la bicicleta, se puede obtener la fuerza normal de interacción entre la rueda y el rodillo (las fuerzas ejercidas, una sobre el otro y viceversa, son de igual módulo y sentido contrario) siguiendo la Ecuación 6.3. Para ello, es necesario conocer el coeficiente de rozamiento (μ), que tiene un valor de entre 0,5 y 0,8 (se utilizara el caso más desfavorable para que se pueda aplicar a cualquier material de los propuestos) para contactos entre neumático y superficie seca.

Ecuación 6.3. Fuerza normal de interacción

$$N = \frac{F_r}{\mu} = \frac{93,88}{0,5} = 187,76 \text{ N}$$

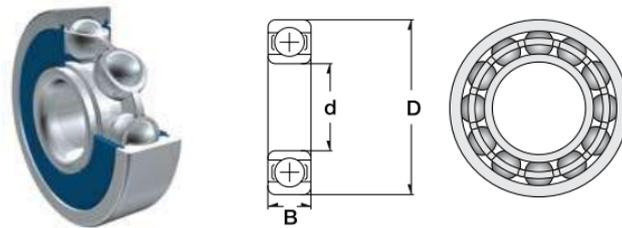
En principio, esta fuerza normal se correspondería con la carga radial, pero hay que tener en cuenta que existen no uno, sino dos rodamientos (uno por cada lado del eje apoyado en el soporte), entre los que se repartirá dicha fuerza. Además, se incluye un coeficiente o factor de seguridad (n_s) para garantizar que, bajo desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos, exista un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias (dicho valor será superior a la unidad, lo que indica seguridad ante el fallo, por lo que se ha tomado 2 como coeficiente de seguridad). Estos factores quedan reflejados en la Ecuación 6.4:

Ecuación 6.4. Fuerza radial sobre cada rodamiento

$$F_{\text{radial rodamiento}} = \frac{N}{2} \cdot n_s = \frac{187,76}{2} \cdot 2 = 187,76 \text{ N}$$

Un rodamiento rígido de bolas de las siguientes características soportaría perfectamente dicho esfuerzo radial y la velocidad de giro del rodillo (920 rpm). [24] (Extracto del catálogo incluido como ANEXO III)

Rodamientos Rígidos de Bolas



	Dimension (mm)			Designation/Type			* Load Rating		* Limiting Speed x1000rpm (open & 2Z)	Weight (g) approx.
	d	D	B	Open Chrome Steel	2Z Chrome Steel	2RS/2TS Chrome Steel	C, dyn. N	C, stat. N	Grease	
standard	10.0	26.0	8.0	6000	6000-2Z	6000-2RS	4550	1970	30.0	18 g
flanged	10.0	26.0	8.0	F 6000	F 6000-2Z	F 6000-2RS	4550	1970	30.0	20 g

Por último, el rodillo (que se encuentra en contacto con la rueda) debe tener un diámetro de 62,6 mm (como se ha calculado en 5.1.3), para que el alternador gire a la velocidad necesaria. Además, el eje del mismo debe tener la longitud necesaria para estar en contacto con el alternador (diseño plasmado en los planos contenidos en el ANEXO II).

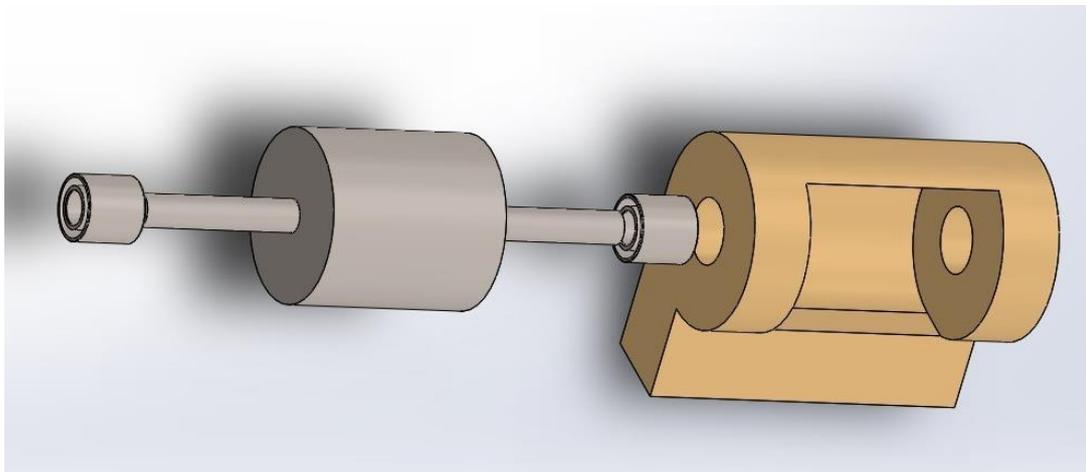


Figura 6.4. Diseño rodillo y soporte del mismo explosionados

El material sugerido para la construcción del soporte es madera, mientras que para el rodillo se han estudiado distintas opciones de materiales: acero, madera y elastómero. Aunque la solución idónea sería un rodillo de acero, si no hubiese calderería en destino, se han dado otras opciones (los materiales planteados para la construcción del rodillo se podrían aplicar de igual manera al soporte del mismo en caso de que fuera necesario).

Debido a la situación excepcional que supone un campo de refugiados, se ha estudiado también la transmisión mediante la llanta desnuda y polea en el alternador (Figura 6.5) en

caso de que fuera necesaria otra opción, para lo que se ha tenido que llevar a cabo el diseño de dicha polea.

