

IES “DON BOSCO” ALBACETE

PROYECTO “LA BIEL”

Presentación Autores ==>



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	2
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.	3
1. El alternador.	3
1.1 Rendimiento de un alternador.	5
2. Relación de transmisión necesaria.	7
3. Construcción de la estructura de soporte.	8
4. Necesidad de un volante de inercia para hacer más regular el pedaleo.	9
5. Circuito eléctrico.	9
6. Cuadro de instrumentos.	11
7. Detalles estéticos.	14
8. Conclusiones.	14
9. Agradecimientos.	15
10. Bibliografía.	15



AUTORES:

Pedro Jareño Clemente

Miguel Ángel Bernad González

INTRODUCCIÓN

El trabajo que desarrollamos en estas páginas, describe las actividades que hemos llevado a cabo para poner en práctica una idea surgida el curso pasado, mientras realizábamos unas pruebas a un alternador en el banco, y observamos que éste oponía una gran resistencia al giro del motor eléctrico del banco en el momento en que comenzaba a cargar. Este hecho provocó una serie de comentarios que compartimos con nuestro profesor, sobre el par y potencia necesarios para hacerlo girar y, finalmente, nos planteamos la posibilidad de generar corriente haciéndolo girar por nosotros mismos. Nuestro profesor aceptó el reto y empezamos a pensar sobre cómo llevarlo a la práctica. Al resto de compañeros de la clase les pareció una idea muy interesante y todos, de una manera u otra, han participado en su consecución.

El primer paso fue hacer algunos cálculos para ver si era factible y, después, conseguir una bicicleta vieja. Soldamos un marco de tubos de acero para que soportara la bicicleta de manera estable y añadimos una estructura para sujetar uno de los alternadores de los que teníamos a nuestra disposición en el aula. Posteriormente, decidimos instalar un cuadro de instrumentos para poder controlar los parámetros más importantes de su funcionamiento. Poco a poco fuimos dando forma al proyecto y, a finales del curso pasado, lo vimos producir electricidad, eso sí, de manera un tanto rudimentaria...

El principal objetivo que nos habíamos marcado era comprobar si era posible producir energía con un alternador de automoción mientras un ciclista pedalea para hacerle girar. Pero, además, el desarrollo de este trabajo nos ha permitido poner en práctica lo aprendido en clase y nos ha obligado a ampliar conocimientos, fundamentalmente, en lo referente al rendimiento de los generadores y en el funcionamiento de circuitos electrónicos.

Nuestro profesor nos confesó que a él también le había resultado muy motivador ver el interés que habíamos puesto en llevar a la práctica un proyecto que había nacido en el aula.

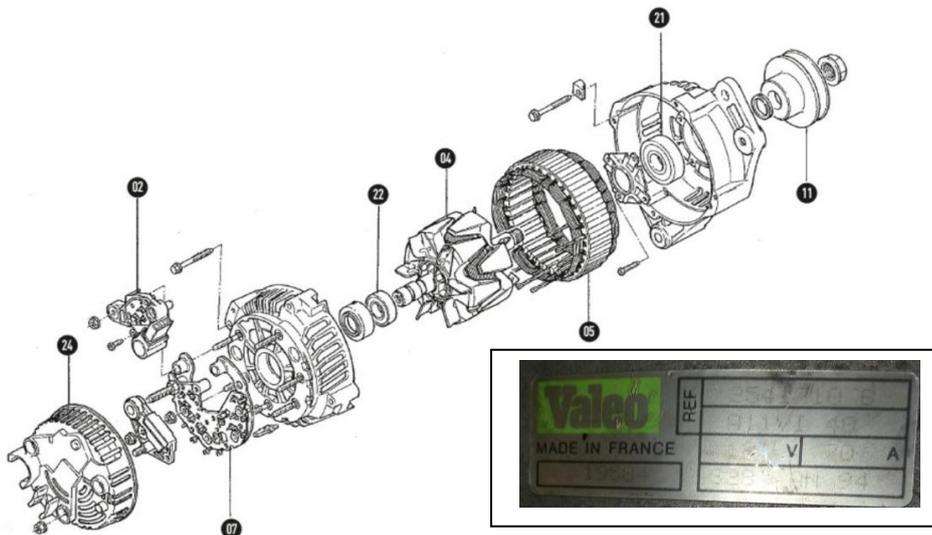
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

1. El alternador

Un alternador es un generador eléctrico síncrono que produce corriente alterna trifásica y que dispone de un puente de diodos rectificadores para transformarla en corriente continua. Además, cuenta con un elemento regulador que le permite mantener la tensión eléctrica constante, en torno a 14 V, para cargar la batería y proporcionar energía al resto de circuitos del vehículo. La corriente máxima que es capaz de proporcionar un alternador aumenta con las revoluciones a las que gira.

El alternador que, finalmente, elegimos para el proyecto fue uno de la marca Valeo; su referencia es A11VI 40 - 2541710 B. El despiece del mismo se representa en la siguiente figura.

