

Trabajo Fin de Grado

Intervención electrónica colaborativa en un
espectáculo de danza del Festival Trayectos

Cooperative electronic intervention in a dancing
performance of Festival Trayectos

Autor/es

Sonia Mouhsine Arjoune

Director/es

José María López Pérez



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. SONIA MOUHSINE ARJOUNE,

con nº de DNI 73018857K en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA, (Título del Trabajo) INTERVENCIÓN ELECTRÓNICA COLABORATIVA EN UN ESPECTÁCULO DE DANZA DEL FESTIVAL TRAYECTOS.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, SEPTIEMBRE 2018

Fdo: SONIA MOUHSINE ARJOUNE

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría darle las gracias a Chema por toda la ayuda que me ha brindado, por guiarme a lo largo de este proyecto y por transmitirme la calma y serenidad que me ha hecho falta muchas veces. Por apoyarme en los momentos difíciles y compartir conmigo los buenos momentos que este trabajo nos ha aportado.

En segundo lugar, agradecer a Etopia que posibilite este tipo de colaboraciones con alumnos de la Universidad de Zaragoza, a todo el equipo del festival Trayectos, y en especial, a Nati e Isabel por la acogida tan cercana que me han ofrecido. Gracias también a Alba, coordinadora artística, por interesarse tanto por la parte técnica e incluirla en la creación de su coreografía como un elemento clave. Por supuesto, a los bailarines, Raquel, Laura, Iván y Yeiner, por su esfuerzo sinfín, por acudir a todos los ensayos con una actitud impecable que, sin duda, ha hecho más llevadero todo el proceso de prueba y error. Y, por supuesto, quiero destacar el maravilloso trabajo que han hecho y que se ha traducido en unos resultados excelentes.

A los maestros de taller por toda la paciencia que han tenido, por ayudarme cuando lo he necesitado y ofrecerme un trato tan cercano. Sin ellos, no hubiera sido posible realizar este trabajo a tiempo.

A Pedro y Guille por ayudarme a encontrar unas pautas iniciales que seguir, por todos los componentes que me han prestado, pero, principalmente, por animarme en todo momento, por recordarme que al final todo esfuerzo merece la pena y tiene su recompensa. A Miguel, Alicia, Joel y Paula por hacer un hueco en su agenda para asistir al Festival Trayectos y por plasmar sus emociones acerca de la actuación en unas cartas que me han servido de gran ayuda. A Eduardo por soportar mis momentos de estrés y ayudarme a desconectar. A todos ellos, mis amigos, quiero darles las gracias por confiar en mí.

Por último, a mi familia por apoyarme en todo lo que me propongo y no dejarme decaer, por enseñarme a vivir con ambición, a ser perseverante, a luchar por lo que quiero. En particular, a mi madre, que ha tenido este proyecto más presente que nadie, conviviendo con el caos diario de mi cuarto lleno de componentes electrónicos, restos de estaño y cables. Gracias, mamá, por ser mi pilar más importante.

Resumen

Este trabajo presenta una pieza coreográfica incluida en el marco del arte multidisciplinar. Se trata del diseño de unos trajes *wearable* con los cuatro bailarines que interactúan entre ellos en un espectáculo de danza contemporánea para el festival Trayectos. El objetivo principal es el estudio de un tipo nuevo de creaciones basadas en la combinación danza-tecnología y las posibilidades que esta ofrece. En este proyecto, han colaborado principalmente tres disciplinas: técnica, artística y de confección. El proceso de desarrollo de este trabajo se divide en varias fases resumidas a continuación.

La primera fase consistió en la toma de contacto entre las diferentes partes colaborativas. Se convocaron varias reuniones en las que se pusieron en común los objetivos personales y alcance del proyecto. Además, sirvieron para establecer una metodología de trabajo adecuada que fuera común a todos los participantes.

En segundo lugar, se estudiaron los diferentes sensores y actuadores que pudieran resultar de interés para una coreografía. Los componentes a elegir se acordaron entre la coordinadora artística y la parte técnica. Para lograr que la colaboración fuera lo más real y cercana posible, los artistas fueron introducidos en la electrónica en la medida de lo posible, del mismo poco que la parte técnica lo hizo en el arte. Se decidió el mensaje que se quería transmitir al público, a partir del cual, se ideó una configuración inicial. Se diseñó una placa de circuito impreso de carácter provisional. Este prototipo incluía varios sensores que actuaban sobre unas luces LED programadas. El objetivo de esta placa era ofrecer la visión del funcionamiento real de los componentes disponibles, para elegir, posteriormente, los que resultaran más atractivos para la coreografía. A partir del prototipo, se diseñó la placa final, que incluía sensores de tipo infrarrojo y unas tiras LED direccionables, que podían ser programadas a tramos. El diseño de las placas se realizó en *Circuit Maker* y el control del sistema en entorno Arduino.

La siguiente etapa consistió en la integración del hardware en el vestuario. Durante esta fase, el trabajo colaborativo se centró en la coordinación de tareas con el diseñador del vestuario. Se decidieron las formas que finalmente las luces iban a dibujar sobre la ropa. Se realizaron varias costuras que aseguraran la correcta sujeción de las tiras LED y se confeccionó un bolsillo en el que incluir las placas. El trabajo técnico consistió mayoritariamente en soldar el cableado y reforzar las conexiones para evitar que se soltaran.

Una vez listos los *wearables*, comenzaron los ensayos en los que se concretó la programación del sistema. Los bailarines se familiarizaron con los trajes. Se realizaron varias repeticiones de la coreografía, que se fue modificando por razones técnicas y artísticas.

Finalmente, se llevó a cabo la actuación, que tuvo lugar en el Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza Etopia. Esta coreografía fue parte de un festival en el que se mostraron dos piezas más, también relacionadas con la tecnología. En esta memoria se muestra el análisis de los resultados del proyecto, constatando que los objetivos establecidos inicialmente se han cumplido con creces.

Este proyecto ha supuesto el desarrollo de un trabajo real, con sus limitaciones temporales y de recursos, así como las dificultades añadidas de coordinación entre las distintas áreas. Sin embargo, también ha supuesto un primer acercamiento al mundo de la fusión entre danza y tecnología cada vez más extendido entre numerosas compañías de baile internacionales.

Índice general

1. Introducción.....	1
1.1. Definición de arte.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Artes escénicas.....	3
1.4. Contenido de la memoria.....	3
2. Metodología.....	5
2.1. Objetivos y tareas.....	5
2.2. Arte multidisciplinario: interacción.....	8
2.3. Eventos destacados.....	9
2.4. Modus operandi del trabajo colaborativo.....	11
3. Diseño electrónico del sistema.....	13
3.1. Desarrollo técnico.....	13
3.1.1. Prototipo.....	14
3.1.2. Configuración elegida.....	29
4. Diseño del vestuario.....	39
4.1. Integración del hardware.....	39
5. Diseño de la coreografía.....	43
5.1. Ensayos.....	43
6. Actuación y resultados.....	47
6.1. Trayectos.....	47
6.2. Carta de las emociones.....	52
7. Conclusiones.....	57
7.1. Conclusión del proyecto.....	57
7.2. Trabajo futuro.....	58
7.3. Conclusiones personales.....	59
Bibliografía.....	61
Anexos.....	62
A.1. Código del diseño prototipo.....	62
A.2. Código del diseño final.....	65

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definición de arte

Cuando uno piensa en el arte, como concepto general, probablemente las primeras imágenes que visualiza sean cuadros o esculturas expuestas en museos. Sin embargo, aunque no existe una definición de arte universalmente aceptada, la más común se usa para describir un conjunto de disciplinas o producciones del ser humano realizadas con fines estéticos o expresivos [1]. Se busca despertar en el espectador ideas, emociones o sentimientos.

Etimológicamente, la palabra arte procede del latín *ars, artis*, que deriva a su vez del griego *τέχνη (téchne)*, que significa “técnica”. Por tanto, no es de extrañar que fuera usada para referirse a disciplinas y actividades que requerían técnicas: desde un artesano hasta un poeta [2].

Se ha de tener en cuenta que el arte refleja y pertenece al período y la cultura en la que se crea. Como consecuencia, su evolución queda fuertemente ligada tanto al desarrollo de las técnicas empleadas en los diferentes ámbitos como a la línea de pensamiento predominante en la época. El avance en la creación de nuevos sistemas e instrumentos y el continuo estudio para su mejora ha ido ampliando progresivamente la lista de disciplinas que se consideran como formas de arte a lo largo de la historia. Un claro ejemplo es la inclusión de la fotografía en 1839 [3]. Su nacimiento trajo consigo una revolución en el mundo de la pintura, ocasionando cierta polémica. No obstante, a lo largo de los años la fotografía ha adquirido su propio lugar como expresión artística.

Actualmente, se definen diversas categorías entre las cuales se encuentran las bellas artes, las artes plásticas, las visuales, las decorativas, las de *performance* y las aplicadas [4]. En esta última se incluyen los diseños industriales y de carácter técnico. En este proyecto se han integrado la tecnología y la danza (incluida en las artes de *performance*), por lo que se puede considerar como una colaboración entre dos de las categorías existentes.

1.2. Antecedentes

Durante las últimas décadas, la tecnología ha experimentado un desarrollo exponencial y se ha asentado, sin duda alguna, en numerosos entornos. Inicialmente, la tecnología se introdujo y explotó en ámbitos industriales, aunque, a medida que su progreso se fue haciendo evidente y,

por tanto, el uso a nivel usuario más económico, se ha ido incluyendo en la vida diaria de manera progresiva.

Nuevas líneas de creación y pensamiento han surgido a partir de dicha inclusión como, por ejemplo, el *Digital Art* [5]. Este término se comenzó a usar por primera vez a principios de los 80 cuando se creó un programa informático para pintar que fue usado por el pionero artista digital Harold Cohen [6]. Este fenómeno no sólo se enfoca en la pintura, sino que también abarca disciplinas como la animación, la escultura virtual 3D, la manipulación de vídeos e imágenes o el diseño de instalaciones artísticas [7]. *Pixel Avenue*¹ es un claro ejemplo de estas creaciones. Se trata de una configuración de luces formando una pantalla pixelada de 1000m² y situada en el techo de un túnel que pretende eludir la sensación de sentirse encerrado (Figura 1.1). El sistema recoge las vibraciones en el entorno en tiempo real y varía el tono y color de las luces en función de esta información.

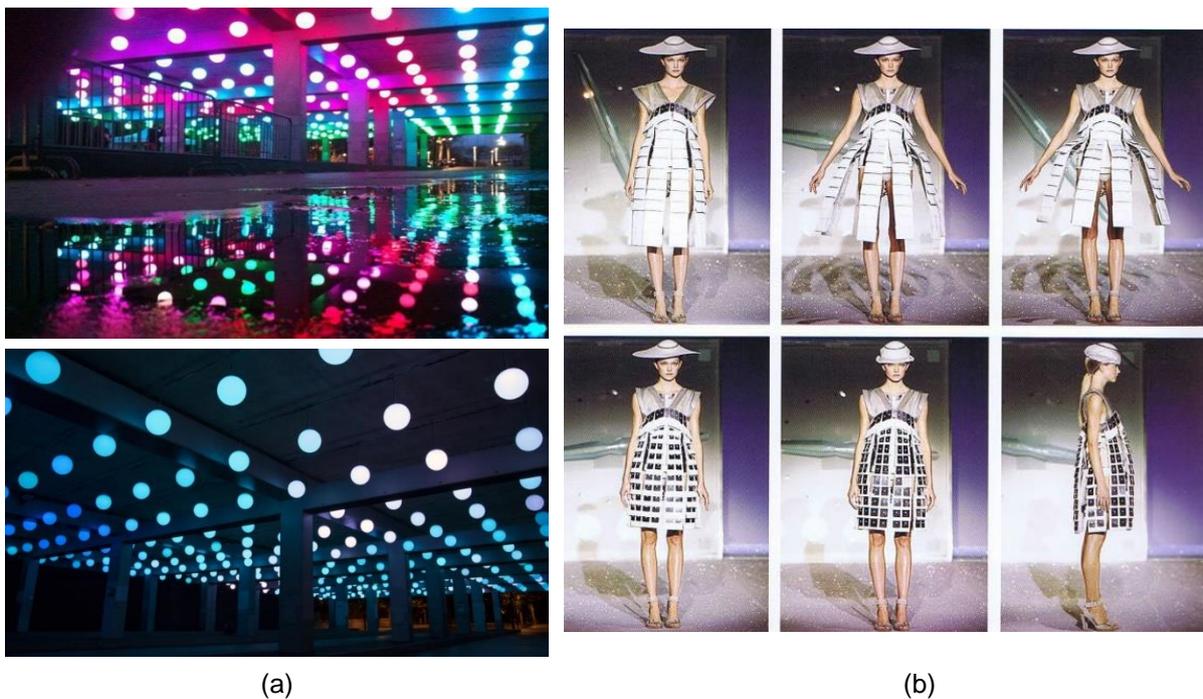


Figura 1.1: (a) Píxel Avenue, Saint-Denis, Francia. (b) Vestido creado por Hussein Chalayan, parte de su One Hundred and Eleven show en París.

La tecnología y los nuevos medios también han llegado a lugares donde hace menos de una década era impensable, como las pasarelas. El pionero Hussein Chalayan ha mostrado en numerosos desfiles con renombre vestidos cuyas formas varían accionados por dispositivos electrónicos integrados en estos [8]. En la Figura 1.1, se muestra la secuencia de cambio de uno

¹ <https://vimeo.com/188847599>

de sus diseños. El *Digital Art* ha supuesto, por tanto, una nueva manera de enfocar el arte fusionándolo con la tecnología.

1.3. Artes escénicas

Sin duda, la tecnología también se ha abierto camino en lo que a artes escénicas se refiere. La iluminación, la escenografía virtual y la edición de audio y vídeo han ayudado al artista a la hora de hacer llegar al espectador el mensaje deseado y, de algún modo, a explotar las sensaciones que se pueden generar en el público a través de la estimulación de sus sentidos de distintas maneras. El tránsito a la era digital conlleva un cambio en el punto de vista del autor: el paso de la escasez a la abundancia informativa, la transición de la importancia de las cosas a la importancia de las interacciones, o un intento de ruptura de los límites entre el ser humano y la máquina reflejan esta evolución.

Tras esta nueva puerta que se abre, se encuentran un sinfín de posibilidades todavía por descubrir. Por ello, las incógnitas también están muy presentes. ¿Condiciona lo humano a lo artificial o es, más bien, al revés? ¿Dónde se establece la frontera entre lo real y lo imaginario, entre los cuerpos vivos y los animados? ¿Se ha de entender lo tecnológico como una extensión del propio cuerpo del artista? ¿Se establece un vínculo de empatía suficiente con el espectador cuando se usa un robot? ¿Se experimentan las emociones en el mismo grado o es necesaria la presencia humana?

Cada vez son más las compañías que experimentan el uso de nuevos formatos y lenguajes en sus espectáculos en busca de nuevos retos, haciendo uso de dispositivos tecnológicos. La Figura 1.2 recoge un ejemplo de esta nueva vertiente². Este proyecto se basa en esta nueva línea de creación combinando la electrónica con la danza contemporánea. Materializa la elaboración de un sistema *wearable* a utilizar durante un espectáculo de baile con la finalidad de completar el significado de la coreografía. La compañía busca ampliar los horizontes a los que la danza se ha visto generalmente acotada e incrementar así la carga emocional e intelectual que pueda ser transmitida al espectador.

1.4. Contenido de la memoria

Esta memoria contiene 7 capítulos, siendo el presente el introductorio. En el capítulo 2, se desarrolla la metodología empleada a lo largo de este proyecto multidisciplinar. Se explica la interacción con los artistas y la metodología de trabajo adoptada. En el Capítulo 3, se detalla el

² <https://vimeo.com/64624233>

desarrollo técnico. Se describe la arquitectura de los sistemas prototipo y final. En el capítulo 4, se explica el trabajo colaborativo con el diseñador del vestuario a la hora de integrar el hardware en los trajes. El Capítulo 5 trata del diseño de la coreografía. Se analizan las limitaciones en los movimientos causadas por el hardware incluido en la ropa, así como algunos pasos de baile descartados y su porqué en relación con la parte técnica. En el capítulo 6, se analizan la actuación y los resultados. Finalmente, el Capítulo 7 resume las conclusiones tanto del proyecto como de carácter personal. Asimismo, se enumeran algunas líneas de trabajo futuro.



