



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

“SISTEMA DE ILUMINACIÓN INALÁMBRICO SINCRONIZADO PARA INDUMENTARIA DE ZANQUEROS DEL GRUPO DE DANZA-TEATRO ANCESTRAL FÉNIX”

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas

AUTOR: Andy José Andrade Bravo

TUTOR: Ing. Mg. Giovanni Danilo Brito Moncayo

Ambato – Ecuador

Enero – 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: "SISTEMA DE ILUMINACIÓN INALÁMBRICO SINCRONIZADO PARA INDUMENTARIA DE ZANQUEROS DEL GRUPO DE DANZA-TEATRO ANCESTRAL FÉNIX ", elaborado por el señor Andy José Andrade Bravo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Enero, 2020

EL TUTOR



Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo. Mg.

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente Proyecto de Investigación titulado: "SISTEMA DE ILUMINACIÓN INALÁMBRICO SINCRONIZADO PARA INDUMENTARIA DE ZANQUEROS DEL GRUPO DE DANZA-TEATRO ANCESTRAL FÉNIX", es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, los contenidos académicos e instrumentos legales que se manifiestan del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Enero, 2020

AUTOR



Andy Jose Andrade Bravo

CC: 2300349616

DERECHOS DE AUTOR

Autorizó a la Universidad Técnica de Ambato, la potestad de este Trabajo de Titulación para uso como documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación de acuerdo con las normas de la Institución

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además dejo en aprobación su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Enero, 2020



Andy Jose Andrade Bravo

CC: 2300349616

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado del presente trabajo conformado por los señores docentes calificadores, revisado y aprobado el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: "SISTEMA DE ILUMINACIÓN INALÁMBRICO SINCRONIZADO PARA INDUMENTARIA DE ZANQUEROS DEL GRUPO DE DANZA-TEATRO ANCESTRAL FÉNIX", presentado por el señor Andy Jose Andrade Bravo, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. PhD. Carlos Diego Gordon

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Edgar Patricio Córdova

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

EL presente proyecto de investigación se lo dedico a mi familia quienes siempre estuvieron apoyándome para seguir adelante a pesar de las dificultades conseguimos esta meta juntos. A mi Madre por su esfuerzo y confianza y paciencia que me tuvo durante el tiempo que duró mi carrera y a mi Padre por su Abnegación, los constantes sacrificios que hizo para poder darme lo necesario en tiempos difíciles.

Andy Jose Andrade Bravo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme a vida, por haberme dado personas maravillosas: mi padre y mi madre quienes me apoyaron. Agradezco a mi padre y madre por haberme brindado su comprensión y paciencia durante este periodo importante en mi vida, y al resto de familiares y amigos que también estuvieron pendientes y brindándome su apoyo.

A mis profesores que me ayudaron durante mi formación académica y profesional, que fueron un pilar para poder alcanzar mis metas semestre a semestre.

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTVO	xiii
PALABRAS CLAVE	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
MARCO TEORICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Contextualizacion del problema.....	3
1.1.2 Fundamentacion teorica	5
1.2 Objetivos.....	29
CAPITULO II	30
METODOLOGÍA	30
2.1 Materiales.....	30
2.2 Métodos.....	31
2.2.1 Modalidad de la investigación	31
2.2.2 Recolección de información	32
2.2.3 Procesamiento y análisis de datos.....	32
2.2.4 Desarrollo del proyecto.....	32
CAPITULO III.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Análisis y discusión de los resultados	34
3.1.1. Desarrollo de la propuesta.....	34
CAPITULO IV.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66

4.1	Conclusiones	66
4.2	Recomendaciones	68
	BIBLIOGRAFÍA	70
	ANEXO A.....	73
	ANEXO B.....	74
	ANEXO C.....	76
	ANEXO D	77
	ANEXO E	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Smart Shirt	2
Figura 1.2: Frasco de almacenamiento con un coro de caminantes Zanco	5
Figura 1.3: Pastores franceses caminando sobre zancos	5
Figura 1.4: Aplicación de las comunicaciones audiovisuales.....	6
Figura 1.5: Tamaños de leds SMD, Chaqueta con iluminación LED.....	7
Figura 1.6: Top para un disfraz de halloween de Tron hecho con cable EL.....	7
Figura 1.7: Vestido con fibra óptica, Tela fabricada con fibra óptica	8
Figura 1.8: Camiseta interactiva para niños en color verde brillante, Pintura UV	8
Figura 1.9: Bombilla de Thomas Alva Edison	10
Figura 1.10: Clasificación de tecnología LED.....	12
Figura 1.11: Encapsulados de LEDs difusos	12
Figura 1.12: VivoMini UN65U, Raspberry pi 3b+	13
Figura 1.13: Aplicaciones de los microcontroladores	14
Figura 1.14: Estándares inalámbricos IEEE	15
Figura 1.15: Formas de onda PWM con duty cycle 0%,25% y 100%	19
Figura 1.16: Clientes MQTT	20
Figura 1.17: Arquitectura Protocolo MQTT	21
Figura 1.18: Ejemplo de estructura de Topic	21
Figura 1.19: Calidad de servicio igual a 0.....	22
Figura 1.20: Calidad de servicio igual a 1.....	22
Figura 1.21: Calidad de servicio igual a 2.....	23
Figura 1.22: Trama MQTT	23

Figura 1.23: Estructura encabezado fijo.....	23
Figura 1.24: Logo Ancestral Fénix	26
Figura 1.25: Teatro, Mimos y zancos grupo cultural Ancestral Fénix.....	27
Figura 3.1: Etapas de la comunicación del sistema de iluminación	35
Figura 3.2: Diagrama de bloque del sistema de iluminación.....	36
Figura 3.3: Esquema del sistema de comunicación	37
Figura 3.4: Raspberry PI 3 B+	39
Figura 3.5: ESP32	42
Figura 3.6: Encapsulado SMD de una triada LED RGB	42
Figura 3.7: LED SMD 3528, Tira SMD 3528	42
Figura 3.8: Conexión física a 110Vac/12Vdc	43
Figura 3.9: SMD 3014	44
Figura 3.10: SMD 5050	44
Figura 3.11: Configuración interna tira LED.....	46
Figura 3.12: Logo Broker Mosca	47
Figura 3.13: Logo Broker Moquette	47
Figura 3.14: Logo Broker mosquito.....	48
Figura 3.15: Convertidor de nivel de 2 canales, Circuito interno	50
Figura 3.16: Circuito externo/interno del MOSFET BSS138.....	50
Figura 3.17: Conexión ESP32 y convertidor de nivel.....	51
Figura 3.18: Circuito preamplificador de señal de audio.....	52
Figura 3.20: Transistor 2n2222A, configuración de pines.....	52
Figura 3.21: Diseño placa publicador software eagle.....	53
Figura 3.22: Conexión preamplificador-ESP32	54
Figura 3.23: Diagrama de bloque de procesamiento de señal de audio	54

Figura 3.24: Pruebas de funcionamiento	55
Figura 3.25: Diagrama de flujo código publicador	56
Figura 3.26: Diseño placa suscriptor software eagle	57
Figura 3.27: Diagrama de flujo código suscriptor	58
Figura 3.28: Batería de acido de plomo sellada	58
Figura 3.29: Batería de Niquel	59
Figura 3.30: Bateria de litio	59
Figura 3.31: Configuración de un pin LED WS2812b	60
Figura 3.32: Sistemas operativos con VNC connect, Logo VNC connect	62
Figura 3.33: VNC desde la tienda de Android.....	63
Figura 3.33: Pruebas de funcionamiento con los zanqueros	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características técnicas de las tecnologías de iluminación en lámparas...	11
Tabla 1.2: Cuadro comparativo de los principales estándares wifi.....	16
Tabla 1.3: Sistemas operativos para SBC	18
Tabla 1.4: Tipos de solicitudes MQTT	24
Tabla 2.1: Detalles de materiales electrónicos usados	30
Tabla 3.1: Comparación entre ordenadores de una placa	38
Tabla 3.2: Comparación de tarjetas microcontroladoras	41
Tabla 3.3: ESP8266 vs ESP32	42
Tabla 3.4: Descripción de los pines WS2812b	46
Tabla 3.5: Resumen de parámetros técnicos de la tecnología LED.....	47
Tabla 3.6: Comparación de los servidores (brokers) MQTT	49
Tabla 3.7: Comparación de los tipos de baterías.....	60
Tabla 3.8: Análisis de consumo de corriente de los LEDs.	61
Tabla 3.9: Análisis de consumo de corriente de todo el suscriptor.....	62
Tabla 3.10: Comparación reguladores de voltaje.....	60
Tabla 3.11: Pasos para configuración de vnc android con raspberry pi	64

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación titulado “Sistema de iluminación inalámbrico sincronizado para indumentaria de zanqueros del grupo de danza-teatro Ancestral Fénix”, se origina a partir de la necesidad de innovar el servicio prestado a la comunidad. En el desarrollo de este trabajo se hizo un análisis de las tecnologías de iluminación y sus aplicaciones, desde iluminación de espacios abiertos hasta iluminación para vestimenta. El sistema de iluminación led se comunica mediante el protocolo de mensajería MQTT y consta principalmente en dos partes: clientes MQTT y Broker.

Los clientes MQTT utilizan placas de desarrollo orientadas a IoT, para el servidor MQTT se utiliza la plataforma de mosquito instalada en una raspberry pi 3 b+. Un cliente MQTT (publicador) se encarga de adquirir muestras de audio provenientes de una interfaz de sonido y después las publica en un topic creado por este mismo cliente, la fuente de audio puede ser cualquier dispositivo con capacidad de reproducir archivos de música que posea una interfaz de audio. Mientras otro cliente MQTT (suscriptor) se encarga de leer las muestras de audio publicadas en el topic creado por el publicador y generar los juegos de luces en los trajes.

PALABRAS CLAVE: Servidor MQTT, Mosquitto, Cliente MQTT, Broker, LED, Publicar, Suscribirse

ABSTRACT

The present research project entitled "synchronized wireless lighting system for stiltwear of the ancestral phoenix dance-theater group", originates from the need to innovate the service provided to the community. In the development of this work an analysis of the lighting technologies and their applications was made, from lighting of open spaces to lighting for clothing. The LED lighting system communicates through the MQTT messaging protocol and consists mainly of two parts: MQTT and Broker clients.

MQTT clients use IoT-oriented development boards, the mosquitto platform installed on a raspberry pi 3 b + is used for the MQTT server. An MQTT client (publisher) is responsible for acquiring audio samples from a sound interface and then publishes them in a topic created by this same client, The audio source can be any device capable of playing music files that has an audio interface. While another MQTT client (subscriber) is responsible for reading the audio samples published in the topic created by the publisher and generating the light games in the suits.

KEYWORDS: *MQTT Server, Mosquitto, MQTT client, Broker, LED, Publish, Suscribe*

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Se revisaron investigaciones similares en repositorios de Universidades y revistas tecnológicas en torno a los e-textiles y sistemas de iluminación LED, los resultados se han clasificado de la siguiente manera:

En Hong Kong, China un estudio realizado por: K.W.E. Cheng; K. W. Kwok, y otros, titulado “*LED lighting development for intelligent clothes*, (Desarrollo de iluminación LED para ropa inteligente)” con el objetivo de proporcionar un método flexible iluminación para ropa inteligente. En el cual se propone una familia de topologías de convertidores para tener un método simple de conversión de potencia. Además de un análisis de circuitos en términos de potencia de salida, eficiencia y operación general. Se desarrollan dos tipos de ropa de iluminación LED: Uno está usando un LED super brillante incrustado en tela; otro es el uso de fibra óptica con rejilla para formar patrón de iluminación. [1]

En universidad de Cambridge de Inglaterra Sungmee P. y Sundaresan J. desarrollaron el tema “*Smart Textiles: Wearable Electronic Systems*, (Textiles Inteligentes: Sistemas Electrónicos Portátiles)” en él se centran en la investigación de i-textiles (*innovation textil*) con el objetivo de diseñar un prototipo de una camisa “inteligente” (Smart Shirt), una prenda “inteligente” para la incorporación de dispositivos de detección, monitoreo y procesamiento de información, con el propósito de controlar la signos vitales del usuario como: frecuencia cardiaca, respiración, temperatura y oximetría de pulso. En este proyecto los autores utilizaron fibras ópticas de plástico para reducir los efectos de atenuación, posibles rupturas o desconexiones con la placa base, además de sensores de monitoreo de signos vitales y un sistema de comunicación inalámbrica para transmisión de información. Para el funcionamiento hecho en un sujeto de prueba se utilizaron sensores comerciales disponibles que se enchufan en la *Smart Shirt*. Los datos se transmiten de forma inalámbrica a una computadora personal, lo que demuestra la realización exitosa del

concepto de la placa base wearable. La prenda también es cómoda y fácil de poner y quitar, similar a una camiseta típica como se ilustra en la siguiente figura. [2]



Figura 1.1 Smart Shirt [2]

En China, Ming Yang realizó una investigación titulada “*Research and development of smart health monitoring clothing system*”, en este estudio se centra en el impacto que han tenido los equipos portátiles inteligentes de monitoreo de la salud, se han desarrollado aplicaciones para móviles con diferentes objetivos médicos. Ming Yang centra su estudio en el uso de tecnología textil para monitoreo de la salud. Usa el Chip STM 32 como núcleo de procesamiento de datos, GPS y a través de biosensores como presión arterial, frecuencia cardíaca, temperatura y humedad del cuerpo. Pruebas realizadas en pacientes ancianos indican que el sistema de vestimenta inteligente puede monitorear la salud en tiempo real y con precisión. [3]

En china Bao-guo Yao y Yi Li desarrollaron el tema titulado "*Protective Thermo-Physiological Clothing Integrated with Intelligent Control and Wireless Measurement*, (Ropa protectora termo-fisiológica integrada con control inteligente y medición inalámbrica)", con el objetivo de desarrollar un prototipo de ropa inteligente con monitoreo inalámbrico. El prototipo proporciona la función de control térmico inteligente para el usuario mediante la integración de materiales inteligentes, tejido funcional, transductores, microelectrónica, control de inteligencia artificial y adquisición de datos inalámbrica. La ropa puede proporcionar control automático de calefacción y enfriamiento según las condiciones de clima. Las pruebas realizadas mostraron resultados esperados con periodos de tiempo menores a dos minutos para estabilización a la temperatura seleccionada por el usuario. [4]

En Ecuador el estudio: “Prototipo de chaleco con computación portátil para seguridad vial” realizado por Paola León con el objetivo de aumentar la seguridad

personal de los agentes de tránsito, la problemática indica que existe un porcentaje considerable en el que ha estado expuesta la integridad de los agentes de tránsito debido a que existe señalización vial deficiente como chalecos en horas de visibilidad reducida. En este contexto, los agentes responsables de dirigir el tráfico, así como ciclistas y motociclistas requieren un equipo de seguridad que les permita reducir el riesgo al que están expuestos, principalmente durante las horas de poca visibilidad. En la implementación de este prototipo se seleccionó el controlador arduino LilyPad que es especial para e-textiles; también sensores de contacto que entregan a su salida señales binarias; una tarjeta GPRS V1.0 SIM 900 debido a que permite el uso de SMS para enviar los datos de ubicación del usuario; modulo GPS MTK3339; para almacenamiento de los datos obtenidos por el GPS se ha utilizado una tarjeta SD y para realizar las conexiones un hilo conductor manufacturado a partir de fibras de acero inoxidable 316L con buenas características de conductividad eléctrica, y a través de las pruebas realizadas llegaron a tener como resultado un chaleco con un peso 970gr con una impermeabilidad bastante aceptable; en las pruebas de visualización consistió en observar el sistema de iluminación a una distancia de 10m. [5]

1.1.1 Contextualización del problema

Ancestral Fénix es un grupo dedicado a realizar actividades culturales desde hace más de 15 años, una de las actividades que realizan es presentación con zancos, es usual utilizar la contratación de zanqueros para promover o animar, sin embargo, sus presentaciones no son muy diferentes entre los grupos que ofrecen el servicio. Es así como nace la necesidad de usar las tecnologías inalámbricas y tecnologías de iluminación para dar un agregado visual a la presentación. La comunicación visual es un factor relevante al momento de ofrecer eventos de animación o espectáculos.

En principios los zancos no se utilizaban con los mismos propósitos que hoy se conoce, estos se utilizaron en la región europea para atravesar grandes ríos; también con propósitos de pastoreo de ovejas; para cultivar árboles frutales, entre otros. Sin embargo, en la actualidad se los utiliza para promocionar negocios mediante publicidad o animación de eventos en fiestas o desfiles. Como grupo, Ancestral Fénix vio la oportunidad de combinar esta primitiva herramienta con trajes decorados con iluminación que brille en ritmo con las músicas de presentación.

Las demandas de los consumidores de hoy, junto con los avances en las tecnologías habilitadoras, están transformando los textiles de su papel tradicionalmente pasivo en uno nuevo e interactivo. La ropa protectora, como la ropa reflectante, tiene una cinta reflectante fluorescente, no es lo suficientemente buena como para ser visible durante condiciones de niebla en la carretera. Hay noticias frecuentes que los trabajadores en carreteras son golpeados debido a que la capacidad de reflexión es baja. Se necesita una ropa de auto iluminación. Una ropa LED integrada proporciona una luz más fuerte con diferentes colores. También se puede suministrar con una batería de bajo voltaje, como la recargable de ion-litio. Por lo tanto, la ropa LED integrada ahora se está volviendo más popular en el diseño de vestimenta. [1]

La protección y la estética son dos dimensiones o atributos comunes típicamente asociados con los textiles como ropa. Sin embargo, con las necesidades cambiantes de los consumidores de hoy, está surgiendo una tercera dimensión, la de "inteligencia", que se está integrando en las telas para producir textiles interactivos o i-textiles. Esta nueva clase de sistemas electrónicos portátiles se está diseñando para conocer nuevas e innovadoras aplicaciones en los campos militares, de seguridad pública, salud, exploración espacial, deportes y acondicionamiento físico del consumidor. La tecnología LED se ha popularizado en su ámbito, el sistema de alimentación de corriente continua es una ventaja, ha permitido que esta tecnología sea portátil y con bajo consumo de energía, facilita la implementación de sistemas de iluminación, y con estos se pueden crear escenas de luces atractivas, ya sea con fines de instalaciones fijas o en instalaciones portables por ejemplo en la ropa. [2]

“No sobreviven los más fuertes, sino los que mejor se adaptan al cambio” -Charles Darwin. El mundo es una fuente de constantes cambios. En el ámbito económico-empresarial, los negocios que no se adaptan a las corrientes del desarrollo científico-tecnológico están en mayor grado expuestas a quedar rezagadas y en el peor de los casos fracasar.

El tema de investigación surge de la necesidad de innovación, el grupo de danza-teatro Ancestral Fénix ha visto la necesidad de agregar a su exhibición de zancos un efecto más llamativo a las presentaciones tradicionales que realizan en el entorno. La innovación tecnológica es un punto a favor de las empresas que se encuentran

constantemente adoptando la tecnología para utilizarla acorde a sus necesidades y así ofrecer servicios de calidad.

