

300617

30
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada al a U. N. A. M.

**"LA RADIACION INFRARROJA Y SU APLICACION EN LOS
SISTEMAS DE DETECCION: UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
DE UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCION,
INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE ALARMAS"**

TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Presenta:

Miguel Angel Freyermuth Serrano

DIRECTOR DE TESIS: ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

| | <u>Pag.</u> |
|---------------------------------------------|-------------|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I ANTECEDENTES | 4 |
| 1.1 Desarrollo de los Sistemas Sensores | 4 |
| 1.2 Sistemas Infrarrojos | 13 |
| 1.3 Frecuencias de Trabajo | 18 |
| 1.4 Transductores de Infrarrojo | 19 |
| 1.5 Aplicaciones | 39 |
| CAPITULO II DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO | 42 |
| 2.1 Requisitos de Operación | 42 |
| 2.2 Confiabilidad | 51 |
| 2.3 Diagrama del Prototipo | 54 |
| CAPITULO III PRUEBAS Y EVALUACION | 63 |
| 3.1 Medición de Parámetros del Detector | 65 |
| 3.2 Simulación de Falsas Alarmas | 71 |
| 3.3 Medición de Características Finales | 79 |
| CAPITULO IV ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | 88 |
| 4.1 Mercado | 97 |
| 4.1.1 Demanda | 97 |
| 4.1.2 Oferta | 99 |
| 4.2 Localización | 100 |
| 4.3 Aspectos Técnicos | 101 |
| 4.4 Análisis Financiero | 104 |
| CONCLUSIONES | 105 |
| BIBLIOGRAFIA | 110 |

I N T R O D U C C I O N

Una de las áreas más descuidadas en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica, así como en la Industrial es la relacionada con los sistemas de seguridad patrimonial, éste es, el sistema de alarmas, ya sea contra robo o de resguardo a zonas de unidad industrial.

Sin embargo, las alarmas o los sistemas no sólo tienen aplicación en la industria, sino aún en el hogar y en vehículos.

En términos generales las alarmas electrónicas tienen múltiples aplicaciones. Pueden diseñarse para ser activadas por contacto físico o proximidad de un cuerpo, por variaciones del nivel de luz o calor, o por tensión, intensidad, resistencia o cualquier otra magnitud eléctrica.

Se pueden proyectar para que den salidas audibles potentes, como en el caso de las alarmas antirrobo, o salidas invisibles de bajo nivel, como en el caso de las alarmas para instrumentación.

En este trabajo, el autor presenta un acucioso estudio sobre los sistemas de alarma a base de rayos infrarrojos.

En México, probablemente sea el primer estudio que se realiza en el sistema de educación superior; los resultados de la investigación efectuada en obras de consulta y en el acervo de tesis sobre Ingeniería en sus diferentes ramas, Física (óptica) y en Ciencias, son la base para la afirmación.

Hasta la fecha (1991), ningún investigador nacional ha realizado trabajos de investigación o elaborado obras, informes o artículos sobre los rayos infrarrojos.

De esta manera, esta obra viene a llenar un vacío que en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica se había dejado.

En el capítulo primero se presenta un estudio sobre los rayos infrarrojos, los sistemas de rayos infrarrojos y esencialmente el trabajo de los sensores y su desarrollo.

El capítulo segundo es utilizado para formular un diseño de circuito electrónico y sus principales características, producto de las investigaciones efectuadas por el autor en su desarrollo profesional.

En el tercer capítulo se realiza una exposición de los resultados de evaluación del sistema y su confiabilidad.

Obviamente ningún caso tendría el diseño de un sistema de alarma sin un estudio de prefactibilidad que permita ver la viabilidad de producir en serie el prototipo propuesto y en última instancia la creación de una empresa dedicada a la fabricación, instalación y mantenimiento del sistema, por lo cual el capítulo cuarto se conforma por el citado proyecto de inversión.

Es conveniente anticipar que el proyecto de un dispositivo de este tipo, aparentemente sencillo requiere de muchos estudios para su realización, especialmente en lo que se refiere a la estabilidad de su funcionamiento.

Los resultados que se obtengan deberán ser satisfactorios y cuando se decida a emprender su realización, se deberá -

estar seguro que el funcionamiento del aparato será adecuado, incluso con el paso del tiempo.

La utilidad de un aparato de este género es primordialmente de alarma contra robos o detectar la presencia de extraños en un determinado lugar. No obstante ésto, las funciones de esta alarma pueden extenderse tanto al servicio de la seguridad humana como a otras aplicaciones.

Si por ejemplo, se desea impedir a un operario que trabaja con una máquina-herramienta, rebasar con cualquier parte - de su cuerpo un límite que pueda ser peligroso para su seguridad, será suficiente colocar el dispositivo a una distancia justa de acción de modo que al aproximarse entre en función la alarma, o bien se interrumpa directamente la corriente de alimentación de la máquina.

Además puede ser utilizado ventajosamente con fines publicitarios y en otros aspectos como detección de nivel en -- flúidos y sólidos, ruptura de papel, alineación, conteo de artículos, etc.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, el autor espera que el estudio en su conjunto sea de utilidad no sólo a los especialistas en la materia sino a los estudiantes de Ingeniería y Física.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 DESARROLLO DE LOS SISTEMAS SENSORES

Las ondas electromagnéticas forman una gran familia y algunos de sus miembros guardan entre sí apariencias muy distintas, como lo hacen la luz, las ondas de radio, las microondas y los rayos X.

"...Cuando estas ondas se consideran en su totalidad, se acostumbra clasificarlas por sus longitudes de ondas, o por sus frecuencias, siguiendo un orden creciente o decreciente". 1/

Al conjunto ordenado de estas ondas se le conoce como el espectro electromagnético. Por motivos convencionales, se ha dado nombres particulares a las distintas regiones de ese espectro. Así, se habla de las regiones visibles, ultravioleta de rayos X, etc.

Los nombres de estas regiones son arbitrarios y su aceptación no es unánime. Sus fronteras varían también, de acuerdo con los criterios de quienes las definen y los que las emplean.

1/ Estrada, Luis; Luz y Microondas; Programa Nacional de Formación de Profesores, ANUIES, México, 1973. p.43

Versiones del espectro electromagnético que refleja la opinión que de éste tienen los físicos, aparece en los cuadros 1, 2 y 3.

Observando sin prejuicio el espectro del cuadro 1, se puede encontrar aspectos que parecen extraños. Por ejemplo, llamar microondas a las situadas en una región de la parte de ondas largas parece inadecuado. La razón de que esto ocurra es que esa región del espectro electromagnético fue explorada primeramente por los ingenieros dedicados a las comunicaciones electrónicas y para ellos las ondas decimétricas son demasiado pequeñas. La división más artificial del espectro de referencia, es la separación entre las regiones de rayos X y de radiación gamma, pues en su frontera no hay distinción práctica entre estos dos tipos de fenómenos.

Algunos autores extienden esas regiones y consideran una región común para esas ondas.

CUADRO 1

| | | X |
|----|------------------------|-----|
| 2 | MUY BAJAS FRECUENCIAS | + 6 |
| 4 | RADIOFRECUENCIA | + 4 |
| 6 | broadcasting | |
| 8 | onda corta -F.M. -T.V. | + 2 |
| 10 | u.h.f. - T.V. | 0 |
| 12 | Microondas | - 2 |
| 14 | INFRARROJO | - 4 |
| 16 | ULTRAVIOLETA | - 6 |
| 18 | RAYOS X | -10 |
| 20 | | -12 |
| 22 | RAYOS GAMA | -14 |
| 24 | | -16 |

Frecuencia en 10^x Hz

Longitud de onda en 10^x m

FUENTE: Estrada, Luis; Luz y Microondas; op.

CUADRO 2

| | <u>FRECUENCIA</u> | <u>LONGITUD DE ONDA</u> |
|------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| ONDAS LARGAS | 30-300 KHz | 10 - 1Km |
| ONDAS MEDIAS (MW) | 300-3000 KHz | 1000 - 100m |
| ONDA CORTA (SW) | 3-300 MHz | 100 - 10m |
| ALTA FRECUENCIA (Very High Frequency) (VHF) | 30-300 MHz | 10 - 1m |
| MICROONDAS | 0.3-30 GHz (1) | 100 - 1cm |
| ONDAS SUBMILIMETRICAS | 300-3000 GHz | 1 - 0.1mm |
| RAYOS INFRARROJOS | 300-416,000 GHz | 10^{-4} -0.72Ym (2) |

(1) 1 GHz = 1 Gigahertz = 10^9 Hertz o ciclos por segundo

(2) 1 Ym = 10^{-6} m.

FUENTE: Gandhi, Om P.; Microwaves: Engineering and applications;
Pergamon Press, Nueva York, 1981. p.1

CUADRO 3

LONGITUDES DE ONDA EN MANOMETROS DE LAS RADIACIONES SOLARES

| | | |
|--------|--|--------------------------------|
| - 100 | | Ultravioleta (menos de 360 nm) |
| - 300 | | |
| - 600 | | |
| - 900 | | Visible (entre 360 y 760 nm) |
| - 1200 | | |
| - 1500 | | |
| - 1800 | | |
| - 2100 | | |
| - 2400 | | |
| - 2700 | | Infrarrojo (mayores de 760 nm) |
| - 3000 | | |
| | | |
| | | nm = nanometro |

FUENTE: Lecha, Mario; La Recherche; N° 5, Vol. 1, agosto de 1990.

"Desde el punto de vista práctico, lo que distingue - notablemente a las distintas regiones del espectro -- electromagnético es el tipo de emisores que producen las ondas y la clase de receptores necesarios para su detección". 1/

Por ejemplo, las ondas de radio se emiten en antenas -algunas de varios metros de longitud- mientras que - la luz se obtiene en la mayoría de los casos, de cuerpos incandescentes. Por otra parte el ojo humano es ciego a la radiación infrarroja -por ésto algunos la llaman luz invisible-, mientras que la mayoría de los detectores de infrarrojo son insensibles a las luces azules o de mayor frecuencia.

"La radiación infrarroja fue descubierta en 1800 por William Herschel, quien usó un prisma para refractar la luz solar sobre termómetros de mercurio colocados en la parte final de donde se generaba el espectro de la luz roja en el prisma". 2/

Herschel se refirió a esta nueva porción del espectro con el nombre de "los rayos que sólo ocasionan calor", el "Espectro termométrico" y "Calor obscuro", "concluí con acierto que estaba observando los efectos de una radiación invisible" 3/, puesto que los termómetros registraban el mayor aumento de temperatura cerca o debajo de la región iluminada con luz roja.

El término infrarrojo se utilizó hasta 1880; en el -- curso de sus observaciones trató de colocar filtros - de vidrio para reducir la brillantez de la imagen solar y notó que aunque algunos presentaban reducción -

1/ Button, K.J.; Infrared and Milimeter Waves: Sources of Radiation; Pergamon Press, N. York, 1979. Vol. I p.49.
2/ Hecht, Eugene; Física en Perspectiva; SITESA, México, 1987 p. 566.
3/ Ibid.

símilar de la brillantes, existía una apreciable diferencia en cuanto al calor, lo anterior impedía realizar observaciones prolongadas por el daño permanente que esta situación podría representar para los ojos.

Por lo tanto, decidió probar con varios filtros en -- forma sistemática, para encontrar uno con la deseada reducción tanto de la brillantez como del calor, el -- primer paso fue el estudio de los efectos caloríficos de la luz solar.

Usando la técnica desarrollada por Isaac Newton en el Siglo XVIII Herschel formó un espectro por el paso de la luz solar a través de un lente prismático, proyectó los colores sobre una mesa acondicionada convenientemente para la detección de su radiación con un termómetro de mercurio.

Al notar que la temperatura se incrementaba cuando el termómetro era colocado hacia el extremo rojo. Aún -- cuando algunos investigadores como Ladriani habían hecho antes de 1777 mediciones similares, Herschel fue el primero en descubrir que existía un punto en el -- cual a pesar de entrar el termómetro en la región obscura, donde no se percibía la luz, el efecto calorífico no concluía sino que continuaba en aumento.

Cuando logró detectar el punto máximo, éste lo encontró en la porción final del espectro, es decir, en la región que ahora se conoce como infrarroja.

Con los mismos aparatos, midió la radiación del fuego, velas y estufas de cocina.

Sus investigaciones abarcaron cerca de 50 tipos de materiales como vidrios coloreados, cristales naturales, agua, vino, brandy, papel, muselina, etc. y lo llevaron a seleccionar un filtro que consistía en un cristal marcado con pintura de agua como el más idóneo.

Las aportaciones más importantes de Herschel a los estudios sobre variación infrarroja fueron:

- 1) El diseño de un detector confiable
- 2) Descubrimientos sobre la similitud entre luz y calor
- 3) Demostró que existían diferencias significativas - en la transmisión de luz y calor entre diversos materiales.

Lógicamente la mayoría de las aplicaciones se realizaron hasta los primeros años del Siglo XX.

Al margen de las investigaciones de Herschel es conveniente aclarar que "...debido a que la radiación in--frarroja (IR) se absorbe con facilidad (ésto es, se convierte en energía térmica) por moléculas, cuyas --frecuencias de oscilación estén por lo general en este intervalo, el IR se cita a menudo, de forma equívoca como "ondas de calor"." 1/

El infrarrojo es la energía que emiten con tanta profundidad los objetos calientes, desde el carbón incandescente hasta los radiadores. Casi la mitad de la energía radiante emitida por el sol es IR. Los mis--mos seres humanos son emisores de IR, aspecto que ha

sido aprovechado por los fabricantes de material bélico para construir telescopios que "ven" en la oscuridad.

Como se mencionaba anteriormente la región infrarroja se extiende desde longitudes de onda de alrededor de 1 mm hasta 780 nanómetros ($1 \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$), que corresponden a frecuencias entre unos $8 \times 10^{11} \text{ Hz}$ hasta 10^{14} Hz aproximadamente.

La estrecha banda espectral que vemos los humanos suele denominarse luz; sin embargo, es una especificación inexacta ya que la retina responde también a los rayos X: podemos "ver" sombras de rayos X proyectadas directamente sobre la retina, aunque el ojo no puede formar imágenes a la manera usual. Además, muchos humanos pueden ver, aunque no demasiado bien, en el infrarrojo y también en el ultravioleta.

"Lo que percibimos como colores de luz son las distintas regiones de frecuencia que se extienden continuamente desde $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ para el rojo, pasando por el naranja amarillo, verde y azul, hasta el violeta a unos $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$. El ojo humano es más sensible al amarillo verdoso (por eso son tan comunes las luces amarillas en el alumbrado público) y su respuesta disminuye gradualmente tanto a las frecuencias más altas (azul, violeta, UV) como a las bajas (naranja, rojo, I.R)". 1/

Dando por sentado que la longitud de onda incluso de la luz roja a 0.000 000 780 m es más bien pequeña --- (780 nm es aproximadamente una centésima parte de la hoja que se está leyendo), no es de una pequeñez in-

1/ Electronique; Radio Plans; Le Senseur de Position; I.P.L., Francia N° 505, diciembre de 1989, p.83.

concebible. En este sentido, las longitudes de onda de la luz a nivel atómico son inmensas, varios miles de veces el tamaño de un átomo. Por ejemplo, si un átomo de uranio se aumentara al tamaño de un frijol, una longitud de onda de luz roja tendría entonces 16 metros de largo.

Regresando a los estudios relacionados con la I.R., - en 1829 Nobili (1787-1835), hizo el primer termopar - (termómetro eléctrico mejorado, basado en los efectos termoeléctricos descubiertos por Seebeck en 1821) 1/

Posteriormente Melloni en 1833, construyó una termopila semejante a la de Nobili, conectando un cierto número de termopares en serie, que fue cuando menos 40 veces más sensitivo que el mejor termómetro existente y era capaz de detectar el calor de una persona a una distancia de 9 m. Dando inicio a la era de los sensores, bolómetros o detectores térmicos y luminosos.

También efectuó un estudio más detallado de la transparencia de materiales ópticos, demostró que los cristales ópticos convencionales tenían sólo una transparencia limitada en lo que respecta al I.R.

Su más importante descubrimiento fue que la sal de roca es marcadamente transparente al infrarrojo, por lo que construyó lentes y prismas de sal de roca y los usó para desarrollar las técnicas que forman los espectrógrafos industriales de infrarrojo.

Además, realizó mediciones cuantitativas de la radia-

1/ Seebeck, Tomás Juna, descubrió la termoelectricidad - entre 1810-1815, así como la termopila.

ción solar, notando variaciones que atribuyó, correctamente, a la absorción del vapor de agua en la atmósfera terrestre.

En 1901 Langley y Abbot revelaron el descubrimiento de un bolómetro mejorado que podía detectar el calor de una vaca a una distancia de 400 m.

Más tarde "...en 1917 Case desarrolló el detector de sulfuro de talio, el primero en usar el efecto fotoconductor con luz infrarroja.

Este detector fotoconductor usaba directamente la interacción entre los fotones de la radiación incidente y la estructura electrónica del material detector. - Estos detectores son mucho más sensitivos y responden más rápidamente". 1/

Otras investigaciones notables en I.R. fueron hechas por Loandey, Fouler y Coblentz.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los alemanes contribuyeron notablemente al desarrollo de los detectores fotoconductores y fueron ellos los primeros en demostrar que hay un incremento de la sensibilidad directamente proporcional al enfriamiento de los detectores. 2/

Después de esta conflagración, el desarrollo de los detectores fotoconductores o de fotones fue tan rápido, que como se describirá en las próximas páginas, - ahora son usados en casi cualquier parte del espectro de infrarrojo y en cualquier actividad.

1/ Hall, J.D.; Industrial Applications of Infrared;
Elsevier, Holanda, 1947. p.39

2/ Los proyectiles V1 y V2 basaban su funcionamiento como los "Patriot", en el sistema mencionado.

"En los primeros años de 1950, la banda entre 24 micras y la región de microondas a 1000 micras fue alcanzada por varios investigadores; durante este período se desarrollaron en el laboratorio aparatos para la detección de barcos, submarinos, aviones, personas, artillería, icebergs, control remoto por temperatura y guía de cohetes". 1/

La aplicación de estas investigaciones se inicia mundialmente, sobre todo en Estados Unidos y en la U.R.-S.S., a partir de los años cincuenta.

