

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

## Desarrollo de la orden de servicio

### Descripción general

Este Holeboard en particular es un dispositivo de 16 agujeros (Holes), distribuidos en cuatro filas y cuatro columnas, tal y como se observa en la Fig. 1.

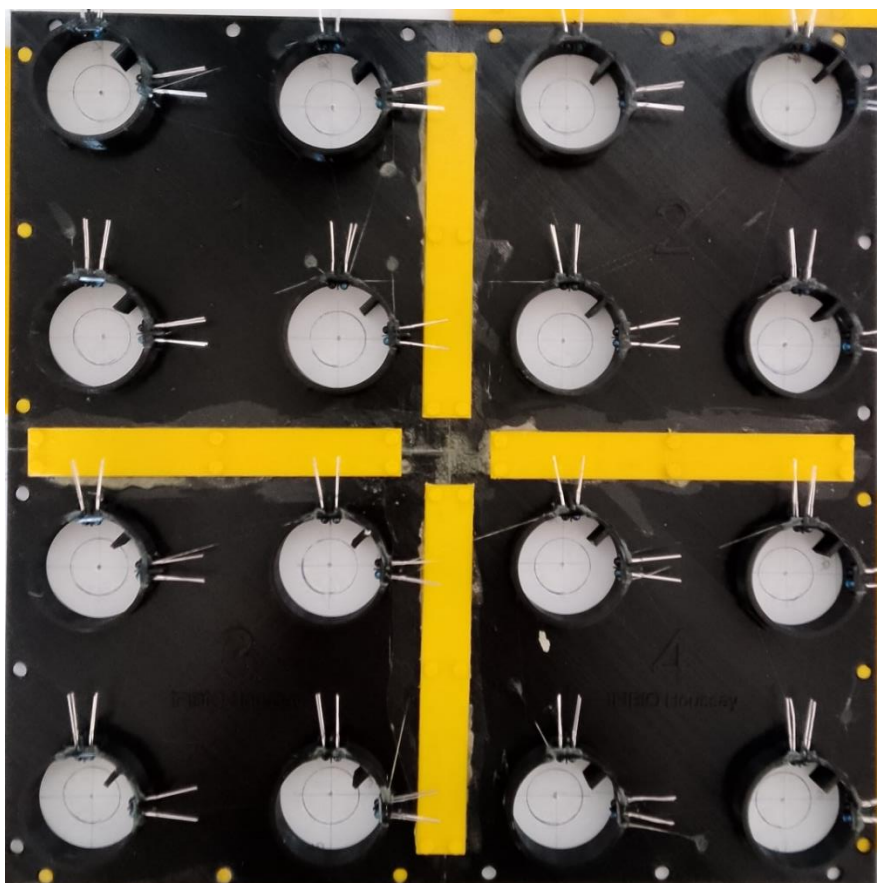


Figura 1: Vista superior del Holeboard

A su vez, cada “Hole” cuenta con dos sensores infrarrojos TCRT5000 (ver Fig. 2), de manera de detectar cuando el roedor mete la cabeza dentro del agujero. El uso de dos sensores en cada agujero se debe a que pruebas experimentales mostraron que un solo sensor no alcanza para cubrirlo por completo, quedando zonas del Hole que el sensor no detecta.

Como se observa en la Fig. 2, cada Hole tiene un diámetro de 2cm, mientras que el espacio interior debajo del Hole tiene un diámetro de 36cm y una profundidad de 1.5cm, de manera que los sensores quedan dentro de ese espacio. A su vez, los sensores están separados por una pared divisoria para evitar que el emisor de un sensor impacte en el receptor del otro sensor y perjudique la medición.

Se debe notar que el espacio interior de cada Hole es negro, ya que pruebas preliminares mostraron que este color es la mejor condición para el registro, esto es, la NO detección de IR cuando no hay ningún objeto dentro del hole, o mejor dicho, la sensibilidad de detectar cuando el ratón mete la nariz en el hole.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

Además, fue necesario pintar de negro el lado de interno de la tapa del holeboard, por esta misma razón, mientras que el lado superior (externo) quedó blanco para poder seguir mejor con la cámara el movimiento del roedor. Para lograr tener blanco de una lado y negro del otro, primeramente se pintó de blanco mate, con 4 capas, el lado inferior de la tapa del holeboard y sobre esta se dieron dos capas de negro mate, de manera de cubrir toda la superficie. Así, el lado superior, de acrílico blanco semitransparente, se observa blanco y sin pintar, cosa que permite que los roedores deambulen sin el peligro de que empiecen a roer la pintura, y el lado inferior queda completamente negro, cosa que favorece el no rebote del IR dentro de cada hole cuando no hay objetos dentro del hole.