Figura 1.2: *Apparition*, creación de Klaus Obermaier & Ars Electronica Futurelab. La tecnología interactúa en tiempo real con los artistas.

Capítulo 2

Metodología

Esta sección describe la metodología empleada a lo largo del proyecto. Se incluyen las tareas realizadas, la interacción entre las distintas partes que han colaborado y el *modus operandi* del trabajo, principalmente con la coordinadora artística.

2.1. Objetivos y tareas

El objetivo general de este proyecto es estudiar las posibilidades que la tecnología puede aportar a los artistas a la hora de crear nuevas piezas de danza contemporánea. Se ha llevado a cabo un proceso de ampliación de horizontes y de restablecimiento de nuevos límites, intentando en todo momento no acotar la imaginación más de lo debido. En este caso, la mayoría de las restricciones han venido dadas por factores como la limitación física, de hardware, de software, temporal o de recursos externos.

En lo que a hardware y software se refiere, se han diseñado unas placas de circuito impreso que se han integrado en los trajes de los bailarines junto con los sensores y actuadores escogidos y se ha puesto su marcha a punto, implementando la programación necesaria.

A continuación, se resumen las principales tareas realizadas, cuya organización temporal se muestra en el diagrama de Gantt recogido en la Tabla 2.1.

- Reuniones iniciales con las distintas partes que colaboran en el proyecto para poner en común los objetivos y el alcance de este.
- Estudio, instalación y familiarización del programa *Circuit Maker* para la implementación de la placa de circuito impreso. Incluye el estudio previo de las reglas de diseño.
- Estudio del entorno *Arduino* y de las librerías que se han utilizado para programar alguno de los componentes usados.
- Trabajo de colaboración con las otras dos partes principales involucradas en la creación de esta actuación: la coordinadora y coreógrafa, Alba Lorca, y el diseñador del vestuario, Andrés Jarabo. Se realizaron distintas reuniones convocadas por la coordinadora para decidir qué mensaje se quería transmitir al

público y cómo la tecnología podía favorecer a una mejor comprensión de este. Asimismo, se establecieron unas pautas de trabajo comunes.

- Estudio y documentación de la interfaz digital necesaria para la interconexión entre componentes teniendo en cuenta límites de alimentación y carga.
- Diseño de las placas de circuito impreso.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los distintos módulos a emplear. Se realizaron pequeños programas con los que se pudo detectar el estado defectuoso de alguno de los componentes que se iba a utilizar.
- Coordinación con el diseñador para integrar la tecnología en los trajes base y realizar algún ajuste sobre esta. Decisión de la disposición final de las luces, así como la cantidad de LEDs a poner en cada prenda.
- Evaluación del diseño final de la placa con los bailarines en función del tamaño y la forma, de manera que no supusiese un gran inconveniente a la hora de realizar los movimientos incluidos en la coreografía.
- Pruebas y ensayos finales. Se realizaron varias repeticiones de la coreografía final, en los que se corrigieron fallos y modificaron algunos aspectos de carácter visual.
- Demostración final en el festival.
- Documentación y análisis de los resultados de la actuación.

Cronograma/Diagrama de Gantt (LBT):

Título del proyecto: **INTERVENCIÓN ELECTRÓNICA COLABORATIVA EN UN ESPECTÁCULO DE DANZA**

Cronograma del Proyecto

TAREAS DEL PROYECTO	MESES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Reuniones iniciales									
Estudio, instalación y familiarización del entorno <i>Circuit Maker</i>									
Estudio del entorno <i>Arduino</i> y las librerías necesarias para cada sensor o actuador									
Trabajo continuo de colaboración con coordinadora y diseñador de vestuario									
Estudio y documentación de la interfaz digital necesaria para la interconexión entre componentes									
Diseño de la placa prototipo									
Pruebas de funcionamiento para cada módulo									
Integración de las tiras LED en los trajes									
Diseño de la placa final y evaluación de su funcionalidad									
Soldadura de componentes a las cuatro placas									
Programación del sistema									
Pruebas y ensayos									
Corrección de errores									
Demostración final en el festival									
Documentación y análisis de la actuación									

Tabla 2.1: Diagrama de Gantt

2.2. Arte multidisciplinario: interacción

El arte multidisciplinario combina el trabajo de dos o más disciplinas de cualquier origen en una misma creación. Como se ha mencionado anteriormente, con este tipo de colaboraciones se pretende explorar nuevas formas de expresión y conceptos. En la actualidad, la fusión entre el arte, la tecnología y la ciencia es probablemente su manifestación más común.

A lo largo de este proyecto, la interacción principal se ha dado con la coordinadora artística y coreógrafa, Alba Lorca. Es primordial remarcar el punto de vista desde el cual se ha enfocado esta participación. Desde el primer momento, se insistió en generar una dinámica de trabajo en la cual ambas partes pusieran en común conocimientos e ideas, estableciendo una relación simbiótica. La idea era no recaer en que la parte tecnológica quedara relegada a segundo plano, siendo un mero recurso al que se accediera una vez la parte artística ya estuviera prácticamente cerrada. Todo lo contrario. Consistía en encontrar una línea común para ambas ramas en la que se compartiera la información relevante de cada proceso creativo y que, conjuntamente, se alcanzara la producción final.

Asimismo, también era necesario conocer el método de trabajo habitual de cada parte para localizar una conjunción sobre la que establecer un protocolo con los pasos a seguir. Para ello, ha sido preciso entender el proceso creativo del artista y que éste entendiera el del tecnólogo.

Por un lado, el leitmotiv del artista es comunicar. Esta motivación puede surgir de la inquietud de querer transmitir un concepto sobre la realidad en la que se vive y sobre el cual se quiera hacer consciente a la sociedad. El primer paso es elegir sobre qué se quiere reflexionar y pensar en el cómo. Una vez se le comienza a dar forma, se aplica el método heurístico de prueba y error. Se proponen posibles pasos para la coreografía, se prueban y se van variando hasta alcanzar el resultado final. A lo largo de este proceso, incluso la idea inicial a transmitir puede variar puesto que existe una continua realimentación de información.

Por otro lado, el planteamiento del tecnólogo tiene unos límites más definidos. Primero, se descubre la necesidad y se define el problema. A veces, es necesaria su descomposición en distintas partes para facilitar su resolución. Después, se estudian y valoran las posibles soluciones. Se escoge la más adecuada o probable y se diseña el sistema en función de la funcionalidad, la forma y los aspectos técnicos. Finalmente, se prueba su funcionamiento, retocando los posibles fallos que se puedan ocasionar. Por tanto, la construcción del sistema técnico parte de una idea principal que permanece prácticamente invariable, pudiendo modificarse ligeramente durante el proceso.

Además de la diferencia que existe entre ambos métodos de trabajo, hay que tener en cuenta que se trata de dos disciplinas muy distintas. Por lo tanto, ha sido relevante encontrar una manera efectiva de transmitir la información. Como es evidente, un artista no tiene por qué estar familiarizado con el mundo de la tecnología, por lo que el uso de tecnicismos a la hora de describir los dispositivos disponibles ha sido reducido. Se ha intentado emplear vocabulario más cotidiano para facilitar la comprensión. Análogamente, Alba ha tenido en cuenta el mismo aspecto al usar términos relacionados con la danza. Esta diferencia disciplinaria no sólo se ha reflejado en el tipo de léxico a emplear, sino que también en el punto de vista adoptado para buscar soluciones. En conclusión, ha sido necesario un proceso de adaptación por ambas partes con el fin de optimizar este proyecto colaborativo.

2.3. Eventos destacados

- Presentación de componentes

En la primera reunión conjunta que se llevó a cabo, a la que asistieron la coordinadora artística y la directora del festival Trayectos, se realizó la presentación de todos los componentes a disposición que pudieran resultar de interés para un trabajo de esta tipología. Se incluyeron:

- ♦ Sensores:
 - Sensor de humedad
 - Sensor infrarrojo
 - Micrófono amplificador
 - Detector de movimiento
 - Sensor de pulso
 - Sensor de ultrasonidos
 - Acelerómetro
- ♦ Actuadores:
 - Servomotor
- ♦ Sistemas de interacción con el usuario:
 - Mini pantalla LED
 - Zumbador
 - Teclado matricial
 - Botón táctil capacitivo
 - Pulsadores

- ♦ Sistemas de comunicación:
 - Módulo WIFI
 - Módulo Bluetooth

- ♦ Tiras de LED
 - Tira de LED RGB
 - Tira de LED direccionable

La mayoría de los dispositivos se llevaron físicamente para que la coreógrafa se familiarizara con el tamaño real de estos, ya que su colocación en el cuerpo del bailarín puede verse limitada por esta característica. Además de mostrar el material presente, el objetivo de esta exposición fue despertar la inspiración. Para ello, se explicó brevemente la función de cada componente y se propuso alguna idea general de cómo se podrían incorporar en una coreografía.

- Elección inicial del mensaje

Se propone el mensaje a transmitir a través de esta pieza. Se quiere llevar a cabo una reflexión sobre el género en la sociedad actual. Se plantea la posibilidad de que cada uno de los cuatro bailarines lleve sendas tiras LED en la ropa con configuraciones que reflejen las partes de cuerpo relacionadas con el género. En un principio, se decide que la distribución de las luces sea la misma para los cuatro (Figura 2.1). Una vez decididas estas especificaciones, se diseña una placa prototipo.

- Reunión con el diseñador de los trajes

A medida que la pieza va cogiendo forma, es necesario diseñar la ropa de los bailarines que llevará integrada la tecnología. En esta reunión, el diseñador, propone diferentes modelos, los cuales aportan unos matices a la pieza que complementan significativamente la evolución de esta. El trabajo en conjunto con el diseñador comenzó realmente cuando el vestuario final ya estaba confeccionado. El siguiente paso consistió en integrar la tecnología en la vestimenta de cada bailarín. Por tanto, la coordinación de tareas ha sido clave, puesto que ha sido necesario intercalar las técnicas con las de confección continuamente. Por consiguiente, ha sido primordial una planificación eficiente en todo momento para no obstaculizar ni frenar el trabajo ajeno.

- Decisiones definitivas

A un mes de la actuación y con numerosos frentes todavía sin cerrar, se lleva a cabo una reunión con la coreógrafa y el diseñador. En esta sesión, se definen todos los detalles de la coreografía final, tanto a nivel técnico como de diseño estético. La idea inicial se modifica. Este cambio repercute tanto en la placa como en el vestuario.

2.4. Modus operandi del trabajo colaborativo

Cuando varias disciplinas colaboran en un mismo proyecto, es necesario encontrar una manera de trabajar efectiva que, inevitablemente, ha de pasar por un proceso de adaptación.

En este caso, la fórmula concretada consistía en llevar a cabo reuniones periódicas en las que se informaba del progreso de la tarea que cada uno tuviera en marcha hasta entonces, así como de las dificultades, y se establecían nuevos objetivos de cara a la siguiente reunión. La finalidad de estas sesiones era el mantener un flujo de información constante que permitiera ir dando forma al proyecto entre todos.

Uno de los factores de mayor importancia a lo largo de esta cooperación ha sido el tiempo. Cada disciplina tiene un período de creación distinto. Sin duda, este hecho ha conllevado una dificultad añadida a la hora de coordinarse con la coreógrafa y diseñador. El proceso creativo del tecnólogo parte del diseño de un sistema cuyo software está aplicado al hardware empleado. Por tanto, cualquier cambio significativo en la idea principal de la pieza artística supone volver prácticamente al punto de partida de este proceso. Hay que tener en cuenta que los cambios no se realizan de manera inmediata, sino que cada modificación requiere cierto tiempo para rediseñar las placas de circuito impreso, imprimirlas, soldar de nuevo sus componentes y cambiar la programación. Del mismo modo, la labor del diseñador pasa por una evolución similar. Sin embargo, estas variaciones tienen un carácter más inmediato para el bailarín que, al trabajar sobre su propio cuerpo, no depende de limitaciones externas. Esta diferencia de tiempos a la hora de efectuar cambios supuso cierta disyuntiva, sobre todo a medida que la fecha de estreno se acercaba y las modificaciones sobre la coreografía todavía eran significativas. La solución adoptada para mantener un control y una organización temporal eficaz consistió en establecer una fecha límite para concretar con detalle todos los aspectos del proyecto, ya fueran coreográficos, estilísticos o a nivel tecnológico. Así, se aseguraba un tiempo suficiente como para afrontar cualquier inconveniente derivado de alguna modificación o error posterior.

En conclusión, la tónica general de esta colaboración ha consistido en hacer un seguimiento continuo a través de las distintas reuniones, consensuando cualquier cambio o decisión sobre la pieza artística, y reforzando así la cooperación entre las tres disciplinas.

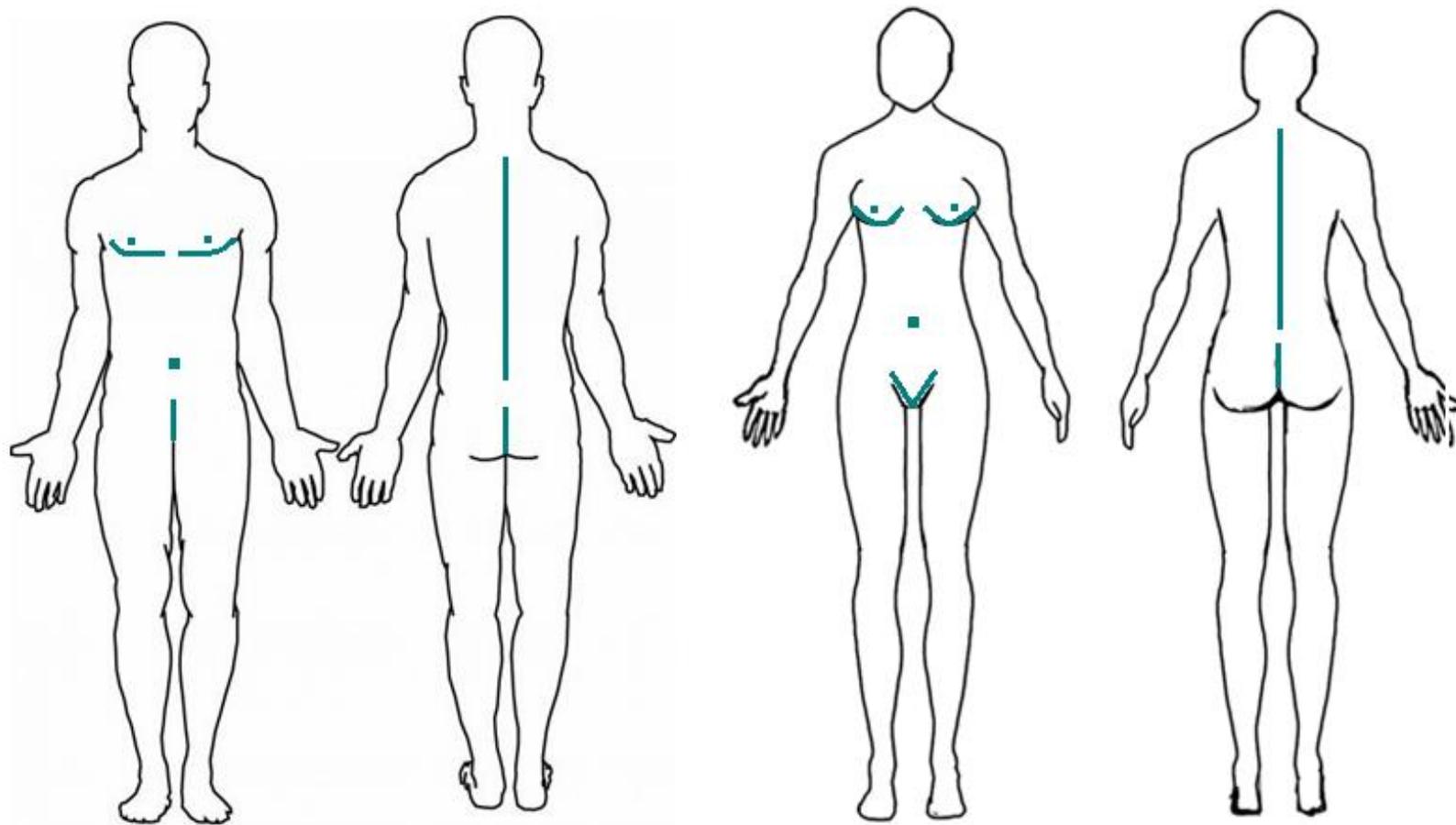


Figura 2.1: Configuración inicial que van a dibujar las luces sobre los trajes. Tanto las formas femeninas como las masculinas estarán integradas en sobre el mismo vestuario por lo que todos los bailarines podrán interactuar con los trajes del mismo modo.