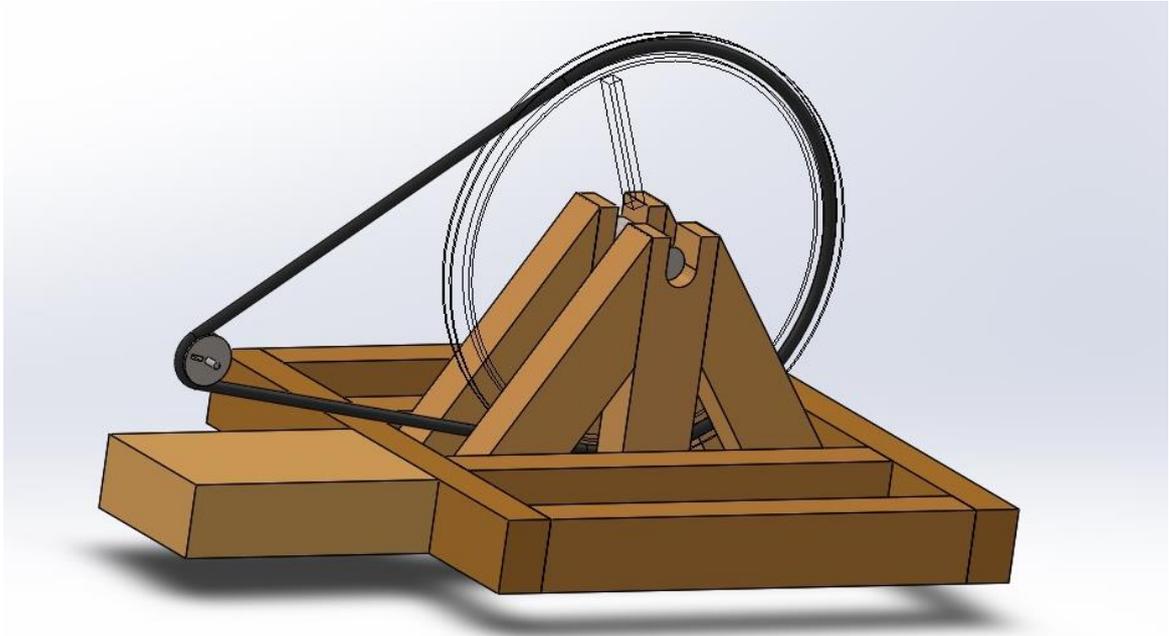


Figura 6.5. Diseño conjunto polea

Para el diseño de la polea, mostrada en Figura 6.6 (plano contenido en el ANEXO II), hay que tener en cuenta que la llanta de la bicicleta, que se va a utilizar como polea motora, tiene forma de media luna.

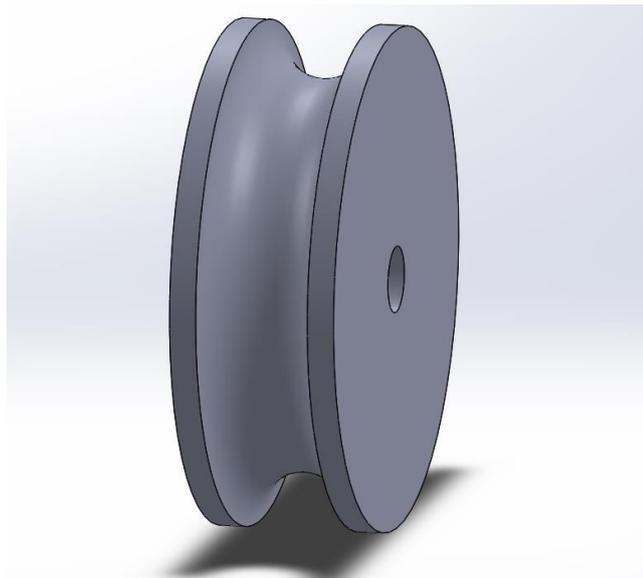
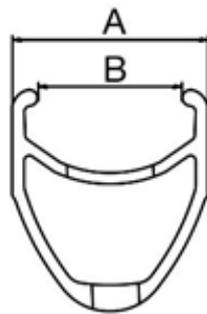


Figura 6.6. Diseño polea

En base a la forma de la llanta (mostrada en la Figura 6.7), y teniendo en cuenta que, para una anchura externa de 25 mm, la anchura interna será aproximadamente de 17 mm, se diseña una polea prácticamente de la misma forma y cuyo diámetro interior (con el que va a estar en contacto la correa) sea de 58,7 mm (como se ha expuesto en 5.1.4), para que el alternador gire a la velocidad necesaria.



A: Anchura externa
B: Anchura interna

Figura 6.7. Llanta bicicleta [25]

Por último, se debe colocar una placa de apoyo (que puede ser una pieza de madera como las utilizadas en el soporte base) para la sujeción del alternador.

Las alternativas de materiales para la construcción de la polea serán las mismas que se han estudiado y analizado para el diseño del rodillo.

Una vez se han construido los elementos necesarios para la transmisión, se coloca el alternador en la placa de apoyo y se une el mismo con el elemento de transmisión.



Figura 6.8. Colocación placa de apoyo del alternador con transmisión por rodillo



Figura 6.9. Colocación placa de apoyo del alternador con transmisión por polea

Tanto la posición de la placa como la unión de los elementos dependerán del método de transmisión elegido:

Si se ha elegido la opción del rodillo, el eje del alternador debe coincidir con el del rodillo, lo que define la posición de la placa de sujeción (cuyas dimensiones dependerán del

tamaño del alternador). El rodillo será el elemento que esté en contacto con el neumático para conseguir la transmisión, como se puede observar en la Figura 6.8.

Si se ha elegido la solución de correa y poleas, la polea del alternador debe encontrarse en el mismo plano que la llanta de la bicicleta (polea motora) para el correcto funcionamiento y la unión de los elementos se llevará a cabo mediante la correa elegida (según las opciones planteadas en 5.1.4), de cuya longitud dependerá la posición de la placa, como se muestra en la Figura 6.9.

El siguiente paso será conectar la batería al alternador según el esquema de la Figura 6.10, asegurándose antes de que los bornes estén limpios y que no presente síntomas de sulfatación (costra blanquecina o verdosa) y teniendo en cuenta, para evitar chispazos, que primero se debe conectar el cable correspondiente al borne positivo (rojo) y a continuación el borne del cable negativo (negro). A la hora de desconectarla, el proceso será justo el contrario: primero se desconectará el borne negativo y a continuación el positivo.

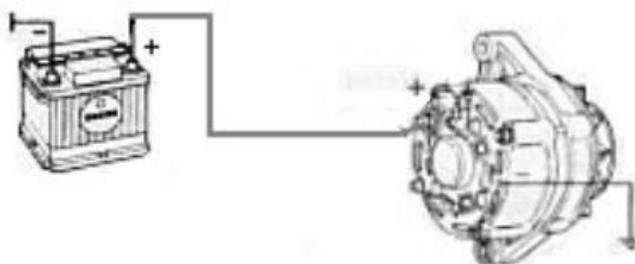


Figura 6.10. Conexión batería-alternador

Prosiguiendo con la puesta en marcha de la máquina, se lleva a cabo el montaje del circuito mostrado en la Figura 5.15, donde la entrada del mismo, en vez de ser una fuente de tensión variable como la que se ha utilizado para la simulación y comprobación del funcionamiento, será la batería, siguiendo la correspondencia de bornes positivos y negativos.

Para finalizar, una vez la batería esté completamente cargada (se sabrá gracias al indicador del mencionado circuito, Figura 5.15), se desconectarán los bornes de la misma tanto del alternador como del circuito indicador de carga y se conectarán los mismos a la entrada de batería del inversor (cuyas indicaciones se encuentran en 5.2.1). A la salida del inversor (OUTPUT) se conectará el dispositivo que se desea cargar mediante el cargador o enchufe correspondiente al mismo, como se muestra a continuación en la Figura 6.11.

