



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE LA RED LI-FI PARA LA UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL JOSÉ
RICARDO CHIRIBOGA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Electrónico

AUTORES: William Wladimir Boada Quishpe
Evelyn Nathaly Ulco Criollo

TUTOR: Verónica Emma Soria Maldonado

Quito – Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, William Wladimir Boada Quisphe, con documento de identificación No. 1724197775 y Evelyn Nathaly Ulco Criollo, con documento de identificación No. 1722959176; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de junio del año 2022.

Atentamente,



William Wladimir Boada Quisphe

1724197775



Evelyn Nathaly Ulco Criollo

1722959176

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, William Wladimir Boada Quisphe, con documento de identificación No. 1724197775 y Evelyn Nathaly Ulco Criollo, con documento de identificación No. 1722959176, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “Diseño de la red LI-FI para la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de junio del año 2022.

Atentamente,

William Wladimir Boada Quisphe

1724197775

Evelyn Nathaly Ulco Criollo

1722959176

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Emma Soria Maldonado con documento de identificación No. 1715185961 ente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA RED LI-FI PARA LA UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL JOSÉ RICARDO CHIRIBOGA, realizado por William Wladimir Boada Quisphe con documento de identificación No. 1724197775 y por Evelyn Nathaly Ulco Criollo con documento de identificación No. 1722959176, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de junio del año 2022.

Atentamente,



Ing. Verónica Emma Soria Maldonado, MSc.

1715185961

DEDICATORIA

El presente trabajo quiero dedicar primero a Dios por las bendiciones derramadas y por darme la fortaleza para poder concluir una meta.

Dedico a mis padres Alfredo y Rosita quienes son la piedra angular en mi vida; gracias a su amor, paciencia, apoyo incondicional, sacrificio, fortaleza, perseverancia forja mi camino personal y profesional, y que gracias a ese soporte el día de hoy cumpla una meta, y como echar de menos a la persona que me acompañó durante este trayecto mi compañero de aula y de vida Javier, quien con su confianza y amor estuvo apoyándome para que este sueño se haga realidad.

Evelyn Nathaly Ulco Criollo

Dedico este trabajo a Dios primero porque cada una de las metas cumplidas en mi vida.

A mis padres, Juan Carlos y Natividad, por todo el sacrificio, paciencia, apoyo, ejemplo, amor y felicidad que me han dado.

Finalmente, y no menos importante a mi hermana Andrea, cuyo amor y compañía a lo largo de los años me ha traído más bendiciones de las que ella ni siquiera puede notar.

William Wladimir Boada Quishpe

AGRADECIMIENTOS

Primero, dar a gracias a Dios y a la Virgen Santísima por las bendiciones recibidas día a día y porque iluminan mi camino a diario.

Agradecer a mis padres quiénes son mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir, y que gracias a su amor, sacrificio y entrega son mi apoyo e inspiración en el cumplimiento de metas. Gracias a mis hermanos, sobrinos, que me acompañan a diario con amor y apoyo incondicional.

A mis docentes, que a lo largo de estos años me han impartido conocimientos, experiencia y sabiduría; en especia agradecer a la Ing. Verónica Soria, quién guó con paciencia, conocimientos y retroalimentación la realización del presente trabajo de titulación.

Evelyn Nathaly Ulco Criollo

Le doy gracias a Dios porque su amor y misericordia me ha sostenido y ha formado a lo largo de toda la vida, y porque su plan perfecto y su obra en mí me permiten caminar confiado y seguro sabiendo quien va delante de mí y que todo lo bueno que hay en mí viene de Él. Asimismo, gracias a mis padres porque sin su amor, apoyo y guía muchos de mis logros no habrían sido posibles. Oro a Dios que me permita devolverles todas las bendiciones que han traído a mi vida.

Finalmente, gracias a mis maestros por su predisposición y entrega para compartir su conocimiento y experiencia, especialmente a la Ing. Verónica Soria quien fue la guía firme y alentadora que contribuyó de gran manera en la realización de este trabajo.

William Wladimir Boada Quishpe

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 1	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Justificación.....	15
1.3 Metodología	16
1.4 Objetivos	16
CAPITULO 2.....	18
2 MARCO CONCEPTUAL.....	18
2.1 Introducción a las Redes Inalámbricas.....	18
2.2 Wi-Fi	19
2.2.1 Arquitectura de la red Wi-Fi	19
2.2.2 Ventajas de la red Wi-Fi.....	20
2.2.3 Desventaja de la red Wi-Fi.....	20
2.3 Estándar IEEE 802.11	20
2.4 Comunicación de Luz Visible (VCL)	21
2.4.1 Características de VLC.....	22
2.5 Definición de Li-Fi.....	22
2.5.1 Ventajas de la red Li-Fi.....	23
2.5.2 Desventajas de la red Li-Fi.....	24
2.6 Estándar IEEE 802.15.7	24
2.6.1 Características del Estándar IEEE 802.15.7	25
2.7 Topología de red.....	25
2.8 Modulación para redes Li-Fi	26
2.9 Comparación entre la red Wi-Fi y Li-Fi.....	28
CAPITULO 3.....	30
3 ESTRUCTURA ACTUAL DE TOPOLOGÍA	30
3.1 Levantamiento de la red actual.....	30
3.1.1 Redes de información.....	30
3.1.2 Topología en estrella	30
CAPITULO 4.....	33
4 DISEÑO	33
4.1 Componentes para el diseño del prototipo de comunicación Li-Fi.....	33

4.1.1	NodeMCU ESP 8266	33
4.1.2	Led Infrarrojo	34
4.1.3	Relé de 110v.....	35
4.1.4	Compuerta 74ls14	36
4.2	Levantamiento de planos del laboratorio	36
4.3	Topología lógica.....	38
4.3.1	Diagrama del escenario	38
4.3.2	Diagrama de flujo general del circuito	39
4.4	TOPOLOGÍA FÍSICA	40
4.4.1	Diagrama de conexiones	40
4.4.2	Nodo 1.....	40
4.4.3	Nodo 2.....	41
4.5	Cálculos de área para el diseño y ubicación de las lámparas.	42
4.6	Cálculos de bits de trama para asignar espacios en buffer UART	44
4.7	Elección de equipos.....	49
CAPITULO 5		50
5	ANÁLISIS Y RESULTADOS	50
5.1	Puesta en marcha de la red Li-Fi.....	50
5.2	Pruebas de conexión.....	52
5.3	Comparación Wi-Fi y Li-Fi.....	53
CONCLUSIONES		55
RECOMENDACIONES		56
Referencias		57
ANEXOS.....		60

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ARQUITECTURA RED WI-FI.....	20
FIGURA 2: PROTOCOLO IEEE 802.11.....	21
FIGURA 3: COMUNICACIÓN POR LUZ VISIBLE.....	22
FIGURA 4: FUNCIONAMIENTO RED LI-FI	23
FIGURA 5: PROTOCOLOS LI-FI	24
FIGURA 6: TOPOLOGÍA DE RED IEEE 802.15.7	26
FIGURA 7: TÉCNICAS DE MODULACIÓN LI-FI.....	27
FIGURA 8: MODULACIÓN MULTIPORTADORA PARA LI-FI.....	28

FIGURA 9: SWITCH.....	31
FIGURA 10: TOPOLOGÍA USADA EN LA RED.....	31
FIGURA 11: PLACA NODE WI-FI ESP 8266	34
FIGURA 12: LED INFRARROJO.....	34
FIGURA 13: RELÉ.....	35
FIGURA 14: COMPUERTA 74LS14.....	36
FIGURA 15: PLANO DEL PISO 4, EDIFICIO PRINCIPAL	37
FIGURA 16: PLANO DE LABORATORIO SAMSUNG	37
FIGURA 17: DIAGRAMA DEL PROCESO	38
FIGURA 18: DIAGRAMA DEL ESCENARIO.....	39
FIGURA 19: DIAGRAMA DE FLUJO	39
FIGURA 20: DIAGRAMA DE CONEXIONES FÍSICAS.....	40
FIGURA 21: DIAGRAMA DE CONEXIÓN EMISOR	40
FIGURA 22: DIAGRAMA DE CONEXIÓN RECEPTOR	41
FIGURA 23: CONEXIÓN DE LOS PINES	42
FIGURA 24: ENCABEZADO DE IPV4.	42
FIGURA 25: DIRECCIONES EN IPV4	44
FIGURA 26:PRUEBA DEL PROTOTIPO	46
FIGURA 27: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL NODO 1	47
FIGURA 28: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL NODO 2	48
FIGURA 29: PRUEBA DE LA VELOCIDAD CONECTADO A LA RED PRINCIPAL.	52
FIGURA 30: PRUEBA DE LA VELOCIDAD CONECTADO A LA RED DEL NODO 2	53
FIGURA 31: COMPARACIÓN WI-FI VS LI-FI	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: SUBRED DEL LABORATORIO.	32
TABLA 2: BITS ASIGNADOS EN BUFFER	45
TABLA 3: EQUIPOS Y COSTOS.	49
TABLA 4: RESULTADOS DE TRASMISIÓN A 10 CM CON LUZ ARTIFICIAL.....	50
TABLA 5: RESULTADOS DE TRASMISIÓN A 15 CM CON LUZ ARTIFICIAL.....	50
TABLA 6: RESULTADOS DE TRASMISIÓN A 20 CM CON LUZ ARTIFICIAL.....	51
TABLA 7: RESULTADOS DE TRASMISIÓN A 30 CM CON LUZ ARTIFICIAL.....	51
TABLA 8: RESULTADOS DE TRASMISIÓN A 40 CM CON LUZ ARTIFICIAL.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS ILUMINARIAS.....	60
ANEXO 2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS PINES ESP8266.....	61
ANEXO 3: DESCRIPCIÓN DE RASPBERRY.....	62
ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS DEL PARTICLE IOT.....	63
ANEXO 5: RACK DEL LABORATORIO.....	64
ANEXO 6: PARTE FRONTAL DEL LABORATORIO	64
ANEXO 7: PARTE POSTERIOR DEL LABORATORIO	65
ANEXO 8: DISTRIBUCIÓN Y UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS (LAPTOPS)	65
ANEXO 9: CONEXIONES	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

EC.(1).....	42
EC. (2).....	43
EC. (3).....	43
EC. (4).....	43

RESUMEN

La tecnología ha evolucionado con gran rapidez a lo largo de la historia en el área de las telecomunicaciones, por lo que se ve la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de transmisión de datos, la conservación del medio ambiente y el consumo excesivo de recursos naturales. Este proyecto está basado en la transmisión de información mediante luz led, siendo una de las estrategias innovadoras, seguras para compartir datos, esta nueva tecnología llega para remediar y mejorar las desventajas que presenta la tecnología Wi-Fi.

El problema de conectividad se ha venido desarrollando mediante el uso de la red Wi- Fi, ya sea por factores de la naturaleza o factores internos, por ejemplo, la gran cantidad de estudiantes distribuidos de primero a tercer año de bachillerato quienes realizan investigaciones a diario; lo que hace que la red inalámbrica actual (Wi-Fi), presente lentitud e intermitencia; otro de los factores es la infraestructura física; con la presencia de la nueva tecnología llamada Li-Fi los problemas de saturación se finiquitaran.

Por lo que es necesario diseñar un prototipo basado en la conectividad Li-Fi, para el laboratorio “SAMSUNG” de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, la cual transmitirá datos en frecuencia de luz visible, cuya finalidad es evaluar la saturación de la red y el ancho de banda, aprovechando la infraestructura del Instituto y optimizando los tiempos de respuesta, reduciendo a un 75% de cableado y eliminando las oscilaciones provocadas en la conexión, ofreciendo a los alumnos y docentes confianza y calidad en el servicio.

ABSTRACT

Technology has evolved rapidly throughout history in the area of telecommunications, so there is a need to develop new techniques for data transmission, environmental conservation and excessive consumption of natural resources. This project is based on the transmission of information by means of LED light, being one of the innovative, safe strategies to share data, this new technology comes to remedy and improve the disadvantages of Wi-Fi technology.

The connectivity problem has been developing through the use of the Wi-Fi network, either by nature or internal factors, for example, the large number of students distributed from first to third year of high school who conduct research daily, which makes the current wireless network (Wi-Fi), present slowness and intermittency; another factor is the physical infrastructure; with the presence of the new technology called Li-Fi saturation problems will end.

Therefore it is necessary to design a prototype based on Li-Fi connectivity, for the "SAMSUNG" laboratory of the Municipal Educational Unit José Ricardo Chiriboga, which will transmit data in visible light frequency, whose purpose is to evaluate the network saturation and bandwidth, taking advantage of the infrastructure of the Institute and optimizing response times, reducing to 75% of wiring and eliminating the oscillations caused in the connection, offering students and teachers confidence and quality of service.

INTRODUCCIÓN

Li-Fi (light fidelity) es una comunicación de red inalámbrica, mediante luz visible la cual es imperceptible por el ojo humano, la emisión de información es guiada por el paso de la luz, esta tecnología se dio a conocer a nivel mundial por el físico Harald Hass de origen alemán, fue investigada y desarrollada en la Universidad de Edimburgo (Iberdrola, 2022), por su eficiencia, costo, seguridad y hoy en día esta tecnología desea expandirse y brindar servicio no solo de forma residencial sino en aeropuertos, hospitales donde la tecnología Wi-Fi no puede cubrir por los rayos ultravioleta con un mayor ancho de banda y sin saturaciones, esta conectividad no necesita de la implementación de un router.

La conexión inalámbrica Li-Fi usa modulares en las lámparas led con el fin de ser atraídas por fotodiodos y de esa manera los datos se desarrollan y se transforman en lenguaje binario, la cual se apunta un dispositivo móvil, computador, Tablet u otro equipo hacia la luz led o mediante infrarrojo y de esa forma se tiene conectividad, esta tecnología está orientada en proteger el medio ambiente y brinda una mayor velocidad.

La búsqueda constante del ser humano por comunicarse en el menor tiempo posible, ha hecho que la sociedad conjuntamente con el avance de la tecnología vayan desarrollando formas para transmitir información; mediante el diseño de varios dispositivos y sistemas de comunicación, pero ninguna de ellas ha cumplido las perspectivas del ser humano ya que han sido propensos a la inseguridad de las redes a pesar de que los sistemas o máquinas, tengan sus diferentes características y funcionamiento, van perdiendo su vida útil y presentando fallos en los mismo, ya sea por factores de sistema o naturaleza, por lo cual se ha tomado la idea de implementar un prototipo con tecnología llamada Li-Fi, con el fin de mejorar la saturación en las redes y brindar una comunicación eficaz, segura e innovadora con el fin de llevar una vida confortable, ahorrar tiempo y sin temor de inseguridades cibernéticas.

