

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“Desarrollo de un sistema para la detección de fracturas, manchas y daños poco perceptibles al ojo humano, en pantallas planas LCD y LED utilizando sensado óptico infrarrojo”

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

ANTONIO ADOLFO RUIZ RAMIREZ

DIRECTORES:

Dr. Carlos Villa Angulo

Dr. José Ramón Villa Angulo

Mexicali, B. C.

Julio de 2016

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios que me permitió emprender esta experiencia académica tan interesante y suplió lo necesario tanto para mi ingreso como para mi permanencia en esta gran institución de la cual obtuve también el grado de licenciatura.

A mi esposa Gracia Natalia Sáenz Castro, que ha sido de gran apoyo en esos breves momentos que he sentido deseos de declinar y cuando he tenido pequeños logros que a su vez han sido grandes en esencia, sin contar el hecho de que me ha mostrado su amor a través de sus palabras y acciones.

A mis Padres Adolfo Ruiz Castro y Carmen Guadalupe Ramírez López, quienes me han enseñado valores éticos, morales y buenos hábitos de estudio, además que han sido también de gran apoyo espiritual, moral e incluso económico en ocasiones.

Al Dr. Rogelio Ramos por siempre estar siempre dispuesto a servir y por su apoyo en mi ingreso y estancia en la maestría.

Al Dr. Carlos Villa Angulo por guiarme y apoyarme durante todo el proceso de la maestría y de quien aprendí muchas cosas tanto en lo académico como en lo humano.

A mis compañeros de laboratorio quienes también me apoyaron en todo cuanto estuvo en sus manos y cada uno me aportó aprendizajes y experiencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por ser un medio a través del cual se suplieron los gastos generados en el estudio de ésta maestría.

DEDICATORIA

A Dios quien me da la fuerza y la sabiduría para vivir de la mejor manera cada día y por consecuencia dar lo mejor de mí en todo lo que hago.

A mi esposa quien ha está a mi lado apoyándome en cada paso de mí caminar, y en cada decisión que tomé, aportando y nutriendo las mismas.

Dr. Carlos Villa Angulo por invertir tiempo y esfuerzo en mi desarrollo académico y profesional y por siempre estar dispuesto a ayudarme.

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

Tabla 1 Identificación de pines de los conectores de cada TSI.

Figuras

Figura 1 (a) Estructura de electrodos en forma de tiras, (b) principio de funcionamiento de dominio múltiple tipo IPS [4].

Figura 2 Estructura de la celda de una pantalla tipo IPS con un solo substrato [3].

Figura 3 Diferencia de alineación entre estado activo e inactivo en una pantalla TN.

Figura 4 Comparación gráfica entre estado oscuro y brillante en una pantalla VA.

Figura 5 Flujos magnéticos de la pieza a inspeccionar y una ruptura en su superficie [15].

Figura 6 Proceso grafico de la técnica de corrientes de Eddy [17].

Figura 7 Imágenes térmicas y digitales de una pared con filtración de agua [22].

Figura 8 Espectro electromagnético.

Figura 9 Descripción gráfica de los rayos incidentes en la pantalla, del rayo reflejado y del rayo refractado.

Figura 10 Comparación de detección del sensor infrarrojo entre una pantalla en buen estado y una defectuosa.

Figura 11 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de detección.

Figura 12 Tablero con 8 sensores infrarrojos.

Figura 13 Diagrama eléctrico de TSI.

Figura 14 Dimensiones del TSI.

Figura 15 Distribución y función de las terminales de TSI.

Figura 16 Par de tableros que conforman un segmento de la matriz de sensores An.

Figura 17 Imagen de la orientación y nivelación correcta de MTSI con respecto a la superficie de la pantalla.

Figura 18 Plano completo del arnés para MTSI.

Figura 19 Cableado de la MTSI con su arnés instalado.

Figura 20 Pantalla con daño interno evidente al energizarse la misma.

Figura 21 Trayectorias de comparación de los sensores.

Figura 22	Logo de la plataforma LabVIEW.
Figura 23	Etapa de transición de estados de “en espera” a “detección de pantalla” y viceversa.
Figura 24	Diagrama a bloques del código de procesamiento de señales para 5 entradas analógicas.
Figura 25	Segmento de análisis de señales analógicas de entrada con sus retrasos.
Figura 26	Segmento de análisis de señales analógicas de entrada entre sí.
Figura 27	Segmento de código para la activación de la alarma.
Figura 28	Panel frontal del código de procesamiento de señales para 5 entradas analógicas.
Figura 29	Adquisidor de datos de NI modelo USB-6009.
Figura 30	Diagrama eléctrico del circuito de activación de alarma.
Figura 31	Circuito de activación de alarma.
Figura 32	Multivibrador astable.
Figura 33	Tiempos de activación y desactivación.
Figura 34	Arreglo de compuertas lógicas NAND conectadas en serie.
Figura 35	Selector de señales.
Figura 36	Amplificador de potencia de la señal analógica.
Figura 37	Diodo para flujo de corriente.
Figura 38	Relevador activador de alarma visual.
Figura 39	Alarma visual.
Figura 40	Sistema de detección de fallas infrarrojo (SDFI).
Figura 41	Sensado de pantalla con la MTSI.
Figura 42	Cara de sensores de la MTSI.
Figura 43	Cara de pines de la MTSI.
Figura 44	Cables de red soldados a los pines de la MTSI.
Figura 45	“Block diagram” de la primera versión del programa.
Figura 46	“Front panel” de la primera versión del programa.
Figura 47	“Block Diagram” de la subrutina para comparación de cambios entre sí.
Figura 48	“Block Diagram” de la subrutina para comparación de cambios entre retardo

LISTA DE ACRONIMOS

SDFI	Sistema de detección de fallas infrarrojo.
LCD	Pantalla de cristal líquido o “liquid cristal display.”
IPS	Conmutación en plano o “in plain switching.”
TN	Nemático torcido o “twisted nematic.”
VA	Alineado vertical o “vertical allign.”
LED	Diodo emisor de luz o “light emitting diode.”
OLED	Diodo emisor de luz orgánico u “organic light emitting diode.”
MTSI	Matriz de tableros de sensores infrarrojos.
TSI	Tablero de sensores infrarrojos.
PLA	Acido poli láctico o “polylactic acid”.
LabVIEW	Plataforma de laboratorio virtual de ingeniería de instrumentación o “Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench.”

RESUMEN

En este trabajo de tesis se desarrolló un sistema de detección de fracturas en pantallas planas LCD o LEDs utilizando una técnica de detección que en esencia es muy similar a la utilizada en espectroscopia con luz infrarroja. El principio básico de detección se basa en la interacción de la radiación electromagnética (infrarrojo) con la materia (emisión y absorción de energía radiante). En el caso particular del sistema desarrollado la material la forman la superficie superior de la pantalla y las manchas internas en las pantallas. Las manchas internas en una pantalla plana son causadas usualmente, por un impacto en la misma o por una pobre fabricación de los delimitadores de cada pixel, los cuales pueden ser fabricados con leds, cristal líquido, material orgánico semiconductor, etc.

El sistema de detección de fallas descrito en ésta tesis, se creó debido a la necesidad de una conocida empresa de manufactura de pantallas planas de LED y LCD, en detectar manchas internas en dichas pantallas con dimensiones y tonalidades poco perceptibles al ojo humano y por ende bastante difícil para un operador de producción o inspección de calidad pueda detectarlas en su totalidad. El sistema consta de 3 etapas generales:

1. Sistema de sensado.- Es una matriz de 5 por 2 placas de arreglos de sensores infrarrojos, cada arreglo contiene 8 encapsulados con emisor y receptor, que hacen un barrido de toda la superficie de la pantalla.
2. Programa de control y procesamiento de las señales.- Es un programa que se realizado con “LabVIEW” de “National Instruments”, a través de un sistema de adquisición de datos o Daqx, el programa recibe las señales provenientes de los sensores infrarrojos, los direcciona, procesa, interpreta y determina si existe o no una falla.