1.1.2 Fundamentación teórica

Los zancos

La idea de esta herramienta tiene su origen en la antigua Grecia en el siglo VI



Figura 1.2 Frasco de almacenamiento con un coro de caminantes Zanco [6]

Su estructura es similar a postes con descansaderos para los pies sujetos a cierta distancia del suelo, con el objetivo de sostener a una persona a una corta distancia desde el suelo para que realice determinadas actividades, se hacían uso de estos en las zonas europeas con fines agrícolas o cruzar ríos o pastorear rebaños como se indica en la figura 1.3; en otras partes del mundo se han utilizado para realizar decoraciones o pintar en alturas. Hoy estos zancos se utilizan con fines de entretenimiento para animaciones de fiestas, eventos, impulsar negocios o para realizar presentaciones en desfiles. [7]



Figura 1.3 Pastores franceses caminando sobre zancos [8]

Comunicación auditiva y visual

La comunicación audiovisual se puede definir como la transmisión de mensajes en formato de audio y formato de imagen a través de medios tecnológicos, generalmente

con fines educativos con el propósito de hacer más eficientes los sistemas de aprendizaje. Se utilizan para esta comunicación pantallas led con programas interactivos y sistemas de audio como se observa en la siguiente figura.

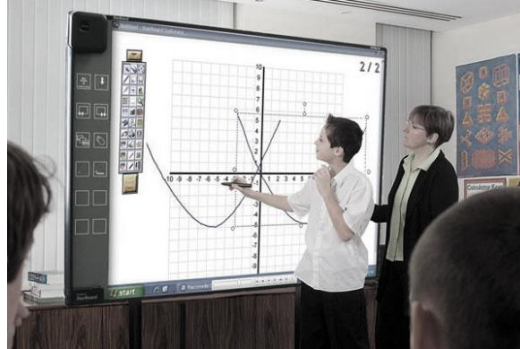


Figura 1.4. Aplicación de las comunicaciones audiovisuales [9]

Dentro de la comunicación audiovisual pueden agruparse los productos de industrias tan diversos como el cine, la televisión, la radio, e incluso Internet y los videojuegos, así tenemos la utilización de estos sistemas audiovisuales tanto con propósitos educativos como de entretenimiento.

E-textiles

Textiles electrónicos, también se les conoce como textiles o prendas inteligentes, la innovación ha dado paso a que la tecnología pueda ser utilizada en las prendas de vestir, con fines médicos, de seguridad y entretenimiento. Para esto se han miniaturizado varios componentes electrónicos de tal manera que puedan instalarse en la ropa y pueda utilizarse con toda comodidad, desde microcontroladores como el LilyPad y sensores para medir signos vitales en forma de parches o electrodos de ECG. Los textiles inteligentes se pueden dividir en dos categorías diferentes: estética y mejora del rendimiento. Los ejemplos estéticos incluyen telas que se iluminan y telas que pueden cambiar de color. Algunas de estas telas obtienen energía del medio ambiente mediante el aprovechamiento de las vibraciones, el sonido o el calor, reaccionando a estas entradas. [10]

Tecnologías de iluminación para ropa

Hoy las tecnologías que existen para iluminación de vestimenta son varias, consisten desde componentes electrónicos como leds, cables electroluminiscentes, fibras

ópticas hasta luz que se impregna en la ropa mediante una pintura especial que utiliza luz ultravioleta y tarda varios minutos en desaparecer.

A continuación referimos algunas de estas tecnologías:

Led

Los leds tradicionales son fabricados en diferentes formas y tamaños, hoy existen diversidad de tamaños de leds. Sin embargo para aplicaciones en ropa hay leds con tamaños de 1mm, de fabricación SMD que se pueden montar sobre alguna tira o placa con el fin de adaptarlo a las prendas de vestir.



Figura 1.5: Tamaños de leds SMD [11]; Chaqueta con iluminación LED [12]

Cable electroluminiscente (EL)

Llamado también cable EL, es un material que emite luz cuando la corriente pasa a través de él o se expone a un campo eléctrico fuerte. Cable EL está compuesto por cobre recubierto de fósforo en el centro, rodeado por dos cables conductores delgados, que están encerrados en una funda protectora transparente y luego se cubren con una capa de vinilo de color.

El cable EL se usa en una variedad de aplicaciones diferentes que incluyen iluminación de seguridad para automóviles, esculturas de luz y tela iluminada. En la figura 1.6 se puede ver un ejemplo de cable EL cosido en una camisa. También está disponible como una fina lámina de plástico.[13]



Figura 1.6 top para un disfraz de halloween de Tron hecho con cable EL [13]

Fibra óptica

Las fibras ópticas han cambiado su uso tradicional a revolucionar la industria de la moda, sin embargo tiene una desventaja, el alto costo. La tela de fibra óptica luminosa es una tela que se ilumina literalmente. Está conmpuesto de fibras ópticas ultrafinas, tejidas directamente con fibras sintéticas. Las fibras ópticas se procesan especialmente para permitir que la luz se emita a lo largo de toda la longitud de las fibras (fibras de emisión lateral). Las fibras ópticas se conectan en el borde de la tela a los LED ultrabrillantes que inyectan luz en la tela.

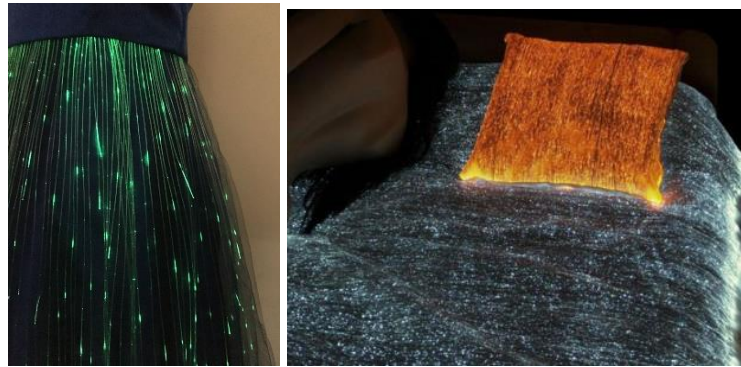


Figura 1.7: Vestido con fibra óptica [14]; Tela fabricada con fibra óptica [15]

Iluminación UV

Consiste en prenda fabricada de tela con una capa de pintura especial que reacciona ante la luz UV, produciendo luz temporal. Este efecto se produce por la reacción química de la pintura con la luz ultravioleta cuyas longitudes de onda se encuentran entre 365 y 395 nanómetros, a este proceso se le conocen como polimerización.



Figura 1.8: Camiseta interactiva para niños en color verde brillante [16]; Pintura UV [17]

Sistema electrónico

Un sistema electrónico se define como el conjunto de dispositivos semiconductores que forman un circuito cerrado, que tiene como objetivo principal el tratamiento de señales eléctricas de voltaje y corriente a través de sensores y actuadores para cumplir con un propósito.

La evolución de los sistemas electrónicos ha transformado la industria de procesos y de comunicaciones. En la actualidad se fabrican componentes mucho más diminutos y eficientes que los que se fabricaban décadas atrás, los circuitos integrados contienen cada vez más componentes semiconductores que los hacen más rápidos y con más funcionalidades, como establece la ley de Moore publicada en la década de los 60: “cada dos años se duplican la cantidad transistores en un chip o microprocesador”

En sus inicios un sistema electrónico podía conceptualizarse puramente como Hardware, hoy un sistema electrónico va más allá de la idea original. Con el desarrollo de los sistemas computacionales, bases de datos, redes virtuales, un sistema electrónico puede llegar a tener el concepto tanto de Hardware como Software.

Diodo emisor de luz

En 1962 Nick Holonyak Jr. científico del General Electric desarrolló el primer diodo que emite luz. LED (*Light Emitting diode*) en español diodo emisor de luz, son dispositivos semiconductores emiten una luz visible. Los leds permiten la circulación de la corriente en una sola dirección, es decir que tienen polaridad, estos se forman al juntar dos materiales semiconductores ligeramente diferentes, llamados capas: una de tipo **n** que tiene exceso de portadores de carga negativa y una de tipo **p** que tiene exceso de portadores de carga positiva.

A lo largo de los años, estos diodos diminutos han mejorado el rango de color, la salida de luz, la estabilidad del color, la vida útil y otros factores de rendimiento, permitiendo que los LED invadan y dominen muchos mercados de iluminación, desde luces indicadoras y señales de tráfico hasta señales de salida y decorativos o iluminación arquitectónica. Debido a que un solo LED es comparativamente pequeño, se puede ensamblar en una matriz de docenas o incluso cientos en un panel

o una tira. Por lo tanto la iluminación de estado sólido tiene el potencial de reducir la complejidad en la selección, diseño e instalación de accesorios de iluminación. Los fabricantes de accesorios de iluminación tradicional y emergente están estudiando activamente las aplicaciones en las que los LED son adecuados y luego trabajan hacia atrás para desarrollar accesorios que puedan montarse, mantenerse de manera efectiva y controlar económicamente. [18]

La iluminación eléctrica tuvo sus orígenes a inicios del siglo XIX con la contribución de inventores que indirectamente impulsaron el uso de la electricidad para iluminación: Alessandro Volta Físico Italiano logro usar cable de cobre para transmitir electricidad; Humpry Davy químico Ingles observó de los experimentos de Alessandro Volta con la pila y el cable de cobre se lograba producir un pequeño destello de luz, y con estos principios desarrollo el primer foco poco convencional. Y a mediados de 1800 el inventor Thomas Alva Edison logro perfeccionar y hacer utilizable la bombilla eléctrica.



Figura 1.9. Bombilla de Thomas Alva Edison [18]

Un siglo después la bombilla eléctrica era conocida y utilizada como principal instrumento de iluminación dejando de lado el fuego, las velas, lámparas de aceite entre otras. La iluminación eléctrica empezaba a utilizarse con diferentes propósitos, por ejemplo para hacer publicidad con carteles con luces. Ya en el siglo XX el diodo emisor de luz era versátil en muchas aplicaciones diferentes y se utilizaba en una amplia gama de aplicaciones en las cuales la fiabilidad, el color, la visibilidad y la larga vida útil son factores importantes. Ya para este siglo la iluminación pasó a otro plano, se busca hacer más eficiente el consumo energético de las luminarias. Se desarrollaron lámparas fluorescentes, luces de Neón e iluminación LED. [19]

La iluminación de estado sólido (SSL) está basado en leds, es una tecnología emergente con potencial para exceder en gran medida la eficiencia de los sistemas de iluminación tradicionales basados en lámparas. Si bien la eficiencia energética es la motivación principal de SSL, también se anticipa que los LED pueden aportar funcionalidades completamente nuevas a los sistemas de iluminación, lo que mejorará en gran medida las formas en que usamos la luz. Los LED han reemplazado las lámparas, semáforos, letreros y pantallas. [21][20] La tecnología LED en la actualidad está revolucionando las formas no solo de iluminación, además también se utiliza para electrodomésticos, semáforos, iluminación automotriz, monitores de computadora, teléfonos móviles en salas de entretenimiento y por último como complemento para adornar ropa con efectos luminosos. Estos cambios se deben en gran manera al consumo eficiente de energía en comparación con las formas tradicionales de iluminación, este tipo de iluminación reporta algunas ventajas:[21]

- Bajo consumo de energía
- Larga duración
- Alta eficacia luminosa
- Tecnología más segura
- Leds ecológicos

La clasificación de la iluminación LED por su temperatura que determina el color de la luz emitida. Se encuentran dos grupos Led blanco cálido y Led blanco frío como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1.1. Características técnicas de las tecnologías de iluminación en lámparas. [20]

Tipo	Eficiencia Luminosa (lm/W)	Salida luminosa	Vatios	Tiempo de vida (horas)
LED blanco (frío)	130	130 lm	1 W	50000
LED blanco (cálido)	93	205 lm	2.2 W	50000
Lámpara LED A19	64	800 lm	12.5 W	25000
Lámpara LED Par38	52.5	1050 lm	20 W	25000
Panel OLED	28	50 lm	2W	8000

Podemos también clasificar la tecnología LED por su forma de fabricación

Led de orificio pasante

Estos leds son fabricados en diferentes formas, tamaños y colores. Sin embargo los más comunes en el mercado son los Leds de 3mm, 5mm y 8mm, que están disponibles en colores como rojo, azul, amarillo, verde y blanco.

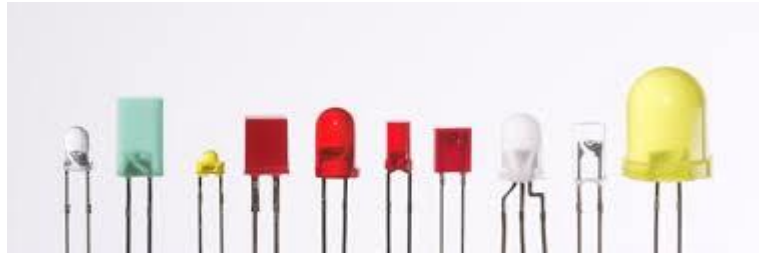


Figura 1.10. Clasificación de tecnología LED [22]

El ángulo de visión es una de las características ópticas más importantes de estos tipos de leds y se define como el desplazamiento angular desde la perpendicular del LED donde la potencia de emisión disminuye a la mitad hasta los ángulos típicos de 4, 6, 8, 16, 24, 30, 45, 60 y hasta 90 grados. Generalmente el ángulo de visión está determinado por el ángulo de curvatura del reflector del diodo y principalmente por el radio de curvatura del encapsulado.

Existen tres tipos de encapsulados si los catalogamos por su color:

Transparentes: Es más utilizados en LEDs de alta potencia de emisión debido a que es importante que estos encapsulados absorban la menor cantidad de luz emitida.

Coloreados: tienen encapsulamiento del color del tono de emisión, son utilizados principalmente para media potencia.

Difusos: En apariencia son más opacos que el LED transparente, están compuestos de pequeñas partículas de cristal y son las encargadas de desviar la luz.



Figura 1.11. Encapsulados de LEDs difusos. [22]

Ordenadores de placa reducidas

En inglés representados por las siglas SBC o *Single Board Computer*. Es un ordenador construido sobre una placa de circuito, de tamaño reducido con todas las características de una computadora capaz de ejecutar funciones simples. Está constituido de uno o varios microprocesadores, memorias, entradas, salidas y otras características requeridas en una computadora tradicional. A diferencia de las computadoras tradicionales este tipo de ordenadores no cuentan con ranuras de expansión.



Figura 1.12. VivoMini UN65U Asus, Raspberry pi 3b+ [23]

Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Princeton (Von Neumann). Se le suele denominar también microcomputador integrado o empotrado (*Embedded processor*) y está especialmente orientado a tareas de control y comunicaciones. [24]

Mediante la introducción de los microcontroladores en los productos industriales se logra:

- Concebir y fabricar nuevos productos, como por ejemplo los reproductores de sonido MP3
- Mejorar las prestaciones de productos ya existentes mediante la introducción de nuevas funciones.
- Facilitar la utilización de equipos complejos haciendo más sencilla la integración con el ser humano.

La aplicación de los microcontroladores es variada y los utilizamos a diario en el hogar en el trabajo en el entretenimiento, etc, como se ilustra en la figura 1.13, se pueden observar diferentes campos de aplicación.

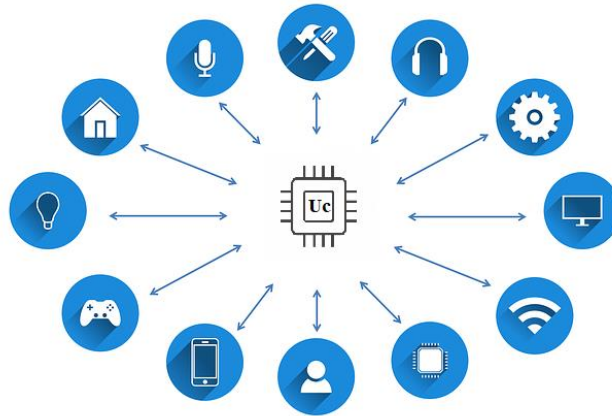


Figura 1.13. Aplicaciones de los microcontroladores [24]

Con el desarrollo tecnológico se ha mejorado la fabricación de estos dispositivos, hoy existen diferentes tipos de microcontroladores con características técnicas que se adaptan a las necesidades de la industria. Tarjetas electrónicas que tienen la capacidad de analizar el medio ambiente a través de sensores y procesar esa información mediante una CPU y tomar decisiones en bases a la información activando o desactivando salidas para control de actuadores.

Comunicación inalámbrica

Se define como intercambio de información coherente entre dos o más dispositivos mediante ondas de radio. En otros términos, comunicación inalámbrica significa transmisión de información sin cables o medios físicos.

Las comunicaciones inalámbricas empezaron su desarrollo a finales del siglo XIX con la primera transmisión inalámbrica del físico alemán Rudolf Hertz. Seguidos por varios estudios que a posterior lograron grandes mejoras en cuanto a eficiencia y seguridad. IEEE 802 este número de IEEE *Communications Standards Magazine* tiene una serie de artículos sobre redes sensibles al tiempo (TSN), especialmente porque están relacionadas con IEEE Std. 802.1. Si bien muchos lectores están familiarizados con la familia de normas IEEE 802, pocos son plenamente conscientes de la larga historia de 802. A fines de la década de 1970, hubo una considerable discusión en conferencias y en otras partes sobre el tema de las comunicaciones por

computadora. A principios de 1970, Bob Metcalfe, mientras estuvo en Xerox PARC, desarrolló la idea de Ethernet basada en su Ph.D. disertación y ALOHAnet. Coincidentemente, el 25 de agosto de 1979, se presentó una propuesta al Consejo de Normas IEEE para el desarrollo de estándares titulada "Red Local para la Interconexión de Computadoras" y se le asignó el siguiente número en la secuencia de estándares IEEE: 802. [25]

La comunicación inalámbrica presenta ciertas ventajas frente a las comunicaciones alámbricas la primera a la vista es que se evita el uso de cantidad excesiva de cables, además:

- Reduce costos
- Son robustas
- Requieren poca planificación
- En algunos tipos de comunicaciones cubren distancias mayores
- Tienen más movilidad

Por su alcance se dividen en diversos tipos, en la figura 1.14 se mencionan tres de las principales.

WPAN: redes inalámbricas de área personal, comúnmente oscilan alrededor de los cinco metros para una comunicación estable, una tecnología utilizada en estas redes es IEEE 802.15.1 o bluetooth

WLAN: redes inalámbricas de área local, su distancia varía entre los diez y veinte metros, y se utiliza el estándar 802.11 o wi-fi o zigbee con el estándar 802.15.4

WMAN: redes inalámbricas de área metropolitana, su alcance es suficiente para cubrir una pequeña ciudad, en teoría tienen alcances de hasta cincuenta kilómetros, pero por factores del terreno, interferencias, pierde potencia y su alcance es relativamente menor.