1.2 SISTEMAS DE INFRARROJO

Los avances en la tecnología del infrarrojo durante los últimos años tuvieron una amplia repercusión en el desarrollo y aplicaciones del equipo relacionado con la radiación infrarroja.

La ingeniería y el diseño de este tipo de equipo fue evolucionando al mismo tiempo que las técnicas mecánicas, ópticas y electrónicas.

El logro en las aplicaciones dependió de los elementos empleados en los sistemas, como son: el objetivo o la fuente de radiación de energía tanto natural como artificial, el sensor óptico del objetivo y sus propiedades, el sistema óptico y los detectores de infrarrojo y el medio de procesamiento y visualización de salida del detector.

Los sistemas de infrarrojo son generalmente clasificados como activos y pasivos

1/ La Toisson, M.; Infrared and its Thermal Applications; Mc Graw Hill, E.E.U.U. 1987. p.40

Los sistemas pasivos actúan mediante la detección de objetivos simplemente por la radiación natural; en -- tanto que en los activos el funcionamiento se realiza a través del empleo de una fuente controlada para la iluminación de la escena (objetivo) de un receptor óptico.

En los dos sistemas el espectro y las cualidades especiales del objetivo o de la fuente controlada son lo primero que interesa para el diseño adecuado del sistema de detección.

El objetivo llamado en ocasiones blanco, generalmente se detecta en contraste con una especie de fondo que en la práctica puede ser el espacio libre, cielo claro o nublado, tierra o mar.

Los efectos atmosféricos deben ser considerados también en el diseño y operación de muchos equipos de infrarrojo, puesto que la radiación del objetivo o blanco (y su fondo) puede ser modificada por las condiciones atmosféricas como la absorción, la dispersión, la emisión y la refracción que en la trayectoria óptica son parámetros que no se pueden determinar fácilmente.

"Un sistema completo de infrarrojo consiste en una -- fuente de radiación y un fondo medio en el que actúa, sistema óptico, detectores, componentes electrónicos y pantallas". 1/

La fuente puede ser descrita como la distribución espectral de energía emitida por un cuerpo ideal radiante. Esta distribución espectral es característica -- única de la temperatura del cuerpo.

17-----Wolfe, W.L. et. al. ;The Infrared Handbook; Mc. Graw Hill, Nueva York, 1978. p.85

Un verdadero cuerpo está relacionado al espectro por un -- factor de radiación llamado también emitividad. Es la proporción de cada longitud de onda de la emisión de un cuerpo bajo condiciones idénticas. Hasta la fecha las principales fuentes de rayos laser infrarrojo que se utilizan -- son las que emplean gases de dióxido de carbono (CO_2) y -- monóxido de carbón (CO).

El medio en el que se efectúa la transmisión, puede ser -- tanto el vacío especial como cualquier trayectoria arbitra -- ria a través de la atmósfera.

El sistema óptico está normalmente formado por unas lentes, espejos o la combinación de ambos, los cuales se utilizan para enfocar la radiación sobre un sensor o detector. Dado que el vidrio de cualquier espesor se opaca fácilmente con la radiación de longitud de onda superior a 2 μm , debe emplearse materiales especiales, en el cuadro se muestran las propiedades de algunos de los más usados materiales pa -- ra la instrumentación infrarroja:

| PROPIEDAD DE MATERIALES PARA LA INSTRUMENTACION INFRARROJA | | | |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| M A T E R I A L | REGION DE TRANSMISION NM | INDICE APROXIMADO DE REFRACCION | OBSERVACIONES |
| Germanio | 2 - 20 | 4 | Se opaca con el calentamiento |
| Silicón | 2 - 15 | 3.5 | Se opaca con el calentamiento |
| Sílice Fundido | 0.3 - 25 | 2.2 | Fuerte, duro |
| Seleniuro de Zinc | 0.7 - 15 | 2.4 | Costoso |
| Floruro de Magnesio | 0.7 - 14 | 1.6 | Débil |
| Cristal de Sulfuro de Arsénico | 0.7 - 12 | 2.2 | No siempre homogéneo |
| Diamante | 0.3 - 50 | 1.7 | Solo en medidas pequeñas |
| Sal (NaCl) | 0.4 - 15 | 1.5 | Sensible a la Humedad |

FUENTE: Proceeding of the Institute of Radio Engineers; Infrared, número especial septiembre de 1984. Estados Unidos, p.16

En general los materiales del cuadro no tienen la misma transparencia y visibilidad que el cristal, por esta razón, la mayoría de sistemas ópticos infrarrojos emplean en sustitución espejos,

Los espejos que se utilizan son de una sola pieza pulida y recubierta. El cuerpo del espejo normalmente está construido en aluminio, berilio o materiales silícicos.

La selección del material depende de la alta resistencia, intensidad de la luz y la estabilidad térmica y mecánica; estas láminas se recubren con una finísima capa desvanecida de aluminio, plata u oro. La reflexión de esta película metálica tan fina se incrementa con la longitud de onda y los requerimientos de una superficie más pulida son menos rigurosos con el incremento de la longitud de onda.

Respecto a los detectores se puede afirmar que las películas fotográficas no son útiles para la mayoría -- del espectro infrarrojo. La reacción de los halógenos de plata en la película, siempre y cuando sea procurada en forma especial, solamente es sensible alrededor de 1.2 nm. pero es incapaz de reaccionar a la radiación en las bandas más importantes de la transmisión atmosférica: 3-5 nm. y 8-12 nm.

En caso de existir una película para el infrarrojo, -- debería ser conservada en la obscuridad y bajo refrigeración antes y después de la exposición. En forma general, los sistemas de infrarrojo han utilizado detectores especiales o una combinación de ellos.

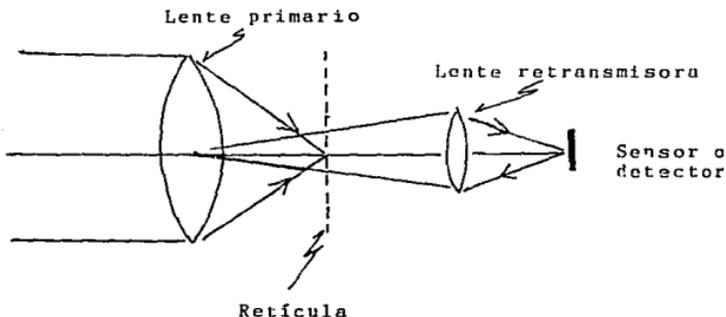
Los detectores se basan en la generación de una modificación en el voltaje debido al cambio que resulta - en la temperatura del detector de la energía proyectada sobre él, o en el cambio de voltaje derivado de la interacción de fotones-electrones en el material del detector. Este último efecto es llamado en ocasiones "el efecto fotoeléctrico interno". Los electrones enlazados a los diferentes átomos se sitúan en la estructura del cristal recibiendo una carga de energía. Son liberados de sus posiciones orbitales y pueden -- contribuir al flujo de corriente. La energía necesaria para realizar los anteriores es de $1.24/\lambda$ (donde λ es la longitud de onda en micrómetros). En consecuencia, sólo una pequeña energía de enlace de alrededor de 0.1 eV es liberada en los detectores fotónicos.

"Los disturbios térmicos en la estructura pueden causar emisiones espontáneas, por este motivo los fotodetectores son enfriados a temperaturas de 10 a 100°K (-424 a 280 °F), ésto no afecta la velocidad de respuesta de los fotodetectores que funcionan por las interacciones foto-electrónicas, pero sí hace disminuir la capacidad de los detectores térmicos". 1/

El voltaje o la carga eléctrica de los detectores es amplificado por un circuito especial, que normalmente está formado por transistores de efectos reforzados - de óxidos metálicos semiconductores (MOSFET), los cuales son diseñados para operar a bajas temperaturas. Las señales amplificadas son posteriormente manejadas con facilidad como si fueran de televisión. Una característica importante de la mayoría de estos sistemas no obtienen una reacción inmediata, sólo registra

cambios. Así una restauración o un nivel máximo de operación, serán establecidos mediante una fuente de calibración térmica.

La retícula es una de las principales características de los sistemas no imaginarios. (Véase la figura de una retícula típica).



1.3 FRECUENCIAS DE TRABAJO

Algunos de los sensores usan la región de 0.2 a 50 micras, muchos de los detectores pueden ser enfriados a muy bajas temperaturas para poder ser utilizados.

Los detectores más usuales son los de imagen y los elementales o detectores de puntos.

En los detectores térmicos la respuesta de frecuencia es proporcional a la energía absorbida; por lo tanto, la respuesta de frecuencia espectral es una línea recta horizontal, desde luego si se asume que el detector es ideal y no existen pérdidas internas.

Con los detectores de fotones, la situación es diferente. Estos son sensibles a la energía, responden

particularmente al total del número de fotones absorbidos y en este caso la energía del fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda, a mayor energía, menor será la longitud de onda y viceversa.

De esta forma se requiere un mayor número de fotones para equilibrar la longitud de onda, de modo que se mantenga una energía constante en un intervalo.

Como resultado, cuando la respuesta espectral de un detector de fotones se realiza adecuadamente, se incrementa con la longitud de onda, hasta que se alcanza el máximo de respuesta. 1/

1.4 TRANSDUCTORES DE INFRARROJO

La mayoría de los fenómenos de interés para los científicos e ingenieros no son realmente eléctricos; sin embargo, casi todos los instrumentos que utilizan dichos profesionales si lo son. Ello se debe a la gran facilidad con que pueden usarse, estudiarse y registrarse las señales eléctricas.

Los instrumentos que se emplearon para medir o controlar un proceso específico no siempre son los más adecuados para otros problemas más recientes; por lo que se debe estar en condiciones de idear instrumentos integrales o sistemas que se ajusten a las necesidades que la evolución exija, ésto se logra reconociendo -- los diferentes aspectos del instrumento que se maneje.

"El concepto de transductor es muy útil para hacer --

1/ Véase para mayor información a: Diefenderfer, James A.; Instrumentación Electrónica; Interamericana, México, 1984.

más claras las diversas funciones de un instrumento, Un transductor de entrada es un dispositivo que convierte una señal no eléctrica en señal eléctrica. - Un modificador ajusta o cambia la señal eléctrica de entrada y el transductor de salida convierte la señal eléctrica modificada en una señal no eléctrica". 1/

Es oportuno citar algunos ejemplos que ilustrarán la utilidad de este concepto:

- 1) Considérese un sistema de alta fidelidad compuesto por un tocadiscos, un pre-amplificador, un amplificador y una bocina. La pastilla del tocadiscos es el transductor de entrada, porque convierte en débil señal eléctrica el sonido registrado mecánicamente en el disco. El pre-amplificador aumenta -- esa señal y el amplificador eleva el nivel de potencia de esa información y al hacerlo excita la bobina de voz de la bocina, por supuesto, la bobina es el transductor de salida porque convierte la señal eléctrica en otra no eléctrica (que es el sonido).
- 2) Otro ejemplo del término transductor sería el determinar la fuerza con que se cierra un párpado. - La señal eléctrica que se genera cuando se cierra un párpado es muy pequeña, de aquí que el cuerpo - se considere transductor de entrada.

La señal del párpado corresponde a la distancia recorrida durante la acción. La diferenciación de - la señal respecto al tiempo, produce una señal proporcional

1/-----
 Ibrahim, K.F., ; Electronic Systems and Technology;
 Longman Scientific and Technical, Inglaterra, 1978.
 p.84.

porcional a la aceleración del parpadeo, como ésta es directamente proporcional a la fuerza, el transductor de salida (el hipotético medidor) produce una medida en unidades de fuerza. La calibración del medidor -- contendrá una evaluación de la constante de proporcionalidad, la cual es la masa del párpado. La señal no eléctrica a la salida será una señal visual. 1/

Lógicamente para los fines de este trabajo, el autor se centrará en los transductores de entrada, recordando: aquellos que convierten una señal no eléctrica en una eléctrica.

En lo que respecta al infrarrojo, se utilizan los --- transductores de entrada de radiación. Estos pueden ser de dos tipos:

- a) Térmicos o Termistores
- b) De Fotones o Fotoconductores

En los detectores térmicos, la radiación de infrarrojo se absorbe produciendo un cambio en la temperatura del elemento detector.

Cualquier propiedad sensitiva a la temperatura del -- elemento se puede usar para detectar y hacer el seguimiento del cambio.

Propiedades que pueden ser utilizadas incluye, tanto efectos mecánicos, como la expansión de un sólido o -- el cambio en la presión de un gas y también propieda-

1/-----
Consúltese: Stout, M.B.; Basic Electrical Measurements; Prentice Hall, Estados Unidos, 1960. pp. 74-78

des eléctricas como el cambio en la resistencia de metales y semiconductores así como el voltaje producido en la unión de los materiales "desiguales".

La respuesta a la radiación monocromática de un detector término ideal es independiente de la longitud de onda de la radiación, mientras que la respuesta es -- proporcional a la energía absorbida.

En los detectores actuales, la independencia de la -- absorción de la longitud de onda, no puede ser lograda y la respuesta espectral de frecuencia muestra de terminada estructura. Esta puede aumentar o dismi--- nuir a través del uso de cobertores anti-rrreflejantes en el elemento sensitivo. La velocidad de respuesta de un detector térmico depende en razón directa de la velocidad a la cual el elemento se calienta o enfría.

El tiempo de respuesta se puede decrementar con la re ducción de la capacidad térmica del elemento sensitivo o disminuyendo la conductividad calorífica de los componentes que pueden conducir el calor hacia el elemento.

En los detectores de fotones, la energía se absorbe -- en la medida en que los estados electrónicos de los -- átomos o electrones libres son afectados.

Hasta aquí la energía de los fotones incidentes pueden ser suficientemente grande para permitir la emisión de un electrón hacia un sólido dentro de su espacio circundante, o solamente para liberar un electrón

de su átomo, incrementando de esta manera la densidad de electrones libres de un sólido y su conductividad, puesto que una energía relativamente pequeña se requiere para emitir electrones o liberar cargas portadoras dentro de un sólido. Los detectores de fotones tienen un umbral a una longitud de onda en particular y no muestran respuesta más allá del umbral.

Además, mientras un fotón es requerido por carga y a un flujo de energía constante, el número de fotones - por intervalo de energía es incrementado linealmente con la longitud de onda. La respuesta de un detector ideal, generalmente se incrementa linealmente, hasta su umbral de longitud de onda. El tiempo de respuesta es gobernado por la respuesta del mecanismo por la liberación y recapturación de las cargas portadoras.

La operación de detectores de fotones no está relacionada con el calentamiento o enfriamiento del elemento. La gran mayoría de los detectores de fotones tienen mayor rapidez de respuesta que los detectores térmicos.

Los detectores térmicos pueden ser descritos por tres parámetros básicos, los cuales dan un concepto más general de la capacidad del detector. Estos son: detectividad, constante de tiempo y respuesta espectral. Las cuales se definen a continuación:

La detectividad indica que bajo condiciones ideales, todos los detectores de un mismo tipo deben tener parámetros idénticos.

La extraordinaria dependencia de la temperatura que tiene el termistor (-4 a -7% de R. por °C) ha hecho que sea buscado como un sustituto para sistemas de medición de temperatura cuyas exactitudes son de $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$.

Los detectores térmicos responden a todas las longitudes de onda por lo que son usados con frecuencia en radiómetros. Sin embargo, las limitaciones prácticas de los materiales usados como detectores térmicos normalmente fuerzan una modificación, por la simple suposición de que la detectividad de los sensores térmicos es independiente de la longitud de onda.

La constante de tiempo de los detectores térmicos es de sólo unos pocos milisegundos, de manera que éstos son raramente utilizados en sistemas de búsqueda, o en otra aplicación en la cual se requiera una gran cantidad de valores.

"Los termistores se construyen en muy diferentes formas y tamaños apropiados a las necesidades del usuario, pueden estar encapsulados en vidrio para usarse en medios corrosivos, cuando se utiliza la cubierta de vidrio, el tiempo de respuesta del termistor para los cambios súbitos de temperatura aumenta en forma significativa de milisegundos o menos, hasta tal vez un segundo". 1/

Quando se requiere alta exactitud, se usa un par de termistores adaptados, con uno de ellos establecido como referencia. Debido a que la adaptación es sobre

1/ Arthur, K.; Transducers Concepts; Tektronix Inc., E.E. U.U., 1970. p.137

un intervalo en vez de una sola temperatura, cuando se aplican a la medición de temperatura se puede verificar ésta con una exactitud de $\pm 0.0005^{\circ}\text{C}$ cuando se observan las precauciones usuales.

Los termistores más conocidos son los bolómetros, los termopares o termocoples y la termopila.

Una bolómetro no es más que un termómetro de resistencia que ha sido oscurecido con objeto de aumentar la eficiencia de interacción entre la energía radiante y el termómetro, los cambios en temperatura producen -- cambios en la resistencia.

Inicialmente eran delgadas laminillas de platino ennegrecidas conectadas en el extremo de un puente de --- Wheaston. 1/

Versiones modernas utilizan otros metales que tienen coeficientes de resistencia de temperatura alrededor de 0.5% por grado centígrado. Las láminas ennegrecidas definen el área sensitiva del detector y cualquier cambio en su temperatura produce un desequilibrio en el puente. Un bolómetro típico está formado por un par de elementos metálicos, los cuales son lo más parecido posible entre sí. Uno es llamado activo y el otro elemento compensador, el cual se protege -- cuidadosamente de la radiación incidente. Al emplear estos dos elementos como brazos del puente, los cambios pequeños en la temperatura no afectan el balance del mismo.

1/ Cfr. Bair, E.J.; Introduction to Chemical Instrumentation; Mc. Graw-Hill, Nueva York, 1962. pp.39-75

En la actualidad en la mayoría de los bolómetros se fabrican los elementos de materiales semiconductores que tienen coeficientes de resistencia de temperatura tan altos como 4.2% por grado centígrado.