Capítulo 3

Diseño electrónico del sistema

Este capítulo describe el desarrollo técnico del sistema. Se incluye el diseño de las placas de circuito impreso, prototipo y final, y se especifica la programación de los sensores y actuadores empleados. Es preciso matizar que este sistema se implementa para satisfacer las especificaciones requeridas en la pieza coreográfica, por lo que su característica principal es la funcionalidad.

3.1. Desarrollo técnico

En esta sección se detallan los principales circuitos desarrollados tanto a nivel de hardware como de software. En primer lugar, la placa prototipo, basada en la idea inicial para los trajes interactivos, mostrada en el Capítulo 2. A continuación, la configuración final elegida. Para el diseño de las placas de circuito impreso se utiliza el software de diseño electrónico Circuit Maker, mientras que para la programación se emplea Arduino.

La elección de Circuit Maker para el diseño de las placas de circuito impreso se debe principalmente a su intuitiva interfaz con el usuario. Permite dibujar, modificar y combinar esquemas con facilidad. Además, dispone de una librería muy extensa que incluye componentes disponibles en el mercado con su correspondiente *footprint*. En caso de que el componente requerido no se encuentre en la librería, Circuit Maker permite crear uno nuevo. Asimismo, los diseños en Circuit Maker se guardan en una nube digital, lo que facilita el cambio de lugar de trabajo o de ordenador, ya que sólo se precisa de acceso a Internet.

Por otra parte, se ha escogido el entorno Arduino para el control del sistema. Para la programación, cuenta con una gran variedad de librerías a las que se puede acceder y modificar sin necesidad de ningún tipo de licencia puesto que es *Open Source*. Asimismo, Arduino no necesita ninguna tarjeta de programación, como sucede con otras placas de desarrollo, ya que viene cargado con un *bootloader* en el microprocesador. Por tanto, debido a su sencillo manejo, existe una amplia gama de componentes compatibles con Arduino en el mercado que permiten construir una infinidad de aplicaciones a bajo costo.

3.1.1. Prototipo

En primer lugar, se propone el diseño de una placa prototipo basado en la idea reflejada en la (Figura 2.1). Al ser de carácter provisional, se decide poner sensores de diferente tipología, que puedan dar un juego distinto en la coreografía a la hora de activar las luces de los trajes. El objetivo es implementar un sistema que permita múltiples posibilidades para los bailarines a la hora de interactuar y, una vez visto su funcionamiento en un sistema real, acotar qué componentes se van a usar en el diseño definitivo. De este modo, la coreógrafa puede hacerse una mejor idea de cómo funciona la tecnología disponible. Como se ha mencionado previamente, el propósito de esta pieza es incitar a una reflexión sobre el género. Por lo tanto, los cuatro trajes de los bailarines incluyen la misma configuración, pudiendo reflejar un cuerpo masculino, femenino o la combinación de ambos. Las zonas del traje que se quieren controlar de manera autónoma, en función de la parte del cuerpo que simulan, son las siguientes:

- ♦ El ombligo.
- ♦ Los pezones, cada uno por separado.
- ♦ Los pectorales, ambos en conjunto.
- ♦ Los pechos, cada uno por separado.
- ♦ La espalda.
- ♦ El coxis.
- ♦ La vagina.
- ♦ El pene.

DISEÑO DEL HARDWARE

El funcionamiento del sistema consta de cuatro bloques bien diferenciados, cuyo diagrama de bloques general se muestra en la Figura 3.1.

- Alimentación: comprende las baterías externas y el interfaz necesario para ajustarse al nivel de tensión requerido por cada tipo de componente.
- Unidad de control: Arduino.
- Luces: tecnología LED.
- Sensores: incluye el interfaz de conexión que garantiza su correcto funcionamiento.

- Sistemas de comunicación: permite la conexión con un sistema externo.

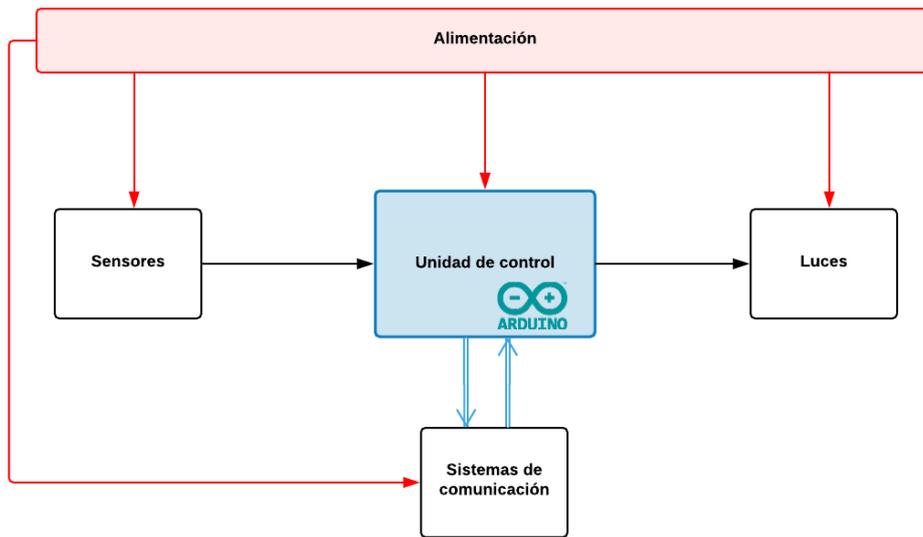


Figura 3.1: Diagrama de bloques general del diseño del protoripo.

Alimentación

Esta parte del circuito electrónico tiene que ser capaz de alimentar al resto de bloques que lo forman, por lo que tiene que cumplir especificaciones de tensión y corriente. La mayoría de los sensores considerados no consumen mucha corriente, por lo que las luces, núcleo principal de consumo, establecen los límites requeridos. Además, hay que tener en cuenta no todos los sistemas incluido requieren los mismos niveles de tensión. Los sensores, en su mayoría, se alimentan a 5 V, mientras que las tiras de luz LED precisan de 12 V y el sistema de comunicación de 3.3 V. Teniendo esto en cuenta, se han estudiado varias opciones diferentes:

- ♦ Pilas AA Alcalinas 1.5 V

Una de las opciones más baratas y sencillas es el uso de 4 pilas alcalinas de 1.5 V en serie acopladas a un portapilas (Figura 3.2), con lo que se obtienen 6V. Un regulador de voltaje de 5 V ha de ser incluido para alimentar el microcontrolador y parte de los sensores. Para el sistema de comunicación, es necesario añadir otro regulador de tensión de 3.3 V. Asimismo, como las tiras LED usadas se alimentan a 12 V, se requiere elevar la tensión de entrada a este valor.

Sin embargo, esta opción no resulta del todo satisfactoria. Por un lado, está el hecho de que las pilas no son recargables, lo que supone comprar unas nuevas cada vez que se

gasten las que estaban en uso. Por otro lado, el conjunto pilas-portapilas resulta poco práctico para un espectáculo de danza debido a su tamaño, peso y rigidez.



Figura 3.2: Conjunto pilas-portapilas

- ♦ Baterías de Litio-Polímero 3.7 V recargables

En este caso, se conectan dos baterías de litio recargables en serie (Figura 3.3), con lo que se obtienen 7.4 V. Su capacidad es de 980 mAh.

En este caso, tienen la ventaja de que se pueden cargar conectándolas a una fuente de alimentación externa que nos permite conocer también el estado de carga en el que se encuentran y, por tanto, poder ponerlas a punto para la actuación. Además, son de tipología plana por lo que ocupan menos sitio y molestan menos a los bailarines. Esta opción también precisa de un regulador de voltaje de 5 V con el que alimentar el microcontrolador y los componentes que lo precisen. Por otro lado, sigue siendo necesario elevar la tensión a 12 V para alimentar las tiras LED.



Figura 3.3: Baterías recargables usadas. Se añade un interruptor general para apagar y encender el sistema.

- ♦ Baterías 12 V

La tercera opción barajada ha sido el uso de baterías de 12 V para alimentar las tiras LED directamente, omitiendo así el uso de un dispositivo elevador de tensión. Los reguladores de voltaje de 3.3 y 5 V siguen siendo necesarios.

No obstante, esta alternativa resulta mucho menos económica que las anteriores para conseguir unas características similares.

Finalmente, se opta por las baterías de litio puesto que son recargables y su tamaño más reducido. Los componentes usados para conseguir 12, 5 y 3.3 V respectivamente son los siguientes:

- ♦ Convertidor DC-DC XL6009 Buck Boost

Se emplea un circuito integrado lógico similar al de la Figura 3.4 que es ajustado a los 12 V requeridos. En la PCB diseñada, se realizan dos agujeros a los que va a ir atornillado este módulo.



Figura 3.4: Convertidor DC-DC XL6009 Buck Boost

- ♦ Regulador de voltaje LM7805/TO-220
- ♦ Regulador de voltaje LD1117#33/TO-220

Para el correcto funcionamiento de los reguladores, se incluyen los condensadores de filtrado pertinentes, especificados en el esquemático de la placa (Figura 3.10).

Unidad de control

La unidad de control es la encargada de controlar el programa principal y de coordinar las señales entre los periféricos. En este proyecto, se emplea la plataforma Arduino. En el laboratorio, se disponía de dos placas Arduino distintas: Uno y Nano (Figura 3.5). A nivel eléctrico, ambos se comportan de manera similar, aunque difieren en el número de pines. El

Arduino Uno contiene 14 pines digitales y 6 analógicos, mientras que el Nano ofrece 14 pines digitales y 8 analógicos.

El Arduino ha de controlar todos los sensores y actuadores del sistema, por tanto, un mayor número de pines permite conectar más dispositivos, ampliando el abanico de interacciones posibles. Sin duda, el tamaño es otro de los factores relevantes para este proyecto. Por ambas razones, se escoge el Arduino Nano como unidad de control de la placa prototipo.

De los 14 pines digitales que ofrece el Arduino Nano, los pines 0 (Serial In RX) y 1 (Serial Out TX), puertos serie, se usan para comunicación entre dispositivos por lo que se reservan para la conexión del sistema de comunicación. Por otro lado, los puertos analógicos se emplean como digitales, ya que la mayoría de los sensores los son, para no limitar el número de dispositivos a conectar.

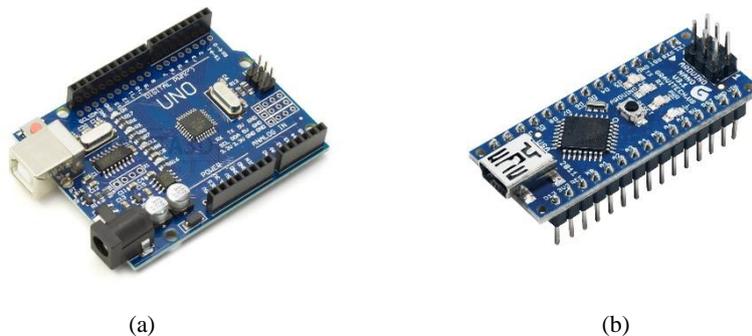


Figura 3.5: (a) Placa Arduino UNO. (b) Placa Arduino NANO.

Luces

Los dispositivos LED ofrecen varios beneficios frente a otras tecnologías convencionales como la luz incandescente o de neón. Su vida útil y ahorro energético es mayor por lo que suponen una ventaja económica. Además, estas lámparas se encienden instantáneamente al 100% de su intensidad lo que es imprescindible para esta pieza coreográfica ya que las luces se van a encender y apagar continuamente, en función de la señal de los sensores.

- ♦ LED Blanco

Para representar los pezones y el ombligo, se decide poner pilotos LED de color blanco, alimentados a 5 V. Cada uno ocupa un pin del microcontrolador por lo que tres puertos son asignados. Entre el dispositivo y el micro se coloca una resistencia para limitar la corriente.

- ♦ Tira direccionable 5050 RGB LED

Se emplea tira LED direccionable 12 V de 60LED/m para el resto de las configuraciones a representar. Las tiras direccionables incluyen un microchip que permite controlar digitalmente uno o varios píxeles. Este tipo de cinta LED contiene un chip cada 3 LEDs, por lo que su control se realiza en bloques de tres a través del pin de datos que contiene. Por tanto, se utilizan 7 puertos para conectar las zonas restantes. Al igual que con los pilotos LED, se colocan sendas resistencias limitadoras de corriente.

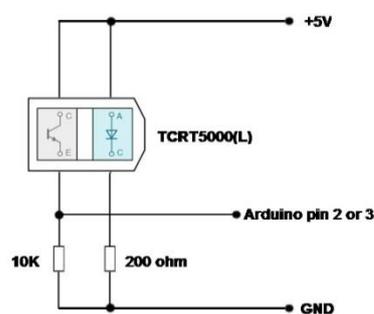
Sensores

Los sensores se encargan de detectar la interacción de los bailarines entre ellos y con su entorno, y de mandar la señal correspondiente a la unidad de control que se encarga de procesarla. En el laboratorio, se dispone de un amplio *boom* de componentes para proyectos de este tipo. Junto con la coreógrafa, se decide qué componentes pueden resultar interesantes para esta pieza coreográfica.

Todos los sensores detallados a continuación se alimentan a 5 V.

- ♦ Sensor infrarrojo TCRT5000

Consta de un emisor de luz infrarroja y un fototransistor que detecta la luz que es reflejada cuando un objeto pasa enfrente del sensor. Su rango de detección es de 2 a 12 mm. Su conexión típica se muestra en la Figura 3.6, con una resistencia de 220 Ω en el emisor y una de 10 k Ω en el fototransistor, ambas a tierra. Se colocan 3 sensores de este tipo por traje. Cada uno de ellos dispone de un pin para datos, lo que supone tres pines del microcontrolador.



(a)



(b)

Figura 3.6: (a) Circuito de conexión del sensor. (b) Sensor TCRT5000

- ♦ Sensor de ultrasonidos HC-SR04

Es un dispositivo medidor de distancias, de manera que, al acercarse por encima de un rango programado, se activa. Su funcionamiento se basa en el envío de un pulso de alta frecuencia que, al rebotar con un objeto cercano, se refleja de vuelta hacia el sensor. Para conocer la distancia, mide el tiempo entre el envío y la recepción del pulso. Esta conversión se detalla en la subsección Diseño del Software. Su rango de medición real es de 20 cm a 2 m. Dispone de dos pines, *Trigger* y *Echo*, uno emite y otro recibe la señal. Se colocan 2 por placa lo que supone 4 puertos en el Arduino. No necesitan ninguna interfaz adicional para conectarlos al microcontrolador.



Figura 3.7: Sensor ultrasónico HC-SR04

- ♦ Botón táctil capacitivo HTTM

Tiene dos configuraciones. Puede actuar como interruptor o como pulsador. Incorpora un LED que se ilumina cuando el sensor está activado, por lo que, en función de dónde se coloque, puede servir para complementar la función del resto de luces. En el laboratorio se dispone de estos botones en color rojo, azul y verde. Se usan 2 por bailarín, quedando ocupados 2 pines en el microcontrolador al que se conecta cada botón de manera directa.