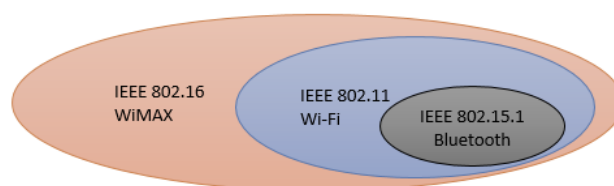


Figura 1.14. Estandares inalambrosos IEEE
Elaborado por: Investigador

Estándar 802.15.1

Su desarrollo data alrededor del año 2002, orientado a redes de área personal PAN, fue desarrollado a partir del estándar Bluetooth SIG (*Special Interest Group*), impulsado por un grupo de empresas líderes como: Ericsson, Nokia y Toshiba. Su aplicación al igual que wifi, está orientado a trabajar bajo la banda libre de ISM específicamente en la de 2,4Ghz con una velocidad de 1Mbps. Posteriormente el estándar se desarrolló en una mejor versión por el ANSI y finalmente de marzo 2012 fue aprobada. A posterior Bluetooth tuvo varias mejoras dando paso a lo que se conoce como bluetooth 3.0, bluetooth 4.0 y el actual bluetooth 5.0. [26]

Estándar 802.15.4

Se diseñó este estándar con el objetivo de tener un sistema de transmisión con un consumo de baja potencia a distancias cortas y de bajo costo. El objetivo de esta tecnología se enfocó en sistemas de transmisión que no requerían un ancho de banda grande. Por ejemplo, juegos inalámbricos y sistemas de sensores. El estándar estuvo en desarrollo y mejora desde 2003 hasta 2006, diseñado para distancias cortas o redes PAN (*Personal Area Network*). [26]

Estándar 802.11

Tabla 1.2. Cuadro comparativo de los principales estándares wifi

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac
Año	1999	1999	2003	2009	2012
Bandas de frecuencia	2.4Ghz	5Ghz	2.4Ghz	2.4Ghz 5Ghz	5Ghz
Velocidad máxima	11Mbps	54Mbps	54Mbps	300Mbps 600Mbps	433Mbps 1.3Gbps
Multiplexación	DSS	OFDM	OFDM	OFDM	SDMA
Modulación	CCK	BPSK	CCK	BPSK- QPSK- 16QAM- 64QAM	256QAM

Elaborado por: Investigador

Publicado en 1997 el estándar 802.11 legacy con dos velocidades de transmisión de 1 y 2 Mbps y utilizaba la banda de frecuencia libre ISM de 2.4Ghz. El estándar hace referencia a lo que se conoce como Wifi. Fue desarrollado con la intención de sustituir la red LAN cableada (estándar 802.3 o Ethernet), El 802.11 engloba un conjunto de subestándares, que surgieron de la necesidad de tener un ancho de banda más amplio, una velocidad más rápida, abarcar más distancia o tener niveles de seguridad más altos. Del conjunto que pertenecen a este estándar y que todavía se usan los comparamos en la tabla 2.2. [27]

Sistema operativo

Un sistema operativo es un conjunto de programas que permiten la interacción entre el usuario y el hardware del ordenador. La mayoría de los usuarios no interactúan directamente con el sistema operativo de su dispositivo. Usan otro software, que llamamos aplicaciones. A raíz de la segunda guerra mundial los sistemas informáticos se pusieron en desarrollo, en la década de los 40 se desconocía el concepto de sistema operativo, el usuario interactuaba directamente con el hardware de la computadora. Para el año 1956 el primer sistema operativo fue desarrollado por la general Motors para un ordenador IBM 704, ejecutaba una sola tarea al mismo tiempo, para la década de los 60 aparece la revolución de los sistemas operativos multitarea. [28]

Los ordenadores de placa reducida o SBC (single board computer) tienen capacidades similares a un ordenador de escritorio o una laptop, por esta razón también requieren un sistema operativo que les permita utilizar servidores, programas, navegadores y más aplicaciones de interés. Este tipo de placa tienen menor capacidad de procesamiento que un ordenador normal, por lo tanto es conveniente usar sistemas operativos que sean más ligeros que requieran menos recursos de la placa SBC, entre los sistemas más conocidos están: [29]

Tabla 1.3. Sistemas operativos para SBC

Ubuntu Mate	Este OS está disponible en 32 y 64 bits, no requiere tarjeta aceleradora de gráficos, se requiere al menos 9GB de espacio libre. Y como mínimo 1GB de memoria RAM.
RHEL	Es una plataforma avanzada diseñada para correr servidores
CentOS	Es un sistema operativo de código abierto comparte alrededor del 95% de funcionalidades con RHEL. Requiere de un Hardware con una memoria mínima de 64MB y 1GB en el disco.
Ubuntu LTS Ubuntu Server	Ubuntu <i>long term support</i> Sistema operativo de Linux basada en la arquitectura Debian, es un sistema operativo orientado principalmente a entornos de nivel empresarial.
Debian	Sistema operativo libre y soporta una gran variedad de arquitectura de ordenadores incluso las más antiguas, usa el núcleo de Linux o FreeBSD, ofrece más de 51000 paquetes y un gestor de paquetes al igual Ubuntu APT
Raspbian	Es un sistema operativo fundamentado en Debian pensando para Raspberry con un escritorio PIXEL (<i>Pi Improved Xwindows Environment, Lightweight</i>). Este sistema viene con un paquete de aplicaciones preinstaladas orientadas a la educación y desarrollo de aplicaciones específicas.
SLES (SUSE Linux Enterprise Server)	Es una plataforma de Linux desarrollado por SUSE, diseñado especialmente para servidores, las recomendaciones del hardware para su instalación son: 512 Mb de RAM, 4GB de espacio en el disco duro, interfaz de red o conexión <i>Wireless</i> .

Elaborado por: Investigador

Servidor

El concepto de un servidor en el campo de la informática hace referencia a un equipo robusto de capacidades superiores a un ordenador tradicional, que se encuentra en

conectado a una red con el objetivo de proveer información o servicios a computadores conocidos como clientes. Entre los servidores más comunes tenemos:

- DHCP: se encarga de proveer de direcciones IP
- DNS: traduce las direcciones IP a direcciones web
- FTP: Se encarga de entregar archivos almacenados a otros ordenadores
- WEB: Se encarga de almacenar y proveer páginas web.
- PROXY: controla el flujo de peticiones de páginas web, permitiendo o no el acceso al equipo que ha hecho la petición de sitio.

También los podemos clasificar según la cobertura que tiene un servidor

- Servidores locales: Se instalan dentro de una red local no necesariamente necesitan salida a internet.
- Servidores globales: Se instalan en la red global generalmente estos requieren conexión a internet.

Señal PWM

Estas siglas hacen referencia a la modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation) y a partir del significado del acrónimo podemos hacernos un concepto de lo que es esta señal. PWM es una señal de pulsos simétrica en amplitud y tiene dos parámetros que caracterizan esta señal: ciclo de trabajo (Duty cycle) y frecuencia. [30]

- Ciclo de trabajo: periodo de tiempo en que la señal está en un nivel lógico alto, se representa como un porcentaje del tiempo total que le toma en completar un ciclo de trabajo completo como se muestra en la siguiente figura.

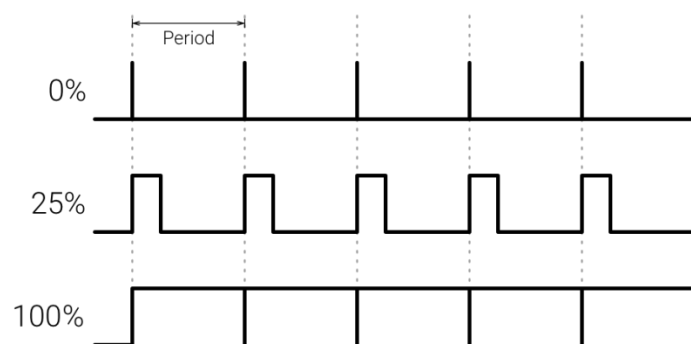


Figura 1.15. Formas de onda PWM con duty cycle 0%,25% y 100% [30]

- Frecuencia: es la cantidad de ciclos que existen en 1 segundo.

MQTT

Es un protocolo de comunicación máquina a máquina, facilita la transmisión de datos a través de un intermediario (bróker) entre diferentes dispositivos dentro de un mismo topic. Opera a través de una modalidad de comunicación publicación/Suscripción. Este protocolo está orientado a trabajar con IoT, de forma local o remota. Una de las ventajas es que es simple y ligero para sistemas que requieren poco ancho de banda, tienen una alta latencia y requieren poco consumo de energía.

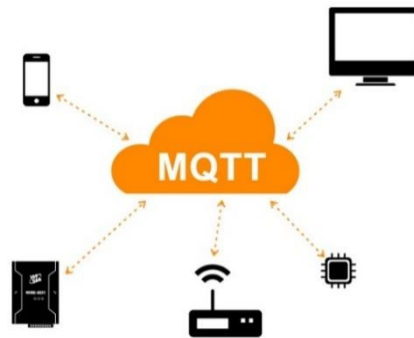


Figura 1.16. Clientes MQTT [31]

Características

- Protocolo asíncrono
- Seguridad mediante encriptación
- Expiración de mensaje:
- WebSocket
- Soporte de varios niveles calidad de servicio QoS

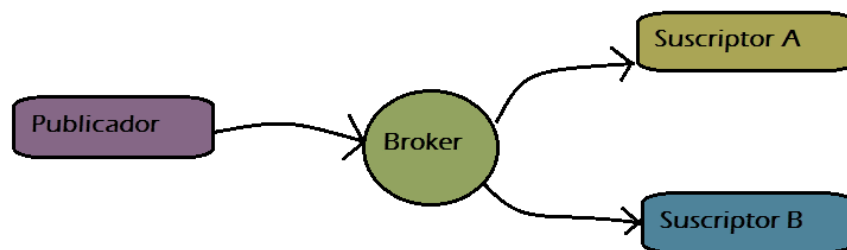
Arquitectura

Un sistema basado en MQTT utiliza una topología estrella en la que intervienen dos componentes para que exista una comunicación.

- Cliente
- Servidor

Cliente: El cliente a su vez es todo dispositivo conectado al servidor MQTT, el cliente a la vez se clasifica en dos partes, publicador y suscriptor.

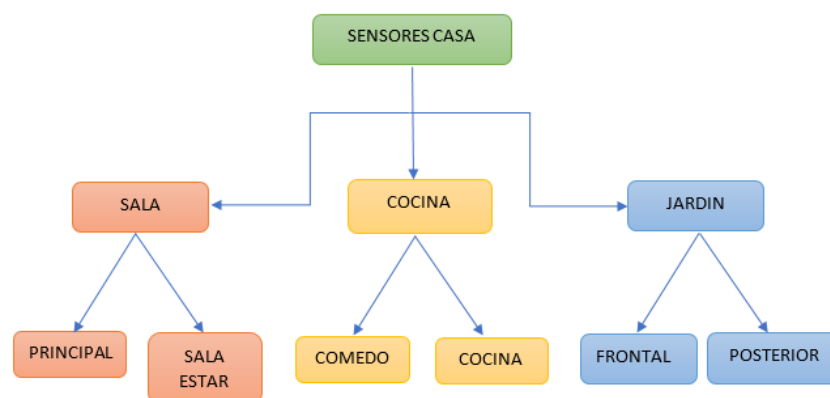
Servidor: Un programa o dispositivo que actúa como intermediario entre los Clientes que publican Mensajes de Aplicación y los Clientes que han realizado Suscripciones.



*Figura 1.17. Arquitectura Protocolo MQTT
Elaborado por: Investigador*

La arquitectura Publicación/Suscripción se trata de una comunicación entre dos o más dispositivos que estén suscritos al mismo tema o topic, El bróker se encarga de distribuir los mensajes hacia los suscriptores.

El topic es el tema al cual se suscriben los clientes para recibir o enviar un dato, el topic es una especie de ruta o directorio en el que se encuentran los mensajes que se publican y reciben, los topic son creados directamente desde los clientes. Un ejemplo de topic es el que se encuentra en la siguiente figura 1.18, los topics no siempre tienen los mismos niveles, estos pueden variar según la necesidad del sistema.



*Figura 1.18. Ejemplo de estructura de Topic
Elaborado por: Investigador*

De esta manera se clasifican diferentes topics, donde cada cliente MQTT puede publicar o suscribirse para comunicarse con los demás dispositivos conectados al

mismo topic. Un ejemplo, para suscribirse al topic PRINCIPAL de la figura 1.18, los dispositivos suscriptores o publicadores deberán especificar la siguiente dirección o ruta “SENSORES CASA / SALA / PRINCIPAL”.

Calidad de servicio

El protocolo MQTT admite tres niveles de calidad de servicio

QoS = 0, como máximo una vez la entrega

El mensaje es enviado una sola vez y no se espera una respuesta del servidor, el mensaje puede llegar una vez o ninguna.



Figura 1.19. Calidad de Servicio igual a 0

Elaborado por: Investigador

QoS = 1, Al menos una vez la entrega

El cliente MQTT o el servidor intentan entregar el mensaje al menos una vez, pero hay la posibilidad de tener mensajes duplicados. El servidor notifica que ha recibido el mensaje por medio de un PUBACK.

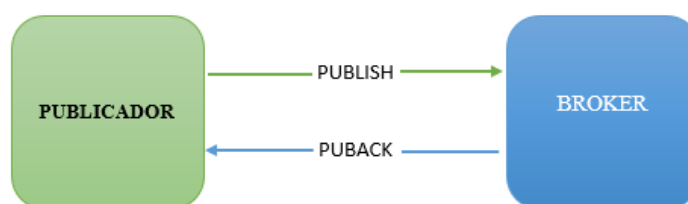


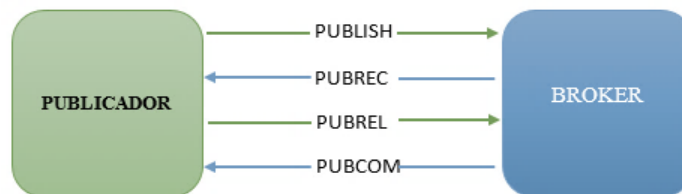
Figura 1.20. Calidad de servicio igual a 1

Elaborado por: Investigador

QoS = 2, Exactamente una vez la entrega

Este nivel de QoS asegura que el mensaje se entregue exactamente una vez para que no existan duplicados. Los mensajes de comandos MQTT utilizados son: PUBLISH, PUBREC, PUBREL, PUBCOMP. EL cliente envía el mensaje como PUBLISH, El mensaje permanece bloqueado en el servidor, PUBREC es enviado por el servidor en

respuesta a PUBLISH. PUBREL se envía al servidor desde el cliente en respuesta a PUBREC. Después de que el servidor MQTT recibe PUBREL, los mensajes pueden enviarse al suscriptor y PUBCOMP se envía de vuelta en respuesta al PUBREL. [32]



*Figura 1.21. Calidad de servicio igual a 2
Elaborado por: Investigador*

Ventajas

- Útil en aplicaciones que disponen de un ancho de banda pequeño
- Demanda pocos recursos de los dispositivos (CPU, RAM)
- Dispone de tres calidades de servicio para entrega de mensajes

Estructura de paquete MQTT

La estructura del paquete MQTT se divide de la siguiente manera:

- Encabezado Fijo
- Encabezado variable
- Carga Útil

El campo del encabezado fijo es el único que está presente en todos los paquetes, el encabezado variable y la carga útil no siempre se encuentra en todos los paquetes, por esta razón el tamaño general de un paquete MQTT es variable.

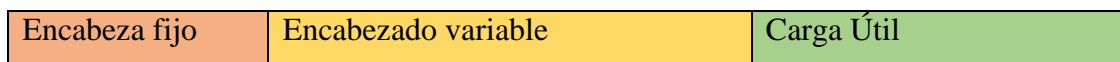


Figura 1.22. Trama MQTT

Encabezado Fijo: Siempre está presente en los paquetes MQTT y su tamaño es de 2 bytes

bits	7	6	5	4	3	2	1	0
1° byte	Control				Banderas o Indicadores			
2° byte	Longitud restante							

Figura 1.23. Estructura encabezado fijo

Control son cuatro bits, tiene 16 opciones que representan un tipo de solicitud de conexión; el campo de banderas está reservado para tres tipos de indicadores: bit 3 para DUP (entrega duplicada), los bits 2 y 1 se reservan para QoS (garantía de entrega de mensaje), el bit 0 se utiliza para RETAIN (retiene el paquete si no existe un suscriptor en el topic).

Encabezado Variable: Su estructura es diferente para diferentes solicitudes MQTT. La siguiente tabla muestra, en qué solicitud El encabezado variable está presente o no.

Tabla 1.4. Tipos de solicitudes MQTT[33]

Nombre	Valor	Descripción	Encabezado variable
Reservado	0	Reservado	-
CONNECT	1	solicitud de conexión del cliente al servidor o broker	Presente
CONNACK	2	acuse de recibo de solicitud	Presente
PUBLISH	3	publicar mensaje	Presente
PUBACK	4	publicar reconocimiento	Presente
PUBREC	5	publicar recibir	Presente
PUBREL	6	publicar lanzamiento	Presente
PUBCOMP	7	publicar completo	Presente
SUBSCRIBE	8	solicitud de suscripción del cliente	Presente
SUBACK	9	suscribir solicitud de confirmación	Presente
UNSUBSCRIBE	10	solicitud de baja	Presente
UNSUBACK	11	cancelar suscripción	Presente
PINGREQ	12	solicitud de ping	No
PINGRESP	13	respuesta de ping	No
DISCONNECT	14	el cliente está desconectado	No
Reservado	15	Reservado	-

Carga Útil: Son datos reales que se enviarán. No está presente en todos los paquetes de control MQT

Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un tipo de software que permite diseñar un algoritmo mediante el uso de instrucciones propias del lenguaje que el programador utiliza con el fin de poder controlar variables físicas o eléctricas. Los lenguajes de programación son muy variados y sin embargo tienen características similares entre algunos debido a su posible compatibilidad. Existen también lenguajes de programación de alto nivel y bajo nivel. Entre los lenguajes de programación más conocidos están C, C++, java, Python... con los cuales se crea un script o documento con instrucciones para realizar una función específica. Son utilizados en servidores y microcontroladores. Una característica de estos lenguajes de programación son las librerías que integran

Librerías

Son pequeños programas prediseñados que contienen funciones específicas sobre algún dispositivo electrónico o función de un programa informático. Estas ayudan al programador a reducir considerablemente las líneas de código a compilar.

Audio

La señal de audio incluye voz, música y todo tipo de sonido que pueda tener una representación gráfica en forma de onda. Una señal de audio es también una señal eléctrica que se puede describir mediante el análisis de sus características en función del tiempo, las características que una señal de audio contiene son: [34]

- Frecuencia
- Amplitud
- Periodo
- Longitud de onda

Estas características pueden ser estudiadas mediante el procesamiento analógico o digital utilizando métodos de procesamiento de señales continuas y discretas. Las funciones de audio en el dominio de tiempo se extraen directamente de las muestras de la señal de audio, sin embargo, para el dominio de frecuencia es necesario disponer de métodos alternativos como FFT y otros.

Música

“La música debe hacer saltar sueño en el corazón del hombre y lágrimas en los ojos de la mujer”- Ludwig Van Beethoven

La historia de la muisca tiene su origen desde casi el inicio de la humanidad, la definición que se puede dar a la música varía desde la perspectiva de cada artista, sin embargo la definición técnica de música la define como arte de crear melodías juntamente con versos, para darle armonía y ritmo. Existen diferentes tipos de géneros musicales en los que instrumentos musicales son característicos de cada uno. Comúnmente se utiliza música en fiestas para alegrar o animar lugares, cada género musical suele acompañarse con danza o baile característico. En las musicales ancestrales es habitual también usar trajes típicos que pertenecen a cada género musical.

Streaming

Streaming es una tecnología que envía contenido que puede ser reproducido mientras va llegando al dispositivo del usuario, funciona como un servidor de archivos multimedia, por esta razón comúnmente se denomina a este servicio como servidor de Streaming, usa una tecnología llamada descarga progresiva que puede usar servidores web para distribuir archivos multimedia.

Este tipo de servicio utiliza un conjunto de protocolos que ayudan a empaquetar, controlar y administrar el tráfico en la red, entre los principales están los protocolos del estándar IETF(internet engineering task force) que es un protocolo de Streaming en tiempo real. [35]

Grupo Cultural Ancestral Fénix

“Fortaleciendo la cultura Estigmatizando por nuestro camino”-Rodrigo López



Figura 1.24. Logo Ancestral Fénix [36]

El 17 de Mayo del 2000, fue convocado el sr. Hugo Realpe Arteaga coreógrafo de danza folclórica montubia, por el Lcdo. Arturo Pozo, ex rector del Colegio Técnico Particular Kolping; para participar junto con el colegio en la comparsa por las festividades del Cantón Santo Domingo de los Colorados. El 18 de Mayo del 2000, el sr. Hugo Realpe seleccionó a los alumnos mejor destacados en la danza para Iniciar el Grupo Tradiciones de mi Tierra.