En el bolómetro termistor, los elementos son delgadas hojuelas formadas por la sintetización y mezcla de -- óxidos metálicos. Al usar substratos con diferentes características térmicas es posible cambiar la constante de tiempo del detector de 1 a 50 mseg. Los bolómetros termistores no requieren enfriamiento y su alta resistencia permite el fácil acoplamiento a un amplificador. Esta característica fue la causa de que en la mayoría de las veces, haya sido empleado el bolómetro termistor, en la primera generación del equipo infrarrojo usado en vehículos espaciales.

Los otros dos termistores "el termocople y la termopila son transductores de temperatura, cuyo voltaje cambia con la temperatura y se oscurecen para aumentar la eficiencia". 1/

Conceptualmente, el detector térmico más simple es el termocople y consiste en un elemento ennegrecido equipado con un dispositivo para detectar el incremento de temperatura resultante de la absorción de la energía radiante.

Está formado por la unión de dos materiales con diferentes coeficientes de temperatura, las combinaciones más comunes son el bismuto y la plata y el bismuto -- con bismuto estañoso.

1/ Mann, C.K, et al; Instrumental Analisis; Harper and Row, Nueva York, 1974. p.51

Estos filamentos de dos materiales diferentes se unen en sus extremos para formar una unión termoeléctrica. La parte receptora la cual define el área sensitiva - del detector depende directamente de esta unión.

Termopar

En un termocople típico, los alambres que lo forman - son de 3 a 4 mm de longitud y de aproximadamente 25 - micras de diámetro. Los extremos libres se apoyan en un soporte metálico para generar una unión de referencia a una temperatura constante.

El receptor generalmente se construye con laminillas de oro ennegrecidas de cerca de 0.5 micras de espesor. El soporte metálico del ensamble se refuerza con fi--bras delgadas de cuarzo. La fragilidad de estos com--ponentes impide su uso en el laboratorio.

La resistencia eléctrica de los termocoples es muy baja, por lo general de 1 a 10 Ohms. Debido, por otro lado, a que los termocoples tienen un rango de cons--tante de tiempo de tan sólo pocos milisegundos y a veces hasta segundos, la frecuencia de los trocadores está limitada a 10 Hz o menos.

Una de las ventajas del termocople es que es uno de - los pocos detectores de infrarrojo que pueden ser fa--bricados experimentalmente sin equipo muy costoso.

La termopila está constituida por varios termocoples conectados en serie. La cualidad de este arreglo es que el voltaje desarrollado por cada unión, se suma para incrementar la capacidad de respuesta. Igualmente, la conexión en serie incrementa la resistencia --

del detector y hace más fácil el acoplamiento a un amplificador.

Debido a que la constante de tiempo en la mayoría de las termopilas es de varios segundos, es impráctico utilizar troceadores.

Los transductores fotónicos forman la otra clase de detectores, también es frecuente llamarlos fotosensores.

Un fotosensor es un componente en el que al menos una de sus propiedades eléctricas fundamentales varía bajo la influencia de la luz, o de una radiación de longitud de onda próxima a la luz, de tal modo que con ello resulta influible la conducta de un circuito -- eléctrico o electrónico.

El adjetivo fotoeléctrico indica la influencia de la luz sobre las propiedades eléctricas. Recientemente se ha introducido la palabra fotoelectrónico que caracteriza la acción de provocar o producir o bien facilitar un paso de corriente a través de vacío, gases enrarecidos o semiconductores, con ayuda de un efecto de radiación luminosa. A este respecto se considera como radiación luminosa también las radiaciones infrarroja y ultravioleta.

Con el campo o banda de la luz visible se enlazan -- por un lado el campo infrarrojo con ondas más largas y por el otro campo ultravioleta con ondas más cortas, está por demás decir que "infra" significa "por debajo", lo que hace referencia a las frecuencias más ba-

jas que corresponden a las ondas más largas. "Ultra" se refiere a las frecuencias más altas, correspondientes a las ondas más cortas.

"En cuanto a la expresión fotoelectrónico, si bien es tá normalizada en este sentido, pueden emplearse las palabras fotoeléctrico, célula fotoeléctrica, receptor fotoeléctrico o detector fotónico u óptico". 1/

Muchos de los detectores fotónicos tienen una detección cuya magnitud es dos veces mayor que la de los térmicos. Debido a la interacción directa dentro de los fotones incidentes y los electrones del detector, el tiempo de respuesta es muy corto. La mayoría tienen constantes de tan sólo microsegundos, en comparación a los milisegundos de los detectores térmicos. Además la respuesta espectral de los detectores fotónicos, a diferencia de los térmicos, varía con la longitud de onda.

El resultado de la interacción entre los fotones y el detector se le conoce como "foto-efecto". Si el fotón incidente transfiere su energía a un electrón del elemento detector, éste tendrá la suficiente energía para escapar de la superficie. A esto se le conoce con el nombre de efecto fotoeléctrico o fotoemisor. Puesto que se observa en los confines del detector, éste puede considerarse como foto-efecto externo. Para longitudes de onda mayores de 1.2 micras, los fotones no tienen la suficiente energía para liberar a los electrones de la superficie. Hay sin embargo, un número de foto-efectos internos, en los cuales la ---

1/ Bergtold, F.; Fotoconductores, Termistores y VDR; Gill, España, 1980. p.16

energía se transfiere por los fotones que alcanzan a los electrones, cambiando así de un estado de no conducción a conducción, produciendo cargas portadoras. El tipo de carga portadora depende de las características del elemento detector, el cual es casi siempre un semiconductor.

Si el material semiconductor es intrínseco (puro), los fotones producen pares de huecos-electrón conteniendo ambas carga portadoras, negativas y positivas.

Si el material semiconductor es extrínseco (impuro), los fotones producen cargas portadoras de un solo signo, éste es, positivas o negativas, pero no ambas.

Si se aplica un campo eléctrico para polarizar el detector, un cambio en el número de cargas portadoras - hará variar el flujo de corriente a través del detector. A este fenómeno se le conoce con el nombre de "efecto-fotoconductor".

Si los fotones producen pares de huecos-electrón en la cercanía de la unión p-n, el campo eléctrico a través de la unión separará las dos portadoras para generar un fotovoltaje, nombrándosele "efecto fotovoltáico". No se requiere fuente externa de polarización para un detector fotovoltáico, puesto que éste es en efecto, entregado por la unión p-n.

Cuando los pares de hueco-electrón, se forman cerca de la superficie del semiconductor, éstos tienden a difundirse dentro del material para restablecer la neutralidad eléctrica. Durante este proceso, las --

cargas portadoras son capaces de separarse debido al fuerte campo magnético, generando así un fotovoltaje. A esto se le conoce como "efecto foto-magnético".

El efecto fotoeléctrico fue observado por vez primera en 1887 por Hertz, pero no fue sino hasta 1902 que -- Einstein fue capaz de explicar el proceso.

Siguiendo una propuesta hecha por Planck dos años antes, planteaba que la energía radiante existe en pequeños paquetes, los cuales conocemos ahora como fotones.

La energía de un fotón es:

$$E = hv = (hc)/\lambda$$

Donde:

h es la constante de Plank
 v es la frecuencia
 λ es la longitud de onda
 c es la velocidad de la luz
 E = energía

Cuando el fotón impacta a un electrón en el metal, éste transfiere su energía al electrón. Si esto sucede, el electrón adquiere esta energía y el fotón deja de existir. La energía adquirida es suficiente para que el electrón penetre la barrera de potencial de la superficie del metal. Para penetrar esta barrera, se requiere una cantidad de energía ϕ , la cual es característica del material, también conocida como "función de trabajo".

Por lo tanto, la energía cinética del electrón; cuando éste traspasa la barrera, es la energía adquirida del fotón y la empleada para superar la función de -- trabajo.

$$E = (mv^2)/2 = hv - \phi = (hc)/\lambda - \phi$$

Donde m es la masa del electrón y v la velocidad.

"Esta es la ecuación fotoeléctrica de Einstein. Debido a que la energía de los fotones varía con la frecuencia, hay un límite de baja-frecuencia, o longitud de onda para la cual la energía es más pequeña que la requerida para vencer o superar la función de trabajo. La longitud de onda a la cual esto ocurre, se llama - longitud de onda de corte". 1/

"El detector fotónico ha demostrado ser el más usual - en infrarrojo, debido al uso de varios fotoefectos internos en materiales semiconductores". 2/

En el modelo simple del átomo de Bohr, el núcleo está rodeado por electrones y están restringidos a niveles discretos de energía, los cuales son visualizados convenientemente en términos de órbitas de diámetros discretos. Únicamente los niveles de baja energía son ocupados cuando el átomo no ha sido excitado. Cuando los átomos se colocan demasiado cerca, como cuando lo están en un sólido, los niveles discretos de energía de los átomos individuales comparten bandas continuas, separadas únicamente unas de otras por la repulsión - entre electrones. Aunque estas bandas de energía ap

1/ Skolnic, E.; Radar Handbook; Mc Graw Hill, Nueva York, 1970. p.984.

2/ Ibid. p.990.

rentan ser continuas, un examen detallado muestra que éstos consisten en niveles discretos de energía separados por tan sólo 10^{-14} ev. La banda más alta de -- energía, la cual está completamente ocupada, se llama banda de valencia. La siguiente banda alta permiti-- da, que puede ser ocupada o no, es llamada banda de -- conducción pueden contribuir a la conductividad eléc-- trica del material.

Si la banda de conducción está parcialmente llena, in dica a un conductor. En un aislante eléctrico tan -- sólo hay los suficientes electrones para llenar todos los niveles de energía en la banda de valencia y la -- banda de conducción está vacía. La banda de energía repulsiva es muy amplia y ésto no permite que la en ergía de los electrones de valencia pueda hacerla sal-- tar a la banda de conducción.

Desde un punto de vista eléctrico, un semiconductor -- se comporta como si su conductividad estuviera entre un aislante y un conductor metálico. En un semicon-- ductor puro o intrínseco, la banda de energía repulsiva es relativamente estrecha, tiene una fracción de -- electrón-volt de ancho, comparada contra tres o más -- "ve" de un material aislante. Como resultado invariable, a la temperatura ambiente, algunos de los elec-- trones de valencia pueden adquirir la suficiente en ergía para poder brincar a través de la banda de repul-- sión a la banda de conducción. Los lugares ocupados anteriormente por estos electrones quedan cargados po sitivamente y son llamados "huecos". En presencia de un campo eléctrico magnético, los "huecos" pueden ---

fluir a través del material, como lo hacen los electrones, aunque los dos tipos fluyen en direcciones -- opuestas. De aquí que, en un semiconductor puro, la excitación de un electrón a la banda de conducción genera un hueco-electrón para cargas portadoras y ambas contribuyen para la conductividad. A ésto se le llama conductividad intrínseca y el material es denominado semiconductor intrínseco. Ejemplo de dichos materiales son los cristales de silicio o germanio y -- compuestos que contengan ambos componentes en proporciones adecuadas.

Los electrones de valencia pueden adquirir la suficiente energía de los fotones incidentes para producir pares de huecos de electrón. El resultado es la variación de la conductividad por la incidencia de fotones. Un dispositivo basado en este efecto se le denomina detector fotoconductor. Como en el detector fotoeléctrico, existe un límite de longitud de onda -- para el cual el fotón no tiene la suficiente energía para formar el par de huecos-electrón. Esta longitud de onda es igual a $1.24/E_q$.

Comúnmente se conoce que los detectores intrínsecos -- tienen bandas de repulsión que exceden a los 0.18 e.v a temperatura ambiente. Como resultado, éstos no pueden emplearse más allá de 7 micras. En general, el -- ancho de banda repulsiva se reduce por medio de enfriamiento. Se incluye dentro de los detectores fotoconductivos los de silicio, germanio, sulfuro de plomo, indio-arsénico e indio-antimonio.

Detectores con mayor frecuencia de corte requieren ma

teriales que contengan bandas de energía repulsiva menores a las que se encuentran en los semiconductores. La forma más usual para que la banda de energía repulsiva sea menor, es añadir pequeñas cantidades de una impureza a un semiconductor puro. El material resultante como semiconductor extrínseco o activado, esencialmente sólo un tipo de carga portadora contribuye a la conductividad: los electrones son las cargas portadoras de material tipo n y los "huecos" son cargas portadoras de material tipo p.

"Muchos detectores de infrarrojo se componen de material extrínseco utilizando el germanio como elemento huésped. El átomo de germanio tiene cuatro electrones de valencia que forman el enlace covalente con otros cuatro átomos vecinos también de germanio. Por ejemplo, si se añade al germanio un átomo de impureza que contenga tres electrones de valencia sólo se podrán formar tres enlaces covalentes. El cuarto enlace requerido lo deberá proporcionar un átomo de germanio cercano. El resultado será un exceso de "huecos" generados por las impurezas". 1/

En un diagrama de niveles de energía, el nivel de energía de las impurezas se encontrará ligeramente -- arriba de la banda de valencia del elemento semiconductor.

Consecuentemente, se requerirá una muy pequeña energía para que el electrón salte de la banda de valencia al hueco provocado por la impureza. Los "huecos"

1/----- Ibid. p.916.

restantes en la banda de valencia se convertirán en - cargas portadoras si el material es de tipo p. Las - impurezas que originan falta de electrones son llama- das "ceptoras" puesto que ellos aceptan electrones - del elemento huésped. De manera similar, impurezas - que contengan cinco o más electrones pueden utilizar- se. Las impurezas actuarán como "donadores" de elec- trones y el resultado será de tipo n. Mientras que - materiales tanto p como n en principio pueden reali- zarse, únicamente el de tipo p. es el que frecuente- mente se utiliza para detectores de infrarrojo. Algu- nos detectores extrínsecos incluyen oro, mercurio, -- cadmio, cobre o zinc como elementos contaminantes. - La longitud de onda de corte más grande que se ha po- dido alcanzar es de 140 micras.

"Es deseable, en muchas ocasiones ajustar la longitud de onda de corte del detector a las necesidades par- ticulares del sistema. Por supuesto que ésto es posi- ble, colocando un filtro paso-banda delante del detec- tor, otras veces es posible mediante la contaminación de una aleación de silicio o germanio. La longitud - de onda de corte puede ajustarse al variar en la ale- gación, la cantidad de silicio. Esta técnica puede uti- lizarse para desarrollar detectores fotoconductivos que tengan una respuesta en la región de 8 a 14 mi- -- cras requiriendo un mínimo de enfriamiento". 1/

Un análisis simple muestra cómo varios parámetros del material, afectan en la respuesta o en la fotoconduc- tividad del detector.

17-----
Nathanson, R.; Radar Design Principles: Signal Processing and Environment; Mc Graw Hill, Nueva York, 1969. p.417.

Otro de los detectores fotónicos es el detector fotovoltáico que consiste en una unión p-n de material semiconductor intrínseco. Los fotones incidentes -- producen pares de huecos-electrón que son a su vez, separados por un campo eléctrico en la unión, generan do así un fotovoltaje.

Una unión p-n está formada en el límite entre la re-gión de tipo p y tipo n (cuando ambos se forman en el material huésped). Cada unión puede formarse durante el desarrollo de un cristal, o por la difusión de una impureza a través de la superficie de una oblea de --- cristal. Un cristal semiconductor se forma bañando - la semilla de cristal dentro de un material fundido - contaminante apropiado y después separándose en forma cuidadosamente controlada. Si el tipo de contaminantes se cambia a la mitad del proceso, por ejemplo, -- reemplazando el baño de un tipo n a un tipo p, de esta manera el cristal obtenido tendrá formada la unión. El cristal puede cortarse en obleas cada una de las - cuales incluirá una porción de la unión. La unión en la oblea es larga y estrecha. Puesto que la unión de fine la forma del área sensitiva, los detectores de rán hacerse con uniones necesariamente largas y estrechas.

Virtualmente, no hay limitación en la medida o en la forma en la difusión de la unión. El proceso de difusión gaseosa, juega un papel muy importante en la producción a gran escala de circuitos integrados y transistores planares.

El detector fotovoltáico tiene la importante ventaja -

de ser un dispositivo autogenerador, ésto es, no requiere de fuente polarizadora. Esto puede resultar - algunas veces como una reducción considerable en la - complejidad del circuito.

La detectividad teórica máxima realizable es de 40% - veces mayor para detectores fotovoltaicos que para -- los de tipo fotoconductor. Puesto que el dispositi- vo requiere que la incidencia de fotones produzcan pa- res de huecos-electrón, únicamente los materiales se- miconductores intrínsecos pueden ser utilizados como detectores fotovoltaicos.

La información referente a los detectores fotovoltaicos muestran una ligera confusión de términos. El -- término "fotodiodo" se utiliza como sinónimo de detec- tor fotovoltaico. Semajante uso es lógico puesto que uno puede percibir fácilmente que la combinación que el fotodiodo mezcla el fotoefecto y la presencia de - la unión p-n o diodo.

Para evitar confusión de terminología, se compara el proceso fotoconductor y fotovoltaico, en semiconduc- tores intrínsecos. En ambos tipos el paso inicial es la producción de pares de huecos-electrón y por la in- cidencia de fotones. En el detector fotoconductor - la presencia de pares de huecos-electrón resulta en - un cambio en la conductividad que puede observarse -- por los cambios notorios en el flujo de corriente a - través del detector por una fuente externa de polari- zación. En el detector fotovoltaico los pares de hue- cos-electrón son separados por la unión para formar -

un fotovoltaje. Como los detectores fotoconductorivos se distingue por la presencia de una fuente de polarización externa, el detector fotovoltáico se distingue por la presencia de la unión p-n. El detector fotovoltáico, debido a la presencia de la unión p-n, funciona muy análogamente a un detector fotoconductorivo que contiene internamente una fuente de polarización.

1.5 APLICACIONES DE LA TECNICA INFRARROJA

Las principales aplicaciones de las técnicas infrarrojas son:

1.5.1 Meteorología.- Los satélites meteorológicos -- usan dispositivos ópticos para proyectar la ubicación de las nubes y proporcionar las imágenes que se aprecia en muchos reportes del tiempo. Substancias a una temperatura entre 200 y 300°K emiten una gran cantidad de radiación infrarroja. La Tierra tiene una temperatura aproximada de 300°K y a gran altura las nubes tienen una temperatura inferior a los 250°K. Un sensor infrarrojo colocado en el satélite puede fácilmente detectar esta diferencia y presentar una fotografía de la distribución de las nubes.

