

Proyecto: Carrera de Patrullas

Ronald Esteban Duarte-Barrantes, *Estudiante, ITCR*

Josué Alejandro Hernández-Medina, *Estudiante, ITCR* Hender Valdivia-Mejías, *Estudiante, ITCR*

Denzel Lynch Rowe, *Estudiante, ITCR*

Resumen

En el presente informe se detalla el circuito final utilizado para una ambulancia, con sistema de sirenas, luces de emergencia, motor CD y funcionamiento con control remoto. Este sistema usa baterías de litio de 3,7 V y mediante dos reguladores se obtienen las dos tensiones adicionales que se utilizaron, las cuales corresponden a 5 y 12 V. Además, se compara con lo planteado mediante simulación para el avance anterior, así como el funcionamiento del sistema armado en protoboard con el montaje del mismo mediante PCBs.

I. INTRODUCCIÓN

As patrullas poseen un papel importante en la comunidad, ya que son cruciales en la seguridad y protección de los habitantes de una zona en específico. De esta manera, estos vehículos deben tener ciertas características para que puedan atender las emergencias de la forma más óptima. Un primer aspecto a considerar es la velocidad de esta, debido a que deben ser rápidas para poder atender la situación y así evitar, en la medida de lo posible, consecuencias graves. Asimismo, debe tener una sirena que permita avisar de su presencia a las personas conductoras a su alrededor y que estas le puedan dar paso, lo cual le permite eludir cualquier embotellamiento que le impida llegar a su destino, entre otros elementos. En este proyecto se pretende generar dicha patrulla de una manera más simplificada y a una escala mucho menor a la de la realidad, esto mediante el uso de elementos analógicos básicos y con algunas limitaciones en el diseño.

II. PROPUESTAS DEL DISEÑO

II-A. Componentes para la construcción del circuito

En la Tabla. II.1 se presentan los diferentes componentes utilizados en la construcción del circuito de la Fig II.12.

Tabla II.1: Componentes

Elemento	Valor
<i>LED</i>	Rojo
<i>LED</i>	Azul
<i>Resistencias</i>	68KΩ
<i>Capacitores</i>	1 μF
<i>Transistores</i>	2N2222
<i>Resistencias</i>	1KΩ
<i>Resistencia</i>	33KΩ
<i>Capacitores</i>	100 μF
<i>Resistencias</i>	10KΩ
<i>Osciladores</i>	555
<i>Resistencia</i>	100KΩ
<i>Resistencia</i>	6,8KΩ
<i>Resistencia</i>	620Ω
<i>Resistencia</i>	4,9KΩ
<i>Potenciómetro</i>	250KΩ
<i>Capacitor</i>	0,1 μF
<i>Diodos</i>	1N4001
<i>Transistor</i>	2N3904
<i>Transistor</i>	2N3906
<i>Transistores</i>	TIP31C
<i>LED infrarrojo</i>	Emisor
<i>LED infrarrojo</i>	Receptor
<i>Contador</i>	4017BD
<i>Resistencia</i>	330 Ω
<i>MotorCD</i>	Sin datos
<i>Mosfet</i>	IRF540N

II-B. Reguladores de tensión

A diferencia del diseño que se planteó inicialmente, se tomó la decisión de cambiar los valores de las tensiones de alimentación a 5 y 12 V. De esta manera, se cambiaron los reguladores ajustables por unos fijos, cuyas configuraciones se encuentran en las Fig II.1 y II.2, respectivamente. Dichos circuitos se obtuvieron a partir de la aplicación típica que se encuentra en su respectiva hoja de datos [1]

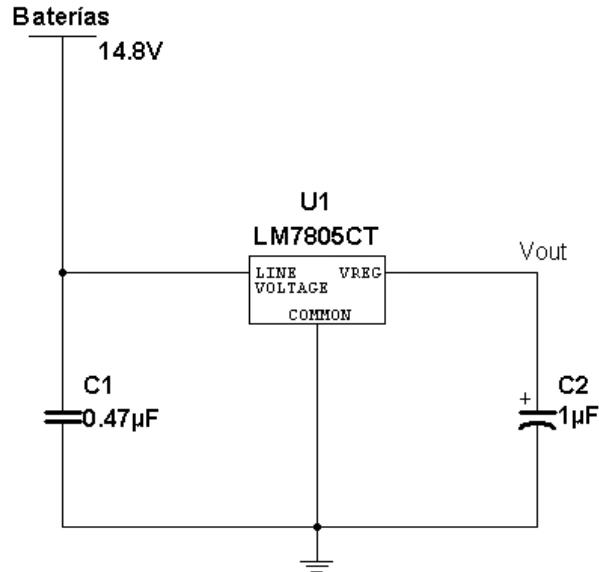


Fig II.1: Circuito regulador de tensión a 5 V

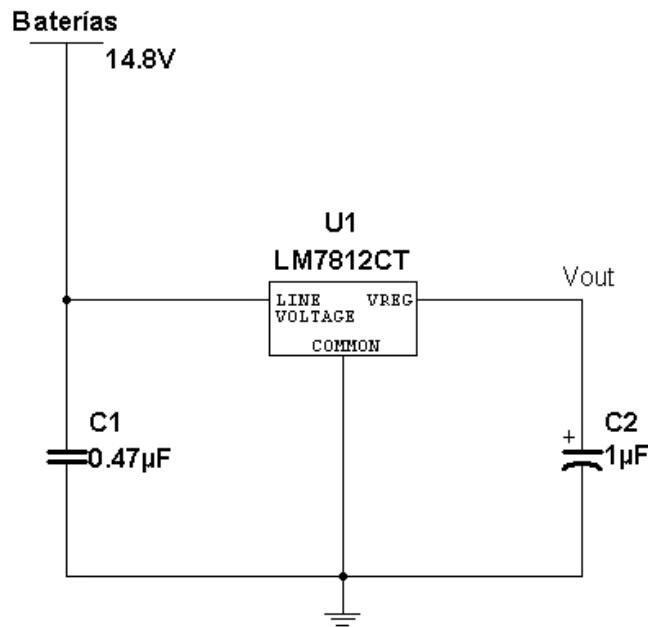


Fig II.2: Circuito regulador de tensión a 12 V

II-C. Luces de emergencia

Para generar la intermitencia de los LED del circuito de la Fig II.3 se utilizaron dos transistores NPN que en este caso son 2N2222 y en conjunto con capacitores de $1\mu F$ y resistencias. El encendido del LED se debe al tiempo de carga y descarga de los capacitores, si se varía el valor de los capacitores esto provocaría cambios en las intermitencias de los LEDS aumentando o disminuyendo esta, de igual forma las resistencias R_1 y R_3 también

afectan la intermitencia, por lo cual para aumentar la frecuencia de intermitencia se puede disminuir ya sea los valores de los capacitores para que cargue más rápido o disminuir los valores de las resistencias R_1 y R_3 y este cuenta con una alimentación de 5V. Para la alimentación se utiliza un regulador de 5 V, ya que con las baterías se tienen aproximadamente 15 V, este regulador tendrá un switch a la salida para encender y apagar las luces, además, alimentará tanto al circuito de las luces como el circuito que genera el sonido de la sirena.