CAPÍTULO 1

1.1 Antecedentes

Las redes de comunicación inalámbricas en el servicio público, institucional y doméstico son de gran importancia en las actividades cotidianas del ser humano ya sea para trabajo, estudios o comunicación en la cual se viene presentando varias falencias en el servicio y conflictos cantidad de dispositivos conectados y grandes distancias de cobertura, lo cual involucra gastos, problemas ambientales y disminución de rendimiento en la red.

La Unidad Educativa Municipal “José Ricardo Chiriboga” ubicado en la calle Pedro de Céspedes y Av. Bobonaza sector sur de Quito, actualmente cuenta con 280 estudiantes de Educación Regular, distribuidos de primero a tercer año de bachillerato; quienes manejan una gran cantidad de información; lo que hace que la red inalámbrica actual (Wi-Fi) no permita una comunicación eficaz y pertinente acorde a las necesidades educativas de la institución; otro de los factores que disminuye la eficacia de esta tecnología es la infraestructura física que tienen este tipo de edificaciones, lo que impide implementar de una red Wi-Fi en su totalidad.

Frente a esta problemática se desarrollará el proyecto investigativo y práctico que permitirá mejorar la calidad de conectividad en cada una de las áreas de la institución, con la implementación de dispositivos Li-Fi incorporados a las luminarias de los laboratorios o zonas de estudio; los cuales permitirán aumentar la cobertura de red, mejorar la velocidad de conexión, aumentar los dispositivos de trabajo, consolidar el rendimiento y seguridad de red, así como también el ahorro de energía eléctrica con la implementación de luces led indispensables para la red Li-Fi; beneficiando no solo la comunicación institucional sino también siendo amigable con el medio ambiente.

Actualmente la mayoría de establecimientos educativos, tienen servicio de Internet y cuentan con equipamiento de computadoras los cuales son auspiciados por el Plan Nacional de Banda Ancha, para que la comunidad educativa este familiarizada con la tecnología y sean niños, jóvenes, con un alto nivel de conocimiento y erradicar el analfabetismo tecnológico en el país, en el 2006 hasta el 2014, 7.117 escuelas fiscales y municipales fueron atendidas con el servicio de Internet la cual al principio se generó una mejora en el proceso de educación por

lo que se implementaron 1.240 laboratorios de computación con conectividad (Telecomunicaciones M. d., 2022), pero con el pasar del tiempo se dieron cuenta que la conectividad se iba deteriorando en vista de que mientras más se conectaban, la red se saturaba y disminuía el rendimiento de la misma, al igual que el rendimiento de los estudiantes al no poder acceder a los recursos, pero el fin del Plan Nacional de Conectividad Escolar es llegar a tener aulas con acceso a Internet en su totalidad. (Telecomunicaciones M. d., 2022). ¿Cómo lograr que nuestro país tenga una conectividad de internet con un menor tiempo de respuesta?, mediante las investigaciones realizadas en base a la tecnología Li-Fi, se implementará un prototipo de prueba, usando el hardware Arduino, que facilitará la observación y el análisis de la eficiencia de usar la tecnología antes mencionada.

Al concluir dicho prototipo se procederá a realizar verificaciones de velocidad, capacidad de transmisión de datos, número de dispositivos a conectarse estas pruebas se las realizará en la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, permitiendo alcanzar un mayor nivel de desempeño académico y reducir las desigualdades.

1.2 Justificación

Tomando en cuenta los inconvenientes antes detallados se ve en la obligación de ejecutar el desarrollo de la red Li-Fi, para mitigar esta problemática y mejorar el tiempo de respuesta entre el transmisor y el receptor, ya que esta no necesita de un medio guiado para propagarse, por lo tanto tendría un ahorro económico, obteniendo una red segura y brindando bienestar al personal que presta su servicio en la Institución, se ha optado por colocar lámparas LED que no contengan sustancias tóxicas como el mercurio y el tungsteno que a comparación de una red Wi-Fi el gasto es mayor y la cobertura es insuficiente ya sea por falta de puntos de acceso o la gran cantidad de usuarios conectados a la red.

El planteamiento del presente proyecto se enfocó en la implementación de tecnologías que obtengan un potencial óptimo en base a las tecnologías ya existentes en el país, y en la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga de la ciudad de Quito.

1.3 Metodología

Se utilizará el método inductivo para la búsqueda de información sobre redes Li-Fi, para ello se revisará varios artículos IEEE, papers y páginas web de empresas que han trabajado durante varios años en la investigación de esta tecnología, como son: Signify, Oledcomm y pureLiFi.

Se utilizará la investigación experimental para la toma de datos en la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga usando aplicaciones que miden la intensidad de la señal Wi-Fi, recolección de datos sobre los inconvenientes que hacen que no tenga condiciones aceptables la conexión.

El método cuantitativo permitiendo realizar los planos de la infraestructura de la red de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga y de aspectos que serán necesarios como la ubicación de puntos de acceso para la red Wi-Fi, instalaciones eléctricas y zonas del colegio que necesitan mejor conexión.

El método comparativo para evaluar las ventajas y desventajas entre la tecnología WiFi y LiFi, mientras que para el beneficio de costos entre las dos tecnologías se utilizará el método cuantitativo.

1.4 Objetivos

Objetivo General

- Diseñar una red LI-FI para la mejora y transmisión de información dentro de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga.

Objetivos Específicos

- Analizar la infraestructura de la red actual de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, para la determinación su línea base.

- Diseñar la red LI-FI de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga para el cumplimiento de los requisitos determinados en la línea base.
- Simular la red LI-FI de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga para la verificación del funcionamiento de esta.
- Determinar los costos de la red LI-FI de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga para su futura implementación.

CAPITULO 2

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Introducción a las Redes Inalámbricas

En el actual capítulo, se dará a conocer importantes puntos de vista, lo cual permitirá determinar la factibilidad del proyecto de transmisión de Light Fidelity (LI-FI).

Se partirá con definiciones, características, ventajas, desventajas, funcionamiento de la tecnología Li-Fi y se enfocará en los diversos componentes que se utilizó para la implementación de prototipo.

Las redes inalámbricas utilizan ondas para la conexión de distintos ordenadores como: computadoras de escritorio, portátiles, teléfonos móviles, televisores, tablets, notebooks, dispositivos de localización, su funcionamiento es similar a las redes cableadas, y se transmiten de manera aérea, permitiendo la conexión hacia otros dispositivos que se encuentran a pocos metros o kilómetros de distancia. (Salazar, 2018)

Para su transmisión entre dispositivos, las ondas electromagnéticas viajan a través del aire por lo que se encuentran expuestos a las interferencias, es por ello que todos los países deben regirse a las regulaciones definidas para cada una de las tecnologías tanto en potencia de transmisión y en rangos de frecuencia, también se debe tener en cuenta que las ondas electromagnéticas no se limitan fácilmente a una área por lo que cualquier usuario puede ingresar al medio y violar la seguridad volviéndose un factor engorroso, por ese motivo se debe utilizar la autenticación y encriptación de datos con el fin de garantizar la privacidad. (Tecnología, 2019)

Las redes de comunicación inalámbricas se han desarrollado acorde a la necesidad del ser humano, por lo que se han realizado estudios de implementación, costos y factibilidad para la utilización de una nueva e innovadora tecnología, llamada Light Fidelity (Li-Fi), la misma que tiene ciertos paralelismos con la tecnología Wi-Fi; como se puede observar en la

recepción y transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio, teniendo una velocidad de transmisión eficiente.

2.2 Wi-Fi

La tecnología Wi-Fi nace en la búsqueda de fijar un sistema de conexión sin redes cableadas siendo conciliable con los demás dispositivos inteligentes y permitiendo una nueva forma de comunicación, esta tecnología utiliza ondas electromagnéticas para la transmisión y recepción de datos y su funcionamiento es de banda libre.

Las redes Wi-Fi envían y reciben información al mismo tiempo (half-duplex) y la eficiencia de conexión de la red inalámbrica depende de factores como climáticos, número de equipos conectados, interferencias electromagnéticas o colisiones.

2.2.1 Arquitectura de la red Wi-Fi

Wi-Fi se maneja bajo una arquitectura básica en la cual existe un administrador de comunicación y varios clientes, cada uno de los clientes deben detectar la presencia del administrador, nombre de la red, canal que va a ser utilizado, disponibilidad y seguridad, después de obtener toda esta información, al cliente se le facilitará la configuración del dispositivo y logrará conectarse a una red.

Al momento que el cliente solicite acceder a la red, se manifestarán dos tipos de redes, red ad-hoc, no depende de un control establecido y se conecta mediante ondas electromagnéticas proporcionando un acceso directo, por otro lado, se tiene la red de tipo infraestructura, en la cual existe la presencia de puntos de acceso que se conectan a la red Ethernet. (Simal, 2011)

Figura 1: Arquitectura red Wi-Fi

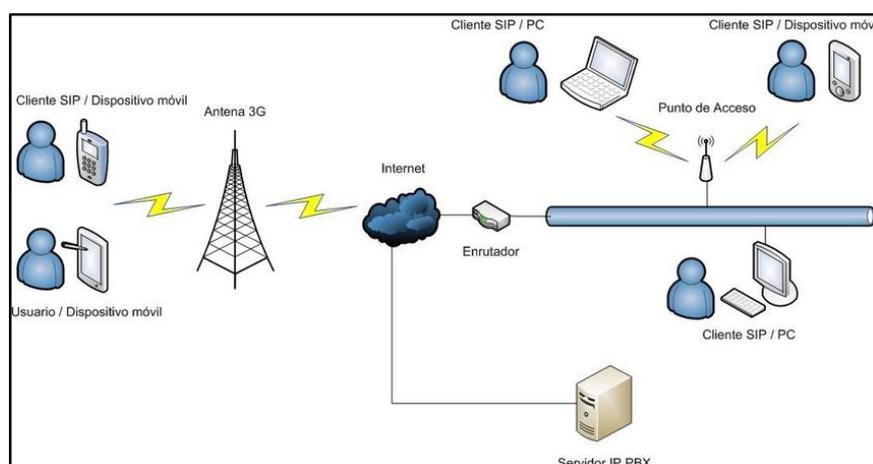


Diagrama de comunicación Wi-Fi hacia un cierto número de clientes. (Sprock, 2015)

2.2.2 Ventajas de la red Wi-Fi

- Permite una conexión rápida a Internet.
 - La conexión es en cualquier sitio que tenga cobertura.
 - Conexión de un repetidor de señal para que exista mayor alcance.
 - Wi-Fi es reconocido en el mercado ya que sus equipos son de fácil adquisición.
- (Villavicencio, 2017)

2.2.3 Desventaja de la red Wi-Fi

- Puede haber interferencias en la señal por causa de los fenómenos naturales.
 - No puede ser aplicativo en lugares que emitan radiofrecuencia como aviones u hospitales.
 - La red Wi-Fi se expande libremente la cual es propensa al robo de información.
 - La velocidad de transmisión de datos por Wi-Fi es menor a una red cableada.
- (Villavicencio, 2017)

2.3 Estándar IEEE 802.11

Las redes Wi-Fi hacen uso de estándar IEEE 802.11, el cual fue implementado para comunicaciones inalámbrica con otros equipos mediante una red WLAN, siendo una de las

capas más bajas del modelo OSI (PUCE, 2022), permitiendo relacionarse con la red dorsal o red cableada.

La red estándar IEEE 802.11 se subdivide de la siguiente manera con el fin de obtener anchos de banda mayor y reducir interferencias en las redes.

Figura 2: Protocolo IEEE 802.11

Estándar	Velocidad máxima	Frecuencia	Compatible con modelos anteriores
802.11a	54Mb/s	5 GHz	No
802.11b	11 Mb/s	2,4 GHz	No
802.11g	54Mb/s	2,4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mb/s	2,4GHz o 5GHz	802.11a/b/g
802.11ac	1,3 Gb/s (1300 Mb/s)	2,4GHz y 5GHz	802.11a/n
802.11ad	7 Gb/s (7000 Mb/s)	2,4GHz, 5GHz y 60 GHz	802.11a/b/g/n/ac

Características del protocolo IEEE 802.11. (Caisaguano, 2018)

Los mensajes que transmiten este protocolo que son:

Datos.- el encargado del transporte de datos forma segura.

Control.-se usa para el intercambio de mensajes mediante las tramas RTS, ACK y CTS.

Administración.- soporta la entrega de paquetes se caracteriza por brindar seguridad y confianza. (Telecomunicaciones D. d., 2022)

2.4 Comunicación de Luz Visible (VCL)

VCL permite la comunicación inalámbrica y facilita la transmisión de información mediante la luz visible en un rango de frecuencia de 400 y 800 THz. (Pineda, 2022)

Como se puede verificar en la Figura 3, la comunicación de luz visible cumple con dos funciones importantes que son la correcta visibilidad del sitio y la transmisión de datos ya que utiliza la luz emitida por el led enviando una señal inapreciable de 1 y 0 en números binarios. (Pérez, 2017)

Los leds son semiconductores sólidos hechos de Silicio y de gran rigidez que al momento de obtener una corriente eléctrica de baja densidad emiten la luz de manera eficiente y con una alta rentabilidad.

Figura 3: Comunicación por Luz Visible



Diagrama de conectividad mediante luz visible. (Morales, 2018)

Esta tecnología es una de las opciones a la congestión del espectro de radio frecuencia y su luminosidad no afecta al ojo humano.

2.4.1 Características de VLC

VLC tiene ciertas características que son:

- La seguridad de la red en vista que la luz no puede pasar paredes, favoreciendo a que la señal se quede en un lugar determinado.
- Funcionan en lugares que están obstaculizados ya que no están sujetos a una línea de visión.
- Es una opción practica en áreas donde se aprecia señales de radio frecuencia como hospitales, aviones. (eBook, 2021)

2.5 Definición de Li-Fi

Li-Fi o Fidelidad de Luz es el método de comunicación inalámbrica que usa luz visible, a diferencia de Wi-Fi, que hace uso de ondas de radio electromagnética, la cual transmite datos mediante los diodos emisores de luz LED y recibe las señales por medio de un fotodiodo proporcionando ingreso a los datos como videos, documentos e imágenes. La tecnología Li-Fi es un complemento para la tecnología Wi-Fi.

El funcionamiento parte de la arquitectura principal de donde se provee el servicio de Internet y permite la transmisión de datos.