3. Circuito de alerta del sistema.- El programa realizado habilita, a través del Daqx, un puerto digital el cual arroja un 1 lógico (5 volts) si detecta una falla y un 0 lógico (0 volts) si no la detecta y mediante circuitería robusta de pequeña y mediana potencia, dicha señal activa un relevador que hace encender un foco de manera intermitente o continua según se desee, indicando el hallazgo de una pantalla defectuosa.

ABSTRACT

The technique used to design the hereby failure detection system is, in essentially, much like infrared light spectroscopy, i.e. the study of the interaction electromagnetic radiation (infrared specifically) with mater (emission and absorption of radiant energy) which would be, in this particular case, the flat screen inner spots. The inner spots in a flat screen are usually caused, by a direct impact or by a poor manufacture of each pixel delimiters, which could be made of led, liquid crystal, organic semiconductor mater, etc. The failure detection system described in the thesis, was created due the need of a well-known LED and LCD flat screen manufacturing company, to detect barely perceptible inner spots, which are difficult to be detected by an operator or quality inspector due the big amount of flat screens they have to check a day. The system has 3 general stages:

1. Sensing system. - It is a matrix of 5 by 2 infrared sensors array board, each array has 8 built-in infrared emitter and transmitter encapsulate. This matrix scans the whole screen surface.
2. Control and signal processing program. - It is performed using the national instruments software named labVIEW. Though a data acquisitor or Daqx, the program gets the signal from the sensing system and it directs them, processes them, interprets them and determine if there is a failure.
3. Alert system hardware. - The LabVIEW software enables a digital port through the Daqx, which gives a 1 logic (5 volts) if it detects a failure and a 0 logic (0 volts) if it doesn't detect it. That 1 or 0 logic, Using medium and small power circuitry, activates a relay which turns on a 120 Vca bulb intermittently or continuously according to needs and that's how the system indicates a finding.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
I. DEDICATORIA.....	I
II. AGRADECIMIENTOS.....	II
III. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	III
IV. LISTA DE ACRONIMOS.....	IV
V. RESUMEN.....	V
VI. ABSTRACT.....	VII
CAPITULO 1 MARCO TEORICO	
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PANTALLAS PLANAS DE CRISTAL LIQUIDO (LCD)	2
1.2.1 TIPOS DE PANTALLAS LCD	2
1.2.1.1 PANTALLAS LCD DE SWITCHEO EN PLANO (IPS)	2
1.2.1.2 PANTALLAS LCD DE NEMATICO TORCIDO (TN)	4
1.2.1.3 PANTALLAS LCD DE ALINEAMIENTO VERTICAL (VA)	5
1.3 PANTALLAS PLANAS DE DIODOS EMISORES DE LUZ (LED).....	6
1.3.1 TIPOS DE PANTALLAS LED	6
1.3.1.1 PANTALLAS LED.....	6
1.3.1.2 PANTALLAS LED ORGANICAS (OLED)	7
1.4 TECNICAS PARA DETECCION DE FRACTURAS, MANCHAS Y DAÑOS	7
1.4.1 TECNICA POR RADIOGRAFIA	8
1.4.2 TECNICA POR PARTICULAS MAGNETICAS	8
1.4.3 TECNICA POR LIQUIDOS PENETRANTES	9
1.4.4 TECNICA POR CORRIENTES INDUCIDAS DE EDDY	10

1.4.5 TECNICA POR INSPECCION VISUAL	11
1.4.6 TECNICA POR ULTRASONIDO	11
1.4.7 TECNICA POR TERMOGRAFIA.....	12
1.5 CALIDAD DE LA DETECCION	13
1.5.1 RENDIMIENTO DE LA INSPECCION	13
1.5.2 FIABILIDAD Y PROBABILIDAD DE DETECCION	13

CAPITULO 2 INTRODUCCION

2.1 INTRODUCCION	15
2.2 JUSTIFICACION.....	15
2.3 OBJETIVOS.....	18
2.3.1 OBJETIVOS GENERALES	18
2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
2.4 HIPOTESIS.....	19

CAPITULO 3 DESARROLLO

3.1 DESARROLLO	20
3.2 ETAPAS GENERALES DEL SISTEMA DE SENSADO.....	23
3.2.1 SISTEMA DE SENSADO	24
3.2.2 ESCANEEO VERTICAL Y HORIZONTAL	30
3.2.3 PROGRAMA DE CONTROL DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES	31
3.2.3.1 CODIGO DE CONTROL	33
3.2.3.2 CODIGO DE PROCESAMIENTO	34
3.2.4 HARDWARE GENERAL Y DE ALERTA DE DETECCION DE FALLAS	39

CAPITULO 4 PRUEBAS REALIZADAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS REALIZADAS	47
------------------------------	----

4.2 RESULTADOS	52
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	
5.1 CONCLUSIONES	53
5.2 TRABAJOS FUTUROS.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
ANEXOS.....	58

CAPITULO 1

MARCO TEORICO.

1.1 ANTECEDENTES.

Desde que la humanidad tomó conciencia de sí misma, hemos buscado hacernos la vida cada vez más sencilla, es por ello que los seres humanos tendemos a crear artefactos y dispositivos que cumplan este propósito. En la actualidad tenemos, en la mayor parte de los países del mundo, personas y empresas dedicadas a suplir esta necesidad adquirida por el hombre. Cuando obtenemos alguno de estos artefactos, el uso inapropiado, descuido o simplemente el uso diario después en un cierto periodo de tiempo, puede hacer que la integridad física del mismo se deteriore. Muchas veces este deterioro es bastante notable pero otras veces no lo es y se requiere más que una simple inspección visual superficial o detallada para detectar dicho deterioro. En base a lo anterior y a través de los años, se han desarrollado diversas técnicas y dispositivos de detección de daños estructurales en distintos materiales (sólidos en su mayoría) entre los cuales se encuentran, sin ser necesariamente los únicos: detección por radiografía, por partículas magnéticas, por líquidos penetrantes, por corrientes inducidas de Eddy y por inspección visual, por ultrasonido y por termografía. Siendo esta última, por sus características de sensado, la más compatible con el principio de funcionamiento del sistema de detección de Fallas Infrarrojo (llamado de ahora en adelante SDFI).

La termografía se basa en la generación de imágenes de colores correspondiente a la interacción de la luz infrarroja con la materia y las longitudes de onda (colores) que están produciendo en el rango visible de la luz [24]. El descubrimiento de la luz infrarroja se lo debemos

a Sir. Frederick William Herschel en el siglo XIX, quien trato de medir la temperatura de cada color de la luz blanca y se dio cuenta que la temperatura más alta se registraba en el color rojo, lo cual fue la pauta para desarrollar la tecnología infrarroja de sensores y otras dispositivos que han tomado fuerza desde los años 60's y 70's hasta la fecha [24].

Los sensores infrarrojos del SDFI al igual que los sensores de las termografías, detectan el calor en sus distintos niveles de una superficie, la cual puede ser medida y cuantificada de manera tal que sea una información útil para saber el estado de una estructura determinada.

1.2 PANTALLAS PLANAS

1.2.1 TIPOS DE PANTALLAS PLANAS LCD

Las pantallas planas de LCD por sus siglas en inglés “Liquid Cristal Display,” remplazaron a las televisiones de tubo de rayos catódicos por su versatilidad, mayor resolución de imagen, nitidez, etc. Las pantallas LCD se dividen en dos tipos generales, de matriz pasiva y de matriz activa, siendo esta última la que predomina ya que es el tipo de pantalla que usa las pantallas de monitores o televisiones planas. Las pantallas LCD están generalmente formadas por una fuente de luz y “pixeles” colocados enfrente de una fuente de luz (Luz de fondo) o una superficie que refleja. Los pixeles están compuestos por un conjunto de moléculas de cristal líquido, alineadas a dos electrodos transparentes comúnmente hechos de ITO (Oxido de Indio), con un filtro vertical de un lado y otro horizontal del otro lado, los cuales polarizan la pantalla dejando pasar o impidiendo el paso de la luz y una superficie reflejante para dirigir la luz al usuario [1].

