



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

U. PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS.

**SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON
TECNOLOGÍA LÁSER.**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

PRESENTA:

**GARCIA MIRANDA AGUSTIN SEBASTIAN
REYES RAMÍREZ IGNACIO
SALGADO ORTÍZ DIEGO ANTONIO**

ASESOR: DR. ALEXANDRE MIGHTCHENKO

MEXICO D.F. DICIEMBRE 2011.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA(N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACION
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. AGUSTIN SEBASTIAN GARCIA MIRANDA
C. IGNACIO REYES RAMIREZ
C. DIEGO ANTONIO SALGADO ORTIZ**

“SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON TECNOLOGÍA LÁSER”

DESARROLLAR UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN ESPACIOS ABIERTOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA LÁSER, PARA LA FUTURA IMPLEMENTACIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES O DOMÉSTICOS QUE REQUIEREN SER CONTROLADOS O AUTOMATIZADOS.

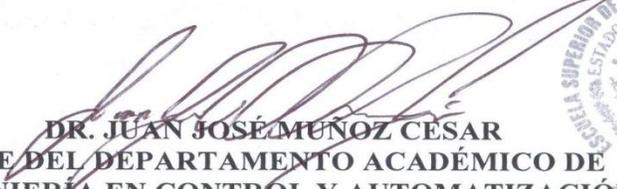
- ❖ **DESARROLLAR LA COMUNICACIÓN DE CONTROL Y MONITOREO POR COMUNICACIÓN ÓPTICA INALÁMBRICA TAMBIÉN DENOMINADA COMUNICACIÓN ÓPTICA DE ESPACIO ABIERTO, QUE CONSISTE EN EL USO DE ENLACES ÓPTICOS ENTRE PUNTOS UBICADOS YA SEA DENTRO DE LA ATMOSFERA TERRESTRE O EN EL ESPACIO EXTERIOR.**

MÉXICO D. F., A 28 DE JUNIO DE 2012.

ASESORES


ING. JOSÉ ÁNGEL MEJÍA DOMÍNGUEZ


DR. ALEXANDRE MICHTCHENKO


DR. JUAN JOSÉ MUÑOZ CÉSAR
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN



Dedicatoria y Agradecimientos

A Dios.

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres.

Por lograr que este sueño sea realidad, hemos descubierto que no resulta obvia ni trivial, después de todos los sacrificios que han hecho por nosotros para estudiar y no hablo sólo de los sacrificios económicos, sino también el tiempo y la confianza en todos esos largos años de estudio.

A mi Institución.

Me comprometo a llevar al Instituto Politécnico Nacional vigorosamente y con pasos firmes hacia su futuro. Una de las cosas que mas debemos tener en mente tanto en nuestra formación así como la vida profesional deben ser nuestras raíces, nuestra escuela, llevemos con orgullo, inteligencia y arrojo, nuestro lema hacia su cima, pongamos juntos, como siempre lo hemos hecho: “La Técnica al Servicio de la Patria”.

INDICE DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.	7
OBJETIVO GENERAL.	9
OBJETIVOS PARTICULARES.	9
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	11
1.1. LA LUZ.	11
1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ.	11
1.3. ESPECTRO ÓPTICO.	13
1.4. TEORÍA DE PLANCK.	14
1.5. LÁSER.	14
1.5.1 Historia del Láser.....	14
1.5.2. Láser y su significado.....	15
1.5.3. Características del Láser.....	15
1.5.4. Componentes y funcionamiento del Láser.	16
1.5.5. Fundamentos del Láser: La Emisión Estimulada.....	18
1.6. TIPOS DELÁSER.	18
1.6.1 Láser de gas.	18
1.6.1.1. Láser de Helio-Neón.....	18
1.6.1.2. Láser de Argón.....	19
1.6.1.3. Láser de CO ₂	19
1.6.1.4. Láser monóxido de carbono CO.....	20
1.6.1.5. Láser de arseniuro de galio.....	21
1.6.2. Láseres sólidos.	21
1.6.2.1 Láser a rubí.....	21
1.6.2.2 Láser de rubíes sintéticos.....	21
1.6.2.3. Láser a Neodimio-YAG.....	22
1.6.3. Láser Químico.	22
1.6.3.1 Auto-bombeo.....	22
1.6.4. Láser Semiconductores.	23
1.6.5. Tipo de material para luz Láser.	24
1.7. LONGITUD DE ONDA Y RELACIÓN CON LA FRECUENCIA.	25

1.8. DIODO LÁSER.	27
1.8.1. Diferencias del diodo láser con un diodo LED.	28
1.8.2. Composición química y física de un diodo láser.	28
1.8.3. Funcionamiento del diodo láser.	31
1.9. MONTURAS DEL DIODO LÁSER.	32
1.9.1. Algunas ventajas de los sistemas láser.	33
1.10. APLICACIONES.	33
1.11. EL LÁSER EN LAS COMUNICACIONES.	33
1.12. IMPORTANCIA DEL USO DE DIODO LÁSER SEMICONDUCTOR EN LAS COMUNICACIONES.	34
CAPÍTULO II COMUNICACIONES	36
2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.	37
2.2. Comunicaciones Alámbricas.	37
2.2.1. Cable de Par Trenzado.	38
2.2.1.1. Tipos de Par Trenzado.	38
2.2.2. Cable Coaxial.	39
El Poli cloruro de vinilo (PVC).	39
2.2.3. Fibra Óptica.	40
2.3. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.	41
2.3.1. Wireless Personal Área Network.	42
2.3.2. Wireless Local Área Network.	42
2.3.3. Wireless Metropolitan Área Network.	42
2.3.4. Wireless Wide Área Network.	42
2.3.5. Características de Comunicación Inalámbrica.	43
2.4. TIPOS DE REDES WAN	43
2.5. WIFI.	44
2.5.1. Omnidireccional.	45
2.5.2. Bidireccional.	45
2.5.3. Unidireccionales.	46

2.6. COMUNICACIÓN ÓPTICA INALÁMBRICA.	46
2.6.1. Comunicación láser Inalámbrica en Línea de Visión.....	46
2.7. LÁSER DE ESPACIO LIBRE EN EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN. (FREE SPACE LÁSER COMMUNICATION SYSTEM)	47
2.8. TECNOLOGÍA LÁSER (FSO).	47
CAPÍTULO III DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	49
3.1. CANAL IMPLEMENTADO POR LÁSER PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.	49
3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL DIODO LÁSER AL DRIVER.	51
3.2.1. Driver láser.	51
3.3. CIRCUITOS ELECTRÓNICOS EMISOR/RECEPTOR.	53
3.3.1. Emisor.....	53
3.3.2. Receptor.	53
3.4. MONTAJE DE EMISOR / RECEPTOR A PC.	54
3.4.1. Vinculación del emisor / receptor óptico a PC.	55
3.4.2. MAX-232.....	55
3.4.3. Voltaje lógico.	55
3.4.4. MAX-232 descripción.	56
3.4.5. Datos técnicos.	56
3.5. RS-232 EN EL PC.	57
3.5.1. Conector serie DB-9.....	57
3.6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	58
3.6.1. IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO EN EL PROGRAMA LIVEWIRE.	58
3.8. CONFIGURACIÓN DEL DB9.	60
3.9. CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS.	62
3.9.1. Configuración de los puertos serie en Windows.	62
3.9.2. Recursos de COM1.....	63
3.10. COMUNICACIÓN CON RS-232 E HYPERTERMINAL.	64
3.11. PRUEBAS REALIZADAS.	69
3.12. DESARROLLO DEL TELESCOPIO Y EL LÁSER.	70

3.12.1. Desarrollo del Espejo Primario.....	70
3.12.1.1. Armado del Espejo Primario.....	72
3.12.2. Espejo secundario.....	73
3.12.2.1. Desarrollo de construcción del espejo secundario.	74
3.12.3. Montura de la Araña.	74
3.12.4. Montaje del Apuntador Láser.....	76
3.12.5. Montaje Final.....	78
3.13. PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS. _____	79
3.13.1. Comunicación través de la atmósfera.	79
3.13.2. Absorción y dispersión en la atmósfera.....	80
3.14. COSTOS. _____	81
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES _____	82
BIBLIOGRAFÍA _____	84
ANEXOS A-B _____	85
A.1. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL LÁSER. ____	85
A.1.1. Clases de Láser y Normas.....	85
A.1.2. Clase de un sistema láser.....	86
A.2. RIESGOS DERIVABLES DE LA UTILIZACIÓN DE LAS DIFERENTES “CLASES” DE SISTEMAS LÁSER. _____	87
A.2.1. Riesgos derivables, para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos:.....	87
A.2.2. Riesgos derivables, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2).....	88
A.3.1. Medidas de control para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos.	89
A.3.2. Medidas de control, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2):.....	90
A.3.3. SEÑALIZACIÓN. _____	90
B.1. EL TELESCOPIO _____	95
B2. DIVERGENCIA. _____	97

INTRODUCCIÓN.

La comunicación ha sido un factor muy importante para el desarrollo humano, este es el caso de los sistemas de información. Por lo anterior la comunicación entre computadoras es un aspecto vital en nuestra época, ya que se ha convertido en una herramienta esencial en el qué hacer del hombre.

Las actuales tecnologías inalámbricas como Bluetooth, WiFi, WLAN, tienen bajas tasas de transmisión de datos en comparación con los de cable red de Área local (LAN) de sistemas. Estas redes requieren licencias y generan riesgos en la seguridad. La transmisión óptica no requiere hasta ahora una licencia para su funcionamiento pero se aclarara de la seguridad al manipular el rayo láser ya que es dañino al ojo humano. El espacio libre óptico, las redes se puede configurar en un día con absoluta seguridad debido a que la transmisión se basa en la línea de visión. La velocidad de datos para sistemas ópticos está en el rango Gbps. Se utilizara un láser como fuente de luz con el fin de reducir los costos mientras se mantiene la tasa de datos de alta velocidad y las características de seguridad que ofrece el la comunicación en espacio libre. La comunicación en espacio libre ofrecerá una alternativa a los tradicionales de la comunicación inalámbrica con gran ayuda del láser como un medio de comunicación tiene algunas características únicas en comparación con otras formas de medios de comunicación. Un rayo láser de línea visión es útil cuando los cables no pueden estar conectados físicamente a una ubicación remota, reducir costos de cables por transmisión de datos agrandes distancias. Un rayo láser, a diferencia de los cables, tampoco requiere de un blindaje especial.

Se describirán los componentes principales para la transmisión y adquisición de datos que serán básicos para una futura implementación en la industria mexicana, sus principales elementos son; un emisor-receptor óptico que estará diseñado para una comunicación en espacio libre. En el presente trabajo hablaremos sobre el sistema de comunicación utilizando tecnología láser en especial (canal), por el cual se planea realizar la comunicación de 2 puntos a una distancia mayor a 4 km. Cabe mencionar que estos datos específicos son lo que se espera de la investigación y simulación mas no es la distancia exacta a obtener.

Dentro de los 2 primeros capítulos se desarrollan conceptos básicos sobre el láser y la comunicación. En el capítulo 1 estará enfocado a conceptos básicos que intervengan para la realización del láser.

El emisor-receptor óptico permite que dos computadoras con puerto serie (RS-232) con la capacidad de vincularse para comunicarse más de 4 Km con un rayo láser. En ese caso, MAX232 se utiliza para convertir la lógica RS-232 a la lógica TTL. Un puntero láser será utilizado como fuente óptica del emisor y un fotodiodo como receptor de señales de entrada de luz para el emisor/receptor, cabe señalar que se diseñara con un telescopio de Newton que ayudara al aumento del diámetro óptico del puntador óptico del láser, con la finalidad de tener un mayor rango óptico para la mejor recepción de datos. Con ayuda de un programa de computadora se vinculara para conectar el emisor/receptor óptico con el ordenador.

También se simuló el circuito del driver en el programa Multisim, para ello se implementó el uso de un led sustituyendo al diodo láser, la corriente de este circuito es similar a la de un diodo láser, con una tensión de barrera de alrededor de 3.6V. El led es una indicación visual de la corriente, impuesta por el circuito driver. Cuando la corriente por todo el diodo láser simulado llega a los 300mA, la corriente por el led es de 30mA y por lo tanto el brillo es alto, indicando que no se debe conectar el diodo láser real, ya que en ese valor la corriente puede dañar al diodo láser, lo cual nos limitaremos a 150mA que es la corriente apropiada del diodo láser para tener una vida duradera del elemento.

NOTA: El desarrollo del presente trabajo será diseñado especulando para la metodología de un sistema de comunicación con tecnología láser.

OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un sistema de adquisición y comunicación inalámbrica en espacios abiertos utilizando tecnología láser, para la futura implementación en procesos industriales o domésticos que requieran ser controlados o automatizados.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Los principales puntos a cubrir es tener una comunicación rápida, segura y eficiente, lo cual pretende su fácil utilización de este canal de comunicación para el usuario o la persona que lo utilice, obteniendo grandes beneficios al utilizarlo y tomar en cuenta una opción futura de comunicación por medio de tecnología láser.
- Proponer solución a nuevas formas de comunicación convencional que pueden llegar a ser complejas, robustas y costosas de tal manera implementaremos la tecnología óptica por medio de la comunicación del diodo láser, que dejara todos estos aparatos que requieren de métodos de comunicación de corto alcance para intercambiar datos con impresoras, redes locales (LAN). Los enlaces infrarrojos han demostrado ser una alternativa competitiva a los enlaces de radio y a los medios guiados. Particularmente, la tecnología IrDA ha tomado gran protagonismo dado su bajo costo y elevadas tasas de transmisión.
- Mejorar la comunicación de control o monitoreo por comunicación óptica inalámbrica, también denominada comunicación óptica de espacio abierto, que consiste en el uso de enlaces ópticos entre puntos ubicados ya sea dentro de la atmósfera terrestre o en el espacio exterior. Usualmente, los enlaces ópticos utilizan radiación láser para transmisión de largo alcance y radiación infrarroja emitida por diodos emisores de luz (LED) para distancias cortas.
- Diseñar un Driver que es el encargado de regular la corriente que circula por el diodo láser, con la ayuda del transistor; su función será controlar el circuito que contiene al excitador de diodo láser.
- Diseño y simulado de circuito de emisor y receptor para la comunicación de datos.

HIPÓTESIS.

Este sistema de comunicación es una nueva tecnología en México donde se espera una gran aceptación para la implementación en el futuro de la comunicación utilizando tecnología láser.

El láser pretende mantenerse como la futura tecnología de los sistemas de comunicación del ser humano. Pretende sobrepasar los límites que pudiera encontrarse lo cual lo hace una opción muy prometedora para el uso de las comunicaciones. Resulta tener una gran ventaja sobre otros sistemas de comunicaciones famosos que actualmente se emplea en la vida diaria del mexicano.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad de México como a nivel mundial, nos presenta una sociedad que día a día requiere de un mejor sistema de comunicación para el manejo en sus diversas áreas. Hace más de una década se tenía la idea de suplantar el antiguo sistema de comunicación que posee un ordenador (cableado), por un sistema de comunicación que facilite las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminación de cables y conectores entre estos. Con la llegada de laser a los sistemas de comunicación. Ofrece la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales o de punto a otro punto.

JUSTIFICACIÓN.

El láser es una tecnología en la que se destaca por tener muchas aplicaciones en la vida del ser humano ya sea en las principales áreas, como la industrial, la medicina moderna y también en las comunicaciones, etc.

Esta tecnología no utilizada en México abarca un gran campo de investigación y promete ser el futuro de la tecnología base de las comunicaciones de datos y voz, obteniendo una gran demanda para la satisfacción de las necesidades de comunicación que podría presentar nuestra nación.

El canal que esta implementado al sistema de comunicación por láser es una base para una futura implementación de control orientada en procesos industriales y comunicaciones donde se requiera controlar algún proceso etc. Tiene bases conceptuales elementales para determinar una futura opción tecnológica para la comunicación, en donde se requiera transmitir información segura, rápida y óptima.

Los posibles lugares que son apropiados para la construcción de nuestras estaciones de tierra, desde un punto de aislamiento a otro deben contener de un clima templado o seco.

CAPÍTULO

1

MARCO TEÓRICO

1.1. LA LUZ.

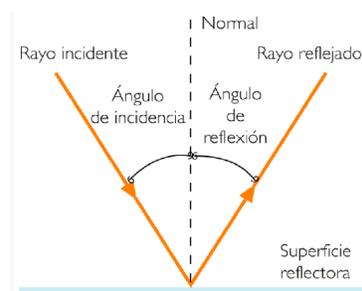
La luz es una radiación que se propaga en forma de ondas, estas se pueden propagar en el vacío y se llaman "ondas electromagnéticas" (por lo tanto la luz es una radiación electromagnética), está compuesta por todas las longitudes de onda dentro del rango de visibilidad, si al quitarle una longitud de onda o si se desprende de alguna adquiere una tonalidad de color. ^[5]

Entre sus características están que no se puede percibir, solo se aprecian sus efectos, se puede medir su longitud de onda y está compuesta por todas las longitudes de onda dentro del rango de visibilidad.

Para entender más sobre las ondas electromagnéticas, estas se propagan en el vacío a la velocidad de 300000 km/s, que se conoce como "velocidad de la luz en el vacío" y se simboliza con la letra c ($c = 300000$ km/s). De ninguna manera la velocidad de la luz en el vacío no puede ser superada por la de ningún otro movimiento existente en la naturaleza. En cualquier otro medio, la velocidad de la luz es inferior. La energía transportada por las ondas es proporcional a su frecuencia, de modo que cuanto mayor es la frecuencia de la onda, mayor es su energía.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ.

Se propaga en línea recta: Como se demuestra en la siguiente figura 1.2.1.



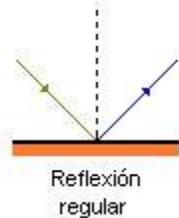
(Figura 1.2.1. Propagación recta de la luz.)

La luz se propaga en línea recta, está a la vez representa la dirección y el sentido de la propagación de la luz, que se denomina rayo de luz (el rayo es una representación, una línea sin grosor, no debe confundirse con un haz, que sí tiene grosor).

Un hecho que demuestra la propagación rectilínea de la luz es la formación de sombras.

Una sombra es una silueta oscura con la forma del objeto.^[5]

Se refleja cuando llega a una superficie reflectante: Se indica en la siguiente figura 1.2.2.



(Figura 1.2.2. Reflexión regular de la luz.)

La reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, rayo incidente, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, rayo reflejado. Si se traza una recta perpendicular a la superficie (que se denomina normal), el rayo incidente forma un ángulo con dicha recta, que se llama ángulo de incidencia.

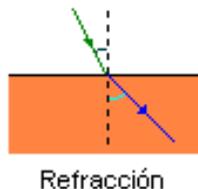
En conclusión la reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos. La luz reflejada sigue propagándose por el mismo medio que el incidente.

La reflexión de la luz cumple dos leyes:

El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular a la superficie.

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

-Cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro (se refracta): Como se demuestra en la siguiente figura 1.2.3.



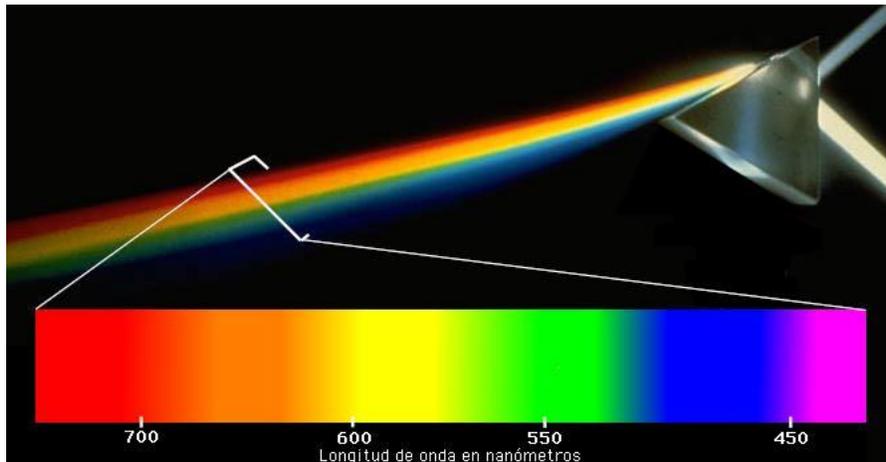
(Figura 1.2.3. Refracción de la luz)

Reflexión especular: La superficie donde se refleja la luz es perfectamente lisa (espejos, agua en calma) y todos los rayos reflejados salen en la misma dirección.

1.3. ESPECTRO ÓPTICO.

La radiación es la transferencia de energía. La energía se mueve de una localidad a otra por conducción, convección o radiación.^[3]

Cuando se hace pasar la radiación emitida por un cuerpo caliente a través de un prisma óptico, se descompone en distintas radiaciones (ondas) electromagnéticas dependiendo de su distinta de longitud de onda (los distintos colores de la luz visible, radiaciones infrarrojas y ultravioleta), dando lugar a un espectro óptico. Todas las radiaciones obtenidas impresionan las películas fotográficas y así pueden ser registradas. Como está demostrada en la siguiente figura 1.3.1.



(Figura 1.3.1. Espectro óptico de la luz.)

La luz blanca está compuesta de ondas de diversas frecuencias. Cuando un rayo de luz blanca pasa por un prisma se separa en sus componentes de acuerdo a la longitud de onda. En la siguiente figura y tabla 1.3.2. Se demuestra la relación que existe entre la longitud de onda y la frecuencia.^[3]

Región del espectro	Intervalo de frecuencias (Hz)
Radio-microondas	$0-3.0 \cdot 10^{12}$
Infrarrojo	$3.0 \cdot 10^{12}-4.6 \cdot 10^{14}$
Luz visible (Láser)	$4.6 \cdot 10^{14}-7.5 \cdot 10^{14}$
Ultravioleta	$7.5 \cdot 10^{14}-6.0 \cdot 10^{16}$
Rayos X	$6.0 \cdot 10^{16}-1.0 \cdot 10^{20}$
Radiación gamma	$1.0 \cdot 10^{20}-....$

(Tabla 1.3.2. Frecuencias correspondientes a cada región.)

1.4. TEORÍA DE PLANCK.

En 1900 emitió una hipótesis que interpretaba los resultados experimentales satisfactoriamente como los cuerpos que captaban o emitían energía.

Según Planck, la energía emitida o captada por un cuerpo en forma de radiación electromagnética es siempre un múltiplo de la constante h , llamada posteriormente constante de Planck por la frecuencia ν de la radiación. ^[5]

Para resolver la catástrofe era necesario aceptar que la radiación no es emitida de manera continua sino en cuantos de energía discreta, a los que llamamos fotones.

La energía de estos fotones es Ec. 1.4. :

$$E_{(foton)} = h \cdot \nu$$

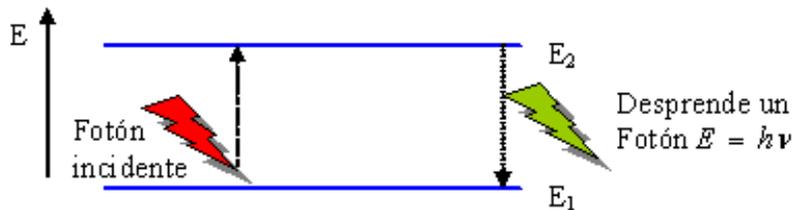
Ec. (1.4.)

ν = Frecuencia de la radiación electromagnética (s^{-1})

h = Constante de Planck.

$h = 662 \times 10^{-27}$ erg·s

$h = 662 \times 10^{-34}$ J·s



(Figura 1.4. Representación energética para la física cuántica.)

1.5. LÁSER.

1.5.1 Historia del Láser.

En 1916, Albert Einstein estableció los fundamentos para el desarrollo de los láser y de sus predecesores, los máseres (que emiten microondas), utilizando la ley de radiación de Max Planck basada en los conceptos de emisión espontánea e inducida de radiación. ^[5]

El funcionamiento del láser se basa en un proceso que se conoce como la emisión estimulada, idea que presentó Einstein en 1917. Luego, en 1958, el físico estadounidense Charles Hard Townes aplicó sus conocimientos con microondas a los rayos de luz y elaboró los principios básicos que permitirían crear un láser. Dos años después, Theodore Maiman, otro físico norteamericano, construyó el primer láser eficiente.

En 1953, Charles H. Townes y los estudiantes de postgrado James P. Gordon y Herbert J. Zeiger construyeron el primer máser: un dispositivo que funcionaba con los mismos principios físicos que el láser pero que produce un haz coherente de microondas.

El máser de Townes era incapaz de funcionar en continuo. Nikolái Bášov y Aleksandr Prórorov de la Unión Soviética trabajaron independientemente en el oscilador cuántico y resolvieron el problema de obtener un máser de salida de luz continua, utilizando sistemas con más de dos niveles de energía. Townes, Bášov y Prórorov compartieron el Premio Nobel de Física en 1964 por "los trabajos fundamentales en el campo de la electrónica cuántica", los cuales condujeron a la construcción de osciladores y amplificadores basados en los principios del láser.

Townes y Arthur Leonard Schawlow son considerados los inventores del láser, el cual patentaron en 1960. Dos años después, Robert Hall inventa el láser semiconductor.

En 1969 se encuentra la primera aplicación industrial del láser al ser utilizado en las soldaduras de los elementos de chapa en la fabricación de vehículos y, al año siguiente Gordon Gould patenta otras muchas aplicaciones prácticas para el láser.