Ancestral Fénix oficialmente fue fundado el 17 de Octubre del 2008 por Rodrigo López Peña el Grupo Ancestral Fénix es una entidad dedicada desde hace más de 15 años a: Enseñar la cultura de nuestro país y la cultura de nuestros hermanos latinoamericanos por medio del arte, promoviendo su influencia directa e indirecta en todas las áreas de las cuales nosotros damos; que son Talleres de Danza, Teatro, Mimos, Artesanías, Zancos, Aeróbicos, Dibujo, Pintura y Música, talleres de motivación, conferencias, emprendimiento, etc. promoviendo el arte y cultura como una forma de vida, de acuerdo al objetivo principal de su misión que es dar a conocer la pluriculturalidad.



Figura 1.25. Teatro, Mimos y zancos grupo cultural Ancestral Fénix [36]

Ancestral Fénix ha trabajado, en las parroquias Urbanas y Rurales, desde el mes de agosto del año 2013, hasta la actualidad, a través de autogestión y a la buena acogida de este proyecto con el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santo Domingo, Unidades Educativas, Instituciones, entre otras, las instituciones se comprometieron a “hacer los esfuerzos necesarios para ampliar la cobertura en la educación artística, secundaria y media, especialmente en el área de emprendimiento, incorporando en ella los elementos necesarios para que se prepare a nuestros jóvenes para la vida, para la ciudadanía, para el mundo laboral; en este aprendizaje, profundos elementos de creatividad, innovación y desarrollo de la capacidad emprendedora; así como la comprensión del funcionamiento de la realidad educativa y económica,

incentivándoles a dejar los vicios con el propósito de fomentar los valores cívicos en la ciudadanía del cantón y en particular en nuestra niñez”.

Director del Grupo Cultural Ancestral Fénix: Rodrigo López Peña

Administradora y Gestora Cultural: Karen Bone Flores

Grupo de trabajo: Ancestral fénix está conformado por 7 personas que colaboran para brindar diferentes servicios a la comunidad.

Para conocimiento público, Rodrigo López Peña y con Karen Bone Flores manifestaron cuales con los objetivos como grupo y las actividades que ofrecen como servicios los cuales se enlistan a continuación.

Sus objetivos son:

- Presentar y analizar las mejores prácticas en el área de certificación de los Artistas
- Explorar oportunidades para integrar organizaciones e iniciativas actualmente en desarrollo en Santo Domingo con el proyecto RESCATE ECUADOR CULTURAL.
- Diseñar metodologías e instrumentos sobre los talleres de competencias.
- Realizar intercambios culturales en los festivales de Santo Domingo

Actividades Culturales del Grupo Cultural Ancestral Fénix

- Taller de motivación y emprendimiento.
- Taller de valores
- Taller de artesanías
- Taller de artes escénicas
- Función de payaso
- Show de magia
- Malabarista
- Show de mimos
- Show de zanqueros
- Danza (coreografía)
- Obra de teatro

- Show musical y animación

1.2 Objetivos

El objetivo principal del sistema de iluminación está enfocado a innovar las presentaciones tradicionales con zancos que se hacen en la ciudad de Santo Domingo, adaptando tecnologías led con tecnologías de procesamiento y comunicación para tener un traje con efectos luminosos que estén acompasados con las grabaciones de audio que se utilizan para las presentaciones en desfiles o animaciones.

Para la consecución de este objetivo será necesario realizar las siguientes actividades:

1. Investigar el enfoque y el progreso de los e-textiles en los diferentes campos
2. Recolectar información sobre los métodos de iluminación para ropa
3. Determinar los requerimientos técnicos del sistema de iluminación
4. Seleccionar el microcontrolador para la comunicación con el servidor
5. Seleccionar un ordenador de placa reducida para la instalación del servidor de MQTT.
6. Seleccionar la tecnología inalámbrica para una comunicación punto multipunto
7. Configurar la red inalámbrica para transmisión de información punto multipunto.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para el desarrollo del proyecto se utilizó materiales semiconductores, para regular señales de voltaje y corriente; tarjetas de procesamiento, para convertir señales eléctricas a datos; equipos con tecnología Wifi, para crear una red de comunicación. Los materiales que fueron usados para el desarrollo del proyecto se especifican a continuación:

Tabla 2.1. Detalles de materiales electrónicos usados

Cantidad	Descripción	Valor unitario \$	Valor total \$
1	raspberry pi 3 b+ más implementos	75	75
3	ESP32	13	39
1	Router 150Mbps	25	25
59	Leds ws2814b	0.6	35.4
2	Cajas de madera 24cmx19cmx9cm	15	30
1	Baterías de ácido 12V-9A	25	25
1	Baterías de ácido 6V- 7Amp	14.7	14.7
1	Bateria lipo de 12V- 2.2Amp	14	14
4	Reguladores de voltaje LM2596	2.25	9
2	Interruptores de doble vía	2	4
2	Placas de cobre	3.5	7
1	Spliter de audio 3.5mm	3.5	3.5
2	Reguladores de voltaje LM7805	1	2
4	Acopladores macho hembra 6mm	0.7	2.8

3	Acopladores macho hembra para fuente de 5V	0.8	2.4
2	Convertidores de nivel de 2 canales	1.5	3
8	Terminales para cable 18	0.1	0.8
12	Borneras de 1cm	0.3	3.6
9	Leds de alto brillo	0.15	1.35
1	Preamplificador de señal	5	5
2	2 metros de estaño	0.75	1.5
2	Acido Percloruro Férrico	0.75	1.5
TOTAL			270,15\$

Elaborador por: el investigador

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El tipo de investigación a desarrollar se delimita a ser una investigación aplicada, debido a que se desarrolló un sistema de transmisión de información para un fin específico, con tecnología inalámbrica ya existente.

El proyecto comprende investigación de tipo bibliográfica debido a que fue necesario consultar en revistas, *papers*, artículos que se fueron escritos en relación con el tema para tener una visión amplia del problema que se trató y además poder desarrollar el proyecto de una manera eficiente.

Fue necesario recurrir a una investigación de campo debido a que se realizó una investigación de los sistemas de iluminación LED que se usan en el territorio con objetivos similares, y además se llevó a cabo la búsqueda de la tecnología necesaria para la implementación del sistema

2.2.2 Recolección de información

La recopilación de información en este proyecto se realizó mediante los escritos en libros referentes al tema de comunicaciones inalámbricas y circuitos electrónicos. Por otro lado se investigó los antecedentes referentes al tema mediante tesis

desarrolladas o artículos publicados en los repositorios de universidades y revistas electrónicas.

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

Una vez obtenido la información apropiada para desarrollar el sistema de iluminación, el procesamiento de los datos se realizó de la siguiente manera:

- Se analizó la información disponible sobre los textiles electrónicos basándose en los siguientes aspectos: tecnología, flexibilidad y disponibilidad.
- Se hizo un contraste de las tecnologías disponible analizando las características técnicas de estas.
- Una vez concluido los alcances obtenidos en el campo de la e-textil y la tecnología disponible, se elaboró un resumen teórico de información técnica de los dispositivos a utilizar, mediante bibliografía física o digital.

2.2.4 Desarrollo del proyecto

El proyecto se llevó a cabo realizando las siguientes actividades.

Etapa de búsqueda de información

Enfoque de la e-textil: esta etapa del proyecto se consideró conveniente hacerla en repositorios de Universidades e Institutos de investigación, para conocer las áreas en las que se han desarrollado estas tecnologías.

1. Averiguar los centros nacionales e internaciones dedicados a investigación y desarrollo de tecnologías wearable.
2. Filtrar estudios e investigaciones realizados en el campo en común: wearable, e-textiles, led
3. Sintetizar la información encontrada extrayendo objetivos, diseño y resultados de cada estudio relacionado con el proyecto.
4. Analizar las características técnicas de los componentes electrónicos de ensayo para desarrollo del proyecto.

Compra de materiales de ensayo: Esta parte del desarrollo se realizó una investigación en tiendas del mercado local y también en el mercado internacional los materiales necesarios

1. Buscar en tiendas locales los materiales de ensayo

2. Buscar en tiendas electrónicas nacionales e internaciones los materiales de ensayo.

Etapas de diseño e implementación

Selección de materiales

1. Determinar el medio para disponer de señales de audio a la tarjeta
2. Diseñar y ensayar las alternativas del preamplificador de señal.
3. Analizar la demanda de memoria de red inalámbrica y ejecución de instrucciones para dimensionar una tarjeta con las características técnicas necesarias.
4. Realizar las pruebas con las tarjetas que se adapten a los requerimientos de memoria para el sistema.
5. Realizar las pruebas con las tarjetas de ensayo y determinar la eficiencia de cada una en base a su respuesta.
6. Determinar la necesidad de convertidor de nivel
7. Unificar las etapas de adquisición, amplificación y procesamiento y comunicación.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Desarrollo de la propuesta

El presente trabajo se desarrolló con el propósito de innovar espectáculos públicos que ofrecen los zanqueros del grupo Ancestral Fénix. El sistema de iluminación en los trajes de los zanqueros tiene como finalidad brindar un agregado visual a los actos públicos y marcar una diferencia relevante en las presentaciones tradicionales que ofrecen grupos afines. El sistema de iluminación está basado en iluminación LED de baja potencia, y un servidor de datos para establecer la comunicación entre los nodos de red con conexión inalámbrica.

Análisis de factibilidad

Este análisis es un factor importante al realizar el estudio, con este se determinó la disponibilidad de recursos técnicos, económicos, bibliográficos y humanos.

Factibilidad técnica

El análisis técnico reveló que en el mercado local existe la facilidad de adquirir los componentes principales para desarrollo del proyecto, y en el mercado internacional se compró los componentes faltantes para la implementación. El tipo de tecnología disponible satisface los requerimientos técnicos para implementar el proyecto.

Factibilidad económica

El factor económico del proyecto demostró que existió facilidad para implementar el proyecto. Los componentes electrónicos son de uso experimental, sin embargo son robustos y están a la venta a bajo costo en el mercado local.

Factibilidad bibliográfica

Existe disponibilidad de la información técnica, tanto física y digital sobre la tecnología usada, foros, libros, con los que se desarrolló el sistema de iluminación y comunicación.

Requerimientos del sistema

Los requerimientos para la realización del Sistema de iluminación inalámbrico sincronizado para indumentaria de zanqueros del grupo Ancestral Fénix en la ciudad de Santo Domingo, son los siguientes:

- Un sistema que permita la comunicación de manera inalámbrica.
- Un protocolo de comunicación ligero que facilite el intercambio de información entre los nodos de red.
- Un método de procesamiento analógico de audio.

Descripción general del sistema

El proceso de iluminación LED en los trajes de zanqueros comprende tres etapas que comprenden: procesamiento, comunicación e iluminación.

En este proyecto de investigación se pueden destacar:

- Sistema de procesamiento de audio: Mediante lecturas analógicas con el microcontrolador se logró muestrear una señal de audio y adecuar esta señal para los propósitos del sistema.
- Protocolo de comunicación inalámbrico: Permite al microcontrolador registrarse como cliente y compartir información entre clientes registrados.
- Sistema de iluminación LED: esta parte del sistema es el objetivo final, pues se busca generar juegos de luces en función de la información obtenida del procesamiento de audio

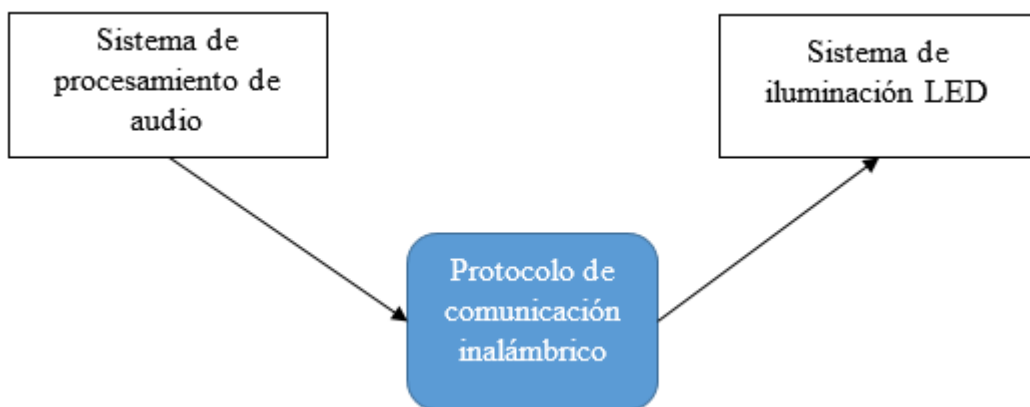


Figura 3.1. Etapas de la comunicación del sistema de iluminación
Elaborado por: Investigador

El sistema de comunicación inalámbrico está conformado por un router, con el cual se genera una red local y conecta todos los dispositivos, un ordenador de placa reducida que funciona como concentrador del protocolo de comunicación y dos microcontroladores que trabajan como clientes, la comunicación se establece entre todos los que se identifican como clientes y el concentrador.

El sistema de procesamiento de audio lo conforman un preamplificador de señal, una interfaz de audio de 3.5mm de cualquier dispositivo electrónico y un splitter de audio con el fin de poder duplicar de una a dos la salida de audio de 3.5mm, salida para un altavoz y otra para el sistema de procesamiento.

La última etapa consiste en generar los juegos de iluminación en función de los datos recibidos por la etapa anterior, ya que esta etapa contiene la información perteneciente al archivo de audio que este en reproducción. Para esta etapa se requiere una tarjeta con capacidad de procesar señales analógicas, y en base a estas lecturas generar una señal PWM que se envía por un solo pin de datos y este controla los leds en el traje del zanquero.

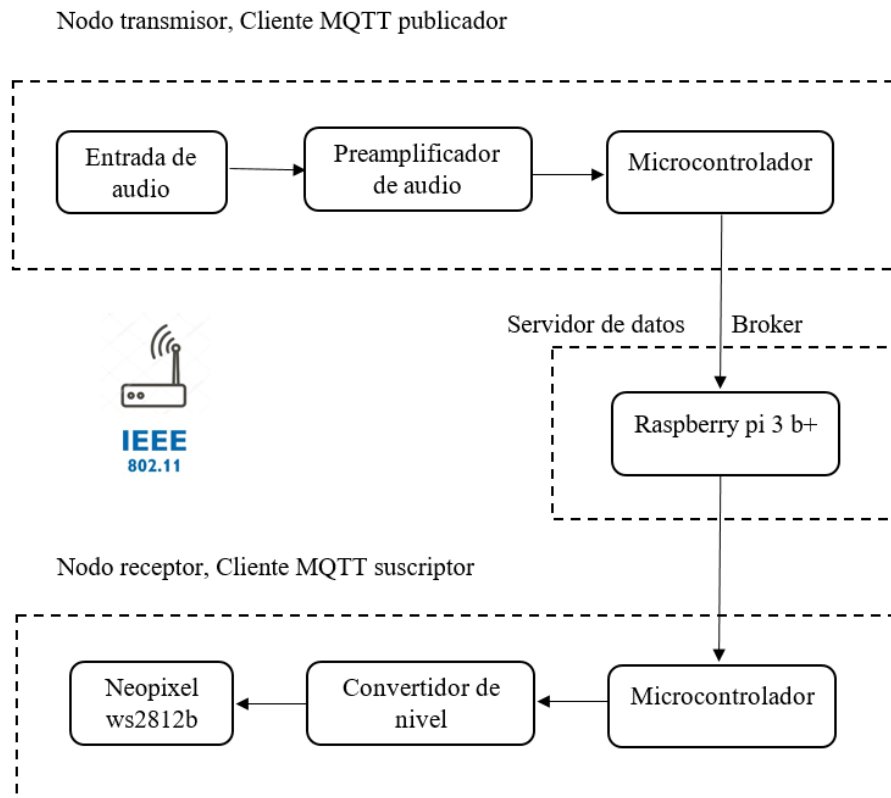
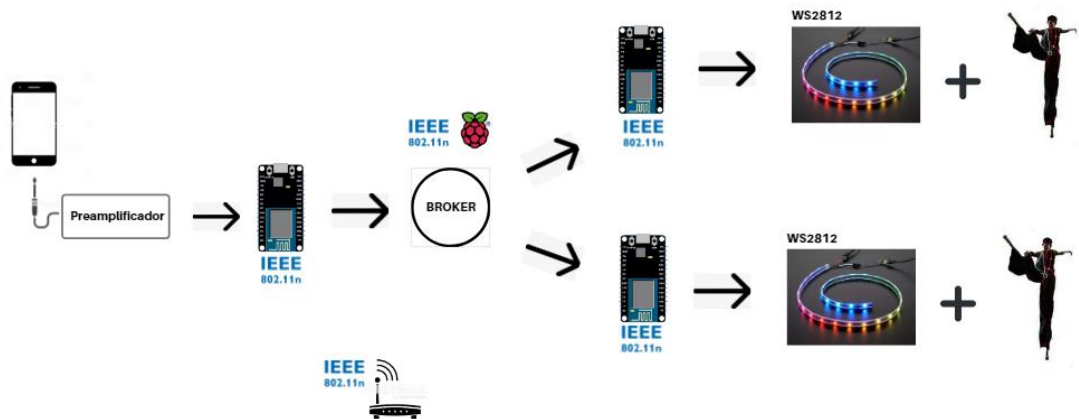


Figura 3.2. Diagrama de bloque del sistema de iluminación.
Elaborado por: Investigador

El funcionamiento en conjunto del sistema de procesamiento de audio, protocolo de comunicación inalámbrico y el sistema de iluminación LED es el siguiente, en primer lugar se establece la comunicación entre tres tarjetas microcontroladores mediante el protocolo de comunicación, una funciona como transmisor y las otras dos trabajan en modo receptor. El transmisor envía los datos tomados de la fuente de audio y los suscriptores leen datos para crear juego de luces acompañadas con el audio de música. El servidor o concentrador desempeña un papel importante, puesto que establece entre las tres tarjetas microcontroladores la conexión inalámbrica basada en el protocolo de comunicación seleccionado. Este servidor se corre en una tarjeta o SBC.



*Figura 3.3. Esquema del sistema de comunicación
Elaborado por: Investigador*

Selección de hardware y software

Para la selección de los componentes de hardware se comparó la tecnología que poseen las características técnicas adecuadas para cumplir con los requerimientos del sistema. Se consideró apropiado comparar tecnología que existe en el mercado local y mercado internacional.

Selección de la SBC

La importancia de la selección de este ordenador de placa reducida es fundamental puesto que es la parte principal para el intercambio de datos, en este se necesita ejecutar un servidor de datos ligero. La memoria RAM es la característica técnica que

se tomó en consideración al seleccionar esta tarjeta ya que de esta depende el desempeño del servidor.