La información viaja a velocidades altas desde el transmisor (lámpara LED), el cual convierte los pulsos eléctricos en pulsos de luz, los mismos que originan una señal binaria de ceros y unos, localizada por el receptor (fotosensor) para ser decodificada y procesada, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4: Funcionamiento red Li-Fi

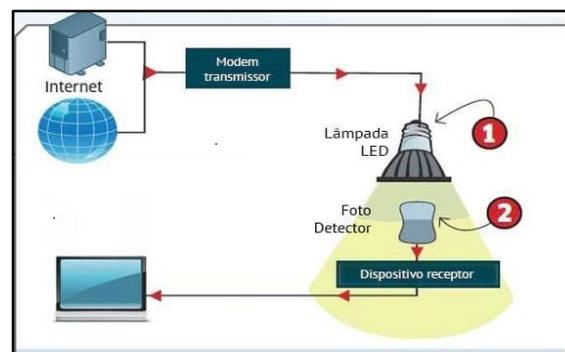


Diagrama de representación de los procesos de la tecnología Li-Fi. (Study, 2015)

2.5.1 Ventajas de la red Li-Fi

- Proporciona una velocidad de transmisión mayor que la tecnología Wi-Fi.
- La luz al no pasar paredes es más segura que la red Wi-Fi, la cual puede limitar la señal y puede ser utilizada en sitios con mayor seguridad por ejemplo entidades bancarias.
- La luz LED no causa interferencias con otros sistemas.
- Opera en banda libre, sin necesidad de una licencia.
- Los precios son bajos ya que no necesita de un cableado.
- Las bandas de frecuencia no corren riesgo de saturación a excepción de Wi-Fi.
- Conectar un nuevo ordenador a la red no presenta dificultad por lo que no requiere de una configuración extensa.
- Facilita compartir información extensa en limitados segundos.
- Li-Fi podrá ser utilizado en lugares como aviones, hospitales. (Tecnología A. , 2022)

2.5.2 Desventajas de la red Li-Fi

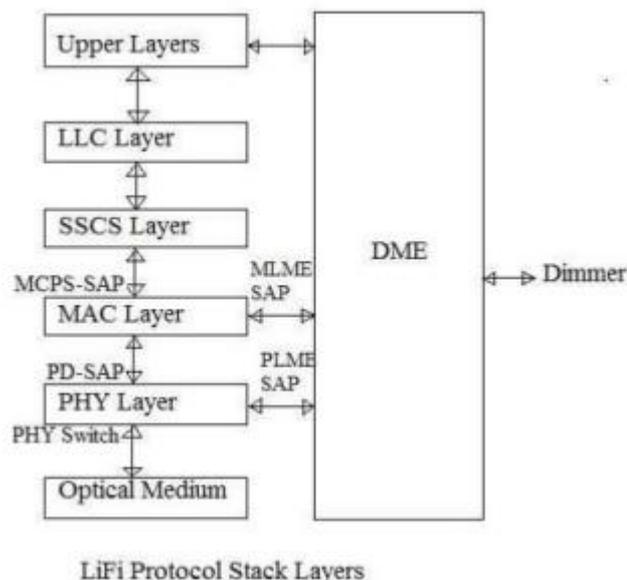
- No opera con luz solar directa.
- La luz de onda no atraviesa paredes.
- Para que exista una conexión, necesita de luz.
- Para su funcionamiento es necesario de un transmisor y receptor compatible con la tecnología Li-Fi.
- Tienen alcance limitado.
- Li-Fi es una tecnología en evolución la cual aún no es comercializada. (Tecnologia A. , 2022)

2.6 Estándar IEEE 802.15.7

La red Li-Fi se guía bajo el estándar IEEE 802.15.7, en la que utiliza protocolos de comunicación inalámbrica.

El estándar IEEE 802.15.7, tiene como característica principal el uso de las capas: física PHY y acceso MAC.

Figura 5: Protocolos Li-Fi



Capas utilizadas por el protocolo Li-Fi. (Caisaguano, 2018)

La capa MAC realiza funciones de control y gestión, usa luz visible para una comunicación inalámbrica con una velocidad que tolera y entrega tasas de datos suficientes para la transmisión de video, audio y servicio multimedia.

La capa PHY provee entre la capa MAC y el canal óptico una interfaz la cual cuenta con dos servicios que son: el servicio de data mediante PHY Data Service Access Point y el servicio de gestión PLME Service Access Point.

La capa física se divide en tres tipos:

- PHY I: diseñada para exteriores con velocidades entre 12 y 267 kbit/s, este modo usa modulación OOK (modulación digital de amplitud) o VPPM (modulación por posición de pulso variable).
- PHY II: diseñada para interiores con velocidades entre 1.25 y 96 mbit/s, usa modulación OOK o VPPM.
- PHY III: diseñada para fuentes y detectores de RGB que usan modulación CSK (color-shift keying) con velocidades entre 12 y 96 mbit/s.

2.6.1 Características del Estándar IEEE 802.15.7

Detalle de las características principales del Estándar IEEE 802.15.7:

- Opera en tres topologías de red: difusión, estrella y peer-to peer.
- Transferencia de datos mediante la utilización de tramas de confirmación.
- Indicación de la calidad del canal óptico.
- Soporte para la función de iluminación.
- Soporte para el control de visibilidad.
- Soporte para funciones del uso del color. (González, 2017)

2.7 Topología de red

Existen tres topologías de red que son las siguientes:

- Estrella: se conectan a un punto central, la cual se puede intercambiar información indirectamente. (Corvo, 2021)

- Peer-to-peer: soporta la comunicación entre sí de dos dispositivos y uno de los dispositivos debe manejarse como organizador.
- Difusión: un dispositivo hace la función de organizador, el cual se encarga de enviar la señal hacia otros dispositivos de forma unidireccional.

Las tres topologías antes mencionadas facilitan el apoyo de visibilidad, con el fin que la función de iluminación se sustente en ausencia de comunicación.

Figura 6: Topología de red IEEE 802.15.7

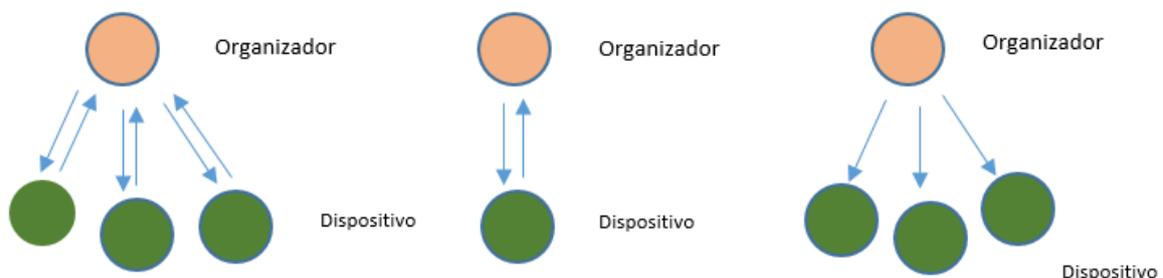


Diagrama de la funcionalidad de la comunicación mediante iluminación. (Alliance, 2020)

2.8 Modulación para redes Li-Fi

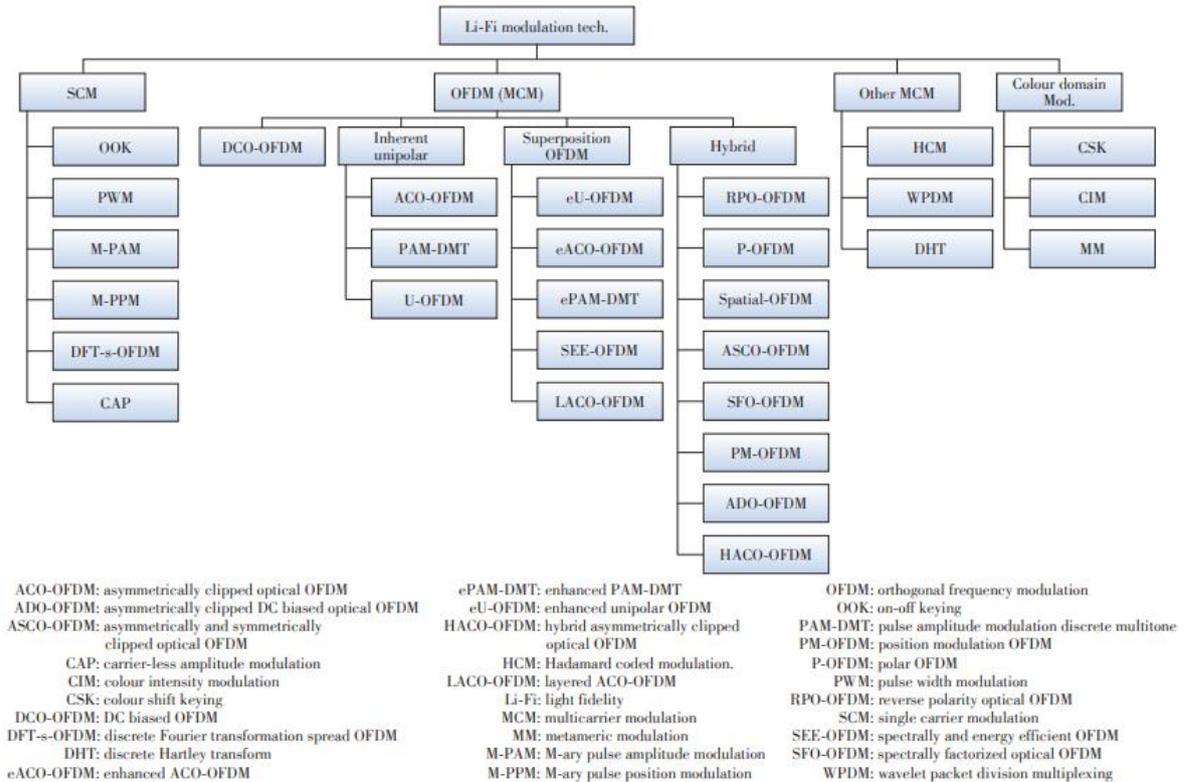
Li-Fi es una tecnología OWC (Optical Wireless Communications) la cual trabaja con dentro del espectro de luz visible a través de un led como transmisor y un fotodetector o fotoresistencia como receptor, a diferencia de las redes inalámbricas de RF, donde el espectro está saturado. La técnica más utilizada para la modulación de una señal eléctrica en una señal óptica se conoce como IM/DD (intensity modulation and direct detection).

Las técnicas de modulación que se pueden utilizar con Li-Fi se encuentran en investigación ya que no todas las técnicas OWC cuentan con los requerimientos de iluminación de Li-Fi. Por ejemplo, Li-Fi necesita iluminación regulable para que el transmisor (led) pueda enviar información aun cuando este se encuentre apagado.

Existe una gran variedad de técnicas de modulación que se puede utilizar con Li-Fi, entre las que se encuentran cuatro grupos diferentes: SMC (Single Carrier modulation), OFDM

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), modulaciones multi-portadora (MCM) y modulación en el dominio del color (CSK).

Figura 7: Técnicas de modulación Li-Fi



Técnicas de modulación en estudio para redes Li-Fi. (Islim & Haas, 2016)

Las técnicas de modulación de portadora única ofrecen una solución simple para canales Li-Fi de frecuencia plana. Se pueden lograr velocidades bajas a moderadas utilizando SMC.

Las técnicas de modulación multi-portadora ofrecen una solución de alta velocidad de datos que pueden adaptar el rendimiento del sistema a la respuesta de frecuencia del canal. Al igual que se han propuesto variantes de modulación OFDM óptica en investigaciones realizadas para satisfacer ciertos requisitos de iluminación y/o comunicación. CSK se considera una técnica de modulación costosa y completa en comparación con OFDM.

En la Figura 8 se puede observar el análisis de cada una de las técnicas de modulación multi-portadora que cumplen con los requisitos de iluminación y comunicación en una red Li-Fi.

Figura 8: Modulación multiportadora para Li-Fi

Mod. Tech.	SE as a function of DCO-OFDM	Illumination		Computational complexity	Remarks	Ref.
		Control	Level			
ADO-OFDM	100%	No	Dimmed-medium	High	Requires DC bias	[15]
DCO-OFDM	100%	No	Medium	Low	Requires DC bias	[26]
Inherent unipolar	50%	No	Dimmed	Low	Power efficient at low SE	[30]–[33]
Spatial OFDM	100%	Limited	Medium	High	Low PAPR	[43]
RPO-OFDM	50%	Yes	Dimmed-high	Medium	Requires sync.	[44]
HACO-OFDM	100%	No	Dimmed	High	Power efficient at low-medium SE	[46]
P-OFDM	50%	No	Medium	High	-	[48]
ASCO-OFDM	75%	No	Dimmed	High	-	[50]
SFO-OFDM	Variable	No	Medium	High	Low PAPR	[51]
PM-OFDM	50%	No	Medium	High	-	[52]
Superposition	100%	No	Dimmed	High	Power efficient at low-high SE	[53]–[60]
DHT	50%-100%	No	Dimmed-medium	Low	-	[61]
WPDM	100%	No	Medium	High	-	[62]
HCM	100%	Yes	High	Low	Power inefficient	[63]

Esquema comparativo de las técnicas de modulación multiportadora para Li-Fi. (Islim & Haas, 2016)

2.9 Comparación entre la red Wi-Fi y Li-Fi

Es significativo tomar en consideración las características, las problemáticas y la magnitud de inseguridad de las redes Wi-Fi y Li-Fi, para poder verificar los beneficios de cada una de ellas.

Li-Fi brinda diversas ventajas a diferencia de la red Wi-Fi, independientemente de ser una tecnología en auge.

Capacidad: se refiere a las características que cuenta Li-Fi para la transmisión de datos se caracterizan de la siguiente manera:

- Ancho de banda: utiliza el espectro de luz visible, a diferencia de Wi-Fi que tiene acceso delimitado.
- Velocidad: es más confiable tarda pocos segundos en enviarse una información y no provoca interferencias.
- Planificación: no es necesario de una infraestructura adicional se acomoda a la infraestructura de las luminarias. (Rincon, 2016)

Seguridad: Li-Fi proporciona ciertas características de confianza a comparación de la red Wi-Fi.

- Seguro: no presenta daños en la salud ni en el ambiente ya que no utiliza el espectro radioeléctrico.
- Datos: los datos son transmitidos mediante un haz de luz la cual no puede acceder o causar interferencia un hacker a comparación de la red Wi-Fi que se encuentra propensa a cualquier ataque. (Rincon, 2016)

CAPITULO 3

3 ESTRUCTURA ACTUAL DE TOPOLOGÍA

3.1 Levantamiento de la red actual

En este capítulo se detalla el análisis de la topología de red que maneja la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga.

3.1.1 Redes de información

Es un sistema que vincula equipos autónomos entre sí para comunicar información tales como: datos, voz y video; en cuanto a los recursos, hardware y software.