1.5.2. Láser y su significado.

Proviene de siglas en inglés que es un acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (*Luz Amplificada por emisión estimulada de radiación*). Es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados, lo cual produce un tipo muy especial de luz monocromática. Sin embargo, la luz procedente de un láser se diferencia de la de una linterna en cuatro aspectos básicos. La longitud de onda de un haz láser expresa el color en caso de luz visible o radiación óptica invisible y la unidad más común para la longitud de onda es el nanómetro (nm). En la tecnología láser se habla en términos de longitud de onda (λ), en lugar de hacerlo en frecuencias (Hz).^[5]

1.5.3. Características del Láser.

- Es intensa. La intensidad es una medida de la potencia por unidad de superficie, e incluso los láseres que emiten sólo alguna mili watts son capaces de producir una elevada intensidad en un rayo de un milímetro de diámetro. En realidad, su intensidad puede ser igual a la de la luz del sol. Cualquier lámpara ordinaria emite una cantidad de luz muy superior a la de un pequeño láser, pero esparcida por toda la sala. Algunos láseres pueden producir muchos miles de vatios continuamente; otros son capaces de producir billones de vatios en un impulso cuya duración es tan sólo la mil millonésima parte de un segundo.^[5]
- Es direccional. El rayo láser se concentra direccionalmente y mantiene su visibilidad a metros o kilómetros de distancia, esta cualidad se denomina direccionalidad. Se sabe que ni la luz de un potente foco logra desplazarse muy lejos: si se enfoca hacia el firmamento, su rayo parece desvanecerse de inmediato. El haz de luz comienza a esparcirse en el momento en que sale del foco, hasta alcanzar tal grado de dispersión que llega a perder su utilidad.^[5]

- Es coherente. Esto significa que todas las ondas luminosas procedentes de un láser se acoplan ordenadamente entre sí. Una luz corriente, como la procedente de una bombilla, genera ondas luminosas que comienzan en diferentes momentos y se desplazan en direcciones diversas. Algo parecido a lo que ocurre cuando se arroja un puñado de piedrecitas en un lago. Lo único que se crean son pequeñas salpicaduras y algunas ondulaciones. Ahora bien, si se arrojan las mismas piedrecitas una a una con una frecuencia exactamente regular y justo en el mismo sitio, puede generarse una ola en el agua de mayor magnitud. Así actúa un láser, y esta propiedad especial puede tener diversas utilidades. ^[5]
- Su luz es monocromática. La luz común contiene todos los colores de la luz visible (es decir, el espectro), que combinados se convierten en blanco. Los haces de luz láser han sido producidos en todos los colores del arco iris (si bien el más común es el rojo), y también en muchos tipos de luz invisible; pero un láser determinado sólo puede emitir única y exclusivamente un solo color. Existen láseres sintonizables que pueden ser ajustados para producir diversos colores, pero incluso éstos no pueden emitir más que un color único en un momento dado. Determinados láseres, pueden emitir varias frecuencias monocromáticas al mismo tiempo, pero no un espectro continuo que contenga todos los colores de la luz visible como pueda hacerlo una bombilla. Además, existen numerosos láseres que proyectan luz invisible, como la infrarroja y la ultravioleta. ^[5]

1.5.4. Componentes y funcionamiento del Láser.

El láser está formado por un primer componente que es el núcleo, que suele tener forma alargada, donde se generan los fotones. El núcleo puede ser una estructura cristalina o sólida, por ejemplo rubí, o un tubo de vidrio que contiene gases, por lo general dióxido de carbono o la mezcla helio-neón. En cualquier caso, son materiales que poseen electrones fácilmente excitables y que no emiten inmediatamente de forma espontánea, sino que pueden quedar excitados durante un tiempo mínimo. Es precisamente este pequeño intervalo de tiempo el que se necesita para que los electrones produzcan emisión estimulada, no espontánea. ^[5]

Junto al núcleo se halla el segundo componente el excitador, un elemento capaz de provocar la excitación de electrones del material que se halla en el núcleo, a partir de una lámpara de destellos que provoca un flash semejante al de una cámara fotográfica o de dos electrodos que producen una descarga eléctrica de alta tensión. ^[5]

El tercer componente del láser, son dos espejos paralelos emplazados en los extremos del núcleo. Uno de ellos es reflectante, mientras el segundo es semi-reflectante, es decir, permite el paso de una parte de la luz que le llega. Cuando se verifica la excitación, gran cantidad de electrones pasan al estado excitado y, una gran mayoría, permanece en dicha situación durante un determinado intervalo de tiempo. No obstante, algunos realizan una emisión espontánea, generando fotones que se desplazan en todas direcciones.

Aunque en su mayoría se pierden por los laterales donde no hay espejos, un pequeño número rebota entre ellos y pasa por el interior del núcleo, que es transparente.

Al pasar por el núcleo, provocan la emisión estimulada de nuevos fotones en la misma dirección. Estos nuevos fotones rebotan también en los espejos, originando, a su vez, la emisión de más fotones, y así sucesivamente. ^[5]

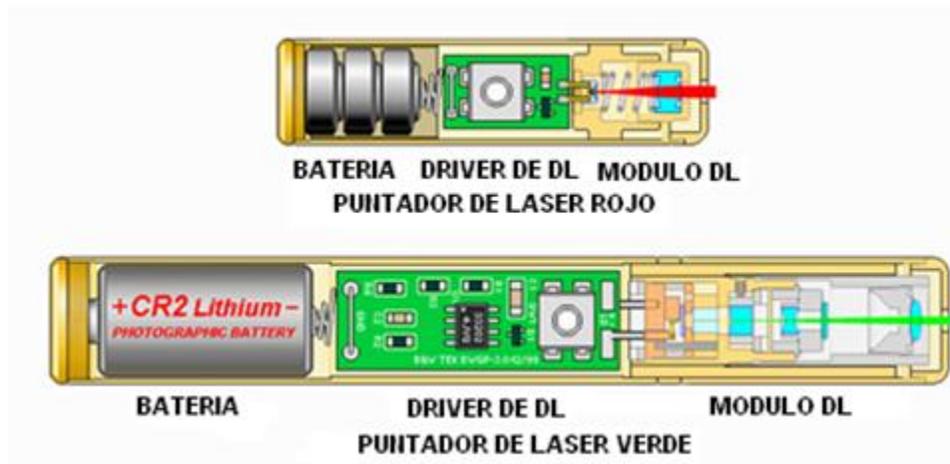
Puesto que uno de los espejos es semi-reflectante, una parte de los fotones, en lugar de rebotar, escapa, formando una especie de chorro muy fino: es el rayo láser visible. Como lo demuestra la siguiente figura 1.5.4.1.



(Figura 1.5.4.1. Amplificación de luz por medio de emisión estimulada.)

El láser es un dispositivo electrónico que amplifica un haz de luz de extraordinaria intensidad. Se basa en la excitación de una onda estacionaria entre dos espejos, uno opaco y otro traslúcido, en un medio homogéneo. Como resultado de este proceso se origina una onda luminosa de múltiples ideas y venidas entre los espejos, que sale por el traslúcido. ^[5]

Este fenómeno de emisión estimulada de radiación, constituye la base de la tecnología empleada en la fabricación de dispositivos láser. Los primeros experimentos que aprovecharon dicho fenómeno culminaron en el hallazgo, en 1953, del denominado másér, un sistema que empleaba un haz de moléculas separadas en dos grupos excitadas y no excitadas, utilizando para la emisión de microondas en una cámara de resonancia. Figura 1.5.4.2. muestra 2 tipos de apuntador láser. ^[5]



(Figura 1.5.4.2. Representación de componentes de un láser.)

1.5.5. Fundamentos del Láser: La Emisión Estimulada.

El átomo está integrado por un núcleo, formado por un conjunto de protones y neutrones, y por una serie de electrones emplazados a determinada distancia, alrededor del núcleo. Electrones, protones y neutrones son las tres partículas básicas. Los electrones poseen una masa muy pequeña y carga negativa. Por su parte, protones y neutrones tienen aproximadamente la misma masa, pero mientras los primeros poseen carga eléctrica positiva, los neutrones carecen de carga. Los electrones del átomo, cuya energía depende de su distancia al núcleo, pueden encontrarse en estado excitado con una energía superior a la norma o en reposo. En el estado excitado, el electrón almacena una determinada proporción de energía. ^[5]

En virtud del llamado proceso de absorción, cuando un fotón recordemos que las ondas de luz también se denominan fotones choca con un electrón no excitado, puede hacer que pase al estado de excitado. Habitualmente, un electrón que resulta excitado, al cabo de un tiempo pasa nuevamente al estado de reposo, emitiendo al pasar un fotón. Este fenómeno, conocido como emisión espontánea, es el que tiene lugar, por ejemplo, en el Sol o en las bombillas. ^[5]

Ahora bien, un electrón puede ser inducido a liberar su energía almacenada. Si un fotón pasa al lado de un electrón excitado, éste retorna al estado no excitado a través de la emisión de un fotón de luz igual al que pasó junto a él inicialmente. Este proceso se conoce como emisión estimulada y constituye el fundamento del láser. ^[5]

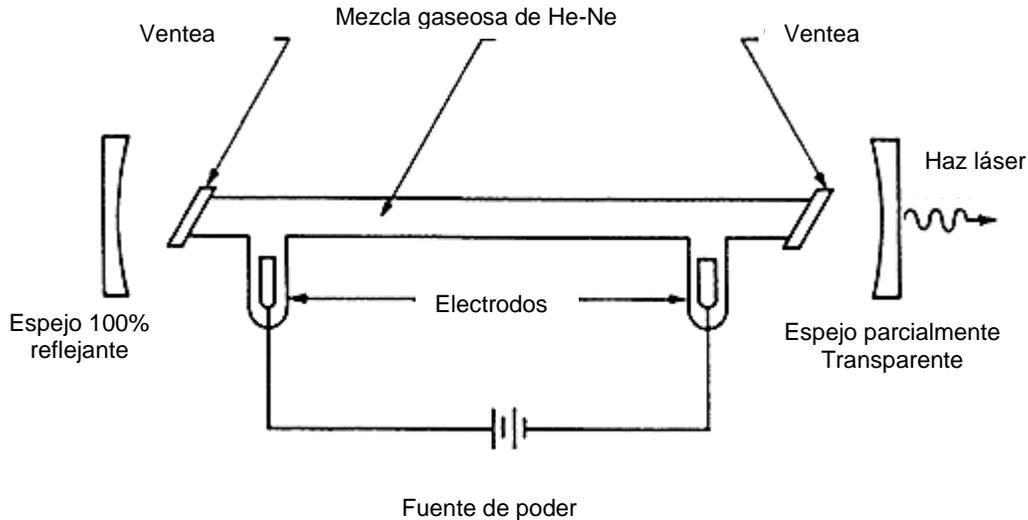
1.6. TIPOS DELÁSER.

1.6.1 Láser de gas.

1.6.1.1. Láser de Helio-Neón.

Es uno de los más populares dentro de este grupo, hasta el punto de que se utiliza en la casi totalidad de laboratorios, institutos y universidades, siendo oportuno citar su empleo, tanto en las finalidades comerciales de lectura del código de barras, como en el ramo de la construcción, con miras a conseguir una perfecta nivelación de los materiales, el estudio de su estructura a lograr, la coincidencia en nivelaciones.

El láser de helio-neón fue el primer láser de gas que se construyó. Actualmente sigue siendo muy útil y se emplea con mucha frecuencia. Los centros activos de este láser son los átomos de neón, pero la excitación de éstos se realiza a través de los átomos de helio. Una mezcla típica de He-Ne para estos láseres contiene siete partes de helio por una parte de neón. véase figura. 1.6.1.1. ^[4]



(Figura 1.6.1.1 Representación de componentes de un láser.)

1.6.1.2. Láser de Argón.

Las investigaciones permitieron llegar a la obtención de láseres de helio cadmio, caracterizados por emitir un rayo de color azul en vez de la luz roja característica de los que se utilizan helio en calidad de elemento excitador. Se apreció la existencia de propiedades muy interesantes en otros componentes del grupo excitable por medio de la energía eléctrica, teniendo ejemplo de ello en el argón, que puede emitir dentro de muy amplia gama de longitudes de onda, visibles en su mayor parte, ofreciendo la posibilidad de mezclar este gas noble con otros para conseguir mayor potencia que haga posible su adopción en diversas ramas de la industria.

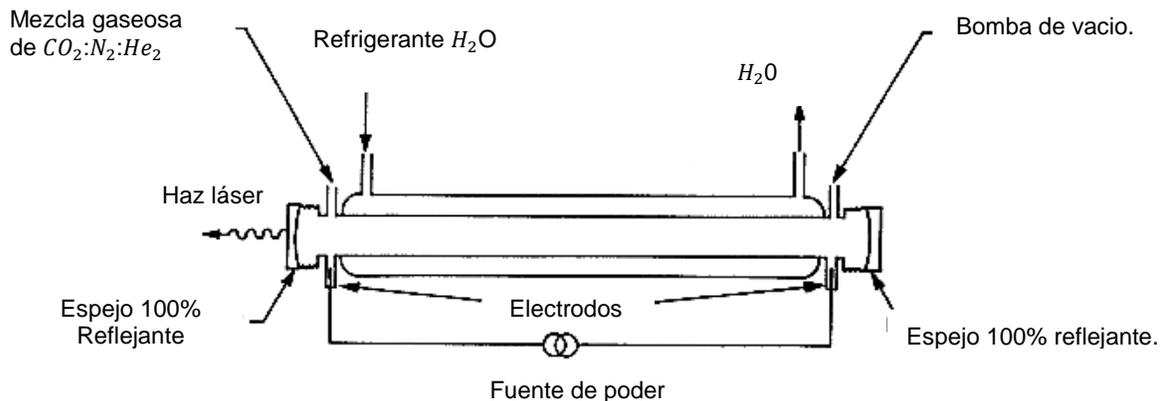
La características de estos láseres de gas es que producen haces continuos, aun cuando su potencia es limitada, existiendo diversos inconvenientes para la construcción de láseres de helio-neón cuya potencia llegue a sobrepasar valores de 0.5W o de Argón de más de 100W.No obstante la mezcla de argón con criptón llega a posibilitar que se disponga de una gama más extensa de colores lo que han motivado que se adoptasen en la realización de espectáculos luminosos como son los populares de luz y sonido. ^[4]

1.6.1.3. Láser de CO₂.

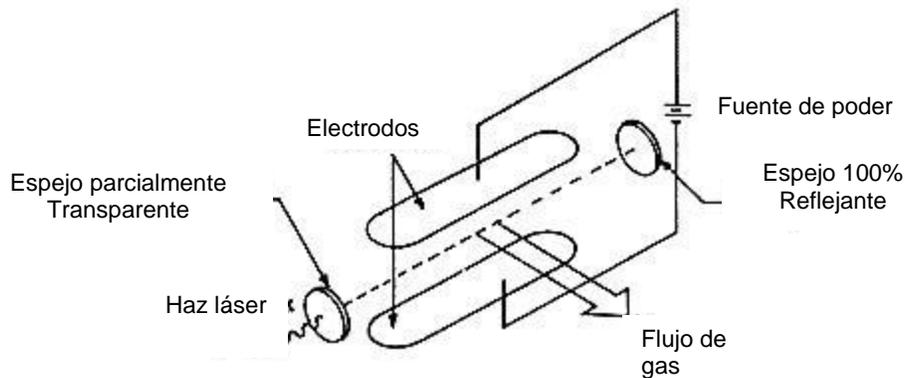
El láser de dióxido de carbono, cuyo foco se halla circunscrito dentro de una banda de longitudes de onda que radica en los 10nm.La longitud de onda de la luz infrarroja, y por lo tanto visible, que emite este láser llega a ser diez veces mayor que las anteriormente descritas, lo que determina que los láseres de dióxido de carbono resultan de gran eficacia para emitir, de manera continua, potencias que oscilan entre fracciones de vatio y centenares de kilovatios. ^[4]

Su característica diferencial del proceso de los láseres de dióxido de carbono es que la energía utilizada para su excitación no motiva el desprendimiento de electrones para su paso a una órbita superior, sino que produce alteraciones vibratorias de los átomos componentes de las moléculas.

El láser de bióxido de carbono CO_2 es el ejemplo más importante de los láseres moleculares. El medio activo en este láser es una mezcla de bióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2) y helio (He), aunque las transiciones láser se llevan a cabo en los niveles energéticos del CO_2 . Como en seguida veremos, el N_2 y el He son importantes para los procesos de excitación y des-excitación de la molécula de CO_2 . véase figuras. 1.6.1.3.1 y 1.6.1.3.2. ^[4]



(Figura 1.6.1.3.1 Representación de componentes de un láser.)



(Figura 1.6.1.3.2 Representación de componentes de un láser.)

1.6.1.4. Láser monóxido de carbono CO .

Opera en régimen de vibracional, con idéntica longitud dentro de la mencionada gama infrarroja, siendo posible que llegue a sustituir, en algunas aplicaciones, al láser de dióxido de carbono, de manera concreta si se solventan algunos problemas dimanados de las dificultades de su tratamiento. ^[4]

La luz emitida es de $5\mu m$ y experimenta una pérdida, por absorción, mucho más elevada que la del láser de dióxido de carbono.

1.6.1.5. Láser de arseniuro de galio.

Se trata de un láser perteneciente al grupo denominado de inyección en el que también se incluyen los que hacen uso del arseniuro de galio. Un láser de arseniuro de galio tiene plena indicación para que emita luz coherente de 8400 angstroms dentro de la región del infrarrojo, lo que determina sea invisible para el sentido visual humano. ^[4]

El empleo de láseres en la banda del rojo lejano y mediante la variación de la cantidad de fósforo en su masa cabe modificar la longitud de onda o de color, dentro del ámbito de regiones espectrales, a partir del infrarrojo hasta el rojo profundo. El hecho de que emita luz coherente, incluida dentro de dicha región justifica que pueda incluirse este tipo de láser de manera indistinta en el grupo de láseres a gas o en el de semiconductores.

1.6.2. Láseres sólidos.

1.6.2.1 Láser a rubí.

El cometido del óxido de aluminio que integra la mayor parte de la masa es actuar en concepto de base para el óxido de cromo, que confiere a la masa cristalina su color rojo intenso característico y tan atractivo. ^[4]

De manera concreta, el color rojo del rubí tiene su origen en la fluorescencia producida por los átomos de cromo a consecuencia de la absorción de la luz. Para mayor precisión, indicaremos que el cromo es peculiar por su absorción selectiva de ondas luminosas meta estables en el cual produce luz roja incluida en la gama visible de 694nm.

Los átomos de rubí admiten una estimulación hasta alcanzar un elevado grado de energía al ser sometidos a una radiación luminosa dentro de una gama cromática determinada, generalmente verde o azul, que permite radiaciones de luz incluidas dentro de un campo de frecuencias perfectamente limitado. ^[4]

1.6.2.2 Láser de rubíes sintéticos.

Es perfectamente comprensible la imposibilidad de hacer uso de rubíes naturales, no solo porque serían de un coste excesivo, sino también por la imposibilidad de disponer de unidades de tamaño y forma convenientes en las cantidades requeridos por la industria. Los rubíes apropiados deben ser forma cilíndrica, llegando hasta 20cm de longitud, en tanto que su diámetro no sobrepasa de 2cm y que en su estado sintético pueden conseguirse por medio de la cristalización de óxido de aluminio junto con óxido de cromo a la muy elevada temperatura de unos 2000C. ^[4]

La diferencia existente entre el rubí natural y el artificial debe hallarse en que la estructura cristalina en su versión natural carece de uniformidad, así como de pureza, debido a contener diversos elementos extraños, características que solo son apreciables por un profesional, en tanto que los rubíes artificiales son totalmente uniformes en su estructura y están desprovistos de impurezas. véase figura. 1.6.2.2. ^[4]

Varilla de cristal, rubí



(Figura 1.6.2.2. Representación de componentes de un láser.)

1.6.2.3. Láser a Neodimio-YAG.

El primer derivado del láser a base de rubí es el denominado YAG, que en la actualidad es uno de los más difundidos, y que aparte del empleo de un material sintético de la familia del granate, conseguido mediante aleación de itrio con aluminio oxigenado a la que se efectúa la agregación de una pequeña cantidad de neodimio. ^[4]

La designación de YAG deriva de las iniciales de Yttrium Aluminum y Garnet, que proporcionan una materia básica actuante en calidad de elemento neutro para que pueda proceder el neodimio de igual manera que lo hacen las impurezas de un semiconductor de tipo específico. ^[4]

Los átomos de neodimio emiten un intenso haz laser a 1.06nm, dentro de la gama de longitud de onda del infrarrojo, ligeramente superior de la luz visible. ^[4]

De igual manera que en el láser a rubí, el YAG es bombeado por medio de la luz que proviene de una fuente luminosa de adecuada intensidad, como puede ser un flash, y al tratarse de un cristal de elevada capacidad térmica es susceptible de emitir un rayo continuo de modo simultaneo con las pulsaciones.

1.6.3. Láser Químico.

1.6.3.1 Auto-bombeo.

A pesar de tal diversidad, los láseres químicos tienen un detalle en común: el auto-bombeo, que consiste en que durante el transcurso de la reacción, y aun poco después, puede existir una inversión en sus densidades normales, es decir, un estado de desequilibrio que se designa como bombeo en los láseres clásicos. ^[4]

En la reacción se trata de conseguir una reacción química de muy breve duración, dada la imperiosa necesidad de que este lapso de tiempo sea inferior al tiempo de relajación de la excitación electrónica o bien de la vibración.

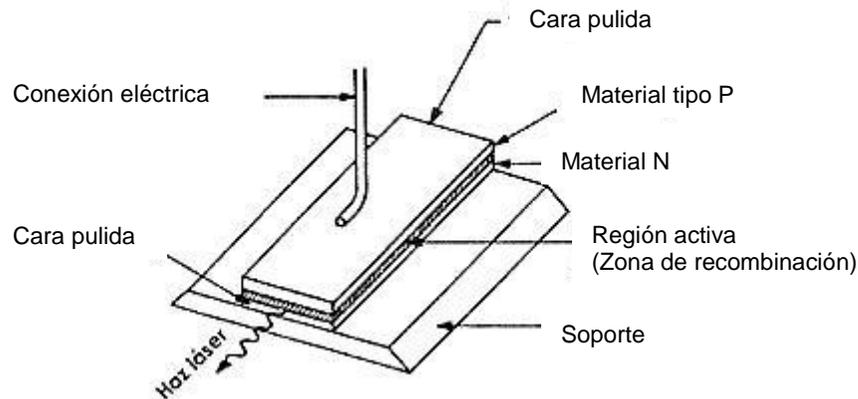
1.6.4. Láser Semiconductores.

En general, los sólidos pueden dividirse en tres grupos:

- Aislantes :Materiales que no son conductores de la electricidad como cuarzo, diamante, goma o plástico
- Conductores: Materiales que son conductores de la electricidad como oro, plata, cobre.
- Semiconductores: Materiales con una conductividad eléctrica intermedia entre materiales conductores y no conductores

Ejemplos: Ge, Si, GaAs, InP, GaAlAs.

La conductividad de un semiconductor aumenta con la temperatura (explicado más tarde), contrariamente a lo que sucede con los materiales metálicos, cuya conductividad disminuye con la temperatura debido al aumento del nivel de vibraciones de los átomos. Los láseres de semiconductores son los láseres más eficientes, baratos y pequeños que es posible obtener en la actualidad. Desde su invención en 1962 se han mantenido como líderes en muchas aplicaciones científico-tecnológicas. véase figura. 1.6.4. ^[4]



(Figura 1.6.4. Representación de componentes de un láser.)

TABLA 1.6.4. Algunos órdenes de magnitud de los láseres. [4]

TIPO DE LÁSER	MEDIO EMPLEADO	LONGITUD DE ONDA EMITIDA	ENERGÍA LIMITADA	POTENCIA LUMINOSA
LÁSER SOLIDO	Vidrios o cristales excitados por los iones (Cr,Nd)	0.650 a 2.5 μ m	Fracción de julio a 1000 Julios	Fracción de vatio a 10 ¹⁴ W
LÁSER A GAS	Gas atómico	0.6 a 5 μ m	-	Hasta 0.1 W
	Gas molecular	De 5 a 10 μ m	Algunos Julios	De 1W a 100kW
	Gas ionizado	0.6 a 0.63 μ m	Algunos mili julios	Hasta 20W en continua Algunos kW en impulsos
LÁSER LÍQUIDO	Solventes pesados excitados	1.06 μ m	Algunos julios	Algunos MW en impulsos
LÁSER A COLORANTES	Líquido orgánicos	Regulable entre 0.4 y 1 μ m	Hasta 1 Julio	Algunos kW en impulsos
LÁSER A SEMICONDUCTOR	Uniones semiconductoras (GaAs)	0.6 a 0.9 μ m	-	Del orden de 1 W

(Tabla 1.6.4. Algunos órdenes de magnitud de los láseres.)

1.6.5. Tipo de material para luz Láser.

Luz ultravioleta: Argón Fluorhídrico - Kriptón Fluorhídrico –Nitrógeno

Luz azul: Argón

Luz verde: Argón - Helio neón

Luz roja: Helio neón - Rubí CrAlO₃

Luz infrarroja: Nd. Yag - Carbón Dióxido.

1.7. LONGITUD DE ONDA Y RELACIÓN CON LA FRECUENCIA.

La longitud de una onda es el período espacial de la misma, es decir, la distancia a la que se repite la forma de la onda. Normalmente se consideran dos puntos consecutivos que poseen la misma fase: dos máximos, dos mínimos, dos cruces por cero (en el mismo sentido). véase la figura 1.7.1. ^[6]

Relación con la frecuencia.

Si la velocidad de propagación es constante, la longitud de onda λ es inversamente proporcional a la frecuencia f . Una longitud de onda más larga corresponde a una frecuencia más baja, mientras que una longitud de onda más corta corresponde a una frecuencia más alta. ^[6]

En la tecnología láser se habla en términos de longitud de onda (λ), en lugar de hacerlo en frecuencias (Hz), encontrándose ambas magnitudes ligadas por la relación de la Ec. 1.7.0.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \longrightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

Ec. (1.7.0.)