1.2.1.1 PANTALLAS IPS

En las pantallas LCD “in-plane switching” o IPS las moléculas de cristal líquido se alinean horizontalmente, debido al potencial eléctrico producido por electrodos en forma de tiras. Cuando no hay potencial eléctrico en los electrodos, estos están en paralelo con las moléculas de cristal líquido, a medida que el potencial eléctrico va subiendo hasta que supera el voltaje de referencia, las moléculas de cristal líquido irán rotando, de tal manera que la luz de fondo pasa a través de ellos parcialmente y dependiendo del ángulo de las moléculas variara el color del pixel. La figura 1 muestra las dimensiones, distancias y formas de los electrodos en forma de tiras, así como el efecto del potencial eléctrico cuando hay un voltaje ($V=on$) o la falta de él ($V=off$) en las moléculas de cristal líquido [1], [3].

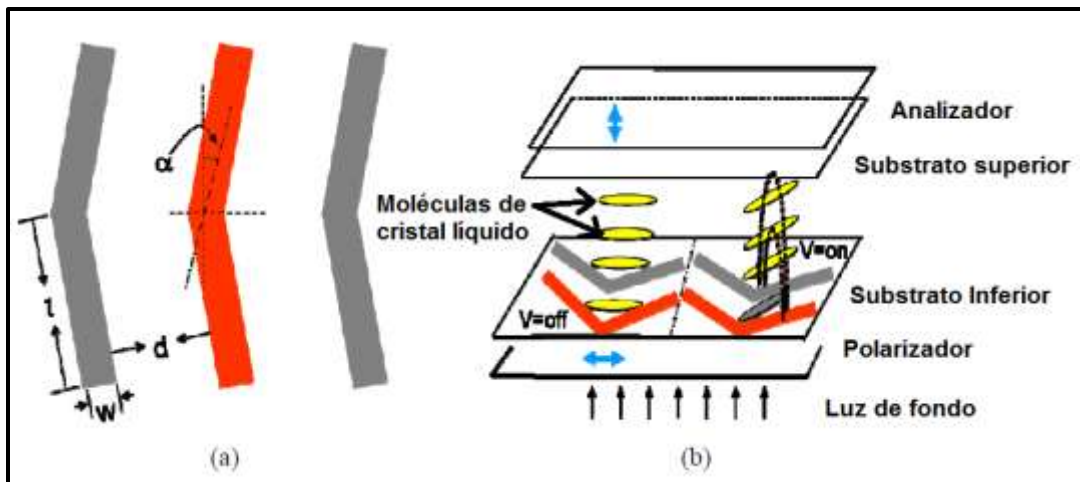


Figura 1. (a) estructura de electrodos en forma de tiras, (b) principio de funcionamiento de dominio múltiple tipo IPS [4].

Una de las propuestas para mejorar la tecnología IPS en pantallas planas LCD, se basa en construir la pantalla IPS con un solo sustrato y materiales como la mezcla de cristal líquido E7, el foto iniciador IRG184, el monómero de cristal líquido RM-257, ITO y un polímero anisótropo cuya fabricación está enfocada a bajar el costo del producto, que la pantalla sea

más delgada y que use menos energía para funcionar, la figura 2 muestra la estructura de una celda unitaria de pantalla IPS mejorada [3].

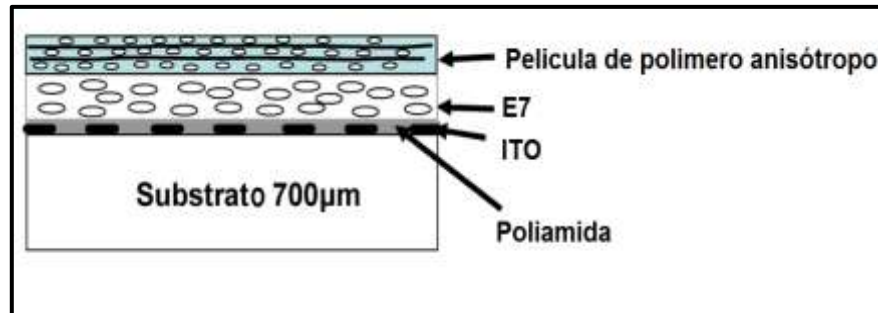


Figura 2. Estructura de la celda de una pantalla tipo IPS con un solo sustrato [3].

1.2.1.2 PANTALLAS TN

Denominadas “twisted nematic” o TN son pantallas cuyos electrodos son perpendiculares entre sí, esto hace que las moléculas de cristal líquido tipo birrefringente (tiene dos índices de refracción distintos), adopten una forma helicoidal o retorcida como su nombre lo indica. La diferencia de potencial o voltaje genera un campo eléctrico y por consecuencia uno magnético, cuyo efecto determina cuanto giraran las moléculas de cristal líquido las cuales pueden llegar a girar hasta 90 con respecto a la normal, para dejar pasar parcial o totalmente la luz y esto determina el color del pixel y su escala de grises. La figura 3 muestra la diferencia de alineación de las moléculas de cristal líquido cuando existe un voltaje y cuando no lo hay entre sus electrodos. [6].

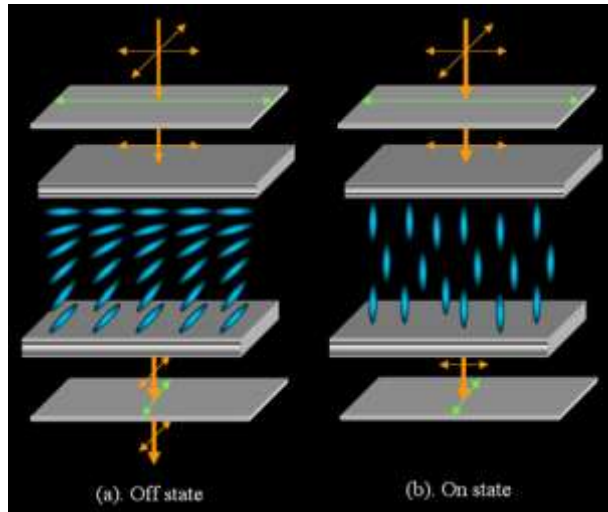


Figura 3. Diferencia de alineación entre estado activo e inactivo en una pantalla TN.

1.2.1.3 PANTALLAS VA

Pantallas en modo de alineación verticalmente (vertically align) la capa de cristal líquido se encuentra entre dos polarizadores ortogonales, las moléculas de cristal líquido están horizontalmente alineadas con respecto a la normal, en su estado oscuro (sin un voltaje de polarización V) y a medida que se aplica un potencial eléctrico las moléculas van tendiendo a alinearse verticalmente (estado brillante) lo que permite que la luz de fondo atraviese las moléculas de cristal líquido logrando así un color determinado del pixel . La figura 4 muestra de manera gráfica como se encuentran las moléculas de cristal líquido cuando se aplica un voltaje en los electrodos (estado brillante) y cuando este no es aplicado (estado oscuro) [1], [5].

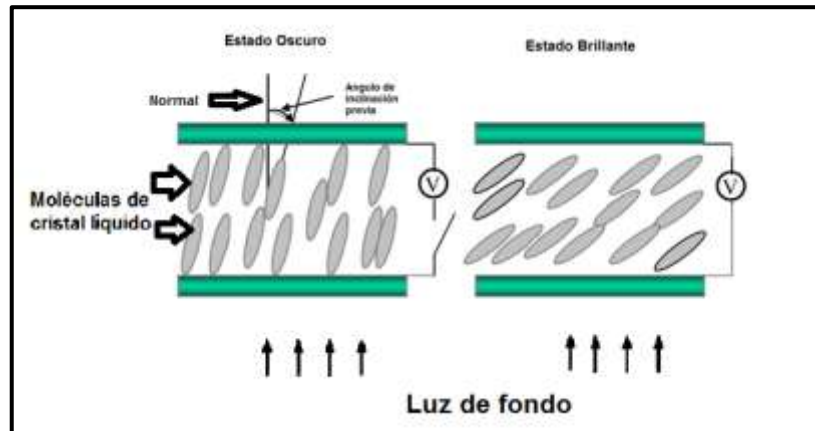


Figura 4. Comparación grafica entre estado oscuro y brillante en una pantalla VA.