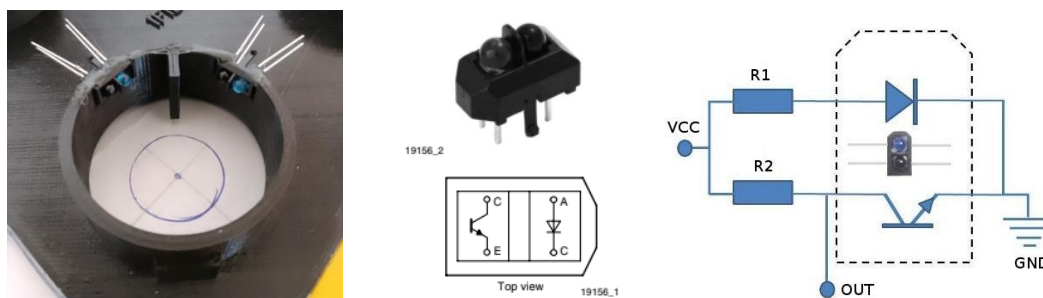


Figura 2. Detalle de cada "hole"

Un ejemplo de Hole board se puede observar en la Fig. 3. En A se observa el roedor metiendo la cabeza en un Hole, y en B se aprecia cómo esto produce la detección por medio del sensor infrarrojos.

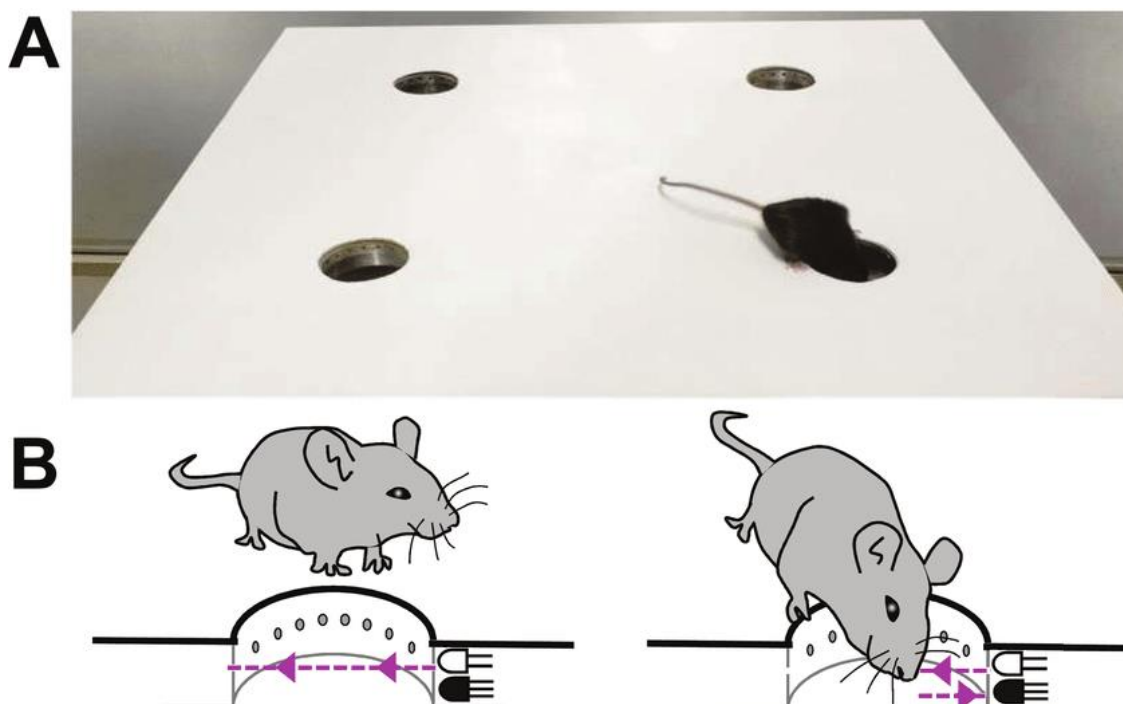


Figura 3. Ejemplo de un Holeboard. A) Ratón investigando un agujero, B) detección mediante el sensor infrarrojos.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

La placa del Hole board se desarrolló en Freecad (software de desarrollo en 3D) y luego se exportó el diseño para ser impreso en 3D, utilizando material PLA de 1.75mm negro. La impresora 3D es marca Kuttercraft PK3++.