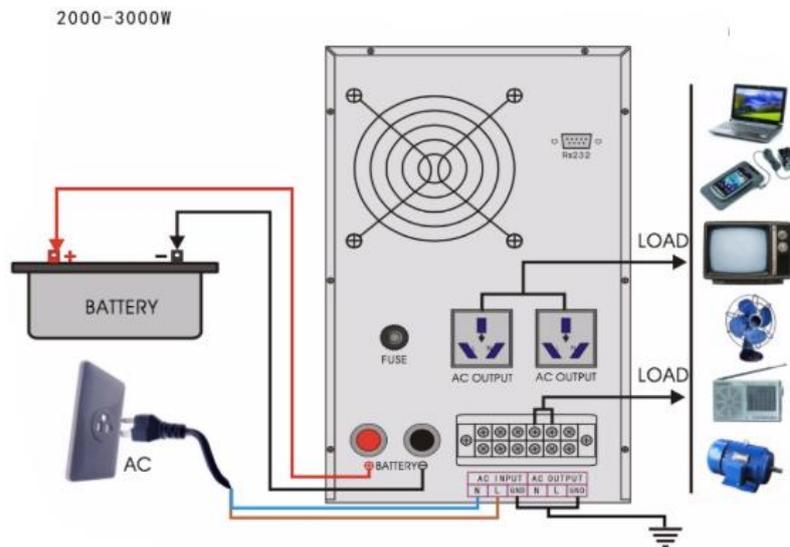


Figura 6.11. Conexión del inversor

En conclusión, se debería obtener un montaje como el mostrado en el esquema de la Figura 6.12, donde la transmisión, como se ha indicado anteriormente, puede hacerse mediante rodillo de fricción o mediante correa y poleas.

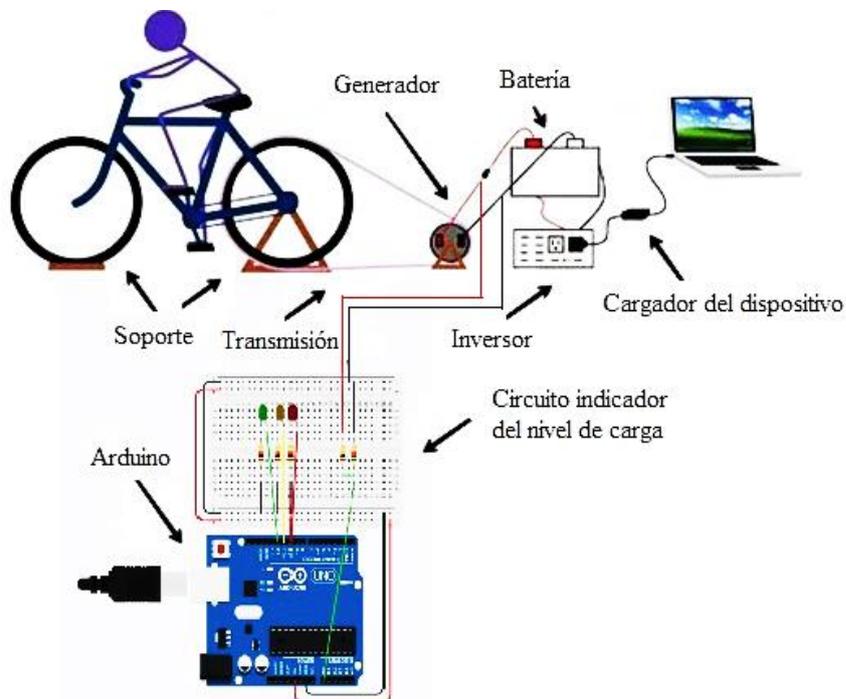


Figura 6.12. Montaje completo del proyecto

Capítulo 7. PLANIFICACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO

En el análisis de viabilidad del presente proyecto, damos por supuesta la viabilidad técnica, derivada de la simplicidad del dispositivo (ya se ha expuesto que existen dispositivos parecidos que funcionan perfectamente), tratando también de buscar la calidad y disponibilidad en el destino de los recursos necesarios para su desarrollo.

La idea tiene un buen nivel de innovación, en la medida en que se crea un nuevo concepto al conseguir generar energía en aquellos lugares donde no existen infraestructuras eléctricas.

Desde el punto de vista de la viabilidad económica, la simplicidad del modelo, sin gastos operativos, facilita la implantación efectiva del proyecto (parte con unos costes fijos bajos, muy cercanos a los costes totales). Una vez el proyecto esté desarrollado, los ingresos incluso podrían proceder de patrocinios, de la intermediación en el proceso de compra de productos y servicios o de la publicidad y otros medios de promoción de este proyecto debido a su posible atractivo debido a su función social y carácter solidario.

Por otro lado, para que un proyecto sea considerado un éxito debería contar con las siguientes cualidades:

1. Los usuarios o clientes deben considerarlo de valor;
2. Debe responder a un modelo replicable o fácilmente utilizable por muchos usuarios;
3. Debe ser escalable, es decir que el aumento de los ingresos no implique un incremento comparable de los costes o de la estructura.

Entendemos que esta idea responde perfectamente a estos criterios. En primer lugar, como se ha comentado anteriormente, al no poder conseguir energía eléctrica de otra manera, considerarán cualquier máquina que la pueda obtener (más si es sencilla y económica) de inapreciable valor. En segundo lugar, la sencillez ha sido un factor indispensable en el desarrollo de este proyecto, precisamente para que se pueda llevar a cabo su construcción y puesta en marcha en el destino, sin necesidad de personal especializado. Por último, los costes unitarios no aumentarán sustancialmente con el número de unidades que se construyan, al no necesitar grandes infraestructuras, llevarse a cabo la construcción del mismo por los usuarios y sólo necesitar la adquisición de los materiales necesarios (los cuales serán los que tengan una mejor calidad-precio, cumpliendo su función).

Por otro lado, resulta singular en términos de ventaja competitiva, pero al mismo tiempo es fácil de replicar y de transmitir el conocimiento implícito y tácito, lo que supone que podría ser imitado sin complicaciones ni costes importantes (lo que supondrá una ventaja en un campo de refugiados y una desventaja si se analizase el proyecto más allá de su utilización solidaria, al poder ser copiada por cualquier competidor).

Tradicionalmente, los enfoques sobre el comportamiento del consumidor han sido influidos por los modelos de la teoría económica clásica, basados en la asunción de la racionalidad humana, que parte de que los consumidores realizan elecciones en función de la maximización de la utilidad, pero sujetos a las limitaciones de su presupuesto. Desde esta perspectiva, la elección del consumidor es un proceso de toma de decisiones óptimo, formalizado por las funciones de utilidad que derivan de las preferencias. En este sentido, este proyecto resulta ideal para la situación a la que nos enfrentamos en un campo de refugiados, considerándose de máxima utilidad, incluso pudiendo llegar a querer implantarse en muchos hogares.

Analizando el proyecto más allá de su utilización en un campo de refugiados, cumpliría de igual manera los criterios anteriormente enunciados para considerarlo un proyecto rentable, al tratarse, como se ha comentado, de un proyecto sencillo y con bajos costes, cuya utilización en cualquier otro entorno seguiría siendo de gran valor al conseguir energía eléctrica de manera limpia y eficaz (siendo la bicicleta uno de los medios que mayor energía humana aprovecha en la transmisión). En este caso, al analizar el comportamiento del consumidor hay que tener en cuenta que, al no encontrarse en una situación tan extrema como un campo de refugiados, las preferencias y la elección entre alternativas deriva de variables cognitivas, sociales y emocionales, siendo la compra de productos o servicios consecuencia de una serie de factores situacionales, personales, sociales y psicológicos que determinan la decisión.