Tabla 3.1. Comparación entre ordenadores de una placa

SBC	Procesador	GPU	Wifi integrado	Memoria RAM
Asus Tinker Board S	Cortex-A17 Quad-core 1.8GHz	Mali-T760	Si	LPDDR3 2GB
Odroid-XU4	Exynos5422 Cortex A15 2GHz y Cortex-A7 Octa de Samsung	Mali-T628 MP6	No	2GB LPDDR3
Rock64 Media Board	Rockchip RK3328 Quad-Core ARM Cortex A53 64-Bit	Mali-450 MP2	No	1/2/4GB LPDDR3
Raspberry Pi Zero W	ARM v7 Single Core 1GHz	VideoCore IV dual-core	Si	512MB
PocketBeagle	OSD3358 1GHz ARM Cortex-A8	PowerVR SGX530	No	512MB DDR3
Odroid-C2	Amlogic S905 ARM Cortex-A53	Mali-450	No	2GB DDR3
Huawei hikey 960	4 ARM Cortex-A73	ARM Mali G71 MP8	No	3GB LPDDR4
Pine A64-LTS	Quad-Core ARM Cortex A53 64-Bit	ARM Mali400P2	Si	2GB LPDDR3
Banana Pi M64	1.2 Ghz Quad-Core ARM Cortex A53 64-Bit	MALI-400 MP2 500MH	Si	2GB DDR3
Naranja Pi Plus2	Quad-core Cortex-A7	Mali400MP2 GPU 600MHz	Si	2GB DDR3
NanoPC-T3 Plus	Samsung S5P6818 Octa-Core Cortex-A53 400MHz - 1.4GHz	Mali-400 MP	Si	2GB 32bit DDR3
Le Potato	Amlogic S905X 4x Cortex-A53 2GHz	Mali-450 MP2	No	1GB / 2GB DDR3
LattePanda	Intel Cherry Trail Z8350 Quad Core 1.8GHz	Intel HD Graphics 200-500 Mhz	Si	2GB DDR3L
Raspberry PI3	Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit	Broadcom VideoCore IV 300 MHz/400 MHz	Si	1GB LPDDR2

Elaborador por: Investigador

La tarjeta más conocida y usada de las SBC es sin duda raspberry por ser una de las pioneras en el mercado. Sin embargo, al día, tenemos a disposición una gran variedad de tarjetas dentro de esta categoría con características similares y algunas que sobrepasan el rendimiento de raspberry. Raspberry abrió el camino al mundo de las computadoras de una sola placa y al pie se unieron varios fabricantes más con el fin de mejorar estas minicomputadoras, y es así como hoy existen en el mercado una variedad de placas como alternativas a raspberry.

En la tabla 3.1 se hace mención a 14 tarjetas SBC con capacidades de memoria apropiadas para instalar el servidor MQTT, aparte de la memoria, otra característica importante es la conexión a wifi, algunas placas traen wifi integrado y esta disposición facilita la implementación y cumple con los requerimientos del sistema, considerando solamente las placas con wifi integrado 8 tarjetas se ajustan a las necesidades del proyecto. De estas, la información que existe relacionada con el protocolo de comunicación MQTT es limitada, excepto en el caso de raspberry, sin duda esta es la tarjeta que se destaca para la implementación del sistema además tiene un bajo costo en relación con las demás.

Raspberry Pi 3 Model B+



Figura 3.4. Raspberry PI 3 B+ [23]

Es una SBC o también conocido como ordenador de tamaño reducido, desarrollado en el reino Unido en 2011 por raspberry pi, tienes las características de una computadora con funciones limitadas, sus características técnicas son: [37]

- Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits a 1.4GHz
- SDRAM LPDDR2 de 1 GB

- LAN inalámbrica IEEE 802.11.b / g / n / ac de 2.4GHz y 5GHz, Bluetooth 4.2, BLE
- Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (rendimiento máximo 300 Mbps)
- Cabecera GPIO extendida de 40 pines
- HDMI de tamaño completo
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi
- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Compatibilidad con alimentación por Ethernet (PoE) (requiere un PoE HAT separado)

Selección del microcontrolador

Estas tarjetas son apropiadas para algunas aplicaciones sin embargo tienen características limitadas frente a los ordenadores de una sola placa o SBC. En la tabla 3.2 se hace una comparación con los microcontroladores más conocidos. Entre los controladores desarrollados en la actualidad existe una amplia variedad disponible y también de módulos de conexión wifi para proveer de una conexión LAN o WLAN al microcontrolador. Sin embargo, los hay también microcontroladores con tarjetas WLAN integradas. A continuación se hace la comparación de los microcontroladores más comunes en el mercado. Para la selección del microcontrolador se han considerado 4 variables: Microprocesador, RAM, frecuencia del reloj, y conexión wifi.

Tabla 3.2. Comparación de tarjetas microcontroladoras

Placa	Microprocesador	RAM (KB)	F_CLK (Mhz)	Wifi integrado
Adafruit Metro 328	AVR – ARM	2	16	No
Xplained Atmel	AVR-ARM	128		Si
NXP S12ZVC	ARM	12	32	No
mbed NXP LPC1768	ARM Cortex-M3	8-32	96	No
Microchip	MIPS32	368	20	No
Parallax	AVR			No
Wemos D1 Mini	Tensilica RISC de 32 bits Xtensa LX106	64	80	Si
Arduino MKR1000	SAMD21 Cortex-M0	32	48	Si
LilyPad Arduino	Atmega168/ Atmega328V	1	8	No
Nodemcu	Xtensa Single- core 32-bit	112	160	Si
ESP32	Xtensa® 32-bit LX6	520	240	Si

Elaborador por: Investigador

Una vez hecho el cuadro comparativo de las variables de cada microcontrolador que se encuentra en la tabla anterior, la tarjeta de desarrollo ESP32 se ajustó a los requerimientos técnicos del sistema, tiene integrado el módulo wifi y su capacidad de memoria son características que sobresalen en comparación con las demás placas.

ESP32

Tabla 3.3: ESP8266 vs ESP32 [38]

	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa Single-core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS
Wi-Fi	Si	Si
Bluetooth	No	Si
Frecuencia típica	80Mhz	160Mhz
SRAM	112KB	520KB
GPIO	17	36
PWM	8 canales	16 canales
SPI / I2C / I2S / UART	2/1/2/2	4/2/2/2
ADC	10-bit	12-bit
CAN	No	Si
Sensor de contacto	No	Si
Sensor de temperatura	No	Si
sensor efecto Hall	No	Si

ESP32 es una tarjeta microcontroladora fabricada por la empresa Espressif Systems, es predecesora de la placa nodemcu. Sin embargo esta tarjeta es mucho más potente, tiene una capacidad de memoria hasta 4 veces más que nodemcu y además dispone de 2 núcleos de procesamiento, uno se encarga de la gestión de conexión a wifi, mientras que el otro núcleo se encarga de la ejecución de instrucciones, en el anexo A se encuentran más a detalle las características técnicas.



Figura 3.5. ESP32 [39]

Selección de la tecnología led

Para la iluminación de los trajes de los zanqueros se ha considerado conveniente utilizar iluminación led debido a su tamaño reducido y su bajo consumo de energía, la cual se puede combinar con prendas de vestir o trajes de eventos en los cuales es fácil incorporar una fuente de energía para encender dichos trajes. Hoy en el mercado existen una gran variedad de tipos de leds con características similares entre sí, sin embargo, se ha considerado apropiado utilizar los leds tipo SMD o dispositivo de montaje superficial, por su tamaño reducido y adaptabilidad en lugares irregulares.

Led SMD

Con los dispositivos de montaje superficial se fabricaron leds diminutos, son una variación de los leds tradicionales fabricados con una estructura más pequeña y pensada para iluminar espacios amplios. Se fabrican en monocolor y para generar varios colores también fabrican en RGB, este tipo de LED se instalan en tiras flexibles para adornar espacios hasta con formas irregulares. [11]



Figura 3.6. Encapsulado SMD de una triada LED RGB [11]

En esta categoría de LEDs existen tres principales que se fabrican en forma de tiras flexibles.

SMD 3528

Se caracterizan por ser de media potencia y consumo bajo. El consumo promedio se mide en W/metros y por lo general es bajo. La intensidad puede ser variada mediante un dimmer. Permite instalación de hasta unos 100m con un controlador. [40]

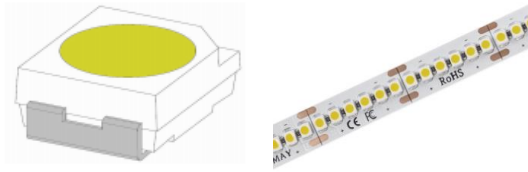


Figura 3.7. LED SMD 3528, Tira SMD 3528 [40]

Características

- Fuente de alimentación de bajo voltaje DC12
- Alto brillo
- Bajo consumo de energía
- Ángulo de iluminación LED: 120 °
- Cantidad de LED: 60LEDs / m
- Temperatura de operación: -20 ° C a 40 ° C
- Tiempo de vida: 50,000 horas.
- Clasificación a prueba de agua: IP20

Diagrama de conexión física

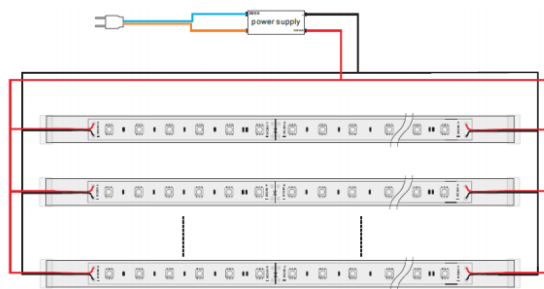


Figura 3.8. Conexión física a 110Vac/12Vdc [40]

SMD 3014

Este modelo se diferencia por tener un disipador de calor lo que permite aumentar el número de LEDs por metro. Lo que permite una emisión de luz más uniforme que la versión anterior. [40]



Figura 3.9. SMD 3014 [40]

Características

- Alta intensidad luminosa.
- Baja disipación de potencia.
- Buena fiabilidad y larga vida.
- Cantidad de LED: 120 LEDs / m
- Buena uniformidad de color.

La conexión física de este modelo de tira de LED es la misma que la SMD 3528

SMD 5050

Son tiras de potencia alta y alto consumo de energía, estas tiras se fabrican con triple núcleo, ofrecen hasta 3 veces más intensidad de luz que SMD 3528 y SMD3014. Además, tienen la característica RGB y en base a esto obtener los demás colores.

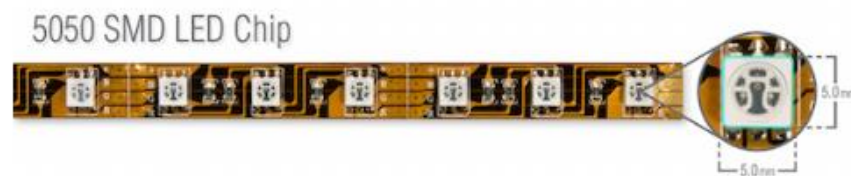


Figura 3.10. SMD 5050 [40]

Características

- Fuente de alimentación de baja tensión DC12V
- Tipo de LED: 5050 SMD LED
- Ángulo de iluminación LED: 120 °
- Cantidad de LED: 60LEDs / m
- Temperatura de funcionamiento: -20-50 ° C.
- Tiempo de vida: 50,000 horas.
- Clasificación a prueba de agua: IP20

WS2812b

Es un tipo de led que se integra en el chip RGB 5050, tiene un oscilador interno de precisión, cada píxel de los tres colores primarios puede alcanzar 256 tonos de brillo. Su funcionamiento es basado en el protocolo de comunicación para transferencia de bits NRZ de 24 bits.

G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0
----	----	----	----	----	----	----	----

R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0
----	----	----	----	----	----	----	----

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
----	----	----	----	----	----	----	----

Debido a la comunicación NRZ este tipo de tiras LED tiene la ventaja de poder controlar el conjunto de LEDs a través de una sola línea de datos. Después del reinicio de encendido del píxel, el puerto DI recibe los datos del controlador, el primer píxel recopila los datos iniciales de 24 bits y luego los envía al *latch D* de datos interno, los otros datos que se remodelan mediante la señal interna que remodela el circuito de amplificación enviado al siguiente píxel en cascada el puerto DO. [41] En la siguiente tabla se describe la función de cada pin del controlador integrado que tiene cada led.

Tabla 3.4. Descripción de los pines WS2812b [41]

Símbolo	Función
DO	Control de salida de la señal de datos
DI	Control de entrada de la señal de datos
VDD	Fuente de alimentación LED
VSS	Negativo

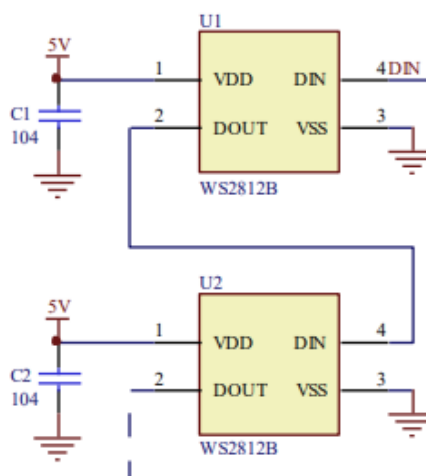






Figura 3.11. Configuración interna tira LED [41]

Cuadro comparativo tiras LED

Tabla 3.5. Resumen de parámetros técnicos de la tecnología LED

	Led/metro	W/metro	Lm/metro	Tensión	Imagen
SMD3528	60	4.8	400	12 V	
SMD3014	120	12	800	12 V	
SMD5050	60	14.4	1200	12 V	
WS2812b	30	9	1200	5 V	

Elaborador por: Investigador

Luego de analizar los tipos de tecnologías y de poner en comparación sus características técnicas se eligió el modelo WS2812b, sus características de tensión hacen que este modelo sea adecuado para poder controlarlo con la tensión de salida de un microcontrolador. Además que se pueden controlar n cantidad de pixeles con un solo pin de datos de un microcontrolador.

Selección del protocolo de comunicación inalámbrico

Para la selección del protocolo de comunicación hay que tener en cuenta la facilidad de uso y latencia que tiene en las comunicaciones con los clientes conectados, MQTT es un protocolo de comunicaciones ligero que reduce el ancho de banda utilizado y también los requisitos de recursos del sistema. Sin embargo hay varias plataformas que trabajan con este protocolo, tanto locales como en internet. A continuación, se presenta un breve resumen de los servidores MQTT locales más comunes que existen.

Mosca

Es un bróker node.js mqtt, que puede ser utilizado individualmente o dentro de otra aplicación. Sus características principales son que cumple con MQTT 3.1 y 3.111, tienen dos niveles de QoS. [42]



Figura 3.12. Logo Broker Mosca [42]

Moquette

Es un bróker compatible con MQTT, moquette es un procesador de eventos implementado en java y desarrollado por Gunnar Wagenknecht y Maximilian Koegel.[43]



Figura 3.13. Logo Broker Moquette [43]

Eclipse mosquitto

Es un servidor de mensajería que Funciona como un intermediario entre clientes que utilizan el protocolo de comunicación MQTT, mosquitto es una plataforma de mensajería ligera que demanda un máximo de 3MB de memoria con 1000 clientes conectados, motivo por el cual es adecuada para todo tipo de ordenadores y también ordenadores de una sola placa o SBC. [44]



Figura 3.14. Logo Broker mosquitto [44]

El protocolo MQTT proporciona un método ligero para llevar a cabo la mensajería utilizando un modelo de publicación/suscripción. Esto lo hace adecuado para la mensajería de Internet de las cosas, como con sensores de baja potencia o

dispositivos móviles como teléfonos, computadoras integradas o microcontroladores. [44]

Los puertos que utiliza mosquitto para poder establecer una comunicación con los clientes son los siguientes: [45]

- 1883: MQTT, sin cifrar
- 8883: MQTT, encriptado
- 8884: MQTT, cifrado, se requiere certificado de cliente.
- 8080: MQTT sobre WebSockets, sin cifrar
- 8081: MQTT sobre WebSockets, encriptado

MQTT define tres niveles de calidad de servicio (QoS). La calidad del servicio define la dificultad con la que el broker/cliente intentará garantizar que se reciba un mensaje. Los niveles más altos de QoS son más confiables, pero implican una latencia más alta y tienen mayores requisitos de ancho de banda. En la siguiente tabla se resumen las características básicas de las tres plataformas que tienen soporte para el protocolo MQTT.

Tabla 3.6. Comparación de los servidores (brokers) MQTT

	Mosca	Moquette	Mosquitto
Lenguaje base	JavaScript	Java	C
Calidad de servicio (QoS)	1,2	-	0,1,2
Soporte MQTT	Si	Si	Si
Versión MQTT	3.1 / 3.1.1	3.1	3.1 / 3.1.1 / 5.0

Elaborado por: Investigador

Una vez comparadas las diferentes plataformas con soporte MQTT, se eligió la plataforma mosquitto ya que tiene el nivel servicio calidad más bajo QoS = 0, lo cual agiliza las comunicaciones entre los clientes MQTT. [46]

Instalación de Mosquitto

Para correr la plataforma de mosquitto es necesario disponer de un hardware con la capacidad suficiente, en este caso mosquitto es una plataforma ligera de bajo ancho

de banda, por esto se decidió que raspberry pi 3 b+ es la mejor opción pues tienen memoria RAM de 1GB suficiente. La instalación del bróker mosquitto en raspbian se realizó mediante una terminal con los siguientes comandos. [47]

1. Se descarga la clave mediante comando wget

```
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-repo.gpg.key
```

2. Agregar la clave a una lista llamada apt-key

```
sudo apt-key add mosquitto-repo.gpg.key
```

3. Ingresamos al siguiente directorio

```
cd /etc/apt/sources.list.d/
```

4. Descargar la lista de repositorios de Mosquitto para version Stretch

```
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-stretch.list
```

5. Actualizamos la lista de paquetes disponibles

```
sudo apt-get update
```

6. Instalar Broker de mosquitto

```
apt-get install mosquitto
```

7. Instalar clientes MQTT

```
apt-get install mosquitto-clients
```

Convertidor de nivel

Por razón que las señales de voltaje que salen de la tarjeta ESP32 son de 3.3V, es necesario utilizar un elevador de voltaje debido que leds WS2812b funcionan con un voltaje de 5V. El convertidor de nivel lógico es un dispositivo electrónico que reduce de manera segura las señales de 5V a 3.3V y aumenta de 3.3V a 5V. Es útil para comunicar microcontroladores que tienen salidas de 3.3V con actuadores que funcionan con voltajes de 5V, En el caso de la tarjeta ESP32 o nodeMCU tienen salidas de voltaje de 3.3v y presenta cierta dificultad para controlar dispositivos que funcionan con señales de 5V.

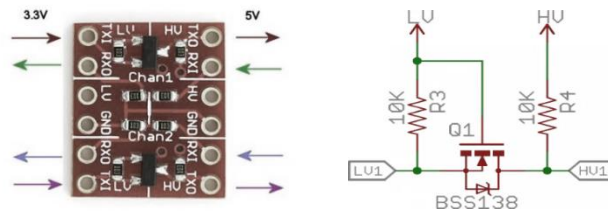


Figura 3.15. convertidor de nivel de 2 canales, Circuito interno

El convertidor de nivel utiliza un transistor Mosfet BSS138 como elemento principal para hacer los cambios de voltaje, es bastante útil para convertir señales de voltaje de 3.3V a 5V que es lo que se necesita en el desarrollo de este proyecto. La función de este dispositivo en el sistema de iluminación es adecuar la señal PWM de 3.3V que entrega la tarjeta ESP32 a una señal PWM de 5V que necesita el pin de datos de los WS2812b. [48]



Figura 3.16. Circuito externo/interno del MOSFET BSS138. [44][48]

Características técnicas MOSFET BSS138

Algunas características relevantes al en cuanto a la potencia son las siguientes, en el anexo B se hallan más a detalle las características técnicas de este.