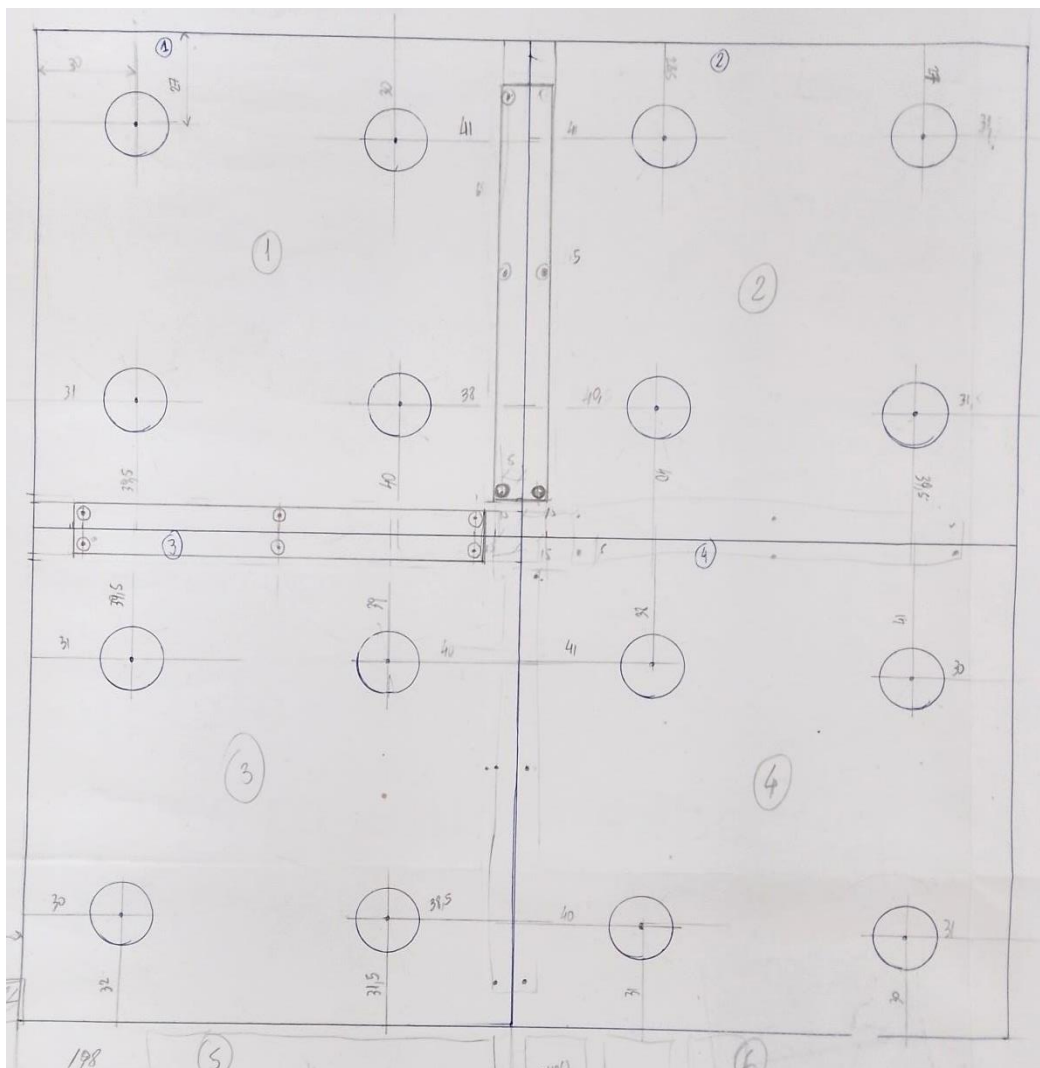


Figura 4. Diagrama dimensional del Hole board

En la Fig. 4 se observa el diagrama del Hole board con las medidas (tomadas en base a una placa de acrílico blanca, previamente perforada que ya está siendo utilizada en el IFIBIO). Cabe notar que los agujeros de la placa de acrílico no fueron perfectamente alineados.

Debido a las dimensiones del Holeboard, que superan ampliamente la capacidad de la impresora, se dividió el desarrollo en 4 bloques de 4 agujeros cada uno, y cada bloque se unió al resto mediante un soporte con encastres, de manera que una vez unido todo (con pegamento) quedara una sola pieza firme y resistente (ver uniones amarillas en la Fig. 1).

Como los agujeros del holeboard no están perfectamente alineados, fue necesario desarrollar cada bloque en Freecad por separado, de manera de hacer coincidir los agujeros con la placa.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

El protocolo es el siguiente: Se “leen” los dos sensores de cada Hole de manera secuencial a una cierta frecuencia (la máxima que permite el software, y menor a 10mseg), de izquierda a derecha y de arriba a abajo, llamados Hole 1 al 16. Cuando se detecta que alguno de ellos está obstruido (posible ratón que metió la cabeza), entonces el sistema se detiene en ese agujero en particular y se queda observando las salidas de ambos fototransistores (FTR). Le idea es detectar con precisión (luego se verá como) las siguientes situaciones:

- Cuando el ratón mete la cabeza
- Cuando el ratón saca la cabeza
- El tiempo que estuvo con la cabeza dentro del hole.

La idea es, en caso de detección, poder medir con precisión momento en el que se mete la cabeza, en el que se la saca y la duración de episodio. Esto se deberá almacenar en una memoria SD de manera de analizar posteriormente el comportamiento del roedor en el Holeboard.

## Circuito eléctrico

En la Fig. 5 se observa el diagrama esquemático de cada Hole. Cada sensor es independiente del otro, pero se activan y leen en simultáneo. Los diodos emisores infrarrojos (IR) emiten cuando el transistor T2 recibe un nivel lógico alto en la base (+5V) a través de la conexión INx. En este momento, el colector de T2 queda a nivel lógico bajo (GND) y permite la circulación de corriente por ambos diodos. El valor de R1 y R3 de 220E asegura una corriente mayor a 20mA necesaria para que el diodo emita. Si INx queda flotando, entonces R4 asegura que la base de T2 quede con un nivel lógico bajo (GND), por lo que el colector de T2 queda en nivel lógico alto y en consecuencia no circula corriente por los diodos emisores.