1.5.2 Medicina.- Los instrumentos infrarrojos ópticos son empleados para prevenir y detectar el cáncer en los senos y para otros diagnósticos médicos. en la mayoría de estos usos, se parte de la base que la enfermedad produce inflama---

ción y al producirse al mismo tiempo incremento en la temperatura, puede localizarse con un proyector de imagen de infrarrojo. Se usan también las técnicas de infrarrojo en el análisis de severas quemaduras, fallas circulatorias, -- problemas vertebrales, padecimientos de sinusitis y ha sido sugerido como ideal para pruebas médicas de otras enfermedades.

- 1.5.3 Vuelos de fotografía infrarroja.- En este rubro se utiliza para localizar las áreas de inicio de fuegos forestales. Por ejemplo, si un incendio se inicia por la caída de un rayo en una tormenta nocturna, al día siguiente que el personal anti-incendios llega el área estará totalmente cubierta de humo, lo que impedirá localizar el foco del incendio. En cambio con el empleo de la técnica I.R. (infrarroja) las ondas de mayor longitud de la radiación I.R. penetran en la cortina de humo, permitiendo conocer el sitio de inicio de la conflagración.

La contaminación térmica derivada de las plantas de energía que se presenta en los ríos es detectada, con estos aparatos, en la mayoría de los países altamente desarrollados y la viabilidad de las cosechas por la valoración de la humedad también se ha realizado con gran margen de efectividad.

- 1.5.4 Espectros Copia Infrarroja.- Los espectrómetros infrarrojos han sido de suma utilidad para los

analistas químicos. El espectro de las sustancias tanto en la emisión como en la absorción, proporciona un inimaginable dato que se podría considerar como la "huella digital" de las sustancias. El único obstáculo sería encontrar el espectro de la sustancia que identifique la -- desconocida o que se pretende encontrar.

- 1.5.5 Usos Militares y Espaciales.- "La más conocida técnica militar es probablemente la de los devastadores misiles aire-aire. Los cuales detectan la radiación del escape de las naves aéreas y los sistemas espaciales que detectan las grandes cantidades de radiación del abanico del lanzamiento de los cohetes intercontinentales". 1/

Además, la aplicación actual no sólo se concreta a los misiles aire-aire, sino que incluye -- también los aire-tierra/blanco móvil, aire-superficie, tierra-aire, superficie-aire, tierra-tierra y superficie-superficie. 2/

1/ ----- Babister, A.W.; Aircraft Dynamic;

2/ Air Target; Folleto Informativo; Air Target Sweden AB, Suecia, 1991.

C A P I T U L O I I

DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO

2.1 REQUISITOS DE OPERACION

En el capítulo anterior, se estudiaron varios tipos - de dispositivos sensores de infrarrojo. Todos ellos en menor o mayor grado, pueden ser utilizados en un - sistema de alarma.

Debido a que no se trata únicamente del estudio teórico de varios sistemas de alarma por medio de rayos infrarrojos, sino también de la realización práctica de uno que sea funcional y factible, hay que tomar en -- cuenta la posibilidad de conseguir los elementos para su fabricación. Por esta razón, conviene decidir qué tipo de sistema y componentes serán empleados. Puesto que no todos los detectores comerciales y de hecho algunos requieren equipo muy costoso tanto para su -- elaboración como para su operación y otros son tan -- frágiles que únicamente se emplean para la investigación y su uso está limitado al laboratorio.

Se empleará por lo tanto, componentes comerciales y - de uso generalizado, quedando de esta forma fuera de una realización práctica los sistemas de infrarrojo - pasivos. Se estudiará y se hará prácticamente un sigtema de detección activo, por medio de un emisor y detector de un haz de luz infrarrojo.

La radiación de infrarrojo es una emisión electromagnética que se extiende justamente en la parte visible del espectro, pero mucho más alta que las frecuencias normales.

El margen actual de la frecuencia es mucho más ancho que el de la luz visible. Afortunadamente, la radiación en esta región se genera fácilmente, bien por -- una lámpara de infrarrojo, que es una lámpara con un filamento ennegrecido trabajando a baja temperatura o de forma más eficiente, por un cristal de arseniuro de galio. En el segundo caso, se denomina a veces como rayos de "arseniuro de galio".

El sistema será del tipo de rayo interceptado, en el cual un proyector transmite un haz de luz a través de la región que se desea proteger, con un receptor en el otro extremo. Si el haz de luz se corta, el receptor se encargará de mandar una señal a un circuito de alarma.

La radiación infrarroja está generada por la mayoría de las fuentes que producen calor y las dos están estrechamente relacionadas en el espectro. Así, las -- bombillas y otros calentadores eléctricos incluso una linterna de bolsillo genera rayos infrarrojos de mayor o menor extensión. Cualquiera de éstos podría interferir con el sistema. Este tipo de interferencia está previsto por la modulación de radiación procedente del emisor como se verá más adelante. Este necesita que el rayo no sea uniforme, sino que esté generado por una serie de impulsos rápidos con un régimen predeterminado. Este régimen varía de acuerdo --

con el tipo del sistema empleado. El receptor tiene unos filtros electrónicos que aceptan solamente la -- frecuencia modulada, un amplificador de la señal en-- tregada por el filtro y un dispositivo para operar -- componentes externos, estos tres últimos se estudia-- rán también posteriormente. Si las señales recibidas cesa, se mandará una señal externa hacia el dispositivo de alarma, incluso si en este lugar se recibe una radiación infrarroja constante o modulada diferente a la del emisor.

Es conveniente, pero no indispensable, que ambas unidades transmisor y receptor estén alojadas en cajas - idénticas, evitando así la posible identificación de las unidades puesto que el rayo es invisible. Esto - es con el fin de evitar cualquier intento de inutili-- zar el sistema y puede ser confeccionado para la uti-- lización de un alojamiento fingido adicional.

La única trayectoria del rayo se puede eludir si pue-- de ser evitada físicamente. Para hacer ésto, se debe rá estar enterado de su presencia y trayectoria. La evasión se hace imposible si el rayo está "enlazado" a través de puntos de la entrada, haciendo zig-zag. - Esto puede realizarse por medio de espejos en cada lado; de esta forma, un sólo proyector con su receptor puede proteger una trayectoria de contorno irregular.

El margen de los sistemas varía desde un máximo de -- 12 m para unidades pequeñas hasta los 100 m para las más grandes. Cuando se refleje en un espejo, el rayo se atenúa y por eso cada reflexión acorta el margen. En una reflexión, el margen se reduce en un 75%, con dos reflexiones cae a 60% y con tres reflexiones --- desciende hasta un 43%.

Por las razones expuestas, resulta poco recomendable utilizar más de tres espejos. Los rayos son susceptibles de atravesar cristales transparentes y por ello la protección puede extenderse a través de tabiques - de cristal y de ventanas. De la misma forma se presentará una reducción en el margen por cada superficie de cristal, aunque la atenuación es menor en un espejo. Este método de protección es muy versátil. Puede utilizarse alrededor de perímetros, también para transmitir señales de alarma desde un espacio auxiliar protegido hasta el espacio principal donde se encuentra el dispositivo de alarma.

El arreglo práctico para una alarma de ruptura de rayos infrarrojos, se obtiene con una fuente de luz apuntada convenientemente a un sensor y mediante un circuito simple que detecte la presencia o la ausencia de cualquier salida significativa del sensor. Como se observó anteriormente, ésto no funciona del todo bien, aparte que es difícil proveerse de un rayo de luz infrarroja lo suficientemente fuerte para habilitar el sensor como interruptor entre dos niveles diferentes de salida. Un rayo de luz infrarrojo, tiende a ser inundado por el nivel infrarrojo que pueda existir en el ambiente.

En vez de usar un rayo de infrarrojo continuo y hacerlo pulsar por medios físicos externos, como podría ser una placa móvil que obstruye el rayo a una determinada frecuencia, el transmisor infrarrojo utiliza un sistema más sofisticado para producir el rayo.

Este aparato tiene un diodo luminiscente que emite un

rayo de luz invisible y genera una señal de infrarrojo, ésta deberá ser pulsante, encendiendo y apagando a una frecuencia apropiadamente alta (generalmente en el rango de 1 a 500 KHz). El led es controlado por un generador de pulsos a través de una etapa amplificadora que permite entregar al led una corriente suficientemente alta. La señal no necesita ser necesariamente una onda cuadrada de semiciclos iguales, de hecho ésta no serviría para la aplicación de transmitir la señal de infrarrojo a una distancia considerable, puesto que es necesario que el led transmita mucha -- energía luminosa, la cual va relacionada con la cantidad de corriente que fluya a través del mismo y si ésta es aplicada durante un período demasiado largo, se corre el riesgo de quemarlo, por esta razón en su lugar, se utilizan pulsos de corta duración. La idea general consiste en mantener encendido el led por --- ejemplo: 10% del tiempo a una corriente muy alta, pero el promedio de corriente se mantiene en un valor -- apropiado. Esto significa que pulsando el led con -- una corriente de 500 mA a una señal que tenga una relación de ancho de pulso de 1 a 9, el promedio de corriente en el led, será de tan sólo 50 mA (el cual es mucho más apropiado para un led infrarrojo).

Hay varios tipos de dispositivos que pueden ser utilizados como sensores en el receptor, pero el más utilizado en estas aplicaciones es el fotodiodo de amplio rango. Este ofrece buena sensibilidad y razonable -- ancho de banda. Este segundo factor es importante, -- puesto que la señal recibida no es un haz continuo, -- sino una serie de pulsos muy estrechos.

Aunque con una sensibilidad razonable, la salida del

diodo sensor no es lo suficientemente fuerte y puede ser menor a 1 milivolt rms, puesto que es una señal - pulsante ésta puede ser fácilmente amplificada a valores razonables más convenientes, utilizando etapas amplificadoras comunes.

Puesto que el acoplamiento se realizará con AC, no -- hay problemas con movimientos o cambios en el nivel - de infrarrojo en el ambiente, provocando disparos espurios en la unidad.

Aunque los pulsos pueden ser a una frecuencia, por -- ejemplo de 10KHz, la estrechez de éstos generan componentes de muy alta frecuencia y el sistema únicamente tendrá un ancho de banda de por los menos 10 veces lo fundamental para poder responder apropiadamente a los pulsos recibidos, y hacer un ahorro considerable en la potencia requerida por el transmisor.

Una de las maneras para recibir la señal proveniente del emisor, para que ésta sea procesada y rechazar señales provenientes de cualquier otra fuente de infrarrojo, es por medio de un filtro selectivo de la señal recibida, pudiéndose éste por medio del uso de un filtro LC, el cual dejará pasar únicamente tonos dentro del rango de su frecuencia de paso. Esta señal - eléctrica será utilizada para controlar el circuito - de conmutación de salida, el cual puede comprender un transistor, un rectificador controlado de silicio --- (SCR), un triac o cualquier otro dispositivo de estado sólido el cual a su vez puede activar un relevador.

El uso de dichos inductores y filtros es muy simple,

pero determinar su valor correcto puede involucrar el uso de fórmulas complejas y su acoplamiento práctico en el circuito también puede ser complicado debido al tamaño de los inductores. Otra manera de lograr la recepción de la señal recibida es por medio del uso de un circuito llamado "Phase Locked Loop" (PLL).

Hasta hace 10 años, los PLL requerían una gran cantidad de componentes para su realización. La evolución de la industria de los circuitos de estado sólido e integrados ha hecho que el tamaño y la complejidad de estos circuitos, se reduzca, pudiéndose fabricar utilizando un solo circuito integrado con un mínimo de componentes.

Una sencilla descripción del trabajo del PLL y sus componentes es la siguiente:

Consiste en un comparador de fase, un filtro paso-bajos y un oscilador controlado por voltaje. El bloque del lazo (loop), entrega una señal de referencia que es comparada con el todo de entrada. Esta es la razón por la cual el comparador de fase lleva este nombre. Su trabajo es comparar dos señales. El desbalanceo de estas señales, determina la salida del comparador del PLL. Si la señal de entrada y la del oscilador controlado por voltaje están a exactamente 90 grados fuera de fase, no habrá salida del amplificador, de lo contrario un desbalance ocurre y el comparador entregará una señal. El circuito trabajará entonces a un valor preajustado. El error será la diferencia entre la señal de entrada y la del oscilador controlado por voltaje. La señal de error cambiará la fase de la frecuencia de la señal del oscilador --

controlado por voltaje hasta que la salida coincida con la señal de entrada.

Un simple decodificador de tono funcionando como PLL se puede realizar con un integrado del tipo 567 para un amplio rango de frecuencia. Este circuito soporta una corriente hasta de 100 mA, la cual es adecuada para operar relevadores pequeños. La frecuencia de esta señal puede ajustarse seleccionando ciertos componentes externos para funcionar en un rango comprendido entre 1KHz y 500 KHz.

Un circuito integrado ICI 567 incluye una etapa de salida y un detector de cuadratura de fase además de los componentes descritos en el PLL.

La etapa de potencia de salida se dispara por el comparador de cuadratura y activa a un transistor como interruptor. El transistor sin embargo, no es un componente externo, éste forma parte del circuito integrado.

Es posible perfeccionar el circuito para obtener alguna mejoría y una de éstas puede ser, añadiendo un sistema óptico que al enfocar la salida del transmisor a un rayo compacto, las frecuentes pérdidas por el amplio rango de acción se reduzcan. En la práctica, hay una reducción en la estrechez del rayo conforme la distancia se incrementa, debido a la imperfección en el sistema de enfoque, consecuentemente la amplitud del rayo también se reduce debido a que el aire no es totalmente transparente.

Con un simple sistema de lente para enfocar el rayo,

el alcance del sistema puede incrementarse en un factor de 5 o más. Los lentes en el receptor también -- puede utilizarse para obtener un mayor incremento en el alcance por un factor similar.

"En la transmisión, puede utilizarse lentes plano-conovexos para enfocar la salida del led en un rayo estreocho. Ópticamente, la parte receptora del sistema es justamente el opuesto del transmisor, con otro lente plano-convexo se recoge la señal del transmisor de un área relativamente amplia, concentrando la energía hacia el diodo sensor de infrarrojo". 1/

Para resultados óptimos, el led y el detector deberán estar perfectamente alineados detrás de sus respectivos lentes, con sus espacios adecuados, siendo éstos la distancia focal de los lentes.

En el mundo de la física no se obtiene algo por nada y el precio que se tiene que pagar para aumentar el - alcance es la alta direccionalidad de ambas partes -- del sistema, emisor y receptor. El resultado práctico de esto es que el sistema deberá ajustarse o cuidadosamente y colocarse en un lugar estable si se quiere un funcionamiento adecuado. Afortunadamente la ali--neación óptica no es difícil de hacer.

Cualquier tipo de lentes pueden utilizarse para oconseguir el funcionamiento de dicho sistema, incluyendo - los de plástico, aunque en términos ópticos, la calidad de dichos lentes es demasiado pobre, ésta no es - indispensable para un buen funcionamiento puesto que

1/ Weber, Thad L.; Alarm Systems and Theft Prevention; Security World Publishing, E.E.U.U., 1977. p.76

únicamente se necesita un enfoque "tosco" para obtener un mejoramiento en el alcance.

2.2 CONFIABILIDAD

La confiabilidad es uno de los factores más importantes. Si el círculo llegara a fallar en el momento -- inoportuno, anularía completamente el fin para el --- cual fue implantado.

La confiabilidad de una unidad de alarma no puede determinarse fácilmente de antemano. Solamente cuando esté instalada y funcionando se pueden descubrir los fallos básicos del sistema. Cualquier componente electrónico es susceptible de defectos, algunas compañías fabricantes definen métodos que expresan los índices de confiabilidad de los mismos. Estos pueden deberse a una debilidad inherente a un esfuerzo normal o anormal durante la operación y al envejecimiento.

Los fallos pueden ser repentinos o graduales, parciales o catastróficos, entendiéndose por estos últimos el fallo del sistema completo aunque sea debido por -- un sólo componente. Pueden ser pronosticables por -- exámenes previos o imprevistos. Un promedio de índice de fallos para cualquier componente se logra y es comprobado por procedimientos que predicen el tiempo medio de fallo para uno solo y el número de fallos pa ra miles de componentes.

El que no se pueda garantizar el 100 por ciento de -- confiabilidad para cualquier equipo que emplee compo-

nentes electrónicos, es muy preocupante. Es obvio -- que en cuanto menor sea el número de componentes, mayor será la confiabilidad total, debido a que cada -- componente puede ser susceptible de fallo. Algunos -- circuitos de alarma, claramente formados por componentes electrónicos, dan variados y apetecibles aspectos y facilidades, pero cada uno de ellos podrá acrecentar la posibilidad de fallos.

Por poner un ejemplo, un circuito utiliza no menos de ocho dispositivos semiconductores activos (transistores, circuitos integrados y diodos), así como diversos componentes pasivos (resistencias y condensadores). Por el contrario, otro circuito utiliza solamente dos semiconductores. Cualquiera de los dos circuitos puede presentar una falla teniendo un pequeño efecto en uno de ellos, mientras que en el otro, el -- fallo provocaría que dejara de funcionar completamente.

Los ejemplos anteriores no indican necesariamente que una unidad, utilizando un gran número de componentes, se descomponga, mientras que otro con menos partes, -- lo hiciera raramente. Esto significa que, estadísticamente, el circuito complejo tiene más posibilidades de averiarse tomando algunos miles de unidades, habrá ciertamente una mayor incidencia de fallas que con el dispositivo más sencillo. Por supuesto, es presuntuoso pensar que los parámetros diseñados sean tales que, todos los componentes hayan trabajado dentro de sus -- evaluaciones específicas.

Otro factor de confiabilidad es la elección de los --

componentes. Tomando en consideración que algunos tipos han resultado ser mucho más confiables que otros. Por ejemplo, algunos tipos de transistores tienen un excelente registro de confianza, mientras que otros tienen unas tasas muy altas de fallas. Otro ejemplo en el cual se ve más claro este criterio, es en los relevadores, donde algunos se enmohecen y producen una gran resistencia cuando trabajan durante un largo período, por el contrario otros son protegidos y están fabricados a prueba de enmohecimiento.