1.3 PANTALLAS PLANAS LED

1.3.1 TIPOS DE PANTALLA LED

A continuación se explican los tipos principales de pantallas LED (LED y OLED), las cuales tienen distintas variantes en su composición y características que no se abordarán en este escrito a detalle.

1.3.1.1 PANTALLAS LED

Las pantallas LED tienen un principio de funcionamiento similar a las pantallas LCD con la diferencia de que sus pixeles son diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode), estos pixeles pueden ser monocromáticos (de un solo color) o policromáticos (dos o más colores) estos últimos usualmente son de tipo RGB el cual tiene los colores rojo, verde y azul en un solo pixel (variando el voltaje de polarización del mismo) haciendo con las posibles combinaciones de estos tres, cualquier color que se requiera, este tipo de tecnología es muy utilizada en las pantallas led comerciales, sin embargo se está proponiendo una tecnología llamada "White light led" o led de luz blanca que primero fue hecho en un solo encapsulado usando una mezcla de led azul y un recubrimiento de fósforo amarillo y después fueron varios leds en un solo encapsulado, este tipo de tecnología tiene un menor consumo de energía, es

de menor tamaño y cubre todo el espectro de la luz visible, también llamada luz blanca [7], [8], [10], [11]. Este tipo de pantallas son fabricadas con materiales semiconductores como carburo de silicio (SiC), arseniuro fosforo de galio (GaAsP), fosfuro de Galio (GaP), etc. Dependiendo de la aplicación y la longitud o rango de longitudes de onda con el que se desee trabajar [10].

1.3.1.2 PANTALLAS OLED

Las pantallas OLED tienen muchas variantes como WOLED, SOLED, TOLED, etc. Y su funcionamiento en esencia es el mismo que el de las pantallas led solo que sus pixeles están hechos de polímeros semiconductores orgánicos. Algunos de los polímeros semiconductores que se usan para la construcción de las pantallas son: Poli (p-fenileno), Politiofeno, Poliacetileno, etc. Si bien es cierto que las pantallas oled consumen menos energía, tiene mucho más movilidad, mayor nitidez y calidad de imagen que las pantallas LCD y LED convencionales también es cierto que su tiempo de vida es mucho menor, lo cual presente un reto para investigadores e ingenieros que se están dedicando a mejorar esta tecnología.

1.4 TÉCNICAS PARA DETECCIÓN DE FRACTURAS MANCHAS Y DAÑOS ESTRUCTURALES.

Dentro de la búsqueda realizada para encontrar sistemas o dispositivos similares al SDFI, se encontraron algunas técnicas y dispositivos que si bien es cierto no se utilizaron para detección de fallas estructurales e internas de pantallas planas específicamente, también en cierto que si lo hacen implícitamente por lo menos en uno o varios de sus elementos de detección, lo cuales fueron usados como referencia con sus respectivas adaptaciones al

medio de detección de interés de esta tesis y para aportar enfoques distintos de soluciones históricas de detección de anomalías en una estructura sólida.

1.4.1 TÉCNICA POR RADIOGRAFÍA.

En esta técnica se utiliza una película que consta de dos partes: la base y la emulsión, este último es el medio de interacción con los rayos x después de atravesar el cuerpo a medir, y se imprime una imagen bidimensional en la película [13]. Dentro de esta categoría es muy notoria la técnica llamada radiografía Industrial, el método que utiliza esta técnica consiste en colocar películas radiográficas en los materiales a inspeccionar haciendo pasar a través de ellos algún tipo de radiación. Si existen defectos, estos serán detectados imprimiendo su imagen en las películas radiográficas una vez que sean reveladas. Es un método de prueba no destructiva que utiliza la radiación de los rayos x o gama, para penetrar un objeto y registrar la imagen en una película, con equipo especializado se registran, interpretan y se explican los resultados de manera visual para determinar si hay algún desperfecto o no, lo cual es básicamente el mismo principio de funcionamiento de las radiografías que se hacen en el área médica [14].

1.4.2 TÉCNICA POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Esta técnica aplica solo para materiales ferromagnéticos, es decir materiales susceptibles a campos magnéticos como hierro o cobre, y básicamente se aplica un flujo magnético para detectar discontinuidades en la estructura, el principio de funcionamiento de esta técnica se puede explicar al describir el funcionamiento de un imán permanente, este tiene dos polos el norte y el sur que generan un flujo de campo magnético con magnitud y dirección, los cuales

se debilitan a medida que se alejan de la fuente y viajan de norte a sur. Cuando se parte en dos el imán se asemeja a dos pequeños imanes con dos flujos magnéticos y dos polos cada imán, aplicando este principio a la técnica en cuestión notamos que el material cuya integridad de estructura se va a analizar, al ser ferromagnético se convierte en un electroimán al aplicar una corriente eléctrica. Con un flujo magnético y dos polos si el material no tiene fisuras habrá un solo flujo magnético y dos polos pero si no es así habrá por lo menos dos flujos magnéticos (el de la pieza a inspeccionar y el de la fisura o fisuras) y por lo menos dos polos norte y dos polos sur. Donde haya fisuras habrá una discontinuidad del flujo magnético (Figura 5) de la pieza a inspeccionar la cual será muy notoria al aplicar un polvo de limadura de hierro seco o al suspenderlo en agua o algún destilado de petróleo, ya que en las fisuras habrá mayor concentración de los materiales previamente mencionados indicando así rupturas en la superficie. [15].

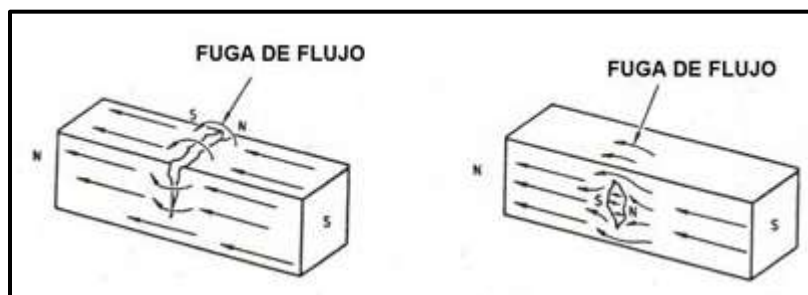


Figura 5. Flujos magnéticos de la pieza a inspeccionar y una ruptura en su superficie [15].

1.4.3 TÉCNICAS POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Los líquidos penetrantes pueden ser utilizados en materiales metálicos, plásticos, vidrios y cerámica. La prueba se realiza vertiendo un líquido sobre toda la superficie a inspeccionar, este líquido no debe modificar de ninguna manera la composición química o la forma física del objeto a medir. La manera de hacer la detección de una fractura en la estructura de la pieza a

con líquidos penetrantes, es utilizando luz de determinadas longitudes de onda, para detectar rastros de dichos líquidos y sus distintas concentraciones que hayan penetrado la fractura.

Estos líquidos se pueden agrupar en tres categorías generales:

1. Coloreados, los cuales se observan con luz blanco, es decir luz que puede detectar el ojo humano cuyo rango de longitud de onda es de 400 a 700 nm aproximadamente.
2. Fluorescentes, este tipo se observa con luz negra o luz ultravioleta y esta en el rango de longitud de onda de 15 a 400 nm.
3. Mixtos (Fluorescentes - coloreados) y se observan bajo los dos tipos de luces anteriores.

Aunque este tipo de técnica de detección no es destructiva pero si invasiva se debe utilizar solo en los casos en que no importe que el líquido entre a las grietas que se desean detectar [16].