3.1.2 Topología en estrella

En la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga todas las computadoras se encuentran conectadas a un nodo central el cual permite transmitir información a los demás nodos, los mismos que se conectan por cable Ethernet de cobre categoría CAT 5E UTP hacia un switch el cual hace como puente de enlace es decir el nodo central hacia todas las computadoras lo que permite la salida al servidor de internet.

3.1.2.1 Ventajas

- Tiene un sistema que agrega equipos nuevos.
- Reconfiguración rápida.
- Fácil de informar posibles daños.

3.1.2.2 Desventajas

- Si el switch central presenta fallos, la transmisión será nula.
- Cada computadora tiene cableado por separado del concentrador.

Dentro de esta topología se encuentra un switch el cual como se mencionó actúa de nodo central, el que se empleó un switch 4250T de 48 puertos marca 3COM SuperStack, donde cada puerto pertenece a un ordenador.

Figura 9: Switch



Ilustración de un switch que permite la interconexión. (All-specs.net, 2019)

La topología del laboratorio está definida como estrella, donde todos los puertos se interconectan con cada computador en el laboratorio y se repite para el resto de las aulas de servicio de internet. La topología se muestra en la Figura 10.

Figura 10: Topología usada en la red.

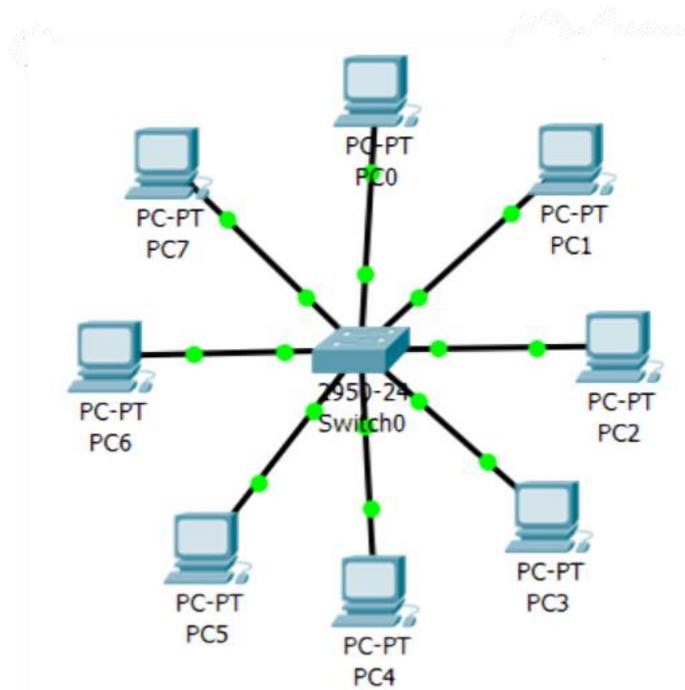


Diagrama de la topología en estrella. (Conoce Sobre Informática, 2019)

En la Tabla 1, se muestra la segmentación de la subred para el laboratorio a realizar la prueba de funcionamiento del prototipo, se dispone 25 computadores para la subred.

Tabla 1: Subred del laboratorio.

	IP
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0
GATEWAT	192.168.172.1
PRIMERA IP VÁLIDA	192.168.172.2

Tabla de subredes del laboratorio de la Institución, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

CAPITULO 4

4 DISEÑO

Para el presente capítulo se indicará el proceso de diseño del prototipo de transmisión bidireccional de datos con tecnología LI-FI, el cual se compone de la configuración y conexión de las tarjetas NodeMCU ESP8266 Wifi programadas mediante el software de Arduino conectadas a un receptor y emisor que enviarán los datos de Internet a través de lámparas LED y se recibirán a través de fotodiodos. Adicional se detalla la información del laboratorio de la Unidad Educativa José Ricardo Chiriboga, topologías, cálculos realizados y equipos utilizados en el diseño.

4.1 Componentes para el diseño del prototipo de comunicación Li-Fi

4.1.1 NodeMCU ESP 8266

Node ESP 8266 placa parecida a la placa de Arduino, consta de conversor serial USB, TTL CP2102 y conector micro USB esencial en la comunicación y programación, esta placa esta ideada para funcionar sobre un protoboard, se puede alimentar de forma directa con el puerto micro USB o de los pines 3.3V y GND, consta de un firmware preinstalado la cual trabaja con el lenguaje LUA, a un rango de frecuencia 2400 a 2483. 5 MHz (Naylamp, 2021), esta plataforma es encaminada al IoT y sus características son:

- No tiene complejidad para ser usado.
- Consta de 13 pines GPIO, 10 canales PWM, I2C, ADC, SPI y 1 Wire.
- Posee una antena interna.
- Usa el lenguaje de programación de Arduino IDE.
- Habilitado para Wi-Fi. (Arduino, 2014)

Figura 11: Placa Node Wi-Fi ESP 8266

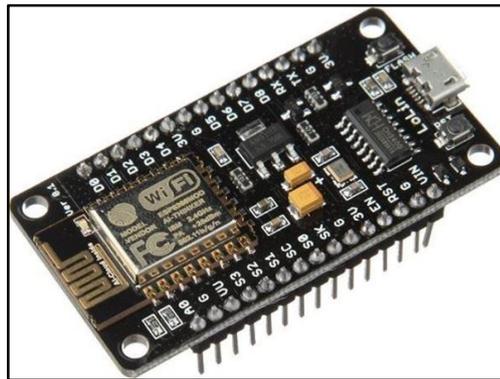


Diagrama del módulo Wi-Fi para Arduino. (Issac, 2019)

4.1.2 Led Infrarrojo

El led infrarrojo es un diodo emite una luz en el espectro infrarrojo a mayor longitud de onda menor frecuencia, la cual es imperceptible al ojo humano, al enviar una tensión a los terminales del led Infrarrojo, esta emitirá una luz y esta será identificada por el fotodiodo. (Electrónicos, 2022)

La luz Led Infrarrojo es utilizada en dispositivos electrónicos como teléfonos móviles, portátiles, sistemas de seguridad, la cual adquieren de un Led y un receptor infrarrojo elaborado para enviar datos a corto alcance.

Figura 12: LED Infrarrojo



Diagrama de diodos Led emisor y receptor de infrarrojo. (Electronics, 2022)

Receptor infrarrojo: es el encargado de conducir la corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz, es aplicado en controles infrarrojos, detector de objetos y se caracterizan por

tener un voltaje de 1.3 V, ángulo de visión de 20° y una longitud de onda de 940mm. (Electronics A. , 2022)

4.1.3 Relé de 110v

Un relé es un conmutador, controlado eléctricamente, diseñado por Joseph Henry, consta de una bobina de cobre, núcleo de hierro, contactos y balancín. (Marmolejo, 2021) Los relés son utilizados en lugares donde controlan cargas inductivas y resistivas por medio de pulsos digitales o al momento de utilizar un interruptor.

Las principales características de un relé son:

- Capacidad de conmutación de 10A.
- Material de plástico que soporta altas temperaturas.
- Circuito de relé magnético. (Cordero, 2021)

Figura 13: Relé



Diagrama de los relés la cual controla y activa dispositivos de corriente alterna. (Voltriz, 2022)

4.1.3.1 Polaridad del relé

Los relés están sujetos a las condiciones y tipo de energía que va a ser entregada, la cual usa las siguientes polarizaciones dependiendo del medio:

Relé polarizado: polariza el campo magnético y la corriente mediante la bobina.

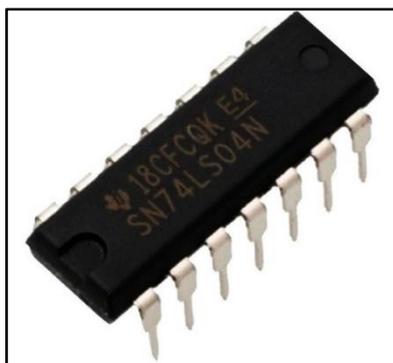
Relé no polarizado: no presenta polaridad, aun si se modifica la señal de entrada puede continuar sin cambios. (Electrotec, 2022)

4.1.4 Compuerta 74ls14

La compuerta 74ls14 es un circuito integrado está constituido por 6 inversor Hex Schmitt trigger dispone de una entrada y una salida, si la entrada tiene 1 activo la salida tendrá un cero inactivo y viceversa (Mecatrónica, 2021), el flujo de corriente circula por donde haya poca resistencia, es usado en la electrónica, la cual permite adaptar circuitos que se desea controlar de forma lógica inversa, se caracteriza por tener histéresis a las entradas transformando una señal lenta en rápida.

- Tensión de alimentación: 4.75v a 5.25v.
- Corriente de salida: 8 mA.
- Temperatura: 0°C a 70°C. (TostaTronic, 2022)

Figura 14: Compuerta 74LS14

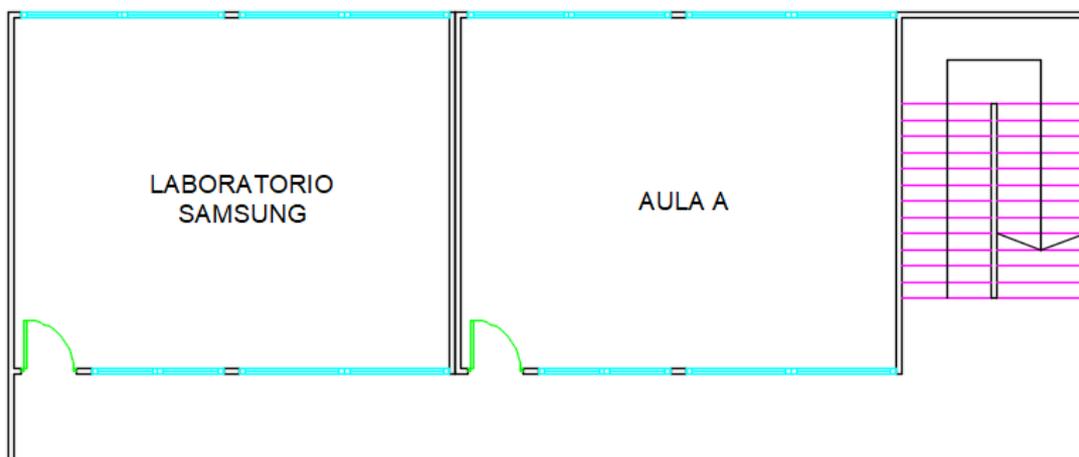


Representación de la compuerta lógica SN74LS04N. (Electronica, 2022)

4.2 Levantamiento de planos del laboratorio

Se levantó los planos del Laboratorio “Samsung” ubicado en el piso 4 del edificio principal de la Unidad Educativa Municipal “Jorge Chiriboga” en el cual se identificó la distribución del laboratorio y aula ubicada en el mismo se pudo conocer de mejor manera las necesidades y en base a ellas realizó el diseño del prototipo.

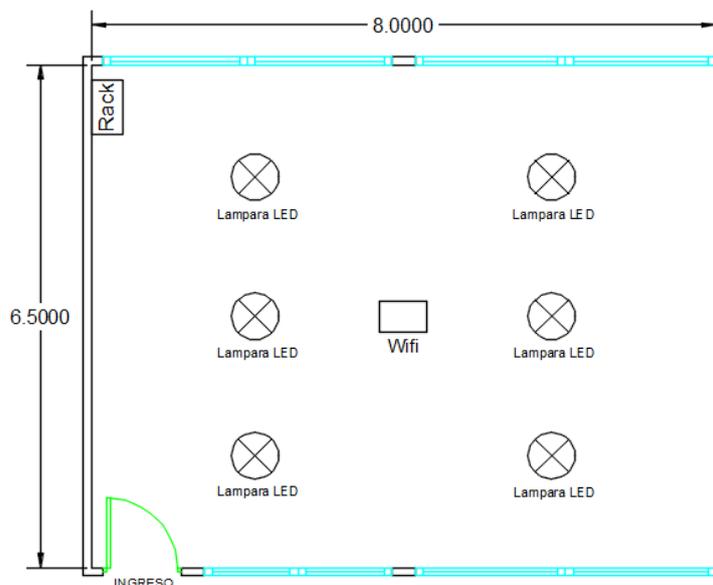
Figura 15: Plano del piso 4, edificio principal



Distribución del piso 4, edificio principal de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

En la Figura 16, se visualiza la distribución de los equipos actuales en el laboratorio de estudio como routers, punto de acceso, toma de red RJ45, lámparas y equipos.

Figura 16: Plano de laboratorio Samsung



Distribución de lámparas y equipos en laboratorio de estudio, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

4.3 Topología lógica

La información se va a enviar solo al nodo al cual va dirigida lo cual permite que la red forme un conjunto de enlaces, en una transmisión punto a punto estos enlaces son conocidos como una subred, para ello se usó la topología tipo árbol donde el medio de transmisión se lo realiza por un cable ramificado sin bucles cerrados la cual parte de un punto llamado raíz o cabecera y en las ramificaciones se tendría los puntos de conexión a los cuales el usuario tenga acceso a conectarse.