- $V_{DSS} = 50V$
- $V_{GSS} = \pm 20V$
- $I_D = 0.22A$
- $P_D = 0.36W$

Conexión tarjeta ESP32 y convertidor de nivel

La conexión del convertidor de nivel con la ESP32 es mediante un solo pin digital que envía señales PWM de 3.3V y las eleva a 5V, este convertidor requiere de dos fuentes de voltaje que las utiliza como referencia, como se ilustra en la siguiente figura.

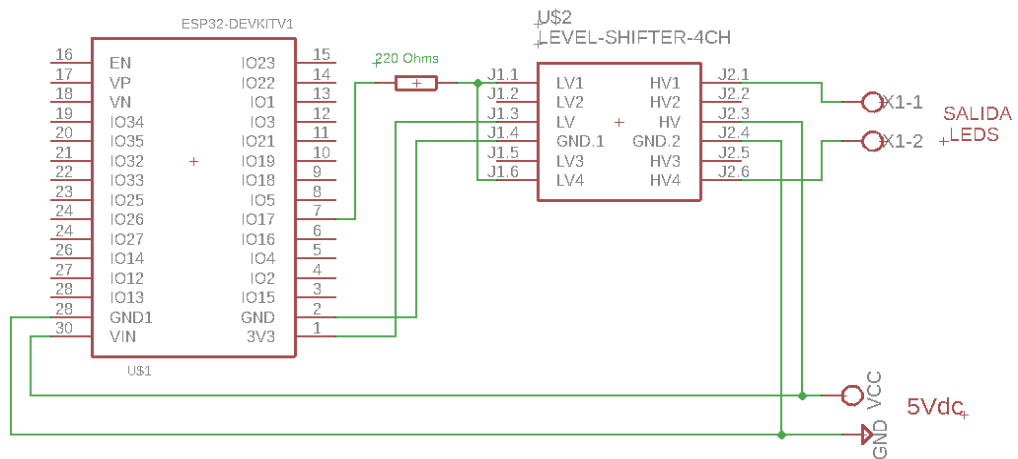


Figura 3.17. Conexión ESP32 y convertidor de nivel.
 Elaborado por: Investigador

Preamplificador de señal

Para la implementación de esta etapa se consideró implementar un preamplificador de señal basado en un transistor NPN con algunos elementos electrónicos como resistencias y condensadores como se muestra en la figura 3.18, al llevar a la práctica esta opción como resultado obtuvimos una señal de audio amplificada y útil, sin embargo la señal no era totalmente adecuada para nuestra aplicación puesto que el ruido también formaba parte de la señal de audio y causó minúsculos malfuncionamientos. Por esta razón se agregó un condensador en paralelo a la fuente de alimentación, este condensador hace la función de filtro y elimina considerablemente el ruido presente.

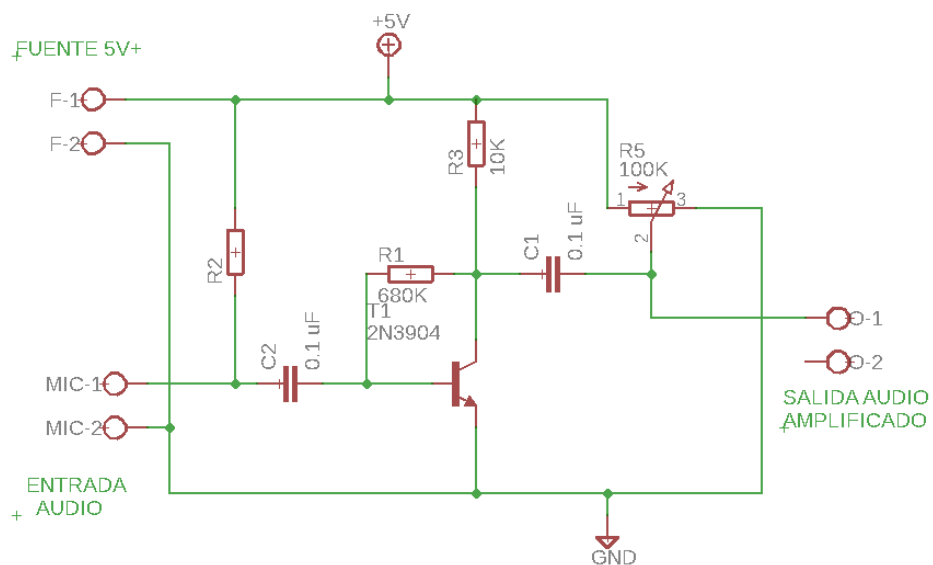


Figura 3.18. Circuito preamplificador de señal de audio.
 Elaborado por: Investigador

El transistor 2n2222 es adecuado para tareas de amplificación de señales pequeñas, motivo de que sea tan demandado es que es bueno amplificando pequeñas corrientes y tensiones pequeñas o medianas, además de poder trabajar con frecuencias medianamente altas. Debido a que la señal de audio que sale de una interfaz audio de un dispositivo electrónico es pequeña, esta necesita ser amplificada. La función que cumple el amplificador de señal es aumentar la característica de amplitud de la señal análoga perteneciente a algún archivo de audio. El circuito presenta una entrada de señal y una salida de señal amplificada, en la entrada conectamos la señal de audio que llega al circuito por medio de un plug de audio de 3.5mm que se muestra en la figura 3.18 y una vez amplificada es leída por el ESP32, es procesada y publicada.



Figura 3.20. Transistor 2n2222a , configuracion de pines [49]

Las características técnicas de este transistor son las siguientes:

- Voltaje colector-emisor (V_{CEO}): 60V
- Voltaje Base-Emisor (V_{EBO}): 6V
- Corriente de colector (I_c): 800mA
- Potencia total disipada: 500mW
- Frecuencia de trabajo: 250 Mhz

Aplicaciones comunes

- Amplificador
- Interruptor

Desarrollo de la etapa de publicación

La etapa de publicación consiste en una tarjeta ESP32 y un circuito preamplificador de señal con una señal que procede de una interfaz de audio de 3.5mm. Para el desarrollo de esta etapa se diseñó una placa base como soporte para la ESP32. La placa base de la tarjeta ESP32 dispone de borneras conectadas a sus pines digitales y

el pin análogo que se utiliza para lectura de muestras de audio, también tiene montado indicadores leds que nos permiten visualizar 3 estados de la placa, existencia de corriente en la placa, conexión a Wifi y conexión a servidor MQTT.

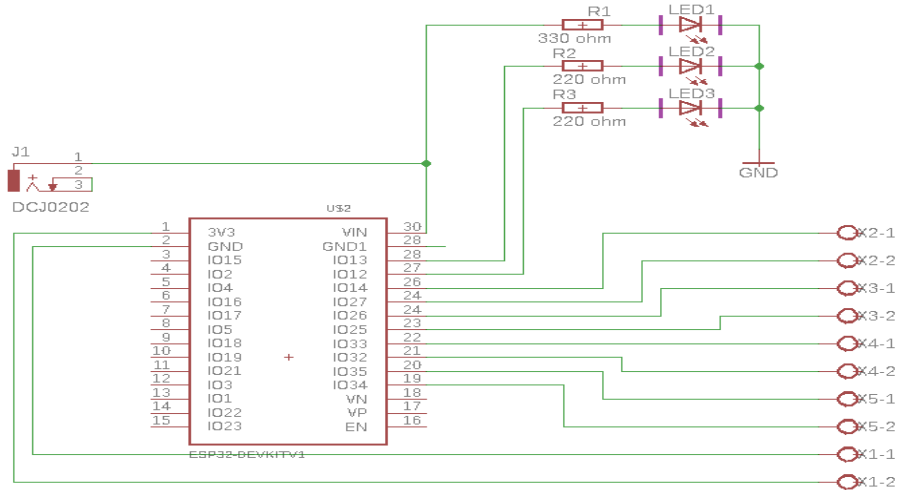


Figura 3.21. Diseño placa publicador software eagle

Elaborado por: Investigador

Otra sección del publicador es el preamplificador de señal diseñado en base al transistor 2N2222A, este transistor tiene una ganancia útil para nuestros propósitos y no requiere muchos componentes para implementar un preamplificador con él. La conexión entre la placa ESP32 y el circuito preamplificador de señal es mediante un solo pin, el circuito tiene un pin de salida, el cual envía las variaciones de voltaje correspondiente a las señales de audio.

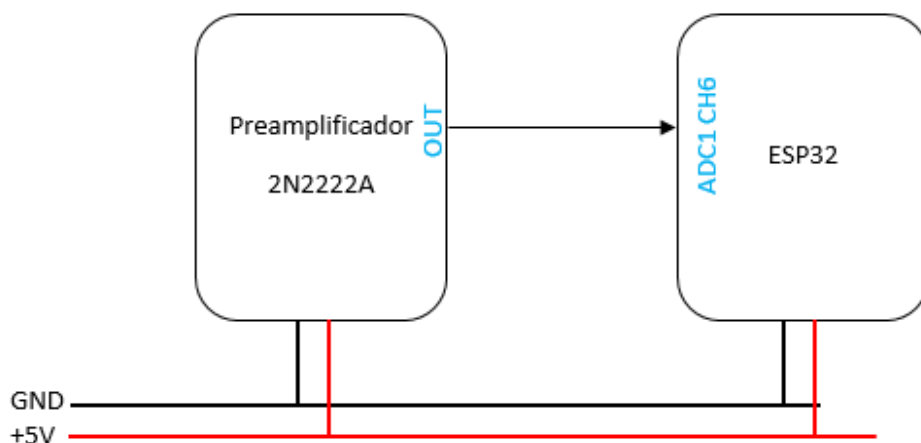


Figura 3.22. Conexión preamplificador-ESP32.

Elaborado por: Investigador

Procesamiento de audio

El procesamiento de audio se realizó siguiendo los pasos que se muestran en el diagrama de la figura 3.23, el tratamiento de las muestras de audio de hace durante una ventana de tiempo de 100ms

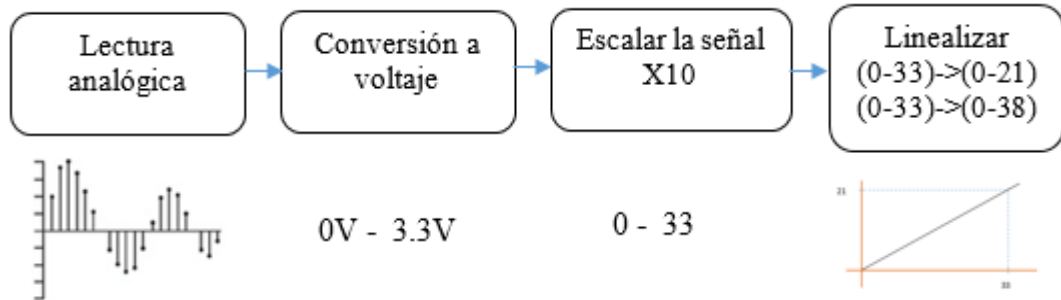


Figura 3.23. Diagrama de bloque de procesamiento de señal de audio

Elaborado por: Investigador

Las pruebas realizadas con este tipo de procesamiento cumplieron su objetivo el cual era tener variaciones de voltaje que correspondan con las nota de audio en la Figura 3.24 se puede observar las muestras mediante un serial Plotter del IDE de arduino la interfaz de raspberry como suscriptor y el video al que corresponden los valores muestreados.

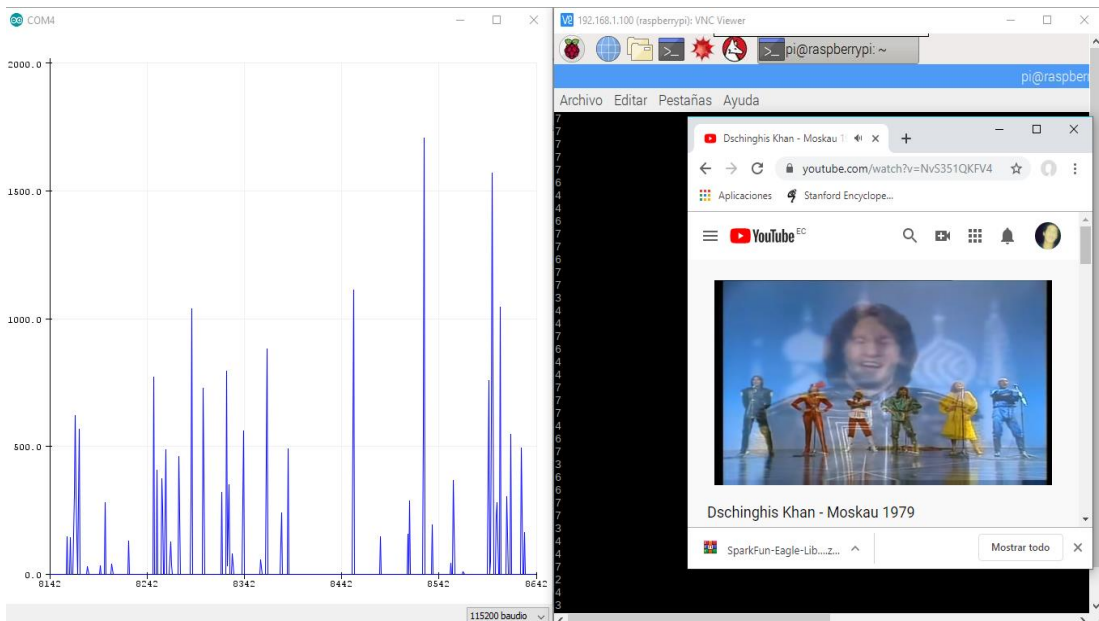


Figura 3.24. Pruebas de funcionamiento

Elaborado por: Investigador

Algoritmo del publicador

En el Figura 3.25 se muestra el diagrama de flujo que representa el algoritmo de los procesos que ejecuta el publicador.

- Conexión inalámbrica con el router(conexión wifi)
- Conexión con el bróker MQTT(registro como cliente publicador)
- Muestreo y procesamiento de las señal de audio
- Envío de datos muestreados y procesados hacia el servidor MQTT(broker)

El código del publicador consta básicamente de cuatro métodos que son: setup, setup_wifi, reconnect y loop, en el ANEXO E se puede encontrar el código completo del publicador.

En el setup se definió los pines 13 y 12 para visualización de estado del publicador y suscriptor, es decir si existe conexión a inalámbrica y si existe conexión al broker MQTT. El método setup_wifi se creó con objetivo de gestionar la conexión inalámbrica. En caso que el router que genera la red se reinicie el método reconnect establece nuevamente la conexión inalámbrica una vez este se halla reiniciado, y en el método loop se ejecutan las instrucciones que generan las secuencias de encendido de los LEDs

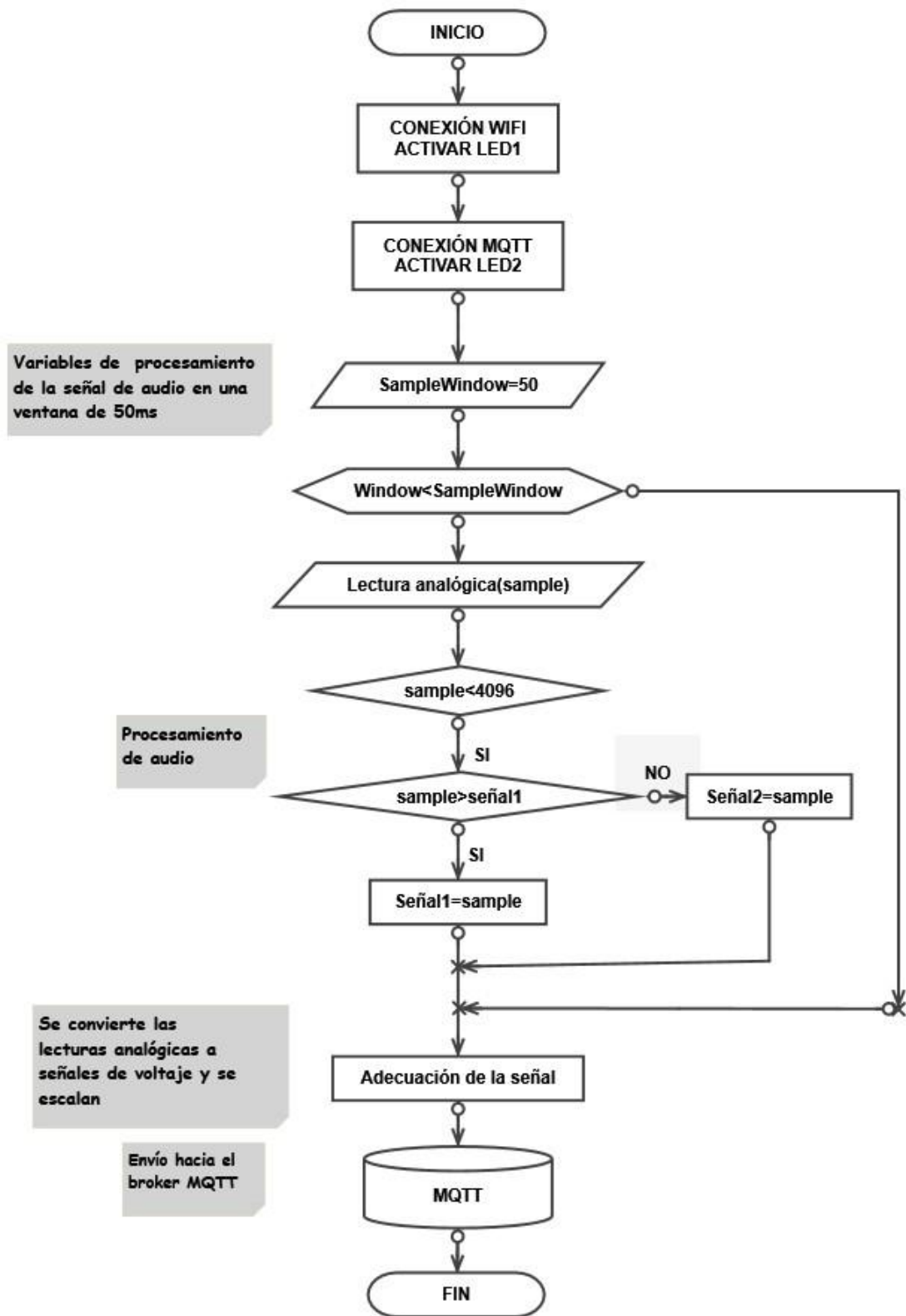


Figura 3.25 Diagrama de flujo código publicador

Elaborado por: Investigador

Desarrollo de la etapa de suscripción

La etapa de suscripción tiene un diseño similar a la etapa de publicación, 3 leds indicadores para saber si existe de energía en la placa y para conocer el estado de la conexión wifi y MQTT. También en la placa se instala el convertidor de nivel de 3.3V a 5V para poder adecuar la señal de datos de 3.3V a 5V para los leds WS2812b.

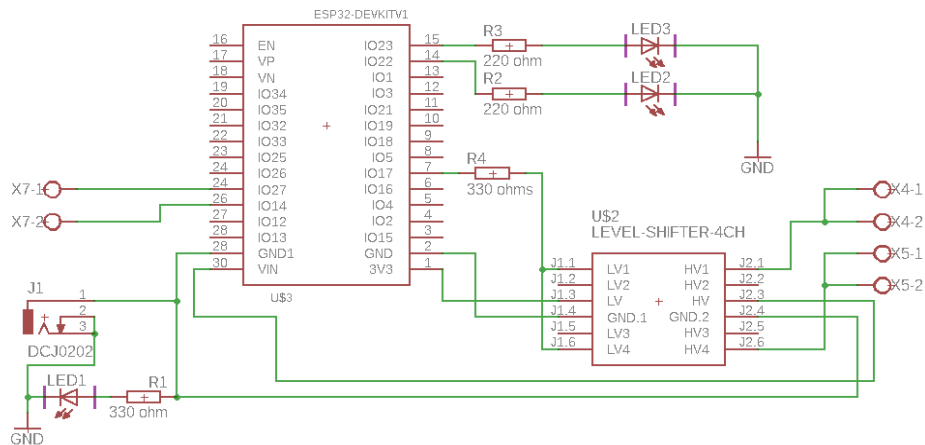


Figura 3.26. Diseño placa suscriptor software eagle.