Donde " λ " es la longitud de onda, " v " o " c " es su velocidad de propagación, y " f " es la frecuencia. Para la luz y otras ondas electromagnéticas que viajan en el vacío, la velocidad " v " vale 299.792.458 m/s y es la velocidad de la luz " c ", constante. Para las ondas de sonido que se desplazan por el aire, " v " es aproximadamente 343 m/s y depende de las condiciones ambientales. ^[6]

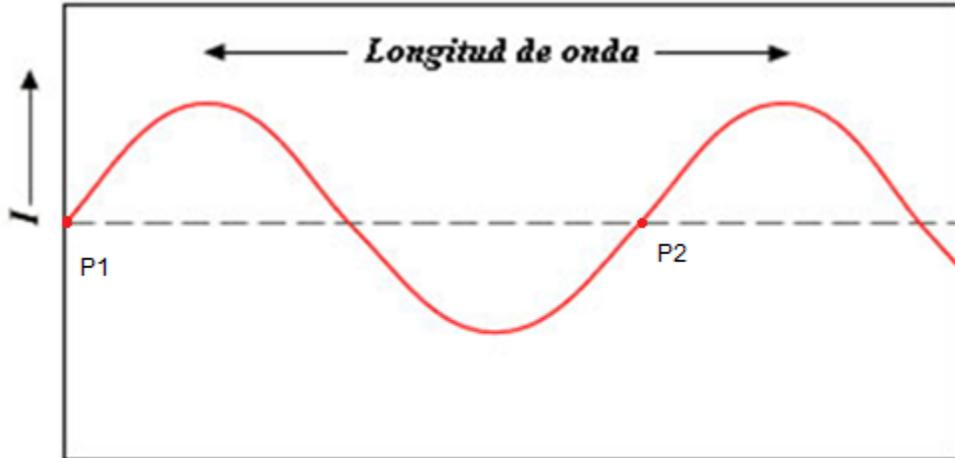
Por ejemplo Ec. 1.7.1, la luz roja, de frecuencia aproximada 440 THz, tiene ondas de unos 682 nm de longitud:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{299 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{440 \cdot 10^{12} \text{ s}^{-1}} = 6795 \cdot 10^{-7} \text{ m} \sim 680 \text{ nm}$$

Ec. (1.7.1.)

Existen numerosos tipos de láseres que se pueden clasificar de muy diversas formas, siendo la más común la que se refiere a su medio activo o conjunto de átomos o moléculas que pueden excitarse, de manera que se crea una situación de inversión de población, obteniéndose radiación electromagnética mediante emisión estimulada.

Este medio puede encontrarse en cualquier estado de la materia: sólido, líquido, gas o plasma. Existe una gran variedad de aparatos que emiten rayos láser en el mercado.

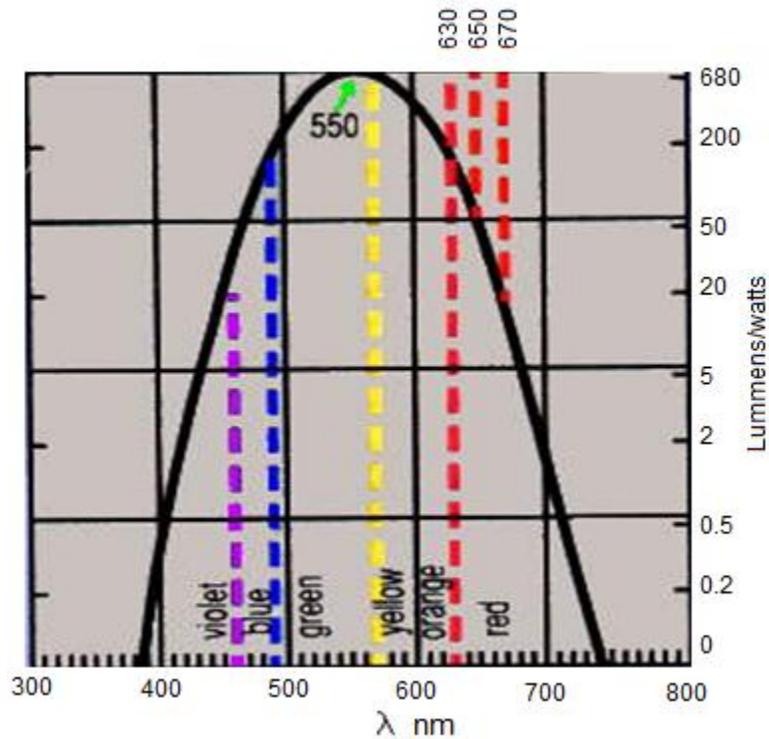


La longitud de onda determina el color de la luz y se define como la distancia entre dos puntos. La longitud de onda se representa por la letra griega lambda.

(Figura 1.7.1. Representación de la longitud de onda.)

Las longitudes de onda de los rayos térmicos convencionales (calientes) van desde los 488 a los 810 nm a través de un variado espectro de colores desde el azul (488nm), verde (532nm), amarillo (577nm) y rojo (640nm) véase la figura 1.7.2. la tabla 1.7.3.

Función de luminosidad relativa para la visión normal



(Figura 1.7.2. Grafica de longitudes de onda.)

Colores de luz blanca	Longitud de onda (λ) en nm
ROJO	627 – 770 (ondas de menor energía)
NARANJA	589 – 627
AMARILLO	566 – 589
VERDE	495 – 566
AZUL	436 – 495
VIOLETA	380- 436 (ondas de mayor energía)

(Figura 1.7.3. Tabla de longitudes de onda.)

1.8. DIODO LÁSER.

Los Diodos láser, emiten luz por el principio de emisión estimulada, la cual surge cuando un fotón induce a un electrón que se encuentra en un estado excitado a pasar al estado de reposo, este proceso está acompañado con la emisión de un fotón, con la misma frecuencia y fase del fotón estimulante. ^[4]

Para que el número de fotones estimulados sea mayor que el de los emitidos de forma espontánea, para que se compensen las perdidas, y para que se incremente la pureza espectral, es necesario por un lado tener una fuerte inversión de portadores, la que se logra con una polarización directa de la unión, y por el otro una cavidad resonante, la cual posibilita tener una trayectoria de retroalimentación positiva facilitando que se emitan más fotones de forma estimulada y se seleccione ciertas longitudes de onda haciendo más angosto al espectro emitido. La presencia de una inversión grande de portadores y las propiedades de la cavidad resonante hacen que las características de salida (potencia óptica como función de la corriente de polarización) tenga un umbral a partir del cual se obtiene emisión estimulada, el cual es función de la temperatura. ^[4]

Un diodo láser es diferente en este aspecto, ya que produce luz coherente lo que significa que todas las ondas luminosas están en fase entre sí. La idea básica de un diodo láser consiste en usar una cámara resonante con espejos que refuerza la emisión de ondas luminosas a la misma frecuencia y fase. A causa de esta resonancia, un diodo láser produce un haz de luz estrecho que es muy intenso, enfocado y puro. El diodo láser también se conoce como láser semiconductor o también conocidos como láseres de inyección, Estos diodos pueden producir luz visible (roja, verde o azul) y luz invisible (infrarroja) en la figura 1.8. Muestra un diodo láser. ^[4]



(Figura 1.8. Figura de diodo láser.)

1.8.1. Diferencias del diodo láser con un diodo LED.

Véase la tabla 1.8.1.

LÁSER	LED
Más rápido	Mayor estabilidad térmica
Potencia de salida mayor	Menor potencia de salida, mayor tiempo de vida
Emisión coherente de luz	Emisión incoherente
Construcción es más compleja	Más económico
Actúan como fuentes adecuadas en sistemas de telecomunicaciones	Se acoplan a fibras ópticas en distancias cortas de transmisión
Modulación a altas velocidades, hasta 100GHz	Velocidad de modulación hasta 200MHz

(Tabla 1.8.1. Diferencias del diodo láser y diodo led.)

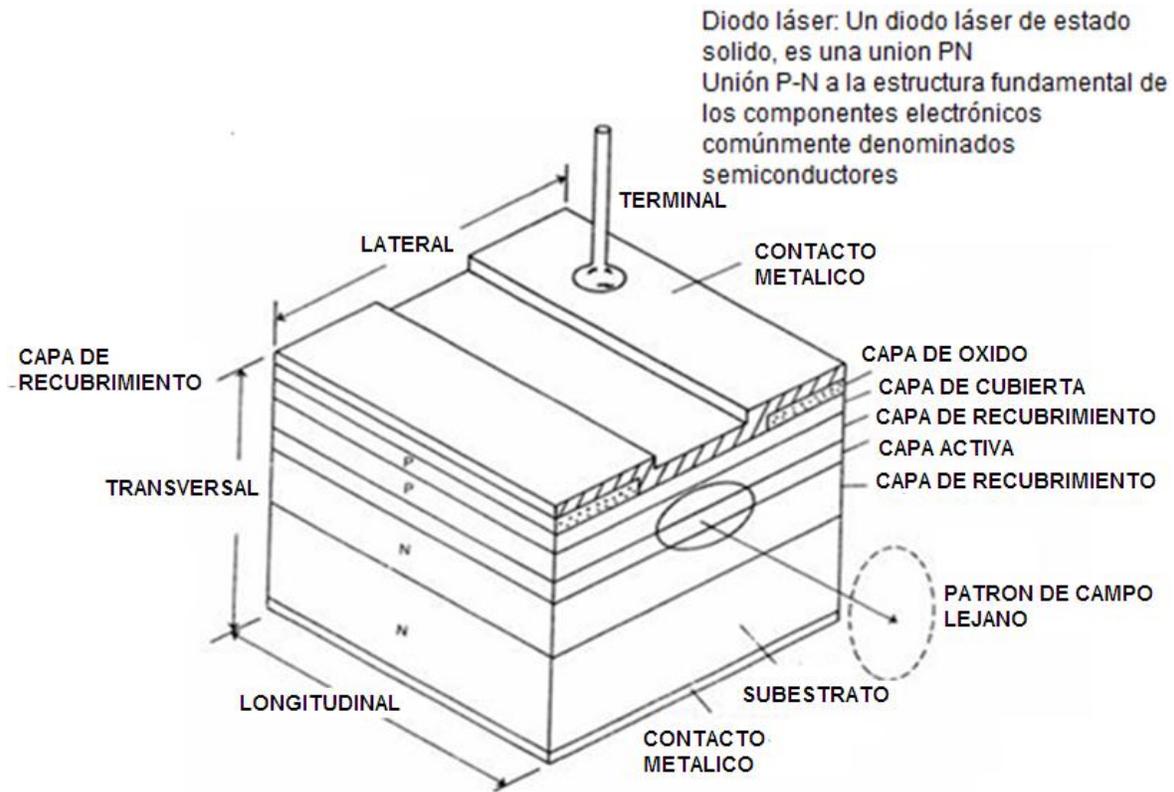
1.8.2. Composición química y física de un diodo láser.

El funcionamiento del diodo láser lo determinan su composición química y su geometría. Todos los diodos son, en esencia, estructuras de varias capas, formadas por varios tipos diferentes de material semiconductor. Los materiales son contaminados con impurezas por medio de químicos, para darles ya sea un exceso de electrones (Tipo N) o un exceso de vacantes de electrones (Tipo P).^[4]

Algunos diodos laser, están formados por capas de arseniuro de galio (Ga, As) y arseniuro de aluminio y galio (AL, Ga, As) desarrollado sobre un sustrato de Ga, As. Los dispositivos para longitud de onda mayor, se fabrican con capas de arseniuro fosfuro de indio y galio (In, Ga, As, P) y fosfuro de indio (In, P), desarrollado sobre un sustrato de In, P.^[4]

Los pares electrón-agujero deben estar confinados en una zona estrecha para mantener la inversión de población a un nivel elevado. Si no es así, hay que suministrar inyecciones de corriente demasiado grandes al diodo para obtener emisión láser. Por simplicidad, los pares electrón-hueco se llaman portadores, y la vida media de los portadores es el tiempo medio que tardan los portadores en recombinar.^[4]

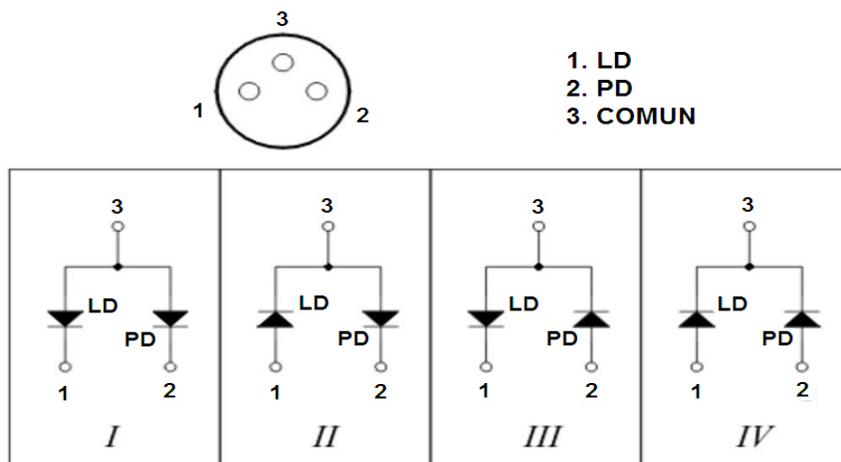
La sencilla unión p-n, resultado del crecimiento en el mismo sustrato, pero con diferentes niveles de dopaje, no es capaz de conseguir el confinamiento necesario, porque la anchura de la región en que los portadores están confinados aumenta debido a la difusión de los portadores mostrada en la siguiente figura 1.8.2.1.



(Figura 1.8.2.1. Imagen de la composición química y física de un diodo laser en estado sólido.)

La figura 1.8.2.1. muestra las características estructurales comunes a todos los diodos láser de onda continua (OC). El diodo láser que se menciona es un tipo semiconductor, en el se encuentran 3 pines lo cual son fotodiodo, diodo led y común.^[4]

El fotodiodo sirve para leer el DVD, el diodo led en si es el láser a ocupar, su función dentro del diodo láser es el encargado de quemar o grabar el DVD y el común es la tierra del diodo. En la siguiente figura 1.8.2.2. se encuentra los diferentes tipos de conexiones con el diodo láser.



(Figura 1.8.2.2. Imágenes de polaridad del diodo láser LD= Diodo láser, PD=Photo diodo.)

Para determinar cuál es el ánodo y cátodo del diodo láser (*Láser Diodo*, o LD) y del fotodiodo (*Foto Diodo*, o PD) y conocer por tanto la configuración interna, existen al menos tres métodos, a saber:

- Reconocimiento visual de los dispositivos y de las conexiones internas.

Con un microscopio o binocular de laboratorio es posible examinar el interior del diodo láser y reconocer su distribución y conexiones en forma visual, observando a través de la ventana por donde sale el rayo. Sin embargo, este método obligaría a retirar del pick up al diodo láser. En ningún caso se recomienda extraer el diodo láser del bloque óptico, pues éste viene ensamblado de fábrica con una ubicación calibrada y precisa que se debe respetar para mantener la funcionalidad de todo el conjunto. ^[4]

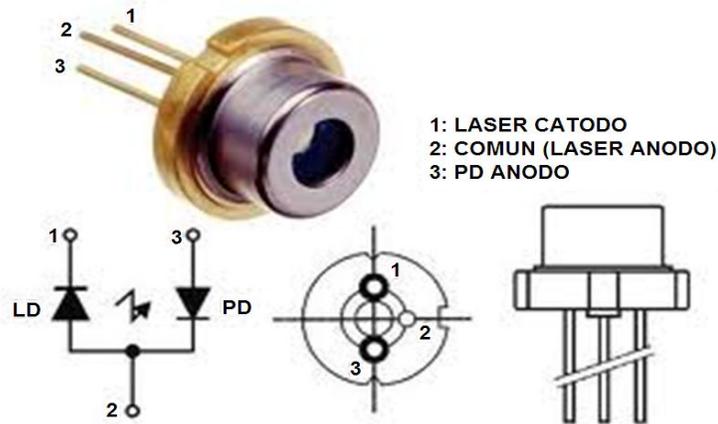
- Determinación de los terminales ánodo y cátodo con multímetro digital.

El procedimiento es igual que para los diodos comunes, colocando una de las puntas en el terminal común y tocando con la otra los restantes terminales, para luego repetir la operación invirtiendo las puntas. Se recomienda no utilizar un multímetro analógico porque su relativamente elevada corriente para estos dispositivos podría dañar al diodo láser. Tenga en cuenta que los diodos láser son muy sensibles a las cargas estáticas, a la sobre corriente y a la polarización inversa, por lo que se recomienda tomar extremas precauciones de seguridad al manipularlos. Una vez determinado el ánodo y cátodo, sólo resta conocer cuál es el diodo láser LD y cuál es el fotodiodo PD. ^[4]

Esto es bastante sencillo, ya que habrá notado que el voltaje en polarización directa de un fotodiodo está en el orden de los 0.4 a 0.7 Voltios y en los diodos láser está en el orden de los 1.3 a 2.5 Voltios. En la tabla 1.8.2.3. y la figura 1.8.2.4. Se aprecian lecturas reales arrojadas por un multímetro digital.

VOLTAJE EN DIRECTA DEL DIODO LASER (LD)	VOLTAJE EN DIRECTA DEL FOTODIODO (PD)	INDICACION DE OVER LIMIT (EN INVERSA)
1.427 V	0.651 V	OL V

(Tabla 1.8.2.3. Tabla de lecturas reales arrojadas por multímetro.)



(Figura 1.8.2.4. Terminales de un diodo láser.)

1.8.3. Funcionamiento del diodo láser.

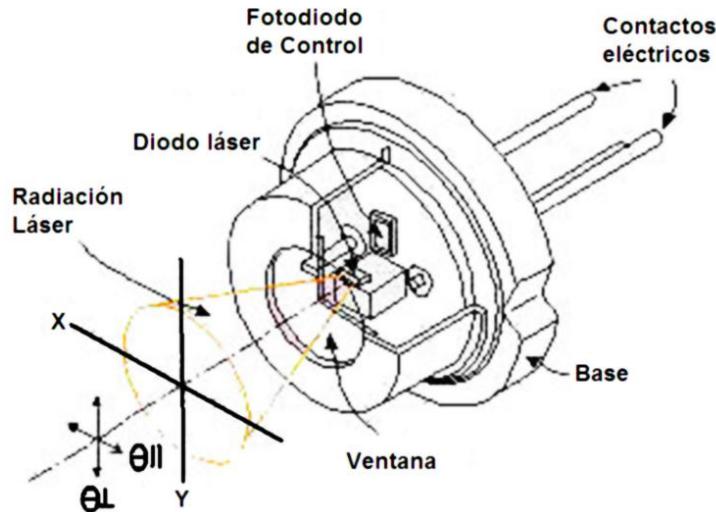
Cuando pasa la corriente por los contactos metálicos los electrones inyectados desde la capa tipo N y los huecos inyectados desde la capa tipo P se recombinan en el área activa delgada, y emiten luz. La luz viaja hacia atrás y hacia adelante entre las facetas parcialmente reflectantes de los extremos del diodo. La acción láserica comienza al incrementarse la corriente. La ganancia óptica en viaje redondo debe superar las pérdidas debidas a absorción y dispersión que se dan en la capa activa, para sostener dicha acción. Muchos diodos láser tienen una capa delgada de óxido, depositada sobre la parte superior de la capa de cubierta final tipo P. En esta capa de óxido se hace un ataque químico de manera que pueda formarse una cinta metálica de contacto en receso de poca profundidad, longitudinalmente a lo largo de la superficie superior del diodo. El índice de refracción de la capa activa es mayor que el del material tipo P y del material tipo N (las capas de recubrimiento) que están arriba y abajo de ésta. Como resultado, la luz es atrapada en una guía dieléctrica de ondas formada por las dos capas de recubrimiento y la capa activa, y se propaga en ambas, la capa activa y las de recubrimiento. El haz de luz que emerge del diodo láser forma una elipse vertical (en sección transversal), aunque la región láserica es una elipse horizontal. La luz que se propaga dentro del diodo, se extiende hacia afuera en forma transversal (verticalmente) desde las capas de recubrimiento superior e inferior. ^[4]

Cuando el diodo está funcionando en el modo fundamental, el perfil de intensidad de su haz emitido en el plano transversal, es una curva de Gauss de forma acampanada.

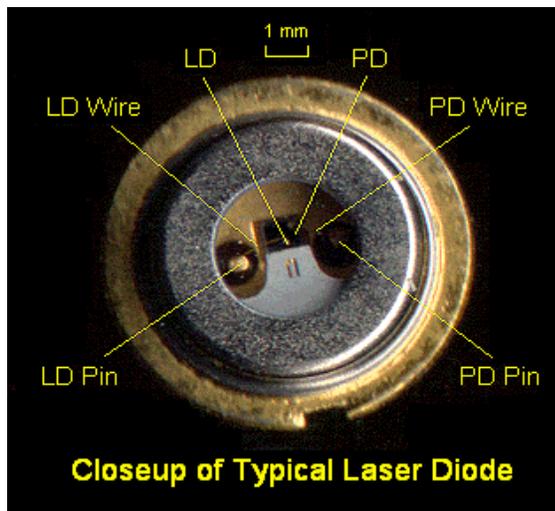
En el láser se amplifica la luz al viajar hacia atrás y hacia adelante en la dirección longitudinal, entre las facetas de cristal de cada extremo del diodo. Los modos resonantes que se extienden en dirección perpendicular a la unión PN, se llaman modos transversales. La inyección de electrones y huecos en la capa activa situada abajo de la cinta metálica de contacto, altera el índice de refracción de la capa activa, y confina la luz lateralmente para que no se disperse hacia afuera, hacia ambos lados del centro de la capa activa.

1.9. MONTURAS DEL DIODO LÁSER.

Se requieren monturas especiales para los diodos láser, debido a su tamaño miniaturizado, para poder ser operativos y cómodos. Existen muchos tipos de monturas, pero quizás el más estándar es similar a un transistor, e incluye en la montura las ópticas necesarias para colimar el haz ver figura 1.9.1. , la figura 1.9.2.



(Figura 1.9.1. Montura de un diodo láser.)



(Figura 1.9.2. Partes del láser; LD= Diodo láser, PD= Photo diodo.)

Para poder obtener más potencia de los láseres de diodo, se han desarrollado matrices de diodos láser, que emiten sincronizadamente y que están ópticamente acoplados, de modo que se alcanzan las décimas de vatio. ^[4]

1.9.1. Algunas ventajas de los sistemas láser.

Las ventajas de los sistemas láser de información sobre sistemas que emplean otras formas de radiación electromagnética y hace principalmente en los siguientes puntos:

- Su derivación, lo cual significa una gran ganancia de antena (con pequeños tamaños de antena), y por tanto una menor potencia requerida para transmisión.
- Disponibilidad del espectro y anchos de banda permitidos para transmisión de información. ^[3]

1.10. APLICACIONES.

Alrededor del mundo, ingenieros y científicos se han enfrascado en una carrera por averiguar cómo transmitir volúmenes de información a velocidades y distancias mayores que las permitidas por los actuales sistemas de comunicación por fibras ópticas. El centro de su atención es una nueva fuente de luz para estos sistemas de comunicación: el diodo semiconductor láser de mono frecuencia. Este dispositivo opera en forma estable en una sola frecuencia y no es más grande que un grano de sal. ^[3]

Científicos de Japón y de los laboratorios Bell en Estados Unidos compiten por el primer lugar para transmitir a grandes distancias y velocidades altas empleando dos tipos de diodos semiconductores láser mono frecuencia. Un claro ejemplo lo mostraron los japoneses a principios de 1983 cuando emplearon un diodo láser mono frecuencia con retroalimentación distribuida para transmitir información a 445.8 Mbps a una distancia de 134.23 kilómetros de fibra Óptica sin la necesidad de repetidores. La tasa de error fue de sólo 1 en un billón de bits. A estas tasas de velocidad el texto completo de 30 volúmenes de una enciclopedia, tal como la enciclopedia británica podría transmitirse de Los Ángeles a San Diego (alrededor de 160 kilómetros de distancia) en un segundo; la Única falla posible sería que en uno de 5 o 10 de los volúmenes transmitidos, una letra pudiese ser mayúscula en lugar de minúscula. ^[3]

1.11. EL LÁSER EN LAS COMUNICACIONES.

La luz de un láser puede viajar largas distancias por el espacio exterior con una pequeña reducción de la intensidad de la señal. Debido a su alta frecuencia, la luz láser puede transportar, por ejemplo, 1.000 veces más canales de televisión de lo que transportan las microondas. Por ello, los láseres resultan ideales para las comunicaciones espaciales. Se han desarrollado fibras ópticas de baja pérdida que transmiten luz láser para la comunicación terrestre, en sistemas telefónicos y redes de computadoras. También se han empleado técnicas láser para registrar información con una densidad muy alta. Por ejemplo, la luz láser simplifica el registro de un holograma, a partir del cual puede reconstruirse una imagen tridimensional mediante un rayo láser. ^[1]

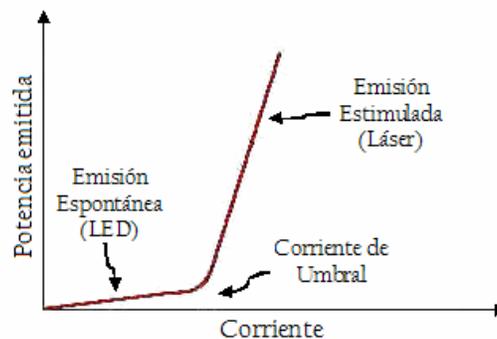
1.12. IMPORTANCIA DEL USO DE DIODO LÁSER SEMICONDUCTOR EN LAS COMUNICACIONES.

En un sistema de comunicación óptico, se necesita de una fuente emisora de luz como transmisor, de un canal de transmisión de información, que por supuesto es la fibra óptica y de un detector que funcione convirtiendo señales luminosas en señales eléctricas.

Como ya es bien sabido, la fibra óptica tiene la particular característica de poder transmitir datos en forma de pulsos de luz, teniendo la gran ventaja de que las pulsaciones luminosas se transmiten sin interrupción de un extremo a otro de la guía, sin importar las grandes distancias recorridas o bien si en el trayecto hay bordes o superficies curvas. Una problemática importante para las comunicaciones por fibra óptica, era el envío de alto flujo de información a frecuencias muy elevadas, pero esto se vio solucionado con la llegada de diodos láseres semiconductores.

Uno de los puntos importantes para que los sistemas de comunicación óptica tuvieran un desarrollo como el que han llegado a lograr hoy en día, fue sin duda, encontrar el medio ideal para transmitir datos en espacios libres en especial los semiconductores son de mayor ventaja para esta valiosa aplicación dado que los diodos láser son económicos a diferencia de los láser de gas, también cuentan con una alta eficiencia en transmitir datos se muestra algunos factores mas importantes de los diodos láser semiconductores.

El diodo láser tiene una curva característica que responde al efecto de emisión estimulada que fue explicado anteriormente, como se indica en la gráfica de la figura 1.12.1.



(Figura 1.12.1. Curva característica de la relación entre potencia y corriente del láser.)

Una característica importante es que la luz emitida no sólo tiene la misma frecuencia (color), sino también la misma fase, (también está sincronizada). Este es el motivo por el cual la luz láser se mantiene enfocado, aún a grandes distancias. Por lo que, con la aparición del diodo láser como fuente de luz monocromática (de un solo color), se estimuló la explotación de las comunicaciones ópticas y se resolvió el problema de enviar altos flujos de información a frecuencias muy altas, ya que este es otro detalle muy importante al momento de envío de la información.