Figura 17: Diagrama del proceso

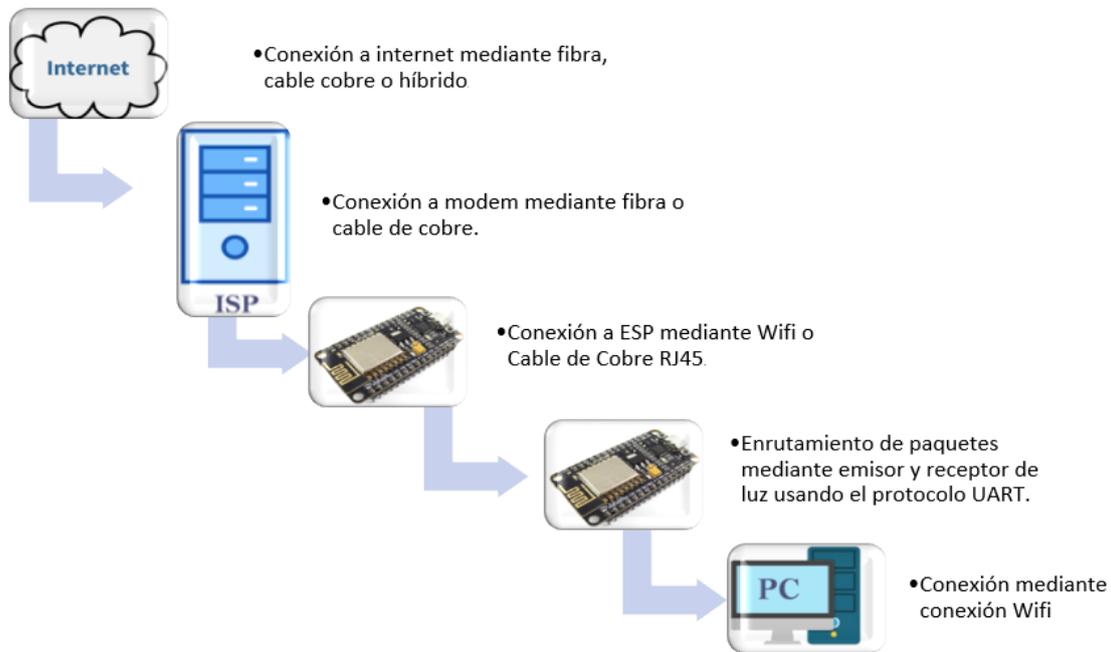
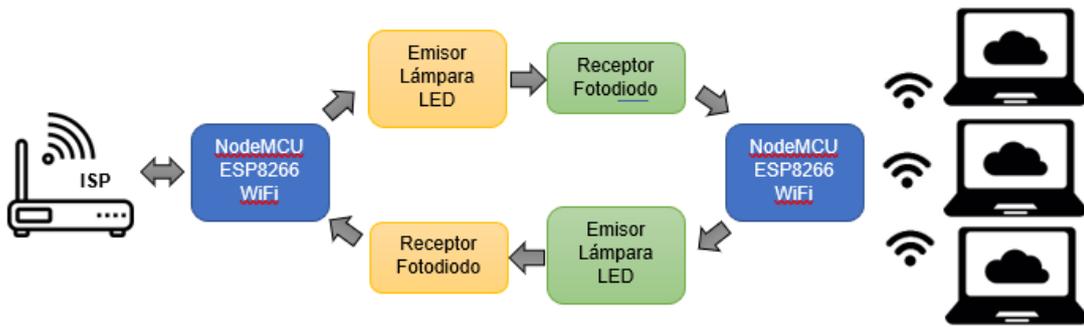


Diagrama de envío de datos, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

4.3.1 Diagrama del escenario

La transmisión del prototipo se la realiza mediante el protocolo TCP/IP (Protocolo de control de transmisión)/ (Protocolo de Internet), el cual pasa a comunicación UART, esta se envía a través de la lámpara LED y un fotodiodo recibe la señal UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) y nuevamente pasa a TCP/IP. El emisor y receptor cuentan con una tarjeta NodeMCU ESP8266 Wifi acopladas a un circuito el cual se compone de una lámpara LED y un fotodiodo para lograr la transmisión bidireccional de datos como se observa en la Figura 18.

Figura 18: Diagrama del escenario



Proceso de conexiones ISP, emisor – receptor y equipos de usuario, Autores: Evelyn Ulco, William Boda.

4.3.2 Diagrama de flujo general del circuito

En la Figura 19 se visualiza el diagrama de flujo en el cual se detalla el proceso de configuración de los protocolos TCP/IP y el protocolo UART en las tarjetas NodeMCU ESP8266 Wifi mediante el software Arduino.

Figura 19: Diagrama de flujo

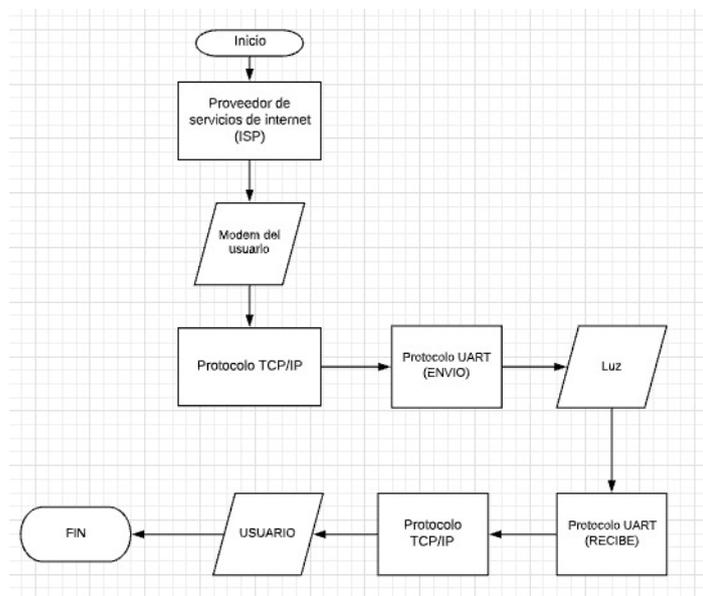


Diagrama de configuración de las tarjetas NodeMCU ESP8266 Wifi, Autores: Evelyn Ulco, William Boda.

4.4 TOPOLOGÍA FÍSICA

4.4.1 Diagrama de conexiones

Figura 20: Diagrama de conexiones físicas

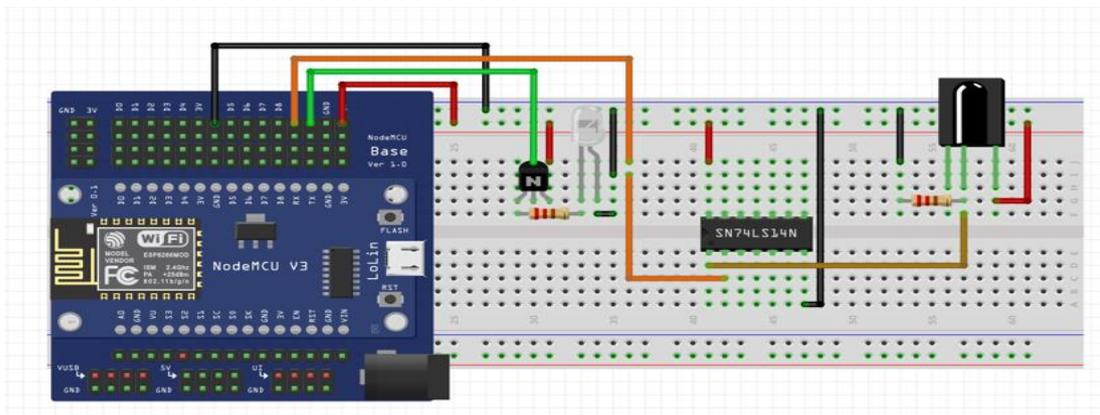


Conexiones de equipos y prototipo, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

La topología física de conexión entre los nodos esta da por un PACH CORE de dos líneas para enviar y recibir datos mediante un emisor (lámpara LED) y un receptor (fotodiodo).

4.4.2 Nodo 1

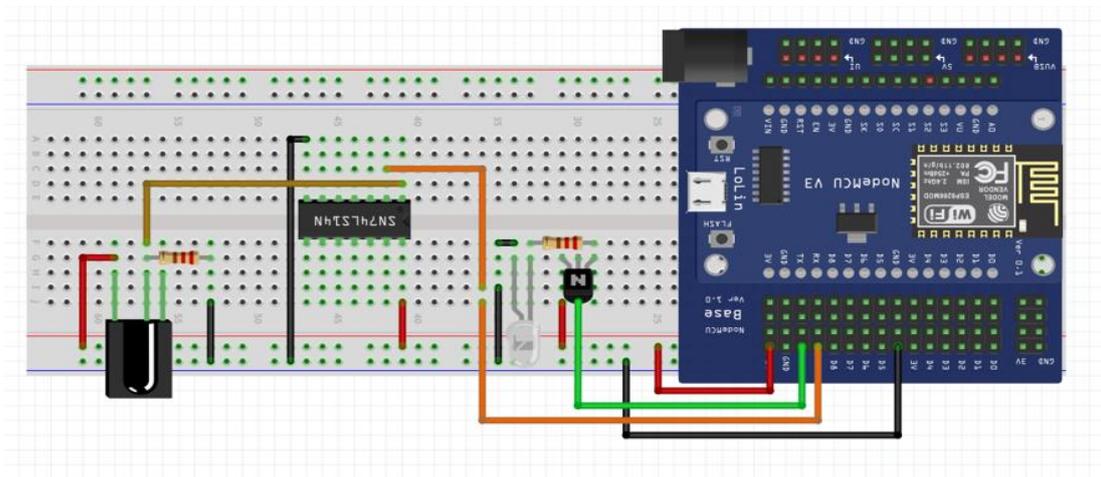
Figura 21: Diagrama de conexión emisor



Conexiones físicas de los componentes del circuito emisor, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

4.4.3 Nodo 2

Figura 22: Diagrama de conexión receptor



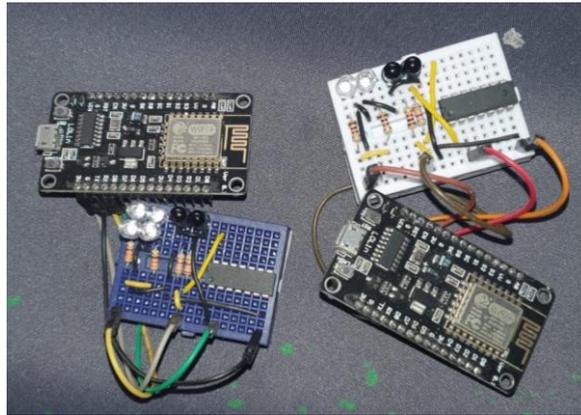
Conexiones físicas de los componentes del circuito receptor, Autores: Evelyn Ulco, William Boda.

En cuanto al proceso de operación consiste en tener una conexión a un ISP (Internet Service Provider), el Nodo 1 de la Figura 21, es el encargado de anclarse a la red principal, por otra parte, Nodo 2 de la Figura 22, tiene que permitir conectarse a todos los dispositivos mediante el uso de una red Wi-Fi de esta manera se puede abarcar varios dispositivos e ir aumentando más nodos para obtener una mayor área de cobertura.

Los datos que viajan llevando la información se puede manejar en diversos protocolos dependiendo de la solicitud de los usuarios como pueden ser TCP, UDP entre otros.

Indiferentemente del tipo de solicitud, el encargado de recolectar las solicitudes de los clientes aliados a la red prevista por este dispositivo es el Nodo 2 y una vez aceptado el requerimiento se envía la trama con una conversión a UART con una velocidad de 4800 baudios. Este valor se determinó mediante el análisis de pérdida de información con una velocidad de 115200 baudios, se obtuvo que paquetes llegaban incompletos debido a la distancia. Por ende, se determinó usar una velocidad baja para obtener la mayor distancia con el fin de garantizar a los usuarios paquetes completos.

Figura 23: Conexión de los pines



Distribución de las conexiones de los pines, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Figura 24: Encabezado de Ipv4

Encabezado del datagrama										Área de datos del datagrama IP											
\$										\$											
Encabezado de la trama										Área de datos de la trama										Final de la trama	

0										10										20										30	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2
Versión				IHL				Tipo de servicio								Longitud total															
Identificación								Flags				Posición del fragmento																			
Tiempo de vida				Protocolo				Dirección IP origen				Suma de control de cabecera (CRS)																			
Dirección IP destino																															
Opciones (opcional)														Datos				Relleno													
...																															

Espacios asignados en cada trama, Fuente: (Mejía, 2011).

4.5 Cálculos de área para el diseño y ubicación de las lámparas.

Para realizar el cálculo de la cantidad de luminarias y dispositivos a utilizar se debe tomar en cuenta el ancho y largo del laboratorio los cuales son: largo = 8,00 metros, ancho = 6,50 metros.

$$\text{Área del laboratorio} = \text{largo} * \text{ancho} \tag{Ec.(1)}$$

$$\text{Área del laboratorio} = 8,00 \text{ m} * 6,50 \text{ m}$$

$$\text{Área del laboratorio} = 52 \text{ m}^2$$

La cantidad de lúmenes necesaria para el funcionamiento óptimo de los dispositivos al igual que mantener una iluminación eficaz y reducir costos de consumo eléctrico es de 500 luxes, (SYLVANIA, 2021), para ello se usa la Ec. (2):

$$\text{luxes} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{área cobertura}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Se desea conocer el área, para ello se despeja de la Ec. (2), y se obtiene la siguiente nueva ecuación:

$$\text{área cobertura} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{luxes}} \quad \text{Ec. (3)}$$

En la Ec. (3) serán reemplazados los valores conocidos, tanto de luxes y lúmenes que tiene la lámpara led LUMIPANEL que tiene como fabricante a SYLVANIA, que se utilizará por diseño, facilidad de instalación, consumo y eficacia que puede brindar, por lo tanto, se reemplazará de la siguiente forma: (SYLVANIA, 2021)

$$\begin{aligned} \text{área cobertura} &= \frac{4000}{500} \\ \text{área cobertura} &= 8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para conocer la cantidad de lámparas led (LUMIPANEL) a utilizar en base a los datos obtenidos se utilizará la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \# \text{ lámparas} &= \frac{\text{área del laboratorio}}{\text{área de cobertura}} \quad \text{Ec. (4)} \\ \# \text{ lámparas} &= \frac{52 \text{ m}^2}{8 \text{ m}^2} \\ \# \text{ lámparas} &= 6,5 \end{aligned}$$

Por motivos de implementación física las lámparas a utilizar serán 6.

4.6 Cálculos de bits de trama para asignar espacios en buffer UART

El direccionamiento usado es IPv4, la librería de Arduino permite definir la dirección IP de forma estática para que se acople a la red principal, además de la dirección de Gateway y de máscara de red todo en IPv4, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25: Direcciones en IPv4

```
WiFi.softAPConfig( // enable AP, with android-compatible google domain
  IPAddress(172, 217, 28, 254),
  IPAddress(172, 217, 28, 254),
  IPAddress(255, 255, 255, 0));
WiFi.softAP("V1", "12344321");
Serial.printf("AP: %s\n", WiFi.softAPIP().toString().c_str());
```

Representación de las direcciones en IPv4, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Para cualquier petición de un cliente en el Nodo 2 es necesario convertir la solicitud en formato HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y almacenarlo en una variable de tipo string para el envío por medio del protocolo UART. Para esto es necesario tener en cuenta la cantidad de Bits que ocupa la trama en TCP, como indica la Tabla 2, se considera solo la trama TCP debido a que maneja mayor cantidad de bits por el uso de ACK (acknowledgements) entre otros parámetros, para almacenar en el Nodo 1 la cantidad de bits adecuada. Una vez completado él envió de la trama para que el Nodo 2 envía una marquilla que permite identificar en el Nodo 1 que la solicitud ha llegado a su fin. La solicitud es recibida por el Nodo 1 y se convierte nuevamente de la variable String a una solicitud HTTP, la cual es enviada hacia el Gateway quien es el encargado de enviar la solicitud para que a su vez el servidor responda con al Nodo 2 con la respuesta a la solicitud del cliente.