1.4.4 TÉCNICAS POR CORRIENTES INDUCIDAS DE EDDY

Su medio de inspección es el cambio de impedancias producido cuando se coloca un solenoide el cual genera un campo magnético al aplicarle corriente alterna (Figura 6), cuando se posiciona la pieza a medir perpendicularmente producirá un campo magnético secundario que se opondrá al primario y eso hará que se modifique la impedancia, cuando existe un defecto el campo magnético disminuye considerablemente y así como se detecta la falla, sin embargo la pieza a inspeccionar debe ser de un material ferromagnético (material que sea afectado considerablemente al inducir en él un campo magnético como los metales) y la inspección es superficial y no muy profunda, además de que para piezas grandes toma bastante tiempo tener un resultado [17].

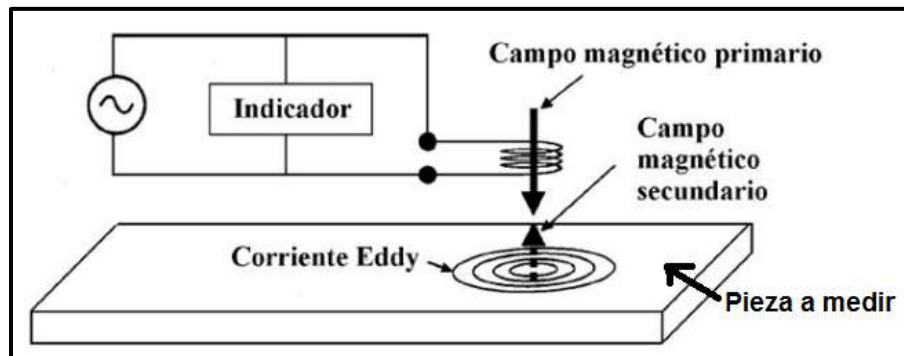


Figura 6. Proceso grafico de la técnica de corrientes de Eddy [17].

1.4.5 TÉCNICAS POR INSPECCIÓN VISUAL

Esta técnica se basa simplemente en observar a detalle la pieza a inspeccionar y ver si tiene algún defecto evidente, se puede hacer a simple vista o usando medio automáticos de visión como cámaras de video. La decisión de aprobar o reprobar el objeto de la inspección es meramente humana a pesar de que se usen métodos de detección automáticos en cuya caso dependerá del criterio de una o varias personas de todas maneras. La desventaja de este método radica en el hecho de que la vista humana puede llegar a cansarse de tal modo que ni siquiera pueda notar un defecto bastante evidente [18].

1.4.6 TÉCNICAS POR ULTRASONIDO

Esta técnica usa ondas de sonido inaudible por el ser humano llamadas ultrasonido cuyas frecuencias van desde 0.1 a 25 MHz aproximadamente. La técnica consiste en dirigir sonido de alta frecuencia dentro del material para detectarlo cuando es reflejado por una

discontinuidad o defecto, algunos de los parámetros que regularmente se usan para detectar dicha discontinuidad o defecto son: el tiempo que transcurre entre la salida del haz de ultrasonido y su regreso al punto de partida, que tanto se atenúa la onda al pasar a través del objeto a inspeccionar y la reflexión del sonido [19]. Existen equipos de prueba comercial incluso sistemas de detección completos, los cuales básicamente consisten en un interface de despliegue visual de resultados, además de control y tráfico de la información enviada por el sensor, una fuente de pulsos ultrasónicos y un sensor ultrasonido [20].

1.4.7 TÉCNICAS POR TERMOGRAFÍA

Esta técnica consiste básicamente en medir el nivel de calor que tiene el material a inspeccionar detectando así cuando hay variaciones significativas de temperatura con respecto a la que debe tener en condiciones normales. Hay una amplia gama de métodos y objetos de inspección con termografía sin embargo se enfatizará en la termografía infrarroja, la cual puede servir como base teórica y objeto de interés para el trabajo de tesis descrito en este documento [21], ya que prácticamente los sensores infrarrojos detectan la diferencia de colores (temperatura), debido a la interacción de la luz infrarroja con las densidades de los distintos materiales, la figura 7 muestra una imagen térmica (lado izquierdo) de los colores de las distintas superficies de una pared con filtración de agua Lado derecho [22], [24].

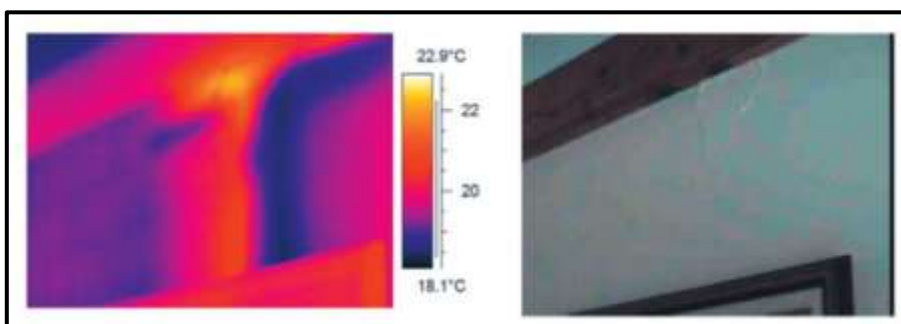


Figura 7. Imágenes térmicas y digitales de una pared con filtración de agua.

1.5 CALIDAD DE LA DETECCION

1.5.1 RENDIMIENTO DE LA DETECCIÓN

Es de suma importancia que el SDFI tenga un buen rango de detección la cual de manera general depende de 4 factores:

Cobertura.- Tiene que ver con el área de la pantalla que cubre la matriz de tableros de sensores infrarrojos (llamada de ahora en adelante MTSI) la cual depende de las dimensiones de la pantalla y que en teoría se cubre el 100%.

Sensibilidad.- Este factor hace referencia al tamaño mínimo de la mancha interna que puede detectar el SDFI.

Velocidad.- Definida por la tiempo del proceso de manufactura de la pantalla, tiempo en el cual se debe hacer el escaneo y detección de falla (en el caso que la haya) y enfatiza la velocidad máxima en el que puede ser llevado a cabo el mayor porcentaje de detecciones por parte del SDFI sin falsas detecciones.

Fiabilidad.- Este factor es determinado generalmente por la probabilidad de la detección (explicada en el siguiente apartado 1.5.2) y la probabilidad de falsas detecciones [24].

1.5.2 FIABILIDAD DEL PROCESO Y PROBABILIDAD DE DETECCIÓN

La fiabilidad en la escaneo del SDFI depende mucho de la capacidad del mismo de detectar las fallas, aunado a la probabilidad de que detecte todas las fallas todo el tiempo (o por lo menos gran parte de ellas). Una vez que se lleva a cabo el proceso de detección de fallas una cantidad de veces, pueden ocurrir cuatro tipos de resultados: que no detecte falla cuando no la hay lo que podría implicar que la pantalla está en buen estado, que no detecte la falla

cuando si la hay esto lo causaría algún desperfecto en el SDFI, que detecta la falla cuando no la hay que también implicaría un desperfecto en el SDFI y por último que detecte la falla cuando si hay implicando de esta manera su detección exitosa [24].

CAPITULO 2

INTRODUCCION

En cualquier negocio, es de suma importancia la satisfacción del cliente, para que esto suceda, es de crucial relevancia que el producto o el servicio que se ofrece tenga un costo razonable, que sea de calidad y que se entregue en tiempo y forma. Una conocida empresa de fabricación de pantallas planas de LCD y LED, ha tenido problemas con rechazos de producto por parte del cliente y perdidas monetarias, debido a que no han podido detectar con éxito si las pantallas de sus televisiones se dañan durante el proceso de ensamblaje o si vienen dañadas de origen, es decir de parte de su proveedor; es por esto que se realizó éste proyecto, para poder diagnosticar de forma exitosa la existencia de algún daño en las pantallas antes de que éstas ingresen a la línea de ensamblaje en la planta de producción y con esto bajar los índices de atención a clientes finales por garantía en el producto terminado, generando con esto un ahorro en los costos por re trabajos de garantías así como elevar los estándares de calidad en los productos fabricados por ésta empresa.