Las particularidades de los diodos láser les permite tener ciertas ventajas en relación a los diodos LED. Principalmente el buen acoplamiento con la fibra óptica, esto debido a la angosta dispersión angular del haz de luz.

Las características que hacen distinguibles a los diodos láser son que:

- ✓ Se consideran útiles tanto para recorridos de distancia muy grandes como para anchos de banda grandes.
- ✓ El consumo de potencia es considerablemente mayor.
- ✓ Son muy eficientes y confiables.
- ✓ Tienen un promedio de vida muy extenso.

En la siguiente tabla 1.12.1 se muestra una comparación de láseres empleados en la comunicación en espacios abiertos.

Tipo de láser	Aplicaciones	Funcionamiento en Comunicaciones en Espacios Abiertos	Ventajas	Desventajas
Helio-Neón (Comercial)	Metrología, Holografía e interferometría Holográfica.	Mala.	Potencia Grande.	Absorción en atmósfera, requiere enfriamiento, vida corta.
Argón	Médicas, Técnicas y Científicas. En la Medicina en la Oftalmología.	Regular.	Efectivo para transportar energía a un punto específico.	Necesita ser de mucha potencia, lo cual eleva el costo.
CO ₂	En la industria metal-mecánica, Plástica y Textil, en el Corte, Soldadura y Perforación.	Buena.	Potencia Grande.	Costosa la construcción del canal de comunicación.
Rubí	Las más importantes son para Cortes, Micro perforaciones y para Componentes Electrónicos de Precisión.	Mala.	Alta energía.	Costo de construcción.
Semiconductores	Lectura de discos, Lectura de Códigos de Barras y Comunicación Atmosféricas.	Optima.	Bajo costo, mayor capacidad de transmisión que los cables.	Poca difusión en el ramo de la comunicación.

(Tabla 1.12.1 Comparación de láseres empleados en la comunicación en espacios abiertos.)

Nota: Leer el anexo de medidas de seguridad de láser.

CAPÍTULO

2

COMUNICACIONES

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares donde la computadora no se encuentra en una ubicación fija (almacenes, oficinas de varios pisos, etc.); pero se trata de una tecnología sometida a investigación que en el futuro será utilizada de forma general.

Cabe mencionar actualmente que las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta 1 Gbps (Red Gigabit), las inalámbricas alcanzan sólo hasta 108 Mbps.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada para transmitir, entre dispositivos.

Estas condiciones de libertad de utilización sin necesidad de licencia, ha propiciado que el número de equipos, especialmente computadoras, que utilizan las ondas para conectarse, a través de redes inalámbricas crezca notablemente.

Medios de Transmisión.

Medios:

Aéreos: Basados en señales radio-eléctricas (utilizan la atmósfera como medio de transmisión), en señales de rayos láser o rayos infrarrojos.

Sólidos: Principalmente el cobre en par trenzado o cable coaxial y la fibra óptica. En la actualidad se ha incrementado la necesidad de contar con una vía de acceso a la información. En el entorno actual de competitividad, no es posible depender en forma exclusiva de la comunicación verbal para transferir información. En el entorno actual de competitividad, no es posible depender en forma exclusiva de la comunicación verbal para transferir información. Las redes de computadoras solo incrementan la eficiencia y la efectividad de la interacción.

2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

La comunicación de datos solo implica el proceso de recopilar y distribuir la información representada de forma electrónica desde y hacia localidades distantes. Se dispone de una extensa gama de formatos para información. Datos, Texto, Voz e incluso Fotografías, Gráficos y Videos.

Requiere cuatro elementos básicos que son:

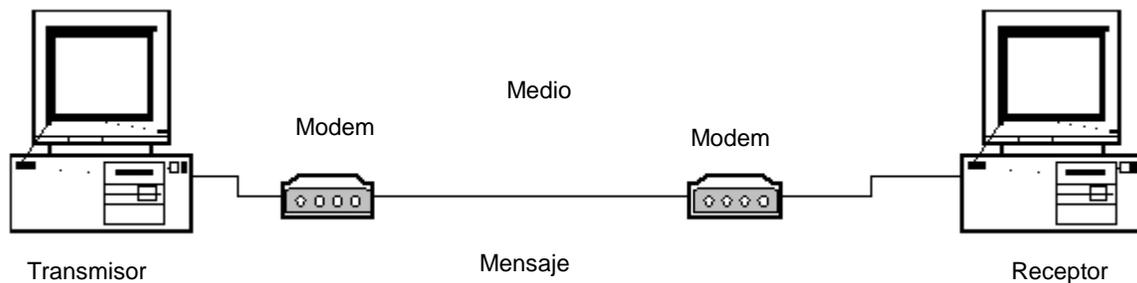
Emisor: Dispositivo que transmite los datos.

Mensaje: Lo forman los datos a ser transmitidos.

Medio: Consiste en el recorrido de los datos desde el origen hasta su destino.

Receptor: Dispositivo de destino de los datos.

Interfaces: Conexión que permite la comunicación entre dos o más dispositivos. A continuación se muestra una figura 2.2. sobre un sistema de comunicación.



(Figura 2.2. Ejemplo de un sistema de comunicación.)

2.2. Comunicaciones Alámbricas.

Comunicación alámbrica o también llamada guiada como hemos dicho antes funciona con cables.

Puede ser de tres formas.

- Par trenzado.
- Cable coaxial.
- Fibra óptica.

2.2.1. Cable de Par Trenzado.

Es un medio de conexión usado en telecomunicaciones en el que dos conductores eléctricos aislados son entrelazados para anular las interferencias de fuentes externas como muestra la figura 2.3.1.



(Figura 2.3.1. Cable par Trenzado.)

2.2.1.1. Tipos de Par Trenzado.

- *Unshieldedtwistedpair* o par trenzado sin blindaje: son cables de pares trenzados sin blindar que se utilizan para diferentes tecnologías de redes locales. Son de bajo costo y de fácil uso, pero producen más errores que otros tipos de cable y tienen limitaciones para trabajar a grandes distancias sin regeneración de la señal.
- *Shieldedtwistedpair* o par trenzado blindado: se trata de cables de cobre aislados dentro de una cubierta protectora, con un número específico de trenzas por pie. STP se refiere a la cantidad de aislamiento alrededor de un conjunto de cables y, por lo tanto, a su inmunidad al ruido. Se utiliza en redes de ordenadores como Ethernet o Token Ring. Es más caro que la versión sin blindaje.
- *Foiledtwistedpair* o par trenzado con blindaje global: son unos cables de pares que poseen una pantalla conductora global en forma trenzada. Mejora la protección frente a interferencias y su impedancia es de 12 ohmios.

Desventajas:

- Altas tasas de error a altas velocidades.
- Ancho de banda limitado.
- Baja inmunidad al ruido.
- Alto costo de los equipos.
- Distancia limitada (100 metros por segmento).
- Distancia limitada (100 metros por segmento).

2.2.2. Cable Coaxial.

Es un cable de cobre rodeado por una capa de material aislante que ésta a su vez está rodeada por una malla metálica que ayuda a reducir las interferencias que éste a su vez está rodeado por funda aislante. Se emplea para las redes de ordenadores, televisión por cable y telefonía a larga distancia, observe la figura 2.3.2.

Tipos:

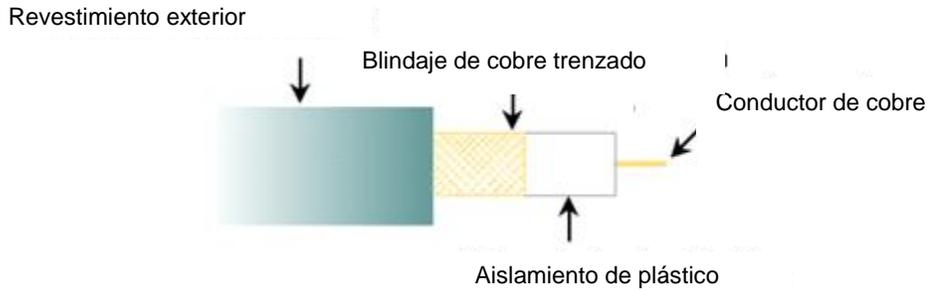
Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes. El cable coaxial no es habitualmente afectado por interferencias externas, y es capaz de lograr altas velocidades de transmisión en largas distancias. Por esa razón, se utiliza en redes de comunicación de banda ancha (cable de televisión) y cables de banda base (Ethernet). El tipo de cable que se debe utilizar depende de la ubicación del cable. Los cables coaxiales pueden ser de dos tipos:

El Poli cloruro de vinilo (PVC).

Es un tipo de plástico utilizado para construir el aislante y la cubierta protectora del cable en la mayoría de los tipos de cable coaxial. El cable coaxial de PVC es flexible y se puede instalar fácilmente en cualquier lugar. Sin embargo, cuando se quema, desprende gases tóxicos.

Desventajas:

- Ofrece poca inmunidad al ruido.
- Hace uso de contactos especiales para la conexión física.



(Figura 2.3.2. Cable Coaxial.)

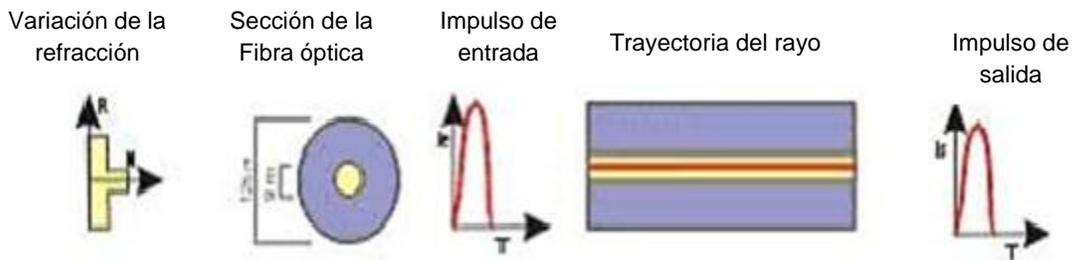
2.2.3. Fibra Óptica.

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), con espesor entre 10 y 300 micrones.

Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

2.2.3.1. Fibra Monomodo.

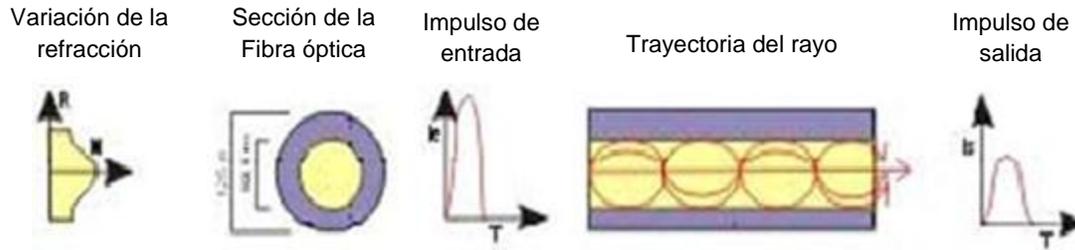
Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. En la figura 2.3.3.1. muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único).



(Figura 2.3.3.1. Dibujo de Fibra Monomodo.)

2.2.3.2. Fibra Multimodo.

Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en la figura 2.3.3.2.



(Figura 2.3.3.2. Dibujo de Fibra Multimodo.)

Desventajas.

- El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.
- El coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.

2.3. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.

Se puede definir a una comunicación inalámbrica a aquella que tiene la capacidad de conectar equipos terminales y a su vez transmitir datos sin necesidad de utilizar cables.

Categorías:

Existen dos categorías de las redes inalámbricas.

1. Larga distancia: estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país.
2. Corta distancia: son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy retirados.

Existen dos categorías de las redes inalámbricas.

1. Larga distancia: estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país.
2. Corta distancia: son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy retirados.

2.3.1. Wireless Personal Área Network.

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en RF (estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central); Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. ^[2]

2.3.2. Wireless Local Área Network.

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HIPERLAN (del inglés, *High Performance Radio LAN*), un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en WiFi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes. ^[2]

2.3.3. Wireless Metropolitan Área Network.

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Inter-operability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a WiFi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service). ^[2]

2.3.4. Wireless Wide Área Network.

Una WWAN difiere de una WLAN (wireless local área network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX (aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal Mobile Tele-communications System), GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G para transferir los datos. También incluye LMDS y WiFi autónoma para conectar a internet. ^[2]

2.3.5. Características de Comunicación Inalámbrica.

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

Ondas de radio: Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF que va de los 300 a los 3000 MHz, es decir, comprende el espectro radioeléctrico de 30 - 30000000000 Hz. ^[7]

Microondas terrestres: se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbra a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz. ^[7]

Microondas por satélite: se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias. ^[7]

Infrarrojos: se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz. ^[7]

2.4. TIPOS DE REDES WAN

- Conmutadas por Circuitos:

Son redes en las cuales, para establecer comunicación se debe efectuar una llamada y cuando se establece la conexión, los usuarios disponen de un enlace directo a través de los distintos segmentos de la red. ^[12]

- Conmutadas por Mensaje:

En este tipo de redes el conmutador suele ser un computador que se encarga de aceptar tráfico de los computadores y terminales conectados a él. El computador examina la dirección que aparece en la cabecera del mensaje hacia el DTE que debe recibirlo. Esta tecnología permite grabar la información para atenderla después. El usuario puede borrar, almacenar, redirigir o contestar el mensaje de forma automática. ^[12]

- Conmutadas por Paquetes:

En este tipo de red los datos de los usuarios se descomponen en trozos más pequeños. Estos fragmentos o paquetes, están insertados dentro de informaciones del protocolo y recorren la red como entidades independientes.^[12]

- Redes Orientadas a Conexión:

En estas redes existe el concepto de multiplexión de canales y puertos conocido como circuito o canal virtual, debido a que el usuario aparenta disponer de un recurso dedicado, cuando en realidad lo comparte con otros pues lo que ocurre es que atienden a ráfagas de tráfico de distintos usuarios.^[12]

- Redes no orientadas a conexión:

Llamadas Datagramas, pasan directamente del estado libre al modo de transferencia de datos. Estas redes no ofrecen confirmaciones, control de flujo ni recuperación de errores aplicables a toda la red, aunque estas funciones si existen para cada enlace particular. Un ejemplo de este tipo de red es internet.^[12]

2.5. WIFI.

Cuando hablamos de WIFI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día. WIFI, también llamada WLAN (*Wireless Lan*, red inalámbrica).

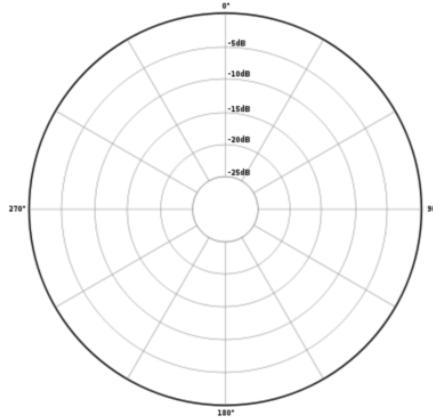
En la actualidad podemos encontrarnos con dos tipos de comunicación WIFI:

- 802.11b, que emite a 11 Mb/seg, y 802.11g, más rápida, a 54 MB/seg.

De hecho, son su velocidad y alcance (unos 100-150 metros en hardware accesible) lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a internet sin cables.

2.5.1. Omnidireccional.

Radian o captan por igual en todas direcciones, es decir, en los 360° , como se muestra en la figura 2.5.1.



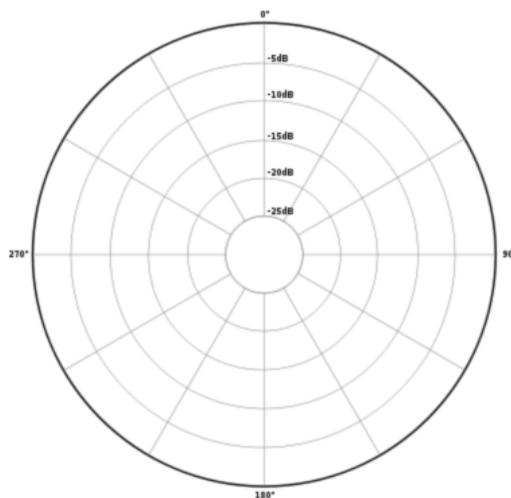
(Figura 2.5.1. Transmisión Omnidireccional.)

2.5.2. Bidireccional.

Emiten o captan sonido tanto por delante como por detrás, mientras que son prácticamente “mudos” en los laterales.

El ángulo preferente se sitúa en torno a los 100° , como se muestra en la figura 2.5.2.

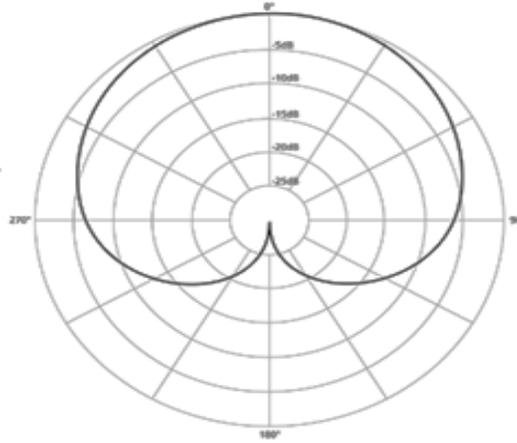
En altavoces, los diagramas polares bidireccionales no se utilizan en demasía por idénticas razones que los omnidireccionales: requieren de grandes cajas acústicas.



(Figura 2.5.2. Transmisión Bidireccional.)

2.5.3. Unidireccionales.

Emiten o captan en una dirección muy marcada y son “relativamente muertos” en las otras, a continuación se muestra en la figura 2.5.3.su propagación.



(Figura 2.5.3.Transmisión Unidireccional.)

2.6. COMUNICACIÓN ÓPTICA INALÁMBRICA.

Es aquella que requiere que el transmisor y el receptor se encuentren alineados de manera tal que sea posible dibujar una línea recta imaginaria entre ambos dispositivos.

La transmisión en línea de visión, en general, presenta la ventaja de permitir altas tasas de transmisión de datos. Para lograr este tipo de transmisión se utilizan tanto señales portadoras láser como luz infrarroja.

2.6.1. Comunicación láser Inalámbrica en Línea de Visión.

El uso de láser para comunicación se emplea con el fin de altas tasas de transmisión en largas distancias. Este tipo de comunicación se suele utilizar como una alternativa a la fibra óptica para enlaces entre edificios, así como en las denominadas redes de área metropolitana.

Ventajas.

- Solución de sencilla implantación.
- Reducción de costos de mantenimiento.
- Rápido retorno de la inversión.
- Costos de implantación reducidos.

2.7. LÁSER DE ESPACIO LIBRE EN EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN. (FREE SPACE LÁSER COMMUNICATION SYSTEM)

Las comunicaciones ópticas en el espacio libre se utilizan para transmitir datos entre dos o más estaciones. Espacio libre de comunicación óptica es la parte de las tecnologías utilizadas en las telecomunicaciones.

Se realizara un canal de comunicación en espacio libre en el sistema es indispensable crear dos secciones; emisor y receptor. El principal propósito es transmitir datos análogos o digitales dependiendo el dispositivo o sensor que queramos adaptar variara su señal, al mismo tiempo al mismo tiempo se es posible que el mismo canal pueda recibir y enviar simultáneamente datos. El ancho de banda del láser puede describir de la siguiente manera;

Si el láser tiene una longitud de onda de 660 nm lo cual corresponde a una frecuencia de 4.5×10^{14} Hz usando la siguiente fórmula 2.7.

$$\lambda = \frac{c}{F}$$

Ec. (2.7.)

Frecuencia de 4.5×10^{14} Hz es el ancho de banda de un láser cuya longitud de onda de 660 nm. Lo que se deduce que el uso del láser para la transmisión simultánea en el envío de datos en la utilización de ancho de banda eficiente.

2.8. TECNOLOGÍA LÁSER (FSO).

A diferencia de los dispositivos de radio o microondas, los equipos para Comunicaciones Ópticas Exteriores (FSO: Free Space Optics) utilizan la luz a través del aire como medio de transmisión. Transmiten una longitud de onda entorno a 670nm. Esta longitud de onda no requiere licencia, eliminando la necesidad de su obtención o bien los costos de las líneas arrendadas. A diferencia de la radio o microondas, la zona requerida por el rayo es muy pequeña.

Esto hace que el sistema de transmisión sea más seguro, no siendo posible utilizar mediciones en RF o analizadores de espectro para capturar una comunicación.

Empleando tanto led o láser, el equipo FSO puede trabajar utilizando el aire como medio de transmisión sobre el cual la luz es transmitida. Se emplean los mismos conceptos que para los dispositivos que transmiten sobre fibra óptica, el resultado final de la transmisión es casi a la velocidad de la luz.

Este enfoque de la tecnología FSO tiene una serie de ventajas:

- Es fácilmente actualizable, y su equipo de apoyo abierto de interfaces de una variedad de proveedores, lo que ayuda a las empresas.
- No requiere de actualizaciones de software de seguridad.
- Es inmune a las interfaces de radio frecuencia o la saturación.
- Puede ser desplegado detrás de las ventanas, lo que elimina la necesidad de los derechos de la azotea y el costo.
- Libre de interferencia Radio Frecuencias / Ondas Electromagnéticas.
- Solución óptica de alta velocidad.
- No requiere licencia de operación.
- Rápida instalación.
- Seguridad y Protección.

2.8.1 Seguridad en FSO.

La seguridad de la red es una de las preocupaciones principales por cualquier negocio u organización en la cual su información sensible y confidencial viaje a través de ella.

La tecnología de FSO representa una gran seguridad a la hora de transmitir los datos.

Los rayos láseres libres de la óptica del espacio (FSO) no se pueden detectar con los analizadores de espectro o los metros del RF.

Las transmisiones libres del láser de la óptica del espacio (FSO) son ópticas y recorrido a lo largo de una línea no se puedan interceptar fácilmente.

Los rayos láser generados por los sistemas libres de la óptica del espacio (FSO) son estrechos haciéndolos más duros encontrar e igualar más difícilmente para interceptar.

CAPÍTULO

3

DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

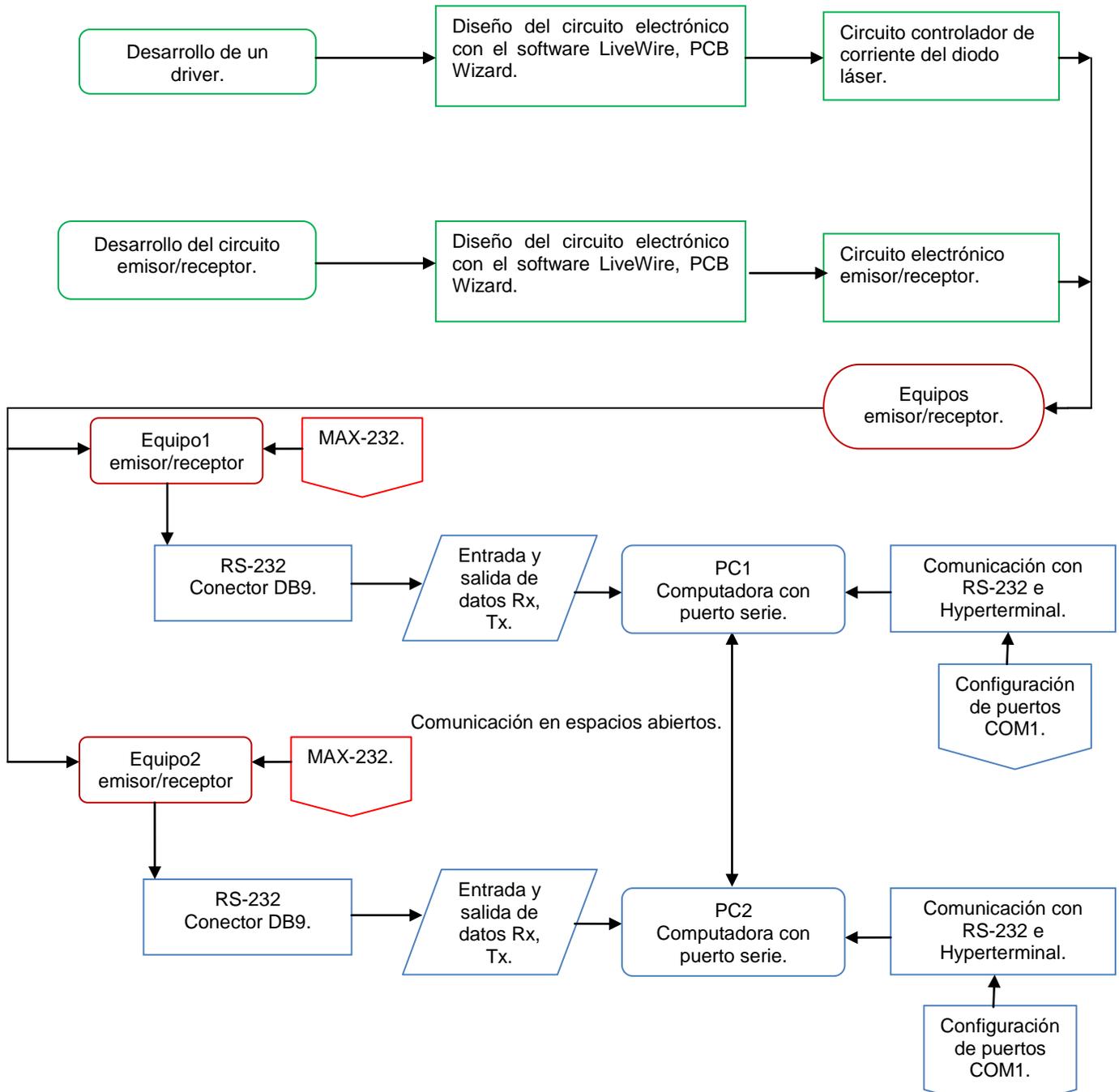
3.1. CANAL IMPLEMENTADO POR LÁSER PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.

El láser está conformado generalmente por un diodo láser y un circuito electrónico de control el cual controlara la potencia que enviara el rayo de luz láser y la tensión en la cual estará alimentada.