Figura 3.8: Botón capacitivo con LED azul

- ♦ Micrófono MAX9812

Se dispone de un módulo FC-109 (Figura 3.9) que incorpora este tipo de micrófono. La salida de este dispositivo es de tipo analógico, pero, como se ha mencionado con anterioridad, los pines analógicos del Arduino se han configurado como digitales. Para convertir la señal del sensor en digital, se coloca un circuito comparador mediante un amplificador operacional a la salida del micrófono. La señal de referencia se ajusta a 4 V, mediante un divisor resistivo. Se establece un valor cercano al máximo generado por el sensor (5 V) para asegurar que no se envíen señales falsas causadas por el ruido ambiente. La salida del amplificador operacional se conecta a un puerto del microcontrolador. El circuito se muestra junto con el esquemático general de la placa (Figura 3.10). El cálculo de las resistencias se detalla a continuación.

$$V_s = 4V; V_e = 5V \quad (1)$$

$$V_s = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_e \quad (2)$$

Se escoge $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$$4k + 4R_2 = 5R_2 \quad (3)$$

$$R_2 = 4 \text{ k}\Omega \quad (4)$$



Figura 3.9: Módulo FC-109, que integra el micrófono MAX9812

Sistemas de comunicación

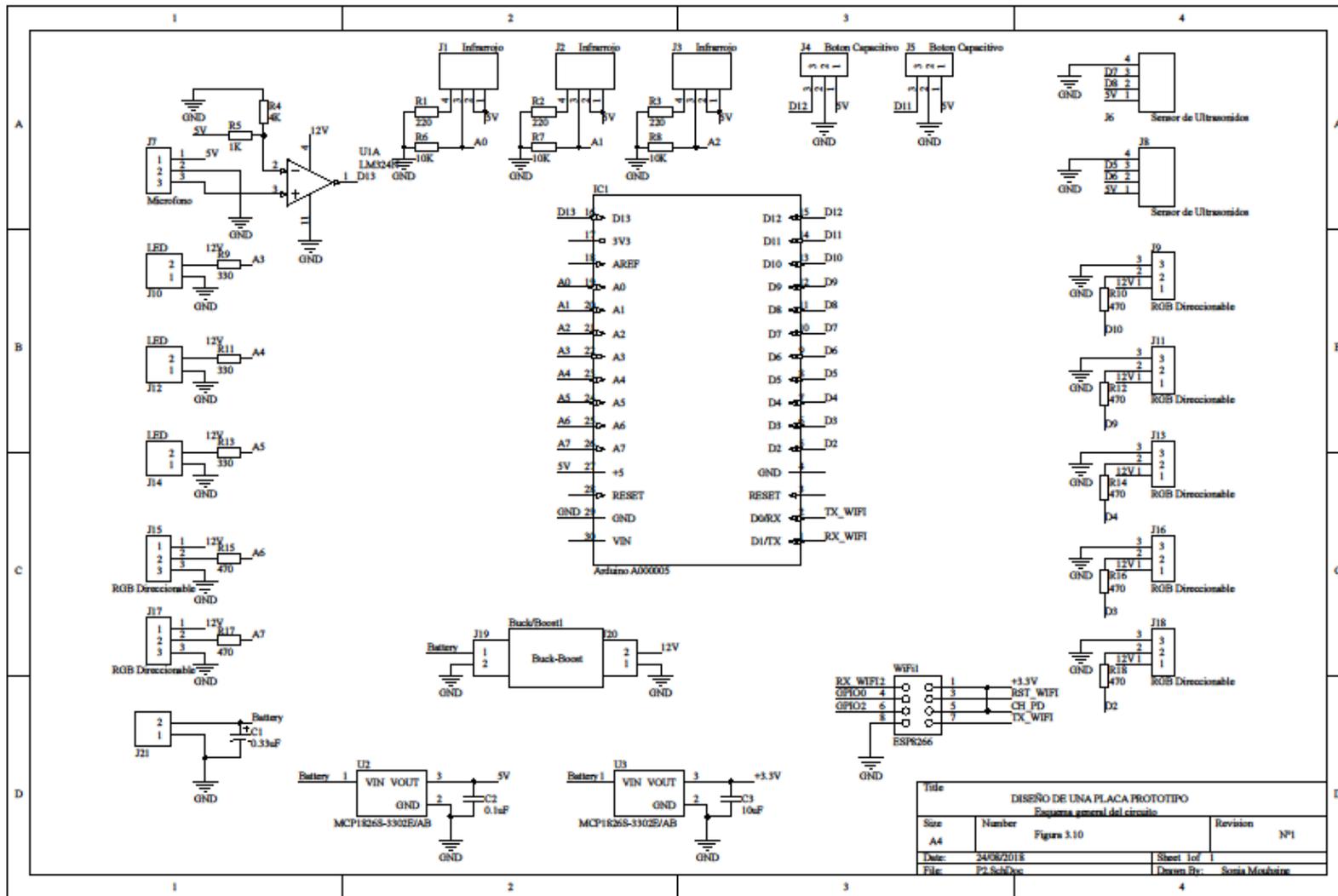
Con el fin de crear un vínculo mayor con el público, se pensó en la manera de poder hacerlo partícipe durante la actuación. Para ello, se pensó en la inclusión de un sistema de comunicación en las placas de los bailarines. En el laboratorio, se disponía de módulos bluetooth y wifi. La posibilidad de establecer una comunicación vía bluetooth se descartó enseguida puesto que la distancia a la que hay que situarse para no perder la conexión es relativamente pequeña. Se pensó en crear una plataforma web o en desarrollar una sencilla aplicación para el móvil, mediante la cual los asistentes al festival pudieran cambiar la configuración de las luces a libre elección. Para poder establecer la comunicación entre los móviles de los usuarios y los módulos de las placas, todos los dispositivos han de estar conectados a la misma red wifi. En este caso, la red disponible para invitados en el centro Etopia.

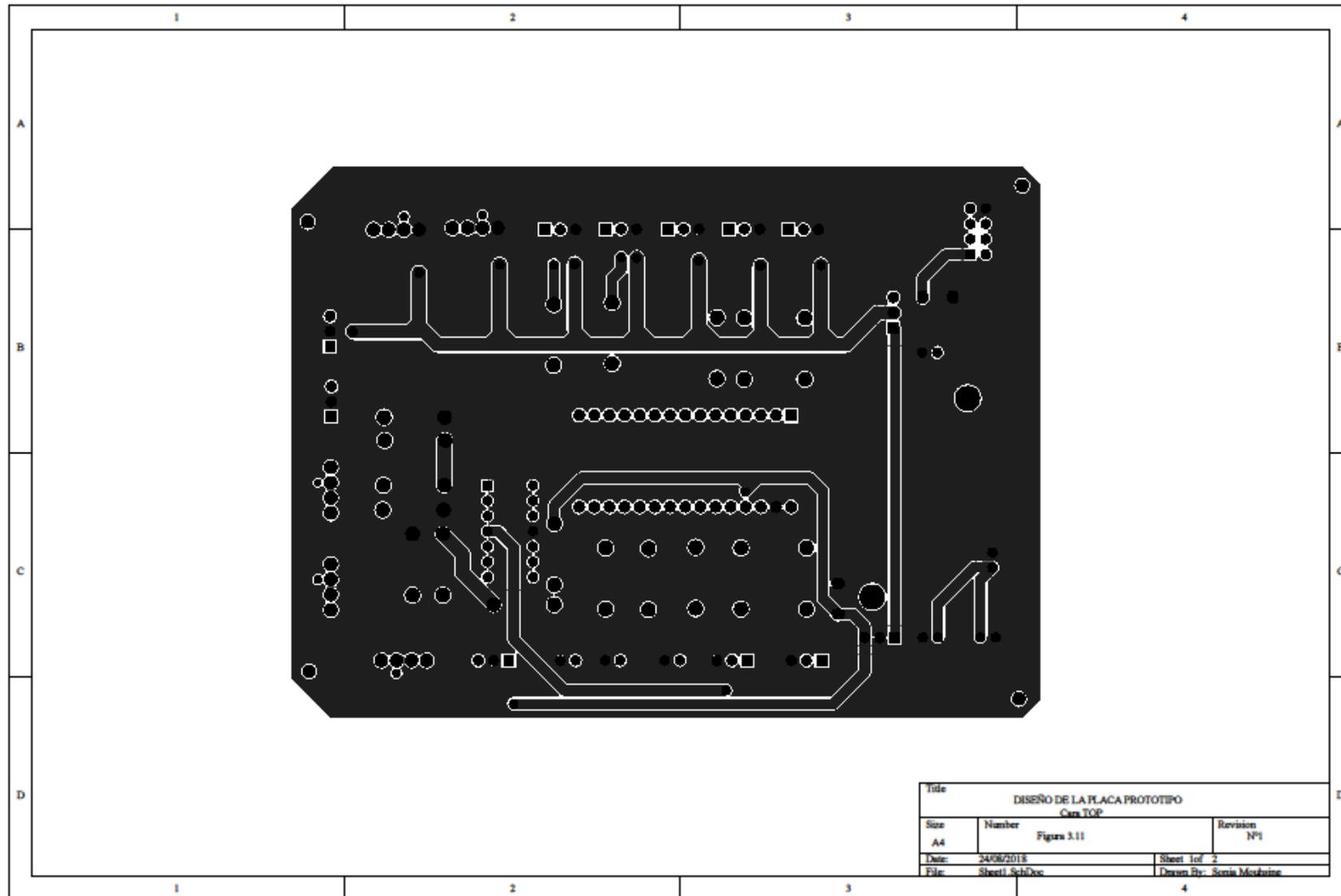
- ♦ Módulo WIFI ESP8266

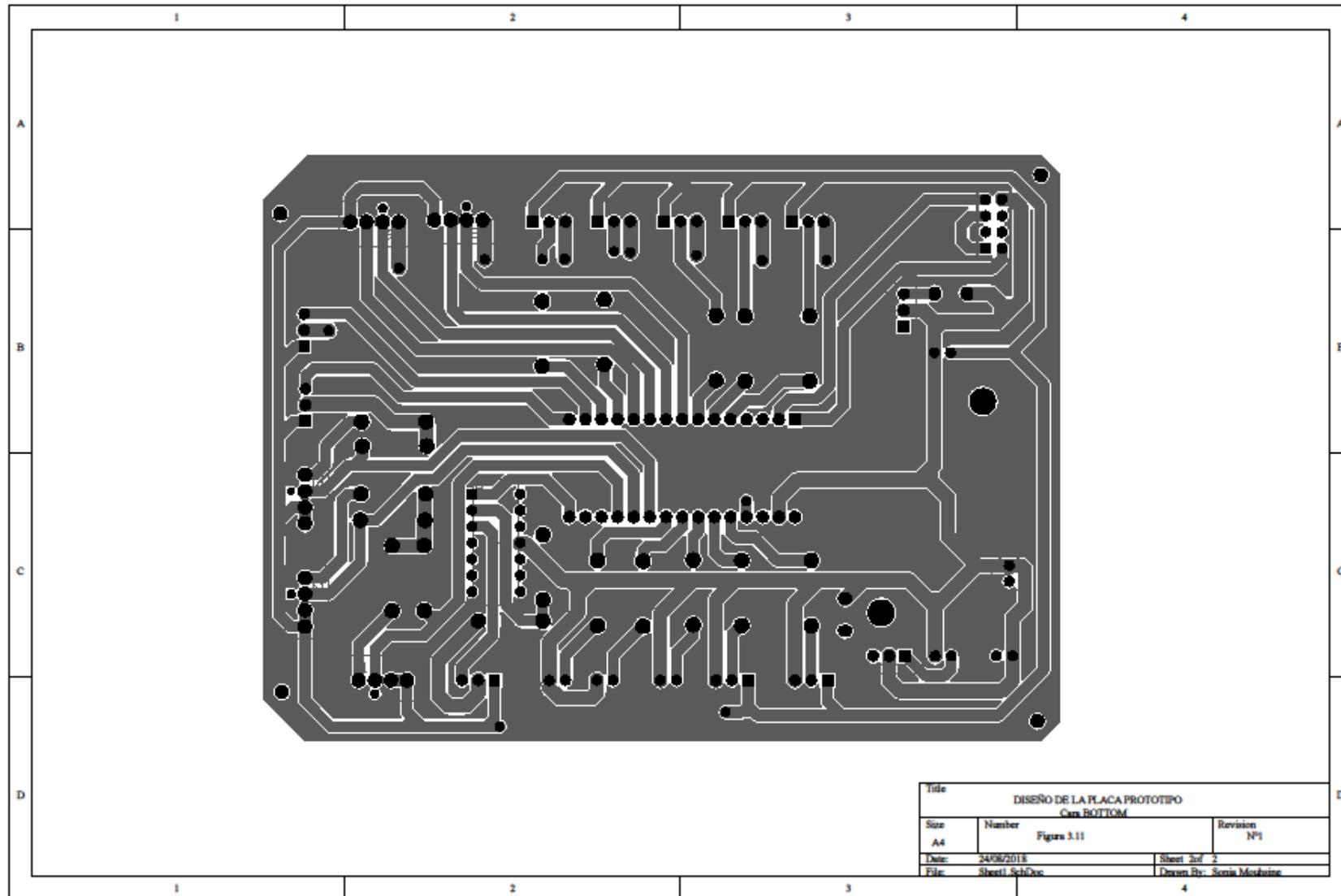
Este módulo se alimenta a 3.3 V y precisa de comandos AT para su funcionamiento. Se conecta a los pines digitales 0 y 1 (Rx y Tx, respectivamente) del Arduino. La programación de este módulo se detalla en la sección Diseño del Software.

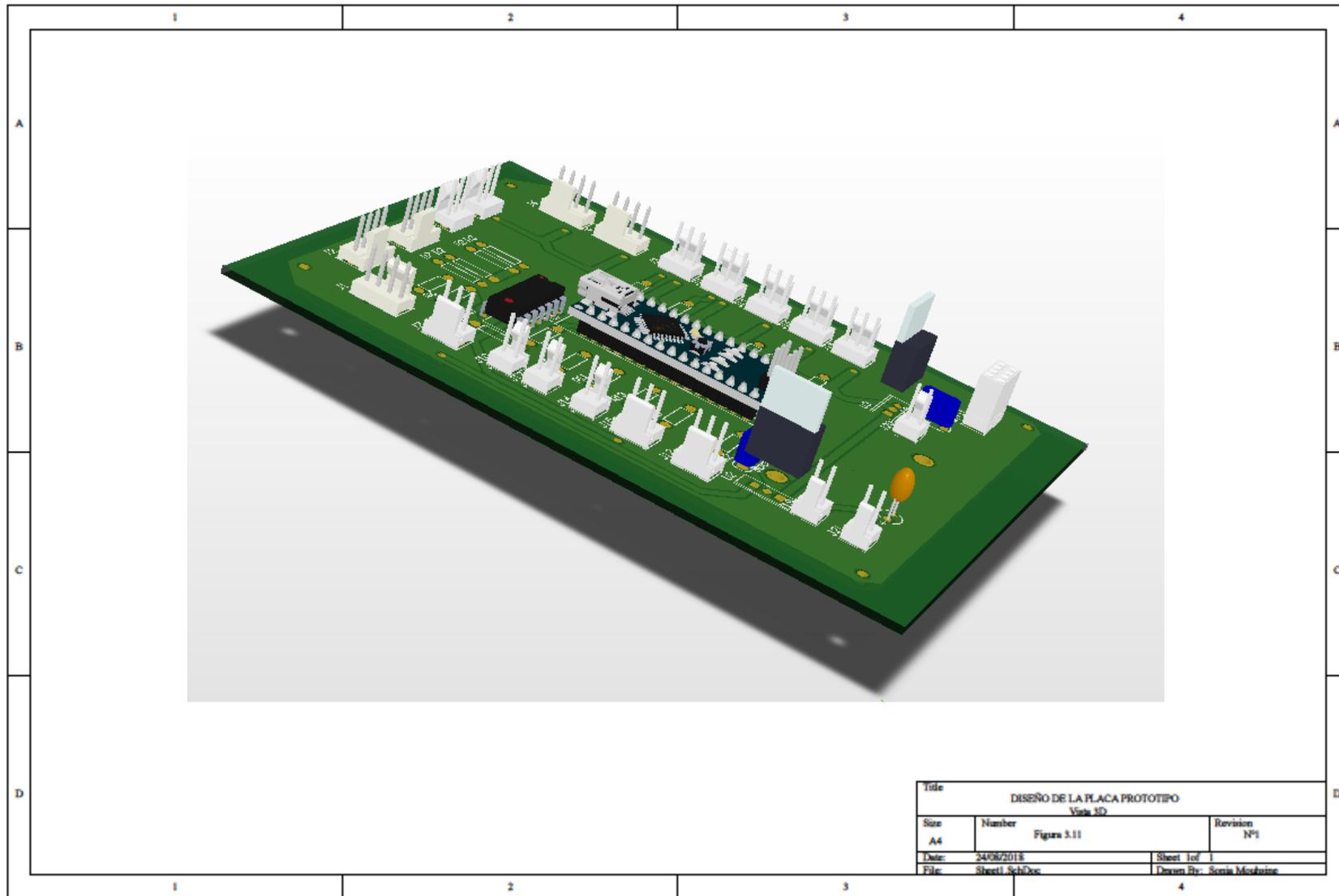
Se han empleado todos los puertos disponibles en el Arduino Nano: 10 puertos para las luces, siendo 7 para las tiras LED y 3 para los pilotos; 10 para los sensores; y los dos puertos serie Rx y Tx para el sistema de comunicación, cubriendo así los 22 pines disponibles.