Cuando se trata de los cálculos necesarios para la realización de un circuito, se puede partir del caso más desfavorable, considerando los parámetros del peor transistor de la serie al término de su actividad, lo que nos llevaría a utilizar un valor muy débil de la relación de transferencia de corriente β y por consiguiente a que trabajen los transistores normales con una corriente de base mucho menor a la efectivamente necesaria para su funcionamiento normal.

De todo lo anteriormente tratado resulta:

1. Un aumento inútil de la potencia disipada por los transistores normales y con mayor motivo para aquellos cuyas características sean menores a la media.
2. Una velocidad de funcionamiento de todo el sistema menor, puesto que trabajar los transistores con una corriente de base demasiado baja, aumenta su tiempo de almacenamiento.
3. Una subestimación del incremento de los componen--

tes de un circuito, lo que trae consigo una multiplicación de elementos en el mismo y por ende un aumento en el riesgo de averfa.

De lo anterior, se infiere que para el diseño del circuito el método de cálculo "según el peor caso", no es un factor de fiabilidad.

En cambio el que estudia los circuitos tomando como criterio principal el de rendimiento máximo, no tiene en cuenta la desviación del valor de los parámetros de los componentes con el envejecimiento y estos últimos correrán el riesgo de averiarse prematuramente.

Entre estos dos extremos, el método estadístico, que recurre a cálculos demasiado amplios para ser desarrollados, permite determinar la tolerancia óptima admisible en los valores iniciales de los parámetros de los semiconductores utilizados y permite obtener la mejor correspondencia entre la fiabilidad, el rendimiento y el costo de los circuitos elementales.

2.3 DIAGRAMA DEL PROTOTIPO

Circuito Transmisor

El transmisor utiliza los componentes que se aparecen en el diagrama de la figura 2.3.1

(IC₁) es la base de la unidad, el cual consiste en una versión CMOS de bajo consumo del temporizador 555. El funcionamiento aquí es de forma astable (oscilador),

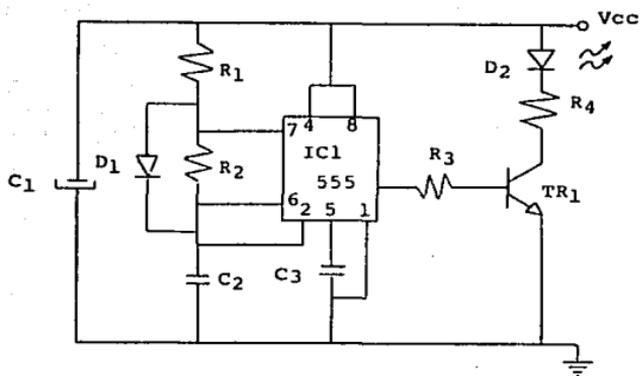


Figura 2.3.1 CIRCUITO TRANSMISOR

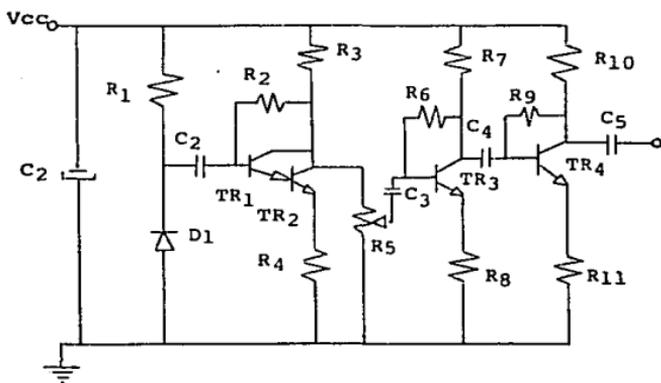


Figura 2.3.2 ETAPA RECEPTORA Y AMPLIFICADORA

pero no es del todo utilizado en su forma convencional debido al empleo del diodo D1. Normalmente este circuito opera en primer lugar por la carga del capacitor C2 hasta $2/3$ del valor de la fuente de voltaje aplicada a través del R1 y R2, durante este período de tiempo, la salida en la pata 3 permanece en nivel alto. C2 es entonces descargado a través de R2 e internamente a través del transistor del circuito-integrado hasta que la descarga alcanza el valor de $1/3$ del voltaje de alimentación. El ciclo se repite con la carga de C2 a través de R1 y R2. La salida - del circuito IC1 permanecerá en estado bajo durante el período de descarga. El transistor TR1 enciende a el led D2 cuando la salida IC1 es alta.

En un circuito estable común del 555, la duración -- del período que la salida permanece en alto, es mayor que el tiempo que permanece en estado bajo; pues que la carga de C2 es a través del R1 y R2 y la descarga es únicamente por R2. Esto es lo opuesto a lo que se requiere, esto generaría que el diodo permaneciera encendido en un poco más del 50 por ciento del período, en lugar del 10 por ciento o menos. El diodo D1 proporciona una simple solución al evitar a R2 durante la carga de cada ciclo. El tiempo de la - carga es controlado por R1 y el de descarga por R2. Al hacer el valor de R2 cerca de 10 veces mayor que el valor de R1, la forma de onda requerida tendrá una relación del 1 a 10, pudiéndose hacer esta relación más pequeña si así se requiere.

El circuito de la etapa receptora y amplificadora se muestra en la figura 2.3.2

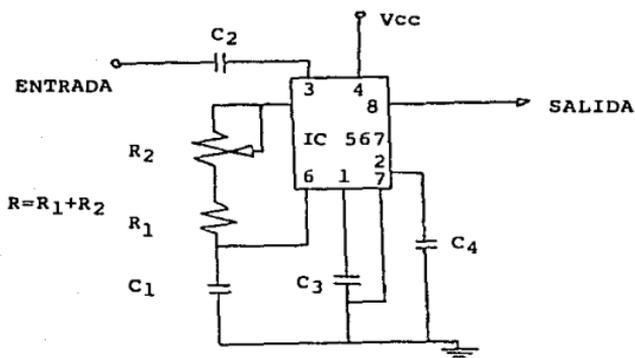


Figura 2.3.3 ETAPA DETECTORA

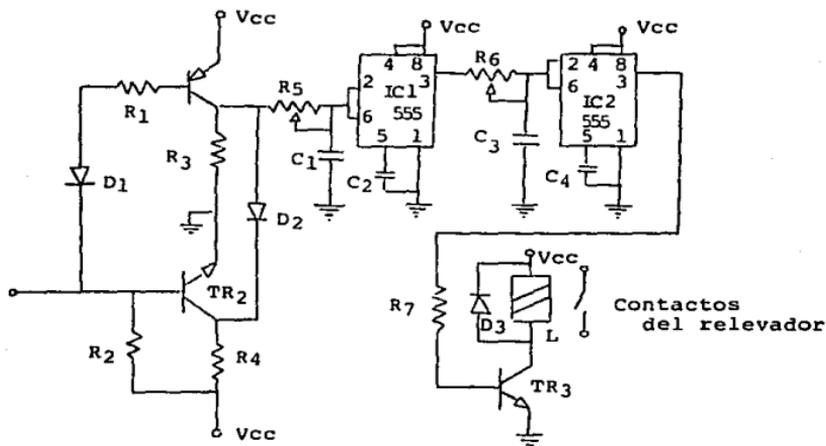


Figura 2.3.4 ETAPA DE RETARDO Y SALIDA POR RELEVADOR

La etapa receptora consta de tan sólo tres componen--tes, dentro de éstos el principal lo constituye el --diodo receptor de infrarrojo, el cual es polarizado --por medio de una resistencia R_1 y un capacitador de --acoplamiento por el cual se toma la señal recibida pa--ra poder ser amplificada.

La etapa amplificadora consta de tres pasos de ampli--ficación. El primero utiliza dos transistores forman--do un par Darlington. Una de las razones para utili--zar un arreglo Darlington en la primera etapa amplifi--cadora es que se incrementa considerablemente la beta, siendo ésta la multiplicación de la beta de un tran--sistor con la beta del otro, éste origina un incremen--to en la impedancia de la entrada de la base y un incre--mento también en la amplificación. Si los dos ---transistores son iguales, la amplificación de entrada será aproximadamente igual a B por resistencia de emisor. Hay que tomar en cuenta que la señal entrega--da por la etapa receptora es muy pequeña y se corre --el riesgo de perder toda la señal tan sólo en la en--trada a la primera etapa amplificadora si ésta tiene una impedancia baja.

En el acoplamiento a la siguiente etapa amplificacora se intercala un control de ganancia, éste es con el --fin de regular la señal de entrada para casos extre--mos en el que la señal recibida sea demasiado fuerte y produzca un mal funcionamiento debido a la satura--ción de los transistores posteriores. Este control --de ganancia deberá estar aislado de los elementos del circuito de lo contrario, cualquier cambio en el ajust--e puede resultar en un cambio de impedancia, ganan--cia y polarización, es por eso que dos capacitores se

han colocado para evitar este problema de acoplamiento.

Las etapas amplificadoras están conectadas en polarización de emisor común con realimentación por colector para aumentar su estabilidad. Esta se obtiene conectando el resistor de base al colector en vez de a la fuente. Si por cualquier razón aumenta la corriente del colector, la caída de voltaje en la resistencia de colector aumentará, disminuyendo el voltaje en el colector, lo que disminuirá la corriente y el voltaje de base, reduciendo así el voltaje de colector. Se combina también el efecto de realimentación con el producido por el resistor del emisor para contrarrestar cualquier variación de la corriente del colector.

La etapa detectora se muestra en la figura 2.3.3. Los componentes externos se elegirán para ajustar el disparo del transistor interno mandando una señal a tierra únicamente a la frecuencia deseada, siendo ésta la del transmisor. C_1 , R_1 y R_2 determina la respuesta del dispositivo, la fórmula para la determinación de este valor está dada por:

$$F = \frac{1}{1.1 \sqrt{(R_1 + R_2) C_1}}$$

Donde hay que tomar en cuenta que R_1 y R_2 , para no restar estabilidad no pueden tener valores menores a $2K\Omega$ y no deberá exceder tampoco los $18K\Omega$ en este circuito, los valores de capacitancia deberán elegirse para que permita tener un valor de resistencia en este intervalo.

La resistencia R_1 es una resistencia fija y R_2 es un

control variable con el fin de obtener un ajuste preciso sobre la frecuencia de recepción.

La alimentación de este circuito no deberá ser mayor de 9 V y no menor a 5 V.

La señal de entrada puede ser muy débil casi escondida por el ruido; sin embargo, el circuito es capaz de engancharse con esta señal y producir una señal de salida.

Generalmente se necesita que la señal de salida no sea inmediata o una vez que se ha dado, se mantenga durante un período de tiempo determinado, los cuales puedan ser ajustados al valor necesario dependiendo de la necesidad específica que se requiere en la operación del sistema.

En la figura 2.3.4 se muestra la etapa de retardo. El retardo de tiempo de la señal de salida es útil para evitar las falsas alarmas, debido a disparos espurios por una falta momentánea del transmisor, la cual puede ser incluso de microsegundos. Además puede ser prolongado el tiempo lo suficiente para dar oportunidad a otras aplicaciones, como es el caso de no querer detectar la interrupción del rayo infrarrojo a menos que el objeto de dicha interrupción permanezca bloqueando el rayo durante un tiempo considerablemente largo, como en el caso de detectar objetos que pasen lentamente a través de la zona del haz y no los objetos a gran velocidad. En caso de que la velocidad fuera la misma lo que se detectaría únicamente serían objetos de mayor tamaño pues estos cumplirían --

con el requisito de interrumpir el haz por un periodo mayor, siendo así la única forma de ser detectados.

El tiempo de retardo una vez que se ha detectado el objeto, es necesario para poder obtener una señal de salida lo suficientemente larga para que pueda funcionar como señal de aviso o controlar una etapa posterior e incluso algún proceso más complicado. Este tiempo deberá ser también ajustable para cumplir con las características de algún sistema en particular.

Las dos etapas de retardo de tiempo utilizan dos circuitos temporizadores 555.

El circuito IC1 es el que dará el tiempo de retardo una vez que sea interrumpido el haz de luz infrarrojo IC1 manda una señal al integrado 555 IC2 si el periodo de tiempo de interrupción del rayo es mayor al tiempo de temporización al cual está ajustado por medio de sus componentes externos R5, IC1, de lo contrario TR1, restablecerá a IC1 y no dará oportunidad que termine su tiempo de retardo para obtener una señal de salida alta necesaria para activar a IC2, el cual funcionará de manera similar a IC1 pero con la diferencia de que la señal llega invertida.

El cálculo del tiempo de temporización está dado por la ecuación que define la carga del capacitor C1 a través de la resistencia R5. El voltaje a través del capacitor se incrementa exponencialmente por un periodo de tiempo :

$$t = 1.1 \times R5 \times C1$$

Al final de dicho tiempo, el voltaje será 2/3 de Vcc y los comparadores internos restablecerán el flip flop interno que originará que la salida a través de

La pata 3 sea de nivel bajo. La aplicación de un pulso negativo de disparo que descargue inmediatamente - el capacitor a menos de $1/3$ de V_{cc} hará que el circuito cambie a un estado alto en la pata número 3.

La señal que entrega el último temporizador es aplica da a través del transistor TR3 a un relevador (L), el cual permite controlar cualquier dispositivo electróni co o eléctrico, completamente aislado del sistema - receptor de infrarrojo, que incluso pueda requerir de mayor potencia, la cual no pueda ser entregada por este sistema.

C A P I T U L O I I I

PRUEBAS Y EVALUACION

Existen algunas consideraciones que deberá tenerse en cuenta para la instalación y puesta en marcha de los sistemas de alarma, entre otros que al integrarse casi en forma total nuestro país a Estados Unidos y probablemente a Canadá, a través de la firma de un acuerdo de libre comercio, los cambios que se presentarán forzosamente afectarán los lineamientos y requisitos que establecerán las compañías de seguro para su otorgamiento.

En Estados Unidos para que proceda el pago de la póliza, deberá demostrar el empresario que sus sistemas de detección de robo funcionaban de acuerdo con los estándares que existen.

De la misma forma para que una compañía de sistemas de alarma pueda realizar la instalación, debe recibir la autorización previa de los laboratorios de investigación de las aseguradoras.

Esta investigación incluye la inspección en situ para supervisar que cuando menos se hayan instalado cuatro o más sistemas de alarma anti-robo, facilidades para su servicio y mantenimiento, refacciones y piezas de reemplazo y que -

la compañía de alarmas cuenta con oficinas y procedimientos de control y custodia.

Cuando se ha determinado que las instalaciones revisadas - cumplen con las normas de los UL (Underwriter's Laboratories-Laboratorios de las Aseguradoras), se incluye al contratista en una lista en la que se hace saber que ha sido aprobado para la instalación y servicios de mantenimiento de alarmas locales, expidiéndole al mismo tiempo un certificado.

Aún cuando no todos los contratistas de alarma en servicio han sido autorizados, si cuando menos más del 50% cumplen con este requisito.

Otra de las condicionantes de las aseguradoras hacia los - contratistas es que en caso de no poder ser reparados los equipos durante las horas hábiles, deberán proporcionar a sus clientes la protección necesaria hasta que la reparación y el buen funcionamiento de los sistemas se ha efectuado.

El lema con el que actúan los UL es "Probando para la seguridad del Público".

El reflejo de las medidas enlistadas ha sido que al disminuir los ataques en las grandes empresas que contratan los servicios de los contratistas con certificado UL, los índices criminales de robo también se han decrementado, ahorrándose las compañías de "alto riesgo" sumas que ascienden a miles de millones de dólares.

Los sitios en los que con mayor incidencia se efectúan robos son, según los expertos, en orden de importancia:

- a) Tiendas de ropa para caballero
- b) Joyerías
- c) Licorerías
- d) Casas de préstamos y cambio de dinero
- e) Farmacias
- f) Casas de ropa para dama
- g) Abarrotes
- h) Casas de accesorios automotrices
- i) Ferreterías
- j) Casas de aparatos fotográficos
- k) Ópticas
- l) Tabaquerías

En estas condiciones, en caso de que las aseguradoras mexi-
canas se reprivatizaran y como es lógico suponer -dado que
esa ha sido la tónica del actual gobierno- los adquirien-
tes serán necesariamente compañías estadounidenses, el dis-
positivo de seguridad motivo de esta tesis deberá ajustarse
a las normas UL y pasar las diferentes supervisiones a
que sería sometido.

3.1 MEDICION DE PARAMETROS DEL DETECTOR

Las características que deben medirse para asegurar -
el buen funcionamiento del detector son:

- a) Detectividad
- b) Respuesta espectral
- c) Velocidad de respuesta

- a) Detectividad. - La técnica para la medición de la
detectividad depende del tipo de detector, sin em-
bargo, todos los métodos tienen varias característi

cas en común: Una fuente de rayos infrarrojos, -- temperatura constante; un troceador para modular -- la radiación de rayos infrarrojos; un amplificador sintonizado en un estrecho ancho de banda, generalmente variables sobre un rango considerable sobre el espectro de audio-frecuencias; y un preamplificador de bajo ruido.

Una medición existosa requiere que el ruido del -- preamplificador sea considerablemente menor que el ruido producido por el detector. La temperatura -- de la fuente de infrarrojo es generalmente mantenida a 500°K para mediciones en detectores, que tienen respuesta a longitudes de onda mayores a 3 micras. La radiación de rayos infrarrojos tendrá -- una densidad de potencia sobre el detector de 10^{-1} W/cm . La modulación de la frecuencia es determinada por la velocidad de respuesta del detector, -- variando desde 10 cps para detectores térmicos lentos hasta los 1000 cps para los detectores de fotones. Una medición casi sinusoidal es obtenida por el uso de troceadores con ranuras igualmente espaciadas haciendo que la apertura de éstas sean 1.15 veces el diámetro de la apertura de la fuente de -- infrarrojo. Mientras que la fuente de infrarrojo, el preamplificador y el analizador de ondas son -- los mismos para todos los detectores, la polarización del circuito depende del tipo de detector.