1 A11VI



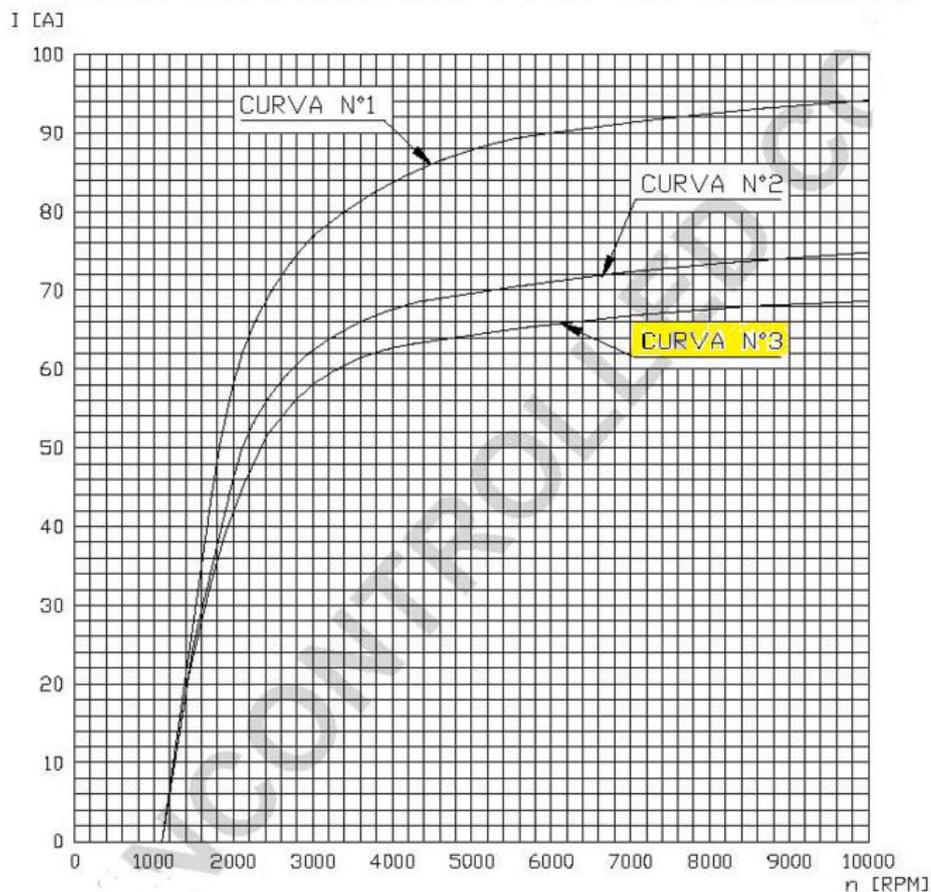
Las características que de él da el fabricante son las siguientes:

A11VI32	1	14	70	1000	61	67	CW	G	60		YM6952
A11VI33	1	14	50	850	43	50	CW	D	20		YM6952
A11VI35	1	14	70	1200	58	70	CW	D	90	122 / W	YM194
A11VI36	1	14	70	1200	58	70	CW	D	90	122 / W	YM194
A11VI37	1	14	50	800	43	50	CW	D	60		YM194
A11VI40	1	14	70	1000	61	67	CW	D	20		YM6952
A11VI42	1	14	50	900	43	50	CW	D	60		YM6952
A11VI43	1	14	70	1000	61	67	CW	D	60		YM6952
A11VI44	1	14	70	1000	61	67	CW	D	60		YM6952
A11VI45	1	14	70	1000	61	67	CW	G	55		YM6952
A11VI46	1	14	65	1200	57	68	CW	D	27		YM6952
A11VI47	1	14	50	800	43	50	CW	D	20		YM6952

- Tensión nominal regulada en torno a 14 V
- Intensidad máxima de carga 70 A
- Intensidad máxima producida a 3000 rpm 61 A
- Intensidad máxima producida a 8000 rpm 67 A
- Velocidad de giro de inicio de carga 1000rpm

Su curva característica corresponde aproximadamente a la marcada con el número 3 en la siguiente figura:

CURVA CARACTERISTICA I=f(n) DEL ALTERNADOR



MEDICION REALIZADA SEGUN ESPECIFICACION TL 877
 $U = 13.5 \text{ V}$
 $T_a = 23^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$

Sabíamos que cuanto mayor fuera la intensidad producida, mayor sería la potencia que tendríamos que aportar a los pedales. Observando la gráfica anterior, nos dimos cuenta que si queríamos, por ejemplo, generar 20 A, tendríamos que hacer girar el alternador, al menos, a 1600 rpm.

Esto nos planteó una nueva cuestión: conocer qué potencia podría aportar una persona de manera constante sobre unos pedales sin agotarse rápidamente. La respuesta nos la facilitó un compañero del grupo, aficionado al ciclismo, quien nos indicó que, la potencia máxima que puede desarrollar un ciclista *amateur* durante un tiempo más o menos prolongado, podía estar en torno a 200W a una cadencia de pedaleo de unas 70 pedaladas por minuto. Con este dato realizamos los primeros cálculos sobre la intensidad que podríamos generar y la velocidad de giro necesaria.

Así, supusimos que si era posible producir pedaleando 200 W de potencia eléctrica cuando el alternador está generando 14 V, la intensidad, I , que éste debería entregar, considerando un rendimiento del 100%, sería:

$$P = V \cdot I \quad \Rightarrow \quad 200 \text{ W} = 14 \text{ V} \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = 14,28 \text{ A}$$

Con este dato de intensidad de corriente y observando la grafica anterior, estimamos que una velocidad de giro suficiente para conseguir nuestro objetivo podría estar comprendida entre 1500 y 2000 rpm, siempre y cuando, el rendimiento del alternador a estas revoluciones no fuera excesivamente bajo. Esta última reflexión nos obligó a realizar un estudio sobre el rendimiento de los alternadores de automoción, que reproducimos a continuación:

1.1 Rendimiento de un alternador

El rendimiento, μ , se define como el cociente entre potencia útil y la potencia total aportada.

$$\mu = Pu/PT$$

En nuestro caso, la potencia útil será la potencia eléctrica generada y, la potencia total aportada, será la potencia mecánica aportada al eje del alternador por el ciclista.

Investigando en internet, hallamos un estudio patrocinado por la empresa Delco Remy sobre rendimiento de los alternadores empleados en vehículos. El autor de este estudio, MIKE BRADFIELD, otorgaba permiso para su reproducción siempre que fuese sin ánimo de lucro, circunstancia que le agradecemos enormemente.

En ese estudio se concluye que, el rendimiento de un alternador, depende de muchos factores, entre otros, de las revoluciones a las que gira y de la intensidad que está entregando en cada instante.

Los mecanismos por los que se producen pérdidas de energía en el interior del alternador se pueden agrupar en 3 categorías: pérdidas eléctricas, magnéticas y mecánicas.

- Pérdidas eléctricas:

La mayor fuente de pérdidas de potencia dentro de un alternador es la debida a las pérdidas que se producen por la resistencia óhmica en los devanados del estator. Estas pérdidas se pueden calcular como: $P_{\text{estator}} = (i_{\text{estator}})^2 \cdot (R_{\text{estator}})$, donde:

- P_{estator} = Pérdida de potencia del devanado del estator
- i_{estator} = Corriente de bobinado del estator
- R_{estator} = Resistencia de la fase del estator

Otra fuente de pérdidas óhmicas, pero considerablemente menor, se origina en el devanado del campo inductor del rotor.