7.1 PRESUPUESTO

A continuación, se incluye una estimación de los costes de los materiales necesarios, entendiéndose que su adquisición en destino podría resultar menos onerosa. Tanto el alternador como la batería podrían variar su precio estándar debido a las condiciones de la zona, ya que se pueden adquirir en un desguace, como se ha hecho para desarrollar el proyecto. Por otro lado, la mayoría de los estudiantes de la escuela del campo ya poseen una bicicleta para ir y volver de clase o podrían conseguir una con cierta facilidad.

Los elementos y maquinaria que se han necesitado para la realización de pruebas y ensayos han sido facilitados por la Universidad Pontificia Comillas de Madrid y, en cuanto

a los medios humanos, dos de sus profesores han dirigido y coordinado todos los trabajos. Estos costes no se verían repetidos en la implementación del proyecto en el destino ya que, una vez terminado el proyecto no se necesitaría realizar ningún ensayo adicional y, en cuanto a los medios humanos necesarios para la construcción y el montaje del dispositivo en destino, no se requerirán técnicos titulados, ya que podrá ejecutarse por cualquier persona menos especializada empeñada en llevar a cabo la idea.

7.1.1 MEDIOS MATERIALES

A continuación (Tabla 7.1 y Tabla 7.2) se incluye la relación de materiales utilizados en la construcción del generador de pedaleo y sus precios estimados.

Tabla 7.1. Estimación económica de los medios materiales comerciales

	Unidades	Precio unidad [€]	Precio Total [€]
Alternador microcoche (MODELO)	1	60,00	60,00
Bicicleta (MODELO)	1	150,00	150,00
Batería tudor technica tb440 12V-44ah-400a	1	59,00	59,00
Inversor de corriente 300W (transformador de 12V a 220V)	1	30,00	30,00
Arduino UNO rev.3	1	20,00	20,00
Resistencia	5	1,20	6,00
LED	3	0,64	1,92

Tabla 7.2. Estimación económica de los medios materiales diseñados a construir

	Unidades	Material	Precio unidad [€]
Rodillo de fricción	1	Madera	8,00
		Acero	25,00
		Elastómero	15,00
Soporte rodillo	1	Madera	12,00
Soporte base	2	Madera	20,00

7.1.2 MAQUINARIA

A continuación (Tabla 7.3) se incluye la relación de maquinaria y equipos utilizados en las pruebas y ensayos realizados durante el desarrollo del proyecto del generador de pedaleo.

Tabla 7.3. Estimación económica de la maquinaria

	Unidades
Motor eléctrico trifásico	1
Cuadro de control del motor de prueba	1
Correa de transmisión motor-alternador	1
Cable (conexión cuadro de control-motor)	1 (trifásico)

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PLANIFICACIÓN Y ESTUDIO ECONÓMICO

Soporte motor-alternador	1
Resistencia (para ensayo de carga)	1
Amperímetro Polímetro digital PROMAX FP-2b (2000 cuentas)	1
Voltímetro Polímetro digital PROMAX FP-2b (2000 cuentas)	1
Cables (conexión aparatos de medida)	4
Tacómetro digital	1
Analizador de red DIRIS A40	1
Instalaciones laboratorio	1

Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Una vez se ha desarrollado el diseño completo del generador de pedaleo, se evalúan los objetivos definidos en el primer capítulo, introductorio del proyecto.

En primer lugar, se ha llevado a cabo un intensivo proceso de recopilación sobre los aspectos clave del tema tratado, y análisis de toda esa información. Ha resultado muy interesante y satisfactorio no sólo documentarse sobre aspectos técnicos, como son los generadores y los sistemas de transmisión de movimiento, sino también sobre otras circunstancias de vida muy distintas a las nuestras, por ejemplo, a la hora de plantear alternativas de materiales, elementos (de los cuales se ha estimado un presupuesto aproximado) y recursos empleados en la fabricación del prototipo diseñado o incluso en que el procedimiento (Condiciones de Ejecución) a seguir para la construcción y utilización de la máquina sea lo más sencillo posible.

Además, se realiza estudio económico donde se justifica la realización del proyecto en función de aspectos como su viabilidad, tanto técnica como económica, rentabilidad y fiabilidad. En este estudio se tienen en cuenta distintos aspectos, como el valor de la máquina al no poder conseguir energía eléctrica de otra manera, la sencillez de la misma (para su construcción y puesta en marcha en el destino, sin necesidad de personal especializado) y los bajos costes del proceso (se puede llevar a cabo la construcción de la máquina por los usuarios y sólo se necesita adquirir los materiales necesarios).

Por otro lado, se consigue producir o generar energía eléctrica “limpia” y sostenible, a pequeña escala, evitando utilizar en el proceso centrales térmicas o centrales nucleares, que son altamente contaminantes (en el primer caso al quemar combustibles fósiles, y en el segundo caso debido a la producción de residuos radiactivos), o incluso energía eólica o hidráulica, por el impacto medioambiental de los parques eólicos necesarios y de la construcción de embalses y presas, respectivamente.

En cuanto al impacto ambiental del proyecto, se hace un análisis que pone de manifiesto que el mismo consigue generar energía eléctrica sin que se desarrollen procesos dañinos para el medioambiente, de una manera sostenible, característica interesante para contribuir a intentar frenar el cambio climático si su uso llegara a extenderse a otras partes del mundo o a mayor escala.

Por último, cabe destacar que el principal objetivo de este proyecto es que, en aquellos lugares donde no existen infraestructuras eléctricas, los estudiantes puedan utilizar ordenadores para su aprendizaje o, incluso si fuera necesario, iluminar su vivienda. Con el

diseño de una máquina muy “provechosa” desarrollado en el presente proyecto se ha conseguido cumplir con este objetivo realmente bueno y destacable por su carácter “social”, que pretende conseguir ayudar a otros en vez de desarrollar un nuevo producto meramente comercial. Asimismo, se realiza un análisis de lo que el proyecto puede aportar, como el impulso de la educación en los campos de refugiados y su consecuente beneficio social, ayudando a reducir las desigualdades que a día de hoy desgraciadamente siguen existiendo.

Desde el punto de vista de trabajos futuros o mejoras del proyecto, sería de gran interés el desarrollo de un nuevo diseño para la máquina utilizando materiales óptimos en vez de únicamente materiales recuperados y reutilizables (aunque el coste aumentaría notablemente, se reducirían, por ejemplo, las dimensiones de la base y aumentaría la eficiencia de la transmisión). También se podría controlar la excitación para intentar que el alternador generase más o menos energía y, por tanto, costase más o menos pedalear, en función de la fortaleza del ciclista. A esto se suma la idea de poder universalizar el proyecto, para lo que se necesitaría extender los ensayos y el estudio a distintos tipos de bicicletas, generadores y baterías, o incluso que el mecanismo de transmisión se pueda trasladar fácilmente y, de esta forma, no exista la necesidad de convertir la bicicleta en estática para la transformación y transmisión de la energía.