2.1 JUSTIFICACIÓN

A pesar de que hay varias técnicas y herramientas (como las descritas previamente en este documento) para resolver el problema de detección de manchas internas, las 3 que se considera pudieran ser utilizadas para dicho propósito, debido a sus características y métodos de detección serian: La técnica por radiografía. Con esta técnica se tendría una imagen muy clara del estado interno de la pantalla, pero regularmente los dispositivos que usan esta

tecnología son caros y se tendría que desarrollar un sistema virtual de detección y control automático, de todas formas. La técnica por ultrasonido, aunque esta técnica no es destructiva si es invasiva ya que las ondas ultrasónicas atraviesan toda la pantalla para posteriormente rebotar hacia el detector, no es tan cara como la radiográfica pero siguen siendo más baratos los sensores infrarrojos, y de todas maneras se requiere un sistema virtual de detección y control automático. Y la técnica por termografía, para que esta técnica funcione el elemento a censar debe generar calor por lo que sería necesario usar una fuente infrarroja incidida sobre la pantalla, para poder detectar su interacción con la luz infrarroja y notar los cambios de coloración, y además de ellos el sistema virtual de detección y control automático ya que un operador con el dispositivo de detección térmica, podría pasar por alto alguna falla, al repetir la prueba muchas veces.

Se decidió usar sensores infrarrojos como interface de detección entre otras razones, por su relativa facilidad de implementación y por su bajo costo, además de ser un método no destructivo y superficialmente (o casi nulamente) invasivo, cualidades indispensables para el propósito mismo del sistema. La radiación infrarroja fue descubierta en 1800 por el astrónomo William Herschel, la descubrió al detectarla por su efecto térmico, en un termómetro. La luz infrarroja es un tipo de radiación con menor energía que la luz roja del espectro visible (aproximadamente 700 nm). Se clasifica en tres regiones, las cuales están estrechamente vinculadas con el rango de longitud de onda que genera dicha radiación. Las tres regiones son: infrarrojo cercano de 0.78 a 2.5 μm , infrarrojo medio de 2.5 a 50 μm e infrarrojo lejano de 50 a 1000 μm .

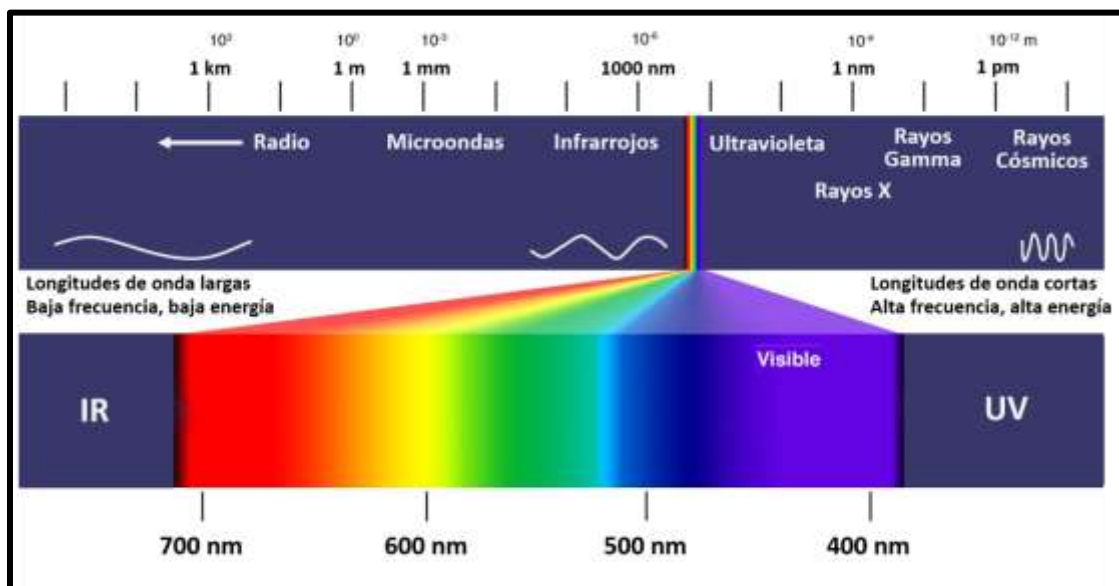


Figura 8. Espectro electromagnético

La región del espectro infrarrojo (Figura 8) en la que se basa esta técnica es el infrarrojo cercano, en el cual están si no todos la mayoría de los sensores infrarrojos y en vista de que el detector principal del sistema, usa este tipo de dispositivos nuestro énfasis estará en esta región en particular. La radiación infrarroja aunque se ha utilizado para una infinidad de propósitos en diversas áreas del conocimiento, dentro de las cuales destaca, sin ser necesariamente las principales, la optoelectrónica aplicada a la detección de calor en la materia (orgánica e inorgánica), los dispositivos de visión nocturna, scanner infrarrojos, sensores, etcétera, tiene potencial de ser un medio por el cual se pueden detectar daños estructurales relativamente triviales en superficies como la de las pantallas planas, cuyo propósito también es el de emitir luz en su estado activo.

El proyecto al que se hace referencia en este escrito, se enfocará en optimizar la calidad del producto de ésta conocida fábrica de pantallas de LCD y LED, ya que dicha fabrica ha tenido rechazos de parte del cliente por daños internos de la pantalla que no son fáciles de

detectar en sus procesos actuales de calidad y se requiere de un sistema que detecte este tipo de fallas y que lo haga dentro de los parámetros de tiempo que manejan en la línea de producción.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una base teórico - práctica para el diseño, simulación y caracterización de un sistema capaz de detectar fracturas (superficiales e internas), ralladuras, manchas y segmentos dañados (imperceptibles al ojo humano) en pantallas planas de LCD y LED utilizando sensado óptico infrarrojo.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para logra el objetivo general planteado se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un análisis de las fallas más comunes en la integridad de las pantallas de tecnología LCD y LED.
2. Estudiar el funcionamiento de las pantallas de tecnología LCD y LED.
3. Desarrollar una técnica de detección de las fallas más comunes en la integridad de las pantallas de tecnología LCD y LED de bajo costo y rápida respuesta utilizando sensado óptico infrarrojo.
4. Diseñar un prototipo funcional del sistema con una dualidad de hardware y software que sea reproducible y fácil de usar.
5. Implementar el sistema de detección de fallas.

6. Caracterizar el sistema de detección de fallas para los problemas específicos a resolver.
7. Estudiar la interacción de las superficies de los diversos tipos de pantallas LCD y LED con fuentes de luz externas para evaluar la posibilidad de que el sistema pueda migrar a otro tipo de detecciones.
8. Divulgar los resultados obtenidos.

2.3 HIPÓTESIS

La hipótesis del presente documento puntualiza el hecho de que es posible detectar, usando sensores infrarrojos comerciales de bajo costo, manchas y daños internos en las pantallas planas. Dichos sensores podrían adaptarse a una interfaz visual y auto detectable mediante el software de “National Instruments” llamado LabVIEW (o cualquier otro parecido) de manera que el costo de su implementación y adaptación al medio que se requiera, sea considerablemente más barato que con cualquier otra técnica o instrumento no destructivo viable.

CAPITULO 3

DESARROLLO

3.1 DESARROLLO

El sistema de detección de fallas infrarrojo (SDFI) basa su funcionamiento en la detección, del receptor del sensor infrarrojo, de la reflexión de la luz infrarroja proveniente del emisor del mismo. Dicha Luz se convierte a electricidad (voltaje analógico de corriente directa) por medio de circuitería insertada en el tablero de sensores infrarrojos (TSI) cuyo funcionamiento se explicara con más detalle posteriormente.