Tabla 2: Bits asignados en buffer

Descripción	Bits
Versión	4
IHL	4
IHL	8
Type of Service	8
Longitud	16
ID	16
Flag	3
Posición del Frag	13
TTL	8
Protocolo	88
CRC	16
Origen	32
Destino	32
Relleno	32
Total	280

Tabla de valores asignados en cada espacio de trama, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

A continuación, se muestra la implementación de la conexión del prototipo a una computadora para realizar pruebas de velocidad. En la Figura 26, se muestra el prototipo conectado en una lámpara para proveer a los usuarios conectados a NODO 2 una comunicación a internet. Mediante el uso de la herramienta se puede obtener los resultados de las mediciones de velocidad y la mejora que existió en la red.

Figura 26: Prueba del prototipo



Conexión del prototipo hacia un computador con el fin de verificar las velocidades,
Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Los diagramas de flujo de la programación de cada nodo se pueden visualizar en la Figura 27 y Figura 28

Figura 27: Diagrama de flujo, Nodo 1

NODO 1

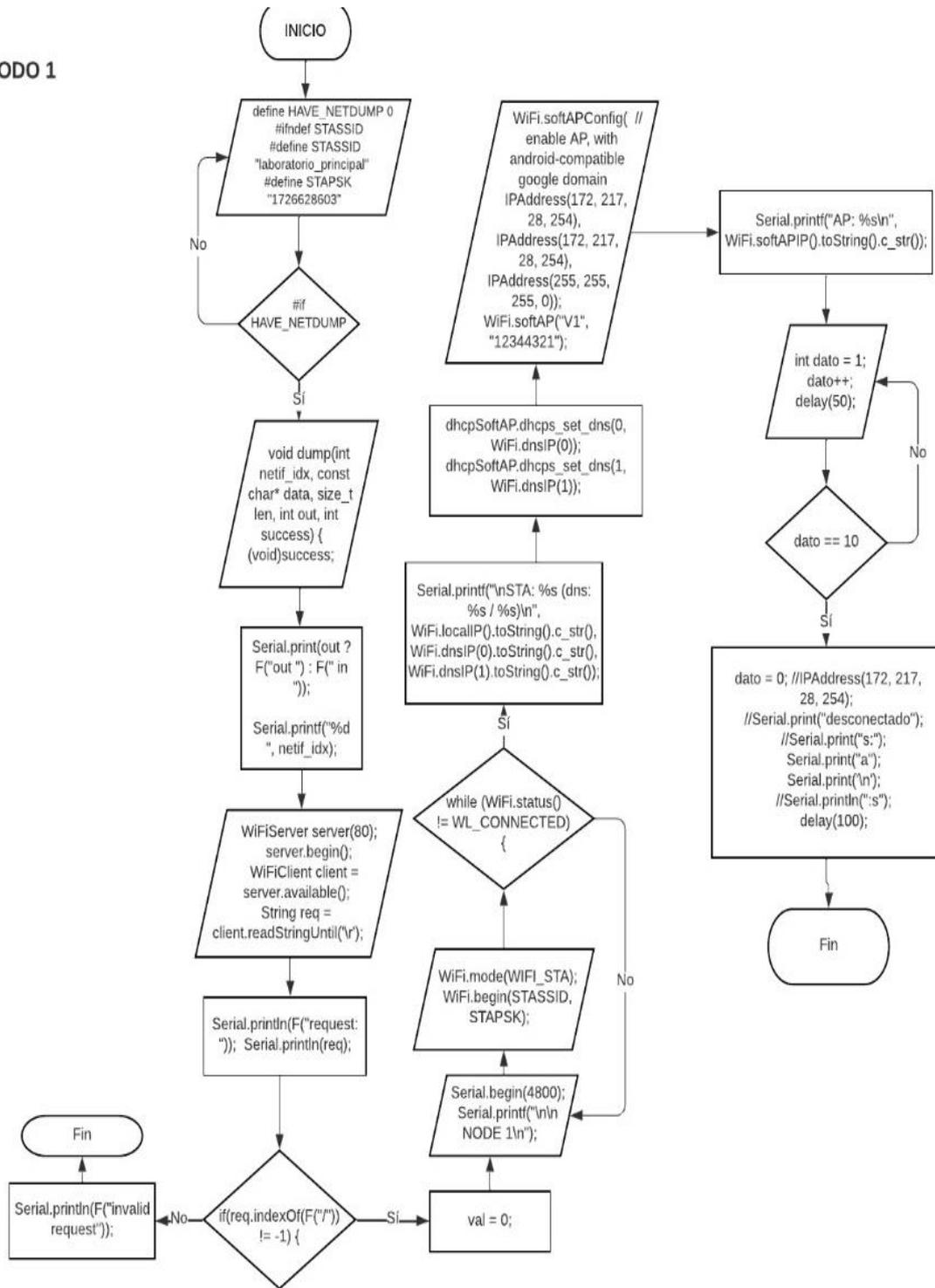
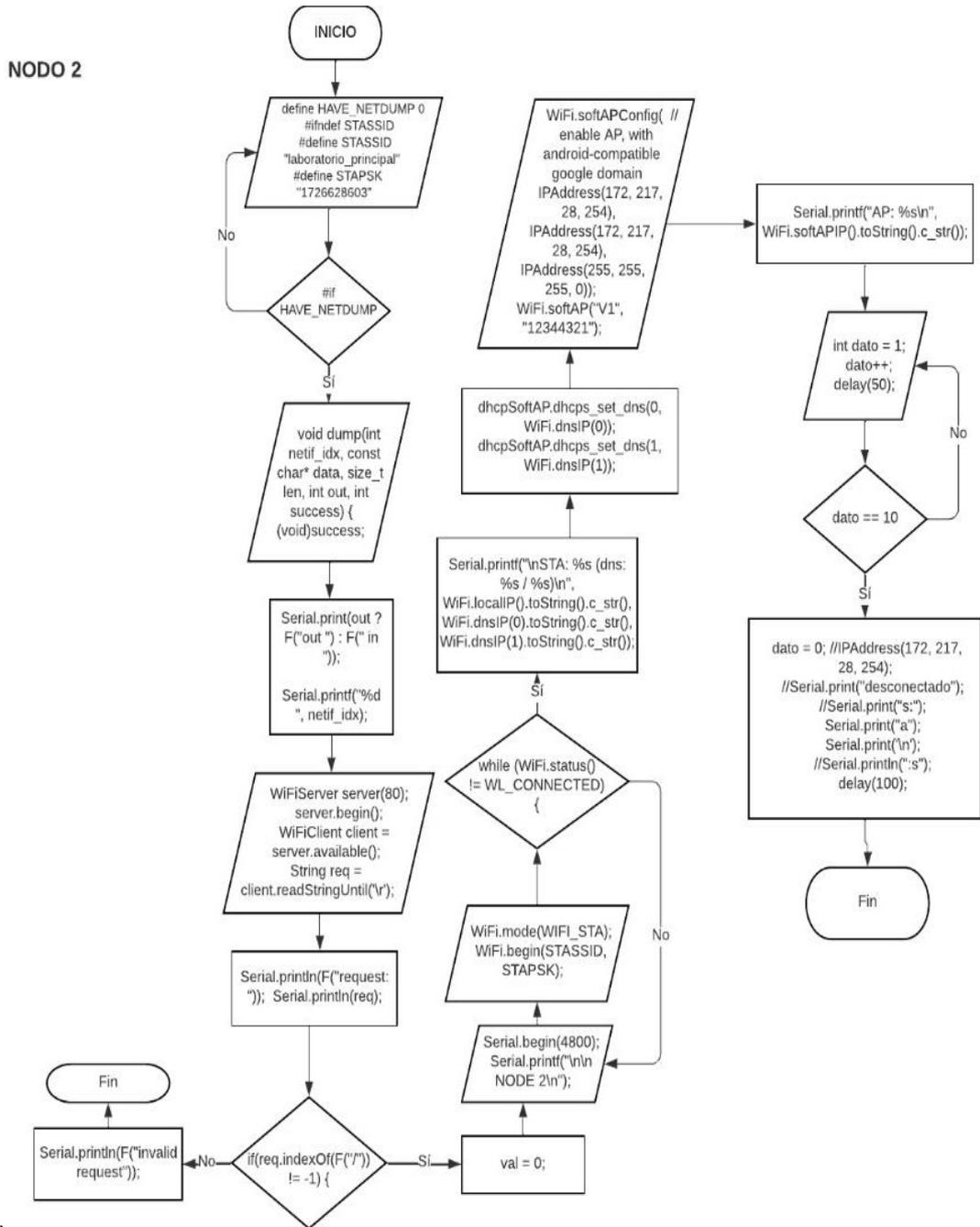


Diagrama de flujo de la programación realizada para el Nodo 1, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Figura 28: Diagrama de flujo, Nodo 2



s

Diagrama de flujo de la programación realizada para el Nodo 2, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

4.7 Elección de equipos

En este punto se podía trabajar con elementos de diferente categoría, entre los cuales se tiene:

Tabla 3: Equipos y costos.

EQUIPOS	PRECIO
Arduino + ethernet shield	\$25
Raspberry	\$80
Particle iot	\$90
Esp8266	\$6
Esp8266 NodeMCU	\$9

Tabla de costos de los equipos en el mercado ecuatoriano, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Debido a la cantidad de elementos que se requiere para cubrir varias zonas, se puede determinar que el elemento NodeMCU cuenta con entradas y salida, conexión a internet, modo gateway, y un bajo coste lo que haría el proyecto más rentable.

CAPITULO 5

5 ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se detalla los resultados de las pruebas de funcionamiento de la red Li-Fi para la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, de esta forma se puede comprobar el correcto funcionamiento.

5.1 Puesta en marcha de la red Li-Fi

Se desarrolló la experimentación de un prototipo Li-Fi para la transmisión y recepción de datos siendo expuesto a pruebas con distancias que oscilan entre los 10 y 40 centímetros, con el fin de obtener resultados de su comportamiento al momento de enviar datos.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos de cada una de las pruebas realizadas.

Tabla 4: Resultados de transmisión a 10 cm con luz artificial

Distancia	Velocidad
10 cm	33.33 bits/s

Tabla de resultados de transmisión, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

En el primer experimento a 10 cm de distancia los datos son enviados y receptados sin variación de perdida de datos y velocidad.

Tabla 5: Resultados de transmisión a 15 cm con luz artificial

Distancia	Velocidad
15 cm	33.33 bits/s

Tabla de resultados de transmisión, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Al aumentar 5 cm de distancia, los datos son enviados con velocidad constante, brindando confiabilidad en los datos enviados.

Tabla 6: Resultados de transmisión a 20 cm con luz artificial

Distancia	Velocidad
20 cm	33.33 bits/s

Tabla de resultados de transmisión, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

En la distancia de 20 cm se mantiene con la tasa de datos recibidos completa y una velocidad constante.

Tabla 7: Resultados de transmisión a 30 cm con luz artificial

Distancia	Velocidad
30 cm	33.33 bits/s

Tabla de resultados de transmisión, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

La recepción y transmisión se mantiene constante con la velocidad de 33.33 bit/s.

Tabla 8: Resultados de transmisión a 40 cm con luz artificial

Distancia	Velocidad
40 cm	33.33 bits/s
40cm	33.30 bits/s
40 cm	33.31bits/s

Tabla de resultados de transmisión, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

La distancia de 40 cm tiene una velocidad de recepción y transmisión de alrededor 33.33 bits/s, debido a que al realizar las diferentes pruebas existió cierto desfase, por lo que se demuestra que la distancia máxima para el desarrollo de las pruebas en el prototipo referido es de 30 cm, con una velocidad constante de 33.33 bit/s.

5.2 Pruebas de conexión

Al realizar la prueba de medición de una computadora conectada directamente a la red principal se tuvo como resultado una velocidad tanto en descarga o subida de 22 Mbps, como se puede visualizar en la Figura 29.

Figura 29: Prueba de velocidad conectado a la red principal

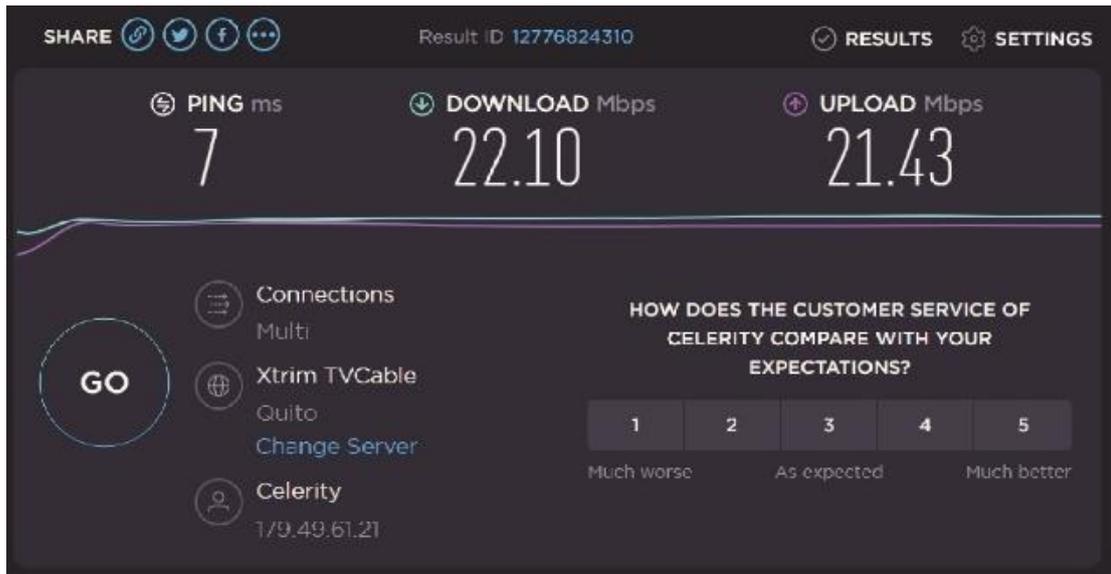


Ilustración de las velocidades de carga y descarga conectada a la red principal, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

Mientras que, al usar el prototipo ubicado a una distancia de 30 cm, se obtuvo una mejora en la velocidad de descarga y subida, como se muestra en la Figura 30, debido a que cuando está conectado a la computadora por medio de cable existe una atenuación que provoca la pérdida la velocidad de recepción y transmisión.