Para este circuito de control de láser es conveniente utilizar su principal componente que es el diodo láser, el circuito emisor/receptor tiene que alimentarse con una tensión de 5 V a 7 V y en la salida proporcionara una corriente alrededor de 180 mA a 220 mA que circula del diodo láser y una potencia de entre 190 mW a 220 mW, por ser un diodo láser físicamente solido tiene una longitud de onda de 660nm, de acuerdo al contenido del tema 1.8 etapa de salida del láser las ventajas del sistema de comunicación en espacios abiertos son las siguientes:

- Dentro de la elaboración del circuito implementamos el siguiente circuito;
- Desarrollo del canal de comunicación en espacios abiertos utilizando diodo láser.
- FSO es una tecnología inalámbrica que transmite los datos a través de rayos láser.
- No hay necesidad de obtener una licencia para transmisión de datos en FSO.
- Etapas de transmisión de datos por el rayo láser.
- Pueden transmitir a distancias que superan los 4 km.
- El costo es a menudo menor que el de la utilización de cables de fibra Óptica.
- Sistemas FSO puede ser instalado rápidamente.

En el siguiente diagrama de flujo 3.1. se muestra los pasos a seguir para el montaje del sistema de transmisión de datos en espacios abiertos que ofrece, se mostrara la metodología durante este capítulo más detalladamente como en el desarrollo de un controlador de flujo de corriente que circula en el diodo láser, el desarrollo de un apuntador láser, un telescopio de Newton, tanto la vinculación de circuito emisor/receptor a las computadoras que se van a transmitir datos.



(Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso metodológico para la comunicación en espacios abiertos con tecnología láser.)

3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL DIODO LÁSER AL DRIVER.

Se deberá determinar el ánodo y cátodo ver en el capítulo (Determinación de los terminales ánodo y cátodo con multímetro digital "1.8.2"). Como lo explica el capítulo 1.8.2.

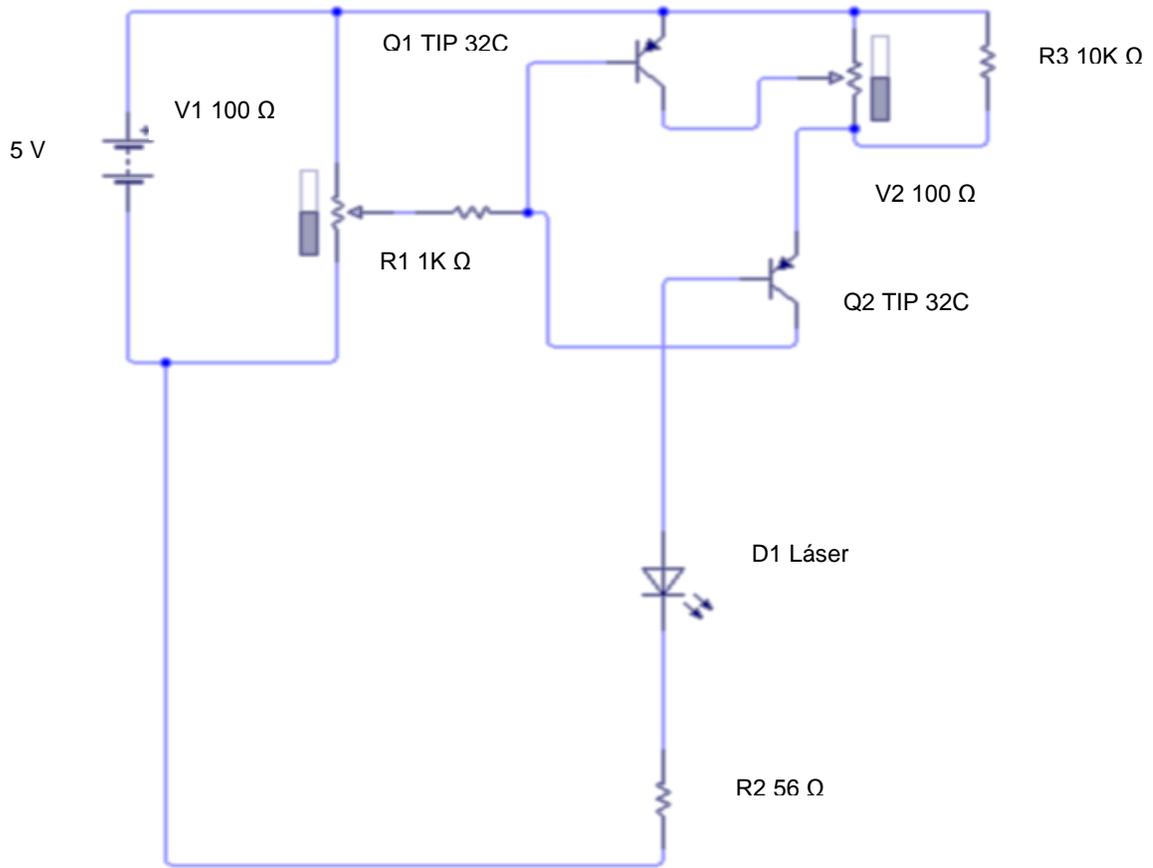
Dentro de las pruebas utilizamos una fuente de voltaje que será obtenida del puerto USB que la misma PC proporciona la cual energizara nuestro circuito y realizara mediciones en la etapa de salida esperando una corriente de 180 mA a 210 mA que fluirá en el diodo láser y una potencia de 190 mW a 220 mW, la longitud de onda se distinguirá por el color del haz de luz láser que es rojo, este color su longitud de onda está entre 630 y 660 nm.

3.2.1. Driver láser.

Es importante que la corriente del diodo láser sea la suficiente para su operación ya que el diodo láser requiere una corriente de 180 mA a 220 mA por este motivo se realizó un driver que cumpliera con las características la figura 3.2.1. se muestra el circuito simulado en el programa de computo llamado LiveWire.

Lista de material:

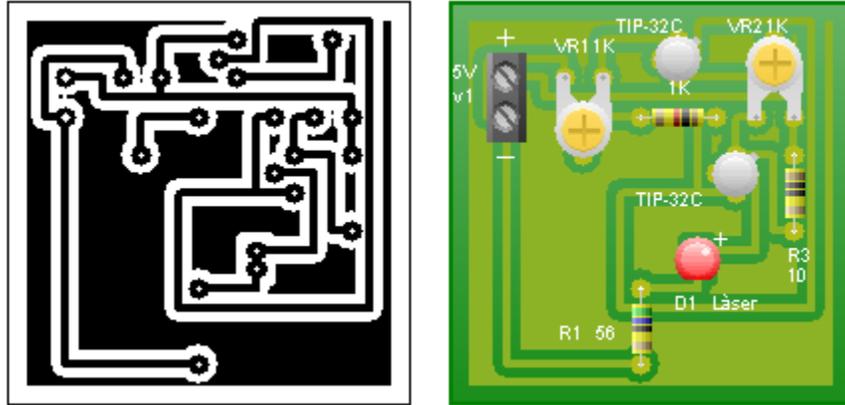
- Q1- TIP-32C
- Q2- TIP-32C
- R1- 56 Ω
- R2- 1k Ω
- R3- 10 Ω
- VR1- 1k Ω
- VR2- 1K Ω
- D1 diodo láser corresponde a clase 2M.



(Figura 3.2.1. circuito electrónico simulado en Multisim que será eficaz antes de montar del diodo láser.)

El circuito a implementar para el canal del láser tiene como objetivo la comunicación y el intercambio de datos por medio de un canal láser. El láser deberá cumplir ciertas especificaciones que requerirá para su buen funcionamiento y larga vida útil del láser se tomara importancia en la potencia entre 220 mW esta potencia que ayudara a mantener intenso el haz del rayo láser para la comunicación.

El láser necesitara ahora la interacción de un circuito de control, con la ayuda del programa de computo llamado (PCB Wizard) se imprimen en la placa de cobre como muestra en la figura 3.2.1A., al final de la impresión se mantendrá bajo ácido férrico dentro de unos 20 minutos será suficiente para que el ácido elimine el cobre que solo mantendrá las pistas necesarias para el circuito diseñado en PCB Wizard cabe mencionar que se diseñara primero el circuito electrónico en el programa de computo llamado LiveWire para su fácil diseño en PCB ya que con la ayuda del mismo se modifica elementos del circuito como son elementos pasivos (resistencias, capacitores, potenciómetros, etc.) tanto elementos activos (diodos, transistores, IC's, etc.) como la modificación de tamaño de la placa dependiendo su mejor montaje al gabinete que será montado los circuitos impresos con los elementos electrónicos.

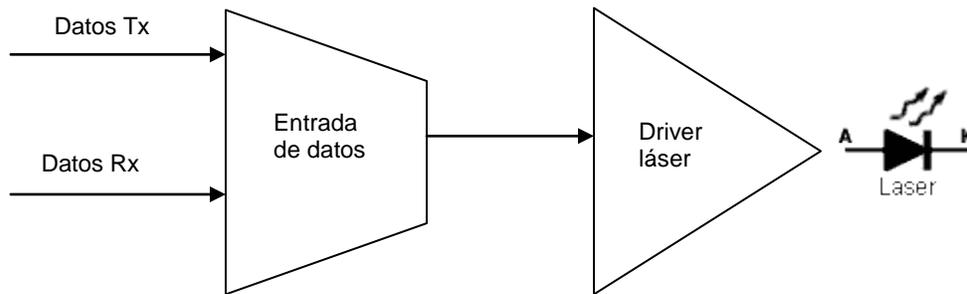


(Figura 3.2.1A. circuito impreso realizado con PCB Wizard con diferentes vistas; de los componentes, vista del cobre y vista de elementos electrónicos.)

3.3. CIRCUITOS ELECTRÓNICOS EMISOR/RECEPTOR.

3.3.1. Emisor.

Un transmisor óptico convierte una secuencia de bits a un flujo de datos ópticos. Debido a que la salida de luz de un láser de diodo se define como una función de la entrada de corriente en lugar de tensión, los diodos láser son impulsados por las corrientes. Un controlador de láser puede ser considerado como un simple interruptor de alta velocidad de la corriente controlado por un flujo de datos modulado en la entrada. Un diagrama de bloques del emisor descrito se puede ver en la figura 3.3.1.



(Figura 3.3.1 muestra el diagrama a bloques representativo de la entrada de datos al diodo láser.)

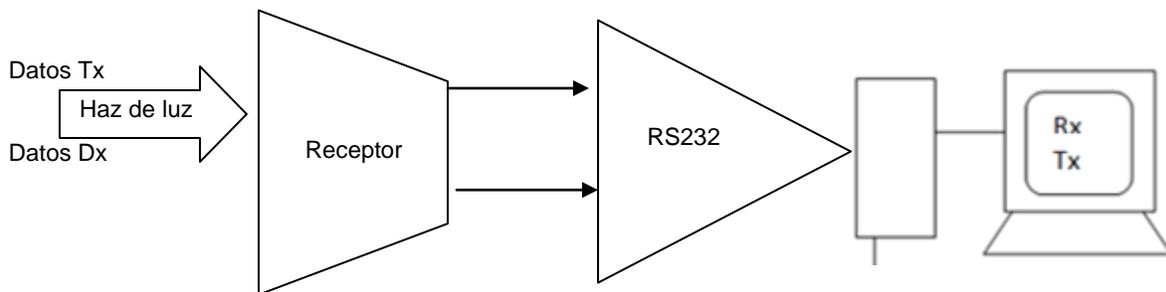
3.3.2. Receptor.

El diagrama del circuito de transmisor-receptor láser se muestra en la figura 3.3.2. El emisor-receptor láser se basa en la IC MAX232A para generar y recibir señales RS-232 de voltaje compatible. El sensor de recepción es un fototransistor NPN. A pesar de la longitud de onda láser en el espectro visible (660 nm) banda del fototransistor respuesta amplia es lo suficientemente amplia como para percibir el rayo láser intenso.

Hay varias versiones diferentes del chip MAX232A existe. La versión A solo requiere 0,1 uF condensadores para la carga y el inversor, mientras que el MAX232 requiere condensadores 1uF. La ventaja de la versión A es que tiene tiempos de respuesta más rápido, y permite velocidades de datos más rápidos. IC MAX232A proporciona la interfaz para el PC.

Los dos diodos 1N4001 en serie con el diodo láser, reducir la tensión de 5 vcd a alrededor de 3.6 vcd que está cerca de la tensión nominal para el diodo láser.

El transmisor-receptor es alimentado por un puerto USB que será conectado en la misma PC esto será eficaz ya que no requerimos de una fuente externa sin embargo se tomara voltaje de un puerto USB haciendo el arreglo para tomar el voltaje que será de 5 vcd. En la figura 3.3.2. Muestra el diagrama de bloque en la recepción de datos en espacio libre a través de la PC.



(Figura 3.3.2. recepción de datos en espacio libre comunicando por RS232.)

3.4. MONTAJE DE EMISOR / RECEPTOR A PC.

El punto principal del sistema de baja intensidad será, fabricar una baja velocidad de FSO, basado en componentes básicos por ejemplo, amplificadores operacionales y transistores. No hay requisitos específicos que establezcan un estándar, a lo que refiere de emisor y recepción de señales ópticas. El diseño y la fabricación dieron lugar a dos circuitos:

- Driver del diodo láser
- Emisor óptico/Receptor óptico

El emisor óptico hace que la señal eléctrica a la transformación óptica y el receptor óptico hacen que la óptica de transformación eléctrica.

3.4.1. Vinculación del emisor / receptor óptico a PC.

Un puntero láser se utiliza como fuente óptica para la eléctrica a la conversión de la señal óptica a la sección del transmisor. El elemento opto-electrónico realizara la conversión que será mediante un fototransistor en la sección del receptor. Un arreglo de espejos se utiliza para la alineación correcta y la transmisión del haz de láser. Usaremos MAX232A para convertir la lógica RS 232 a la lógica TTL y un circuito transmisor óptico para transmitir los datos a través del enlace óptico de espacio libre. En el receptor será un circuito receptor óptico que recibe los datos utilizando un fototransistor y un MAX232A de nuevo para convertir la señal lógica TTL a RS-232 para el puerto serie del ordenador extremo receptor. Para la transmisión de datos, el ordenado envía una señal y lo que está presente en el puerto serie se envía a la otra computadora a través del enlace óptico de espacio libre. En el receptor, se ejecuta la función para recibir datos en el puerto serie. El transmisor-receptor laser permite que dos computadoras con capacidad de comunicación en serie (RS-232) para comunicar a más de 4 Km con un rayo láser dependiendo la distancia que puede alcanzar el láser a su máximo nivel.

3.4.2. MAX-232.

El MAX232 es un circuito integrado de Maxim que convierte las señales de un puerto serie RS-232 a señales compatibles con los niveles TTL de circuitos lógicos. El MAX232 sirve como interfaz de transmisión y recepción para las señales RX, TX, CTS y RTS. Este IC es mucho de interés para quien desea construir dispositivos electrónicos propios y quieren interactuar con RS-232, Su finalidad es de uso para convertir señales CMOS o niveles TTL lógica en RS-232 y viceversa.

3.4.3. Voltaje lógico.

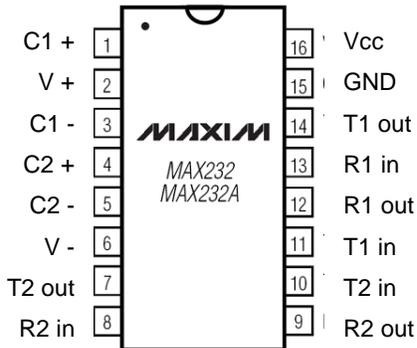
Los dispositivos digitales en el uso diario requieren que sean CMOS o tecnología TTL. Por lo tanto el primer paso para conectar estos dispositivos a un puerto RS-232 es la de convertir los niveles lógicos RS-232 de nuevo en 0 y 5 volts lógicos. Este circuito integrado requiere de baja potencia que el receptor, que requiere entre 0 +5 v para su funcionamiento. En el lado del emisor el circuito se utiliza para conducir CMOS / TTL y la entrada RS-232. Y en el lado del receptor, CMOS / TTL lógica se convierte en la lógica RS-232. Función de la lógica de la conversión de Max-232 puede definirse con la ayuda de la siguiente tabla 3.4.3. ^[13]

Max-232 nivel de conversión	
TTL +5v	-9v RS-232
TTL 0v	+9v RS-232
-9v RS-232	TTL +5v
+9v RS-232	TTL 0v

(Tabla 3.4.3.niveles de conversión Max-232 a TTL.)

3.4.4. MAX-232 descripción.

Descripción: El MAX232 dispone internamente de 4 convertidores de niveles TTL al estándar RS232 y viceversa, para comunicación serie como los usados en los ordenadores, el COM1 y el COM2. Puede encontrar más información en MAX232. En la siguiente figura 3.4.4 muestra el Max-232.



(Figura 3.4.4. MAX232A cuenta con 16 pines.)

3.4.5. Datos técnicos.

- Características a +5v, condensadores de 100 nF:
- Vcc: de 4,5v a 5,5v.
- Consumo: 4 mA (15 mA con carga a la salida de 3 K ohm).
- Entradas compatibles TTL y CMOS.
- Tensión de entrada máxima RS232: +/- 30v.
- Tensión de Salida RS232: +/- 15v.
- Tensión de salida típica de +/-8v con carga nominal de 5 K ohm en RS232.
- Resistencia entrada RS232: 5 K ohm (a masa).
- Resistencia entrada TTL/CMOS: 400 K ohm (a positivo).
- Las entradas se pueden dejar al aire.
- Entrada TTL al aire, se considera un "0" al invertirse en la salida.
- Entrada RS232 al aire, se considera un "1" al invertirse en la salida.
- Salidas cortocircuitales continuamente:
- Salida RS232: +/- 22 mA.
- Salida TTL/CMOS: a masa -10 mA, a positivo +30 mA.
- Data Rate: 200 Kbps (min 116 Kbps).

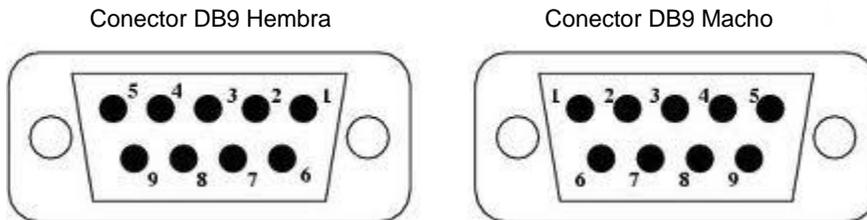
3.5. RS-232 EN EL PC.

Para tener un puerto entre el emisor y receptor láseres importante vincularlo con el ordenador de tal manera que emplearemos un Max-232A. Existen dos tipos; el DTE (Equipo Terminal de Datos) y el DCE (Equipo de Comunicación de Datos). Existen entonces dos tipos de interfaz RS-232, la DTE (conector macho) y la DCE (conector hembra) de interfaces RS-232 puesto que se diseñara para un tipo de conector serie DB-9.

3.5.1. Conector serie DB-9.

Conector DB-9: Conector DB-9 se caracteriza en dos categorías, que son: 1) conector hembra ,2) Conector macho. El DB-9 macho tiene pines en la que se insertan en el conector hembra. En la DB-9 muestra la siguiente tabla 3.5.1. de conector macho se presenta a continuación.

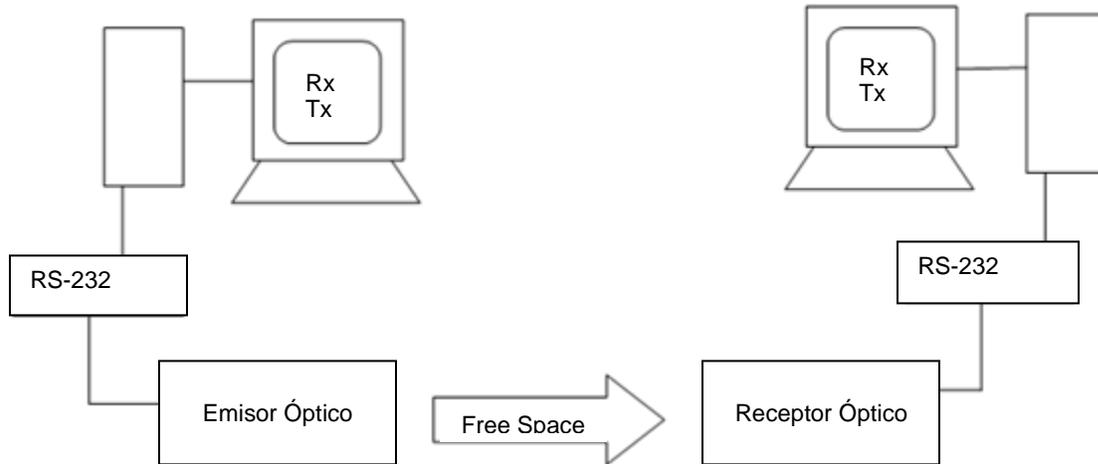
Pat.	Nombre	RS-232	V.24	Dir.	Descripción
1	CD	CF	109	←	Carrier Detect, Detección de Portador
2	RXD	BB	104	←	Receive Data, Recepción de datos
3	TXD	BA	103	→	Transmit Data, Transmisión de Datos
4	DTR	CD	108.2	→	Data Terminal Ready, Terminal de Datos p Preparado
5	GND	AB	102	—	System Ground ó Signal Ground, Tierra de señal
6	DSR	CC	107	←	Data Set Ready, Dispositivo Preparado
7	RTS	CA	105	→	Request to Send, Petición de Envío
8	CTS	CB	106	←	Clear to Send, Preparado para Transmitir
9	RI	CE	125	←	Ring Indicator, Indicador de Llamada Entrante



(Tabla 3.5.1. terminales del conector DB-9.)

3.6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

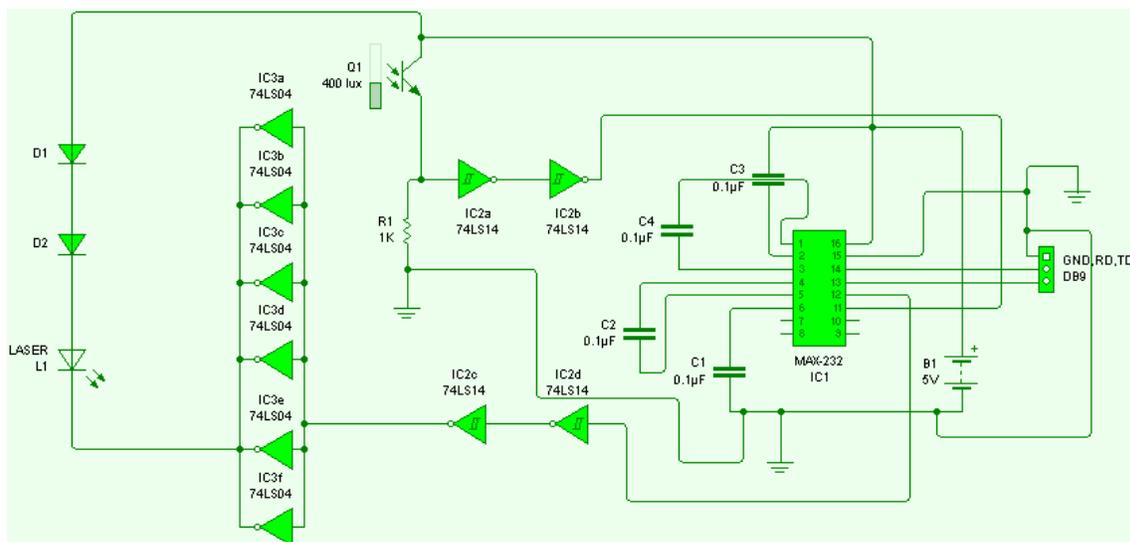
De tal manera se lograra una conexión entre los circuitos ópticos con el ordenador, el sistema completo consta de un emisor-receptor, cada uno con una función que es de transmitir y recibir datos. La figura 3.6. muestra la comunicación de datos entre dos equipos con receptor óptico.



(Figura 3.6. comunicación de PC a PC Canal de Comunicación Óptica Libre.)

3.6.1. IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO EN EL PROGRAMA LIVEWIRE.

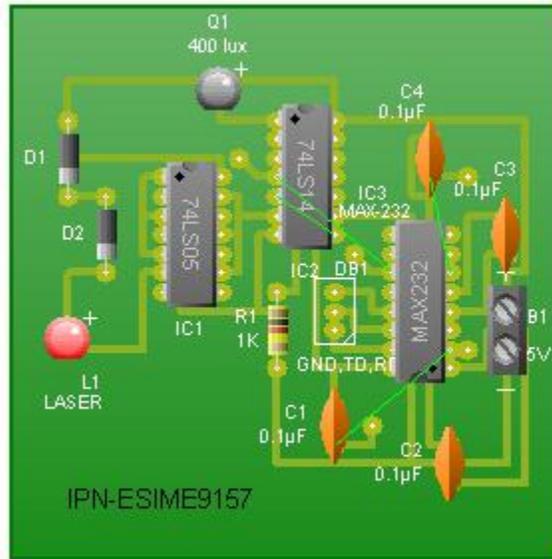
Se proyectara la simulación del siguiente circuito con ayuda de software llamado multisim tanto como el software LiveWire que serán de gran ayuda para la simulación como para el diseño de realización del circuito impreso físico. El programa de computo LiveWire es de gran ayuda debido que proporciona la mayoría de los materiales y los posibles voltajes, corrientes, también cuenta con instrumentos como osciloscopio que facilitará el montaje y su representación del circuito será como se muestra en la siguiente figura 3.6.1.



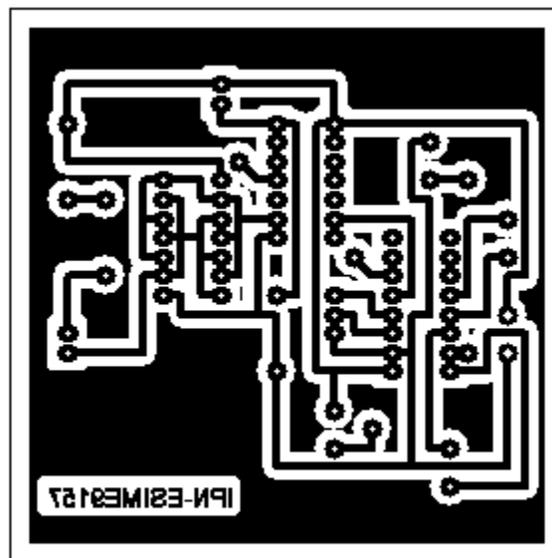
(Figura 3.6.1 circuito rector / emisor óptico vinculado Max232.)