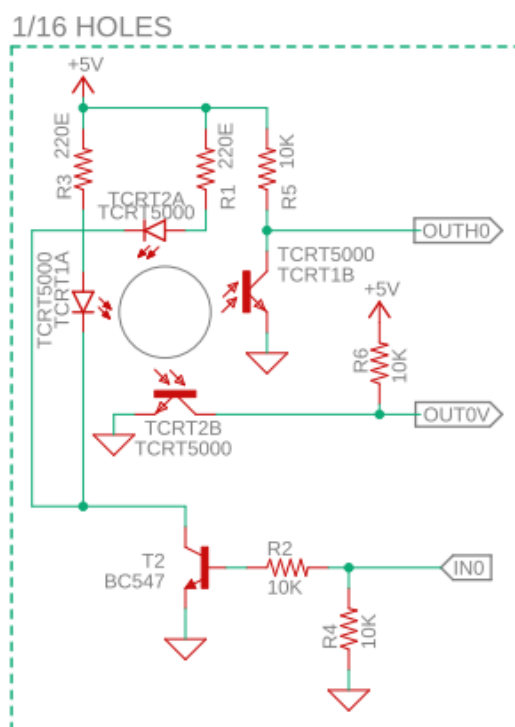


Figura 5. Diagrama eléctrico de cada Hole

<b>CPA Responsable</b> Dr. Esteban Valverde	<b>ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA</b>	<b>Nº de ticket</b> 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
<b>Fecha de Inicio: 10/06/2023</b>		<b>Fecha de Finalización: 01/02/2024</b>

Simultáneamente a la activación de T2, se leen las salidas de los FTRs, OUTxH y OUTxV, que corresponden a cada uno de los sensores “Horizontal” y “Vertical”.

Cuando no hay ningún objeto en el Hole, el FTR no recibe ninguna señal IR, equivalente a un nivel lógico bajo en su base, por lo que el colector de ambos FTRs quedan en nivel lógico alto (+5V). La razón de que el espacio interior de cada Hole debe ser más grande y oscuro, respecto del Hole, es precisamente evitar que la luz IR rebote en la pared del interior del Hole y sea detectada por los FTRs. En consecuencia, si no hay objeto dentro del agujero, nada de la emisión del IR emitido debe ser detectado por los FTRs y su tensión de salida deberá ser cercana a +5V.

Por el contrario, cuando se mete un objeto dentro del Hole (cabeza del ratón), la luz IR rebota en el roedor y es detectada por cada FTR. Con el colector de FTR conectado entre la salida y VCC (+5V) y el emisor a GND, entonces la salida del mismo será un valor analógico entre GND, que es cuando hay obstrucción total del IR (todo el IR rebota en el obstáculo y regresa al FTR), y VCC, que es cuando no hay ningún obstáculo (todo el IR se pierde en la distancia del interior del Hole y nada regresa al FTR).

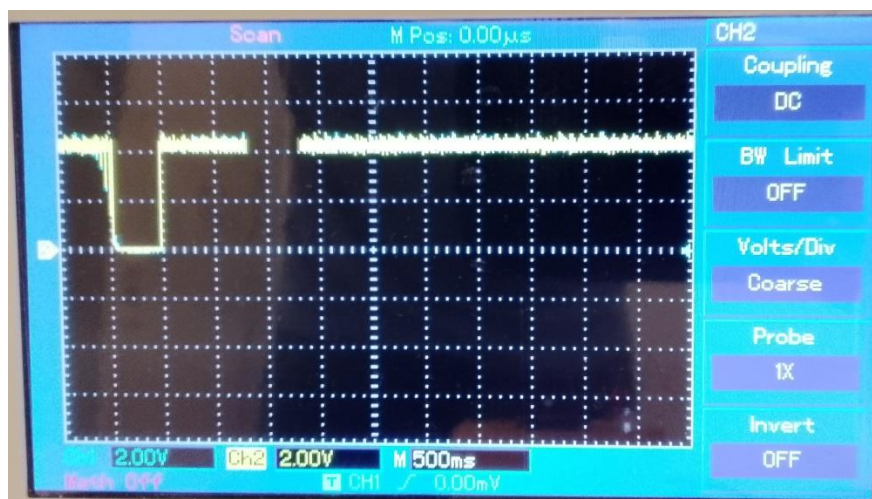


Figura 6. Salida del osciloscopio de ambos sensores cuando el roedor mete la cabeza

El circuito se completa con tres multiplexores de 16 entradas. Dos de ellos como salidas de cada uno de los 16 pares de FTRs, y el otro como de-multiplexor de entrada de +5V para activar secuencialmente cada Hole.