La medición de la detectividad se realiza de la siguiente manera:

En detectores fotoconductivos, el detector es colocado en serie con una fuente de baterías variable

y una resistencia de carga, la cual es generalmente del mismo valor que la resistencia del detector. La salida se tomará en la resistencia de carga. - La batería de polarización se ajustará hasta obtener la máxima relación de señal a ruido. Un bajo voltaje de polarización producirá una pequeña señal y poco ruido. Bajo estas condiciones el ruido del amplificador generalmente imitará las características del detector. Cuando el voltaje de polarización aumenta hasta que el ruido del detector es mayor que el del amplificador, la señal de ruido generalmente permanecerá constante hasta que la corriente alcanza el valor donde la señal ya no se incrementa y el ruido lo hace considerablemente. El detector deberá usarse debajo del valor de dicha corriente.

Los detectores fotovoltaicos no requieren corriente de polarización. Bajo condiciones ideales, el voltaje producido por el detector puede ser aplicado directamente al amplificador. Actualmente, el voltaje de ruido de los detectores es tan pequeño que un transformador puede usarse para acoplar las impedancias del detector hacia el amplificador. - cuando el detector sea utilizado para aplicaciones donde se requiera que la amplificación se realice sobre un amplio ancho de banda, los transformadores con alta relación de vueltas no se pueden utilizar. Ciertos detectores fotovoltaicos pueden operar en modo de polarización inversa aplicada al detector da niveles de relación de señal a ruido mucho mayores que los detectores fotovoltaicos ordinarios. Por lo tanto no se requiere de transformadores.

- b) La Medición de la Respuesta Espectral.- Requiere que la potencia de radiación que inciden al detector, se mantenga constante a varias longitudes de onda, o que la variación de la potencia de radiación a varias longitudes de onda se conozca. En general, un termocople es usado para monitorear la radiación de un aparato monocromático, debido a -- que la respuesta de los termocoples en general no es función de la longitud de onda. Si se desea -- mantener la potencia de radiación constante, la medida de la abertura del monocromador es ajustada -- de tal manera que la señal de salida del termocople permanezca constante.

También puede realizarse mediciones espectrales -- absolutas si se utiliza un termocople calibrado. -- El detector deberá ser colocado en un punto donde reciba la misma energía del rayo monocromático que el termocople. Debido a la dificultad de producir el lugar de estos dos puntos, este método está sujeto a un error considerable. Además de la calibración del termocople requiere de fuentes de infrarrojo para propósitos estandarizados.

Un método más conveniente para mediciones rutinarias, es el que utiliza la medición de respuesta -- relativa y la medición de la detectividad normalizada (D^*) obtenida por el uso de una fuente de radiación infrarroja.

La detectividad a una longitud de onda particular (D^*) es proporcional a la respuesta relativa (R), a la misma longitud de onda $D^* = KR$.

La constante K deberá ser evaluada para cada detector. Los detectores con la misma respuesta espectral relativa requiere un simple cálculo para obtener la relación entre la respuesta a un pico espectral y la respuesta a una fuente de energía infrarroja. Asumiendo una respuesta ideal. Las mediciones de respuesta espectral pueden hacerse con cualquiera de los monocromadores de infrarrojo comerciales existentes.

Para mejores resultados, el detector deberá estar colocado en tal posición que la distancia a la fuente de infrarrojo sea igual para el detector del termocople. La misma baja frecuencia del troceador que se usa para detectores térmicos (por lo general éstos responden más lento), es generalmente adecuada para la determinación de la respuesta espectral de los detectores fotónicos. En experimentos, sin embargo, deberán utilizarse frecuencias considerablemente altas para detectores de fotones y así obtener detectividades mayores.

- c) Medición de la Velocidad de Respuesta.— Las constantes de tiempo de los detectores comerciales comunes varían por lo general de 50 mseg a 20.0 useg. De las dos técnicas de medición de estas constantes de tiempo, la técnica de pulsos cuadrados y la de variación de frecuencia, la primera es la más versátil.

Radiaciones de pulsos cuadrados pueden obtenerse por dos métodos. Primero, para detectores lentos un troceador de media sección puede hacerse girar

enfrente de la fuente de infrarrojo. Los resultados sólo tendrán sentido, si el tiempo de rizo de la radiación que se ha troceado es considerablemente menor que la constante de tiempo del detector, y si la fuente es filtrada adecuadamente para contener sólo radiaciones en la región espectral del detector cuya constante de tiempo será medida. Esto es un requisito para detectores cuya constante de tiempo es dependiente de la longitud de onda. La segunda técnica para obtener radiación de pulsos cuadrados consiste en reflejar la radiación en un espejo giratorio hacia el detector. Este método es utilizado generalmente cuando la constante de tiempo es menor a 10 useg. Con la cuidadosa selección de los dispositivos ópticos, poco rizo y tiempo de caída, pueden obtenerse hasta 10^{-8} seg. - Un amplificador de ancho de banda usado en conjunto con un osciloscopio deberá usarse para observar el rizo y las características de caídas y las constantes de tiempo serán evaluadas de las gráficas.

La técnica de variación de frecuencia es adecuada para detectores con constante de tiempo menores a 10 useg. Se utiliza el mismo arreglo que el utilizado para la medición de la detectividad. Se requiere de un motor que deberá operar sobre un amplio rango de velocidades. Variaciones de frecuencia de voltaje podrán medirse con voltímetro de tubo al vacío.

Los dos métodos para evaluar las constantes de tiempo pueden dar resultados diferentes cuando la caída no es una exponencial simple, por ejemplo co

mo en el caso de detectores de múltiples constantes - de tiempo.

Los troceadores rotativos o espejos en ambos métodos, se deberán eliminar completamente cuando un diodo emisor como el InAs sea usado como fuente de radiación. El diodo podrá modularse por medio de un generador de onda cuadrada o sinusoidal.

3.2. SIMULACION DE FALSAS ALARMAS

En términos generales, se considera que el contratista o quien instala los sistemas de alarma tiene la -- responsabilidad primaria del diseño y distribución -- original del sistema de protección, pero el usuario es responsable de las falsas alarmas o de la pérdida de efectividad que resultan de las diferencias en los procedimientos de seguridad o de los cambios o ampliaciones en la estructura básica de las edificaciones.

Un ejemplo del daño que puede ocasionar al sistema el usuario podría ser la erección de cancelas en el interior de las oficinas, reduciendo de esta forma la efectividad de los sistemas de detección proyectados.

La cobertura de protección que proporcionan los sistemas ultrasónicos, sónicos e infrarrojos, es obstruida por los cancelas de vidrio, asbesto o madera y por paneles y paredes.

Los dispositivos de rayos infrarrojos pueden presentar falsa alarma en los siguientes casos:

- 1) Plegamientos o encogimientos de los pisos, en caso de estar instalados en ellos
- 2) Disminución de voltaje
- 3) Fallas en la energía
- 4) Truenos
- 5) Humo
- 6) Suciedad
- 7) Vapor
- 8) Obstrucciones ocasionadas por:
 - a) Veladores
 - b) Intrusos encerrados
 - c) Aves
 - d) Roedores e insectos
 - e) Perros y gatos
- 9) Grandes vibraciones

El conjunto de las causas más frecuentes de falsa alarma, obliga a circunscribir el uso del dispositivo a las instalaciones o edificios en donde exista la seguridad casi total de que no se presentará, cuando la causa no sea controlable. En las de control, se deberán establecer mecanismos para evitarlas, como es el caso de los roedores e insectos que casi pueden ser eliminados mediante la fumigación plaguicida periódica.

Hasta ahora en pruebas experimentales de simulación no se ha detectado alguna nueva variante causal de falsa alarma.

Sin embargo, de acuerdo con los lineamientos UL es -- conveniente asociar el dispositivo infrarrojo con --- otros sistemas de detección.

La clasificación UL describe tres tipos básicos de -- protección:

N° 3.- Estos sistemas deberán proteger con redes (o con hojas de estaño) todas las ventanas, puertas, tra galuces y otras salidas de los locales. Conjuntamente, todos los acceso móviles deberán contar con alarmas de contacto (interruptores eléctricos) o contar - con uno o más canales de radiación invisible (la longitud total mínima de los rayos deberá ser el equivalente a la más larga de las medidas del área), para - detectar cualquier movimiento en el área a protegerse.

Una alternativa al anterior, es el de la instalación de alarmas de contacto solamente en las puertas, junto con un sistema de radiación invisible en todas las secciones del área cerrada, para detectar movimientos de "cuatro pasos". 1/

"Rayos invisibles" o "canales" se refiere a rayos infrarrojos o fotoeléctricos y cualquier tipo direccional de sistemas de microondas o de detección ultrasónica. "Radiación invisible en todas las secciones -- del área cerrada" se entiende como el uso de sistemas convencionales de detección como: ultrasonido, radar o infrarrojo pasivo.

N° 2.- Esta instalación además de las del N° 3 que - las ventanas no accesibles; todos los techos y pisos

1/----- Esto es, que cada que el individuo dé cuatro pasos, uno por segundo se activará una alarma.

no contruídos de concreto; los corredores y divisiones de los locales deben contar con mallas protectoras.

Los interruptores eléctricos en las partes anotadas - en el N° 3 deben ser suplementados con una cadena de radiación invisible que divida cada sección del área, en tres superficies iguales, o más, a razón de una -- por cada 100 m² de superficie. La finalidad es que - el intruso deba moverse necesariamente a través de -- los rayos para efectuar el atraco, aunque sea capaz - de entrar a las instalaciones a través de algún punto desprotegido.

N° 1.- Este sistema proporciona en el total de los - locales protección eléctrica y se emplea únicamente - cuando ésta se conecta con una central de alarmas, pe ro nunca como alarma local.

Por el momento, la legislación, en cuanto a las asegu radoras, la alarma diseñada puede ser utilizada en el país, con la limitante de que en el evento de que se introdujeran al país, con el tratado de libre comer-- cio, las normas UL, deberá asociarse con los aditamen tos marcados en las clasificaciones N° 2 y 3. 1/

La apliación del sistema como detector de movimientos en los procesos industriales, no tiene ninguna limi-- tante ni en el presente ni en el largo plazo. Aunque las causales de falsa alarma en cualquier caso persig tirán con variantes en los agentes.

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS CONDICIONES QUE GENERAN FALSA ALARMA
Y QUE DEBEN CONSIDERAR PREVIAMENTE LOS SISTEMAS

0 - IMMUNE

X - FALSA ALARMA PROBABLE

? - INCIERTO

| CONDICIONES | RAYOS FOTOELECTRICOS | RAYOS INFRARROJOS | ULTRA SONIDO | DETECCION SONICA | RADAR | MICRO ONDAS | INFRARROJO PASIVO |
|-----------------------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------|----------------|----------------------|
| I. Factores de Alteraciones de aire: | | | | | | | |
| Osilaciones de cortinas, celosías o persianas | 0 (a) | 0 | X | X | 0 | X(b) | 0 a |
| Ventiladores de Aspas | 0 | 0 | X | X | X b | X b | 0 |
| Recicladores de aire, ductos y radiadores | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ventanas y puertas sueltas | 0 a | 0 a | X | X | X b | X b | 0 |
| Sirenas Industriales de Tiempo | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 |
| Teléfono | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 |
| Vientos Fuertes | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 |
| II. Factores de Ruido Interno | | | | | | | |
| Teletipo | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Radiadores de Enfriamiento | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Relojes/campanas | 0 | 0 | X 1 | X | 0 | 0 | 0 |
| Encogimientos del Piso | X c | X c | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Sonidos de Aviso de elevadores | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Ladridos | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |

| CONDICIONES | RAYOS FOTOLECTRICOS | RAYOS INFRARROJOS | ULTRA SONIDO | DETECCION SONICA | RADAR | MICRO ONDAS | INFRARROJO PASIVO |
|------------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------|----------------|----------------------|
| <u>Externos</u> | | | | | | | |
| Ruido de Aviones | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 |
| Camiones | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 |
| Trabajos de demolición | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Sirenas policiacas y cornetas | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Lluvia y granizo | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Disparos | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| Truenos | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 |
| III. Partes Móviles en el Interior | | | | | | | |
| Motores y Generadores | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Maquinaria Industrial | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Elevadores | 0 | 0 | ? | 0 | X | X | 0 |
| Calentadores Ambientales | 0 | 0 | X | X | X | X | X |
| Hornos | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X |
| Bombas automáticas | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 |
| <u>Externos</u> | | | | | | | |
| Elevadores | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Transportes subterráneos | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Equipo de limpieza de ventanas | 0 | 0 | 0 | X | X | X | 0 |

| CONDICIONES | RAYOS FOTOLECTRICOS | RAYOS INFRARROJOS | ULTRA SONIDO | DETECCION SONICA | RADAR | MICRO ONDAS | INFRARROJO PASIVO |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------|----------------|----------------------|
| IV. Factores Eléctricos | | | | | | | |
| Transformadores | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X |
| Luz incandescente | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Luz fluorescente | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 |
| Reguladores de voltaje | X | X | X | X | X | X | X |
| Fallas de corriente | X | X | X | X | X | X | X |
| Cambio de Temperatura | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Relámpagos | X | X | X | X | X | X | X |
| Cambio de Iluminación | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. Obstrucciones | | | | | | | |
| Cartones sueltos o caídos | X | X | X | X | X | X | X |
| Sombras creadas por pilas de mercancía adicional, estantería, etc. | X | 0(3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Humo | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Suciedad | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vapor | X | X | X | 0 | 0 | 0 | X |
| Gases | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VI. Seres Vivientes | | | | | | | |
| Vigilantes | X | X | X | X | X | X | X |

| CONDICIONES | RAYOS FOTOELÉCTRICOS | RAYOS INFRARROJOS | ULTRA SONIDO | DETECCIÓN SÓNICA | RADAR | MICRO ONDAS | INFRARROJO PASIVO |
|-------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------|----------------|----------------------|
| Intrusos "quedados" | | | | | | | |
| Encerrados | X | X | X | X | X | X | X |
| Aves | X | X | X | ? | X | X | ? |
| Roedores, Insectos | X | X | 0 | ? | X | 0 | ? |
| Gatos y perros | X | X | X | ? | X | X | X |
| VII Otros | | | | | | | |
| Grandes vibraciones (Maquinaria en el suelo, etc.) | X | X | X | X | X | X | 0 |
| Interrupción en los circuitos telefónicos | X | X | X | X | X | X | X |

1) Podría ser problemático en un establecimiento cerrado

2) Metal en movimiento

3) Unidades que lleven reflejantes

a) A no ser que se extienda dentro del aparato

b) Si se prolonga el metal al interior del aparato

c) Si está montado en el piso

NOTAS:

- A. Los sistemas de capacitancia, diferencial de presión de aire, vibración y detección sónica, diseñados originalmente para seguridad y protección de bóvedas fueron omitidos de este análisis por la invalidez de la comparación.
- B. Algunos casos donde los sistemas de detección de movimiento no fueron mencionados por los constructores de alarmas, se debió primordialmente a la desventaja que presentaría indicarlo y esta información fuera utilizada por intrusos o ladrones.

3.3 MEDICION DE CARACTERISTICAS FINALES

3.3.1 Detectividad

Se define como la señal a ruido por watt de la potencia incidente. Esto es, el recíproco de - una cantidad frecuentemente utilizada que es, - la "potencia equivalente de ruido".

La potencia incidente, es generalmente modulada para hacer posible una mejor amplificación de - la señal del detector. Puesto que la detectividad está en función de las condiciones de las - mediciones, es deseable especificar las siguientes condiciones:

- La temperatura del elemento emisor que entre- ga la potencia radiante.
- La modulación de la frecuencia
- El ancho de banda del amplificador usado en - conjunto con el detector.

La comparación de detectividad se simplifica si el área del detector se estandariza a 1 cm^2 y - el ancho de banda del amplificador a 1 cps. En tonces, para muchos detectores la detectividad normalizada (D^*), varía inversamente al área - cuadrada del detector.

La única especificación que la D^* requiere es - el campo angular de visibilidad y la temperatu-

ra del elemento emisor. Valores D^* está generalmente se dá con un ángulo de 180° de campo de visión.

3.3.2 Ruido

La determinación de D^* requiere el conocimiento de la señal a ruido del detector. Las magnitudes individuales de la señal y el ruido pueden estar a disposición, sin embargo, éstas determinarán el diseño del amplificador que será utilizado en conjunto con el detector. De este modo dos detectores pueden tener la misma D^* , aunque uno pueda tener mayor señal por watt de potencia incidente y su correspondiente mayor ruido para lo cual será más deseable tener un sistema de amplificación que requiera mayor ganancia y por consiguiente una menor precaución de mantener su operación a bajo ruido. Una especificación de capacidad de respuesta (la señal de voltaje por watt de radiación incidente en el detector) y el voltaje de ruido (cuando el detector no recibe señal) puede ser de consideración para el diseñador del sistema, aún si sólo se especifican medidas de magnitud. La magnitud y el espectro de frecuencias del ruido así como el tener una buena señal, es diferente para cada tipo de detector, si no se utilizan apropiados controles de manufactura, aún para detectores del mismo tipo. Hay varios tipos de ruidos los cuales deberán ser identificados en varios detectores:

a) Ruido Johnson. Este ruido es limitante en -

todos los conductores, es producido generalmente por el movimiento random de las cargas portadoras dentro de un sólido.

De este modo, un detector de 1 megaohm que opera a la temperatura ambiente y usado en unión con un amplificador de un ancho de banda 1 cps tendrá un ruido Johnson de 0.13 microvolts. Este ruido es independiente del flujo de corriente a través del sólido. Esta frecuencia es invariante en regiones de frecuencia de audio y de radio.

- b) Ruido $1/f$. Este tipo de ruido es encontrado en todos los semiconductores cuyo origen no está bien determinado, por lo general es asociado a la superficie del semiconductor y depende de las técnicas utilizadas en la preparación del detector. Como el nombre lo indica como la potencia de ruido varía inversamente con la frecuencia. Una buena construcción del detector no muestra un ruido muy significativo por debajo de frecuencias cercanas a los 50 cps. Este ruido varía linealmente con el flujo de corriente a través del detector.
- c) Ruido generado por la fluctuación en la generación y recombinación de cargas portadoras en los semiconductores. Este tipo de ruido es producido por la generación random y recombinación de cargas portadoras en los semiconductores. Cuando dicha variación se pro-

duce por la llegada random de los fotones de la fuente generadora, es designada como ruido fotónico, cuando se produce por las vibraciones internas se le llama ruido de generación-recombinación (ruido G-R). El ruido fotónico y el ruido G-R, así como el ruido $1/f$ varían linealmente con la corriente a través del detector.