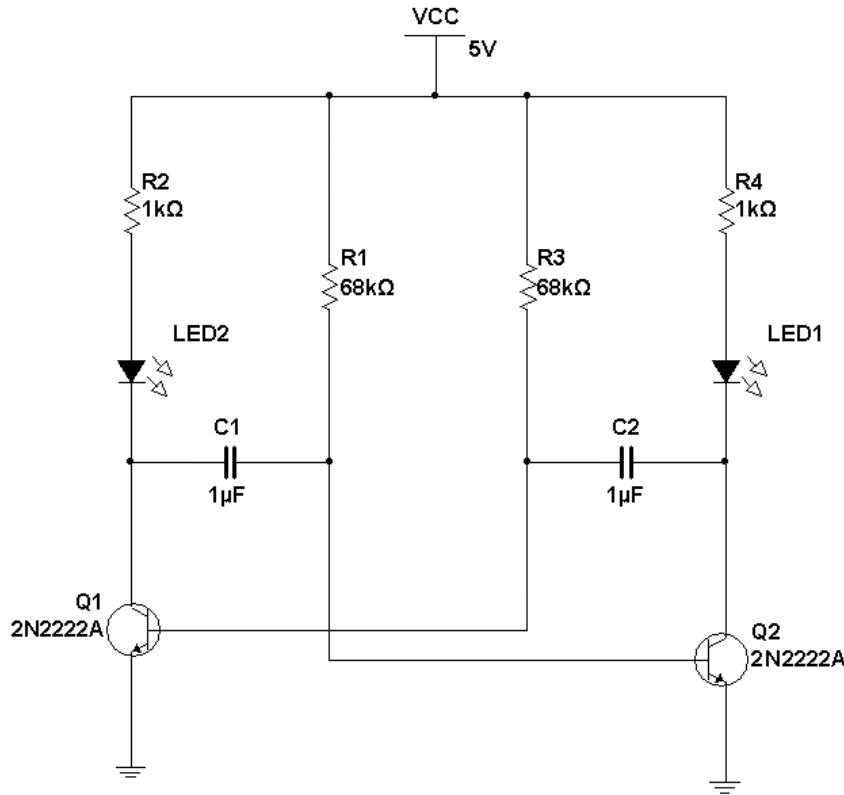


Fig II.3: Luces de Emergencia

II-D. Circuito generador del sonido de sirena de patrulla

Para este circuito se tomó en cuenta el uso del temporizador 555, el cual es un circuito integrado que se compone de dos comparadores, un transistor de descarga y un divisor de tensión por medio de resistencias [2]. De esta manera, para poder generar el sonido característico de la sirena de una patrulla, se investigó y se encontró un circuito [3], el cual se tuvo que cambiar debido a que este no presentó el comportamiento deseado. Por lo tanto, se utilizó otro circuito [4], que consta de dos temporizadores 555 ambos en una configuración astable; es decir, que no tiene estados estables [2]. De este modo, se generan los dos tonos necesarios para que el sonido deseado se realice de forma automática. Con respecto a la alimentación del circuito se tendrá un regulador de 12 V.

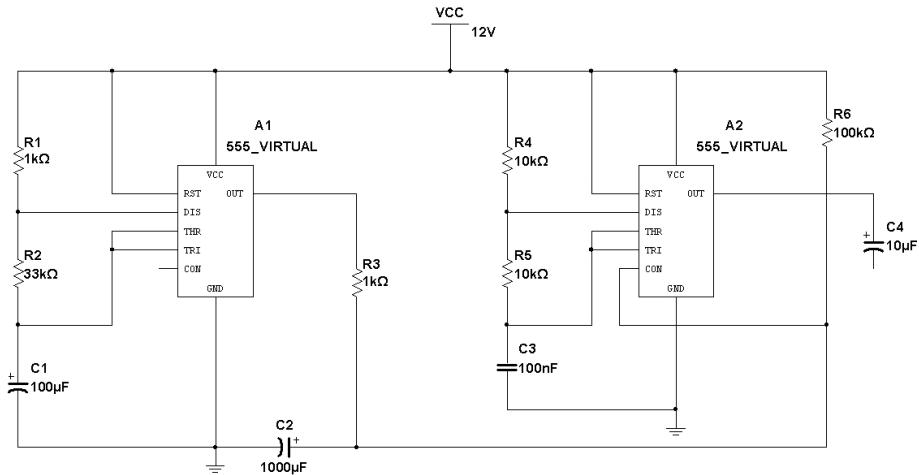


Fig II.4: Circuito generador del sonido de sirena de patrulla

II-E. Circuito Amplificador de voltaje y potencia

II-E1. Circuito Amplificador de voltaje: La función de amplificador de voltaje es aumentar la amplitud de voltaje de la señal cuadrada generada con el oscilador 555, para lo cual se hizo uso de un amplificador de voltaje en emisor común basado en BJT y tomado de [5], teniendo en cuenta los cálculos vistos en [5]. De donde se obtienen los siguientes valores teóricos.

Parámetros CD y CA	Valor medido
V_B	1,97 V
V_E	1,3 V
V_C	1,9 V
V_{CE}	0,63 V
A_v	1,8

Tabla II.2: Amplificador en emisor común: Parámetros CD y CA

Se tuvo que rediseñar el amplificador de voltaje para lograr una ganancia más adecuada a las limitaciones de otras partes del circuito final, como el parlante, así se consiguió el circuito de la Fig. II.5.

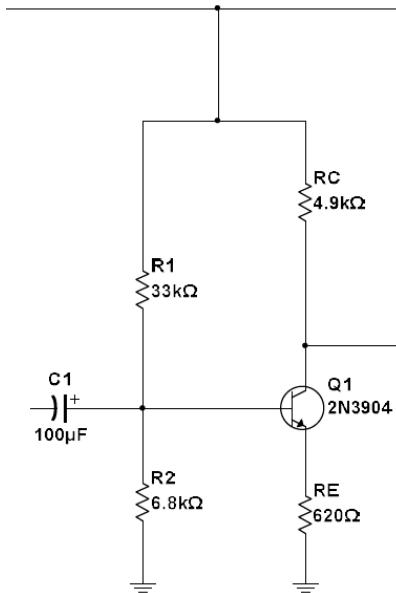


Fig II.5: Amplificador de voltaje rediseñado

Cabe mencionar que el amplificador de voltaje rediseñado funciona con 12V, esto supone la necesidad de un regulador al trabajar con una cantidad fija de baterías. Además, el potenciómetro a la salida sirve para regular

el volumen de la sirena y es el mismo que está en la entrada del amplificador de potencia.