Por otro lado, es de gran importancia continuar con el estudio de nuevas máquinas que consigan generar energía eléctrica con un mínimo impacto medioambiental o mínima producción de residuos contaminantes y promoviendo el consumo y desarrollo de tecnologías y productos que respeten el medio ambiente. Asimismo, sería interesante extender esta idea a otras partes del mundo (países desarrollados, en vías de desarrollo y subdesarrollados), ya que se conseguiría cierto impacto en lo que se refiere a generación de energía a nivel global en pequeños núcleos de población o en determinadas circunstancias (núcleos aislados, instalaciones deportivas, situaciones de emergencia, etc.).

Además, otro aspecto importante es fomentar la creación de dispositivos que mejoren la calidad de vida de las personas que más lo necesitan. En este caso los materiales estudiados para el proyecto, los recursos a emplear y la sencillez a la hora de fabricar la máquina sirven para desarrollar un proyecto verdaderamente útil y que se puede llevar a cabo: *“Dale un pez a un hombre, y comerá hoy. Enséñale a pescar y comerá el resto de su vida”*.

El proyecto se construirá e implantará (llevándolo y enseñando a los refugiados su funcionamiento y construcción) en cuanto la situación lo permita, siendo sólo un grano de arena más en el proceso que, desde 2014, tanto *Entreculturas* como el *Servicio Jesuita a Refugiados* llevan desarrollando en el campo de refugiados de Maban para intentar satisfacer las necesidades de los refugiados o, al menos, hacerles la vida un poco más fácil.

El principal aspecto a destacar de este TFG ha sido la oportunidad brindada de poner al servicio de un grupo de personas vulnerable y que necesita ayuda para acceder a unos servicios mínimos, los conocimientos obtenidos durante estos cuatro años.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. A. Condori, «Monografías,» [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos16/multimetro-automovil/multimetro-automovil.shtml>. [Último acceso: 20 enero 2020].
- [2] V. M. Aizama, «Revista Académica Digital Difusiones,» 7 marzo 2017. [En línea]. Available: <https://revistadifusiones.net/index.php/difusiones/article/view/73/145>. [Último acceso: 10 febrero 2020].
- [3] «NOSSO,» [En línea]. Available: http://www.nosso.com/esp/biblioteca_detalle/40. [Último acceso: 25 enero 2020].
- [4] «Electric Jordan,» 1 septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.electricjordan.com/363/>. [Último acceso: 26 febrero 2020].
- [5] «endesa fundación,» [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generatoro-electrico#:~:text=EI%20principio%20de%20funcionamiento%20del,corriente%20al terna%20en%20corriente%20continua..> [Último acceso: 12 febrero 2020].
- [6] «endesa fundación,» [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-historia-de-la-electricidad>. [Último acceso: 23 enero 2020].
- [7] «Terra,» 26 marzo 2010. [En línea]. Available: <http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta>. [Último acceso: 7 enero 2020].
- [8] I. Mártil, «Público,» 21 octubre 2016. [En línea]. Available: <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/10/21/una-breve-historia-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-de-la-energia-electrica/>. [Último acceso: 10 enero 2020].
- [9] «Maya Pedal - Guatemala,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.mayapedal.org/machines.es>. [Último acceso: 20 enero 2020].

- [10] «Pedal Power Design+Build,» 2020. [En línea]. Available: <http://pedal-power.com/>. [Último acceso: 22 enero 2020].
- [11] D. Cabezas, «Ciclosfera,» 13 febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.ciclosfera.com/manoj-bhargava/>. [Último acceso: 20 enero 2020].
- [12] J. Alvarez, «La brujula verde,» 6 abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.labrujulaverde.com/2015/04/siva-cycle-atom-recargando-el-movil-al-montar-en-bici>. [Último acceso: 23 enero 2020].
- [13] «Lancelot,» 20 febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.lancelotdigital.com/otras-noticias-de-interes/llegan-las-bicicletas-que-generan-energia-electrica-limpia>. [Último acceso: 24 enero 2020].
- [14] N. Pérez, «20 minutos,» 28 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.20minutos.es/noticia/3450950/0/primer-gimnasio-espana-esfuerzo-sudor-genera-energia-madrid-movewatts/>. [Último acceso: 25 enero 2020].
- [15] M. A. Pérez, «Blogthinkbig,» 12 agosto 2015. [En línea]. Available: <https://blogthinkbig.com/convertir-ejercicio-fisico-energia-electrica-asi-funciona-green-gym>. [Último acceso: 23 enero 2020].
- [16] R. G. & N. J. K. Budynas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Madrid: Mc Graw Hill, 2012 (9ª edición).
- [17] BOSCH, Alternadores, Electricidad y electronica del automóvil (Instrucción técnica), 2000.
- [18] M. T. Búa, «Xunta de Galicia Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria,» 12 mayo 2014. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/42_sistemas_de_polea_y_correa.html. [Último acceso: 13 junio 2020].
- [19] «AutoSolar,» 19 abril 2015. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido>. [Último acceso: 23 mayo 2020].

- [20] «YUASA,» [En línea]. Available: <https://www.yuasa.es/informacion/motociclismo-y-deportes-de-motor/caracteristicas-de-carga-y-descarga-de-la-bateria/>. [Último acceso: 15 mayo 2020].
- [21] «Así funciona,» [En línea]. Available: http://www.asifunciona.com/tablas/voltaje_paises/voltaje_paises_3.htm. [Último acceso: 12 junio 2020].
- [22] «TOP,» [En línea]. Available: <https://topbateriaexterna.com/inversor-de-corriente/>. [Último acceso: 30 mayo 2020].
- [23] «Tinkercad,» [En línea]. Available: <https://www.tinkercad.com/>. [Último acceso: 9 junio 2020].
- [24] ZEN Catálogo Standard, 2012.
- [25] «Engineers Talk by MAVIC,» 14 julio 2016. [En línea]. Available: <http://engineerstalk.mavic.com/es/sobre-anchura-de-llantas-y-cubiertas/>. [Último acceso: 16 junio 2020].
- [26] «OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 11 junio 2020].

ANEXO I: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El presente proyecto se ha desarrollado siguiendo muy de cerca los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas [26].

En primer lugar, cumpliendo con el Objetivo 4. Educación y el Objetivo 10. Reducción de las desigualdades, la generación de energía en el campo de refugiados se ha centrado en ayudar a los estudiantes a poder acceder a través de un ordenador portátil a toda la información disponible para completar su desarrollo intelectual, considerando que “La educación es la base para mejorar nuestra vida y el desarrollo sostenible” (Objetivo 4), e incluso algún día, con esos conocimientos, desarrollar una idea innovadora, como este proyecto, para poder solucionar muchos de los problemas del mundo, de los que quizá incluso han sido testigos. Pero, tras esa idea principal, el proyecto se extiende a cualquier persona que quiera alimentar un dispositivo electrónico, como un teléfono móvil para poder comunicarse, una pequeña nevera de un hospital de campaña o una bombilla para iluminar su hogar, debido a que “siguen existiendo desigualdades y grandes disparidades en el acceso a los servicios sanitarios y educativos y a otros bienes productivos” (Objetivo 10) que se deben subsanar.