En la Fig. 6 se observa la salida del osciloscopio de ambos sensores (vertical y horizontal), casi superpuestas, de todos los 16 holes. Se observa que cuando no hay nada dentro de algún hole las tensiones de salida son aproximadamente 4Volts (lo ideal sería +5V pero hay un rebote mínimo dentro de cada hole del IR que hace descender ese valor, sumado al valor de polarización del fototransistor).

La misma figura muestra el barrido de los 16 holes a una frecuencia muy rápida (el tiempo en que tarda en ciclar el lazo principal del programa de control, y que es menor a los 10mseg). En el momento en que se detecta que hay un objeto en un hole, el programa se detiene en dicho hole y se queda esperando a que ese objeto se retire de ese mismo hole. En la figura se



<b>CPA Responsable</b> Dr. Esteban Valverde	<b>ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA</b>	<b>Nº de ticket</b> 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
<b>Fecha de Inicio: 10/06/2023</b>		<b>Fecha de Finalización: 01/02/2024</b>

observa como la caída a 0V de ambos sensores en algún hole específico. El programa principal almacenará el número de hole, el momento en que el objeto se introdujo en el hole y la duración del evento.

Se utilizarán los multiplexores analógicos 74HC4067. Cuando se los utiliza como multiplexor, la salida tiene el valor de la entrada seleccionada; funcionan como simples resistencias bidireccionales de paso para valores analógicos entre 0 y +5V, y se leerán secuencialmente los valores de OUTxH y OUTxV.

Cuando se lo usa como de-multiplexor, esto es, una entrada a 16 salidas, las salidas INx que no son seleccionadas están en estado de alta impedancia, mientras que la seleccionada tiene un valor de salida igual al del pin de entrada, que es +5V. Por esta razón, se utilizan los resistores de derivación a tierra en la base de los transistores, de manera de asegurar que un Hole en particular esté emitiendo IR mientras que los demás están permanecen apagados.