II-E2. Circuito Amplificador de Potencia: Para amplificar el sonido de la sirena, se utilizó un amplificador de potencia, el cual toma la señal de salida del amplificador de voltaje y amplifica la potencia de esta señal, esto mediante la utilización de un par Darlington, el cual presenta en su estructura transistores BJT como el 2N3904 y 2N3906, y con dos transistores de potencia TIP31C. Este subsistema cuenta con una alimentación V_{cc} de 12V, para lograr esto, se debe agregar un regulador de voltaje de 12V y así alimentar ambos amplificadores. El amplificador de potencia es de tipo Darlington de clase AB, entre sus componentes se denotan dos resistencias de $100\text{ k}\Omega$ y 4 diodos 1N4001, además de los mencionados anteriormente. Este circuito, visto en la Fig. II.6, tiene una potencia máxima de $2,08\text{W}$ y se debe tener en cuenta que el parlante a utilizar es de $8\text{ }\Omega$ a 3W , para la ganancia de potencia, la cual se toma de Floyd [2].

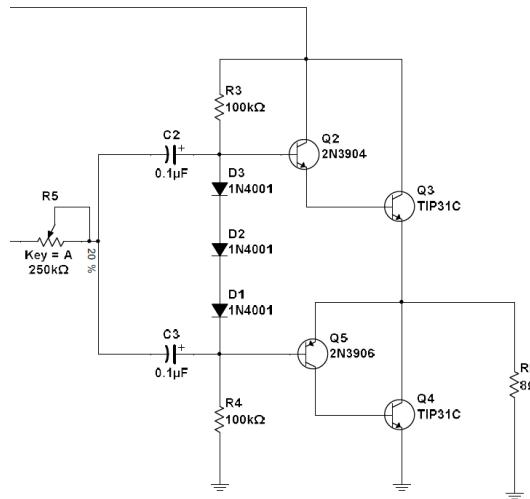


Fig II.6: Amplificador de potencia Darlington clase AB

En el primer diseño, el potenciómetro estaba a la salida del amplificador de potencia, como se observa en la Fig. II.6. Esto trajo algunos problemas en la salida, como una disminución en el sonido, así que se decidió colocarlo a la salida del amplificador de voltaje. Sin embargo, al variar la resistencia del potenciómetro, no se notaban cambios, por lo que se tuvo que cambiar el valor del potenciómetro a uno de $250\text{k}\Omega$.

II-E3. Acople de los sistemas amplificadores de voltaje y potencia: Con ambos sistemas se realizó con acople con la finalidad de elaborar un solo sistema que permita amplificar el sonido de la sirena de la patrulla, para ello se utilizó el siguiente sistema tomado de [2], se llega al resultado de la Fig. II.7.

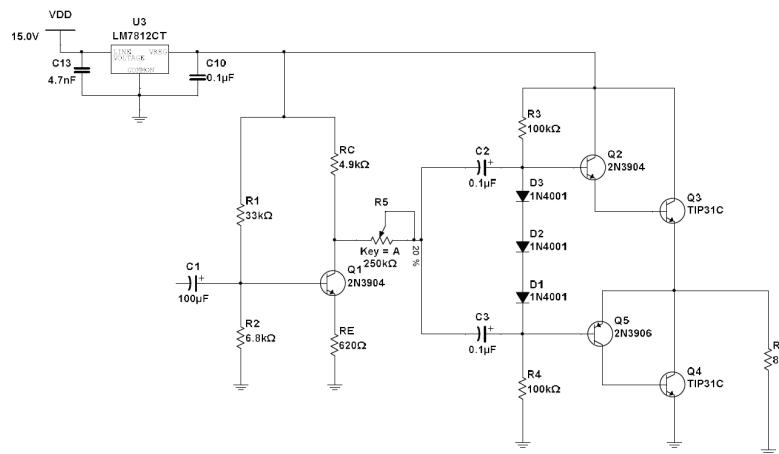


Fig II.7: Acople del amplificador de voltaje y el amplificador de potencia simulado

Para saber la ganancia que genera el amplificador acoplado, se tomó la medición por medio de un osciloscopio en la resistencia R_L , la cual representa el parlante a utilizar, la gráfica de tensión se ve en la Fig. II.8.

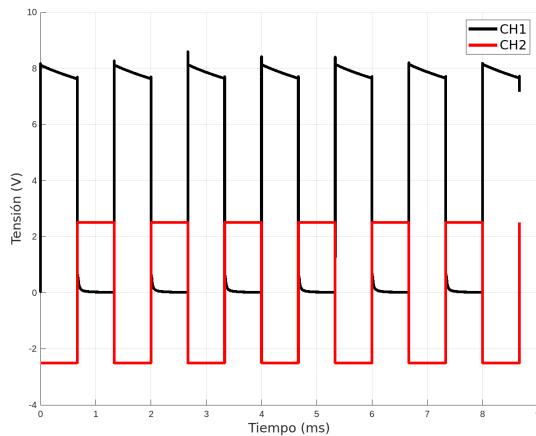


Fig II.8: Gráfica del voltaje de salida teórica del amplificador de acople

Teniendo en cuenta la gráfica vista de la Fig. II.8, se nota el comportamiento del amplificador de potencia de manera teórica, en comparación con el comportamiento práctico que se tiene en la Fig. II.9, en donde la ganancia de voltaje es de 3,77.

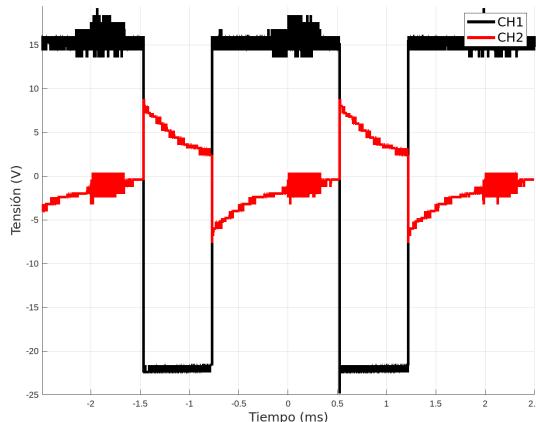


Fig II.9: Gráfica de voltaje de salida de la etapa de amplificación en el circuito real

II-F. Circuito control remoto con el motor

Empezando por el circuito correspondiente al control remoto, es un circuito simple conformado por una batería de 9 V en serie con un pulsador al que le sigue una resistencia de $1\text{ k}\Omega$ y un fotodiodo para emitir impulsos de luz infrarroja. Al presionar el pulsador la corriente fluye a través de los demás componentes del circuito, lo que permite que el fotodiodo envíe señales para que sean recibidos por el fototransistor en la etapa de encendido y apagado de motor. El circuito se puede ver en la Fig. II.10.