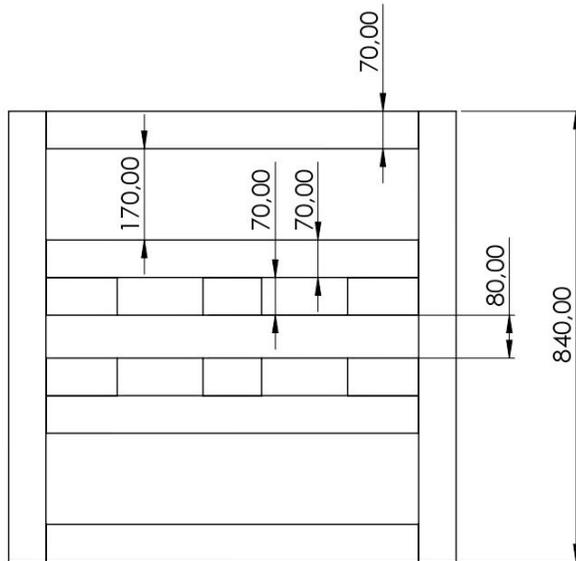
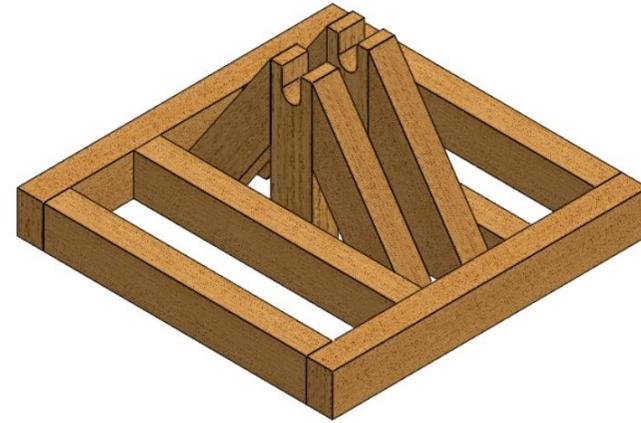
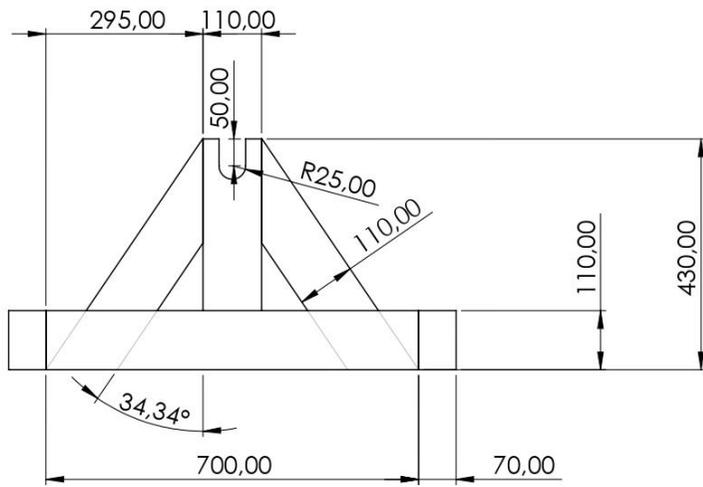
Por otro lado, siguiendo el Objetivo 7. Energía, se ha conseguido desarrollar un proyecto que alcanza a generar energía nada más ni nada menos que en un campo de refugiados de África, debido a que “El acceso universal a la energía es esencial” (Objetivo 7). Asimismo, se considera que el acceso a la energía a nivel mundial permitiría afrontar grandes desafíos a los que se hace frente a día de hoy, y permitiría alcanzar otros objetivos de desarrollo sostenible, como poner fin a la pobreza (Objetivo 1) o el crecimiento económico de la población (Objetivo 8).

Con el presente proyecto no sólo se consigue generar energía en un campo de refugiados en África, sino que dicha energía es generada de manera eficiente, limpia y sostenible (aunque sea a pequeña escala), cumpliendo el Objetivo 12. Producción y consumo sostenibles, según el cual “El consumo y la producción sostenible consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras que no dañen el medio ambiente”. Además de prescindir de grandes infraestructuras o construcciones para la generación de dicha energía, utilizando poco más que una bicicleta y un alternador, se consigue mejorar la calidad de vida de las personas, pudiendo llegar a reducir la pobreza y aumentar la competitividad de la población.

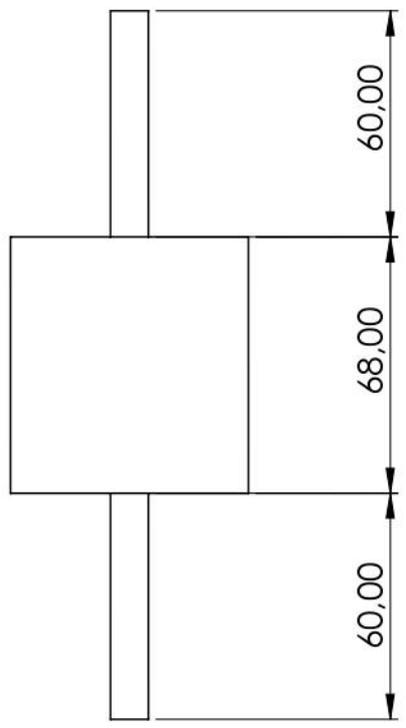
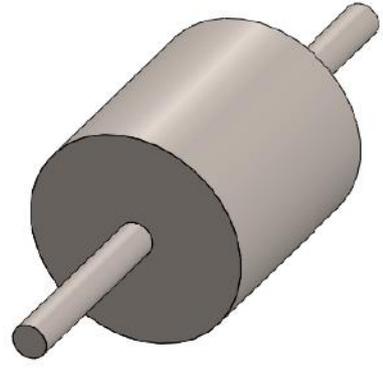
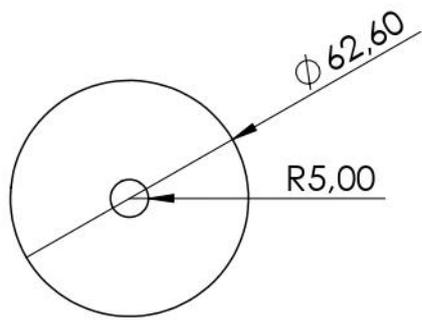
ANEXO I: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Por último, cabe señalar el Objetivo 13. Cambio climático, que pretende desarrollar “soluciones viables para que los países puedan tener una actividad económica más sostenible y más respetuosa con el medio ambiente”, ya que los recursos necesarios para dicha tarea se encuentran al alcance de todos. Por ello, habría que intentar extender proyectos innovadores como éste al resto de mundo, debido a que el cambio climático es un reto global que no respeta las fronteras nacionales.