También de naturaleza eléctrica es la pérdida de potencia que se produce debido a la caída de tensión en los diodos rectificadores. Esta se puede calcular de la siguiente manera: $P_{\text{diodo}} = (V_{\text{diodo}}) (i_{\text{diodo}})$, donde:

- P_{diodo} = Pérdida de potencia del diodo
- V_{diodo} = Caída de tensión en el diodo
- i_{diodo} = Corriente que atraviesa los diodos

- Pérdidas magnéticas:

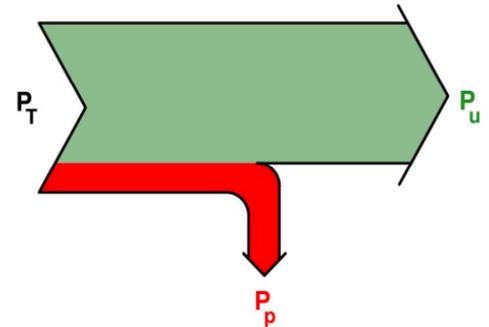
Hay dos tipos de pérdidas magnéticas: las debidas a fenómenos relacionados con la histéresis y las debidas a la generación de corrientes parásitas.

Las pérdidas por histéresis se producen en áreas de los núcleos ferromagnéticos sometidos a campos creados por corrientes alternas. Las pérdidas magnéticas debidas a corrientes parásitas de Foucault son particularmente problemáticas a altas velocidades, ya que la variación del flujo magnético aumenta con la velocidad de giro.

- Pérdidas mecánicas en el interior del alternador:

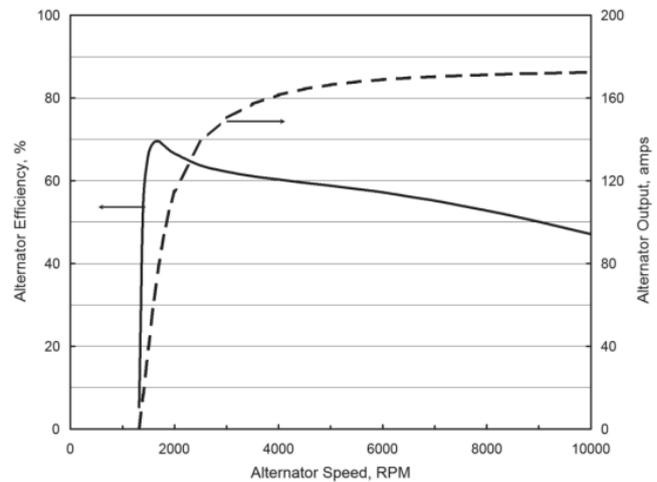
Engloban las pérdidas por fricción en los cojinetes y el rozamiento entre las escobillas y los anillos del rotor y aumentan con la velocidad de giro del alternador.

POTENCIAS EN UNA MÁQUINA ELÉCTRICA. PÉRDIDAS



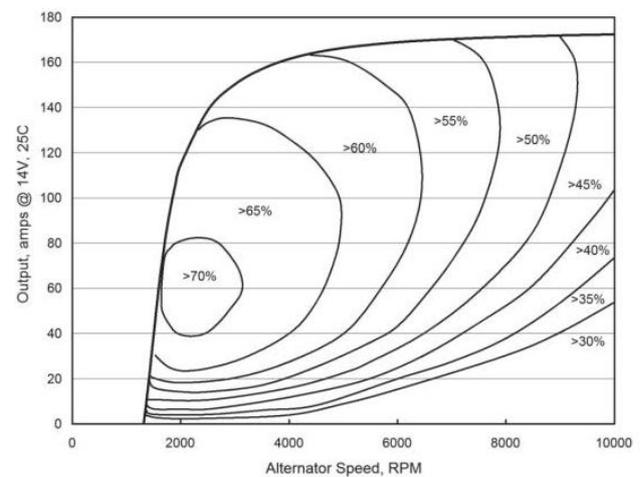
Otras pérdidas mecánicas significativas tienen su origen en el giro de los ventiladores. Estas pérdidas aumentan con el cubo de la velocidad y pueden ser muy importantes a altas velocidades.

En la siguiente figura se puede apreciar cómo afectan las distintas pérdidas de potencia al rendimiento del alternador en función del número de revoluciones por minuto. La gráfica indica el rendimiento del alternador sólo cuando éste está aportando la máxima intensidad posible a cada régimen de giro, en ella se observa que el rendimiento va aumentando hasta un máximo, que ronda el 70%, para después descender. Este es el tipo de curvas que, normalmente, publican los fabricantes, sin embargo, la información que aportan es sólo una fracción de lo que realmente ocurre, ya que la mayor parte del funcionamiento del alternador no se produce a plena potencia.



La siguiente grafica resulta mucho más útil para valorar la eficiencia del alternador, al mostrar el rendimiento como función, a la vez, de la intensidad de corriente de salida y del número de revoluciones de giro.

Como se aprecia, la eficiencia aumenta cuando, para un mismo número de rpm, la corriente generada se reduce respecto a la producida a plena potencia. Esto se debe principalmente a la reducción no lineal de las pérdidas óhmicas del estator ($i^2.R$). Este efecto continúa hasta un momento, en el que, al seguir descendiendo la producción de corriente, el rendimiento empieza a empeorar. En este punto las pérdidas fijas, tales como la fricción y efecto aerodinámico de los ventiladores, comienzan a dominar.



Aunque las cifras mostradas en la gráfica corresponden a un alternador específico, se pueden extrapolar para describir la eficiencia de cualquier alternador trifásico empleado en automoción.

De lo anterior, pudimos concluir que, la eficiencia máxima de un alternador, si atendemos a la producción de corriente, tiende a ocurrir en torno a una zona comprendida entre el 30 y el 40% de su máxima producción de intensidad; en nuestro caso ésta estaría en torno a los 25 A. Si atendemos al régimen de giro, esa zona de mayor rendimiento se encontraría entre las 2000-2500 RPM.