Figura 30: Prueba de velocidad conectado a la red del Nodo 2

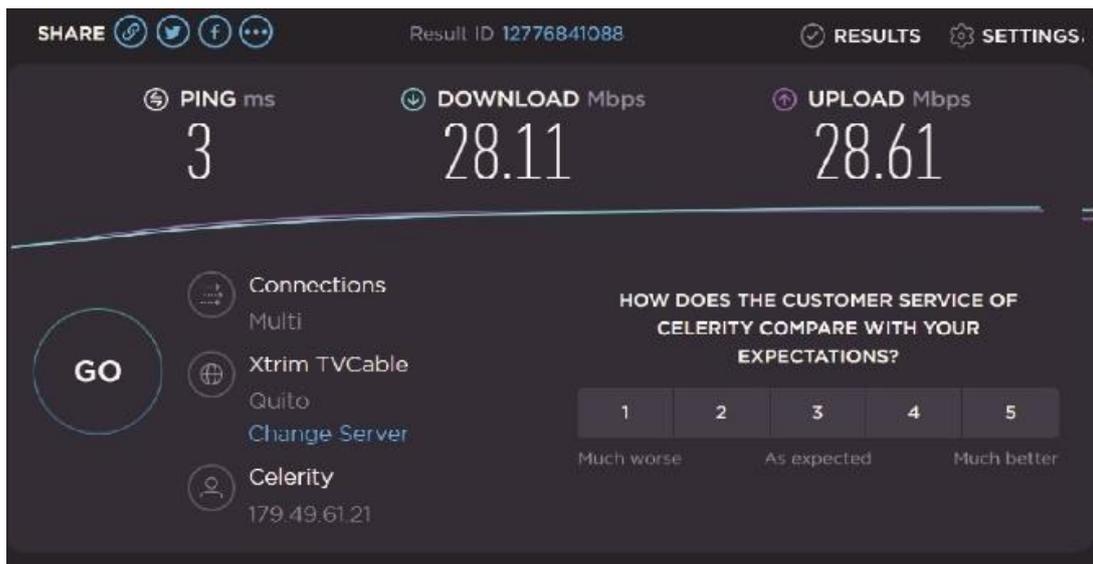


Diagrama del test de velocidad capturada en el Nodo 2, Autores: Evelyn Ulco, William Boada.

5.3 Comparación Wi-Fi y Li-Fi

En IoT una de las características principales es el incremento de dispositivos que se conectan a internet, por lo que al aplicar Li-Fi se tiene una mejor eficiencia espectral y un gran ancho de banda que permite el aumento de usuarios con alteraciones mínimas en la velocidad de datos para cada uno de los usuarios, ya que no existes saturaciones.

En la Figura 31 se observa el resultado de la prueba en ambiente controlado en la cual se compara la velocidad de datos de cada dispositivo con cada una de las tecnologías, reflejando que la velocidad de Li-Fi se mantiene constante a pesar del aumento de número de dispositivos, a diferencia de Wi-Fi en la cual la velocidad disminuye mientras más dispositivos se conectan a la red, es decir al no tener dispositivos conectados la red Li-Fi y Wi-Fi tiene igual valor en cuanto a su transmisión y recepción de datos es decir de 30 Mbps aproximadamente, ahora al continuar aumentando dispositivos por ejemplo 20 dispositivos la red Wi-Fi descendió casi por completo con un valor aproximado de 22 Mbps y la red Li-Fi mantiene los 30 Mbps aproximadamente.

Figura 31: Comparación Wi-Fi vs Li-Fi

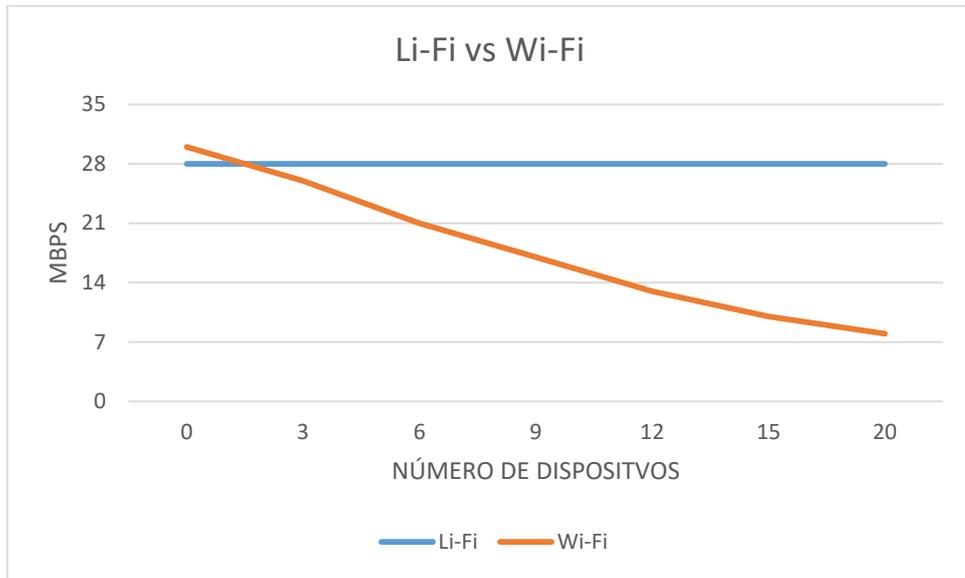


Gráfico comparativo velocidad de transmisión vs número de dispositivos, Autores: Evelyn Ulco, William Boda.

CONCLUSIONES

- Las condiciones físicas de la infraestructura de la red actual y el tipo de construcción de los bloques de la Unidad Educativa Municipal José Ricardo Chiriboga, no permite implementar en su totalidad la tecnología Li-Fi, ya que con las pruebas realizadas la red requiere mantener contacto directo con la luz y teniendo cualquier interrupción, como por ejemplo sombras ocasionadas por el movimiento de los estudiantes o ingreso de luz externa hace que disminuya la línea de vista y el área de cobertura, obteniendo intermitencias en la conexión de la red.
- La velocidad de transmisión se mantiene constante con un valor de 33.33 bits/s, a una distancia de 30 a 40 cm con el prototipo realizado, por la potencia del foco usado en las pruebas, para aumentar la línea de vista y el área de cobertura permitiendo agregar más dispositivos a la red se necesita una lámpara de mayor potencia.
- Se verifica el aumento de la velocidad en la simulación de la red Li-Fi vs la red actual del laboratorio con un incremento de 6 Mbps aproximadamente, la ganancia obtenida se debe a que cuando está conectado un dispositivo por medio de cable existe una atenuación que provoca una pérdida en la transmisión y de recepción de datos mientras que en la conexión por Li-Fi desaparece la atenuación mencionada.
- Mediante el uso del prototipo de la red Li-Fi se verifica que la velocidad de navegación con un valor 28 Mbps se mantiene constante independientemente del número de dispositivos que se encuentren conectados a la red, a diferencia de la red Wi-Fi la velocidad disminuye a 8 Mbps con un máximo de 20 dispositivos conectados debido al ancho de banda necesario para mantener una conexión estable en cada uno de los dispositivos.

RECOMENDACIONES

- Usar una lámpara led que tenga un flujo luminoso de 4000 lm, la cual permita una mayor transmisión de datos a mayor distancia.
- El prototipo de transmisión Li-Fi propuesto fue desarrollado mediante circuitos básicos y de elementos que se adquirió de forma fácil, teniendo en cuenta que si se hubiese obtenido un fotoreceptor de mayor rendimiento, se desarrollarían mejor las pruebas con el fin de tener mejor resultados.
- Para futuros estudios se recomienda analizar e investigar las redes Li-Fi como complemento de las redes Wi-Fi y no como reemplazo.
- Utilizar kits de empresas que ya cuentan con dispositivos de la tecnología Li-Fi, con el fin de obtener resultados orientados en ambientes reales.

Referencias

- Alliance, Z. (15 de Enero de 2020). *Korwin*. Obtenido de https://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/zigbee/topologias.html
- All-specs.net. (2019). Obtenido de <http://es.all-specs.net/model/1049803/>
- Arduino, D. (23 de Enero de 2014). *Tu Equipo Seo*. Obtenido de <https://descubrearduino.com/nodemcu/>
- Caisaguano, A. B. (1 de Febrero de 2018). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8087>
- Conoce Sobre Informática. (25 de Septiembre de 2019). *CSI*. Obtenido de <https://conocesobreinformatica.com/topologia-estrella-cisco-packet-tracer/>
- Cordero, P. (11 de Septiembre de 2021). *Micro JPM*. Obtenido de <https://www.microjpm.com/products/srd-12vdc-sl-c-spdt-12vdc/>
- Corvo, H. S. (15 de Enero de 2021). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/topologia-en-estrella/>
- eBook. (17 de Diciembre de 2021). *La comunicacion de luz Visible*. Obtenido de Li Fi: <https://lifi.co/visible-light-communication/>
- Electronica, T. (25 de Enero de 2022). *Copyright*. Obtenido de <https://tdelectronica.com/producto/circuitos-integrados/compuertas-logicas/compuerta-not-schmitt-trigger/>
- Electrónicos, T. d. (28 de Enero de 2022). *Unit Electronics*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/leds-infrarrojos-par-de-led-infrarrojos-receptor-transmisor/>
- Electronics. (10 de Enero de 2022). *AV Electronics*. Obtenido de <https://avelectronics.cc/producto/diodo-infrarrojo-5mm/>
- Electronics, A. (20 de Enero de 2022). *AV Electronics*. Obtenido de <https://avelectronics.cc/producto/diodo-infrarrojo-5mm/>
- Electrotec. (28 de Enero de 2022). *Electrotec*. Obtenido de <https://electrotec.pe/blog/tiposrele>
- González, I. A. (2017). *Implementacion software del nivel MAC del estándar IEEE.802.15.7*. España: Bblioteca Universitaria.
- Iberdrola. (18 de Enero de 2022). *IBERDROLA Innovación*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/tecnologia-lifi>
- Islim, M. S., & Haas, H. (2016). Modulation Techniques for Li-Fi. *ZTE COMMUNICATIONS*, 14(2), 29-40.

- Issac. (21 de Diciembre de 2019). *HardwareLibre*. Obtenido de <https://www.hwlibre.com/esp8266/>
- Itroque. (28 de Enero de 2022). *Medios Inalambricos*. Obtenido de Itroque: <http://itroque.edu.mx/cisco/cisco1/course/module4/4.2.4.4/4.2.4.4.html>
- Marmolejo, R. E. (18 de Noviembre de 2021). *Hetpro*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-un-relevador-o-rele/>
- Mecatrónica. (5 de Mayo de 2021). *Mecatrónica LATAM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/compuertas-logicas/compuerta-not/>
- Mejía, O. Á. (2011). *Migración del Protocolo IPv4 a IPv6*. México: Depto. de Ingeniería eléctrica. UAM-I.
- Morales, L. (21 de Agosto de 2018). *Andinalink*. Obtenido de <https://andinalink.com/es-el-li-fi-el-futuro-del-wifi/>
- Naylamp. (14 de Noviembre de 2021). *Naylamp Mechatronic SAC*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- Pérez, C. M. (2017). *Implementación software del nivel MAC del estándar IEEE.802.15.7 (VLC) para la plataforma OMNeT++*. Gran Canaria: Repositorio de la Universidad de las Palmas. Obtenido de <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Carolina%20Mart%C3%ADnez%20P%C3%A9rez.pdf>
- Pineda, P. J. (26 de Enero de 2022). *Monografias S.A*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/comunicacion-optica-inalambrica-lifi/comunicacion-optica-inalambrica-lifi#iivisibla>
- Postel, J. (1980). *User Datagram Protocol; RFC 768. IETF*.
- PUCE, F. d. (26 de Enero de 2022). *PUCE Centro de Educacion Virtual*. Obtenido de <https://puceapex.puce.edu.ec/web/cev/estandar-ieee-802-11/>
- Rincon, J. S. (14 de Junio de 2016). *Repositorio de la Univeridad Cooperativa de Colombia*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6619/1/2019_Dise%C3%B1o_Implementacion_Red.pdf
- Salazar, J. (15 de Agosto de 2018). *Upcommons*. Obtenido de Tech Pedia: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- Schwarz, R. &. (2022). *Entendiendo el UART*. Mexico.
- Simal, T. (12 de Febrero de 2011). *Creative Commons*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/961-monografico-redes-wifi>

- Sprock, A. S. (15 de Diciembre de 2015). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Arquitectura-de-red-propuesta-para-una-aplicacion-de-videoconferencia_fig2_289532310
- Study, L.-F. T. (12 de Noviembre de 2015). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/shows-the-real-time-use-of-Li-Fi-Technology-Li-Fi-can-be-used-at-the-place-of-Wi-Fi-for_fig3_311206071
- SYLVANIA. (15 de Enero de 2021). *LED*. Obtenido de <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2020/12/LED-LUMIPANEL.pdf>
- Tecnologia. (18 de Septiembre de 2019). *Introduccion a las redes Wifi*. Obtenido de RNDs: http://www.rnds.com.ar/articulos/091/rnds_088-090w.pdf
- Tecnologia, A. (28 de Enero de 2022). *AreaTecnologia*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/nuevas-tecnologias/li-fi.html>
- Telecomunicaciones, D. d. (26 de Enero de 2022). *UNAM*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/164/A6.pdf?sequence=6>
- Telecomunicaciones, M. d. (24 de Enero de 2022). *Gobierno del Encuentro*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/conectividad-escolar/>
- TostaTronic. (5 de Enero de 2022). *Ecommerce*. Obtenido de <https://tostatronic.com/store/semiconductores/46-compuerta-invertidora-74ls14-0683489331164.html>
- Villavicencio, O. E. (2017). *Estudio entre las tecnologías WIFI – LIFI en la optimización del servicio de internet*. Machala: Revista Ciencia e Investigación. Obtenido de [file:///C:/Users/DELL/Downloads/320-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1597-3-10-20180117%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/320-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1597-3-10-20180117%20(5).pdf)
- Voltriz. (12 de Enero de 2022). *Voltriz*. Obtenido de <https://www.voltriz.com.br/produto/rele-12v-10a/>

ANEXOS

Anexo 1: Características de las Iluminarias

SYLVANIA

Luminarias lineales / Comercial y Residencial

LED LUMIPANEL

IP20

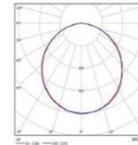


Características

- Diseño ultradelgado.
- Luminaria para empotrar en cielo falso tipo panel LED de alta potencia, alta luminosidad, no genera parpadeos ni radiaciones ultravioletas y su encendido es instantáneo.
- Marco de aluminio color blanco, diseño ultra delgado y moderno, la luz se proyecta de manera uniforme, evitando el deslumbramiento y el cansancio visual.
- Índice de Reproducción de Color (IRC) 80%.
- Driver electrónico remoto, voltaje universal desde 100V hasta 277V.