3.7. DISEÑO DEL CIRCUITO PCB: EN EL PROGRAMA PCB WIZARD.

El software servirá de gran ayuda para el diseño de circuitos impresos, así como la mejor forma de modificar el tamaño de la placa de circuitos la cual sea conveniente para un mejor montaje. Se deberá tener cuidado de dibujar el diseño de la PCB como se muestra en la figura 3.7.1 las placas de lado de ambas de las caras.

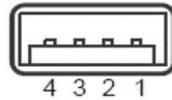


(Figura 3.7.1 diseño del circuito electrónico diseñado en LiveWire.)



(Figura 3.7.2. diseño del circuito electrónico diseñado en PCB Wizard.)

Se montara todos los componentes pasivos, lo que incluye las resistencias y condensadores. Luego montamos los diodos tomando nota de su polaridad. A continuación será montado los componentes activos, lo que incluye todos los circuitos integrados, recordaremos que se tomara voltaje de un puerto USB que proporciona 5 volts la figura 3.7.3. se observa las terminales del USB clase A.



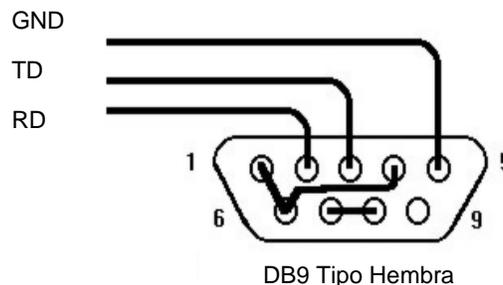
1	+ 5v	Red
2	Data -	White
3	Data +	Green
4	Gnd	Black

(Figura 3.7.3 pines del puerto USB clase A.)

Una vez realizado la simulación y el diseño de circuito impreso, se prosigue a conectar los componentes externos como; resistencias, CI's, conectores que sean necesario para el driver del diodo láser tanto como el emisor y receptor óptico que vincularan la comunicación entre un ordenador; entre ellos el diodo láser, fototransistor, conector de alimentación, el interruptor y el conector DB-9. Para montar el fototransistor, simplemente se requiere de una ubicación donde pueda detectar con facilidad la señal óptica. Cuando se termine de montar los componentes electrónicos, se proseguirá a montar el conector de serie RS-232.

3.8. CONFIGURACIÓN DEL DB9.

Se utilizara un estándar (hembra) conector DB-9 que se muestra en la figura 3.8. Los conectores DB-9 se encuentran en la mayoría de los ordenadores comerciales. Que solo se utiliza la transmisión de datos (DT), recepción de datos (RD) y el común de líneas de tierra (GND).



(Figura 3.8. configuración interna del conector DB-9.)

La vinculación de circuito electrónico al software del ordenador. El puerto serie RS-232, que conecta la Terminal de datos preparado (DTR) a la línea Data Set Ready (DSR) y Data Carrier Detect (DCD) líneas. También conectamos la solicitud de envío (RTS) a la línea de Clear To Send (CTS) de la línea. Esto tiene el efecto de aparentar al puerto serie en la sentencia de que siempre está listo para recibir y enviar datos. Estos vínculos serán soldados en el interior del propio conector. Solo 3 pines serán necesarios para la conexión con el transceptor. Conectaremos los tres cables a la RD (pin 2), TD (pin 3) y GND (pin 5) líneas del conector. Para el transmisor, que solo el cable TD (pin 3) y las líneas de GND (pin 5).

Tanto el emisor y receptor se requiere la misma configuración electrónica debido a que se contara con él envío y recepción de datos si de esa manera se requiere. El último componente importante y más necesario para estar conectado al circuito es láser que se comprende desde el driver que se encarga de controlar a corriente que circula en el diodo laser principal componente. El circuito electrónico driver consta del diodo láser hasta el driver, requiere una alimentación de 5 Volts a 7 Volts. Para el montaje driver-emisor/receptor a RS-232.

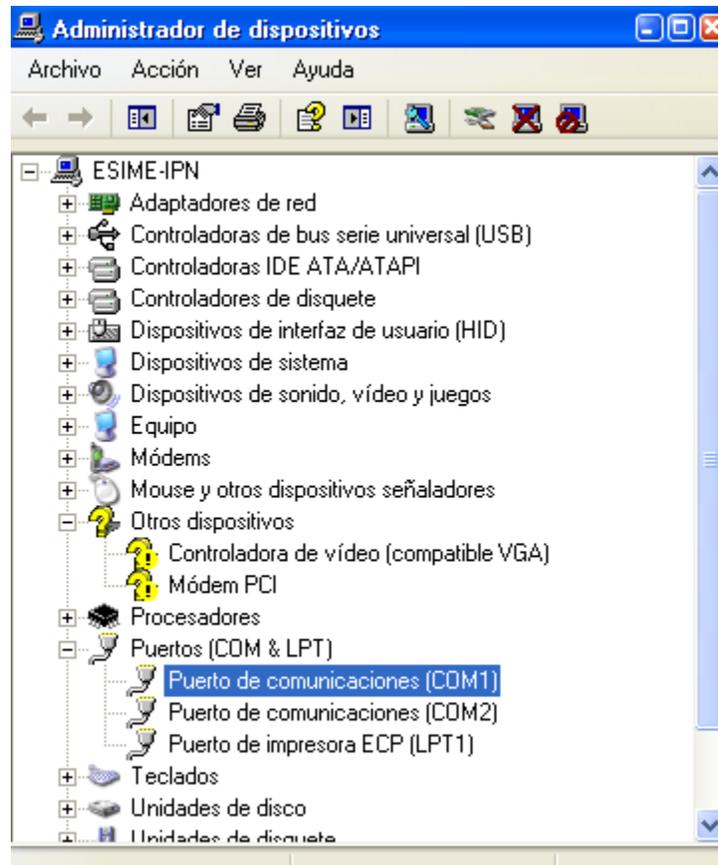
El RS-232 es un estándar para la transferencia de datos en formato serie. La información se envía en paquetes pequeños de datos llamados tramas de datos. Un trama de datos se compone de la siguiente secuencia: un bit de inicio, la palabra de datos reales, un bit opcional de paridad y termina con uno o dos bits de parada. La palabra de datos puede ser de 7 u 8 bits de longitud. RS-232 ofrece la comunicación asincrónica con la combinación de bits de inicio y fin de ser utilizados para sincronizar cada de la trama de datos. El bit de paridad es utilizado por el receptor para determinar si un número impar de bits fueron dañados durante la transmisión.

3.9. CONFIGURACIÓN DE LOS PUERTOS.

El puerto serie del PC es un dispositivo de entrada/salida compatible con el estándar RS-232. Casi todos los ordenadores tienen uno o dos puertos serie. Cada uno de estos puertos tiene un conector de nueve pines DB9 la parte trasera del ordenador. Los programas de ordenador pueden enviar y recibir datos a través del puerto serie.

3.9.1. Configuración de los puertos serie en Windows.

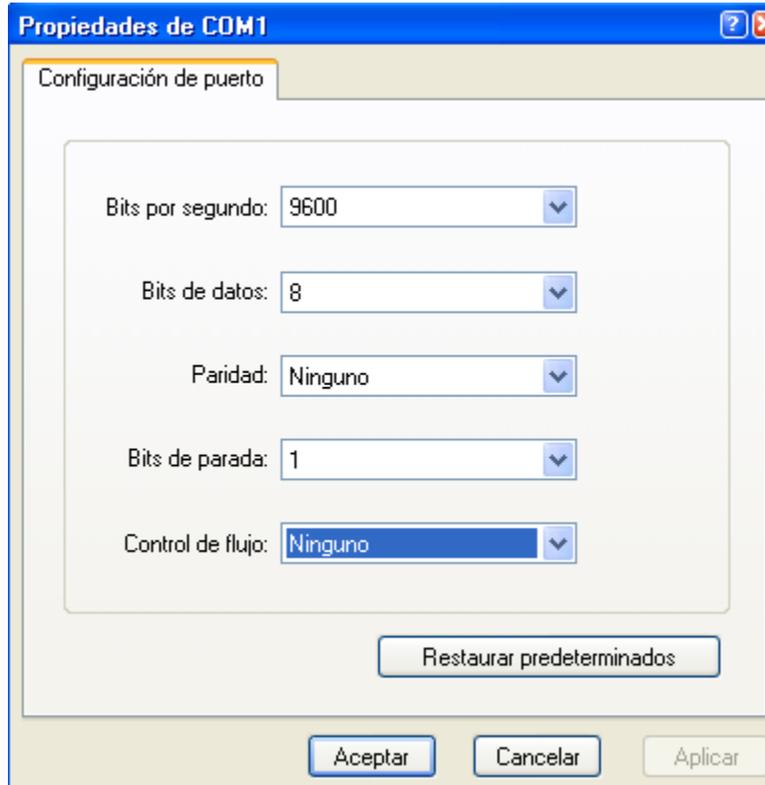
En Windows la configuración de los puertos serie instalados en el PC puede realizarse en el Administrador de Dispositivos. La ruta es la siguiente: Mi PC->Panel de control->Sistema->Administrador de Dispositivos. Dentro del administrador, en el apartado Puertos, se muestra una lista con todos los puertos de comunicación del PC. Los que aparecen como COM1, COM2, son los puertos serie la siguiente figura 3.9.1.Muestra los puertos (COM y LPT).



(Figura 3.9.1. muestra las Propiedades del Sistema> Puertos (COM y LPT).).

3.9.2. Recursos de COM1.

En la pestaña configuración de puerto figura 3.9.2. aparecen los parámetros de comunicación del puerto serie: la velocidad de transmisión, el tamaño de palabra, el tipo de paridad utilizada en el control de flujo, el número de bits de parada y, por último, el tipo de control de flujo.



(Figura 3.9.2. configuración de puerto.)

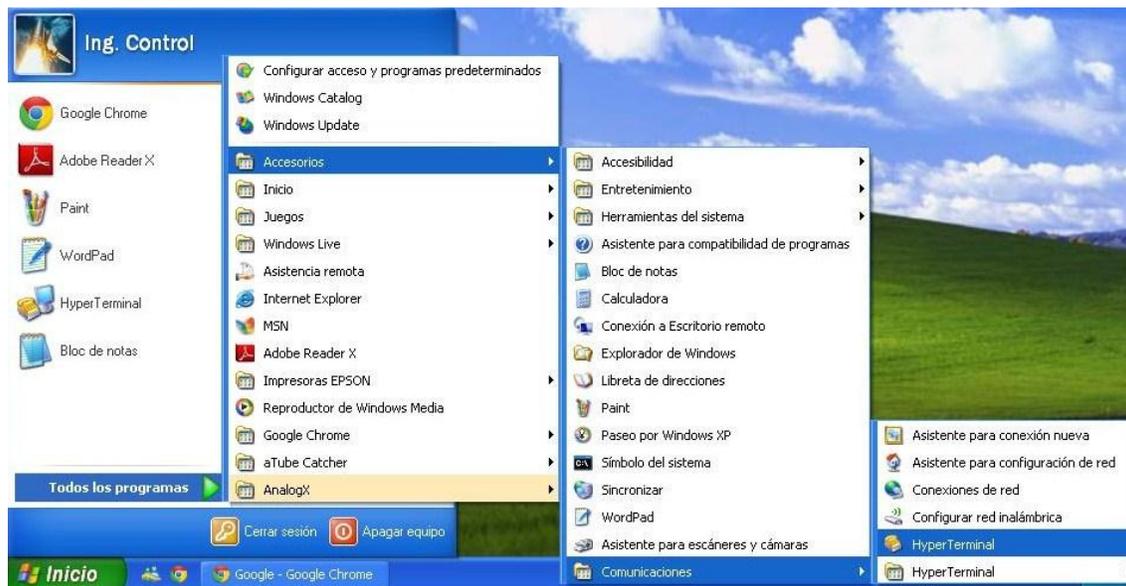
Para probar la comunicación entre dos ordenadores, simplemente se deberá de repetir los pasos anteriores para cada equipo, excepto que los láseres están apuntando hacia el emisor/receptor. En distancias más largas se encontrara que era mucho más fácil fijar el láser y el movimiento del receptor con el fin de alinear correctamente. También dependiendo del puntero láser, la intensidad del haz y la dispersión del haz varían que afecta a la distancia a la que se puede lograr una comunicación fiable. El emisor-receptor láser se permite que dos computadoras con capacidad de comunicación en serie (RS-232) para comunicar a más de 4 Km con un rayo láser.

3.10. COMUNICACIÓN CON RS-232 E HYPERTERMINAL.

Hyperterminal es un programa que se puede utilizar para conectar con otros equipos, la conexión con el Hyperterminal será efectuará utilizando los dos puertos seriales RS-232 que dispone una computadora. El programa Hyperterminal es un programa gratuito que se distribuye con los sistemas operativos de Microsoft. Permite la comunicación vía RS232 con otros dispositivos (computadoras, equipo de medición, impresoras etc.). Como indica su nombre permite convertir a una computadora en una terminal de otro dispositivo para poder enviarle las teclas pulsadas, recibir información del dispositivo, enviarle archivos, etc.

1) Hyperterminal se incluye con los equipos con Windows 95/98/2000/XP, también se podrá ejecutar en Windows 7.

Para iniciar una Hyperterminal sesión de la izquierda, haga clic en el botón Inicio y siga el camino de Programas \ Accesorios \ Comunicaciones \Hyperterminal tal como se muestra en la figura 3.10A.



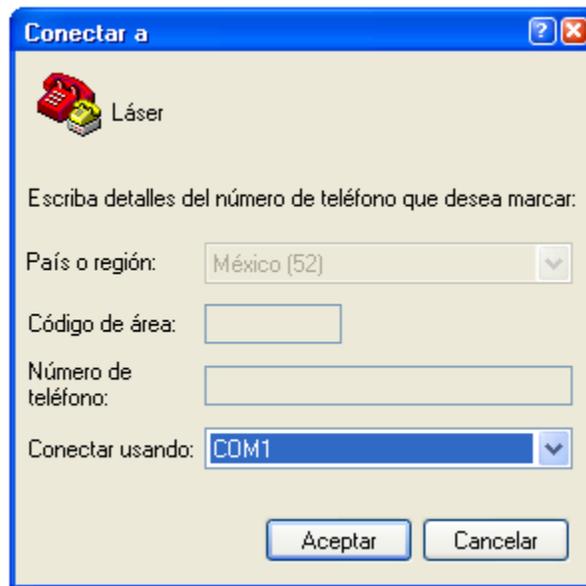
(Figura 3.10A. Ejecutar inicio al programa Hyperterminal.)

2) Configurar la ventana Hyperterminal bajo el nombre Puerto 1 (láser). Ejecutar el programa Hyperterminal para tener un terminal tipo ANSI que comunique a través del COM1 a 9600 baudios, 8 bits, sin paridad, 1 bit de parada y sin control de flujo. Para ello hay que realizar los siguientes pasos: del arranque aparece la ventana de descripción de conexión. Indicar que el nombre de la conexión es Láser figura 3.10C.



(Figura 3.10C. Se llamará láserla nueva conexión para proseguir a la configuración.)

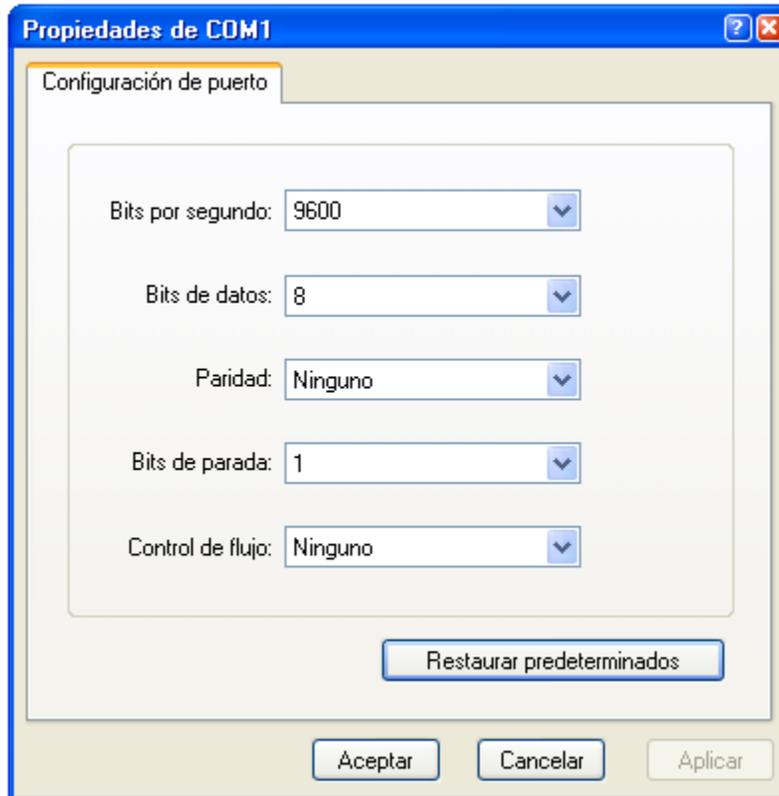
3) Establecer que se va trabajar a través del puerto COM1. Después de la ventana de descripción aparece la ventana para indicar el puerto figura 3.10D. Indicar que la conexión se va a establecer a través del puerto COM1.



(Figura 3.10D. Indicar el número de puerto COM1.)

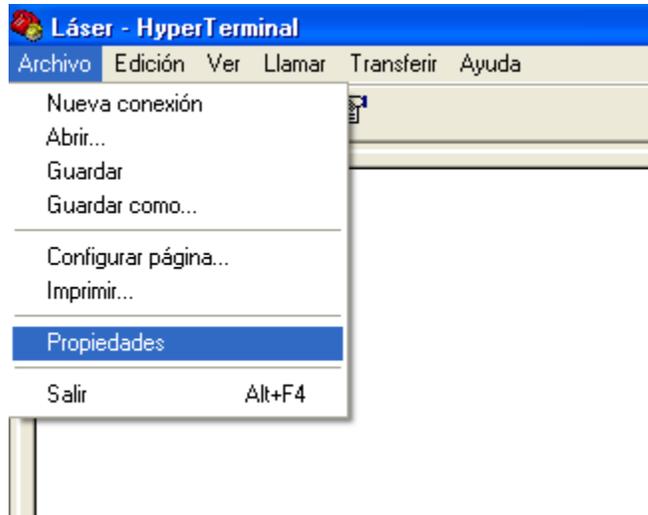
4) Configurar el puerto COM1. Al dar aceptar en la ventana anterior, aparece la ventana de configuración del puerto COM1 figura 3.11E. Indicar la siguiente configuración:

- Bits por segundo: 9600
- Bits de datos: 8
- Paridad: Ninguno
- Bits de parada: 1
- Control de flujo: Ninguno

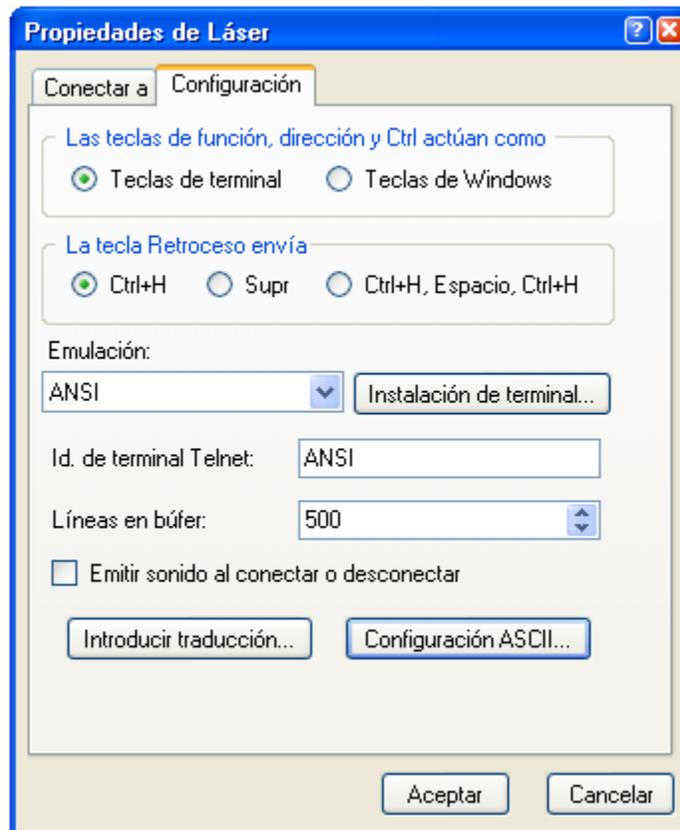


(Figura 3.11E. Configuración del puerto.)

5) Definir el puerto 1 como terminal ANSI. Una vez configurado el puerto, aparece la ventana terminal de la figura 3.10F. Sin embargo, todavía no está correctamente configurada como una terminal ANSI que es el más estándar: todo lo que llega por el puerto correspondiente se presenta en pantalla; y todo lo que se tecléa se envía por dicho puerto sin interpretación. Para configurarla como terminal ANSI seleccione Archivo/ Propiedades/ Configuración. Aparece la ventana de configuración de la terminal figura 3.10G. Seleccione en Emulación ANSI.



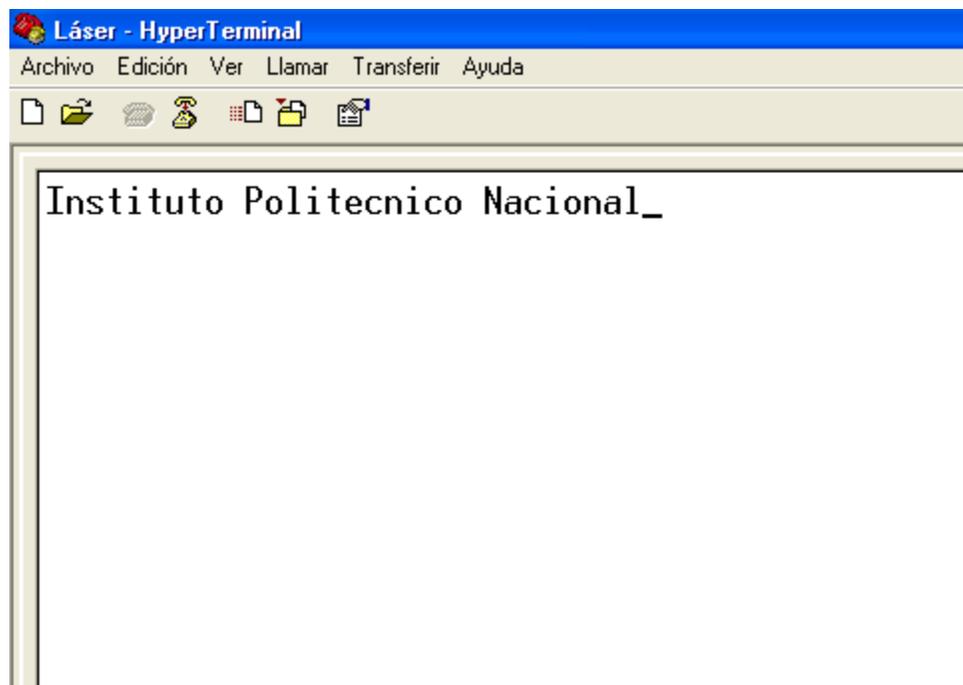
(Figura 3.10F. Dirección de propiedades.)



(Figura 3.10G. Configuración de ANSI.)

6) Repetir la misma operación para abrir una segunda ventana terminal de nombre Puerto 1, con la misma configuración que Puerto 1 en la segunda PC que va a conectar remotamente por FSO.

7) Seleccione la ventana Puerto 1 y teclear 'Instituto Politécnico Nacional' ver figura 3.10H. Si todo el proceso ha sido correcto, aparecerá la palabra en la ventana Puerto 1 de la segunda PC (de igual forma si se teclaea en la ventana Puerto 1 de la segunda PC aparecerá en la ventana Puerto 1 de la primera PC). Si no funciona revisar que:



(Figura 3.10H. Envió de datos entre dos PC's por FSO.)

- La configuración es igual en las dos terminales con la sola diferencia de COM1 y COM2.
- Las terminales están en modo conectado: en la esquina inferior izquierda debe aparecer el mensaje conectado. Si está desconectado seleccione Llamar en el menú superior de la ventana.
- Las conexiones son correctas en el cable RS-232 mediante un multímetro.

3.11. PRUEBAS REALIZADAS.

Después de construir el prototipo para la transmisión de datos se realizaron las siguientes pruebas, las cuales están específicamente enfocadas para conocer la distancia máxima en la cual puede operar sin ningún problema en la transmisión de datos. A continuación en la tabla se muestran las pruebas y los resultados obtenidos con dichas pruebas. Cabe mencionar que las pruebas se realizaron dentro de un salón de cómputo.

Nº de Prueba	Separación (Emisor/Receptor)	Resultados
1	1 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
2	5 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
3	15 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
4	25 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
5	50 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
6	75 cm	Optima Transmisión y Recepción de datos
7	90 cm	Buena Transmisión y Recepción de datos
8	100 cm	Buena Transmisión y Recepción de datos
9	125 cm	Buena Transmisión y Recepción de datos
10	150 cm	Ruido en la Recepción de datos

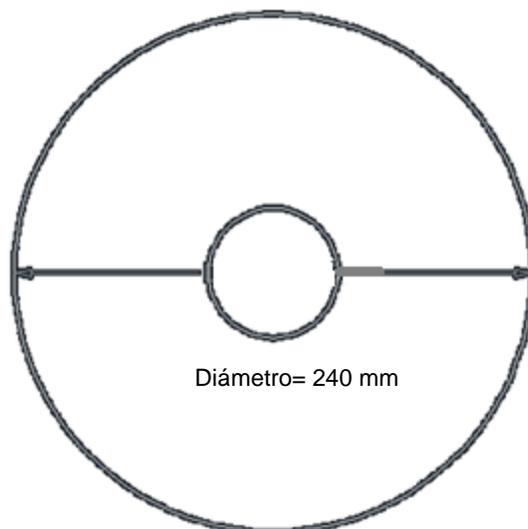
3.12. DESARROLLO DEL TELESCOPIO Y EL LÁSER.