Desgraciadamente, la intensidad que posteriormente pudimos mantener pedaleando, de manera más o menos prolongada, estaba en torno a 8 A, ello nos llevó a estimar un rendimiento en el alternador en torno a 45%. Si la producción descendiera de ese valor, el rendimiento se reduciría aún más.

Pero, además, se producen pérdidas de energía en la transmisión mecánica que va desde los pedales de la bicicleta hasta el eje del alternador. Estas pérdidas se producen por fricción tanto en el interior de la propia correa y cadena, como en el contacto que se produce entre la correa con las poleas y de la cadena con la corona y el piñón. A ellas hay que añadir las debidas al

rozamiento en los distintos cojinetes que soportan las poleas y al volante de inercia. En términos generales, suelen ser pequeñas en comparación con la energía total transferida, pero, no obstante, ocurren. La eficiencia total en el conjunto de estos elementos la pudimos estimar en torno al 90 o 95%.

Finalmente, concluimos que, en nuestro caso, los rendimientos que podíamos alcanzar no serían elevados, estimando estos en torno al 40% ($R_{total} = 0,45 \times 0,9 = 0,4 \rightarrow 40\%$). Esto supone que, si el ciclista produce 100W de electricidad, tiene que aportar a los pedales 250W.

Consultando otras publicaciones llegamos a conclusiones similares, por ejemplo, el manual monográfico sobre alternadores del fabricante alemán BOSCH, indica que el rendimiento medio de un alternador girando en el vehículo no supera el 55%.

2. Relación de transmisión necesaria

Con toda la información previa de la que disponíamos decidimos que la velocidad de giro en el alternador debía ser de 2000 rpm cuando los pedales estuvieran girando a 65 rpm.

Con este dato se elaboró un primer boceto del prototipo, empleando el programa *Paint* pero, curiosamente, este dibujo plasmaría aceptablemente bien lo que después sería la materialización del proyecto.



Como se ve en la imagen, la idea era combinar la transmisión por cadena de la bicicleta con otra constituida por un par de poleas, una de mayor tamaño unida al piñón trasero de la bici y otra de menor diámetro en el eje del alternador.

La relación de multiplicación final sería el producto de la transmisión debida a la corona-piñón de la bicicleta y la debida a la relación entre los diámetros de las poleas.

Por todos los medios intentamos encontrar una corona para la bicicleta de mayor tamaño que la que traía de serie, algo que resultó imposible, la que teníamos contaba con 48 dientes. El menor piñón que encontramos y que, finalmente se montaría, tenía 13 dientes. La relación de transmisión final obtenida en la propia bicicleta era:

$$R_1 = 48/13 = 3,69.$$



La polea del alternador tenía una garganta de diámetro 60 mm. Con estos datos pudimos calcular el diámetro necesario para la polea que debería girar unida al piñón de la bici. La relación final en esas poleas será:

$$R_2 = D/60, \text{ siendo } D \text{ el diámetro de la polea más grande.}$$

La relación de multiplicación total será la necesaria para transformar las revoluciones por minuto de los pedales, 65, a las que deseamos en el eje del alternador, 2000:

$$R_{TOTAL} = R_1 \cdot R_2 = 3,69 \cdot D/60 = 2000\text{rpm}/65 \text{ rpm}$$

De esta relación pudimos despejar el valor de la polea necesaria:

$$D = (2000 \cdot 60) / (65 \cdot 3,69) = 500 \text{ mm.}$$

Ahora sólo quedaba buscar una polea de ese diámetro y realizar el montaje de todo el conjunto para ver el resultado.

3. Construcción de la estructura de soporte

El primer trabajo que se llevó a cabo fue la construcción de una estructura que pudiera soportar el cuadro de la bicicleta y el alternador. Partes de estos trabajos los hicimos como prácticas del módulo de Mecanizado, bajo la supervisión de nuestro profesor, José Antonio Gallego.



Después se preparó la bicicleta para darle imprimación y, posteriormente, pintarla.



4. Necesidad de un volante de inercia para hacer más regular el pedaleo.

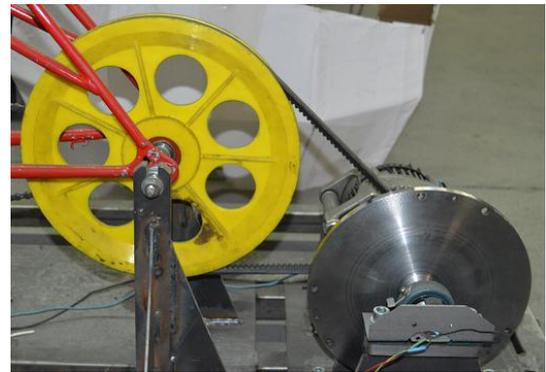
El primer prototipo que se probó no disponía de un volante de inercia y, al pedalear, se notaba que los impulsos sobre los pedales se producían a trompicones. Obteníamos 14 V pero resultaba incómodo.

Sabíamos que un volante de inercia almacenaría la energía cinética en el momento que más fuerza se realiza sobre los pedales y que, después, la entregaría en el intervalo de giro en el que las piernas no los impulsan y, de esta forma, se conseguiría un giro más suave y regular.



Los cálculos que eran necesarios se escapaban a nuestros conocimientos y nuestro profesor nos echó un cable con ellos.

Al final, se instaló un pequeño volante fabricado en el taller de soldadura, que estaba constituido por un disco de 280 mm de diámetro y un eje de 30 mm soldado a éste y posteriormente mecanizado en el torno. El equilibrado estático lo realizamos nosotros practicando unos orificios en la periferia.



5. Circuito eléctrico.

El circuito eléctrico del proyecto se compone de un circuito de carga y un circuito de alumbrado que actúa como consumidor de la energía generada por el alternador.

Dispone de un conmutador de luces para poder ir incrementando la potencia consumida en las lámparas, de esta forma, al ir girando la llave de luces, se encenderán paulatinamente una serie de lámparas y la intensidad consumida aumentará hasta un máximo de 20 A, ya que este valor es el máximo que puede medir el sensor que instalamos.