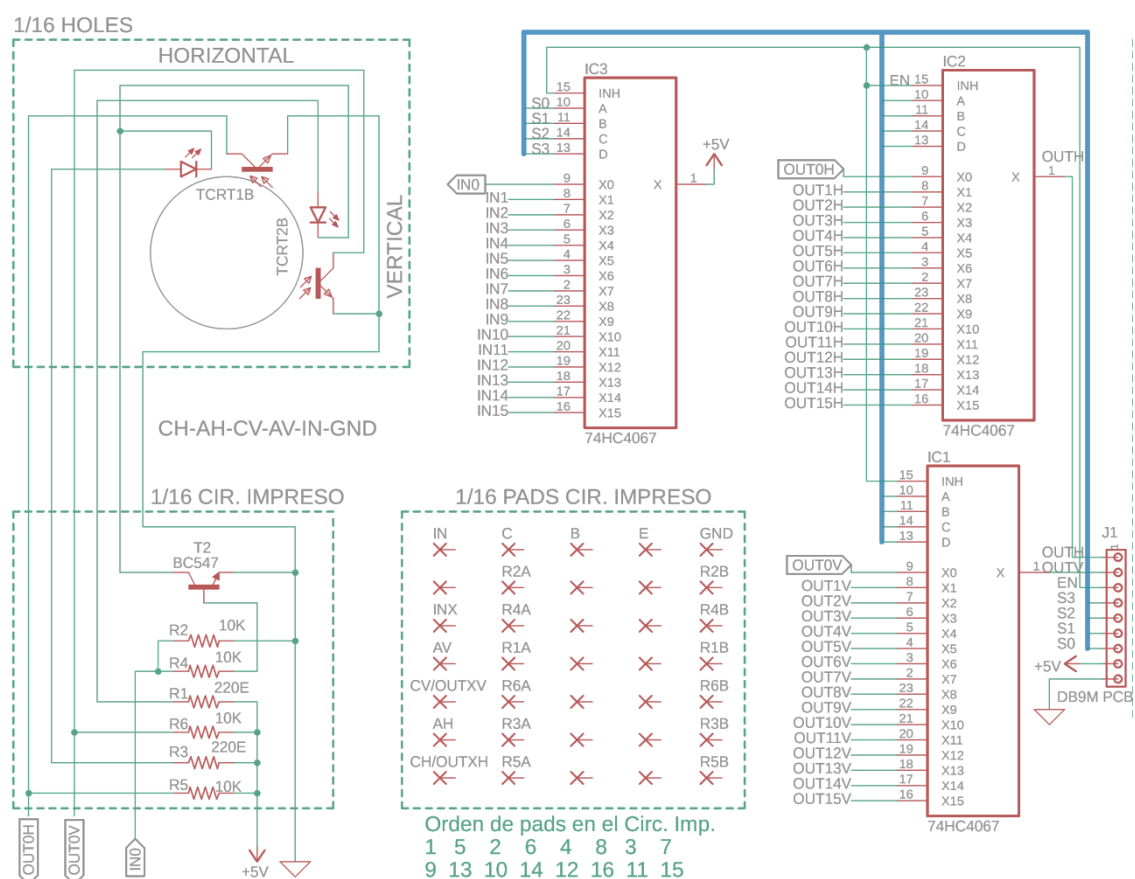


Figura 7. Conexionado de los multiplexores de la placa Hole board

La razón de desarrollar de esta manera el circuito es por el consumo. Si cada diodo IR consume 20mA, significa que cada Hole consume 40mA para emitir IR. Si se permite que todos los Holes emitan al mismo tiempo (aunque no se estén escaneando sus salidas), el consumo total del Hole board es de 640mA, necesiándose fuente adicional para esto. Al utilizar un de-multiplexor como el propuesto, sólo el Hole en cuestión está consumiendo 40mA mientras que el resto del sistema no consume corriente.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

El diagrama de multiplexado de los Holes se observan en la Fig. 7, y el detalle del circuito impreso en la Fig. 8.

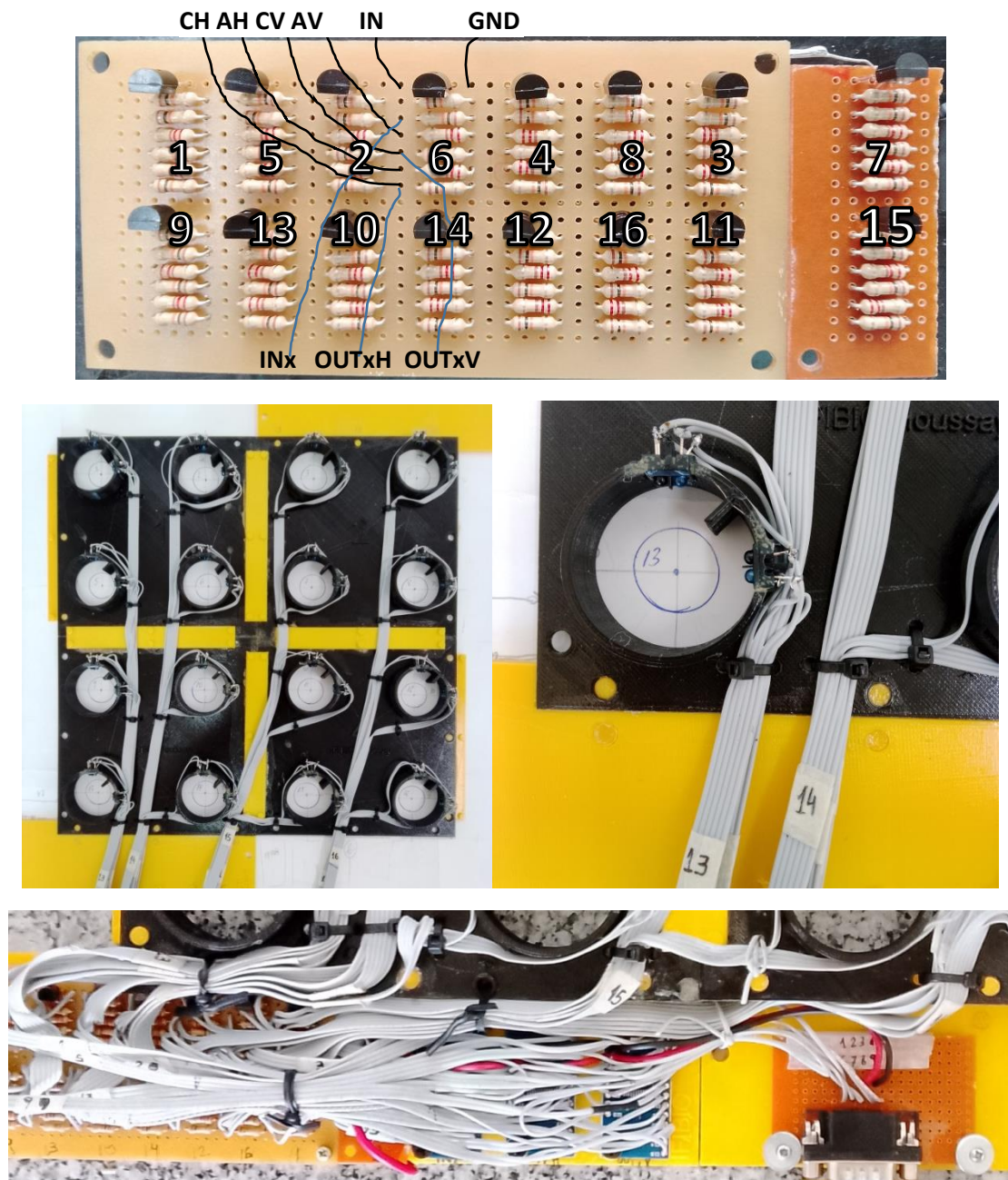


Figura 8. Detalle del conexionado de los multiplexores de la placa Holeboard

La Fig. 9 muestra el circuito del conexionado eléctrico del lado del Arduino, considerando que mediante una ficha DB9 se puede separar el holeboard del circuito de control.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