Cuando un haz de luz, de cualquier tipo, incide sobre alguna superficie una parte de ella se refleja (reflexión) y la otra parte es absorbida (refracción y absorción), la parte que se absorbe interactúa con la superficie de manera que la luz absorbida bajo cierta longitud de onda se convierte en energía que es emitida en forma de calor o refractada con el mismo ángulo con el que la luz incidió (Figura 9). De acuerdo a la ley de Snell donde “La razón del seno del ángulo incidente con respecto al seno del ángulo de refracción es igual a la razón de la velocidad de la luz en el medio incidente con respecto a la velocidad de la luz en el medio de refracción”[23], la ecuación que describe lo anterior es:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \quad (2)$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2} \quad (3)$$

donde C es la velocidad de la luz en el vacío, v es la velocidad de la luz en el medio en específico y n es el índice de refracción de cada material. Si sustituimos 2 y 3 en 1 tendremos la ecuación de la ley de Snell en función de los índices de refracción como sigue:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\frac{C}{n_1}}{\frac{C}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

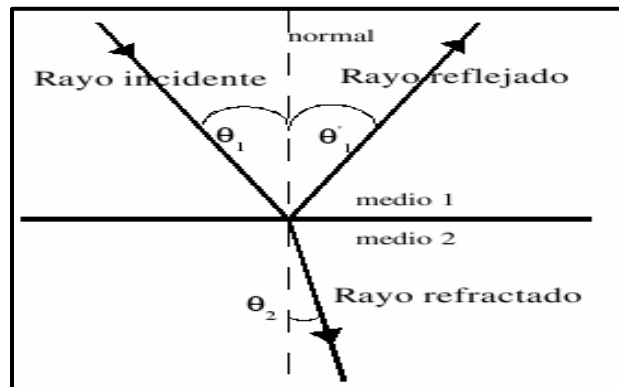


Figura 9. Descripción grafica de los rayos incidentes en la pantalla, del rayo reflejado y del rayo refractado.

En la Figura 10 podemos ver una imagen que muestra como el rayo infrarrojo incide sobre la pantalla y se refleja hacia el receptor (como se mencionó previamente), lo que hace que el sensor envía una señal eléctrica al sistema. Cuando hay una mancha interna hay mayor concentración del material del que este hecho el pixel de la pantalla plana y regularmente su color se hace un poco menos oscuro, lo que hace que reflejen más rayos de los que se reflejan en condiciones normales (donde se absorbe buena parte de la luz) y por lo tanto el nivel de voltaje es un poco mayor que cuando una pantalla se considera en buen estado.

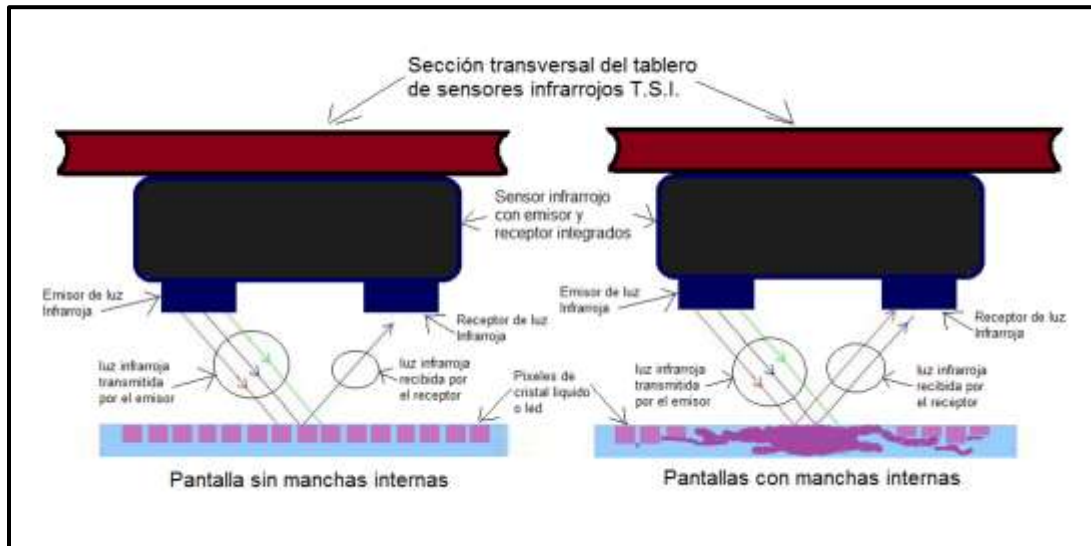


Figura 10. Comparación de detección del sensor infrarrojo entre una pantalla en buen estado y una defectuosa.

Lo anterior es solo la manera que detecta la falla el SDFI, sin embargo, debe entenderse cada etapa como pequeñas sección que forman parte de un todo y debe ser vista a detalle, para este propósito es necesario ir de lo general a lo específico. La figura 11 muestra el diagrama de flujo, que describe de manera global, el funcionamiento del SDFI.

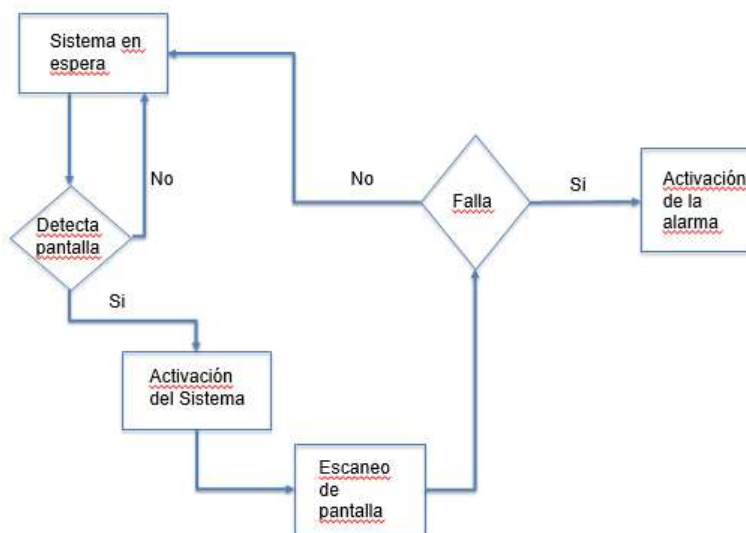


Figura 11. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de detección.

La línea de producción de la empresa que fabrica las pantallas planas, las transporta a través de un riel o “conveyor” a cada siguiente proceso, se pretende que este sistema de detección este situado justo antes del primer proceso para asegurarnos (al recibir la pantalla del proveedor) de que el producto viene en buenas condiciones de parte del proveedor.

La MTSI permanecerá estática y estará instalado en el riel, situado de 1 a 3 mm de distancia de la superficie de la pantalla plana y estará en espera hasta que detecte su presencia. Cuando no haya ninguna bajo el área de detección de los sensores, estos arrojaran valores de voltaje arriba de 2 volts lo que le indicara al sistema que debe de permanecer en espera. Cuando detecta la presencia de alguna pantalla el valor de voltaje bajara de entre 0.4 y 0.2 V dependiendo del tipo de superficie de la pantalla y es entonces cuando inicia la comparación de niveles de voltaje, el sensor recorre toda la pantalla, si en el recorrido hay una variación relativamente considerable de niveles de voltajes de los sensores, vertical u horizontalmente (entre 0.1 y 0.05 V) el conveyor se detiene y activa la alarma, si no varía considerablemente el voltaje de los sensores durante toda la trayectoria antes mencionada, el conveyor continua y al terminar el escaneo de la superficie el sistema regresa al modo de espera, para la siguiente pantalla a analizar.

3.2 ETAPAS GENERALES DEL SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALLAS INFRARROJO

El SDFI consta de las siguientes tres etapas generales:

- Sistema de sensado.
- Programa de control y procesamiento de las señales:
 - Código de control
 - Código de procesamiento de señales
- Hardware general y de alerta de detección de fallas.