Esta limitación en la intensidad máxima también limita la potencia que será posible medir a unos 280W ($P_{\text{máxima}} = 14 \cdot 20 = 280 \text{ W}$). Esto es algo que no nos preocupó, porque esta cantidad es muy elevada si se tiene en cuenta el rendimiento esperado del conjunto, difícilmente un ciclista amateur podría girar los pedales con facilidad para obtener esa potencia, ya que tendría que aportar más de 450 W, algo sólo al alcance de profesionales (suponiendo un rendimiento del 60% $\rightarrow 280/0,6 = 460 \text{ W}$).

Por otro lado, cada lámpara de posición encendida supone 5 W y cada una de cruce o carretera serán 55, así que una vez habíamos conseguido hacer cargar al alternador deberíamos hacer pruebas para saber cuál sería la configuración más idónea de las lámparas.

Pero, además, queríamos evitar que las lámparas se pudieran encender mientras el alternador no estuviera cargando con el fin de salvaguardar la carga de la batería y, para ello, se instaló un relé

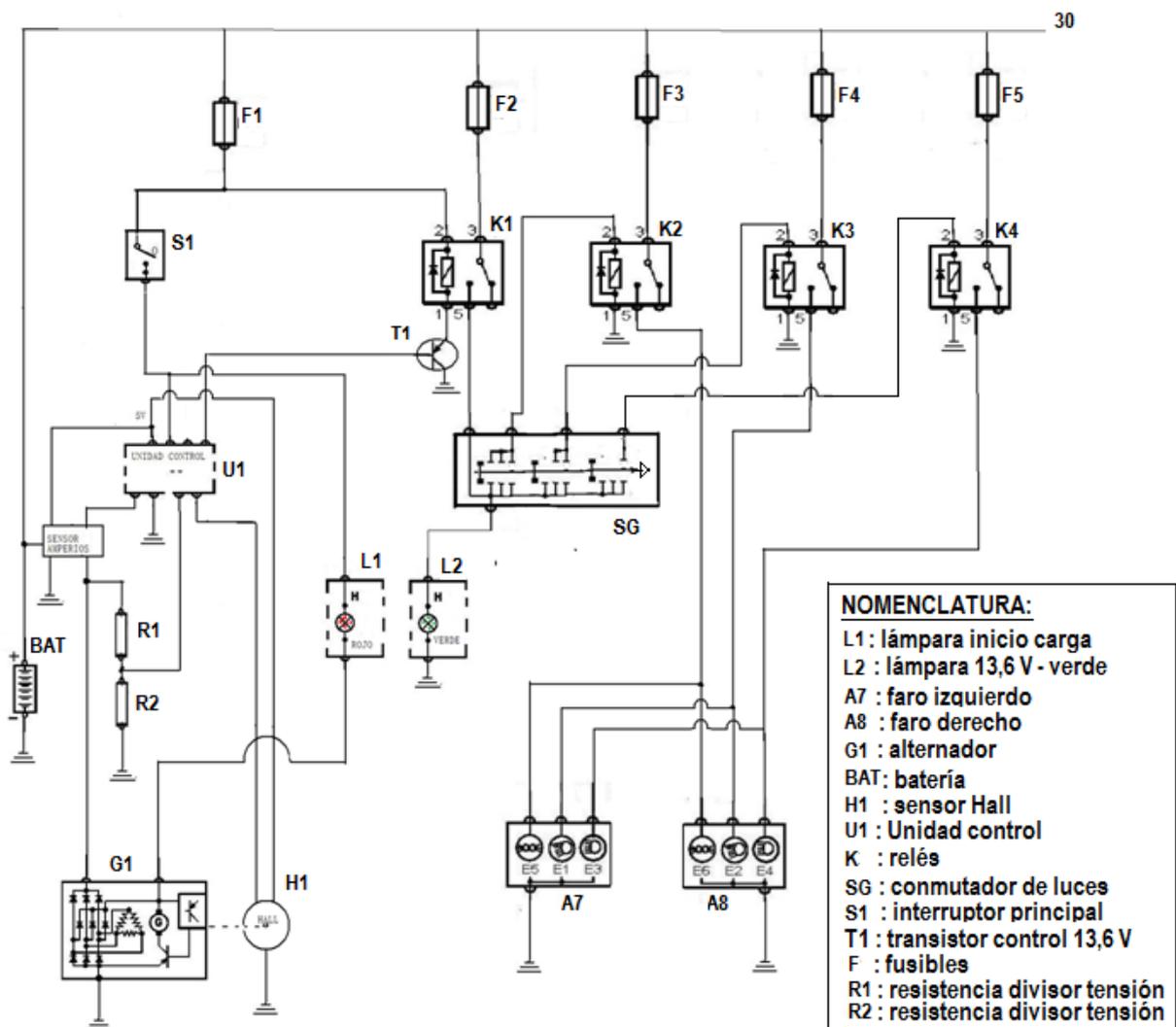


controlado electrónicamente con la misión de evitar que llegue alimentación al conmutador de alumbrado hasta que el alternador no esté produciendo por encima de 13,6 V.

En la imagen anterior se aprecia los faros que se montaron sobre la estructura y que permiten aumentar la potencia consumida de manera paulatina:

POSICIÓN MANDO	CIRCUITO	INTENSIDAD	INTENSIDAD ACUMULADA	POTENCIA	POTENCIA ACUMULADA	Nº DE LÁMPARAS	POTENCIA CICLISTA (ESTIMADA)
0	INSTALACIÓN BÁSICA	1,5	1,5 A	20W	20W	2 W5W	70 W
1	POSICIÓN	0,75	2,25 A	10 W	30 W	2 W5W	100 W
2	CRUCE	8,5	10,75	110 W	140 W	2 H7	350 W
3	CARRETERA	8,5	19,25 A	110 W	250 W	2 H1	500 W

ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN



6. Cuadro de instrumentos.

Para el cuadro de instrumentos del proyecto se reutilizó el cuadro de un Audi 100.

En esta adaptación necesitamos mucha ayuda por parte de nuestro tutor, nos explicó, guió y trabajó con nosotros sobre el cuadro, fundamentalmente, en la programación del microprocesador que empleamos para el control de todo el sistema.