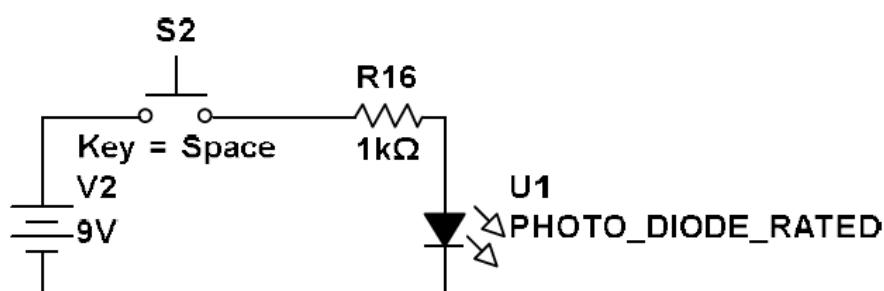


Fig II.10: Circuito correspondiente al control remoto

La etapa de encendido y apagado de motor está conformada por una alimentación de 12 V y otra de 15 V en nodos distintos, un fototransistor, dos resistencias de $330\ \Omega$ y $100\ k\Omega$, un contador CD4017B, un transistor MOSFET IRF540N, un diodo 1N4001 y el motor DC establecido en las regulaciones del proyecto. Las conexiones observan en el esquemático de la Fig II.11.

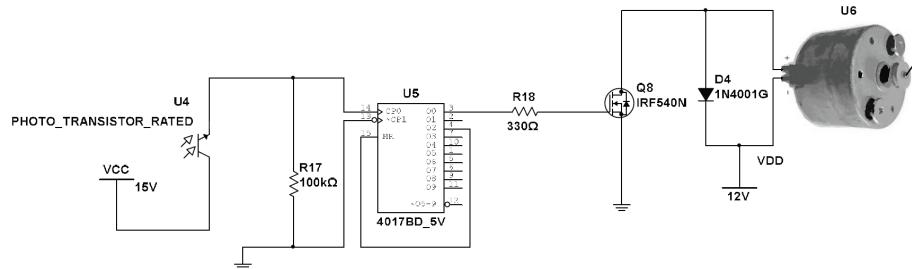


Fig II.11: Circuito correspondiente a la etapa de encendido y apagado de motor

Inicialmente se conectó la fuente de 15 V en serie con el fototransistor, y lo anterior en paralelo con la resistencia de $100\ k\Omega$ y el contador. El contador utilizado se alimentó con una tensión de 15 V, y además las señales provenientes del fototransistor (conectado a una tensión de 15 V) entran al “clock” del transistor, permitiendo cambiar entre canales con el uso del control remoto. El canal tres fue el utilizado como salida del contador, y además se conectó el canal cuatro al “reset” del contador, lo que habilita dos canales donde puede haber o no tensión, ya que el “reset” limita el uso de los demás canales, esto fue utilizado a nuestro favor para poder guardar el estado de encendido o apagado del motor.

Tras la etapa de control de estado del motor, se procedió a darle la potencia adecuada para su funcionamiento. Para esto se colocó una resistencia de $330\ \Omega$ a la salida del contador (Canal tres), esto con el objetivo de que se produzca esta corriente, pero esta individualmente no era suficiente como para que el motor funcionara adecuadamente, por lo que se utilizó un el transistor MOSFET IRF540N para amplificarla. La resistencia de $330\ \Omega$ se conecta al “gate” del transistor, la patilla del “source” es aterrizada y el “drain” es conectado paralelamente a la patilla positiva del motor y al ánodo de un diodo con función de protección. El ánodo y la patilla negativa del motor fueron conectados al mismo nodo donde hay una fuente de 12 V obtenida mediante reguladores de tensión.

El circuito responde adecuadamente a las señales emitidas por el fotodiodo emisor, sin embargo el fototransistor receptor poseía una alta sensibilidad a la luz natural en el ambiente, esto debido a las componentes bajas de luz infrarroja que posee la luz solar. Para solucionar esto se planteó un diseño en la carrocería del auto de emergencias donde se cubre el fototransistor receptor y se le da un único ángulo de recepción de infrarrojos, permitiendo que solo pueda recibir señal del control remoto. En la tabla II.3 se observan los parámetros correspondientes al funcionamiento del motor.

Parámetro medido	Valor medido
V_{motor}	11,4 V
I_{motor}	195.82 mA

Tabla II.3: Parámetros del motor

La corriente que fluye a través del motor varía según la fuerza de torque que ejerce el motor, por lo que es un valor con una variabilidad muy alta.

II-G. Circuito Integrado

En este apartado se encuentra el circuito integrado por todos los subsistemas vistos con anterioridad. Los acoplos de estos mismos se notan en sistemas de bloques, los cuales cumplen con las funciones en específico vistas anteriormente, pero en conjunto permiten el funcionamiento de la patrulla.