Como se puede observar en la Figura 3.11, las esquinas de la placa de circuito impreso están achaflanadas, para evitar que estas molestaran en exceso, o incluso lastimaran, a los bailarines. Por otra parte, se añaden cuatro agujeros para posibilitar que la placa se pueda coser al vestuario consiguiendo así una mejor sujeción.









DISEÑO DEL SOFTWARE

- ♦ Puesta en marcha del módulo WIFI

El módulo ha de configurarse antes de su uso. En primer lugar, se carga el código mostrado a continuación en el Arduino. Después, es necesario ajustar la velocidad de comunicación desde el monitor serial, 9600 baudios en este caso. Una recibido el OK por parte del módulo puede comenzar la comunicación, que ha de realizarse mediante comandos AT que permiten cambiar la velocidad, conocer el punto de acceso, la versión, las redes WIFI disponibles para conectarse a ellas, el modo de funcionamiento en el que se encuentra, etc.

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial BT1(3,2);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  BT1.begin(9600);
}

void loop() {
  String B= ".";
  if(BT1.available()){
    char c = BT1.read();
    Serial.print(c);
  }
  if(Serial.available()){
    char c = Serial.read();
    BT1.print(c);
  }
}
```

♦ Programa principal

Se realiza un programa provisional que enciende unos de los pilotos LED para comprobar el funcionamiento de los sensores incluidos. A continuación, se muestra el diagrama del algoritmo. El código fuente se encuentra en la sección A.1 del Anexo A.

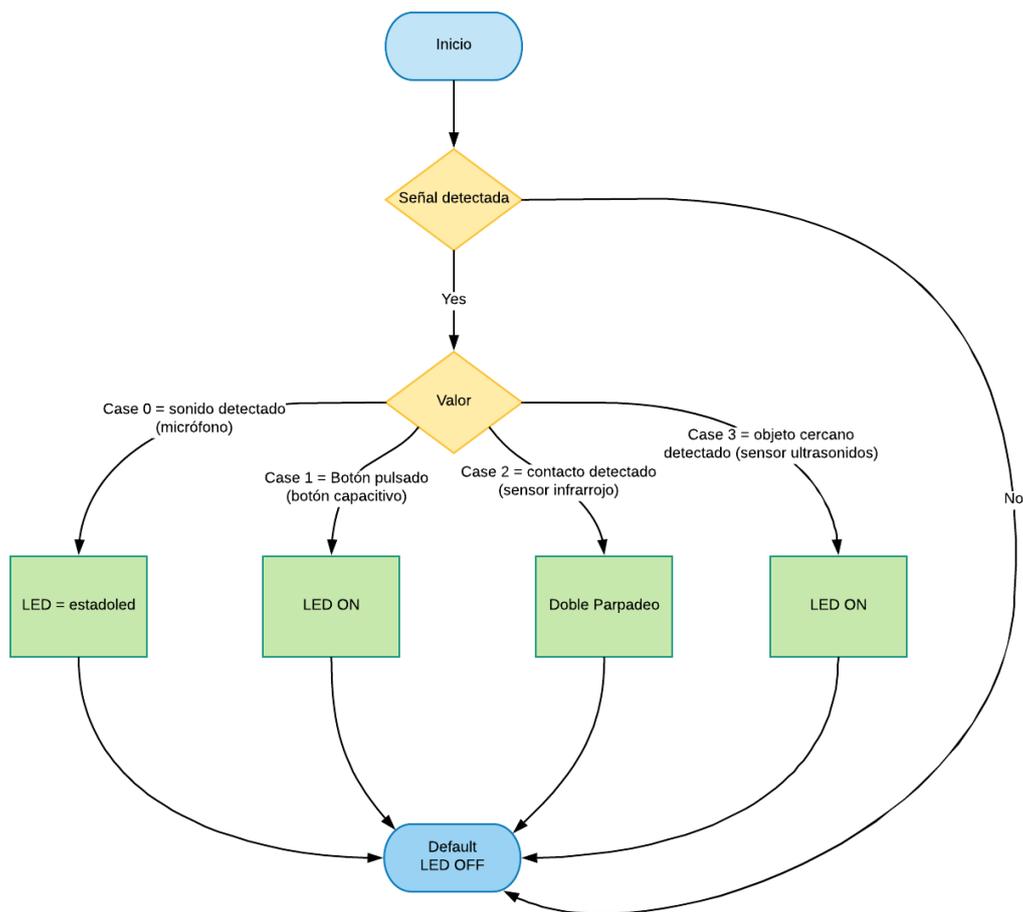


Figura 3.12: Diagrama de flujo del algoritmo del programa principal

3.1.2. Configuración elegida

Sin duda, este proyecto ha pasado por un proceso evolutivo continuo que se ha visto influenciado por todas las partes colaborativas. No se ha establecido una idea inicial cerrada a partir de la cual se ha ido desarrollando el trabajo, sino que ésta también se ha ido transformando. Es por ello que tanto la configuración de las luces en la vestimenta como la placa final difieren del diseño del prototipo. La idea inicial de intentar provocar en el público una reflexión sobre los géneros a partir de la danza mostrada se extendió a una reflexión sobre los cuerpos. Para ello, se confecciona un traje distinto para cada bailarín. Las luces, que ahora muestran formas más abstractas, también se colocan de manera diferente a la idea inicial y en cada una de las prendas (Figura 3.13).

La decisión de los componentes a incluir en la placa definitiva se concretó a partir del programa provisional descrito en el apartado anterior. Uno de los factores más decisivos fue la reducción del tamaño de la placa prototipo que, por tanto, resultó en un menor número de componentes usados.



(a)

Parte delantera



Parte trasera



(b)

Parte delantera



Parte trasera



(c)



(d)

Figura 3.13: Trajes base de los cuatros bailarines con luces integradas.

DISEÑO DEL HARDWARE

El sistema cuenta con los mismos bloques funcionales que la placa prototipo, a excepción del sistema de comunicación. Éste se descarta puesto que el desarrollo de la página web o aplicación móvil no se puede llevar a cabo en un espacio de tiempo tan reducido. En cuanto a hardware se refiere, las cuatro placas diseñadas son similares.

Alimentación

Se ha usado el mismo sistema de alimentación escogido para la placa prototipo: dos baterías recargables de 3.7 V 980 mAh conectadas en serie (Figura 3.3). Para calcular la duración de las baterías, se tiene en cuenta el consumo de este tipo de tira LED, 5W/m. Cada traje incorpora alrededor de 1m de cinta distribuida entre las distintas zonas.

$$980 \text{ mAh} * 7,4 \text{ V} = 7.252 \text{ Wh} \quad (5)$$

$$\frac{7.252 \text{ Wh}}{5 \text{ W}} = 1.45 \text{ horas} \quad (6)$$

En esta situación, se suponen los píxeles de la tira LED luciendo constantemente. Por tanto, teniendo en cuenta que este no es el caso, que la duración de la actuación es de alrededor de 15 minutos y que las baterías son recargables, se considera esta opción válida como sistema de alimentación.

Puesto que el módulo wifi se ha descartado, ya no se precisa de 3.3 V por lo que se elimina el regulador de voltaje LD1117#33. Para conseguir los 5 V que se necesitan para alimentar los sensores y el microcontrolador se utiliza el mismo regulador de voltaje que en el diseño prototipo (LM7805). Sin embargo, el conversor Buck Boost, empleado para conseguir los 12 V que necesitan las tiras LED, se cambia por un integrado MAX642, ya que su tamaño es mucho más reducido. Se incluye la interfaz recomendada por el fabricante en un sistema con estas características de corriente.

Unidad de control

Como ya no se trata de un diseño provisional, el Arduino Nano empleado en la placa prototipo se sustituye por el microcontrolador ATMEGA328p, similar al que contiene el Arduino Uno trabajando a 16 Mhz.

A este bloque se añade también un botón de reset. Para poder cargar el programa al microcontrolador, se incorpora un zócalo con las conexiones pertinentes a los puertos serie Rx y Tx, al que conectar un módulo adaptador a USB mini (Figura 3.14).



Figura 3.14: FT232RL FTDI USB a serial TTL módulo adaptador

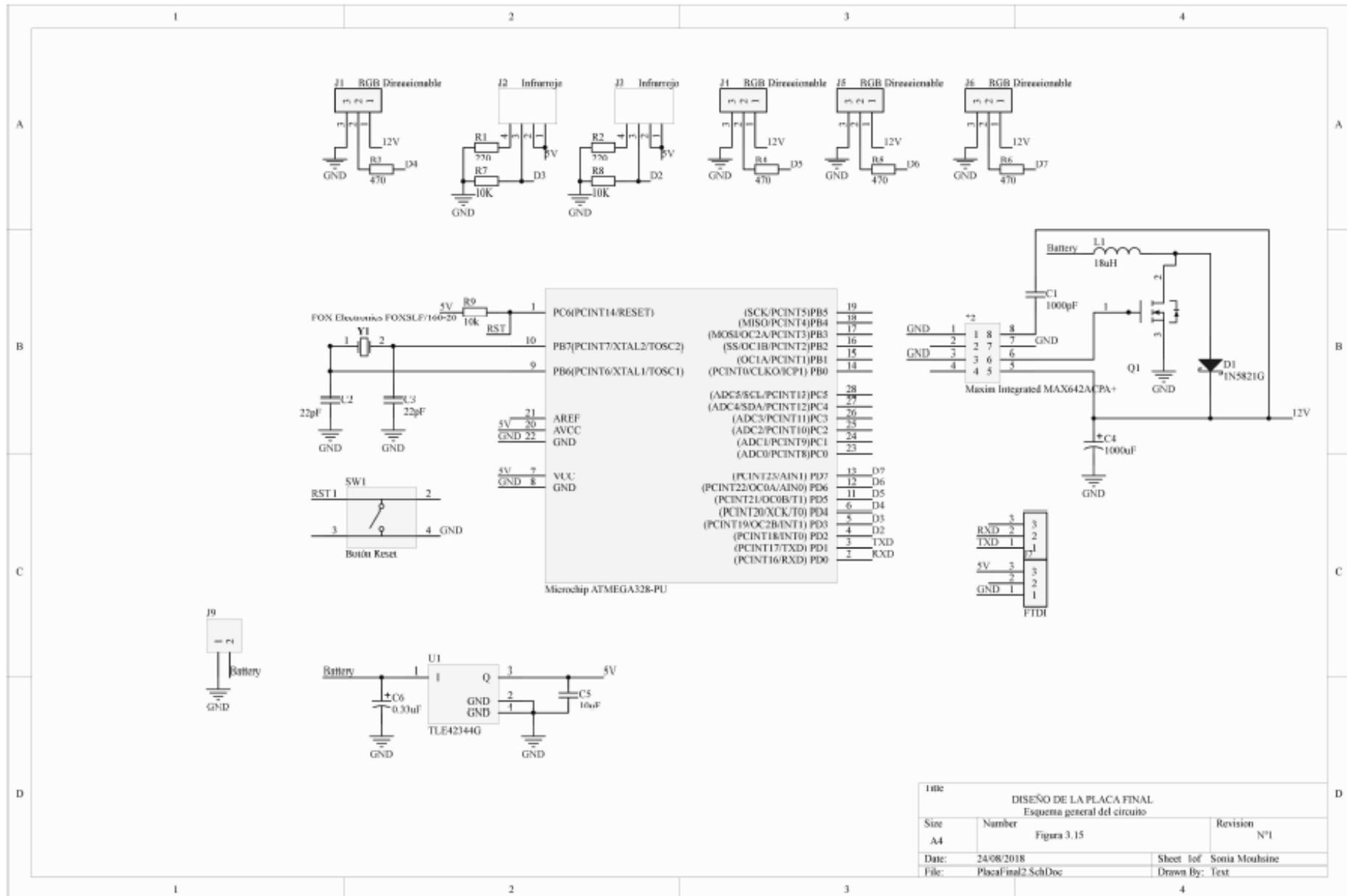
Luces

En la distribución finalmente elegida para las luces (Figura 3.13) se eliminan los pilotos LED que simulaban los pezones y el ombligo. Por tanto, sólo se han usado las tiras LED.

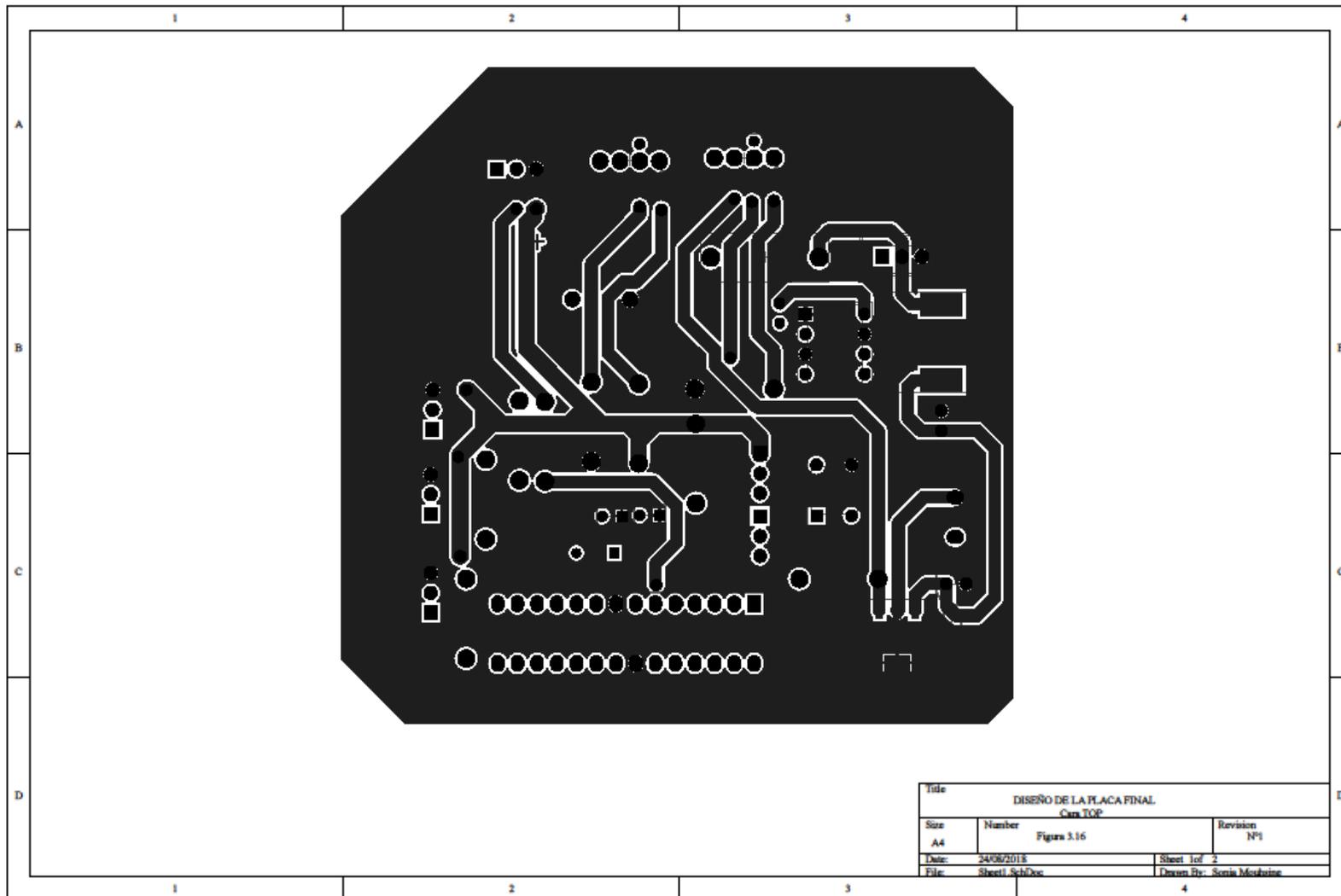
Como cada prenda lleva una disposición distinta, el número de bloques de tres píxeles varía. Por tanto, los conectores de la placa se colocan de manera estratégica, en función de la zona en la que se encuentran las tiras a conectar. De esta manera, se intenta evitar confusiones por parte de los bailarines a la hora de emparejar los conectores de las tiras con su homónimo en la placa. Los trajes se han dividido en cuatro áreas distintas: delantera superior, delantera inferior, trasera superior y trasera inferior. Cada zona del *wearable*, con distintas extensiones de LED, corresponde a un mismo pin del Arduino en las cuatro placas. Por tanto, sólo se ocupan 4 puertos digitales del microcontrolador.

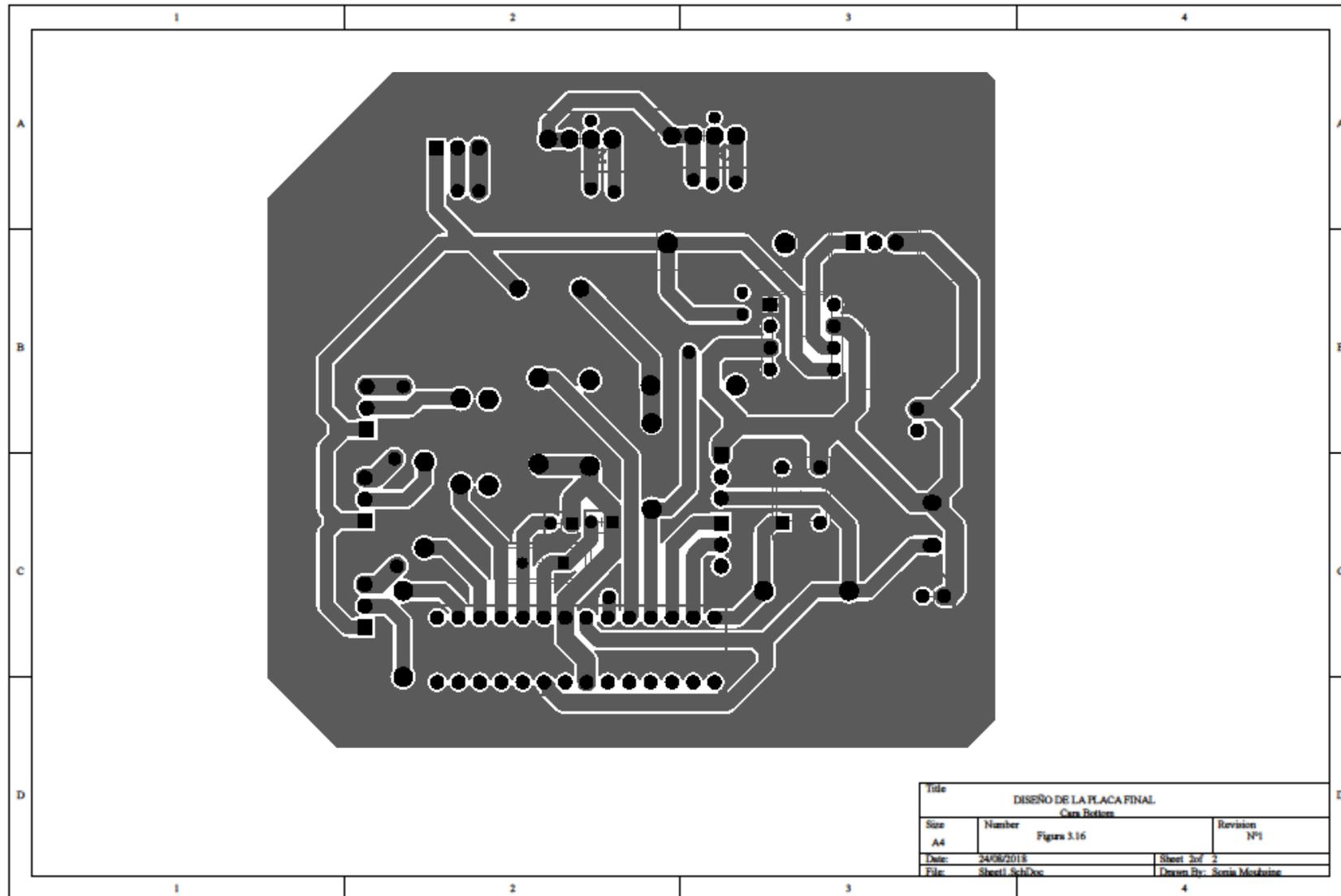
Sensores

Se optó por usar dos sensores infrarrojos TCRT5000 por bailarín. Las razones por las que se acotó el sistema al uso de este tipo de sensor fueron principalmente dos. Por un lado, se quería ocultar la manera en la que se activaban las señales a las luces en la medida de lo posible. Evidentemente, esto se hacía más complicado usando botones capacitivos o el micrófono. Por otra parte, los cuerpos de los bailarines iban a estar en continuo contacto durante gran parte de la coreografía por lo que el sensor de ultrasonidos apenas iba a ser capaz de conmutar de un estado a otro.



Title			
DISEÑO DE LA PLACA FINAL			
Esquema general del circuito			
Size	Number	Revision	
A4	Figura 3.15	Nº1	
Date:	24/08/2018	Sheet of	Sonia Mousine
File:	PlacaFinal2.SchDoc	Drawn By:	Text





En la Figura 3.17, se observa cómo algunos de los componentes están fijados con silicona caliente para evitar su rotura cuando los bailarines cayeran o rodaran en el suelo. Además, con el objetivo de reducir el espesor de la placa, se tumbaron algunos componentes y se usaron conectores acodados.

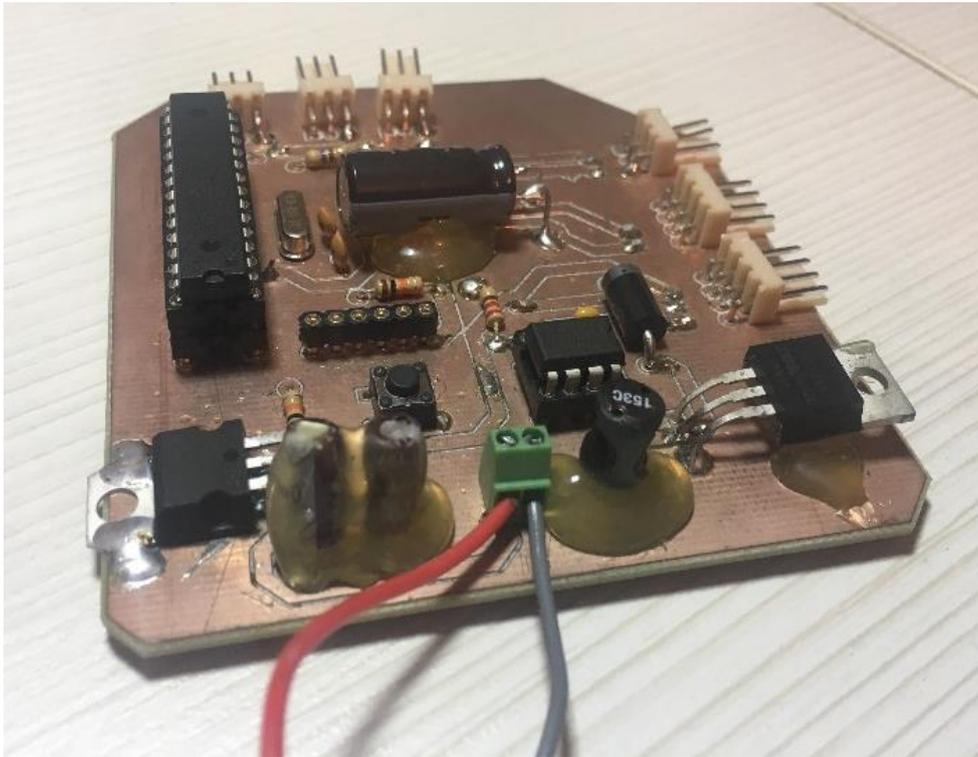


Figura 3.17: Placa de circuito impreso diseñada

DISEÑO DEL SOFTWARE

Se realiza un programa ligeramente distinto para cada bailarín puesto que la cantidad de tramos de cinta LED de cada traje difiere. El funcionamiento, descrito en la Figura 3.18, es similar. Al activarse alguno de los sensores infrarrojos que llevan los bailarines, se genera un número aleatorio que activa una configuración u otra de luces. La decisión de esta aleatoriedad se tomó junto con la coordinadora artística, con la idea de generar cierta incertidumbre. Para la programación de las tiras LED, se ha incluido la librería *Adafruit_NeoPixel*.

El código es prácticamente el mismo para los cuatro sistemas, tan sólo difiere en el número de pixeles configurados y su secuencia de encendido. En la sección A.2 del Anexo A, se muestran las partes principales del código de uno de ellos.

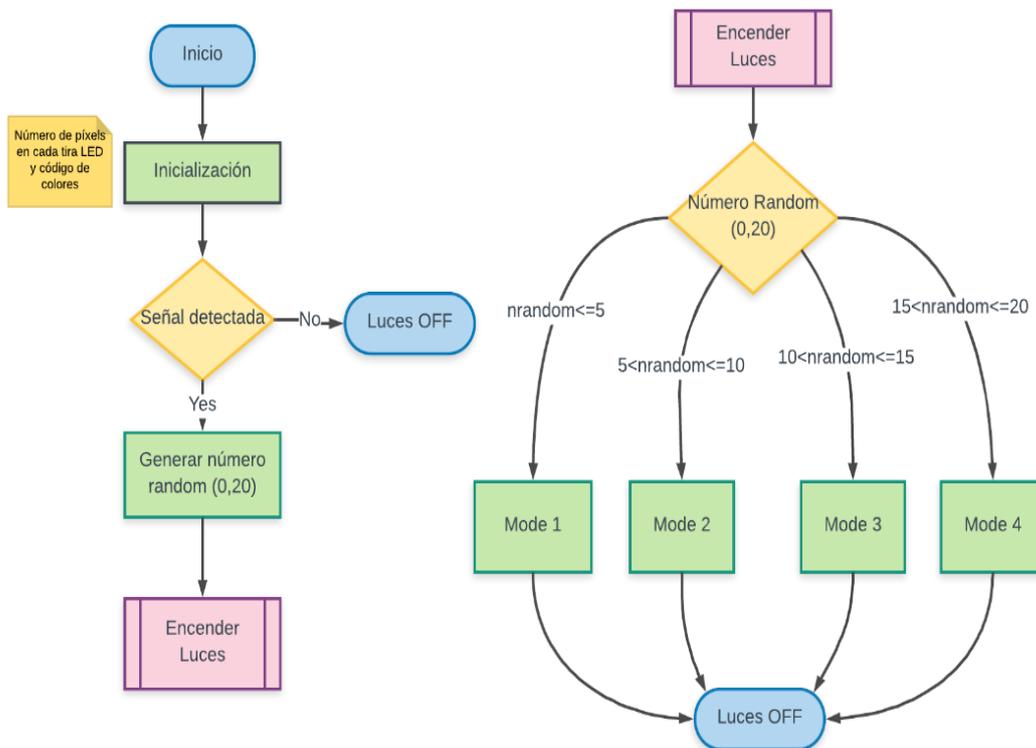


Figura 3.18: Diagrama de flujo del algoritmo usado en la configuración definitiva

Capítulo 4

Diseño del vestuario

En este proyecto, se ha colaborado con dos disciplinas distintas: la danza y la confección. Esta sección se centra en el trabajo con el diseñador a la hora de incluir el hardware en las distintas prendas base. Ha sido necesaria una planificación conjunta de las tareas a realizar por cada uno, puesto que existía cierta dependencia entre unas y otras.

4.1. Integración del hardware

Un debate recurrente en relación con las prendas *wearable* es si dejar que la tecnología esté visible o no. En este caso, se decidió ocultar. El diseñador confeccionó unas prendas base a las que se les integró el hardware (Figura 3.13). Para cubrirlas, se usaron monos de trabajo desechables que ofrecían la ventaja de ocultar los dispositivos, pero sin obstaculizar el paso de la luz (Figura 4.1).

La secuenciación del trabajo a la hora de integrar el hardware fue la siguiente:

I. Diseño del vestuario base

Andrés diseñó las prendas que iban a llevar los bailarines y sobre las cuales se iba a integrar el hardware. Se confeccionó un traje distinto para cada uno de ellos. Como se puede observar en la Figura 4.2, las tiras LED tienen un recubrimiento de plástico que se pensó en coser directamente a las prendas de manera que las luces quedaran totalmente fijadas a la ropa. Sin embargo, esta solución era más tediosa a la hora de sustituir las tiras en caso de rotura o avería. Por tanto, se confeccionaron unos rieles de tela elástica y porosa, para que no se obstruyera la emisión de luz, en los que se insertaron las tiras (Figura 4.2).

II. Integración de las luces y de los sensores

Se disponía de 5m de tira LED que se cortó en función de la longitud de los rieles que se habían colocado. Los distintos fragmentos se fueron insertando en cada prenda teniendo en cuenta qué pines eran de entrada de datos y cuáles de salida. Por otro lado, los sensores infrarrojos se colocaron en la cara posterior de las muñecas de los bailarines, fijándolos mediante unas cintas de goma.

III. Ubicación de la placa en el vestuario

Para saber hacia dónde había que tirar los cables era preciso situar la placa. Se decide poner en el pantalón, a la altura de mitad de muslo, introducida en un bolsillo. Considerando los movimientos de la coreografía, esta zona era la menos molesta para los bailarines además de ser más segura para la placa. En el caso del body, se cosió el bolsillo a una banda de tejido elástico, simulando una liga, para que la bailarina se la pudiera colocar en el mismo sitio.

Desde el laboratorio de Etopia, se diseñaron unas cajas de madera a medida (Figura 4.3) para introducir las placas en ellas y evitar que se dañaran los componentes. Sin embargo, además de ser demasiado robustas, no cabían en los bolsillos confeccionados.

IV. Soldadura de cables

Una vez conocido el lugar en el que iban a estar colocadas las placas, se midió la longitud del cable entre los conectores y las luces. Las medidas se hicieron sobre los cuerpos de los bailarines. Para evitar que los cables se tensaran demasiado al realizar determinados movimientos, se les dio cierta holgura. A cada tira LED llegan tres cables: uno de alimentación, uno de datos y otro de masa. Se soldaron los cables a las tiras y se añadió algo de silicona para aislarlos entre ellos. Las conexiones se fijaron con termoretráctil. En el extremo de los conectores, se empleó también silicona caliente con el fin de fortalecer la unión, para evitar que algún tirón pudiera soltar los cables. Se realiza el mismo proceso para los sensores, con termoretráctil en la soldadura de los cables a las patillas del TCRT5000 y silicona caliente en los conectores.

V. Fijación de los cables

Andrés dio varias puntadas a los cables a lo largo de los trajes para evitar que los bailarines se enredaran o se engancharan entre ellos.

La placa está diseñada de forma que los conectores de las luces y los sensores se encuentran en dos laterales contiguos. Por tanto, la placa se introduce en el bolsillo de manera que los cables llegan a la parte superior y lateral derecha del bolsillo. Las dimensiones del bolsillo son muy ajustadas a las de la PCB para evitar que esta se mueva. Por tanto, para impedir que los cables se estrangularan en exceso, se realizaron unas ranuras por los lados correspondientes.



Figura 4.1: Mono desechable utilizado para cubrir las prendas base



(a)



(b)



(c)

Figura 4.2: (a) Tira LED empleada. Lleva recubrimiento de plástico protector. (b) Rieles cosidos en los que se introdujeron las tiras. (c) Fijación de silicona caliente entre cables y conectores.