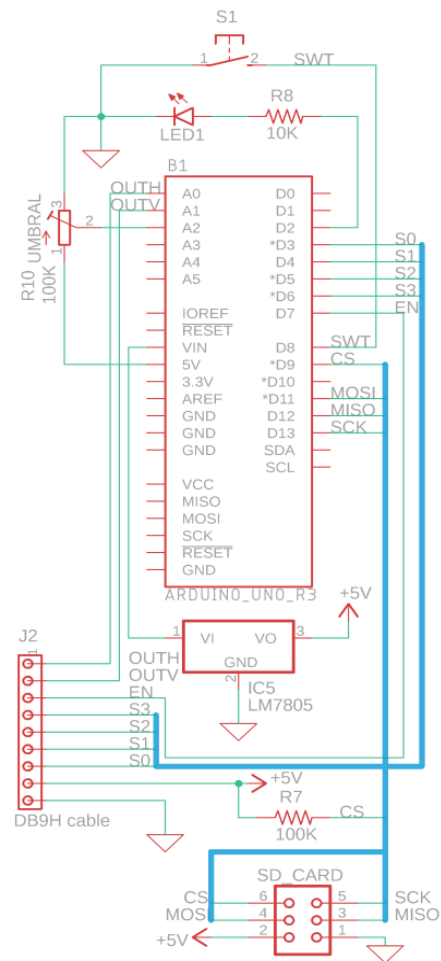


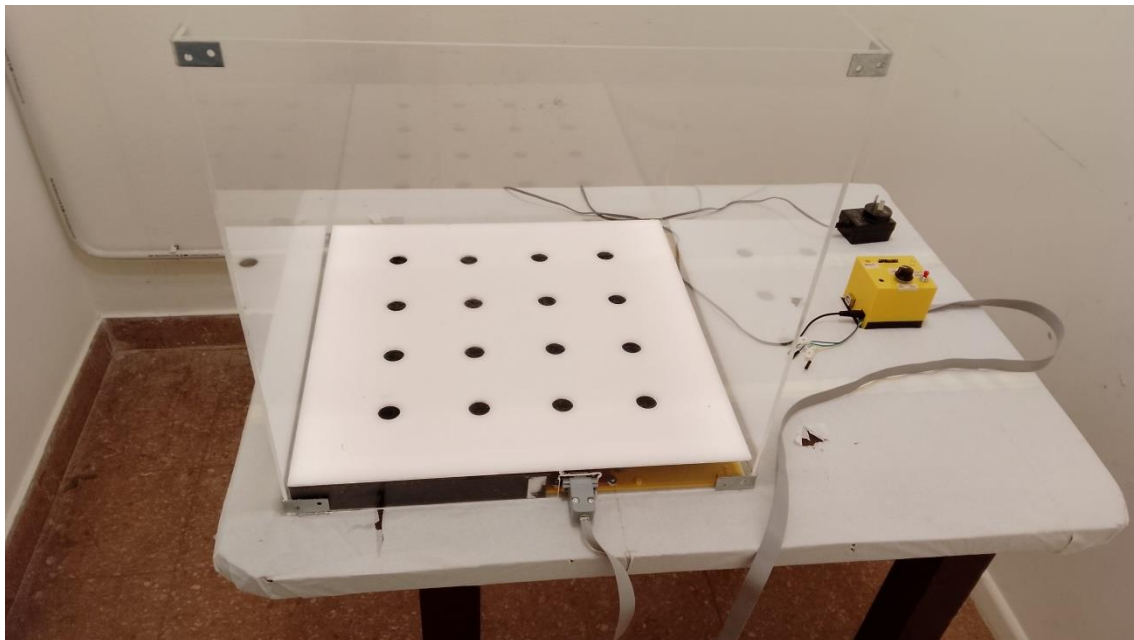
Figura 9. Detalle del circuito de control a base de un Arduino

Finalmente, el holeboard completo queda como en la siguiente figura





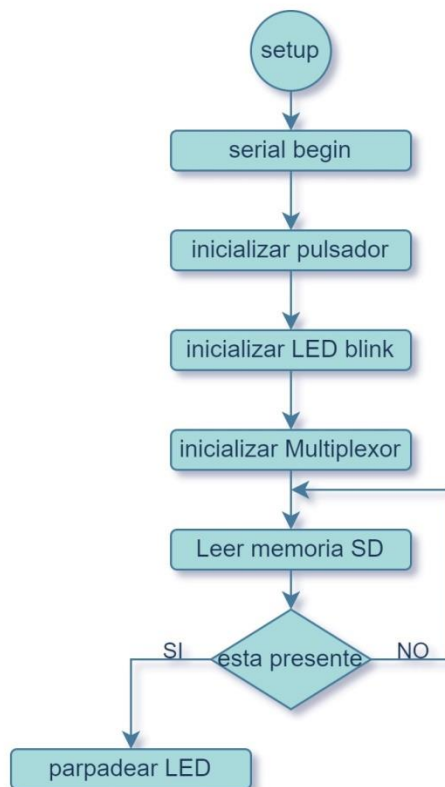
CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024