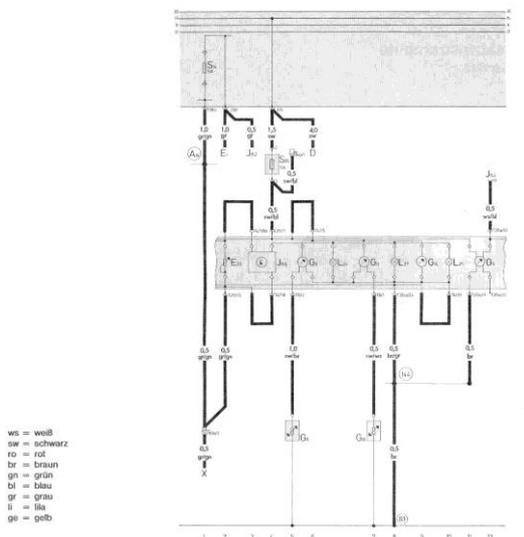
De los instrumentos que disponía inicialmente este cuadro, sólo precisábamos el tacómetro para medir las revoluciones del alternador, la iluminación del cuadro, el voltímetro y un reloj de temperatura que se aprovecharía para controlar el calentamiento de un regulador de tensión. El resto de los instrumentos los tapamos empleando un plástico negro de una tapa de encuadernar cortado con las dimensiones adecuadas.

Además, decidimos sustituir el cuenta Kilómetros por una pantalla de led, constituida por dos matrices 8X8, que se emplearía para controlar la potencia eléctrica generada por el alternador.

El primer paso para lograr esto, consistió en reunir toda la información que se pudo sobre este cuadro de instrumentos y conocer, así, la función de cada uno de los pines de sus conectores. Se encontraron los esquemas en alemán del vehículo y, después de traducirlos, se identificaron las vías y conexiones que necesitábamos para poder iluminar el cuadro y utilizar los instrumentos antes indicados.

Nr. 74/1 Stromlaufplan Audi 100, Audi 200

Zusatzinstrumente



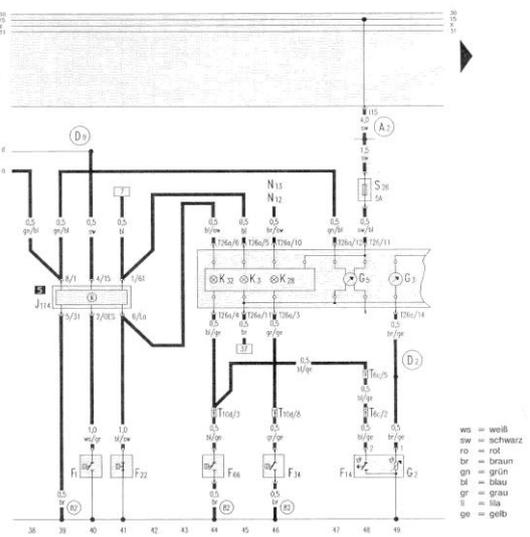
ws = weiß
sw = schwarz
ro = rot
br = braun
gn = grün
bl = blau
gr = grau
li = lil
ge = gelb

- D - Zündanlasschalter
- E 1 - Lichtschalter
- E 20 - Regler für Beleuchtung Instrumente/Schalttafel
- G 5 - Drehzahlmesser
- G 8 - Geber für Öltemperatur (Z313)
- G 9 - Öltemperaturzeiger
- G 10 - Geber für Öldruck (3121)
- G 11 - Öldruckzeiger
- G 14 - Voltmeter
- J 152 - Warnsummer für Standlicht und Radio
- J 154 - Steuergerät für elektronische Zündanlage mit Kopplung
- J 166 - Verstärker für Instrumentenbeleuchtung
- L 24 - Lampe für Beleuchtung Öltemperaturzeiger
- L 25 - Lampe für Beleuchtung Voltmeter
- L 27 - Lampe für Beleuchtung Öldruckzeiger
- S 14 - Sicherung/Relaisplatte
- S 26 - Einzelsicherung für Kombiinstrumente
- T 4 - Steckverbindung, 4-fach, am Schalttafel
- T 4a - Steckverbindung, 4-fach, schwarz, hinter Schalttafel
- T 6 - Steckverbindung, 6-fach, am Schalttafel
- T 10a - Steckverbindung, 10-fach, braun, hinter Schalttafel
- T 26 - Steckverbindung, 26-fach, schwarz, Schalttafel
- T 26a - Steckverbindung, 26-fach, braun, Schalttafel
- X - Kennzeichenleuchte
- (M) - Masseverbindung - 1 -, im Leitungsstrang vorn rechts
- (N) - Masseverbindung (Schalttafel), im Leitungsstrang Metronic
- (O) - Verbindung (S6), im Schalttafelleitungsstrang

Ausgabe 04.89
000.5927.67.00

Audi 100, Audi 200 Stromlaufplan Nr. 10/4

KE-Jetronic, 66 kW, 4-Zylinder



ws = weiß
sw = schwarz
ro = rot
br = braun
gn = grün
bl = blau
gr = grau
li = lil
ge = gelb

- F 1 - Öldruckschalter (1,8 bar)
- F 14 - Kühlmittel-Temperatur-Kontrollschalter (zu heiß)
- F 22 - Öldruckschalter (0,3 bar) (3114)
- F 34 - Warnkontakt für Bremsflüssigkeitsstand
- F 68 - Schalter für Kühlmitteltemperaturzeiger
- G 2 - Geber für Kühlmitteltemperaturzeiger
- G 3 - Kühlmitteltemperaturzeiger
- G 5 - Drehzahlmesser
- J 114 - Steuergerät für Öldruckkontrolle
- K 3 - Kontrollampe für Öldruck
- K 28 - Kontrollampe für Kühlmitteltemperatur/Kühlmitteltemperaturzeiger
- K 32 - Kontrollampe für Bremsbelag (PADS)
- N 12 - Bremswächter rechts (Bremsbleibend)
- N 13 - Bremswächter links (Bremsbleibend)
- S 26 - Einzelsicherung für Steueromagnet
- T 6c - Steckverbindung, 6-fach, schwarz, hinter der Schalttafel
- T 10d - Steckverbindung, 10-fach, gelb, hinter der Schalttafel
- T 26 - Steckverbindung 26-fach, schwarz, am Schalttafel
- T 26a - Steckverbindung, 26-fach, braun, am Schalttafel
- (M) - Masseverbindung - 1 -, im Leitungsstrang vorn links
- (N) - Masseverbindung (15) im Schalttafelleitungsstrang
- (O) - Verbindung (Temperatur-Kontrollschalter) im Leitungsstrang vorn rechts
- (P) - Plusverbindung (15) über Sicherung 24 im Leitungsstrang vorn rechts

Ausgabe 12.89
000.5929.04.00

Por ejemplo, el circuito integrado que controla la aguja del tacómetro es un ITT V3003-393 y recibe los impulsos a través del pin 12 del conector marrón T26a del cuadro. Este integrado, cuando está montado en el vehículo, transforma los pulsos recibidos de la bobina de encendido en una tensión que actúa sobre los circuitos del tacómetro, desplazando la aguja a la posición que corresponda.