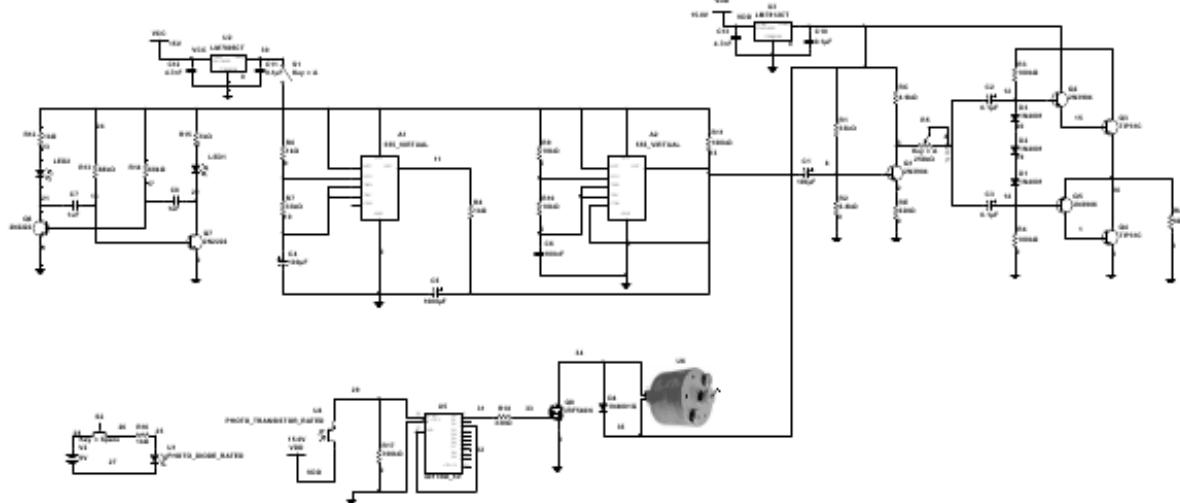


Fig II.12: Circuito Integrado

III. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO EN PROTOBOARD

En este apartado se podrá encontrar las disposición de los circuitos vistos anteriormente, en una placa de pruebas (protoboard) con el motivo de probar la funcionalidad de los circuitos de manera práctica. En la Fig III.1 se muestra el acople del circuito amplificador de voltaje, el amplificador de potencia y el circuito encargado de generar el sonido característico de la patrullas policiales, mediante la utilización de dos osciladores NE555. El sistema de luces tiene dependencia de la parte de que genera el sonido de la sirena, por lo cual, ambas se encienden y apagan al mismo tiempo, por medio de un interruptor encargado de generar permitir el flujo de voltaje a ambos circuitos.

En cuanto al motor CD utilizado este es alimentado con 15V y para generar el encendido y apago del motor se dispone de un contar que accionado mediante un fotodiodo que recibe una señal infrarroja del por medio de un control. Este circuito no tiene dependencia de otros.

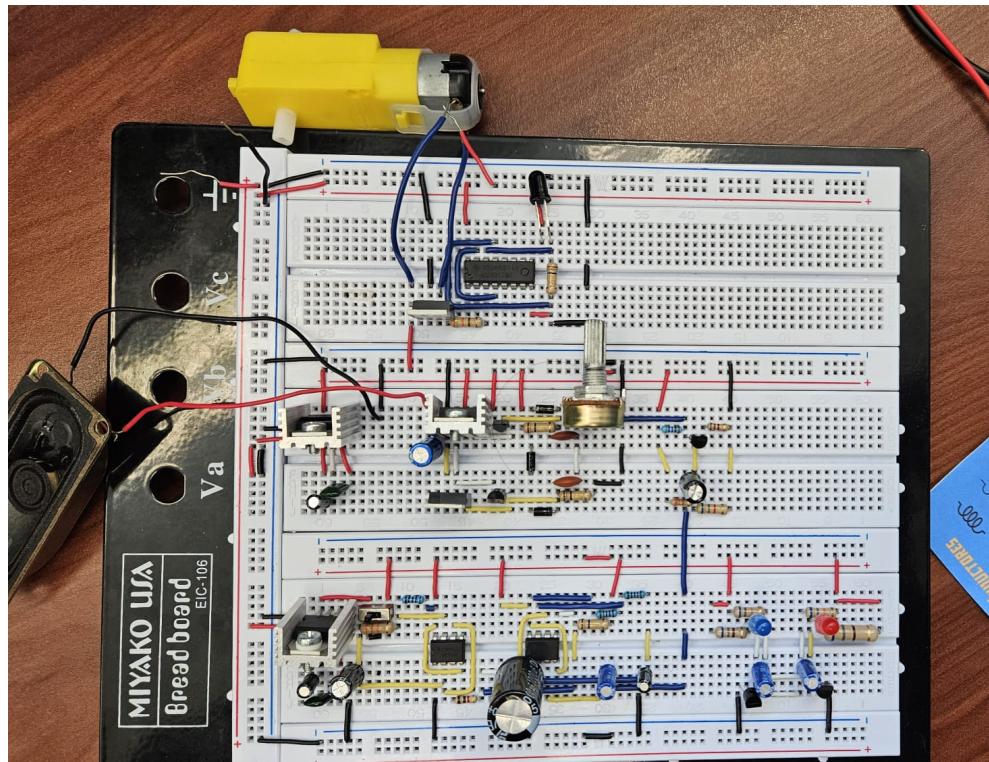


Fig III.1: Circuito de la patrulla en en protoboard

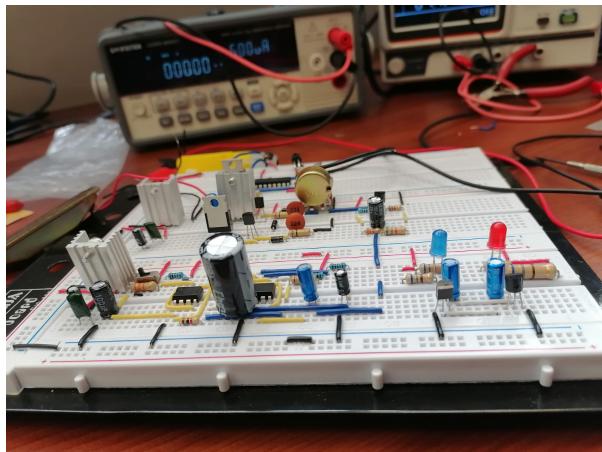


Fig III.2: Distintas perspectivas del sistema

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROUESTO EN PCBs

Una vez se verificó el correcto funcionamiento del sistema completo en protoboard, se procedió a diseñar las PCBs para cada circuito. En este caso se tomó la decisión de realizar cuatro placas, las cuales se detallan a continuación.

IV-A. PCB del circuito de las luces de la sirena

En la PCB de la Fig.IV.1, es el circuito de las luces de la sirena, el cual presenta un interruptor que permite interrumpir el flujo de voltaje al circuito y esto también influye al sistema del sonido de la sirena. El ancho de pista es de 24 mils y el tamaño de los pad es de 18 mils y presenta un largo de 6 cm y un ancho de 4 cm .