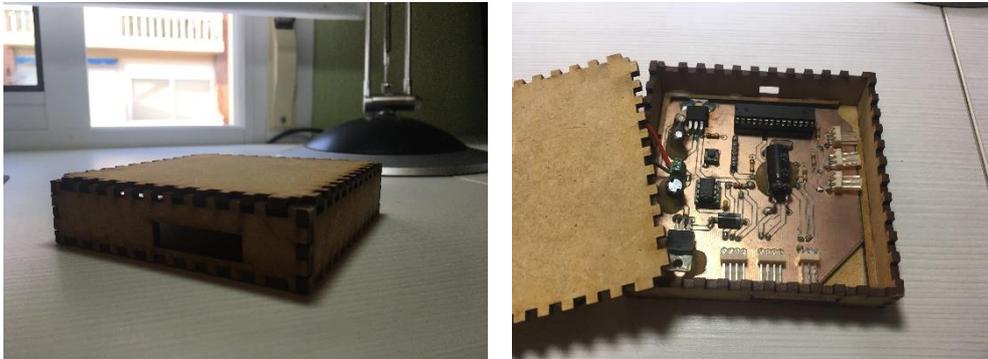


Figura 4.3: Caja de madera fabricada por el laboratorio de Etopia para introducir las placas

Capítulo 5

Diseño de la coreografía

La coreografía fue creada por Alba Lorca, coordinadora artística. Se trata de una pieza en la que intervienen 4 bailarines y cuya ejecución dura alrededor de 15 minutos. No está sincronizada con música, sino con una entrevista a B. Paul Preaciado sobre alimentación, sexualidad y filosofía³.

De manera similar a otros aspectos del proyecto, la coreografía también se ha ido desarrollando y adaptando en función de las nuevas ideas y/o restricciones. En este caso, algunos de los movimientos tuvieron que cambiarse debido a limitaciones del hardware.

5.1. Ensayos

Las últimas reuniones multidisciplinares que se llevaron a cabo sirvieron para establecer las limitaciones reales del sistema y modificar algunos aspectos finales del mismo.

Los primeros ensayos se realizaron sin los *wearable*. Sirvieron para cambiar algunos de los movimientos de la coreografía que podían dañar parte del hardware. Se eliminaron algunas de las volteretas y caídas en seco al suelo.

Los ensayos siguientes se realizaron con el vestuario base puesto y el sistema en funcionamiento (Figura 5.1). A lo largo de estos ensayos se propusieron distintas configuraciones de programación para las luces. Además, la idea de aportar robustez al sistema reforzando las conexiones con silicona caliente derivó de que alguno de los cables se soltó durante la ejecución del baile. Asimismo, se observó cómo varios componentes de las placas se doblaban en exceso cuando los bailarines rodaban por el suelo, lo que podía resultar en su rotura, aun estando parcialmente inmovilizados dentro del bolsillo. Por esta razón, se tomó la decisión de añadir silicona a los componentes (Figura 3.17). Durante estas sesiones, se les explicó a los bailarines cómo funcionaba el sistema y cómo realizar las conexiones de los conectores a las placas. Por otro lado, se pudo comprobar que la duración de las baterías era más que suficiente.

³ <https://www.youtube.com/watch?v=YB4vFyuSNbQ&feature=youtu.be>

Los ensayos finales tuvieron lugar en la entrada al garaje del centro de Etopia, escenario para la pieza (Figura 5.2). Se intentaron realizar alrededor de la misma hora de la actuación final (21:00h) para conseguir unas condiciones de luz lo más parecidas posibles. Se probaron luces de varios colores y se optó por tonos claros que aportaran un contraste mayor con tal escenario lúgubre. En un principio, los sensores infrarrojos se iban a colocar en la región anterior de la muñeca. Sin embargo, los sensores estaban activos la mayor parte del tiempo, sobre todo en las figuras realizadas al inicio de la pieza (Figura 5.4). Por lo tanto, se recolocaron en la zona posterior para ofrecer una mayor libertad de decisión a los bailarines.



Figura 5.1: Primeas pruebas de luz con el sistema en funcionamiento



Figura 5.2: Entrada al garaje de Etopia. Escenario para la coreografía.
Al fondo, los bailarines. Al frente la rampa en la que se sentó el público.



Figura 5.3: Ensayos generales



Figura 5.4: Figuras realizadas al comienzo de la coreografía.

Capítulo 6

Actuación y resultados

Este capítulo muestra los resultados de la actuación final. La relación danza – tecnología de la actuación supone una propuesta innovadora y diferente para muchos asistentes del festival. Por tanto, además de la evaluación a nivel técnico de la actuación, se incluye un análisis basado en el punto de vista del espectador.

6.1. Trayectos

Trayectos es el Festival Internacional de Danza Contemporánea de Zaragoza desde el año 2004. Este festival utiliza numerosas zonas de Zaragoza como escenario para sus actuaciones con el objetivo de acercar la danza contemporánea a los ciudadanos y despertar así su interés por este tipo de arte⁴.

Siguiendo esta línea de conexión con el público, surgió el Laboratorio de Danza y Nuevos Medios. Se trata de una colaboración entre el Festival Trayectos y el Centro de Arte y Tecnología Etopia, junto a departamentos de ingeniería.

Este año se ha llevado a cabo la segunda edición de este programa de experimentación en el marco del proyecto europeo Smart Places⁵. La actuación en la que interviene este trabajo forma parte del conjunto de tres nuevas creaciones mostradas durante el primer día del festival que hacen reflexionar sobre conceptos como normatividad o estandarización. Se muestra una forma de uso de la tecnología distinta en cada obra.

⁴ <http://www.danzatrayectos.com/>

⁵ <http://smartplaces.eu/>



Figura 6.1: *Sistemas complejos* (Vídeo conferencia bailada). Primera actuación del festival.



Figura 6.2: *Cuerpos confinados*. Segunda presentación del festival. Incluye la interacción un dron que se va moviendo por la estancia, entre los bailarines y los cables.

El nombre de esta pieza es *Formas que puedo nombrar*. Se juega con conceptos como la interacción, los niveles de contacto o el amontonamiento del cuerpo como masa acumulada. Esta *performance* se ejecutó en último lugar. Como se ha mencionado previamente, se llevó a cabo en la entrada al garaje del centro Etopia (Figura 5.2). El público se situó en la rampa que

da acceso al garaje, simulando la disposición de un anfiteatro (Figura 6.3). Cuando los espectadores llegaron los bailarines ya estaban en el escenario (Figura 5.4). La estancia estaba totalmente a oscuras por lo que apenas se les apreciaba, lo que dotó de una mayor importancia a los efectos lumínicos.



Figura 6.3: Público llegando a la entrada del garaje y sentándose en la rampa de acceso.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)



(k)



(l)

Figura 6.4: Secuenciación de la actuación

6.2. Carta de las emociones

“En general se entiende por experiencia todo aquello que depende, directa o indirectamente, de la sensibilidad; es decir, el conjunto de contenidos que proceden de los sentidos, ya se refieran dichos contenidos a un acto cognoscitivo o a un acto vivencial (emocional) de modo que el ámbito de la experiencia viene a identificarse con el ámbito de la sensibilidad, de la percepción sensible.” [9]

La experiencia es, por tanto, un proceso mediante el cual el individuo interactúa con la realidad que le rodea. Esta relación se puede establecer a diferentes niveles, que en parte dependen del grado de compromiso establecido entre el espectador y la obra interactiva, en este caso. *Formas que puedo nombrar* establece una interacción intelectual personalizada con los usuarios, que hace que cada uno de ellos viva una experiencia única con la obra. Este hecho es muy relevante a la hora de analizar los resultados del proyecto, ya que el objetivo principal de este es transmitir un mensaje al público en forma de reflexión personal. Para analizar dichos resultados, se ofreció a los espectadores la posibilidad de escribir brevemente las emociones y/o pensamientos que les había sugerido la obra. Una de las características esenciales de esta creación es su carácter abstracto en la forma de transmitir el mensaje, lo que permite una extensa variedad de interpretaciones que se ven influenciadas por la experiencia personal vivida por el espectador y su acercamiento a la danza. A continuación, se analizan algunas de estas “cartas de emociones”:

“Soledad, frialdad, silencio y belleza. Lástima romper el silencio con río de tópicos/típicos.”

Anónimo

“Disrupción de las formas. Separación de la esencia. Profundizar en lo etéreo. Desestimar el concepto. Abolir lo común. Señalar el desorden. Enfatizar lo distinto como norma.”

Silvestre

“First thought was why the lights shine in specific places and try to build a narrative, and then, we get it. I like specially the “philosophy as a history of resistance to normalization”. There’s a lot of ideas in the text. [...]”

Anónimo

“El despertar del conocimiento. Una nueva forma de ver el mundo. Este sentimiento de darte cuenta de que no eres nada.

Solo sé que no sé nada.

Quiero ahogarme en mi ignorancia.

¡Estupidez humana!

No sé nadar – Arnau Griso”

Miguel

“Descargas eléctricas asociadas a: ¿sentimientos (el contacto entre los cuerpos)? ¿O, [...], electricidad estática? [...]”

Antonio

“Alegría, curiosidad, duda, esperanza, imaginación”

Sole

“La radiografía del amor. Visualizar cómo los sentimientos habitan el cuerpo. [...] Formas de inventar la subjetividad: “dar a luz”, siempre desde el cuerpo. Prácticas de resistencia a la normalización: subjetivar cada uno lo único. No sé es, el yo es un destello. Construir un discurso, invertir el cuerpo, “dar a luz” la vida.”

Marisol

“A mí me ha gustado mucho porque parecía que estuviéramos en el espacio exterior y que las estrellas (los que actuaban) brillaban tanto que se enamoraban. También me ha gustado porque creo que el mensaje que transmitía era “no importa

que una pareja esté compuesta de dos chicas, de dos chicos o de un chico y una chica, todo el mundo puede tener la pareja que quiera”.

Alba (8 años)

“Chocante, imprevisible y emocionante. El cuerpo mantiene en sí mismo su potencia significativa. Me ha hablado desde muchos lugares, afectándome en todo mi ser.”

Ariadna

“Esta composición habla del ser humano en general. Sin distinción de género. En el transcurso de la actuación no reconocer si los bailarines son hombres o mujeres, importa el individuo. Me ha encantado la plasticidad que se desprende. Me han emocionado esos abrazos iniciales. Me parecen muy importantes los abrazos, sobre todo en un mundo tan despersonalizado. [...]”

Ana

“Seres de luz, faros para reconocerse, atraerse. [...] Agradable sentir al otro a la luz de sus ojos, de su reflejo en nosotros. Momentos de luz cálida. Delicia de momentos.”

David

“Amor, dolor, intento, caída, piedad, belleza, ayuda, error, soledad, reconocimiento, cansancio, fuerza, reconocimiento mutuo, contacto, confusión, miedo. Y más nombres en las formas de los cuerpos. Me hace sentir que soy yo. Me veo en los cuerpos, que cuentan lo que yo vivo. Esto es lo que veo, siento y pienso:

Te abrazas porque estás solo y tú no eres completo si estás solo.
Mantienes el abrazo, pero tú eres tú y a veces te caes de ese amor. Tú no sabes qué eres tú. Tantas veces se habla de la luz interior, ahora mágicamente visible, se dispara, brota, a veces sin control. Mira esa

luz: habla de ti. No tienes otro remedio que seguir tu luz. Clama al cielo, para nada, nadie nos dice cómo se hace. Duele el amor, duele dudar, duele caer, duele el dolor. Pobres personitas que erramos, caminamos, soltamos y caemos, nos pisamos, nos herimos... No sabemos, nadie nos dijo cómo, ni mucho menos por qué. Pero nos encontramos, y entonces descubrimos que nuestra luz es para que se una con la de los otros. Que nuestro miedo es el mismo, que nuestro dolor también. Pero también el intento y la fuerza y la pasión. Y quizá entonces sepas algo más: que con los otros eres más tú, que tu dolor lo sana el otro, que tu esfuerzo es más con el otro. Y que el abrazo es una buena forma de ser.”

Chema

Por un lado, encontramos sensaciones referentes a la soledad de uno mismo, a los lugares fríos y lúgubres. Una sensación probablemente generada por las características del escenario. La entrada a un garaje, que se entiende como una zona de paso para acceder al sitio al que uno se dirige, donde uno no se para a prestar atención. Y es allí donde a veces escondemos nuestros sentimientos, miedos o inquietudes. Nos aferramos a los tópicos en un intento de pasar desapercibidos por reparo al qué dirán.

Evidentemente, la percepción de cada uno deriva de sus propias circunstancias. Es curioso como un mismo escenario puede causar sensaciones tan contrarias. Mientras parte de las cartas describen un sitio frío y solitario, Alba siente que se traslada al espacio exterior. Lugar oscuro en el que los bailarines representan las estrellas que brillan, emanando su luz interior.

También se percibe a los bailarines como cuerpos solitarios, independientes, que a medida que las luces mandan estímulos van interactuando entre ellos. En principio, con reparo. El impulso les acerca. El miedo les aleja. A medida que la interacción es mayor, la confianza crece, como una analogía a la vida real, y se van acercando. Compartiendo. Creando experiencias juntos. Poco a poco los cuerpos se acercan hasta que las formas individuales se pierden creando una masa conjunta. Una masa que expresa cómo juntos formamos uno, pero sin perder nuestra propia esencia: luces de cada cuerpo que se reflejan en los demás, complementándose entre sí, pero sin perder la forma dibujada en cada uno de ellos individualmente. Sin perder la esencia de uno mismo.

Sin duda alguna, la entrevista con la que estaba sincronizada la coreografía ha sido un factor muy importante a la hora de completar el mensaje. En ella se describen procesos de evolución y desarrollo. La necesidad de romper con el estándar. Al mismo tiempo, los bailarines