ANEXO II: PLANOS DEL PROYECTO



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM						TÍTULO: Soporte base	
TOLERANCIAS: ISO 2768-mK							
	NOBRE	FRMA	FECHA				
DIBUJ.	Belén de Mesa	BMS	21/06/20				
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.					MATERIAL: Madera	N° DE DIBUJO Soporte	A3
ESCALA: 1:10						HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

TOLERANCIAS:
ISO 2768-mK

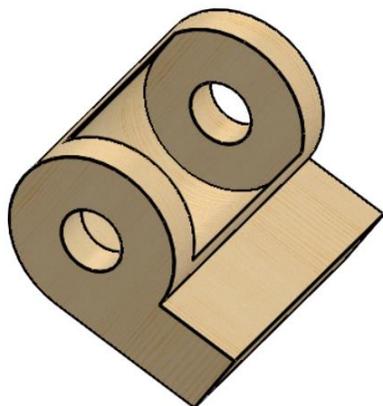
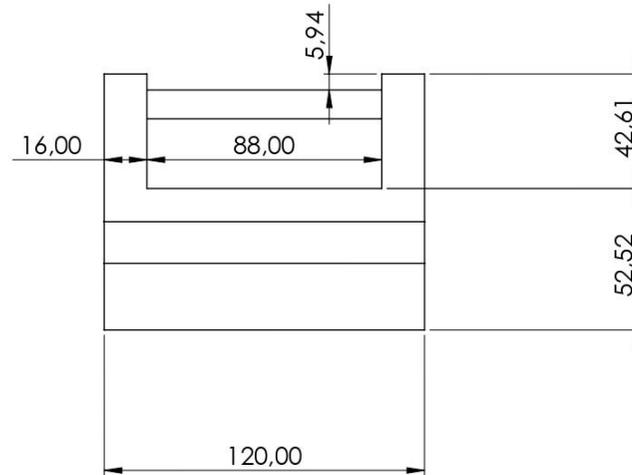
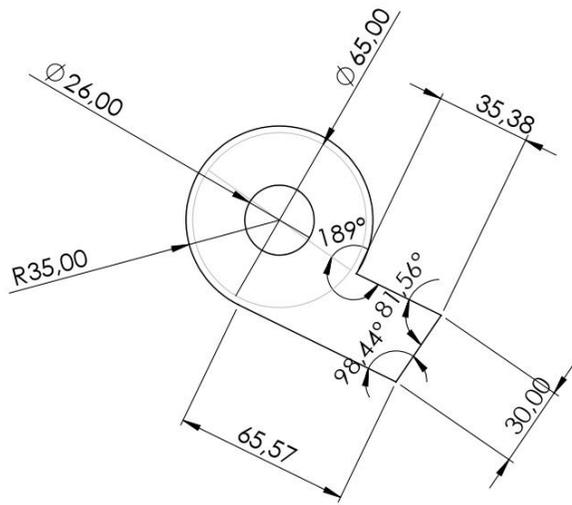


	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	Belén de Mesa	BMS	21/06/20
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

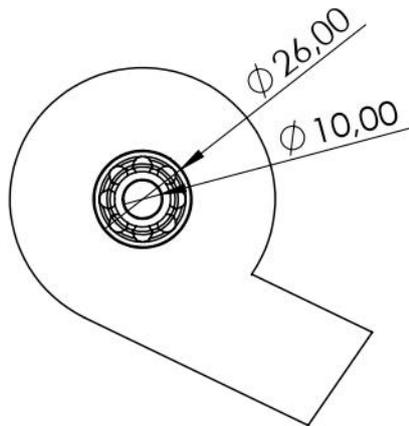
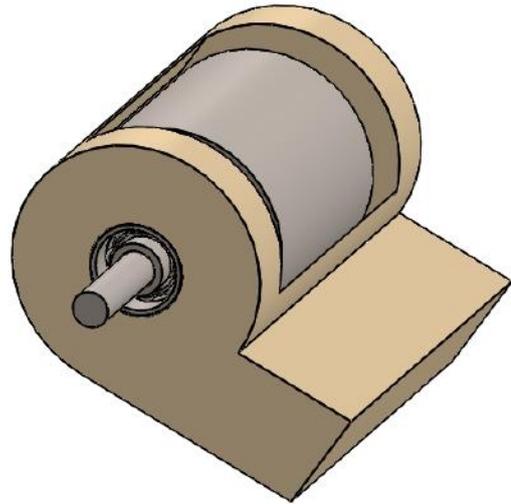
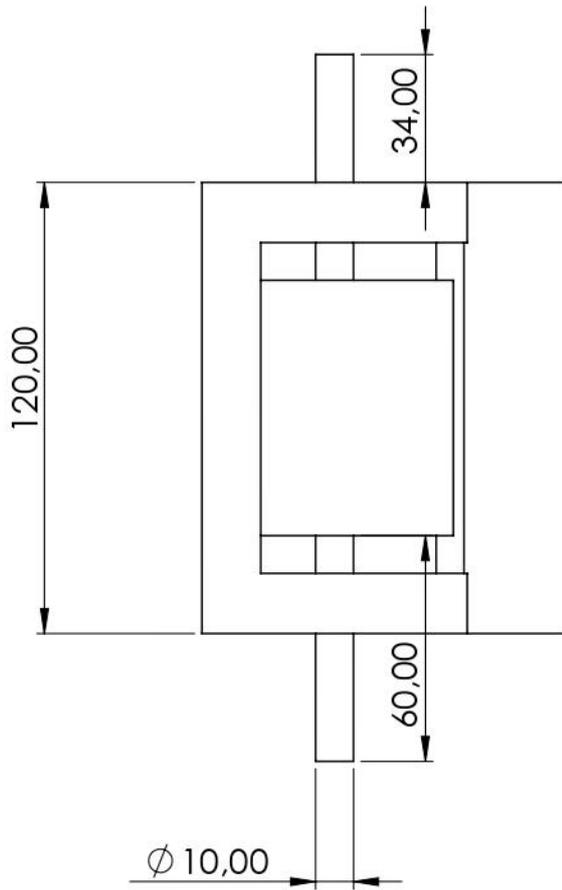
MATERIAL:
Acero
(Alternativas posibles en el proyecto)

PESO:

TÍTULO:	Rodillo de fricción	
N.º DE DIBUJO	Rodillo	A4
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM							
TOLERANCIAS: ISO 2768-mK							
	NO/MBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:			
DIBUJ.	Belén de Mesa	BMS	21/06/20	<h1>Soporte rodillo</h1>			
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:	N° DE DIBUJO		
				Madera	Rodillo	A3	
				PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	