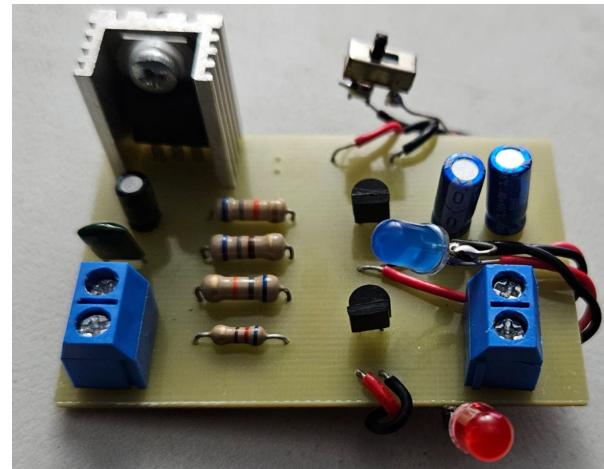
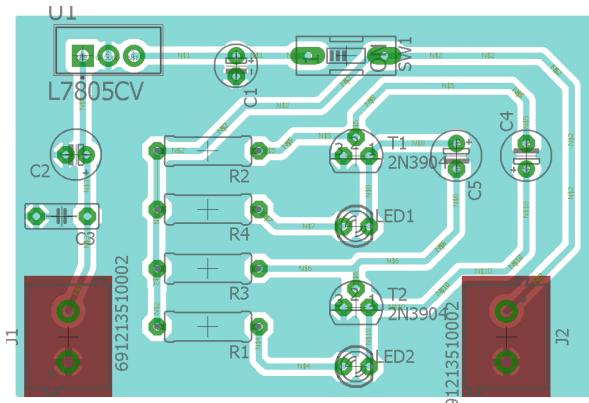


Fig IV.1: PCB del circuito amplificador del sonido de sirena

IV-B. PCB del circuito generador del sonido de sirena

Para este caso se tomó en consideración el circuito generador del sonido de la sirena por separado de la etapa de amplificación. De esta manera, se utilizaron dos terminales block para poder realizar los acoplos respectivos, donde *J1* es para conectar la alimentación proveniente del regulador de 5 V, y *J2* se incluyó para poder conectar la salida de este circuito a la etapa de amplificación de voltaje y potencia. Adicionalmente, para esta placa, se utilizó un ancho de pistas de 32 mils y un tamaño de pads de 18 mils. Por ende, tomando en consideración todo lo establecido para el diseño, se obtuvo una placa con medidas de 8 × 8 cm. La PCB diseñada para este circuito se encuentra en la Fig. IV.2.

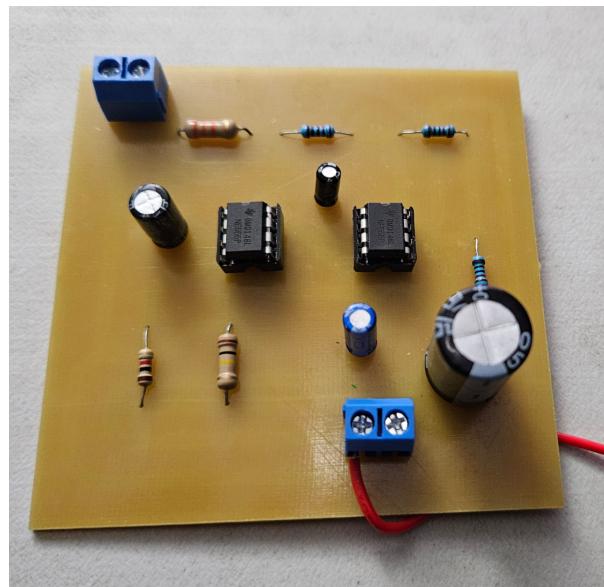
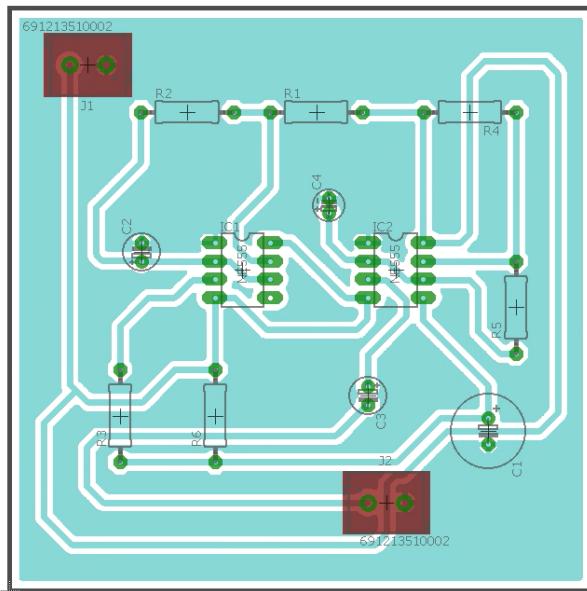


Fig IV.2: PCB del circuito generador del sonido de sirena

IV-C. PCB del circuito amplificador de sonido

Para amplificar el sonido emitido por la patrulla, se utilizó el siguiente diseño en PCB en la Fig.IV.3. Con los componentes puestos, se tiene la Fig.IV.3 de la derecha. En dicha placa se encuentra el acople de los sistemas que amplifican el voltaje y la potencia, a la salida de esta se encuentra el parlante al cual se le puede regular el sonido con el potenciómetro. El ancho de pista es de 24 mils y el tamaño de los pad es de 22 mils, presenta un largo de 7,8 cm y un ancho de 4,3 cm .

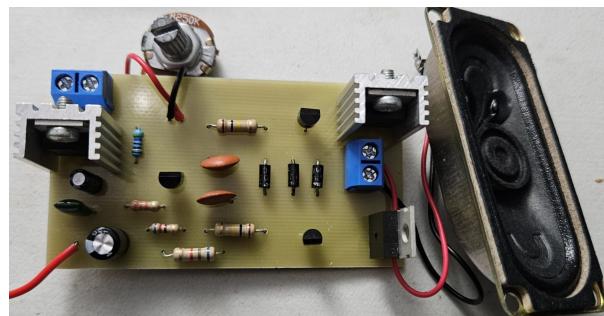
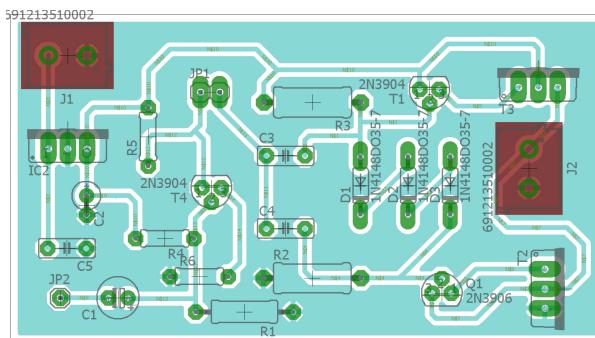


Fig IV.3: PCB del circuito amplificador del sonido de sirena

IV-D. PCB del circuito del motor

Para el funcionamiento adecuado de la etapa de encendido y apagado del motor se diseñó la placa mostrada en la Fig.IV.4, y posterior a esto fue manufacturada y se soldaron los respectivos componentes en su debida posición. La placa tiene unas dimensiones de 4 x 7 cm. El ancho de las vías y pads tienen un tamaño de 24 mils. Los terminal blocks permitieron colocar las fuentes y el motor de una manera más sencilla y efectiva.