- d) Ruido por temperatura. Es producido por la fluctuación de la temperatura en los alrededores, especialmente por la variación de la temperatura de la superficie en la cual se monta el elemento sensitivo del detector. Este voltaje de ruido generalmente varía linealmente con la corriente a través del detector.

3.3.3 Señal del Detector

La magnitud de la señal del detector y su capacidad de respuesta depende del tipo de detector y del método de su manufactura. Para los detectores térmicos, éstos dependen de la capacidad de respuesta calorífica del elemento sensitivo y las conductividades térmicas de sus partes. En los detectores de fotones, la señal de voltaje depende del número de cargas portadoras liberadas por fotón (un número cuyo máximo es generalmente la unidad) y el tiempo que estas cargas permanecen libres (su tiempo de vida). En los detectores fotoconductivos la señal para la pequeña corriente de polarización es generalmen

te proporcional a la corriente.

3.3.4 Velocidad de respuesta

Una medida de la velocidad de respuesta es la constante de tiempo, la cual no puede ser definida de otra manera. Si una radiación de pulsos cuadrados se hacen incidir sobre el detector, los rizados de la fotoseñal decae más despacio que el mismo pulso. Si la caída de la señal es exponencial, de la forma $e^{-t/T}$, entonces T es la constante de tiempo. cuando una radiación modulada sinusoidalmente de una amplitud cualquiera incide en el detector, el voltaje de salida del detector, es frecuentemente invariable, tan ampliamente como el detector pueda seguir la rapidez de la variación del flujo de energía. Más allá de este punto, decae con el incremento de la modulación de la frecuencia.

En suma, la velocidad de respuesta, depende de la intensidad y la longitud de onda de la señal radiada. Pueden obtenerse resultados ambiguos, a menos que todas las condiciones de medición estén bien especificadas.

La respuesta espectral de un detector puede estar en unidades relativas o absolutas. Si solamente interesa la forma de respuesta espectral, una comparación de la respuesta del detector, para varias longitudes de onda, las medidas relativas de respuesta son suficiente. Para mediciones absolutas de respuesta, el detector debe

ser comparado con un detector calibrado o bien con una fuente calibrada.

3.3.5 Medición del Area Detectora

Puesto que la mayoría de los elementos detectores se encuentran en empaques sellados, sus dimensiones deberán ser determinadas ópticamente. El mejor instrumento para este trabajo es un microscopio micrométrico.

Después de calibrar el detector linealmente, el cual está provisto de un movimiento vertical -- (ésto es, el que es paralelo al eje óptico del microscopio), puede ser utilizado para medir la distancia de la ventana protectora al elemento del detector. Una vez enfocado el microscopio en la superficie de la ventana (algunas partículas de polvo hacen que sea fácil de encontrar), se anota la lectura del microscopio, después se ajusta el enfoque en el elemento detector y se anota nuevamente la lectura de la escala. La diferencia de ambas lecturas es la distancia de la ventana al detector. Para mayor exactitud, es necesario hacer pequeñas correcciones para las partes ópticas más delgadas de la ventana. Otras alternativas para realizar las mediciones del detector, puede ser por medio de un comparador óptico o un microscopio equipado con un micrómetro óptico. Si la ventana en el encapsulado del detector no es virtualmente transparente, no hay nada más que hacer que aceptar los valores del área y la distancia que son dadas por el fabricante.

3.3.6 Medición de Valores Relativos

Muchas de las características utilizadas para - describir a los detectores requieren únicamente de la relación de voltajes y no de sus valores absolutos. Sin embargo, para asegurarse que -- las mediciones serán útiles, deberá calibrarse los aparatos de prueba, dentro de lo posible, - para obtener valores que puedan convertirse a - valores actuales, existentes en las terminales de salida del detector. La resistencia de 100 Kohms ofrece una adecuada carga para el micro-- voltímetro.

Los voltajes desarrollados a través de la resis- tencia de 100 ohms, la cual será mucho menor -- respecto al valor de R_1 y R_2 por lo que no per- turbará la estabilidad de la condición de pola- rización. Este arreglo generalmente puede uti- lizarse dentro del circuito del detector. Para detectores de baja resistencia es necesario re- ducir el valor de la resistencia de 100 ohms a 1 ohms o menos para no perturbar la estabilidad del punto de operación. Sin embargo, la resis- tencia de 100 Kohms y la de 100 ohms ofrecen -- una atenuación adicional a través del microvol- tímetro. El voltaje de amplificación del cir- cuito a medir, es por supuesto, igual a la rela- ción de voltajes leídos a la salida del voltíme- tro introducido en el detector. Antes de proce- der con otras mediciones, se deberá checar si - el voltaje de ruido leído a la salida del apara- to de prueba es del detector o si una porción -

significativa es del preamplificador. Muchos autores sugieren que se haga ésto, midiendo la salida de ruido con el detector conectado al -- preamplificador y compare ésta con el ruido medido con las terminales de entrada al preamplificador en corto circuito. El objetivo es que la segunda medición muestre el ruido original - en el preamplificador. Mientras que la primera medición muestra ambos ruidos tanto como el del detector como el del amplificador.

El problema con este método es que el ruido del amplificador depende, hasta cierto punto, de la impedancia de la fuente conectada a esta entrada. Como resultado, el ruido presentado por el preamplificador no es el mismo con la entrada - en corto circuito que con el detector conectado a éstas.

Una mejor manera de evaluar las contribuciones relativas del detector y del preamplificador -- del ruido, es la de medir el ruido a la salida del preamplificador, primero con el detector conectado de manera normal y después con el detector remplazado por una resistencia de bajo ruido que tenga la misma resistencia que tiene el detector. También las ecuaciones que determinan los resultados de estas dos mediciones son más fáciles de escribir en términos de potencia de ruido y potencia de amplificación (porque la potencia de ruido, mejor que el voltaje de ruido, puede ser sumada), por lo general se tomarán medidas de voltajes de ruido de salida mejor que potencias de ruido.

3.3.7 Medición del Contorno de Respuesta del Detector

Muchos detectores muestran una respuesta no uniforme de punto a punto, a través de su superficie sensitiva. Dicho efecto es de poca importancia si la señal siempre cubre el detector -- completamente. Sin embargo, si la señal es -- muy pequeña de tal manera que la respuesta no uniforme del detector puede introducir o generar serios problemas en el procesamiento de esta señal. Para examinar el detector y dicho efecto, se coloca en un soporte que se mueva en cualquiera de las dos direcciones ortogonales. Un objetivo de microscopio reflectivo se utiliza para formar una pequeña señal de la fuente en el detector. El detector se mueve en forma ordenada y la respuesta es anotada en varios puntos sobre el área sensitiva. Estas mediciones pueden ser graficadas en dibujo o gran escala del detector y puntos de similar respuesta pueden ser unidos con líneas que representan -- el contorno o respuestas iguales.

C A P I T U L O I V

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Antes de presentar el estudio de prefactibilidad, analíticamente el autor desea hacer algunas consideraciones sobre los estudios y proyectos de inversión.

Estos dos conceptos se encuentran estrechamente relacionados entre sí y son utilizados indistintamente por instituciones financieras, empresas y consultores. Esta situación es fácil de explicar, ya que todo proyecto de inversión debe sustentarse y plasmarse en un estudio y todo estudio con miras a una inversión, se refiere necesariamente a un proyecto. Sin embargo, es necesario aclarar y definir cada concepto para comprender mejor sus alcances y relaciones.

Cabe insistir que nos referimos a los estudios cuya finalidad es una inversión, entendida ésta en su acepción más amplia. Esto significa, que los estudios se realizan antes y para tomar una decisión de invertir en algún proyecto.

Podemos definir a estos estudios como un conjunto de investigaciones, análisis, cálculos, diseños o trabajos profesionales que se realizan con el objetivo principal de aportar los elementos de juicio necesarios para determinar la viabilidad económica, técnica y financiera de un proyecto de inversión; así como para diseñar las obras, instalacio-

nes y equipos necesarios y formular los programas que permitan llevar a cabo eficientemente un proyecto hasta su -- puesta en marcha y operación.

Estos estudios pueden ser económicos, financieros, de ingnería, de organización o de una combinación de los ante-- riores, del medio físico o de cualquier otra naturaleza, -- pero todos ellos tienen dos características comunes: la -- primera, es que se refieren a un proyecto de inversión y, la segunda, es que se realizan antes de tomar la decisión de invertir o antes de ejecutar el proyecto.

Los estudios más comúnmente conocidos son los estudios de factibilidad técnica, económica y financiera, ya que estos comprenden de una manera integral los diferentes aspectos de un proyecto. Sin embargo, existen tantos tipos de estudios como aspectos específicos y necesidades de cualquier proyecto (más adelante veremos que también existe una vasta gama de proyectos de inversión).

Establecer una clasificación de los estudios y proyectos, es una tarea sencilla. Existen intentos como los realizados por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), que los clasifica en proyec-- tos derivados de estudios sectoriales, de un programa global de desarrollo, de estudios de mercado o de origen político y estratégico.

No obstante, es necesario unificar criterios sobre el particular, para lo cual se presenta una clasificación general de los estudios, de acuerdo a su nivel de agregación.

CLASIFICACION GENERAL DE LOS ESTUDIOS

| ESTUDIOS | O B J E T I V O |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>GENERALES</u> Diagnóstico Gran visión Plan maestro Operacionales | Realizar un análisis general sobre -- los recursos, necesidades y problemas de una región, sector o empresa determinada para identificar proyectos específicos de inversión o plantear soluciones a problemas particulares. |
| <u>ESPECIFICOS</u> Perfil Prefactibilidad Factibilidad Tecnológicos Ingeniería básica y de detalle Diseños Complementarios | Analizar las diferentes alternativas y determinar la viabilidad económica, técnica y financiera de un proyecto -- específico de inversión o un grupo de proyectos, así como realizar los <u>diseños</u> y programas que se requieran para su ejecución |

Sin embargo, para dar una idea sobre la potencialidad y diversidad de estos estudios para cubrir las necesidades de análisis e información en las diferentes etapas del ciclo de los proyectos de inversión, cabe señalar que en el Fondo Nacional de Estudios y Proyectos (FONEP), se han clasificado en 87 tipos de estudios comprendidos en 8 grupos de acuerdo a su naturaleza y especialidad, que son:

- Administración
- Arquitectura y diseño
- Avalúos
- Economía

- Finanzas
- Ingeniería
- Medio Físico
- Sistematización

Por lo que respecta a los proyectos de inversión, existen diversas definiciones pero no todas ellas coinciden. Sin embargo, a través de un análisis de las diferencias que -- presentan, es posible llegar a una conclusión que corres-- ponda adecuadamente a su verdadero significado, más aún, -- permite establecer claramente la relación que existe entre los estudios y proyectos de inversión.

Sin pretender ser exhaustivos en la bibliografía utilizada para este propósito, se analizan dos publicaciones que se consideran representativas, ya que reflejan el criterio de un organismo regional de capacitación e investigación sobre el desarrollo y planificación, y un organismo que se -- ha interesado por los problemas del desarrollo.

De esta manera, tenemos dos definiciones del proyecto:

1. La ONU en su Manual de Proyectos de Desarrollo, define al proyecto como el conjunto de antecedentes que permiten estimar las ventajas y desventajas que se derivan de asignar ciertos recursos de un país, para la producción de determinados bienes o servicios. 1/
2. Por su parte, el ILPES lo define como un plan prospectivo de una unidad de acción capaz de materializar al gun aspecto del desarrollo económico o social. 2/

1/ ONU; Manual de Proyectos de Desarrollo; ONU, Nueva York, 1984. p.36

2/ ILPES; Guía para la Presentación de Proyectos; Siglo XXI, México, 1984. pp. 9-11

Hablando estrictamente, la definición de la ONU correspondería a la de un estudio más que a la de un proyecto de inversión. en efecto, el estudio de un proyecto es precisamente el conjunto de antecedentes (formulación de proyectos), que permiten estimar las ventajas y desventajas de asignar ciertos recursos para la producción de un bien o servicio (evaluación de proyectos) y no el proyecto en sí. Sólo que es necesario aclarar que un estudio, además de los antecedentes, incluye un análisis de la situación actual y perspectivas del proyecto en cuestión.

Por otra parte, la definición del ILPES (Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y social) se ajusta más al concepto de proyecto de inversión, ya que una idea sobre una empresa en particular es un plan de acción capaz de materializar algún aspecto del desarrollo económico o social, al realizar inversiones y generar empleos, producción, valor agregado, innovaciones tecnológicas, etc.

Sin embargo, todo proyecto de inversión como se señaló al principio, debe ser sustentado y plasmado en un estudio previo, ya que una decisión racional sobre la asignación de recursos de inversión y, en consecuencia, obtener de su utilización los máximos beneficios. De ahí, la estrecha e inseparable relación entre los estudios y los proyectos de inversión.

Después de las consideraciones anteriores, una definición práctica y sencilla sería la siguiente: un proyecto de inversión es cualquier idea, cuyo propósito sea el de asignar recursos naturales, técnicos, financieros, humanos y de organización para la producción y/o distribución de bienes y servicios.

En consecuencia, es característica general de cualquier -- proyecto de inversión, satisfacer necesidades de la sociedad realizando para tal fin una inversión.

Llevar a cabo un proyecto de inversión, implica sacrificar recursos que podrían destinarse al consumo o decidir su aplicación entre diversas alternativas. Por lo tanto, la razón fundamental para realizar cualquier proyecto, es que se espere obtener de la utilización de los recursos que de manda, mayores beneficios financieros o sociales en el futuro. Por este motivo, es conveniente insistir que de su correcta formulación y evaluación dependerá la justificación de su implementación y en gran medida, los resultados que se obtengan de su operación.

Una vez que se ha definido el proyecto de inversión en su concepción más vasta, es preciso señalar que existe una amplia gama de estos (al igual que en el caso de los estudios), debido a que generalmente sólo se hace referencia a la instalación de una nueva planta industrial.

En efecto, un proyecto puede ser la idea de crear una nueva empresa, pero puede ser también la de ampliar, modernizar, diversificar, relocalizar o reestructurar una empresa ya instalada y en operación. Asimismo, un proyecto se refiere a cualquier actividad económica, ya sea de bienes o de servicios y, por lo tanto, puede ser una planta industrial, una explotación agropecuaria, un desarrollo turístico, un centro comercial, una presa, una carretera, un puerto, etc. Por otra parte, un proyecto puede contemplar el abastecimiento del mercado interno o la exportación y, finalmente, el promotor y/o ejecutor de un proyecto puede -- ser el sector público o la iniciativa privada.

Durante la formulación de un proyecto de inversión, se deben unir principios técnicos con principios económicos y, dentro de estos últimos, conceptos macroeconómicos con conceptos microeconómicos. Sin embargo, la inversión en sí - no es el hecho más importante que se analiza en la estructuración de un proyecto, pueden ser otro tipo de problemas los que absorben la mayor atención, como por ejemplo la -- tecnología, aunque éste depende de la complejidad y tipo - de proyecto de que se trate.

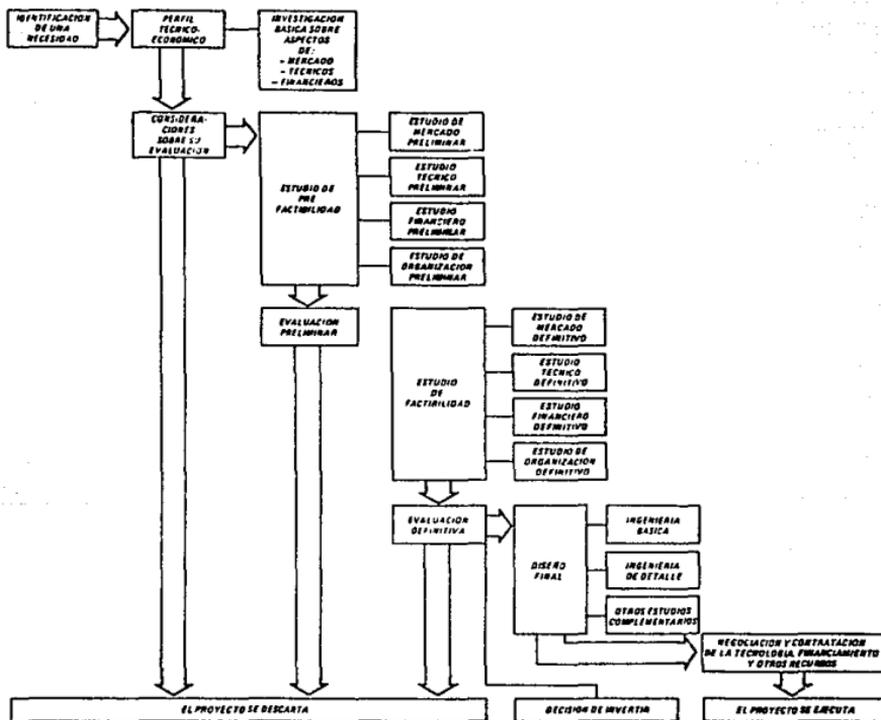
Un proyecto se prepara a través de un proceso de aproximaciones sucesivas (estudios), en el cual cada etapa va precisando los factores que inciden en su viabilidad técnica, económica y financiera, mediante investigaciones cada vez más profundas y detalladas, las cuales reducen la incertidumbre y el riesgo inherente a la realización del mismo. Las etapas de este proceso son las siguientes: perfil, pre factibilidad, factibilidad y diseño definitivo.

Finalmente con el propósito de ilustrar la fase de elaboración de estudios, se presenta un diagrama que muestra - el proceso para la formulación y evaluación de un proyecto de inversión.

Para los fines de la tesis, se ha optado por la elección - de un estudio de prefactibilidad, encuadrándose el aspecto organizacional en el estudio financiero.