## Desarrollo del software

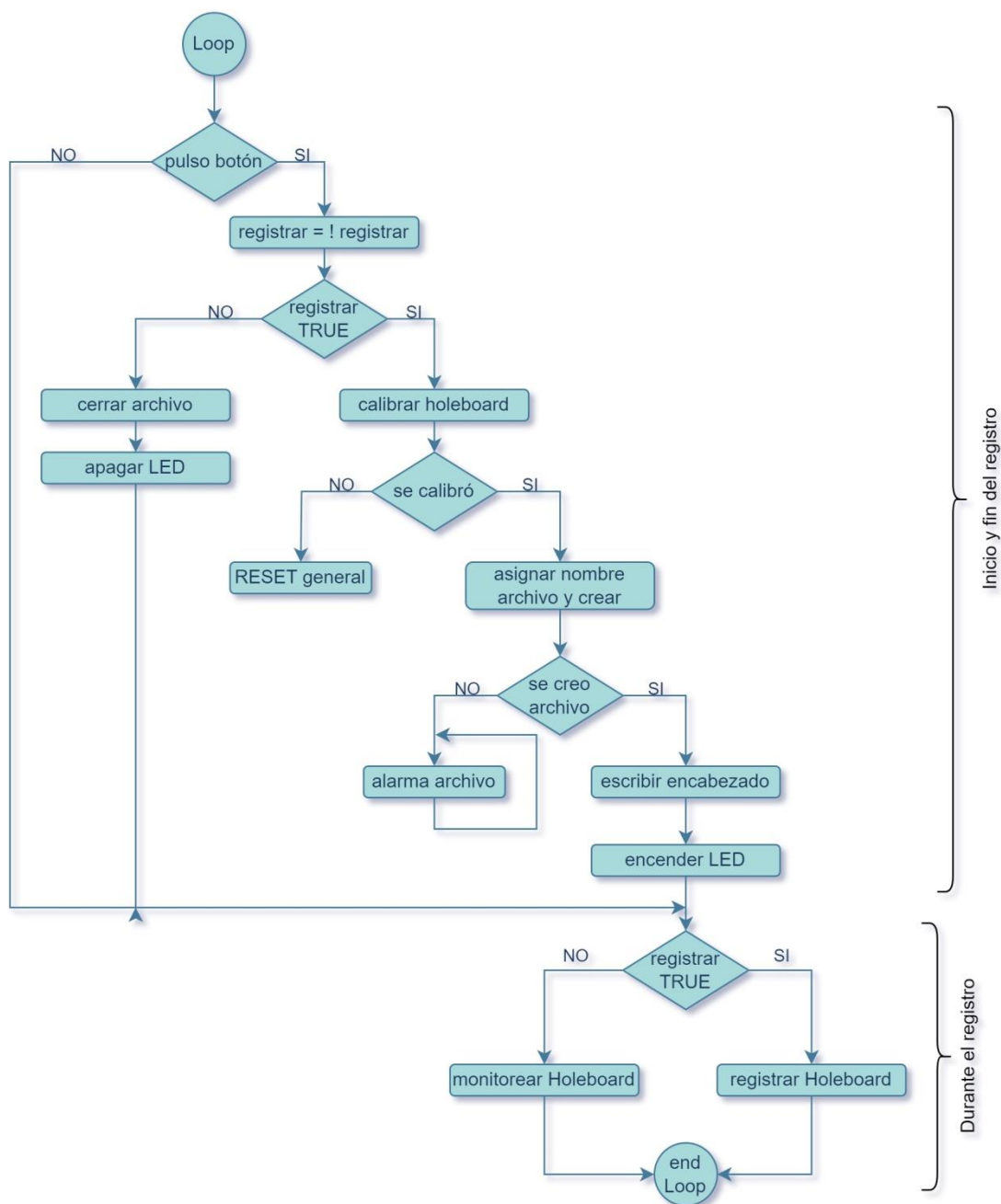
A continuación, se detalla el diagrama de flujo del software de control del holeboard.

El programa de inicialización (función **setup()** del arduino), es el siguiente



El programa principal (función **loop()** del arduino), realiza la siguiente rutina.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024



A continuación, se muestran los diagramas de flujo de las funciones principales del programa: “calibración holeboard” (función **bool** **calibrarHoleboard(void)**) y “registrar holeboard” (función **void** **registrarHoleboard(void)**).

A su vez, la función **calibrarHoleboard** llama internamente a la función **uint8\_t** **lecturaMaximosHole(uint8\_t i, int umbral)**.

CPA Responsable Dr. Esteban Valverde	ORDEN DE PROVISIÓN DE SERVICIOS - CPA	Nº de ticket 20230610
	Desarrollo y diagnóstico tecnológico para las diferentes líneas de investigación	
Fecha de Inicio: 10/06/2023		Fecha de Finalización: 01/02/2024