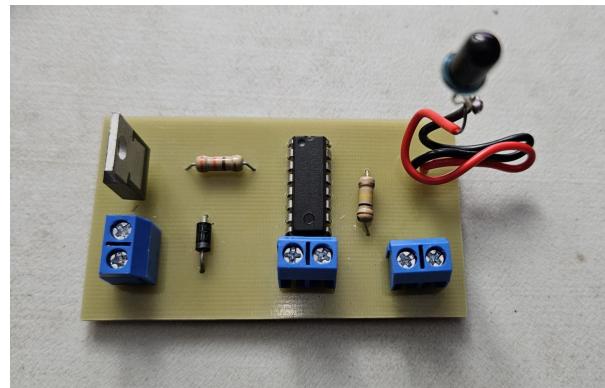
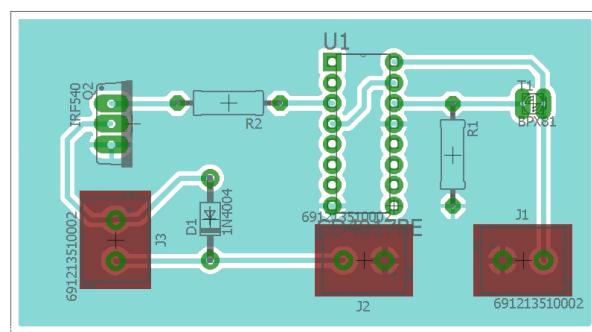


Fig IV.4: PCB del circuito del motor

V. ESTRUCTURA DE LA PATRULLA

Para el funcionamiento del automóvil de patrulla, su realización se hizo mediante el programa de SolidWorks. En donde se tomaron las medidas adecuadas para que dentro del carro haya una buena distribución de las placas y del propio cableado interno de los circuitos, presenta compuertas que permiten la facilidad de uso de ciertos elementos que modifican parámetros del automóvil. En su mayoría el chasis del automóvil está hecho en acrílico y las ruedas en PLA. El diseño en el programa de SolidWorks es el siguiente.

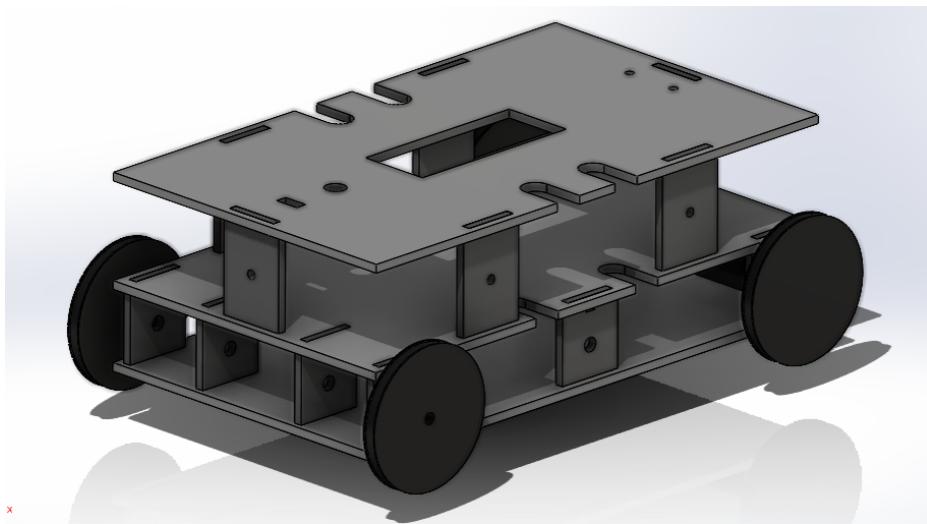


Fig V.1: Modelo del carro de patrulla

Con el diseño, el principal objetivo era crear una patrulla con varios niveles que permitiera colocar de una manera cómoda los diferentes circuitos que la componen. El diseño final consta de 3 niveles, en el primero de ellos se colocó el holder con las 4 baterías y el motor de la patrulla, además en este nivel se colocaron unas bases que permiten colocar el nivel superior y colocar las ruedas adecuadamente. El carro presenta tracción trasera, para esto dos ruedas fueron pegadas directamente a las partes móviles del motor, esto con el objetivo de aprovechar la totalidad de movimiento del motor.

Pasando al nivel 2, la placa colocada en la parte trasera es la correspondiente al motor, esta es comunicada con el motor mediante los canales laterales para comunicarse entre niveles, esta es sujetada con cinta adhesiva para así mantenerla fija, el fototransistor de la placa se soldó con cables para que permitir su colocación en una posición cómoda para encender y apagar el motor, también, esta placa presenta 2 fuentes de alimentación, la de 15 V viene directamente de las baterías y la fuente de 12 V proviene del regulador ubicado en la placa de amplificación de sonido, que se explicará más adelante.

Seguidamente, más hacia la parte central de la patrulla, se colocó la placa correspondiente a la generación de la onda de sonido, esta es la placa de mayor tamaño en el nivel, y es alimentada con 5V, estos provienen de un regulador ubicada en la placa de las luces (se explicará más adelante), además esta cuenta se encuentra

directamente conectada con la placa de amplificación del sonido. La última mencionada es la placa que sigue en orden en el nivel 2, la placa cuenta con un potenciómetro con cables largos, esto para facilitar el control del volumen de la sirena, además, esta placa está alimentada con 12 V, esto se consiguió utilizando un regulador colocado en la misma placa que previamente es alimentado con toda la tensión de las baterías (15 V aproximadamente), también, a la salida del circuito se encuentra el parlante soldado con cables largos, para así colocarlo en la parte externa de la patrulla.

Por último en el nivel 2, se encuentra el circuito correspondiente a las luces, este funciona con 5 V, los cuales son obtenidos con un regulador colocado en la misma placa previamente alimentado con la tensión regulada de 12 V, también esta placa cuenta con elementos como los leds y el switch que están soldados con cables para así colocarlos en una parte visible y cómoda a la hora del funcionamiento. Se puede observar la disposición del nivel 2 en la Fig. V.2.