Elaborado por: Investigador

Algoritmo del suscriptor

Consta de los siguientes métodos: setup, setup_wifi, callback, reconnect y loop. El método callback permite al suscriptor leer la información publicada en el topic y en función de esta información generar los juegos de luces. En el ANEXO E se encuentra el código completo y en la figura 3.27 se muestra el diagrama de flujo de este código.

En el setup se definió los pines 13 y 12 para visualización de estado del publicador y suscriptor, es decir si existe conexión a inalámbrica y si existe conexión al broker MQTT. El método setup_wifi se creó con objetivo de gestionar la conexión inalámbrica. El método callback requiere tres parámetros que sirven para la lectura de la información: el primer parámetro define el topic al cual se ha suscrito, el segundo parámetro guarda la información o payload que ha descargado del topic y el tercero hace referencia a la longitud del payload. En caso que el router que genera la red se reinicie el método reconnect establece nuevamente la conexión con el router una vez este se halla reiniciado, y en el método loop se ejecutan las instrucciones que generan las secuencias de encendido de los LEDs

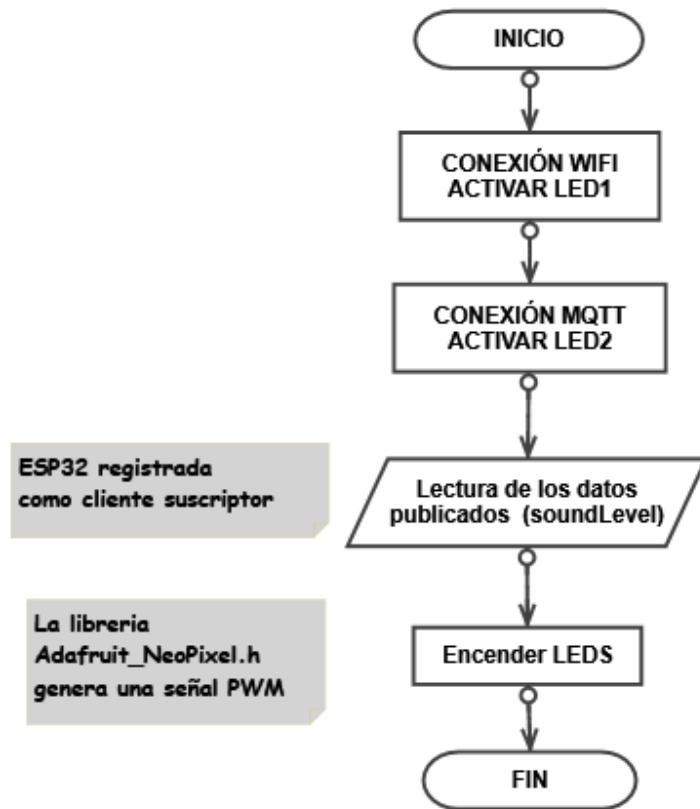


Figura 3.27. Diagrama de flujo código suscriptor

Elaborado por: Investigador

Análisis de la fuente de energía

Las baterías son la fuente de energía utilizada en varias aplicaciones, por ejemplo para arranque de vehículos, alimentación de los diferentes sistemas eléctricos y electrónicos, casas, etc. La fuente de alimentación para el sistema es una parte importante a considerar, se analizaron varias alternativas como fuente de corriente para el sistema, estas se compararon bajo ciertas variables: capacidad, tipo, marca, costo.

Baterías de ácido-plomo: Aporta corriente por la reacción química que se produce entre el material activo de las placas de plomo y el electrolito de ácido sulfúrico. [50]



Figura 3.28. Batería de ácido de plomo sellada [51]

Baterías de Níquel-cadmio: La composición de una batería recargable de NiCd consiste en hidróxido de níquel (NiOOH) en el electrodo positivo y cadmio (Cd) en el electrodo negativo. [50]



Figura 3.29. Batería de Niquel [52]

Baterías de Litio: El término batería de ión litio se refiere a una batería recargable en la que los materiales del electrodo negativo (ánodo) y del electrodo positivo (cátodo) sirven como alojamiento para el ion litio (Li +). [50]



Figura 3.30. Batería de Litio [53]

En la siguiente tabla se analizan las baterías comparando

Tabla 3.7. Comparación de los tipos de baterías.

	Corriente(A)	Composición	Peso(Kg)	Costo(\$)
Batería de ácido-plomo	7-9	Pb (Plomo)	2	15-30
Baterías de níquel-cadmio	7	NiCd (Niquel-cadmio)	2.5	19
Baterías de Litio	9	Li-fePo4 (fosfato de hierro-litio)	1.7	602

Elaborado por: Investigador

Análisis del consumo energético

Para el sistema de iluminación se utilizó la tecnología LED WS2812b, esta tecnología tiene integrado un microchip en cada led, y son fabricados en diferentes formas. En tiras leds o por unidades. En una tira led se pueden instalar tantos leds en

serie como se necesite pues su arquitectura interna lo permite. La tecnología WS2812b RGB tiene un consumo de corriente de 60mA cuando están encendidos los tres leds (R, G, B), cada led tiene un consumo de corriente de 20mA.

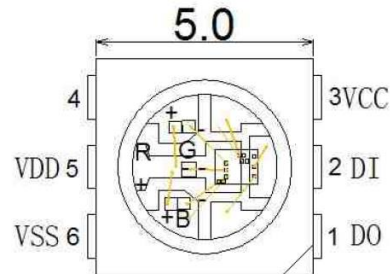


Figura 3.31. Configuración de un pin LED WS2812b [41]

El número de leds que se incorporan en la estructura de cada traje es diferente debido al tamaño. Por ejemplo en la implementación de este proyecto se ha elaborado un traje para hombre y uno para mujer, por lo tanto la estructura varía en tamaño y por consiguiente se instalan diferente cantidad de leds.

- Traje de hombre contiene 76 leds separados en dos grupos.
- Traje de mujer contiene 36 leds separados en dos grupos

Debido a que se conoce el consumo de corriente de por led y el número de leds en cada traje es sencillo dimensionar una fuente DC que soporte el sistema de iluminación portátil, en la siguiente tabla se realizan los cálculos para conocer el consumo total de corriente de los leds en cada traje considerando su consumo máximo de corriente en cada led.

Tabla 3.8. Análisis de consumo de corriente de los LEDs

	Número de leds	Corriente (A)	Corriente total de los leds (A)
Traje hombre	76	0.06	4.56
Traje mujer	36	0.06	2.16

Elaborado por: Investigador

En la tabla a continuación se suma la corriente que consume las tarjetas ESP32 más el total de los leds en cada traje.

Tabla 3.9. Análisis de consumo de corriente de todo el suscriptor

	Corriente total de los leds(A)	corriente de consumo esp32 (mA)	Corriente total (A)	Potencia (W)
Traje hombre	4.56	240	4.8	24
Traje mujer	2.16	240	2.4	12




Elaborado por: Investigador

Con el resultado obtenido del análisis de consumo de energía que se muestra en la tabla anterior (24W y 12W), se consideró oportuno dimensionar una fuente DC de aproximadamente el doble de la corriente calculada. Con estas consideraciones se estimó conveniente utilizar las baterías de ácido-plomo debido a que estas cuentan con las características eléctricas necesarias y que su costo es menor en relación a las demás baterías que existen en el mercado.

Regulador de voltaje

Uno de los últimos puntos a considerar es la forma de alimentación de las tiras leds, estas tiras necesitan una fuente dc independiente, debido a la cantidad de leds que tienen. Y una segunda razón por la que se requieren reguladores de voltaje es porque en el mercado local se encontraron baterías de 6V, 9V, 12V, estos valores superan los 5V requeridos para las tiras LEDs.

Tabla 3.10. Comparación reguladores de voltaje

	LM7805	LM323K	LM2596
Voltaje de entrada máximo	25V	20V	40V
Regulable	NO	NO	SI
Corriente de salida	1.5A	3A	3A
Precio	\$1	\$3	\$2.25
Grafico			

Elaborado por: Investigador

Se busca en los reguladores de voltaje una salida de 5V y también que soporte una corriente de salida de 3A como mínimo para que permita aumentar leds según las

necesidades del usuario. Se consideraron 3 reguladores que se muestran en la tabla 3.10. Al realizar las pruebas con la cantidad de leds en cada traje se consideró conveniente utilizar el regulador de voltaje LM2596 debido a que soportó el consumo de corriente sin llegar a calentarse, como ocurrió con el LM323k y para alimentar la tarjeta electrónica de cada suscriptor en los trajes abasteció el LM7805.

VNC

Sus siglas en ingles significan Virtual Networking Computing, este software informático permite compartir la pantalla de un ordenador con otro dispositivo ya sea en una red local o en una red a través de internet en tiempo real. Su instalación se permite en sistemas operativos pagados y de licencia libre, también en teléfonos celulares.[54]

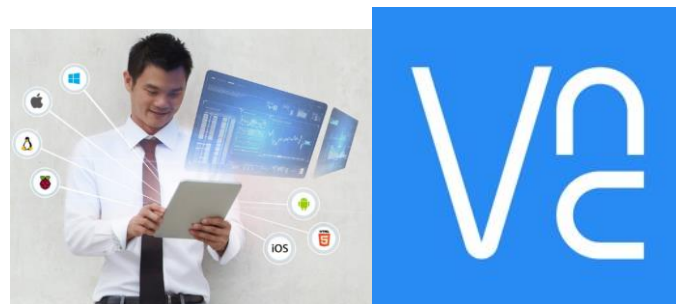


Figura 3.32. Sistemas operativos con VNC connect, Logo VNC connect [54]

Se hace uso de esta aplicación en el proyecto con el fin poder controlar el apagado de la raspberry pi de manera segura, es decir primero apagando el sistema operativo de raspbian y luego desconectando la energía. Para hacer más flexible el sistema instalamos la aplicación en un celular, en nuestro caso utilizamos Android, razón por la cual descargamos la aplicación disponible en la tienda de Google Play.



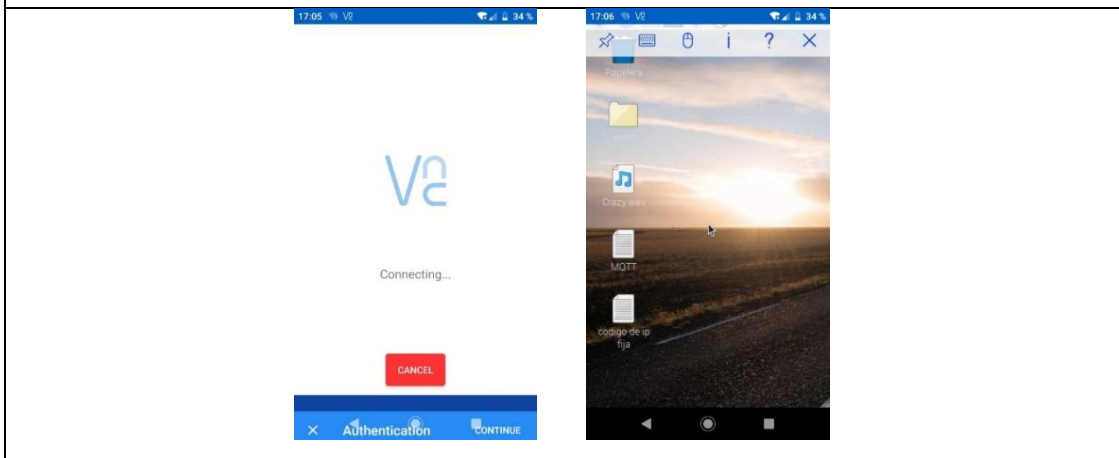
Figura 3.33. VNC desde la tienda de Android

Para conectar nuestro celular con el escritorio de raspbian tenemos que seguir los pasos a continuación:

Tabla 3.11 Pasos para configuración de vnc android con raspberry pi

<p>1 Interfaz gráfica de la aplicación</p>	<p>2 Agregamos una nueva conexión</p>
	
<p>3 Ingresamos la dirección IP de la raspberry y un nombre</p>	<p>4 Creamos la conexión</p>
	
<p>5 Si esta correcta la direccion IP seleccionamos conectar</p>	<p>6 Nos pide nombre de usuario y contraseña de servidor vnc configurado el la raspberry</p>
	

7 Seleccionamos continuar una vez ingresado correctamente nombre de usuario y contraseña



Elaborador por: el investigador

Pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación

En la figura 3.24 se puede observar el sistema implementado y en uso por los zanqueros del grupo Ancestral Fénix, con un peso adicional de 5Lbs el traje con el sistema de iluminación permitió a los zanqueros fácil movilidad para realizar sus actividades, en el ANEXO D hay más resultados del sistema completo.



Figura 3.34. Pruebas de funcionamiento con los zanqueros

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El desarrollo de equipos wearables se ha incrementado esta última década, gracias a los avances en microelectrónica se han desarrollado e-textiles para monitoreo de los signos vitales del cuerpo, como prendas de vestir y accesorios con sensores ECG, de temperatura, de presión, etc. Además también se han desarrollado e-textiles con enfoques estéticos para decorar prendas.
- Los métodos utilizados para decorar vestimenta con iluminación son limitados, existen entre las encontradas en la investigación iluminación: led, fibra óptica, cable electroluminiscente, y pintura especial que presenta efectos luminosos al interactuar con luz UV.
- Para controlar las secuencias de encendido de las tiras led WS2812b se requiere de un procesador con una RAM pequeña como la de arduino UNO, sin embargo el sistema implementado demanda más memoria que 2KB, debido a que el sistema esta implementado con una red inalámbrica para compartir datos que generan las secuencias de encendido, y la lectura rápida de estos datos es importante, Por esta razón la característica técnica más importante de la tarjeta es la capacidad de memoria. Y con estos requerimientos la tarjeta ESP32 mostro notables mejoras en relación con la tarjeta ESP8266.
- ESP32 es la placa de desarrollo más potente entre las que se consideraron en esta investigación su capacidad de memoria es aproximadamente cinco veces mayor que ESP8266. En la ejecución de las pruebas de ensayo con el sistema de iluminación y la red inalámbrica el desempeño de ESP32 fue notablemente mejor que su antecesora ESP8266.

- El protocolo de comunicación MQTT requiere un intermediario para poder compartir información entre los clientes MQTT, este intermediario se conoce como bróker, la instalación de este Bróker debe hacer en ordenador con capacidad de memoria mayor que la tarjeta esp32, Raspberry es una opción bastante accesible para instalar el bróker, por razón que existe información relaciona con este y además su precio es más bajo que otras ordenadores más potentes que raspberry.
- Uno de los puntos más significativos para la implementación del proyecto fue la selección correcta del microcontrolador, debido a que fue de gran importancia la capacidad de memoria RAM que tiene. Se realizaron pruebas con placas como nodemcu que es bastante similar a ESP32, sin embargo fue evidente la capacidad de procesamiento debido a que ESP32 tiene 4 veces más memoria que Nodemcu, además ESP32 posee dos núcleos de procesamiento (Gestión de comunicaciones y código de aplicación) lo que hace que sea mucho más rápido que Nodemcu y otras tarjetas consideradas.
- La fuente de audio que provee la información al publicador fue también uno de los puntos críticos que se tuvo que considerar con cuidado. Para esta parte del publicador se realizaron pruebas con diferentes opciones como preamplificadores obteniendo diferentes resultados, en algunos casos la señal de información se mezcló con ruido en la que se evidenció un funcionamiento no esperado con la iluminación, finalmente se implementó un preamplificador basado en el transistor 2N2222A. Pues de esta etapa depende que los juegos de luces en los trajes sean coordinados con las notas de audio.
- Cada uno de los trajes que se unan al sistema tienen un consumo de energía bastante alto, debido a que los leds neopixel RGB tienen un consumo de corriente máxima de 0.06A, esto hace que seleccionar una batería que suministre energía suficiente sea una tarea de seria consideración, ya que los espectáculos públicos por lo general suelen tener una duración promedio de 2 horas.

- MQTT es un protocolo de comunicaciones ligero y bastante eficiente, ya que cumple con el objetivo de comunicar las tarjetas en la red para enviar y recibir información, además el bróker MQTT es sencillo de utilizar ya que no es necesario reconfigurarlo cada vez que se encienda la raspberry donde se instaló.
- Una característica relevante del sistema es la distancia a la que el bróker, publicador y suscriptor pueden conectarse, ya que esta determina el rango en el cual los zanqueros pueden movilizarse. El uso del router contribuyo con esta característica importante debido a que mejoró la distancia de comunicación entre los componentes MQTT.

4.2 Recomendaciones

- Todos los dispositivos que componen la red se comunican mediante el protocolo MQTT de manera local por medio de una red inalámbrica que genera un router. Una manera de reducir costos y tener resultados similares en la transmisión de información de audio es usando la librería WiFiUDP.h que evita tener que usar un router para comunicación y un bróker MQTT instalado en una raspberry, se usa una ESP32 como router.
- La iluminación leds en los trajes es de propósito artístico, de manera que los zanqueros realizan sus actos durante un largo periodo de tiempo, en promedio dos horas, por esta razón es necesario tratar de aligerar el peso de los trajes junto con el sistema de iluminación, comunicación. En cada traje de zanqueros es necesario un sistema de control de luz y comunicación, estos se han instalado en una caja en la parte posterior, aumentando el peso de los trajes. Sin embargo lo que más tiene peso no son los circuitos sino la batería. Una forma de reducir el peso en las baterías es reemplazando las baterías de ácido-plomo por baterías de litio que son mucho más ligeras.