3.12.1. Desarrollo del Espejo Primario.

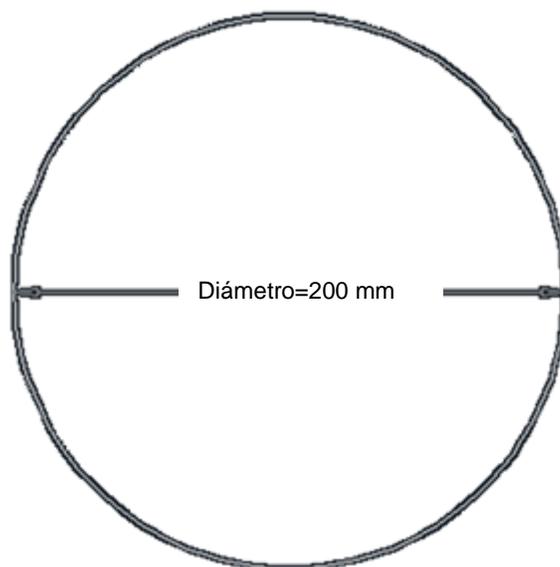
2 discos de madera.

Medidas.

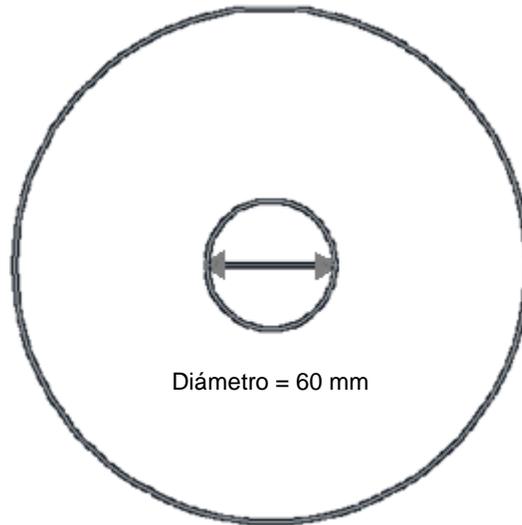
- Diámetro de 240 mm figura 3.12.1.
- Diámetro de 200 mm figura 3.12.2.



(Figura 3.12.1 Disco de madera de 240 mm.)



(Figura 3.12.2 Disco de madera de 200 mm.)



(Figura 3.12.3. Orificio de 60 mm en el disco de madera de 240 mm.)

- Interior del segundo disco un círculo de 60 mm de diámetro como se muestra en la figura 3.12.3.
- El grosor de los dos discos es de 20 mm.
- Tubo de PVC de aproximadamente de 240 mm de diámetro.
- 8 Escuadras con sus respectivos tornillos y tuercas.
- 4 Escuadras con una pestaña más grande que el espejo.
- 3 Tornillos de cabeza plana, 6mm de diámetro y 80mm de largo.
- 3 tuercas de mariposa de 6mm.
- 6 Rondanas.
- 3 Resortes de 30 mm de largo y un diámetro mayor al del tornillo.
- Un rollo de espuma con un ancho de 25 cm y largo de 50 cm.

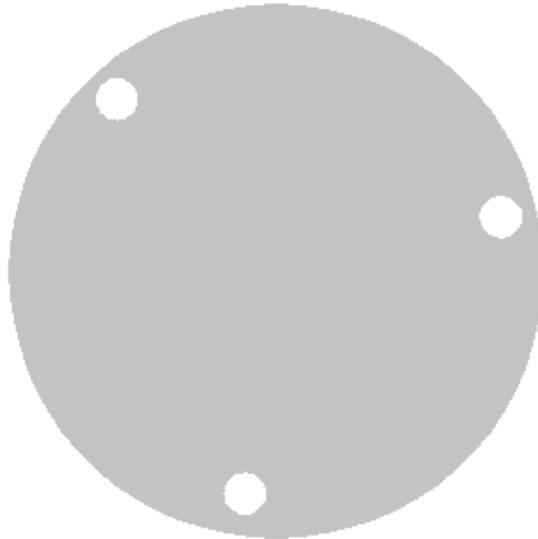
Véase la figura 3.12.4.



(Imagen 3.12.4 Tornillos con rondanas y tuercas mariposa.)

3.12.1.1. Armado del Espejo Primario.

En el disco de madera de 200 mm se hace una marca en el borde de 15 mm. Ahora se necesita hacer dos marcas más a 120° de separación una de la otra, con la misma distancia de 15 mm, como se muestra en la figura 3.12.1.1.



(Figura 3.12.1.1. Disco de madera de 200 mm con tres orificios a 120° .)

Con los Puntos ya marcados se procede a unir los dos discos de madera, como se puede observar el disco de 200 mm está enfrente del de 240 mm, la unión se debe de hacer de tal manera que los centros de los dos discos estén bien alineados. Después de ser alineados los 2 discos se necesitan ser sujetos en 2 puntos, en donde se realizaron las marcas se taladraran para la fijación con los tornillos.

Es importante mencionar que se necesita hacer una marca en los lados de los discos y marcar cual es la cara frontal y posterior de cada uno de ellos para no cometer errores y afecte el montaje del espejo primario. Después de hacer los 3 barrenos separamos los discos de madera para incrementar el diámetro de los barrenos del disco de 240 mm en unos 2 mm.

El siguiente paso es atornillar cada uno de los tornillos hasta el fondo, entrando por el disco más pequeño, antes de pasar al siguiente disco se dispone a introducir las rondanas y los resortes, para posteriormente introducir el resto del tornillo en el disco de madera más grande. El orden quedaría de la siguiente forma.

- 1.- Tornillo.
- 2.- Madera.
- 3.- Rondana.
- 4.- Resorte.
- 5.- Rondana.
- 6.- Madera.
- 7.- Rondana.
- 8.- Tuerca de Mariposa.

El siguiente paso es ajustar las escuadras, en la parte trasera del disco de 240 mm, cada una de las escuadras deberá quedar a una distancia de 120° de la otra, así que se utilizara el mismo procedimiento anteriormente mencionado. Es importante mencionar que las escuadras deberán de estar al ras del disco, puesto que ellas van a estar sujetas al tubo de PVC.

Lo siguiente es cortar un trozo de espuma del diámetro del disco de madera de 200 mm, esto es para que el espejo no tenga ningún contacto con los tornillos y provoque el desgaste del espejo, además el trozo de la espuma aumente la adherencia del espejo primario.

Siguiendo con el espejo primario se necesita fijar y asegurar su inmovilidad. Para esto se necesitan las escuadras que tengan una mayor pestaña que el grosor del espejo.

3.12.2. Espejo secundario.

Dentro del espejo secundario requerimos el siguiente material que es:

Un tubo de PVC o Metacrilato, el cual debe tener un diámetro de 40 mm y un grosor de 5mm y de largo 100 mm. Es importante mencionar que el grosor no puede para que el espejo pueda apoyarse bien. También se necesitan 4 escuadras, las cuales tendrán que ser cortadas de la siguiente manera como muestra en la siguiente figura 3.12.2.



(Imagen 3.12.2. Pijas y base para acoplar segundo espejo.)

También se necesitara un disco de madera con diámetro de 30 mm con un grosor de 8 mm y un tornillo de 6 mm de diámetro y 60 mm de largo con su respectiva turca.

3.12.2.1. Desarrollo de construcción del espejo secundario.

El primer paso es construir la base donde se apoyara el espejo, para eso necesitamos cortar el tubo con un ángulo de 45° y 48 mm de largo, para eso se hace una base con unos cortes de 45° por donde podrá pasar la segueta.

Después se procede a hacer un barreno en el disco de madera de 30 mm de diámetro, por el cual tendrá que pasar el tornillo de 6 mm de diámetro, el cual será atornillado hasta el final.

Como siguiente paso, se necesita cortar un poco de la espuma que tenemos de haberla utilizado en el espejo primario, este trozo de espuma debe de ser de la medida de la base del espejo secundario.

Después de hacer lo anterior se procede a introducir el disco de madera junto con el tornillo por la base del tubo de PVC o Metacrilato, ya cortado previamente con un ángulo de 45° en uno de sus extremos. Se debe cerciorar que la superficie del disco de madera quede al mismo nivel que la superficie del tubo.

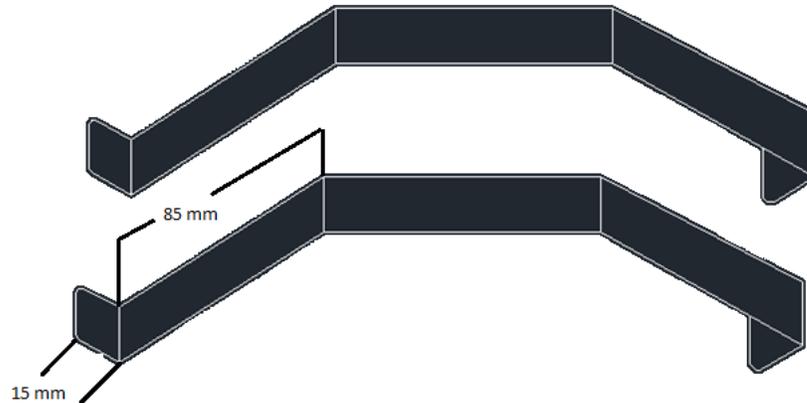
Ahora es necesario hacer orificios en la base del espejo secundario, estos orificios se deben hacer de forma muy cuidadosa. El primer barreno que se va a hacer es el de la parte superior de la base, el cual es el que va a sostener al espejo, como se puede observar en la imagen es difícil hacerlo puesto que debe tener una inclinación de 45° para que no ralle el espejo. A toda escuadra que sirva para detener el espejo y tenga contacto directo con él se deberá utilizar un trozo de esponja para que no ralle el mismo. En el soporte inferior se debe tener cuidado que su superficie debe quedar al mismo nivel a la del tubo.

3.12.3. Montura de la Araña.

La araña es la estructura que sujeta celda secundaria a una cierta distancia del primario. Con el objetivo de reflejar la luz procedente del espejo primario y orientarla a uno 90° hacia el ocular, como se muestra en la figura 3.12.3.1. Se necesita que el espejo secundario este suspendido en el tubo y es en ese instante donde se necesita la araña.

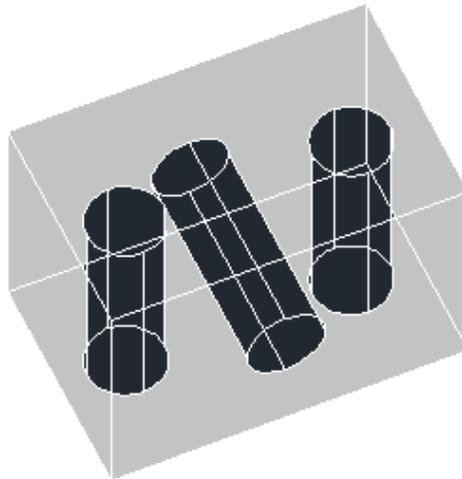
El material que se necesita para la construcción de la araña es:

- tornillos de 50 mm de largo y 5 mm de diámetro, junto con sus tuercas.
- tornillos de 16 mm de largo y 4 mm de diámetro, junto con sus tuercas.
- 2 pieza metálicas (imagen y dimensiones).



(Figura 3.12.3.1 Montura de la araña.)

- 1 cubo de teflón o nylon con las siguientes medidas altura 40 mm, largo 40 mm, y ancho 43 mm. Además se le deben de hacer 3 barrenos como se muestra en la figura 3.12.3.2



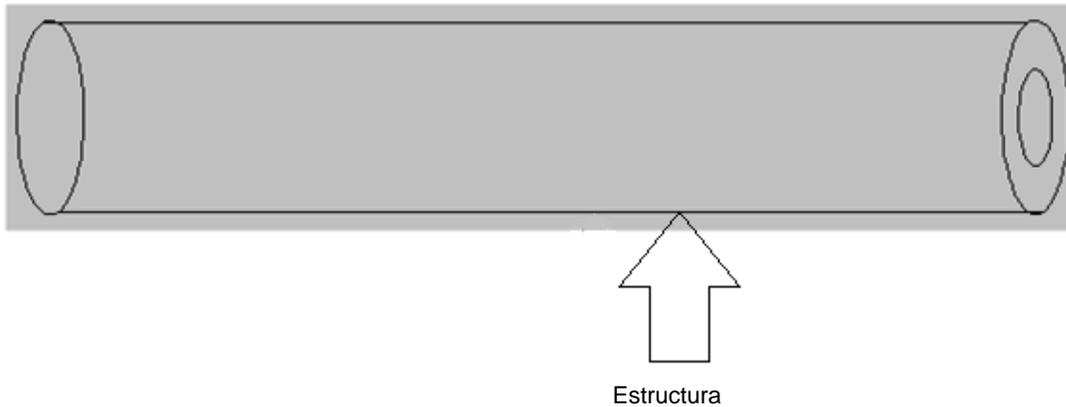
(Figura 3.12.3.2 Diseño de cubo de teflón.)

Enseguida se montan los elementos en el cubo. Después de tener esto acoplado lo siguiente sería montar el espejo secundario sobre la araña. Para esto se necesita pasar el tornillo de 6 mm de la celda del secundario.

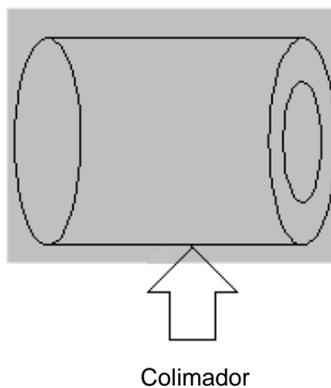
3.12.4. Montaje del Apuntador Láser.

En esta parte se explicara cómo montar un apuntador láser y colimar el haz para aprovecharlo adecuadamente.

La estructura cilíndrica debe de ser de una medida adecuada para que el diodo láser tenga el soporte necesario para que su movimiento sea nulo dentro de la estructura. Los materiales con los cuales puedes ser hecha esta estructura pueden ser de diferentes tipos, como el aluminio, latón, o PVC. En la siguiente figura 3.12.4.1. se muestra la estructura del apuntador láser.

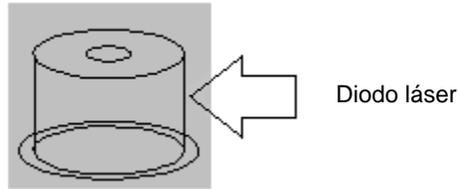


(Figura 3.12.4.1. Estructura del apuntador láser.)



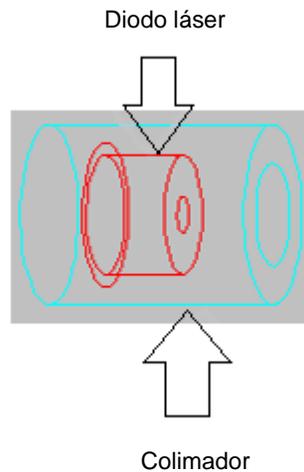
(Figura 3.12.4.2. Colimador del diodo láser.)

En la figura 3.12.4.2. se observa la estructura de un colimador, está hecho de una estructura cilíndrica y dentro de ella, contiene un lente convergente el cual concentra la luz en un solo punto. La estructura del colimador puede estar hecha de diferentes materiales como metal y en ocasiones de plástico.

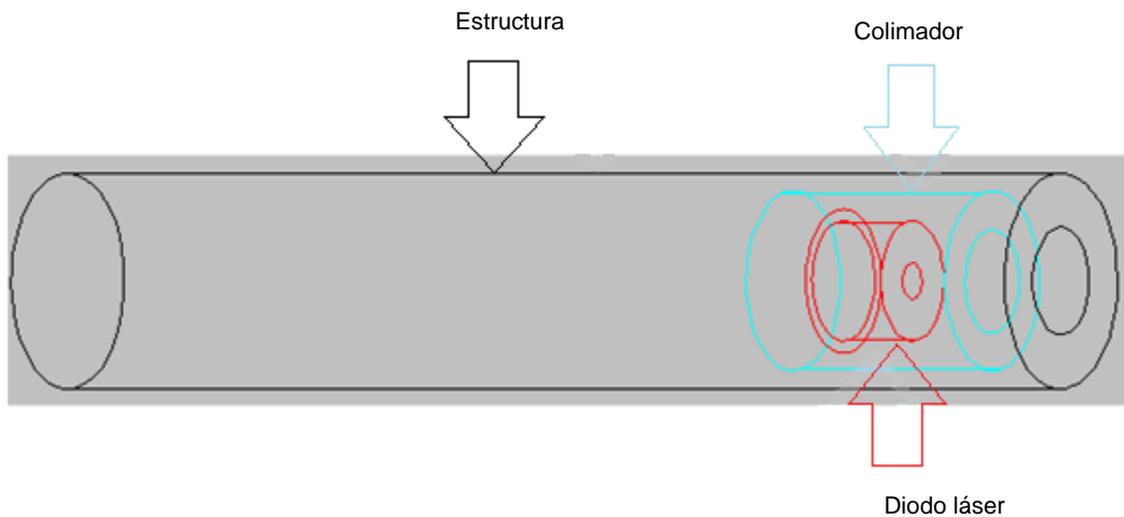


(Figura 3.12.4.3. Dibujo del diodo láser.)

Con respecto al diodo láser se debe acoplar adecuadamente primeramente con el colimador para aprovechar el haz de luz proveniente del diodo, teniendo cuidado en la manipulación del mismo al tratar de acoplarlo. Posteriormente se necesita acoplar el diodo láser y el colimador con la estructura final, para así tener el apuntador láser. En la figura 3.12.4.3. se muestra el diodo láser y en la figura 3.12.4.4. se muestra el diodo láser acoplado con el colimador.



(Figura 3.12.4.4. Diodo láser acoplado con el colimador.)



(Figura 3.12.4.5. Apuntador láser terminado.)

En la figura 3.12.4.5.se muestra el montaje final del diodo láser con el colimador dentro de una estructura cilíndrica. Se debe de tener cuidado al acoplar todos los elementos puesto que cualquier descuido puede dañar el diodo láser.

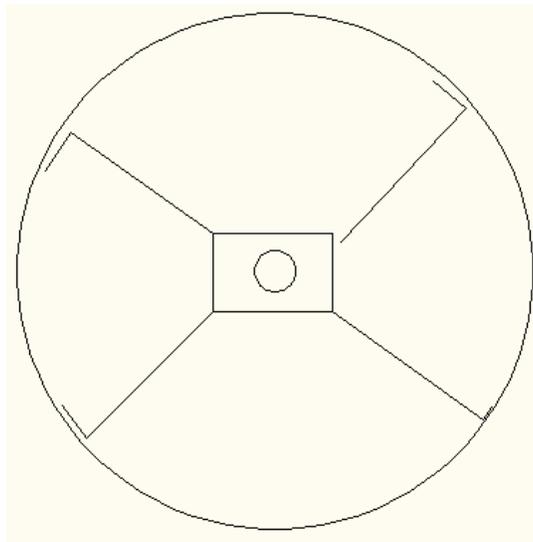
3.12.5. Montaje Final.

Para el montaje final en el tubo de PVC se necesita cortar el tubo de 1.2m.Una vez cortado el tubo se necesita hacer barrenos para la fijación de la celda del primario. Para ello usaremos la celda del primario totalmente montado, salvo el espejo. Para eso se utilizaran tres escuadras, las cuales deben de estar al ras del tubo. Lo siguiente es hacer 3 barrenos al tubo, para ello utilizaremos tornillos de y tuercas de 4 mm de diámetro y colocar la celda primaria.

Ahora se tendría que colocar el ocular, pero aquí es donde se tendrá un pequeño cambio en el cual en vez de poner el ocular se pondrá nuestro láser. En el cual se pondrá una base como en el ocular pero el tamaño del orificio va a ser menor por el diámetro de nuestro láser.

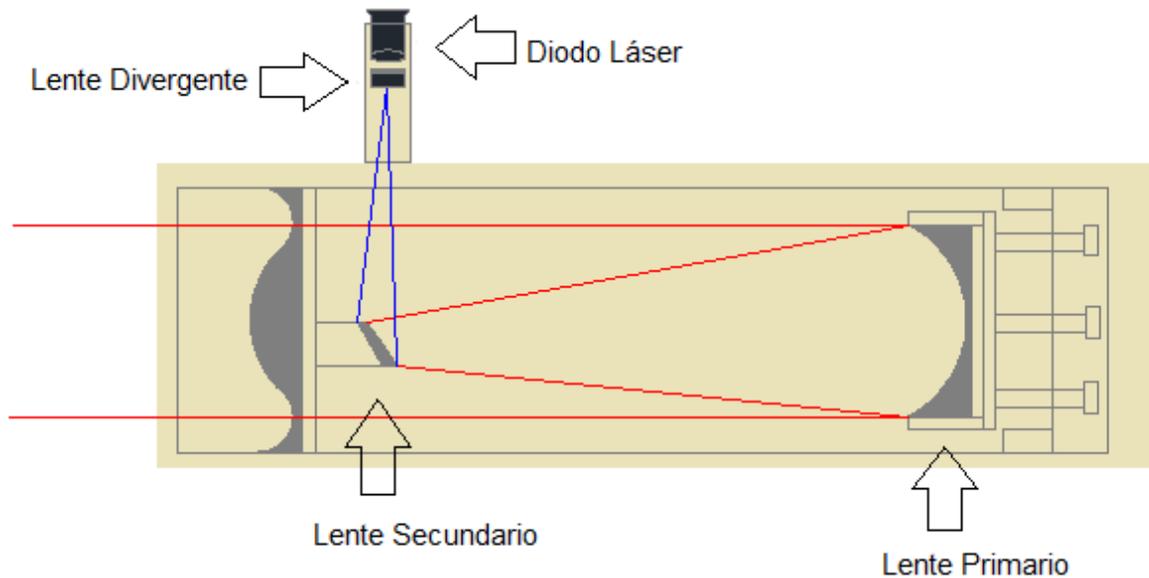
El siguiente paso es poner el espejo secundario junto con la araña en el tubo de PVC, para ello se hará una marca en el tubo y a una pata de la araña y también se marca el orificio de la pata de la araña, enseguida se toma la medida del punto marcado hasta el borde del tubo. Con esa media se hace el punto en la parte exterior del tubo y se procede a hacer el barreno. Después de hacer el barreno se introduce el tornillo de 4 mm de las escuadras.

Después se repite el mismo procedimiento para las siguientes patas de la araña, teniendo cuidado de no dañar el espejo secundario, es necesario hacer estos paso son mucho cuidado, de esta forma es seguro realizarlos. En la figura 3.12.5.1.se muestra un el montaje de la araña y el tubo.



(Figura 3.12.5.1. Esquema del montaje de la araña en el tubo de 1.2 m, vista de la parte de atrás de la araña.)

El último paso que faltaría es comprobar que está bien centrada la imagen en el caso de no serlo así es necesario modificar la postura del espejo primario, esto se realiza moviendo los tornillos del espejo secundario. En la figura 3.12.5.2. se muestra el telescopio terminado con el láser.



(Figura 3.12.5.2. Esquema del montaje final del telescopio y el láser.)

3.13. PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS.

3.13.1. Comunicación través de la atmósfera.

El proceso de transmisión de un haz de señales láser de un punto a otro punto sobre un enlace terrestre, podría ser normalmente de 4 km de largo y 20 metros sobre el suelo, se encuentran con una serie de componentes de la pérdida de señal. Estas incluyen la absorción y dispersión de las moléculas en el aire y los aerosoles y la distorsión del frente de onda debido a la turbulencia atmosférica resultante de la variación del índice de refracción a lo largo de la trayectoria del haz.

A pesar de una longitud de 4 km es elegido como un ejemplo típico, hay grandes distancias de enlace entre el transmisor y el receptor láser.

Al pasar de un punto a otro punto terrestre, a través de la atmósfera, hay una pérdida de la difracción de propagación debido a la óptica y el alcance para el punto receptor, la dispersión de la llegada. Esto es así porque el haz atraviesa una cierta distancia sin que participen elementos para prolongar el rayo láser, lo cual da como resultado la necesidad de utilizar el telescopio de Newton.

3.13.2. Absorción y dispersión en la atmósfera.

La dispersión molecular y constante de absorción y la dispersión de aerosoles y constante de absorción puede ser añadida para producir la atenuación básica constante, γ , por la longitud de onda del haz que se propaga a través de la atmósfera.

La atenuación se expresa a través de la Ley de Beer-Lambert Ec. 3.13.2. relaciona la intensidad de luz entrante en un medio con la intensidad saliente después de que en dicho medio se produzca absorción. La relación entre ambas intensidades puede expresarse a través de la siguiente relación:

$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha \ell c} = e^{-A}$$

Ec. (3.13.2.)

Dónde:

I_1, I_0 = son las intensidades saliente y entrante respectivamente.

$A = \alpha \ell c$, es la absorbencia, que puede calcularse véase las ecuaciones Ec. 3.13.2.1. Ec. 3.13.2.2.

$$A = -\ln \frac{I_1}{I_0}$$

Ec. (3.13.2.1.)

ℓ = Es la longitud atravesada por la luz en el medio,

c = Es la concentración del absorbente en el medio.

$$\alpha = \frac{4\pi k_\lambda}{\lambda}$$

Ec. (3.13.2.2.) es el coeficiente de absorción:

λ = es la longitud de onda de la luz absorbida.

k_λ = es el coeficiente de extinción.

Coeficiente de extinción puede referirse a distintas magnitudes relacionadas con la absorción de luz en un medio material

3.14. COSTOS.

Utilizamos este material por la razón económica donde encontramos diferencias de precios en su valor nominal. Realizamos cotizaciones sobre el diodo láser donde era el principal material a utilizar, a continuación lista de precios de material en el mercado mexicano.

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Total
MAX232	2 pza.	\$ 30	\$ 60
Fototransistor de 5mm	2 pza.	\$ 7	\$ 14
SN7414	2 pza.	\$ 10	\$ 20
DM7405	2 pza.	\$ 10	\$ 20
Transistor TIP-32	4 pza.	\$ 10	\$ 40
Diodo láser	2 pza.	\$ 450	\$ 900
Items	1 pza.	\$ 300	\$ 300
Jack DB9 conector de 3 m	2 pza.	\$ 77	\$ 154
Espejo primario y secundario	2 pza.	\$ 3,402	\$ 6,804
Chasis(estructura)	2 pza.	\$ 540	\$ 1,080
Chasis láser	2 pza.	\$ 652	\$ 1,304
Total			\$ 10,696
Diciembre 2011			

CAPÍTULO

4

CONCLUSIONES

Se desarrolló un controlador para el funcionamiento del láser, así como la colimación del mismo, obteniendo el equipo para la comunicación en espacios abiertos utilizando tecnología láser. Así como también se cumplió con el objetivo de transmitir datos en espacios abiertos utilizando tecnología láser.