reflejan una evolución. Comienzan abrazados, dos a dos. Caen poco a poco. Se deshacen del compañero y se buscan en sí mismos, para así poder encontrar en los demás. Hasta que nuevamente se unen. Comprendiendo que, al final, no somos tan distintos. Nuestras almas, las luces, quieren salir. Reflejarse. Hacerse una con las demás.

En definitiva, se puede afirmar que la fusión entre danza y tecnología ofrece una dimensión diferente para todos los que interactúan con ella: artistas, técnicos y espectadores. La coreografía se ha mostrado como una obra única, formada por dos disciplinas fuertemente interrelacionadas. Para desarrollar un proyecto de estas características con éxito, hay que conocer los diferentes ámbitos que se van a incluir en él para conseguir así una unión real. Los bailarines y la coreógrafa se han introducido en el mundo tecnológico, del mismo modo que el tecnólogo lo ha hecho en el arte. En este caso, la electrónica ha originado estímulos que, junto con los que genera la expresión artística convencional, han ayudado a despertar nuevas sensaciones en el público. Dicha inmersión de cada parte colaboradora en la disciplina ajena ha sido realmente importante a la hora lograr los resultados esperados.

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Conclusión del proyecto

Este trabajo describe un ejemplo de arte multidisciplinario mediante la creación de un sistema *wearable* que se ha integrado en una coreografía de danza contemporánea. La utilización de nuevos medios ha supuesto una nueva estructura de exploración todavía por definir. Las posibilidades de creación se han visto exponencialmente enriquecidas con la proliferación de nuevos recursos y el trabajo colaborativo entre artistas y técnicos. Aunque generalmente estas cooperaciones se consideran como una vertiente innovadora dentro de la danza, no es de extrañar que con los años la combinación danza-tecnología adquiera su propia categoría, con un marco propio que la caracterice. Este proyecto muestra, principalmente, la simbiosis entre estas dos disciplinas, que a primera vista no parecen guardar una estrecha relación entre sí. Sin embargo, el anhelo de transmitir un mensaje más completo al espectador, así como de llevar más allá el hecho artístico por medio de la tecnología, es el motor que empuja esta colaboración y el proyecto que le sucede.

En lo que a trabajo colaborativo se refiere, se han aprendido varias lecciones a lo largo de este experimento. En primer lugar, la adaptación del lenguaje a la hora de comunicarse con los artistas, intentando evitar tecnicismos complejos. Sin embargo, una de las mayores dificultades ha sido la coordinación de los distintos métodos de trabajo puesto que la distribución de tiempos es totalmente distinta. Además, las prioridades también difieren. Desde el punto de vista artístico, la estética y los movimientos han sido los elementos principales. Sin embargo, para la parte técnica lo más importante es que el sistema funcione correctamente. Por tanto, algunas de las decisiones tomadas conjuntamente se han basado en esta premisa, por ejemplo, la restricción de según qué movimientos que podían dañar el hardware. Por tanto, para conseguir un balance de prioridades equilibrado, los bailarines se han familiarizado con la electrónica incluida en este sistema, del mismo modo que los técnicos lo han hecho con aspectos relacionados con la danza. Por tanto, no sólo se ha tratado de un proceso de aplicación de recursos, sino que la cantidad de información y saber hacer compartida por todos los participantes ha supuesto el enriquecimiento del conocimiento personal de cada uno. La coreografía fue ejecutada con éxito en la actuación final, donde el protagonismo de la tecnología reflejó su completa integración, ya que el mensaje transmitido hubiera quedado truncado en su ausencia.

En cuanto a las conclusiones técnicas, se han comprobado las numerosas posibilidades que Arduino puede ofrecer en proyectos de este tipo y la cantidad de componentes compatibles de bajo costo que están disponibles en el mercado. Por ejemplo, el uso del microcontrolador ATMEGA328p, precargado con el *bootloader* del Arduino para hacerlo compatible con su lenguaje de programación, ha permitido el diseño “a medida” del hardware, sin necesidad de usar toda la placa Arduino. Además, el carácter intuitivo de dicho lenguaje ha supuesto una gran ventaja a la hora de materializar las propuestas por parte de la coordinadora artística, debido a los numerosos métodos que vienen incluidos en el mismo y a la facilidad de crear unos nuevos. Por tanto, las ideas propuestas por Alba se han podido ir evaluando por medio de diferentes pruebas de una manera dinámica. Cabe destacar que su condición de Open Source ha facilitado la búsqueda e inclusión de las librerías necesarias. Por otro lado, se ha constatado la necesidad de aplicar robustez física al sistema electrónico, ya que los bailarines están en continuo movimiento y realizan estiramientos a los que la placa, los conectores y el cableado han de tener la capacidad de adaptarse.

Sin duda, la respuesta que se genera en el público es el factor más importante a la hora de medir los resultados de una obra artística. Las cartas de las emociones mencionadas en el Capítulo 6 reflejan el grado en el que el espectador ha conectado con la obra. Esta información sirve para constatar cómo la tecnología afecta, no sólo al mensaje que se quiere transmitir, sino a la manera en la que se percibe. Asimismo, el correcto análisis de estos datos puede aplicarse al estudio de mejoras o incluso de nuevos métodos más eficaces, tanto a nivel técnico como artístico.

7.2.Trabajo futuro

La condición del festival Trayectos es entendida como un laboratorio en el cual se van probando nuevos experimentos e ideas innovadoras que puedan un suponer un primer paso hacia colaboraciones futuras. En este caso, hay varias líneas que se pueden seguir si se desea profundizar en el proyecto en un futuro.

Por un lado, sería muy interesante plantearse el diseño de las placas de circuito impreso en formato smd, ya que permitiría la inclusión de muchos más componentes, pero con un tamaño más reducido, limitando así en menor medida los movimientos de los bailarines. Asimismo, otra mejora importante sería la inclusión de un sistema cargador de baterías, para no tener que hacerlo de manera externa cada vez que se precise.

Por otro lado, la mayoría de los componentes que se han utilizado no son realmente aptos para un trabajo con las características de la danza contemporánea. Este hecho ha quedado

constatado durante la actuación cuando, ya casi al final de la coreografía, una de las bailarinas dejó de lucir debido a que el interruptor general se abrió al realizar uno de los pasos de la coreografía. Aunque este hecho no influyó en el desarrollo artístico, se refleja la ventaja de diseñar dispositivos expresamente para trabajos de este tipo. En cuanto a la mejora del vestuario, los trajes podrían ser diseñados con tejidos inteligentes que respondan a estímulos mecánicos o térmicos.

Por otra parte, además del vínculo intelectual generado con el público en esta coreografía, podría rescatarse la idea inicial de interactuar con el espectador en tiempo real mediante la incorporación del módulo wifi mencionado en el Capítulo 3, junto con el desarrollo de una aplicación móvil o servidor web que permitiera a los asistentes realizar cambios sobre el sistema. Además, hoy en día los dispositivos *wearables* están en pleno auge y al alcance de todo el mundo, por lo que, la comunicación podría establecerse con quienes dispusieran de un iWatch, por ejemplo. Se podrían mandar señales en forma de vibraciones o incluso mensajes. De esta forma, se interrelacionan las percepciones de sentidos como el tacto la vista y el oído, creando un nexo mayor.

La tecnología y la danza ofrecen numerosos ejemplos además de los aquí nombrados. Estas posibilidades se expanden a medida que los nuevos medios se van desarrollando. Los aspectos que la base digital puede aportar a la danza van más allá de las dimensiones físicas. Además de los dispositivos de carácter sensorial, se produce cada vez más una descontextualización del espacio y el tiempo capaz de crear una sensación de abstracción en el espectador y trasladarlo a la realidad del espectáculo, que puede llevarse a cabo mediante técnicas como el *video mapping*.

El arte puede ser analizado desde el punto de vista del receptor como un estudio de la experiencia emocional basado en teorías cognitivas. La expresión artística tiene la capacidad de crear emociones a partir de elementos ficcionales. Generalmente, cuanto mayor es la aproximación entre la obra artística y el espectador, mayor es la respuesta emocional de este. Por tanto, en un mundo en el que la tecnología nos rodea completamente, se puede ahondar en nuevas formas de arte tecnológico, como el uso de robots u hologramas controlados desde un punto ajeno al escenario, en el que la condición humana de los protagonistas no sea siempre condición indispensable.

7.3. Conclusiones personales

Este proyecto ha supuesto para mí un proceso de aprendizaje a distintos niveles. Por un lado, he aprendido las reglas básicas que se necesitan para diseñar una placa de circuito impreso y a utilizar *Circuit Maker*. También me he familiarizado en mayor medida con Arduino a

niveles de hardware y software. Sin embargo, una de las cosas más importantes que he ejercitado a lo largo de este trabajo es la capacidad de superponerse a las dificultades que han ido surgiendo, así como de buscar soluciones.

Al tratarse de un proyecto multidisciplinar, la capacidad de adaptación ha sido condición *sine qua non* para su correcto desarrollo. Para conseguir de este trabajo la relación simbiótica deseada desde su comienzo, ha sido indispensable entender el método de trabajo de cada componente del equipo y encontrar la manera más eficaz de coordinarse, así como de compartir la información de manera eficiente, adaptando los tecnicismos a un lenguaje más común. Por otro lado, el hecho de aplicar la electrónica a campos de trabajo menos convencionales me ha proporcionado un punto de vista distinto que ha enriquecido mi interés por la materia.

Una de las razones principales que me hicieron elegir este trabajo fin de grado fue requería de pasar por todo el proceso creativo, desde su desarrollo teórico inicial hasta su aplicación real y puesta en marcha. Además, ha estado presente la responsabilidad añadida de colaborar en un trabajo que se iba a mostrar cara al público en un festival y con una fecha de estreno ya establecida. Un trabajo real en el que hay que cumplir con los límites de tiempo y además lograr el correcto funcionamiento del sistema durante la actuación.

En definitiva, se trata de una colaboración que refleja un ejemplo dentro de un mundo lleno de posibilidades en el que se juega con las definiciones convencionales del arte escénico, moldeando la esencia del cuerpo y extendiendo sus límites, dotándole de un sexto sentido aportado por la tecnología.

Bibliografía

- [1] Anónimo, (2018). Significado de arte. [Consulta: 3 julio 2018]. Disponible en: <https://www.significados.com/arte/>
- [2] Anónimo, (2018). Etimología de arte. [Consulta: 4 julio 2018]. Disponible en: <http://etimologias.dechile.net/?arte>
- [3] El periódico de Castilla y León, (2016). Pintura y fotografía: dos maneras de hacer arte. [Consulta: 4 julio 2018]. Disponible en: <http://elperiodicodecastillayleon.com/noticia/2016-05-08-pintura-fotografia-dos-maneras-hacer-arte-3058>
- [4] GÓMEZ, E. (2018). Tipos de arte. [Consulta: 10 julio 2018]. Disponible en: https://tiposde.eu/tipos-de-arte/#Arte_multiplicidad_de_formas_tipos_y_generos
- [5] PRZYBYLEK, S. (s.f). What is Digital Art?. Definition, History & Examples. [Consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://study.com/academy/lesson/what-is-digital-art-definition-history-examples.html>
- [6] COHEN, H. (1982). Digital art. Digital art is a term used to describe art that is made or presented using digital technology. [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en: <https://www.tate.org.uk/art/art-terms/d/digital-art>
- [7] Digital art installations. Digital art & innovation. Digitalarti, ©2009 [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en: <https://www.digitalarti.com/tag/digital-art-installations/>
- [8] ZYANYA, (2013). Los vestidos transformer de Hussein Chalayan. Adictivox. [Consulta: 16 junio 2018]. Disponible en: <http://adictivox.com/2013/03/los-vestidos-transformer-de-hussein-chalayan/>
- [9] WEBDIANOIA, (s.f). Experiencia-Glosario de filosofía. [Consulta: 3 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.webdianoia.com/glosario/display.php?action=view&id=128&from=action=search%7Cby=E>

Anexos

A. Código fuente

A.1. Código del diseño prototipo