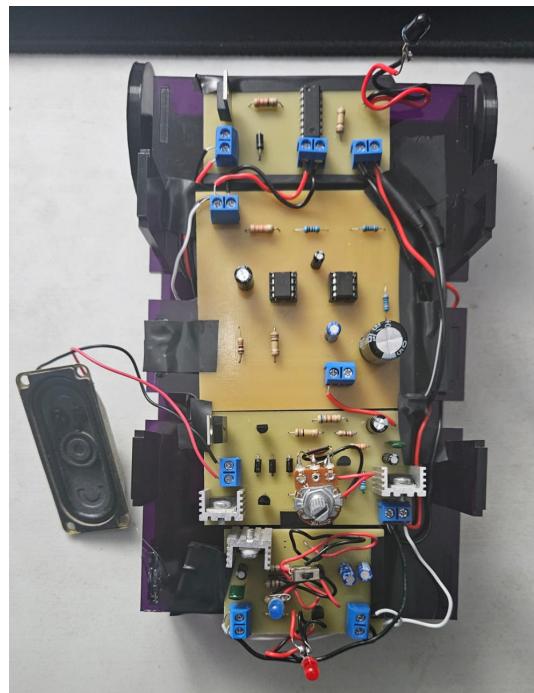


Fig V.2: Nivel 2 de la estructura de la patrulla

El nivel 3 está principalmente con el objetivo de protección y accesibilidad sencilla a los circuitos del nivel 2, en este nivel superior se realizaron agujeros por los cuales pueden pasar el parlante, el potenciómetro de control de volumen y el switch de activación de la sirena y luces, además también destaca por encima los leds correspondientes a las luces de emergencia de la patrulla. El nivel 3 puede observarse en la Fig.V.3.



Fig V.3: Nivel 3 de la estructura de la patrulla

Tras esto se concluyó el proceso de armado de la patrulla, las dimensiones finales son 13.5 cm de ancho, 22 cm de largo y 8.5 cm de alto. El vehículo totalmente montado se puede observar en la Fig. V.4.

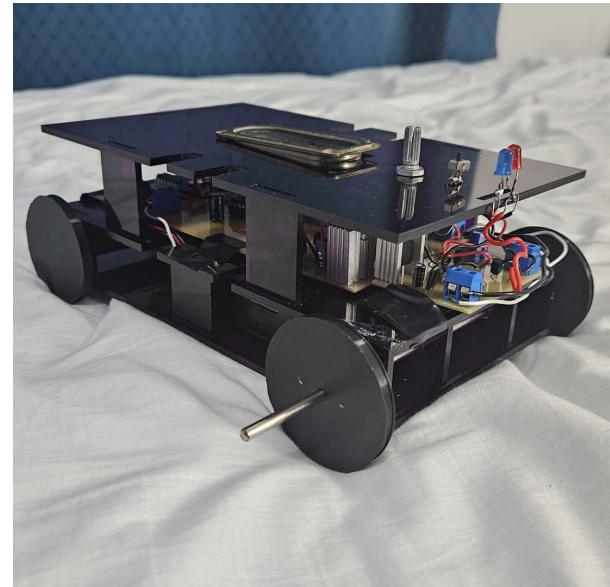
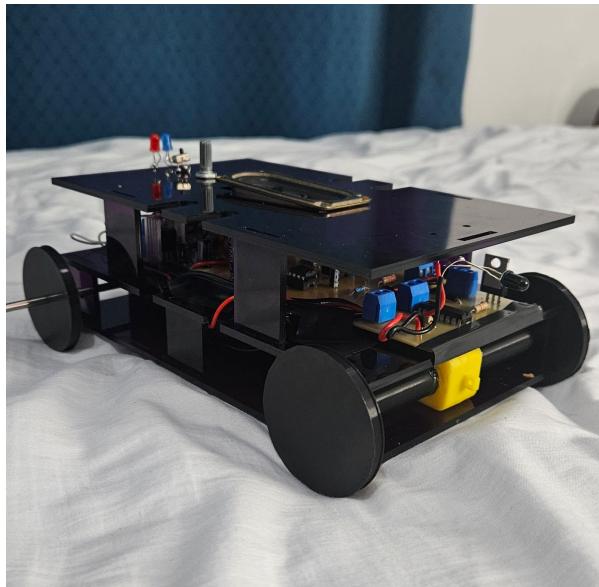


Fig V.4: Diseño final de patrulla

VI. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Tras el análisis teórico y su aplicación experimental, se logró exitosamente el funcionamiento de los distintos circuitos en el ensamble de la protoboard, y también se logró solucionar posibles problemas que podrían existir a la hora trabajar con las PCBs. Posteriormente, tras el diseño e implementación de las PCBs, una serie de

complicaciones y la poca consideración de aspectos importantes complicaron el funcionamiento adecuado de la patrulla.

Inicialmente se tenía una disposición de colocación de las placas y como iban a estar conectadas entre ellas, pero las fuentes de alimentación no fueron contempladas en esta disposición, por lo que se hizo uso de cables muy extensos para poder cumplir con las tensiones necesarias en cada circuito, lo que complicó mucho la colocación de las tensiones, y este es un factor que pudo haber afectado al funcionamiento. La solución ideal a este problema pudo haber sido la implementación de una placa “power bank” con todas las tensiones con reguladores necesarias, esto hubiera facilitado la distribución ordenada de las tensiones a lo largo de toda la patrulla.

Por otra parte, y como consecuencia de no realizar un “power bank” con las distintas salidas de tensión, se omitió la colocación de una salida adecuada para el regulador de 12 V, lo que trajo problemas en el funcionamiento del motor, ya que no se pudo plantear su funcionamiento con las tensiones probadas de manera teórica y práctica anteriormente.

También, resultó problemático el uso de “terminal blocks” para unir cables entre placas, ya que al ser de baja calidad se daban contactos entre las terminales, lo que producía corto circuitos que afectaba al funcionamiento del circuito. El uso de soldadura directa de cables pudo haber resultado más efectivo.

El proyecto no funcionó como se pretendía inicialmente, el manejo del tiempo fue un aspecto deficiente al afrontar la asignación planteada, ya que en instancias finales no se trabajaba de una manera efectiva y resultaba en problemas a los cuales no se les podía encontrar solución, sin embargo, con el proyecto el uso de herramientas como Eagle y SolidWorks y el uso de técnicas como la soldadura con estaño hicieron de provecho su desarrollo.

REFERENCIAS

- [1] Fairchild. LM78XX / LM78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator. Informe técnico, Fairchild, 2014.
- [2] Floyd Thomas L. *Dispositivos Electrónicos*. Pearson Prentice Hall, 8va edición, 2008.
- [3] 555 Timer Circuits. POLICE SIREN Circuit. URL: <https://www.555-timer-circuits.com/police-siren.html> (visitado 06-05-2024).
- [4] Elonics.org. Police Siren Circuit Using 555 IC. URL: <https://elronics.org/police-siren-circuit-using-555-ic/> (visitado 16-05-2024).
- [5] José Miguel Barboza Retana. Experimento 5: Amplificadores con BJT. 2024. URL: https://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/E/EL3215/S-1-2024.CA.EL3215.2/file-storage/view/experimentos%2FExperimento_05_instructivo.pdf.