Sin embargo, es conveniente aclarar que el estudio, aún en grado de prefactibilidad, cumple con la seriedad y formalidad para ser antecedente del estudio de inversión definitivo.

PROCESO PARA LA FORMULACION Y EVALUACION DE UN PROYECTO DE INVERSION



FUENTE: FONEP; El Desarrollo Científico y Técnico de México: Diagnóstico y Prospectivas; Fondo Nacional de Estudios y Proyectos, México, Abril de 1984, N° 93. p.12

La idea de establecer una empresa dedicada a la producción, venta y mantenimiento de dispositivos de alarma, surgió a partir del diagnóstico que se realizó en el D.F., incluida la zona metropolitana del Estado de México y en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, A.C. (CIVAC) en donde se concentra casi el 70% de la industria y el comercio nacional.

La oportunidad detectada se sustenta en las ventajas comparativas que ofrece la posible ubicación de la fábrica, el D.F., ya que la infraestructura existente en la región podría aprovecharse para concurrir a los mercados no sólo -- del Estado de México y Morelos, sino a Puebla, Toluca e inclusive Jalisco y facilitaría la recepción de componentes, importados, reduciendo los costos de transportación y por lo tanto, el costo final del dispositivo, lo que haría competitivo tanto en el mercado local como del interior.

Por otra parte, no existe ninguna planta de este tipo en la región lo que permitirá que la ampliación del mercado local crezca considerablemente; asimismo la capital es un área estratégica como zona de abastos para el centro del país.

Las características generales del dispositivo son:

- 1) Es de menor tamaño a los existentes
- 2) Trabaja con corriente muy baja, lo que abate costos de operación.
- 3) Por su tamaño puede adaptarse a cualquier proceso de fabricación que requiera detección de movimientos

- 4) Resiste, a diferencia de otros aparatos similares, los cambios bruscos de temperatura.
- 5) Precio de venta competitivo desde el punto de vista de los sistemas de alarma.
- 6) Su área de mercado se concentra en dos segmentos:
 - a) Industrias productivas como la refresquera, la automotriz, la de alimentos envasados, - etc.
 - b) Empresas dedicadas a la protección contra-- robos.

Por lo expuesto, el artículo puede ser encuadrado lo mismo como producto final que como bien intermedio.

4.1 MERCADO

El mercado que se pretende abarcar es el D.F. y zona - conurbada del Estado de México, Cuernavaca, Toluca y - Puebla en el corto plazo; y en el mediano: Guadala-- ra, León y Monterrey.

4.1.1 Demanda

- a) Consumo aparente nacional

CONSUMO APARENTE DE DISPOSITIVOS DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| AÑO | PRODUCCION NACIONAL | IMPORTACION | EXPORTACION | CONSUMO APARENTE | |
|--------|---------------------|-------------|-------------|------------------|-----|
| 1985 | -- | 9,268 | -- | 9,268 | 10 |
| 1986 | -- | 9,390 | -- | 9,390 | 20 |
| 1987* | 1,800 | 9,829 | -- | 11,629 | 30 |
| 1988* | 2,400 | 12,439 | -- | 14,839 | 60 |
| 1989** | 600 | 14,900 | -- | 15,500 | 120 |

NOTA: * Dispositivos antirrobo

** Dispositivos antirrobo, enero-abril, cifras preliminares

FUENTE: INEGI; Estadísticas del Comercio Exterior de México;
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Infor-
mática, México, 1990, Vol. XIII

b) Proyecciones

Haciendo una estimación de la tasa de crecimien-
to de la demanda aparente de un 10% y considera-
ndo que el 70% de la actividad industrial se en-
cuentra en la capital de la República y zonas --
aledañas, el consumo regional sería de 241,427 -
dispositivos durante el período 1989-1995.

PRONOSTICO DEL CONSUMO APARENTE REGIONAL
DE DISPOSITIVOS DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| AÑO | CONSUMO APARENTE |
|------|------------------|
| 1989 | 31,290 |
| 1990 | 34,420 |
| 1991 | 37,862 |
| 1992 | 41,648 |
| 1993 | 45,813 |
| 1994 | 50,394 |
| | 241,427 |

FUENTE: Estimaciones del autor. Datos INEGI, Abril, 1990, op. cit.

PRONOSTICOS DE LA DEMANDA DE DISPOSITIVOS
DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 46,500 | 58,125 | 72,656 | 80,820 | 101,024 | 126,270 |

FUENTE: Estimaciones Propias. Datos INEGI, op. cit., Abril 1990.

PRONOSTICO DE LA PRODUCCION NACIONAL DE
DISPOSITIVOS DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,800 | 1,980 | 2,180 | 2,398 | 2,637 | 2,890 |

FUENTE: Estimaciones Propias. Datos INEGI, op. cit. Abril 1990.

4.1.2 Oferta

La producción nacional de dispositivos de detección óptica no presentó crecimiento entre los años 1987-1989, lo cual se muestra en el cuadro siguiente:

PRODUCCION DE APARATOS DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 |
|------|------|-------|-------|-------|
| -- | -- | 1,800 | 2,400 | 1,800 |

FUENTE: INEGI; op. cit. Abril de 1990.

Con estos resultados de crecimiento cero, el balance entre el consumo aparente y la producción de aparatos presentaría el panorama que describe el siguiente cuadro:

BALANCE OFERTA-DEMANDA DE DISPOSITIVOS
DE DETECCION OPTICA
(Piezas)

| AÑO | CONSUMO APARANTE | PRODUCCION | DEFICIT O EXCEDENTE |
|------|------------------|------------|---------------------|
| 1989 | 31,290 | 1,800 | (29,490) |
| 1990 | 34,420 | 1,980 | (32,440) |
| 1991 | 37,862 | 2,180 | (35,682) |
| 1992 | 41,648 | 2,398 | (39,250) |
| 1993 | 45,813 | 2,637 | (43,176) |
| 1994 | 50,394 | 2,890 | (47,504) |

FUENTE: Estimaciones Propias; Datos: INEGI, Abril de 1990
op. cit.

El balance oferta-demanda como se observa, es negativo lo que permite contemplar un panorama hagüeño para el establecimiento de la empresa.

4.2 LOCALIZACION

La ubicación ideal de la empresa puede ser en dos zonas del Distrito Federal, el noroeste y el sur.

En el noroeste se encuentra la zona industrial de Naucalpan, Tlanepantla y fácil acceso a Vallejo y Toluca, Méx., por lo que en caso de decidirse por este punto, se construiría la unidad industrial en el Fracciona---

miento Alce Blanco.

El inconveniente es el alto costo de los terrenos y -- las dimensiones, demasiado grandes para la empresa que se pretende. La mayor ventaja: la cercanía con los -- proveedores de algunos de los componentes del aparato.

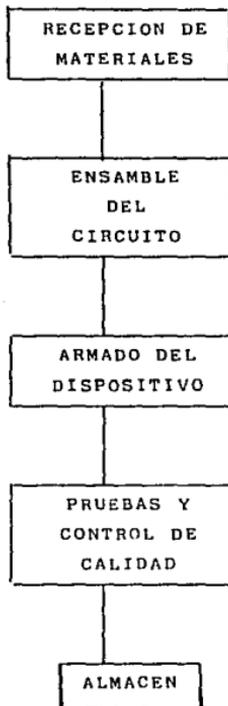
La otra ubicación, en el sur, agilizaría la distribu-- ción de la producción al CIVAC, Morelos y a Puebla, in-- dependientemente de que el Anillo Periférico conectará ágilmente con las zonas industriales de Naucalpan, Tla-- nepantla y Toluca; dificultando, por el tránsito, la - comunicación con Vallejo.

El costo del terreno es accesible y los terrenos de -- proporciones adecuadas, se ha detectado como lugar --- idóneo, sobre la Calzada México-Tulyehualco, a la altu-- ra del poblado San Lorenzo Tezonco.

Respecto a la infraestructura, la zona de San Lorenzo Tezonco ofrece todos los requerimientos para satisfac-- cer la industrialización, de hecho, actualmente es una zona industrial y cuenta con todos los servicios públi-- cos y comunicación por todos los medios.

4.3 ASPECTOS TECNICOS

El proceso de fabricación del sistema de alarma tiene cuatro etapas: Recepción de material del almacén, en-- samble del circuito, armado general y pruebas para -- control de calidad.



INVERSIONES:

| | |
|-------------------------------------|--------|
| Terreno: (200 m ²) | 50'000 |
| Construcción: (100 m ²) | 75'000 |
| Maquinaria y Equipo: | 20'000 |

145'000

COSTOS:

| | |
|---------------------------------|---------|
| Materiales y Componentes: | 324'400 |
| Mano de Obra: | |
| (Incluye prestaciones) | |
| 5 obreros, 1 supervisor, | |
| 3 vendedores y 1 administrador. | 64'300 |
| Varios: (10%) | 43'878 |

483'578

Intereses y Depreciación:

| | |
|---------------------|---------|
| Inversión: | 87'000 |
| Capital de trabajo: | 289'546 |
| Depreciación: | |
| Edificio: | 3'750 |
| Maquinaria y Equipo | 2'000 |

402'296

4.4. ANALISIS FINANCIERO

1. VENTAS TOTALES:

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| 2,880 dispositivos | | |
| \$350,000 c/u | = | 1,008'000 |

2. COSTOS:

| | | |
|--------------------------|---------|----------------------|
| Materia Prima | 374'400 | |
| Mano de obra | 64'300 | |
| Costos de operación | 43'878 | |
| Intereses Y Depreciación | 402'296 | |
| Costo Total | | <u>884'874</u> |
| Utilidad antes de I.S.R. | | 123'126 |
| Impuestos | | 36'938 |
| Utilidad Neta: | | <u><u>86'188</u></u> |

3. CAPITAL:

| | | |
|------------|---------|----------------|
| Fijo | 145'000 | |
| Circulante | 64'300 | |
| | | <u>209'300</u> |

4. RENTABILIDAD = $\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital Total}} = \frac{86'188}{209'300} = 41.1\%$

C O N C L U S I O N E S

1. La función de una alarma, ya sea contra robo, incendio o de cualquier otro tipo, es dar aviso de una anomalía y eventualmente poner en servicio dispositivos o sistemas que la supriman.

Para lograrlo, existe un sin número de elementos detectores de esa anomalía o falla, los que debidamente seleccionados, localizados e intercomunicados envían señales a uno o más tableros receptores, en los que dicha señal se interpreta y activa señales audibles y visuales para informar del hecho al personal a cargo y para activar los sistemas restrictores. Estos sistemas también pueden actuar emitiendo señales a una central al exterior del edificio.

Los dispositivos detectores más usuales son los que a continuación se indica:

- *Electromecánicos con interruptores que se instalan en puertas, ventanas, cercas, etc.
- *Ultrasónicos que operan bajo el principio de una onda sónica permanente, se altera cuando un objeto se mueve dentro de su campo (30Hz)
- *De microondas que operan bajo un principio similar, con la única diferencia de que no se apoya en la -- presión causada por la onda sónica, sino la deformación de la microonda (10,000 MHz) por efecto Doppler.
- *De proximidad que detectan a una persona u objeto -

por la variación del campo capacitivo.

***Manuales**

*Fotoeléctricas que operan al interrumpirse un haz luminoso simple o complejo, en la luz "visible" o en la invisible o infrarroja, o bien por la alteración de un campo luminoso.

2. Uno de los sistemas detectores de mayor seguridad -- son los de luz invisible o infrarroja.

Los primeros trabajos sobre infrarrojo se deben a -- John Herschel (1792-1871) quien creó el análisis espectroscópico y descubrió las radiaciones infrarrojas, que son ondas electromagnéticas que se encuentran entre la luz visible y las microondas; en una región que se extiende desde una longitud de onda de 0.75 a 1,000 micras.

Otros investigadores que se interesaron por el infrarrojo fueron: Nobelli, Melloni, Langley, abbot, Case y Foule, entre otros.

Para 1950, la banda entre 24 micras y la región de microondas a 1,000 micras fue alcanzada por varios investigadores.

En la actualidad las aplicaciones de la técnica infrarroja son múltiples beneficiándose ramas como: la meteorología, la medicina, la aviación, la metalurgia y en el desarrollo del material bélico y espacial.

Una de las más llamativas de las aplicaciones es el

proyector teledirigido que es parte de un sistema capaz de detectar desde un satélite en órbita el calor que produce un misil al ser lanzado desde su plataforma, y a su vez retransmitir una señal para el lanzamiento automático de un proyectil autodirigido que persigue al misil controlando ubicación y velocidad, hasta su destrucción en vuelo, todo accionado con -- sensores pasivos de radiación infrarroja.

3. La región infrarroja se extiende desde longitudes de onda de alrededor de 1mm hasta 780 micrómetros (1m= 10⁻⁹m), que corresponden a frecuencias entre unos 3 X10¹⁰ Hz hasta 10¹⁴ Hz, aproximadamente.

Se han descubierto aparatos capaces de convertir la señal de estas ondas en eléctricas y la eléctricas -- en infrarrojas: los transductores.

Existen, de acuerdo con su funcionamiento, dos tipos de transductores los de entrada que convierten una -- señal no eléctrica en una eléctrica y los de salida que convierten la señal eléctrica modificada en una señal no eléctrica.

Para el funcionamiento de los sistemas infrarrojos -- los más comunes son los fotoeléctricos y los de temperatura o termistores.

Entre los termistores se encuadran, los termopares, las termopilas y los bolómetros que como se indicó -- funcionan a base de variaciones térmicas.

Debido al bajo costo de los componentes el autor optó por los transductores fotoeléctricos, base del --

dispositivo de alarma.

4. El diseño del dispositivo cumple con las más altas - normas de tecnología avanzada, aunados a un alto grado de confiabilidad.

El aparato diseñado después de ser sometido a prue--bas mediante causales de falsa alarma y normas de medición satisface no sólo requerimientos nacionales, sino que inclusive puede competir en calidad y pre--cio con los mismos artículos de procedencia extranjera.

Así en caso de que las aseguradoras, tanto de vida - como contra robo, sean vendidas por el gobierno a -- instituciones estadounidenses, el dispositivo está - en condiciones de ser favorecido con el Certificado de los U.L. (Underwriter's Laboratories) que exigen las empresas de esa naturaleza para aceptar asegurar a una empresa en lo material y en lo humano.

5. El estudio pre-factibilidad realizado permite contemplar con gran confianza la viabilidad del proyecto, concentrándose en primera instancia en el mercado capitalino, para ampliarse en el mediano plazo al centro del país y en el largo plazo a todo el ámbito nacional, así como las exportaciones a Centro y Sudamérica.

Considerando la situación económica, el margen de --rentabilidad que el estudio presentó es inmejorable, pocas empresas industriales pueden enorgullecerse de tenerlo.

De esta forma el autor de tesis, cree haber logrado dos objetivos: académicamente obtener su título de - Ingeniero Mecánico-Eléctrico y el haber podido emplear los conocimientos adquiridos en su Alma Mater: la Universidad La Salle en la planeación de una empresa que al establecerse vendrá a satisfacer sus necesidades materiales.

B I B L I O G R A F I A

- AEROSPATIALE REVUE; The MM-30 Exocet in a coastal-- battery; Francia, No.72, Octubre de 1990.
- BALLARD, S.S.; Infrared; I.R.E., E.E.U.U.? Septiembre de 1979. Edición Especial.
- BUECHE, F.; Fundamentos de Física; Mc Graw-Hill, México, 1986.
- BUTTON, K.J.; Infrared and Milimeter Waves; - Sources of Radiation; M.I.T., - E.E.U.U., Vol. 1, 1979.
- BERGTOLD, F.; Fotoconductores, termistores y V.D.R.; G. Gilli, España, 1980.
- DIEFENDERFE, James D.; Intrumentación Electrónica; Interamericana, México, 1984.
- ELECTRONIQUE; Le Senseur de Position; I.P.L., Francia, No 505, Diciembre de - 1989.
- ESTRADA LUIS; Luz y Microondas; ANUIES, México, 1973.
- GANDHI, OMP.; Microwaves; Engineering and --- Applications; Pergamon, E.E.U.U., 1981.
- GUPTA, K.C.; Microwaves; Wiley, Nueva York, 1980.
- HALL, J.D.; Industrial Applications of Infra red; Illuminating Engineering -- Society, E.E.U.U., 1981.
- HECHT, EUGENE; Física en perspectiva; SITESA,- México, 1987.
- HUDSON, R.D.; Infrared System Engineering; Mc Graw-Hill, E.E.U.U., 1969.

- KONG, JIN AU; Electromagnetic Wave Theory; -- Massachusetts Institute of Technology, E.E.U.U., 1986.
- LA TOISON, M.; Infrared and Its Thermal Applications; Mc Graw-Hill, E.E.U.U., 1964.
- LECHA, Mario; Los Rayos infrarojos solares; - Mundo Cientifico, N° 5, Vol.1, 1981. pp.490-500.
- LLOYD, J.M.; Thermal Imaging Systems; Proceedings of the IEEE, Special Issue on IR Technology for Remot Sensing, Vol. 63, enero de 1975.
- MARSTON, R.M.; 110 proyectos de alarmas electrónicas; G. Gilli, España, 1979.
- MELCHIOR, H., et al; Optical Communication: Active and Passive Components; Elsevier, Holanda, 1983.
- MITTRA, R., et al; Satellite Communication Antenna - Technology; Elsevier, Holanda, -- 1983.
- NORTON, HARRY N.; Sensores y Analizadores; G. Gilli, España, 1984.
- ROSSI, B.; Optics; Wesley, Inglaterra, 1957.
- SIMON, I; Infrared Radiation; Van Nostrand, E.E.U.U., 1984.
- VANZETTI, R; Practical Applications of Infrared Techniques; Mc Graw Hill, E.E.U.U., 1985.
- WEBER, THAD L.; Alarm Systems and Theft Prevention; Security World Publishing, - E.E.U.U., 1977.
- WICKERSHAM, ARTHUR F.; Microwave and Fiber Optics Communications; Prentice-Hall; Nueva York 1981.
- WOLFE, W., et. al; The Infrared Hand Book; Environment Research Institute of Michigan, -- E.E.U.U., 1978.