TÍTULO:
Conjunto unión rodillo y soporte

N.º DE DIBUJO

Rodillo

A4

ESCALA: 1:2

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

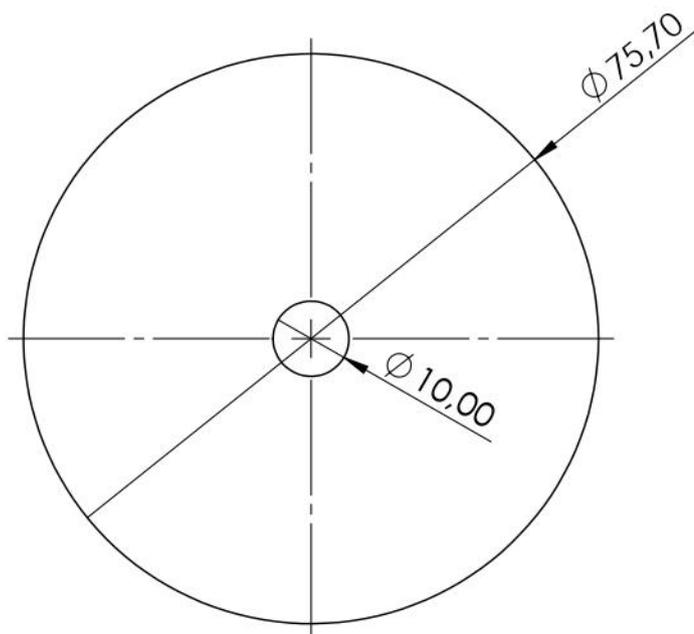
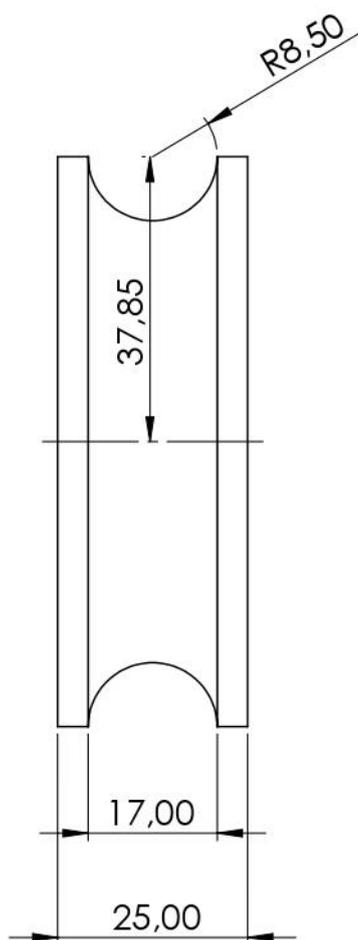
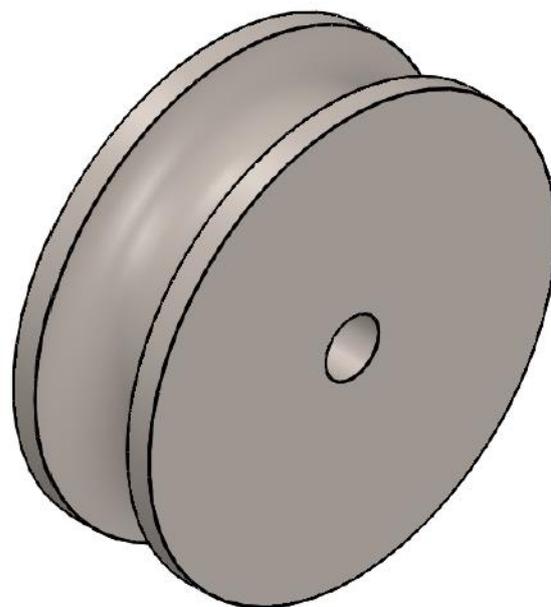
D

C

C

B

B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

TOLERANCIAS:
ISO 2768-mK



TÍTULO:

Polea de transmisión

N.º DE DIBUJO

Polea

A4

MATERIAL:

Acero

(Alternativas posibles en el proyecto)

PESO:

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1

4

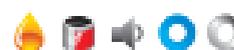
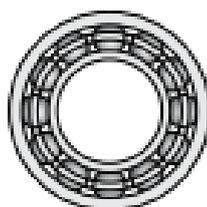
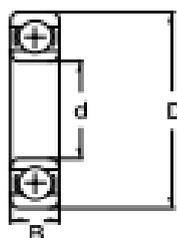
3

2

1

ANEXO III: EXTRACTO CATÁLOGO RODAMIENTOS

Rodamientos Rígidos de Bolas



58

	Dimension (mm)			Designation/Type			* Load Rating		* Limiting Speed x1000rpm (open & 2Z)	Weight (g) approx.
	d	D	B	Open	2Z	2RS/2TS	C, dyn. N	C, stat. N		
				Chrome Steel	Chrome Steel	Chrome Steel			Grease	
standard	10.0	26.0	8.0	6000	6000-2Z	6000-2RS	4550	1970	30.0	18 g
flanged	10.0	26.0	8.0	F 6000	F 6000-2Z	F 6000-2RS	4550	1970	30.0	20 g
standard	10.0	28.0	8.0	16100	16100-2Z	16100-2RS	4620	1960	28.0	22 g
standard	12.0	28.0	7.0	16001	16001-2Z	16001-2RS	4650	1980	27.0	22 g
standard	10.0	30.0	9.0	6200	6200-2Z	6200-2RS	5100	2390	24.0	32 g
standard	10.0	30.0	14.0	-	-	62200-2RS	5070	2360	17.0	40 g
standard	10.0	35.0	11.0	6300	6300-2Z	6300-2RS	8100	3450	22.0	52 g
standard	10.0	35.0	17.0	-	-	62300-2RS	8060	3400	15.0	60 g
standard	12.0	28.0	8.0	6001	6001-2Z	6001-2RS	5100	2370	28.0	22 g
flanged	12.0	28.0	8.0	F 6001	F 6001-2Z	F 6001-2RS	5100	2370	28.0	24 g
standard	12.0	30.0	8.0	16101	16101-2Z	16101-2RS	5070	2360	26.0	23 g
standard	12.0	32.0	10.0	6201	6201-2Z	6201-2RS	6800	3050	22.0	37 g
standard	12.0	32.0	14.0	-	-	62201-2RS	6890	3100	15.0	45 g
standard	12.0	37.0	12.0	6301	6301-2Z	6301-2RS	9700	4200	20.0	60 g
standard	12.0	37.0	17.0	-	-	62301-RS	9750	4150	14.0	70 g
standard	15.0	32.0	8.0	16002	16002-2Z	16002-2RS	5590	2850	22.0	25 g
standard	15.0	32.0	9.0	6002	6002-2Z	6002-2RS	5600	2830	24.0	31 g
standard	15.0	35.0	11.0	6202	6202-2Z	6202-2RS	7650	3750	20.0	45 g
standard	15.0	35.0	14.0	-	-	62202-2RS	7800	3750	13.0	54 g
standard	15.0	42.0	13.0	6302	6302-2Z	6302-2RS	11400	5450	17.0	83 g