Como unidad de control del sistema se instaló un ARDUINO-UNO. Un Arduino es una placa con un microprocesador de la marca Atmel y con una serie de entradas y salidas analógicas y digitales. Este conjunto se puede programar con un lenguaje muy similar a C, en este apartado es en el que hemos recibido más ayuda por parte de nuestro tutor.

En la siguiente imagen se aprecian la parte posterior del cuadro de instrumentos en la que se adosó el Arduino-UNO y una placa con una serie de componentes electrónicos que pasamos a describir:



- Dos resistencias para crear un **divisor de tensión** que nos ha permitido medir la tensión del circuito. El valor de tensión máxima que es posible medir con ARDUINO en sus entradas analógicas es 5 V. Nuestro circuito fluctúa entre unos 12 V, cuando el alternador no carga, y 14 V, cuando está cargando. Debido a esta circunstancia se ha tenido que medir la tensión que existe en el centro de las dos resistencias del divisor, ya que las calculamos para que, en la entrada correspondiente de la unidad Arduino, sólo se obtengan 5 voltios cuando la tensión del circuito sea 15 V.

- Transistor NPN BD135, montado para controlar la alimentación del conmutador de luces, de forma que sólo sea posible conectarlo a partir de que el alternador produzca 13,6V. Esto se consigue programando la unidad Arduino para que alimente la base del transistor sólo cuando detecte que la tensión producida sea la indicada.



- En esa placa también soldamos un regulador de tensión para limitar la alimentación de los distintos componentes electrónicos a 10V, independientemente de la tensión existente. Sobre el disipador de calor de ese regulador se colocó una resistencia NTC con el fin de controlar su recalentamiento; esa temperatura se puede apreciar en un reloj de temperatura del cuadro.

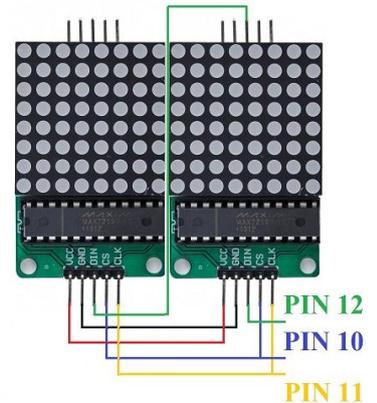
Además de estos elementos montados sobre la placa descrita, también instalamos los siguientes componentes sobre el cuadro del Audi 100:

- Un medidor de intensidad, constituido por un pequeño sensor de efecto Hall que calcula la intensidad de corriente que lo atraviesa a través del campo



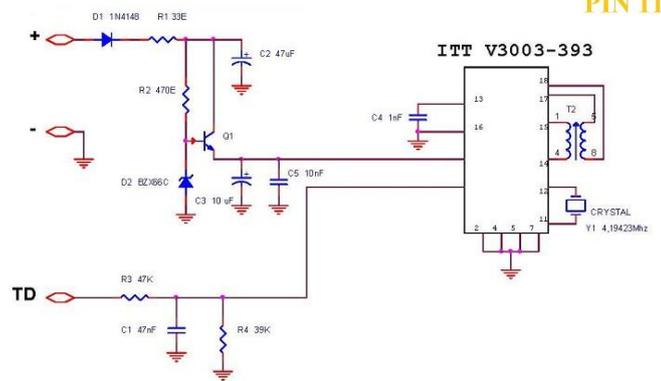
magnético que ésta produce. Devuelve una tensión comprendida entre 0 y 5V, ésta última reservada para cuando la intensidad de corriente es 20A. Su nombre comercial es ACS712 AC/DC 20 A. Hicimos pruebas para valorar su fiabilidad empleando una pinza amperimétrica y los resultados fueron asombrosamente exactos.

- Para mostrar sobre el cuadro el valor de la potencia producida por el alternador instalamos un par de módulos constituidos por unas matrices de leds 8x8. Los módulos empleados fueron del tipo *displays* **MAX7219**. El microprocesador calcula esa potencia como el producto de la tensión medida mediante el divisor de tensión y la intensidad mediada en el sensor AC S712 y, una vez realizado ese cálculo, transmite esa información hasta las matrices de leds.

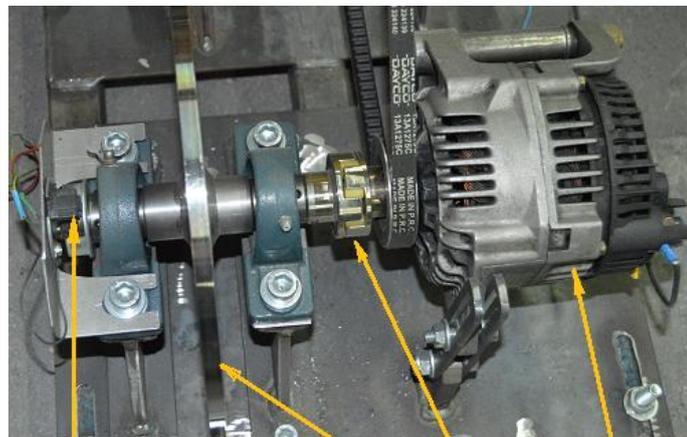
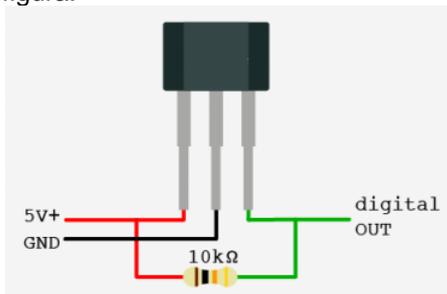


Sobre el cuadro de instrumentos mantuvimos el cuenta revoluciones con el fin de poder conocer la velocidad de giro del alternador. Sabíamos por los esquemas del vehículo, que a través del pin 12 del conector marrón que tiene el cuadro en su parte trasera, se reciben los pulsos para mover la aguja del tacómetro. Nuestro tutor, cuando desmontamos el cuadro para instalar las matrices de leds, nos explicó que los pulsos que llegan al cuadro desde sistema de encendido los recibe un circuito integrado ITT V3003-393, que aporta una tensión de salida proporcional al número de pulsos recibidos en un tiempo determinado.