Dentro del circuito de emisor y receptor, el costo del material de estos 2 circuitos es muy elevado y difícil de obtener lo cual se define en la parte teórica pero una vez adquiriendo estos elementos o material de trabajo se podría implementar lo desarrollado teóricamente de este trabajo para implementarlo como base fundamental para la comunicación por medio de láser.

El uso de la óptica es muy importante en todo el proyecto desde la colimación del láser hasta el telescopio por eso es necesario tener cuidado con los lentes y los espejos, porque hay muchos de baja calidad por lo cual son de menor costo, por eso es necesario comprar lentes o espejos de buena calidad.

Después de haber realizado las pruebas y obtenido los resultados mencionados anteriormente concluimos que la comunicación fue exitosa utilizando un prototipo del canal de transmisión de datos. El canal de transmisión de datos, puede alcanzar largas distancias entre el emisor y el receptor sin obstrucciones de comunicación, ni la pérdida de datos, distancias que pueden superar los 4 km de distancia.

Para la construcción del telescopio fueron planteados materiales caseros puesto son los que se tienen a la mano si elevar el en demasía el costo de la tecnología. Industrialmente estos materiales y construcción bizarra se omitirían y remplazara por materiales que cuenten con protección ambiental y demás normas que se necesiten según sea la ubicación en donde se aplique esta tecnología.

Los obstáculos que se tienen al realizar el telescopio y la adaptación del láser son sencillas si se cuenta con los instrumentos adecuados para realizar el montaje, puesto que esto se debe de hacer de manera muy exacta para que no se tengan perdidas ni malas calibraciones y por todo esto una comunicación de mala calidad.

Del mismo modo se debe tener precauciones en la manipulación del diodo láser porque es muy sensible al calor directo en sus terminales, también es sensible a cambios altos de corriente y a descuidos en su montaje. También los lentes que se utilizan en la colimación se debe tener cuidado en su manipulación, para no poner los dedos en las caras por donde va a pasar el haz de luz, puesto que son difíciles de limpiarlos y dependiendo de la calidad imposibles.

En la parte desarrollo de la comunicación se requiere tener conocimiento de comunicación así como el área de electrónica ya que ello es fundamental para la transmisión de datos, se requiere tener un cuidado para el desarrollo del controlador del diodo laser ya que puede quedar inservible si no tiene el cuidado con la corriente que circula en el diodo, así como también el buen manejo de software que serán de gran ayuda para simular los circuitos electrónico tanto para el diseño de circuito impreso, también se contó con una gran ventaja de utilizar materiales que son de fácil acceso en el mercado de electrónica esto dará una gran ayuda a realizar un sistema de comunicación sin necesidad de regir una norma que tenga licencia, servirá de gran aportación para instituciones que gusten en restringir su cobertura de comunicación que es muy utilizado en la industria militar. Con la gran aportación de la física óptica, áreas como electrónica, comunicaciones, informática, se puede obtener un sistema de comunicación fiable, eficaz, seguro, con gran capacidad de transición de información a diferencias de otros sistemas de comunicación convencional, se romperá el esquema de tecnologías que son costosas, requieren licencias y complejas para su instalación.

El prototipo si se sigue desarrollando la investigación se podrá obtener mejores resultados, en el aspecto de variables que se esperan mejorar que es la distancia, la velocidad y cantidad de datos y que sea multi-lineas de comunicación en un solo haz de rayo laser, sin duda podrá dar una revolución en las comunicaciones y sobrepasar los equipos ya existentes que utilicen FSO en el caso de sistema de comunicación por láser. El proyecto fue dirigido a la industria, es por motivo que aun en la actualidad se transmiten datos por puerto RS232, también tiene la modalidad de cambiar su puerto de RS232 a USB con la excepción de colocar un convertidor de puerto RS232 a puerto USB con el objetivo de no contar con la conexión RS232 del equipo al que se va a comunicar. Es importante mencionar que la empresa Canon que desde año 1993 genera equipos de transmisión de datos por láser FSO, la firma Canon tiene especificaciones técnicas de puertos de transmisión de RS232 y RJ-45, se aclara que la empresa tiene dirigido sus equipos a la industria de video y audio en circuitos cerrados de vigilancia con un máximo de 2 km. Dando mayor importancia a esa poca explotación de las tecnologías FSO, remarcando que el prototipo propuesto en esta tesis se estima que tenga mayor impacto en una revolucionaria forma económica de transmisión de datos seguros, con mayor velocidad y capacidad de datos utilizados en la industria.

Por último y por eso no menos importante, este trabajo es base para un futuro seguimiento de sistema de comunicación para procesos de control. Este sistema de comunicación abre el mercado nacional para el desarrollo e innovación de tecnologías en espacios abiertos.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

[1] Arun, K. Majumdar; Jennifer, C. Ricklin. "Free-Space Láser Communications". Springer (Edit.)

[2] Aquilino, Rodríguez, Penin. "Sistemas SCADA". Alfa omega grupo editorial (Edit.)

[3] David, G. Aviv. "Laser Space Communication" (Comunicación espacial láser.). Artech, House (Edit.)

[4] José de la Herrán. "Construya Su Telescopio". UNAM (Edit.)

[5] Juan, Tur, Terrasa. Ma. Rosario, Martínez, Jiménez. "Tecnología y Práctica del láser". Marcombo (Edit.)

[6] Leonberger. "Revealing the small range of radio-microwave frequencies". Phys. Educ (Edit.)

[7] Roldán, Martínez, David. "Comunicación Inalámbricas". Microinformática (Edit.)

[8] Samuel, L. Marshall. "Láser: Tecnología y aplicaciones". Reverte (Edit.)

PAGINAS WEB:

[9] http://www.sprl.upv.es/IOP_RF_01%28a%29.htm#p4v (Consultada Abril 20-2011)

[10] http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/105/htm/sec_7.htm (Consulta Abril 20-2011)

[11] <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Diodo-Laser.php> (Consulta Abril 23 Septiembre)

[12] Redes WAN Página <http://www.monografias.com/trabajos5/redwan/redwan.shtml#tipos> (Consulta 17 Mayo-2011)

[13] <http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm> (Consulta 15 Septiembre 2011)

ANEXOS

A-B

A.1. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL LÁSER.

A.1.1. Clases de Láser y Normas.

La clase de un láser es un indicador directo del grado de peligrosidad que supone la utilización de un dispositivo de estas características.

Los tres factores que principalmente definen la clase de un láser son:

- Longitud de onda.
- Duración / tiempo de exposición.
- Potencia / energía del haz.

1) Hasta la aparición de la norma UNE EN 60825-1/A2, las clases de láser eran cinco, a saber: Clase 1; Clase 2; Clase 3a; Clase 3b; Clase 4. Actualmente ya no se sigue dicha clasificación.

2) Tras la aparición de la norma UNE EN 60825-1/A2, las nuevas clases son (7), esto es: Clase 1; Clase 1m; Clase 2; Clase 2m; Clase 3r; Clase 3b; Clase 4.

A continuación resumen de la norma UNE EN 60825-1/A2.

Por el contrario, la clase 3a desaparece con esta norma (excepto en los equipos antiguos, claro está). Esta es una tabla resumen con las nuevas clases tabla A.1.1.

CLASE 1	Productos láser que son seguros en todas las condiciones de utilización razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos en visión directa.
CLASE 1M	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda (λ) entre 302.5 y 4000 nm son seguros en condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se emplean instrumentos ópticos para visión directa.
CLASE 2	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda comprendiendo entre 400 y 700 nm. La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
CLASE 2M	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, incluido el reflejo parpebral, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos.
CLASE 3R	Láseres que emiten entre 302.5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que para los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B
CLASE 3B	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa. La visión de reflexiones difusas es normalmente segura.
CLASE 4	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. Pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa extrema precaución.

(Tabla A.1.1. Tipos de clases de láser.)

NOTA: Es imprescindible conocer la clase de un láser antes de comenzar a trabajar con el mismo.

Si no se conoce (de una manera fiable: etiquetado, manual de instrucciones) la clase de un equipo láser, NO trabaje con él: póngalo fuera de servicio con el fin de que otras personas no puedan acceder al mismo.

A.1.2. Clase de un sistema láser.

La clase de un sistema láser debe figurar en:

Una etiqueta / señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo, con las frases de advertencia para que el usuario conozca a que riesgo está expuesto.

El manual de instrucciones / operaciones del dispositivo láser.

A.2. RIESGOS DERIVABLES DE LA UTILIZACIÓN DE LAS DIFERENTES “CLASES” DE SISTEMAS LÁSER.

A.2.1. Riesgos derivables, para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos:

Como lo indica la tabla A.2.1.

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	RIESGOS DERIVABLES
Clase 1 (tratar como Clase 1 de UNE EN 60825-1/A2)	No suponen daño alguno.
Clase 2 (tratar como Clase 2M de UNE EN 60825-1/A2)	Pueden causar daños oculares por observación directa del haz durante períodos superiores a 0.25 seg. Podría resultar en un daño crónico para exposiciones iguales o superiores a 1.000 seg. (Unos 15 minutos).
Clase 3 A (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2) EXTREMAR PRECAUCIÓN	Pueden causar daños oculares (concretamente, en la retina), siendo crónicos en caso de exposiciones iguales o superiores a 0.25 seg. EXTREMAR PRECAUCIÓN
Clase 3B (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2) EXTREMAR PRECAUCIÓN.	Pueden causar daños oculares agudos o crónicos si se entra en contacto directo con el haz láser. EXTREMAR PRECAUCIÓN.
Clase 4 (tratar como Clase 4 de UNE EN 60825-1/A2) EXTREMAR PRECAUCIÓN.	Pueden causar daños oculares o cutáneos agudos si se entra en contacto directo, indirecto, o por reflexión, con el haz láser. Pueden originar incendios. EXTREMAR PRECAUCIÓN.

(Tabla A.2.1. Tabla de Riesgos derivables de los tipos de clases del láser.)

A.2.2. Riesgos derivables, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2).

Véase tabla A.2.2.

"CLASE" DE SISTEMA LÁSER	RIESGOS DERIVABLES
Clase 1	No generan riesgos si se usan con normalidad. No es previsible que causen daño ocular aunque el operador emplease algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 1M	No generan riesgos si se usan con normalidad, pero podrían causar daño ocular si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 2	Podría causar daños oculares. A priori los mecanismos de aversión como el <i>reflejo parpebral*</i> son suficientes (normalmente) como protección. El riesgo de padecer daño ocular aumenta si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 2M	Puede causar daños oculares. El riesgo de padecer daño ocular aumenta muy notablemente si el operador emplea algún tipo de instrumento óptico (por ejemplo: lente de aumento) de visión directa.
Clase 3R EXTREMAR PRECAUCIÓN.	La visión directa del haz es potencialmente peligrosa, aunque en menor medida que láser 3B. Pueden causar daños oculares agudos y crónicos. EXTREMAR PRECAUCIÓN.
Clase 3B EXTREMAR PRECAUCIÓN.	La visión directa del haz es siempre peligrosa. La visión de reflexiones difusas podría según casos, se peligrosa también. Pueden causar daños oculares agudos y crónicos. EXTREMAR PRECAUCIÓN.
Clase 4 EXTREMAR PRECAUCIÓN.	Pueden causar daños oculares y cutáneos agudos o crónicos si se entra en contacto directo, indirecto, o por reflexión, con el haz láser. También pueden originar incendios. EXTREMAR PRECAUCIÓN.

(Tabla A.2.2. Tabla de Riesgos derivables de los tipos de clase del láser.)

Reflejo palpebral: acto reflejo (valga la redundancia) consistente en el cierre rápido de los párpados cuando se produce un súbito destello, iluminación, o ruido intenso.

A.3. MEDIDAS DE CONTROL RECOMENDADAS EN FUNCIÓN DE LAS DIFERENTES “CLASES” DE SISTEMAS LÁSER.

A.3.1. Medidas de control para equipos láser adquiridos o diseñados en su momento atendiendo a criterios de clasificación ya obsoletos.

Véase tabla A.3.1.

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	MEDIDA DE CONTROL
Clase 1 (tratar como Clase 1 de UNE EN 60825-1/A2)	Señalización Información y formación del personal involucrado o expuesto
Clase 2 (tratar como Clase 2M de UNE EN 60825-1/A2)	Igual que Clase 1, y además: Ingeniería Equipos de Protección Individual. Medidas de Control: cálculo y marcado de la DNRO
Clase 3 A (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2)	Igual que Clase 2, y además: Ingeniería Controles administrativos
Clase 3 B (tratar como Clase 3B de UNE EN 60825-1/A2)	Igual que Clase 2, y además: Ingeniería Controles administrativos
Clase 4 (tratar como Clase 4 de UNE EN 60825-1/A2)	Igual que Clase 2, y además: Ingeniería Controles administrativos

(Tabla A.3.1. Tabla de Medidas de control.)

A.3.2. Medidas de control, atendiendo a criterios de la vigente clasificación (UNE EN 60825-1/A2):

Véase tabla A.3.2.

“CLASE” DE SISTEMA LÁSER	MEDIDA DE CONTROL
Clase 1	Señalización Información y formación del personal involucrado o expuesto.
Clase 1M	Señalización Información y formación del personal involucrado o expuesto.
Clase 2	Igual que Clase 1, y además: Ingeniería Equipos de Protección Individual.
Clase 2M	Igual que Clase 1, y además: Ingeniería Equipos de Protección Individual. Medidas de Control: cálculo y marcado de la DNRO
Clase 3R	Igual que Clase 2M, y además: Ingeniería Controles administrativos.
Clase 3B	Igual que Clase 2M, y además: Ingeniería Controles administrativos.
Clase 4	Igual que Clase 2M, y además: Ingeniería Controles administrativos.

(Tabla A.3.2. Tabla de Medidas de Control.)

A.3.3. SEÑALIZACIÓN.

La señalización debe estar como mínimo redactada en castellano, y complementariamente, en inglés.

La señalización relativa a un dispositivo láser, comprende:

Una etiqueta (colocación obligatoria), denominada “etiqueta de advertencia” (en realidad se trata de un pictograma), tal como lo indica la siguiente Figura A.3.3.1.



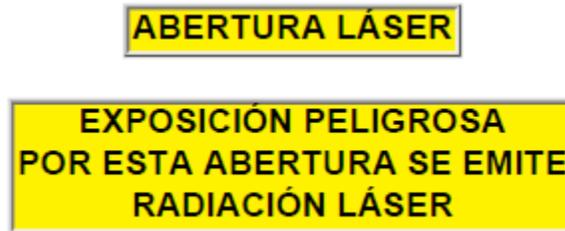
(Figura A.3.3.1. Señalización de láser.)

Una etiqueta / señal, claramente visible y colocada en el mismo dispositivo láser, con las frases de advertencia para que el usuario conozca a que riesgo está expuesto. Esta etiqueta actualmente es obligatoria para todos los láseres Clase 2, 2M, 3R, 3B y 4. Este tipo de etiqueta se denomina “etiqueta explicativa”. Son las siguientes como lo indica la tabla A.3.3.2.

<p>PRODUCTO LÁSER CLASE 1</p> <p>RADIACIÓN LÁSER NO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS ÓPTICOS PRODUCTO LÁSER CLASE 1M</p>	<p>RADIACIÓN LÁSER NO MIRAR DIRECTAMENTE AL HAZ PRODUCTO LÁSER CLASE 2</p> <p>RADIACIÓN LÁSER NO MIRE DIRECTAMENTE AL HAZ NI LO MIRE DIRECTAMENTE CON INSTRUMENTOS ÓPTICOS PRODUCTO LÁSER CLASE 2M</p>
<p>RADIACIÓN LÁSER EVITE EXPOSICIÓN AL HAZ PRODUCTO LÁSER CLASE 3R</p> <p>RADIACIÓN LÁSER EVITE LA EXPOSICIÓN DIRECTA DEL OJO PRODUCTO LÁSER CLASE 3R</p>	<p>RADIACIÓN LÁSER LA EXPOSICIÓN AL HAZ ES PELIGROSA PRODUCTO LÁSER CLASE 3B</p> <p>RADIACIÓN LÁSER LA EXPOSICIÓN DE LOS OJOS O LA PIEL A LA RADIACIÓN DIRECTA O DIFUSA DEL HAZ ES PELIGROSA PRODUCTO LÁSER CLASE 4</p>

(Tabla A.3.3.2. Tabla de Etiquetas.)

Etiquetas de “abertura”: que deberá llevar todo equipo láser de la categoría 3R, 3B, 4. Estas etiquetas estarán emplazadas cerca de la abertura del equipo por la que se emite la radiación. Se emplazarán siempre que la radiación saliente supere el Límite de Emisión Accesible (LEA) al estipulado para Clase 1 o Clase 2. ejemplo figura A.3.3.3.



(Figura A.3.3.3. Etiqueta de exposición de láser.)

Etiquetas de “panel”: son un tipo de etiqueta que todo dispositivo láser cuyo valor Límite de Emisión Accesible (LEA) sea superior al estipulado para Clase 1 debe llevar en caso de que el equipo disponga de panel de acceso o cubierta protectora que en caso de ser retirada exponga al operador a radiación láser. Un ejemplo de etiqueta de panel para un láser 3R: véase figura A.3.3.4.

**PRECAUCIÓN - RADIACIÓN LÁSER
DE CLASE 3R PRESENTE AL ABRIR
EVITE LA EXPOSICIÓN AL HAZ**

(Figura A.3.3.4. Etiqueta de precaución de láser.)

Toda puerta de acceso a locales donde se albergue dispositivos láser de CLASE 3A (obsoleta); 3R; 3B; y 4, deben ser señalizadas con el pictograma de peligro correspondiente, incluyendo además la CLASE del láser, la longitud de onda, y la potencia del mismo. Cuando un local albergue más de un láser de diferentes CLASES de las especificadas, se incluirá los datos de todos ellos.

Para locales en los que haya emplazados estos láseres, es necesario también colocar la señalización de "ACCESO RESTRINGIDO EXCLUSIVAMENTE A PERSONAL AUTORIZADO".

Señal ética propuesta:

Por ejemplo: para un láser Clase 2 de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia): véase figura A.3.3.5.



(Figura A.3.3.5. Etiqueta de precaución de láser clase 2.)

Por ejemplo: para un láser Clase 3R de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia): véase figura A.3.3.6.



(Figura A.3.3.6. Etiqueta de precaución de láser clase 3R HeNe.)

Por ejemplo: para un láser Clase 3R de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia): véase figura A.3.3.7.



(Figura A.3.3.7. Etiqueta de precaución de láser clase 3R Nd-YAG.)

Por ejemplo: para un láser Clase 3B de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia): véase figura A.3.3.8.



(Figura A.3.3.8. Etiqueta de precaución de láser clase 3B.)

Por ejemplo: para un láser Clase 4 de un tipo concreto (faltaría especificar la potencia): véase figura A.3.3.9.



(Figura A.3.3.9. Etiqueta de precaución de láser clase 4.)

Y la señal referida a la prohibición de acceso a los lugares de emplazamiento de estos láseres, puede verse más abajo, como "Señalización Preceptiva para los lugares de trabajo".

B.1. EL TELESCOPIO

Es un instrumento que sirve para captar luz de objetos que se encuentran en el infinito, al recibir la luz la concentra, como la imagen que forma esa luz, es muy pequeña, recurrimos a un sistema de lentes (ocular), para que la misma se amplíe, de esta forma, nos muestre la imagen de buen tamaño.

La idea principal en un telescopio astronómico es la captación de la mayor cantidad de luz posible, necesaria para poder observar objetos de bajo brillo.

Tipos de telescopios.

Existen dos tipos de telescopios: los refractores cuya óptica está basada en el empleo de lentes y los reflectores basados en espejos.

Telescopio reflector.

Un reflector o telescopio reflector utiliza un arreglo de uno o más espejos curvos para recoger la luz y regresar a lo largo de un camino óptico de un punto de enfoque. El elemento más crítico de este tipo de telescopio es la fuente de luz importante reunión el espejo primario. La luz incide sobre la superficie parabólica, reflejo de la primaria y vuelve a un punto de enfoque llamado plano focal.

Debido a que cada esférica o parabólica en forma de espejo primario es ligeramente diferente, la distancia que la luz tiene que viajar para conseguir un enfoque que se llama la distancia focal. En su punto de enfoque, la imagen (en un telescopio reflector simple) se recoge en una superficie de espejo llamado secundario.

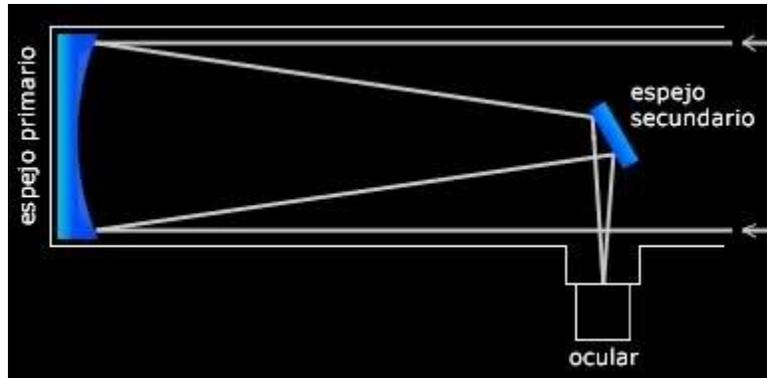
El espejo secundario se apunta hacia el espectador, que utiliza una serie de lentes llamado ocular para ampliar la imagen y enviarla a la vista.

Ventajas del telescopio reflector:

- ✓ Bajo costo de fabricación y gran versatilidad.
- ✓ Existen dentro de los reflectores varios diseños de telescopios.
- ✓ Los más conocidos y populares entre los aficionados son el reflector Newtoniano y el reflector Schmidt-Cassegrain.

El modelo Newtoniano.

La luz golpea un espejo parabólico y se refleja hacia atrás hacia un pequeño espejo plano inclinado a un ángulo de 45° , el cual dirige los rayos de luz hacia el techo del tubo, donde se forma una imagen que es amplificada por el ocular. Con los grandes reflectores modernos, el Newtoniano es seguido raramente, y el observador puede sentarse en una jaula dentro del tubo, para que la imagen se forme en el foco principal. véase la figura B.1.

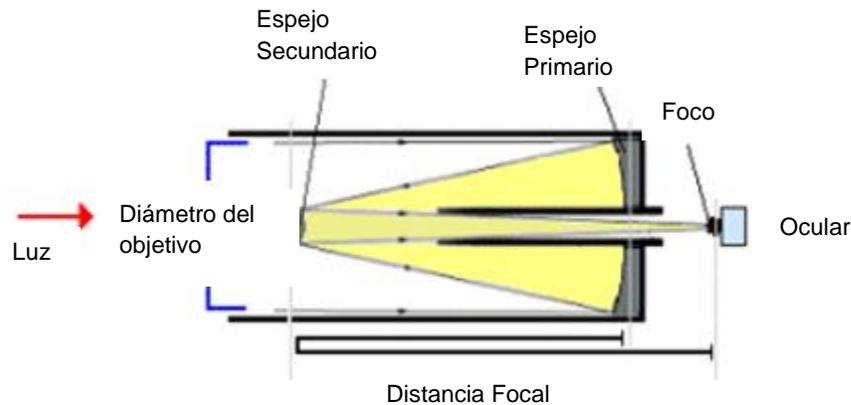


(Figura B.1. Telescopio de Newton.)

En un telescopio del tipo de Newton, la distancia focal es, aproximadamente, la longitud del tubo.

El modelo Cassegrain.

Tiene colocado en el fondo del tubo un espejo cóncavo parabólico que está agujereado en su parte central. Los rayos luminosos que refleja inciden sobre un espejo convexo, el cual los refleja a su vez, atravesando la abertura del espejo principal y formando la imagen en el foco, situado detrás de él. véase figura B.2.



(Figura B.2. Telescopio de Cassegrain.)

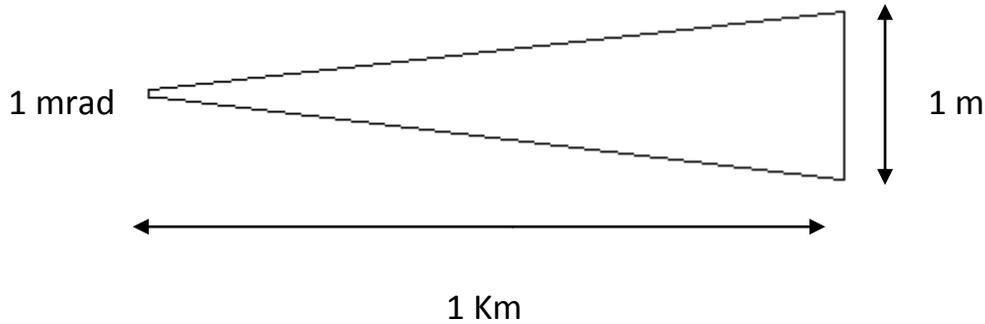
Con respecto a la ecuación y el problema de la divergencia se opta por tener un diámetro más grande guardando las proporciones y esto hace que la divergencia sea menor puesto que la longitud de onda es la misma.

Basándonos en nuestras necesidades y problemas que se tenían se optó por utilizar la configuración del telescopio de Newton.

B2. DIVERGENCIA.

Ya que teniendo la colimación del láser, transmitirla a cierta distancia el tamaño del punto de llegada puede variar, eso depende de la distancia, a continuación se muestra una relación en mili radianes (láser colimado) y en metros (punto de llegada).

$$\text{Angulos pequeños (mili radianes)} * \text{Distancia (Km)} = \text{Tamaño del punto de llegada}$$



Divergencia	Distancia	Diámetro del punto
0.5 mrad	1.0 km	~ 0.5 m
2.0 mrad	1.0 km	~ 2.0 m
4.0 mrad	1 km	~ 4.0 m

Por esta razón se utilizara el telescopio, para que a grandes distancias, el fenómeno de la divergencia sea mínimo y se pueda hacer una buena comunicación.