Watt	L (mm)	W (mm)	H (mm)
40W SQ	595	595	10
40W RC	295	1195	10
60W RC	595	1195	10



CÓDIGO	MODELO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FLUJO LUMINOSO (lm)	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA (Lm/W)	TEMPERATURA DE COLOR (k)	IRC	ÁNGULO °	VIDA ÚTIL (h)
P27913	Panel SQ	40	100-277	3200	0.9	80	6500	80	110	30000
P27930	Panel SQ	40	100-277	3200	0.9	80	4000	80	110	30000
P28399	Panel SQ	40	100-277	4000	0.9	100	6500	80	110	50000
P27916	Panel RC	40	100-277	3200	0.9	80	6500	80	110	30000
P26846	Panel RC	60	100-277	4800	0.9	80	6500	80	110	30000

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70).



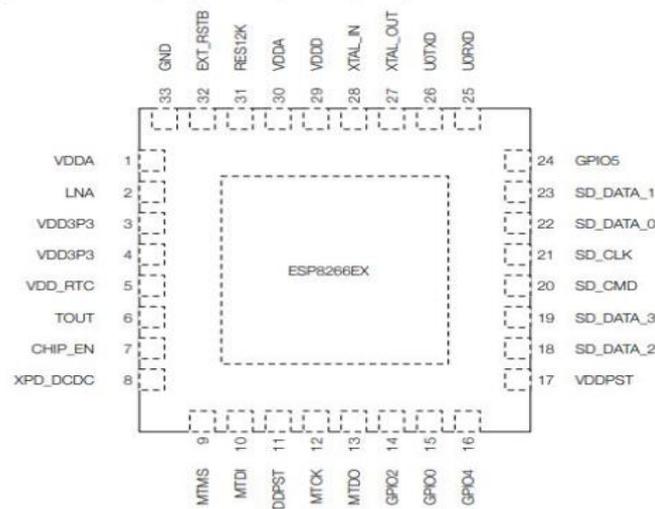
La información contenida corresponde a valores nominales registrados bajo condiciones controladas de tensión y temperatura. Imagen de referencia, Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa por evolución de la tecnología LED.

Catálogo de iluminación LED 2021

| 63

Anexo 2 Características y funcionamiento de los pines ESP8266

Configuración y funciones del pin ESP8266



Funciones del pin ESP8266 NodeMCU:

Pin	Name	Type	Function
1	VDDA	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V
2	LNA	I/O	RF antenna interface Chip output impedance = $39 + j6 \Omega$. It is suggested to retain the π -type matching network to match the antenna.
3	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5 V ~ 3.6 V
4	VDD3P3	P	Amplifier Power 2.5 V ~ 3.6 V
5	VDD_RTC	P	NC (1.1 V)
6	TOUT	I	ADC pin. It can be used to test the power-supply voltage of VDD3P3 (Pin3 and Pin4) and the input power voltage of TOUT (Pin 6). However, these two functions cannot be used simultaneously.
7	CHIP_EN	I	Chip Enable High: On, chip works properly Low: Off, small current consumed
8	XPD_DCDC	I/O	Deep-sleep wakeup (need to be connected to EXT_RSTB); GPIO16
9	MTMS	I/O	GPIO 14; HSPI_CLK
10	MTDI	I/O	GPIO 12; HSPI_MISO
11	VDDPST	P	Digital/I/O Power Supply (1.8 V ~ 3.6 V)
12	MTCK	I/O	GPIO 13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
13	MTDO	I/O	GPIO 15; HSPI_CS; UART0_RTS
14	GPIO2	I/O	UART TX during flash programming; GPIO2
15	GPIO0	I/O	GPIO0; SPI_CS2
16	GPIO4	I/O	GPIO4
17	VDDPST	P	Digital/I/O Power Supply (1.8 V ~ 3.6 V)
18	SDIO_DATA_2	I/O	Connect to SD_D2 (Series R: 20 Ω); SPIHD; HSPiHD; GPIO9
19	SDIO_DATA_3	I/O	Connect to SD_D3 (Series R: 200 Ω); SPIWP; HSPiWP; GPIO10
20	SDIO_CMD	I/O	Connect to SD_CMD (Series R: 200 Ω); SPI_CS0; GPIO11
21	SDIO_CLK	I/O	Connect to SD_CLK (Series R: 200 Ω); SPI_CLK; GPIO6
22	SDIO_DATA_0	I/O	Connect to SD_D0 (Series R: 200 Ω); SPI_MISO; GPIO7
23	SDIO_DATA_1	I/O	Connect to SD_D1 (Series R: 200 Ω); SPI_MOSI; GPIO8
24	GPIO5	I/O	GPIO5
25	U0RXD	I/O	UART Rx during flash programming; GPIO3
26	U0TXD	I/O	UART TX during flash programming; GPIO1; SPI_CS1
27	XTAL_OUT	I/O	Connect to crystal oscillator output, can be used to provide BT clock input
28	XTAL_IN	I/O	Connect to crystal oscillator input
29	VDDD	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V
30	VDDA	P	Analog Power 2.5 V ~ 3.6 V
31	RES12K	I	Serial connection with a 12 k Ω resistor and connect to the ground
32	EXT_RSTB	I	External reset signal (Low voltage level: active)

Anexo 3: Descripción de Raspberry

5.1.1 GPIO Pin Assignments

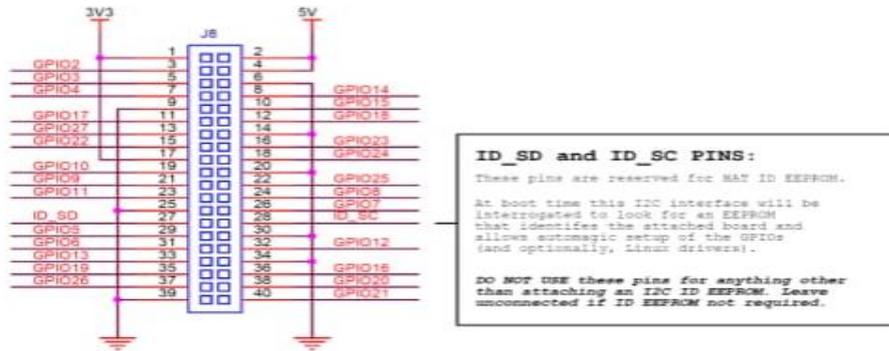


Figure 3: GPIO Connector Pinout

As well as being able to be used as straightforward software controlled input and output (with programmable pulls), GPIO pins can be switched (multiplexed) into various other modes backed by dedicated peripheral blocks such as I2C, UART and SPI.

In addition to the standard peripheral options found on legacy Pis, extra I2C, UART and SPI peripherals have been added to the BCM2711 chip and are available as further mux options on the Pi4. This gives users much more flexibility when attaching add-on hardware as compared to older models.

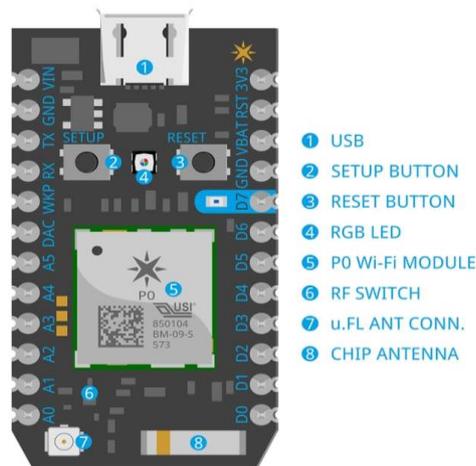


5.1.2 GPIO Alternate Functions

GPIO	Default Pull	ALT0	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
0	High	SDA0	SA5	PCLK	SPI3_CE0_N	TXD2	SDA6
1	High	SCL0	SA4	DE	SPI3_MISO	RXD2	SCL6
2	High	SDA1	SA3	LCD_VSYNC	SPI3_MOSI	CTS2	SDA3
3	High	SCL1	SA2	LCD_HSYNC	SPI3_SCLK	RTS2	SCL3
4	High	GPCLK0	SA1	DPLD0	SPI4_CE0_N	TXD3	SDA3
5	High	GPCLK1	SA0	DPLD1	SPI4_MISO	RXD3	SCL3
6	High	GPCLK2	SOE_N	DPLD2	SPI4_MOSI	CTS3	SDA4
7	High	SPI0_CE1_N	SWE_N	DPLD3	SPI4_SCLK	RTS3	SCL4
8	High	SPI0_CE0_N	SD0	DPLD4	-	TXD4	SDA4
9	Low	SPI0_MISO	SD1	DPLD5	-	RXD4	SCL4
10	Low	SPI0_MOSI	SD2	DPLD6	-	CTS4	SDA5
11	Low	SPI0_SCLK	SD3	DPLD7	-	RTS4	SCL5
12	Low	PWM0	SD4	DPLD8	SPI5_CE0_N	TXD5	SDA5
13	Low	PWM1	SD5	DPLD9	SPI5_MISO	RXD5	SCL5
14	Low	TXD0	SD6	DPLD10	SPI5_MOSI	CTS5	TXD1
15	Low	RXD0	SD7	DPLD11	SPI5_SCLK	RTS5	RXD1
16	Low	FL0	SD8	DPLD12	CTS0	SPI1_CE2_N	CTS1
17	Low	FL1	SD9	DPLD13	RTS0	SPI1_CE1_N	RTS1
18	Low	PCM_CLK	SD10	DPLD14	SPI6_CE0_N	SPI1_CE0_N	PWM0
19	Low	PCM_FS	SD11	DPLD15	SPI6_MISO	SPI1_MISO	PWM1
20	Low	PCM_DIN	SD12	DPLD16	SPI6_MOSI	SPI1_MOSI	GPCLK0
21	Low	PCM_DOUT	SD13	DPLD17	SPI6_SCLK	SPI1_SCLK	GPCLK1
22	Low	SD0_CLK	SD14	DPLD18	SD1_CLK	ARM_TRST	SDA6
23	Low	SD0_CMD	SD15	DPLD19	SD1_CMD	ARM_RTCK	SCL6
24	Low	SD0_DAT0	SD16	DPLD20	SD1_DAT0	ARM_TDO	SPI3_CE1_N
25	Low	SD0_DAT1	SD17	DPLD21	SD1_DAT1	ARM_TCK	SPI4_CE1_N
26	Low	SD0_DAT2	TE0	DPLD22	SD1_DAT2	ARM_TDI	SPI5_CE1_N
27	Low	SD0_DAT3	TE1	DPLD23	SD1_DAT3	ARM_TMS	SPI6_CE1_N



Anexo 4: Características del Particle IOT



Pin description

VIN	This pin can be used as an input or output. As an input, supply 3.6 to 5.5VDC to power the Photon. When the Photon is powered via the USB port, this pin will output a voltage of approximately 4.8VDC due to a reverse polarity protection series Schottky diode between VUSB and VIN. When used as an output, the max load on VIN is 1A.
RST	Active-low reset input. On-board circuitry contains a 1k ohm pull-up resistor between RST and 3V3, and 0.1uF capacitor between RST and GND.
VBAT	Supply to the internal RTC, backup registers and SRAM when 3V3 is not present (1.65 to 3.6VDC).
3V3	This pin is the output of the on-board regulator and is internally connected to the VDD of the Wi-Fi module. When powering the Photon via VIN or the USB port, this pin will output a voltage of 3.3VDC. This pin can also be used to power the Photon directly (max input 3.3VDC). When used as an output, the max load on 3V3 is 100mA. NOTE: When powering the Photon via this pin, ensure power is disconnected from VIN and USB.
RX	Primarily used as UART RX, but can also be used as a digital GPIO or PWM ^[2] .
TX	Primarily used as UART TX, but can also be used as a digital GPIO or PWM ^[2] .
WKP	Active-high wakeup pin, wakes the module from sleep/standby modes. When not used as a WAKEUP, this pin can also be used as a digital GPIO, ADC input or PWM ^[2] . Can be referred to as A7 when used as an ADC.
DAC	12-bit Digital-to-Analog (D/A) output (0-4095), referred to as DAC or DAC1 in software. Can also be used as a digital GPIO or ADC. Can be referred to as A6 when used as an ADC. A3 is a second DAC output used as DAC2 in software.
A0~A7	12-bit Analog-to-Digital (A/D) inputs (0-4095), and also digital GPIOs. A6 and A7 are code convenience mappings, which means pins are not actually labeled as such but you may use code like <code>analogRead(A7)</code> . A6 maps to the DAC pin and A7 maps to the WKP pin. A4,A5,A7 may also be used as a PWM ^[2] output.
D0~D7	Digital only GPIO pins. D0~D3 may also be used as a PWM ^[2] output.

Anexo 5: RACK del Laboratorio



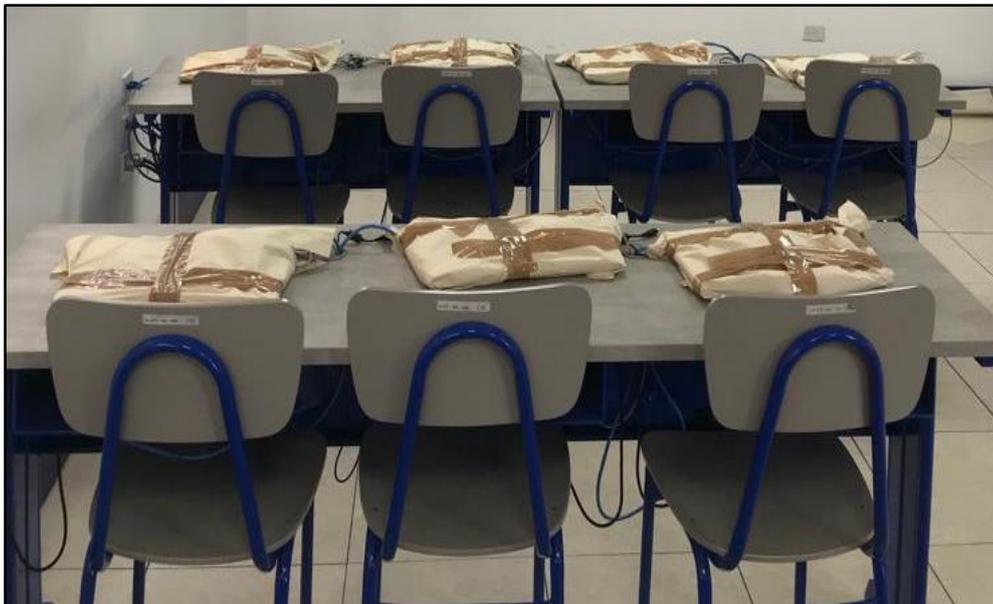
Anexo 6: Parte Frontal del Laboratorio



Anexo 7: Parte Posterior del laboratorio



Anexo 8: Distribución y ubicación de dispositivos (laptops)



Anexo 9: Conexiones