```
//asignación de pines
int Infrarrojos = 2;
int LED = 3;
int EchoPin = 5;
int TriggerPin = 6;
int boton = 7;
int microfono = 8;
int pulsado;
int sonido;
int infrarrojos;
int valor;
int detectado = 0;
boolean estadoled=false;

void setup() {
  pinMode(Infrarrojos, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode (EchoPin, INPUT);
  pinMode (TriggerPin, OUTPUT);
  pinMode(boton, INPUT);
  pinMode(microfono, INPUT);
}

//Programa principal
void loop() {
  sonido = digitalRead(microfono);
  pulsado = digitalRead(boton);
  infrarrojos = digitalRead(Infrarrojos);
```

```
void loop() {
  sonido = digitalRead(microfono);
  pulsado = digitalRead(boton);
  infrarrojos = digitalRead(Infrarrojos);

  if (sonido == 1){
    estadoled = !estadoled;
    delay(100);
    valor = 0;
  }

  if (pulsado == 1){
    valor = 1;
  }

  if (infrarrojos == 1){
    valor = 2;
  }

  if (EstaCerca()==1){
    valor = 3;
  }

  switch (valor){
    case 0:
      digitalWrite(LED, estadoled);
      break;
    case 1:
      digitalWrite(LED, HIGH);
      break;
    case 2:
      digitalWrite(LED, HIGH);
      delay(250);
      digitalWrite(LED, LOW);
      delay(250);
      digitalWrite(LED, HIGH);
      break;
    case 3:
      digitalWrite(LED, detectado);
      break;
    default:
      digitalWrite(LED, LOW);
      delay(100);
  }
}
```

```
//Medicion de distancia, sensor ultrasonidos
int EstaCerca(){
  long duracion, distanciaCm;
  digitalWrite(TriiggerPin, LOW); //para generar un pulso limpio ponemos a LOW 4us
  delayMicroseconds(4);
  digitalWrite(TriiggerPin, HIGH); //generamos Trigger (disparo) de 10us
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TriiggerPin, LOW);

  duracion = pulseIn(EchoPin, HIGH); //medimos el tiempo entre pulsos, en microsegundos

  distanciaCm = long (duracion/59); //convertimos a distancia, en cm

  if(distanciaCm<20){
    detectado = 1;
  }
  else{
    detectado = 0;
  }
  return detectado;
}
```

A.2. Código del diseño final

```
// Librerías necesarias
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <avr/power.h>

// Pines para los sensores infrarrojos
#define Infrarrojos1 2
#define Infrarrojos2 3

// Pines para las tiras led
#define Tira1 4
#define Tira2 5
#define Tira3 6
#define Tira4 7

//Designamos cuantos pixeles tenemos en nuestra cinta led RGB
#define NUMPIXELS1 5
#define NUMPIXELS2 7
#define NUMPIXELS3 3
#define NUMPIXELS4 2

//Definimos el número de pixeles de la cinta y el pin de datos
Adafruit_NeoPixel pixels1 = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS1, Tira1, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel pixels2 = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS2, Tira2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel pixels3 = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS3, Tira3, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel pixels4 = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS4, Tira4, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

//Delay
int delayval = 100;

//Colores
uint32_t apagado1 = pixels1.Color(0,0,0);
uint32_t apagado2 = pixels2.Color(0,0,0);
uint32_t apagado3 = pixels3.Color(0,0,0);
uint32_t apagado4 = pixels4.Color(0,0,0);
uint32_t blanco1 = pixels1.Color(150,150,150);
uint32_t blanco2 = pixels2.Color(150,150,150);
uint32_t blanco3 = pixels3.Color(150,150,150);
uint32_t blanco4 = pixels4.Color(150,150,150);

void setup() {
// Inicializamos nuestra cinta led RGB
pixels1.begin();
pixels2.begin();
pixels3.begin();
pixels4.begin();
pinMode(Infrarrojos1, INPUT);
pinMode(Infrarrojos2, INPUT);
}
```

```
void loop() {  
  
  if(digitalRead(Infrarrojos1)==HIGH or digitalRead(Infrarrojos2)==HIGH ){  
    nrandom = random(0,20);  
    Encender_Luces(nrandom);  
  }else{  
    pixels1.setPixelColor(0, apagado1);  
    pixels1.show();  
    pixels1.setPixelColor(1, apagado1);  
    pixels1.show();  
    pixels1.setPixelColor(2, apagado1);  
    pixels1.show();  
    pixels1.setPixelColor(3, apagado1);  
    pixels1.show();  
    pixels1.setPixelColor(4, apagado1);  
    pixels1.show();  
  
    pixels2.setPixelColor(0, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(1, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(2, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(3, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(4, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(5, apagado2);  
    pixels2.show();  
    pixels2.setPixelColor(6, apagado2);  
    pixels2.show();  
  
    pixels3.setPixelColor(0, apagado3);  
    pixels3.show();  
    pixels3.setPixelColor(1, apagado3);  
    pixels3.show();  
    pixels3.setPixelColor(2, apagado3);  
    pixels3.show();  
  
    pixels4.setPixelColor(0, apagado4);  
    pixels4.show();  
    pixels4.setPixelColor(1, apagado4);  
    pixels4.show();  
  }  
}
```

```

void Encender_Luces(int random){
  if (random <= 5){
    //Configuracion para 1
    pixels1.setPixelColor(2, blanco1);
    pixels1.show();
    delay(delayval);
    pixels1.setPixelColor(1, blanco1);
    pixels1.show();
    delay(delayval);
    pixels1.setPixelColor(3, blanco1);
    pixels1.show();
    delay(delayval);
    pixels1.setPixelColor(2, apagado1);
    pixels1.show();
    delay(1000);

    [...]

  if (random > 5 && random <=10){
    //Configuracion para 1
    pixels1.setPixelColor(4, blanco1);
    pixels1.show();
    delay(delayval);
    pixels1.setPixelColor(0, blanco1);
    pixels1.show();
    delay(delayval);

    [...]

    if (random > 10 && random <=15){

      //Configuracion para 2
      pixels2.setPixelColor(6, blanco2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
      pixels2.setPixelColor(5, blanco2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
      pixels2.setPixelColor(4, blanco2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
      pixels2.setPixelColor(4, apagado2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
      pixels2.setPixelColor(5, apagado2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
      pixels2.setPixelColor(6, apagado2);
      pixels2.show();
      delay(delayval);
    }
  }
}

```

[...]

```
if (random > 15 && random <=20){  
  
  //Configuracion para 2  
  pixels2.setPixelColor(1, blanco2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
  pixels2.setPixelColor(2, blanco2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
  pixels2.setPixelColor(6, blanco2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
  pixels2.setPixelColor(5, blanco2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
  pixels2.setPixelColor(1, apagado2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
  pixels2.setPixelColor(6, apagado2);  
  pixels2.show();  
  delay(delayval);  
}
```

[...]