Esos impulsos, en nuestro caso, están generados por un captador Hall de un encendido electrónico adosado al eje del alternador, que se reutilizó para esta función.



El captador necesita una alimentación de 5 V, un cable de masa y otro para la señal pulsatoria de salida que llegará hasta la unidad. Entre los conductores de alimentación positiva y de señal de salida se montó una resistencia de 10kΩ, como se muestra en la figura.



Esa señal del captador es enviada a la unidad-Arduino, que la modifica convenientemente ya que, desde el sensor Hall, se envían 4 pulsos por vuelta y, para ser enviada hasta el circuito integrado ITT V3003-393, se precisan 2 pulsos por revolución para que el desplazamiento de la aguja en el tacómetro sea correcto.

7. Detalles estéticos

También pretendíamos que el proyecto fuera estéticamente agradable y, por este motivo, pintamos todas las partes de la estructura y cubrimos la parte eléctrica con un carenado elaborado con fibra de vidrio.

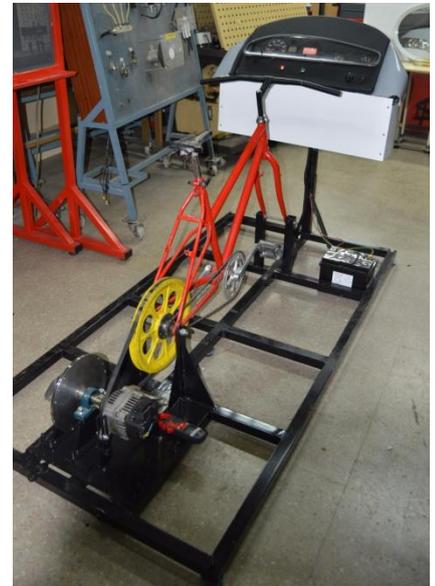
El soporte del cuadro lo realizamos con un tablero de contrachapado en el que practicamos los huecos necesarios para montar los distintos elementos y, posteriormente, lo acolchamos y tapizamos con polipiel.



[→ ENLACE: VIDEO DE FUNCIONAMIENTO DE “LA BIEL”](#)

8. Conclusiones

- La principal conclusión que hemos obtenido, es que emplear un alternador de automoción para producir electricidad pedaleando no es lo más conveniente, ya que el esfuerzo que se tiene que aplicar a los pedales es elevado. Esto se debe a que el rendimiento de los alternadores a cargas parciales reducidas es muy bajo, el 30 o 40% y, la potencia que hay que aportar para obtener unos pocos vatios de electricidad, hace difícil mantener la cadencia de pedaleo durante mucho tiempo.
Para el propósito de generar entre 50 y 200 W se deberían elegir generadores con un rendimiento mucho mayor en esa franja de potencias; los hay que funcionan con rendimientos del 80%.
- La siguiente conclusión es que se debería aumentar la relación de transmisión del prototipo. En nuestros cálculos previos, obtuvimos un diámetro para una de las poleas mucho mayor del que, finalmente, montamos. Esta circunstancia obliga a pedalear más deprisa de lo previsto. Por desgracia, fue imposible encontrar una polea de diámetro adecuado y, finalmente, se instaló una de 350 mm, casi 150 mm más pequeña de lo que, inicialmente, habíamos calculado.
- Por último, la materialización de este proyecto nos ha permitido concienciarnos de lo costoso que es producir energía. El hecho de experimentar por uno mismo el esfuerzo necesario para conseguir 100 W, nos ha hecho entender mejor la necesidad de ahorrar energía y utilizar generadores con eficiencias elevadas. Un gesto tan sencillo como pulsar un interruptor para encender una estufa eléctrica, supone un consumo de 1500W sin necesidad de realizar ningún esfuerzo, algo imposible de conseguir pedaleando. El prototipo construido podría emplearse para concienciar a otros alumnos de la necesidad de cambiar ciertas conductas despilfarradoras.



9. Agradecimientos

Queremos agradecer el esfuerzo de nuestros compañeros Juan Ángel La Orden y Josué Rodolfo Thom, el mérito de este proyecto es también suyo.

No podemos olvidar la ayuda, el apoyo y la dedicación que nuestro profesor y tutor en este trabajo, don Raúl Martín, nos ha brindado; sin él hubiera sido imposible llevarlo a buen término.

Agradecemos la colaboración recibida por parte del profesor don Antonio Rodenas y sus alumnos de 2º de Soldadura: reforzaron la estructura que ya teníamos, que había comenzado a deformarse después de tantas pruebas, y aportaron sus conocimientos y medios para llevar a cabo la fabricación del volante de inercia y la estructura que lo soporta. Igualmente, queremos agradecer a don Juan Luís Muñoz, profesor de pintura, el apoyo y las explicaciones recibidas durante el proceso de pintado.

Asimismo, merece una mención especial nuestro compañero Alfonso Cebrián, por su ayuda en la grabación del video de presentación.

Agradecemos, también, el apoyo que siempre hemos recibido de nuestros compañeros de 2º curso de Electromecánica de Vehículos del turno de la tarde.

Por último, agradecemos a la empresa Bicicletas Faura, de Albacete capital, que nos donara la bicicleta que sirvió de base para la realización de este proyecto.

10. Bibliografía

- Improving Alternator Efficiency Measurably Reduces Fuel Costs. BY MIKE BRADFIELD, MSME Remy, Inc.
- Instrucción técnica sobre alternadores de BOSCH



AUTORES:

Pedro Jareño Clemente

Miguel Ángel Bernad González