- Hay que tener en cuenta que los clientes MQTT son dispositivos que se identifican con el bróker mediante un nombre o ID que se configura mediante la línea de código `client.connect("*****")`, por esta razón es importante que a cada dispositivo se asignen nombres o identificadores diferentes para evitar inconvenientes con la comunicación MQTT.
- Para regular las señales que la ESP32 tiene que procesar se ha dispuesto un potenciómetro en el publicador que permite tener las señales de audio dentro del rango aceptado por la ESP32, es importante tener en cuenta esta recomendación pues en caso de que la señal no este correctamente configurada las luces en los trajes no encenderán.
- Se puede generar un gama de colores más amplia y variada utilizando alguna herramienta que genere todos los colores en base a RGB, en línea hay varias páginas de brindan esta facilidad, con esta herramienta y solo agregando un ciclo for en el código con los valores de RGB es posible generar nuevos colores para el sistema de iluminación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] K. W. . Cheng *et al.*, “LED lighting development for intelligent clothing,” *Inst. Electr. Electron. Eng.*, pp. 1–4, 2009.
- [2] S. Park and S. Jayaraman, “Smart textiles: Wearable electronic systems,” *MRS Bull.*, vol. 28, no. 8, pp. 585–591, 2003.
- [3] M. Yang and J. Cheng, “Research and Development of Smart Health Monitoring Clothing System,” *IEEE*, pp. 8231–8234, 2018.
- [4] B. Yao and Y. Li, “Protective Thermo-physiological Clothing Integrated with Intelligent Control and Wireless Measurement,” in *International Conference on Digital Manufacturing Automation*, 2010, pp. 121–125.
- [5] P. León, D. Aguilar, A. Dávila, and B. Torres, “Prototipo de chaleco con computacion portatil para seguridad vial,” in *IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)*, 2016, pp. 1–6.
- [6] M. Remi, “zancos de la era antigua.” 2011.
- [7] G. HERRINGTON, “Spring Stilt,” 238,042, 1881.
- [8] J. L. Gintrac, “Pastores franceses caminando sobre zancos.” 2018.
- [9] “Aplicación de las comunicaciones audiovisuales.” 1995.
- [10] J. Toth Chernin, “What are E-textiles,” in *E-textiles*, Century Skills, 2013, pp. 4–8.
- [11] Jmele, “Tamaños de leds SMD.” 2019.
- [12] “LED CLOTHING STUDIO.” .
- [13] D. Gule, M. Gannon, and K. Sicchio, “Glowing Materials,” in *Crafting Wearables*, Apress, 2016, p. 82.
- [14] Instructables, “Vestido con fibra óptica,” *Color Changing Fiber Optic Fabric.* .
- [15] H. Textile, “Tela fabricada con fibra óptica,” *LUMINOUS FIBER OPTIC FABRIC A FABRIC THAT LITERALLY LIGHTS UP.* .
- [16] “Camiseta interactiva para niños en color verde brillante,” *NOT ON THE HIGH STREET.* .
- [17] Tintas, “Pintura UV,” *EXPERTOS EN GRAN FORMATO.* .
- [18] J. R. Knisley, “EC&M,” 2007. .
- [19] T. Croft, C. Carr, and J. H. Watt, “INSTALACIONES DE ANUNCIOS LUMINOSOS Y SEÑALIZACION DE EXTERIORES,” in *MANUAL DEL MONTADOR ELECTRICISTA*, New York: REVERTÉ, 1690, pp. 288–290.
- [20] A. Almeida, B. Santos, B. Paolo, and M. Quicheron, “Solid state lighting review – Potential and challenges in Europe,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 34, pp. 30–48, 2014.
- [21] M. Jose and Romero Máximo, “Venatajas con otras fuentes de luz,” in *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*, Parainfo S., Madrid España, 2010, pp. 22–29.

- [22] L. Leds, “Clasificación de tecnología LED.” .
- [23] Raspberry, “VivoMini UN65U Asus, Raspberry pi 3b+.” .
- [24] E. Mandado and L. M. Menéndez, “Microcontrolador,” in *Microcontroladores PIC*, Barcelona: MARCOMBO, 2007, pp. 11–13.
- [25] IEEE, “The History of the IEEE 802 Standard,” 2018. .
- [26] S. Naveed, R. Imtiaz, and A. Kemp, “Overview of the IEEE 802.15.4 standards family for Low Rate Wireless Personal Area Networks,” in *International Symposium on Wireless Communication Systems*, 2010, pp. 701–705.
- [27] P. Corral, “Estandar 802.11,” in *Simulación y técnicas de diversidad y filtrado kalman en redes inalámbricas*, 2016, pp. 60–61.
- [28] B. Per, “The Evolution of Operating Systems.,” in *Classic Operating Systems*, New York, NY, 2001.
- [29] N. Haines, “System Requirements,” in *Begining Ubuntu for Windows and Mac Users*, California: Apress, 2017, p. 27,28.
- [30] B. Dufort and R. Gordon, “Pulse Width Modulation(PWM),” in *Analog Test Signal Generation*, .
- [31] IPC2U, “Clientes MQTT.” 2019.
- [32] B. Boyd, J. Gauci, and M. Robertson, “Quality of service (QoS) levels and flow,” in *Building Real-time Mobile Solutions with MQTT and IBM MessageSight*, Reebbooks, 2014, pp. 236–238.
- [33] Sofgigabytes, “MQTT Packet Structure,” 2018. [Online]. Available: <http://www.bytesofgigabytes.com/mqtt/mqtt-protocol-packet-structure/#>.
- [34] T. Giannakopoulos and A. Pikrakis, “Audio Features,” in *Introduction to Audio Analysis*, Elsevier Ltd, 2014.
- [35] O. Anazco, “Streaming,” *rraae*, 2014. .
- [36] R. Lopez, “Teatro, mimos, zancos.” 2018.
- [37] R. P. FOUNDATION, “Raspberry Pi 3 Model B+.” [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>.
- [38] S. Santo, “ESP8266 VS ESP32.” 2019.
- [39] Espressif, “ESP32.” .
- [40] E. Ilker, “3528 SMD 60 LED/m.” .
- [41] Worldsemi, “Data Sheet.” .
- [42] Mosca, “Mosca, MQTT broker as a module.” .
- [43] Github, “What is Moquette?” .
- [44] E. Foundation, “Ecclipse Mosquitto.” .
- [45] Mosquitto, “MQTT.” .
- [46] L. Roger, “MQTT man page,” *Quality of Service*, 2015. .
- [47] L. Hernandez, “Instalación de mosquitto.” .

- [48] O. Semiconductor, “N-Channel Logic Level Enhancement Mode Field Effect Transistor.” .
- [49] O. Semiconductor, “Small Signal Switching Transistor.” .
- [50] PRBA, “Tipos de Baterias.” .
- [51] N. NATRONIC, “Batería plomo AGM 12V 12Ah.” .
- [52] Industronic, “BATERÍAS NÍQUEL-CADMIO PARA UPS.” .
- [53] ACCU24, “Batteries.” .
- [54] V. RealVNC® and RFB®, “RealVNC.” [Online]. Available: <https://www.realvnc.com/es/>.

ANEXO A

CARACTERÍSTICAS EsP32

1.4.1 CPU and Memory

- Xtensa® single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor(s), up to 600 MIPS (200 MIPS for ESP32-S0WD, 400 MIPS for ESP32-D2WD)
- 448 KB ROM
- 520 KB SRAM
- 16 KB SRAM in RTC
- QSPI supports multiple flash/SRAM chips

1.2 Wi-Fi Key Features

- 802.11 b/g/n
- 802.11 n (2.4 GHz), up to 150 Mbps
- WMM
- TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU
- Immediate Block ACK
- Defragmentation
- Automatic Beacon monitoring (hardware TSF)
- 4 × virtual Wi-Fi interfaces

5.1 Absolute Maximum Ratings

Stresses beyond the absolute maximum ratings listed in the table below may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and do not refer to the functional operation of the device that should follow the [recommended operating conditions](#).

Table 11: Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
VDDA, VDD3P3, VDD3P3_RTC, VDD3P3_CPU, VDD_SDIO	Voltage applied to power supply pins per power domain	-0.3	3.6	V
I_{output}^*	Cumulative IO output current	-	1,200	mA
T_{store}	Storage temperature	-40	150	°C

5.5 RF Power-Consumption Specifications

The power consumption measurements are taken with a 3.3 V supply at 25 °C of ambient temperature at the RF port. All transmitters' measurements are based on a 50% duty cycle.

Table 15: RF Power-Consumption Specifications

Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, DSSS 1 Mbps, POUT = +19.5 dBm	-	240	-	mA
Transmit 802.11g, OFDM 54 Mbps, POUT = +16 dBm	-	190	-	mA
Transmit 802.11n, OFDM MCS7, POUT = +14 dBm	-	180	-	mA
Receive 802.11b/g/n	-	95 ~ 100	-	mA
Transmit BT/BLE, POUT = 0 dBm	-	130	-	mA
Receive BT/BLE	-	95 ~ 100	-	mA

ANEXO B

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONVERTIDOR DE NIVEL



SN74LV1T34

SCLS743B – DECEMBER 2013 – REVISED JUNE 2017

SN74LV1T34 Single Power Supply Single Buffer GATE CMOS Logic Level Shifter

1 Features

- Latch-Up Performance Exceeds 250 mA Per JESD 17
- ESD Performance Tested Per JESD 22
 - 2000-V Human-Body Model (A114-B, Class II)
 - 200-V Machine Model (A115-A)
 - 1000-V Charged-Device Model (C101)
- Single-Supply Voltage Translator at 5-V, 3.3-V, 2.5-V, and 1.8-V V_{CC}
- Operating Range of 1.65 V to 5.5 V
- Up Translation
 - 1.2 V⁽¹⁾ to 1.8 V at 1.8-V V_{CC}
 - 1.5 V⁽¹⁾ to 2.5 V at 2.5-V V_{CC}
 - 1.8 V⁽¹⁾ to 3.3 V at 3.3-V V_{CC}
 - 3.3 V to 5.0 V at 5.0-V V_{CC}
- Down Translation
 - 3.3 V to 1.8 V at 1.8-V V_{CC}
 - 3.3 V to 2.5 V at 2.5-V V_{CC}
 - 5 V to 3.3 V at 3.3-V V_{CC}
- Logic Output is Referenced to V_{CC}
- Output Drive
 - 8 mA Output Drive at 5.0 V
 - 7 mA Output Drive at 3.3 V
 - 3 mA Output Drive at 1.8 V
- Characterized up to 50 MHz at 3.3 V V_{CC}
- 5-V Tolerance on Input Pins
- –40°C to +125°C Operating Temperature Range
- Supports Standard Logic Pinouts
- CMOS Output Backward Compatible With AUP1G and LVC1G Families

⁽¹⁾ Refer to the V_{IH}/V_{IL} and output drive for lower V_{CC} condition

2 Applications

- Industrial Controllers
- Telecom
- Portable Applications
- Servers
- PC and Notebooks

3 Description

The SN74LV1T34 device is a low voltage CMOS gate logic that operates at a wider voltage range for industrial, portable, and telecom applications. The output level is referenced to the supply voltage and is able to support 1.8-V, 2.5-V, 3.3-V, and 5-V CMOS levels.

The input is designed with a lower threshold circuit to match 1.8 V input logic at $V_{CC} = 3.3$ V and can be used in 1.8 V to 3.3 V level up translation. In addition, the 5 V tolerant input pins enable down translation (that is, 3.3 V to 2.5 V output at $V_{CC} = 2.5$ V). The wide V_{CC} range of 1.8 V to 5.5 V allows generation of desired output levels to connect to controllers or processors.

The SN74LV1T34 device is designed with current-drive capability of 8 mA to reduce line reflections, overshoot, and undershoot caused by high-drive outputs.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
SN74LV1T34DBV	SOT-23 (5)	2.90 mm x 1.60 mm
SN74LV1T34DCK	SC70 (5)	2.00 mm x 1.25 mm

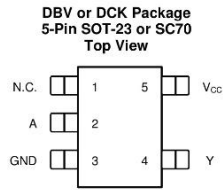
⁽¹⁾ For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Logic Diagram



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
A	2	I	Input A
GND	3	—	Ground
N.C.	1	—	No Connect
V _{CC}	5	—	Power Supply
Y	4	O	Output Y

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾

	MIN	MAX	UNIT
V _{CC} Supply voltage	-0.5	7	V
V _I Input voltage ⁽²⁾	-0.5	7	V
V _O Voltage range applied to any output in the high or low state ⁽²⁾	-0.5	V _{CC} + 0.5	V
I _{IK} Input clamp current		-20	mA
I _{OK} Output clamp current		±20	mA
I _O Continuous output current		±25	mA
Continuous current through V _{CC} or GND		±50	mA
T _{stg} Storage temperature	-65	150	°C
T _J Junction temperature		150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) The input negative-voltage and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.

6.2 ESD Ratings

	VALUE	UNIT
V _(ESD) Electrostatic discharge	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	2000
	Charged device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 ⁽²⁾	1000
	Machine Model (A115-A)	200

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.
- (2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

ANEXO C

MANUAL DE USUARIO

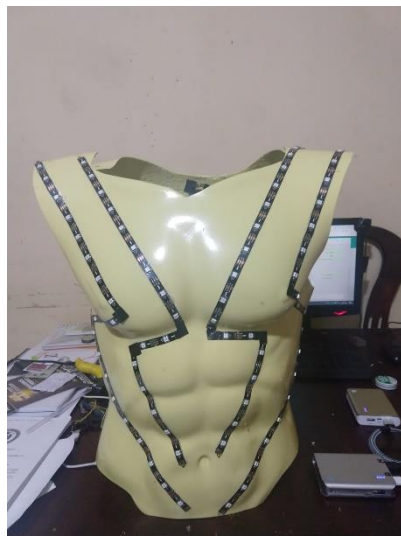
Para poner en marcha el sistema de comunicación junto con el sistema de iluminación hay que seguir en orden los siguientes pasos.

1. Encender el router que genera una red inalámbrica con el nombre “Ancestral_Fenix”
2. Encender la raspberry pi(se conecta automáticamente al router)
3. Regular las señales de audio con el potenciómetro de manera que estén en el rango de 0-32, se pueden ayudar de la aplicación VNC y una terminal de raspbian.
4. Encender los trajes el sistema electrónico que tienen cada zanquero (se conectan de forma automática con el router)

Es necesario seguir estos pasos en orden, para que la asignación de IPs se realiza de manera automática y correcta cada uno de los elementos MQTT. Es importante para que funcione en conjunto todo el sistema que la IP 192.168.1.100 esté siempre disponible para la raspberry pi (Broker). Una manera de comprobar que el direccionamiento de la raspberry ha sido asignado correctamente es verificar los leds indicadores que se encuentran en los clientes MQTT

ANEXO D

PROTOTIPOS TERMINADOS





ANEXO E

CÓDIGOS CLIENTES MQTT

CÓDIGO PUBLICADOR

```
#include "WiFi.h"
#include <PubSubClient.h>
const char* ssid = "Ancestral_Fenix";
const char* password = "12345678";
const char* mqtt_server = "192.168.1.100";
const int sensorPIN = 34;
const int sampleWindow = 50;
unsigned int sample;
char msg[50];
WiFiClient espClient1;
PubSubClient client(espClient1);
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
}
void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
```

```

    digitalWrite(13, LOW);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
digitalWrite(13, HIGH);
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}
void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("Publicador")) {
            Serial.println("connected");
            digitalWrite(12, HIGH);
            client.publish("home", "Enviando el primer mensaje");
        } else {
            digitalWrite(12, LOW);
            Serial.print("failed, rc=");
            // Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            delay(5000);
        }
    }
}
void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();
}

```

```

unsigned long startMillis = millis(); // inicio de la ventana de muestreo
while (millis() - startMillis < sampleWindow) {
    sample = analogRead(34);
    if(sample<1000){
        sample=0;
    }
}

double volts = (sample * 3.3)/4096; // conversion a voltios
int sound = (volts * 10);
int soundLevel = map(sound, 0, 32, 0, 21);
Serial.println(sample);

//lineas de codigo para enviar dato al broker
snprintf (msg, 75, "%ld", sound);
client.publish("home", msg);
}

```

CODIGO SUSCRIPTOR ZANQUERO 1

```

#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#define LEDPIN 17
#define NUMBER_PIXEL 38
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

Adafruit_NeoPixel strip = Adafruit_NeoPixel(NUMBER_PIXEL, LEDPIN,
NEO_GRB + NEO_KHZ800);
const char* ssid = "Ancestral_Fenix";
const char* password = "12345678";
const char* mqtt_server = "192.168.1.100";
int lng = 100;//long delay

```



```

int sht = 50;

int sound;

unsigned int sample;

void setup() {
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(22, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
  strip.begin();
  Serial.print(NUMBER_PIXEL);
}

void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    digitalWrite(23, LOW);
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  digitalWrite(23, HIGH);
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

```

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    char PAYLOAD[5] = " ";
    for (int i = 0; i < length; i++) {
        PAYLOAD[i] = (char)payload[i];
    }
    sound = String(PAYLOAD).toInt();
}

void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("suscriptorH")) {
            Serial.println("connected");
            digitalWrite(22, HIGH);
            client.subscribe("home");
        } else {
            Serial.print("failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            digitalWrite(22, LOW);
            delay(5000);
        }
    }
}

void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();
    int nivel = map(sound, 0, 33, 0, 38);
    if(nivel==0){

```

```

    apagar();
}
int aleatorio=random(1,13);
switch(aleatorio){
    case 1:
    for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
    strip.setPixelColor(i, 100, 90, 50);
        strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 2:
    for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
    strip.setPixelColor(i, 100, 0, 00);
    strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 3:
    for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
    strip.setPixelColor(i, 0, 100, 0);
    strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 4:
    for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
    strip.setPixelColor(i, 0, 0, 100);
    strip.show();
    }
}

```

```

        delay(50);
        break;
        case 5:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 100, 100, 100);
strip.show();
    }
        delay(50);
        break;
        case 6:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 51, 0, 255);
strip.show();
    }
        delay(50);
        break;
        case 7:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 0, 137, 255);
strip.show();
    }
        delay(50);
        break;
        case 8:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 0, 230, 255);
strip.show();
    }
        delay(50);
        break;

```

```

    case 9:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 48, 100, 105);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 10:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 29, 197, 216);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 11:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 143, 233, 191);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 12:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 25, 236, 138);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 13:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){

```

```

strip.setPixelColor(i, 138, 236, 25);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
}
}
void apagar(){
for(int i=0; i<=38; i++){
strip.setPixelColor(i, 0, 0 ,0);
strip.shown();
}
}

```

CODIGO SUSCRIPTOR ZANQUERO 2

```

#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#define LEDPIN 17
#define NUMBER_PIXEL 21
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
Adafruit_NeoPixel strip = Adafruit_NeoPixel(NUMBER_PIXEL, LEDPIN,
NEO_GRB + NEO_KHZ800);
const char* ssid = "Ancestral_Fenix";
const char* password = "12345678";
const char* mqtt_server = "192.168.1.100";
int lng = 100;//long delay
int sht = 50;
int sound;
unsigned int sample;

```

```

void setup() {
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(22, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
  strip.begin();
  Serial.print(NUMBER_PIXEL);
}

void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    digitalWrite(23, LOW);
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  digitalWrite(23, HIGH);
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  char PAYLOAD[5] = " ";
  for (int i = 0; i < length; i++) {

```

```

    PAYLOAD[i] = (char)payload[i];
}
sound = String(PAYLOAD).toInt();
}
void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("suscriptorM")) {
            Serial.println("connected");
            digitalWrite(22, HIGH);
            client.subscribe("home");
        } else {
            Serial.print("failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            digitalWrite(22, LOW);
            delay(5000);
        }
    }
}
void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();
    int nivel = map(sound, 0, 33, 0, 21);
    if(nivel==0){
        apagar();
    }
    int aleatorio=random(1,13);

```



```

switch(aleatorio){
    case 1:
for(int i=0; i<=nivel; i++){
strip.setPixelColor(i, 100, 90, 50);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 2:
for(int i=0; i<=nivel; i++){
strip.setPixelColor(i, 100, 0, 00);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 3:
for(int i=0; i<=nivel; i++){
strip.setPixelColor(i, 0, 100, 0);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 4:
for(int i=0; i<=nivel; i++){
strip.setPixelColor(i, 0, 0, 100);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 5:

```

```

for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 100, 100, 100);
strip.show();
}
delay(50);
break;
case 6:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 51, 0, 255);
strip.show();
}
delay(50);
break;
case 7:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 0, 137, 255);
strip.show();
}
delay(50);
break;
case 8:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 0, 230, 255);
strip.show();
}
delay(50);
break;
case 9:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 48, 100, 105);

```

```

strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 10:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 29, 197, 216);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 11:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 143, 233, 191);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 12:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 25, 236, 138);
strip.show();
    }
    delay(50);
    break;
    case 13:
for(int i=0; i<=nivel; i++ ){
strip.setPixelColor(i, 138, 236, 25);
strip.show();
    }

```

```
        delay(50);
        break;
    }
}
void apagar(){
for(int i=0; i<=38; i++){
strip.setPixelColor(i, 0, 0 ,0);
strip.shown();
}
```