3.2.1 SISTEMA DE SENSADO

El sistema de sensado consta de una matriz de dos por cinco tableros con ocho sensores infrarrojos por tablero (aunque pueden ser más o menos tableros dependiendo de las necesidades), cada uno de los cuales consta de un emisor y un receptor en el mismo encapsulado, es por esta característica tan versátil que elegí el sensor infrarrojo modelo QTR-8a de la marca Pololu (Figura 12).



Figura 12. Tablero con 8 sensores infrarrojos.

La figura 13 muestra el diagrama eléctrico de cada tablero de arreglo de sensores TSI, que componen la MTSI.

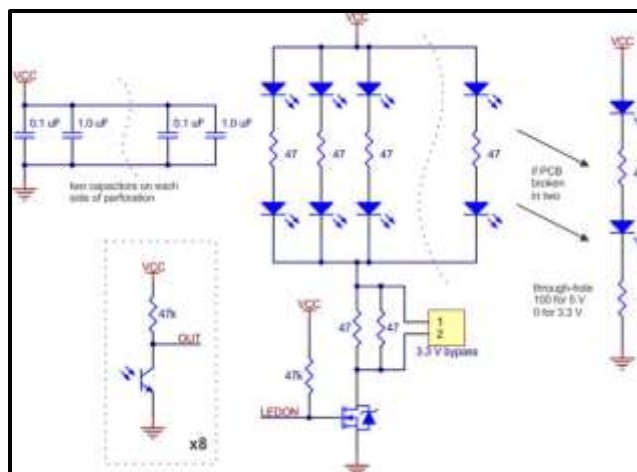


Figura 13. Diagrama eléctrico de TSI

La figura 14 muestra las dimensiones en pulgadas, del tablero de sensores infrarrojos, en base a ellas y algunas compensaciones que se hizo debido a algunas imperfección en los mismos, se diseñó y dibujo el arnés antes mencionado, para posteriormente ser impreso y moldeado con PLA blanco, en una impresora 3D de la marca CubePro.

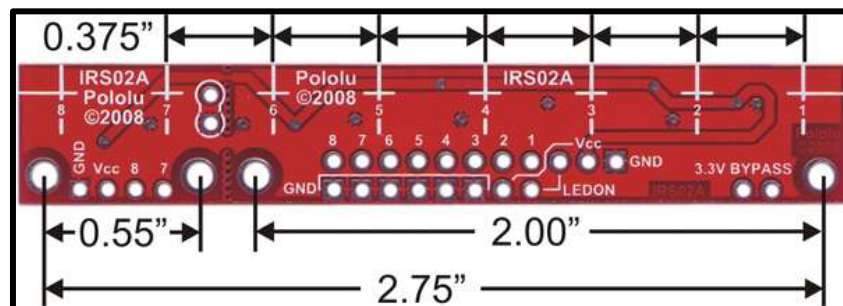


Figura 14 – Dimensiones del TSI

La figura 15 muestra la distribución y función de cada una de las terminales del TSI, las terminales rotuladas numéricamente (de 1 a 8) son las salidas de voltaje de los sensores, las cuales una vez accionados, varían en función a la distancia en la que se encuentre la superficie a medir y si hay mancha internas o no, las terminales LEDON (alimentados con el valor de voltaje de Vcc) se utilizan para encender todos los sensores infrarrojos del TSI y aunque solo se pueden encender todos los sensores al mismo tiempo y no cada uno de manera individual, se podría modificar el algoritmo en el software para que procese solo los sensores que se deseen en un momento dado. Vcc es el valor de la fuente de alimentación de voltaje de corriente directa del sistema, las terminales de GND son la referencia de tierra o cero volts. 3.3V BYPASS son terminales que se tienen que cortocircuitar si se desea que el sistema trabaje con 3.3 Volts de corriente directa y por ultimo las terminales 7 y 8 son las

salidas de voltaje específicas de los sensores 7 y 8, las cuales se pueden separar para formar dos tableros independientes.

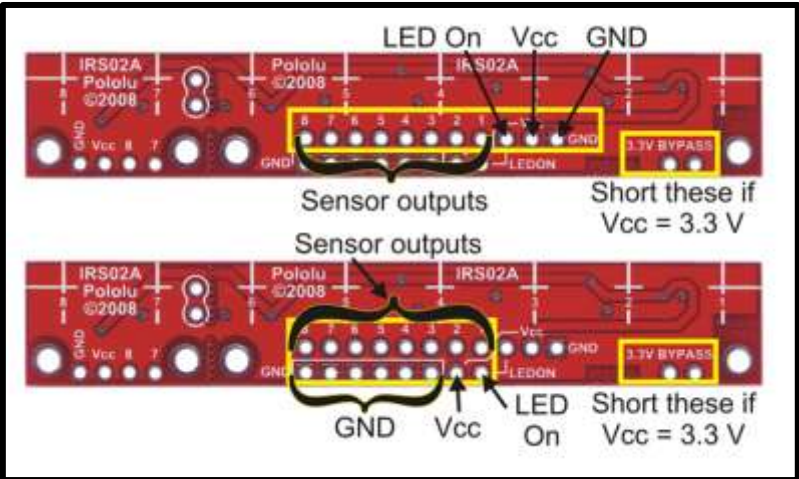


Figura 15. Distribución y función de las terminales de TSI

Como se mencionó previamente La MTSI será dividida en 5 segmentos compuestos por 2 tableros cada uno. A cada par de tableros (o segmentos) se le llamara de ahora en adelante A con subíndice n (Figura 16), dicho subíndice representara una asignación numérica arbitraria ascendente que va desde cero hasta el valor máximo correspondiente a las dimensiones de la superficie que se va a analizar.

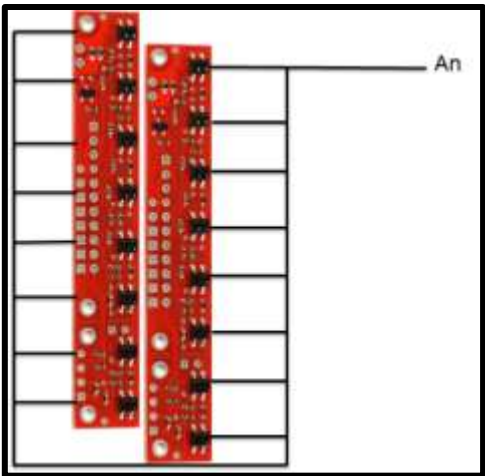
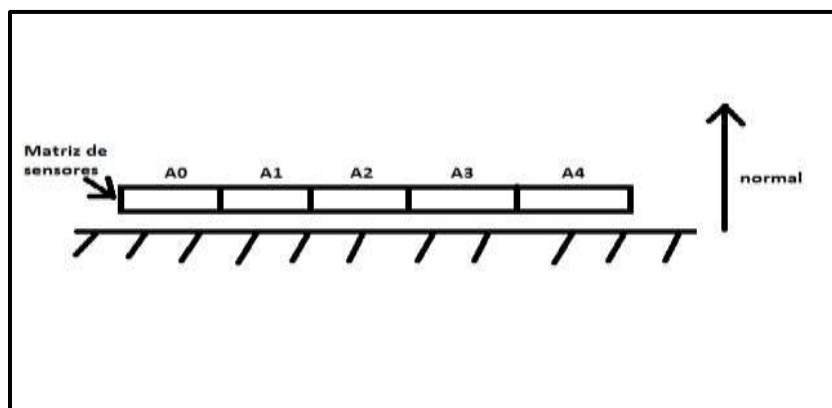


Figura 16. Par de tableros que conforman un segmento de la matriz de sensores An.

La MTSI escaneara la pantalla a una distancia no mayor de 3 mm de la superficie de la misma, distancia optima de sensado de acuerdo con las especificaciones del fabricante, y a un ángulo de incidencia no mayor de 30 grados, también sugerido por el fabricante. Si bien es cierto que a simple vista el color de la superficie de una pantalla sin daños internos podría parecer igual en todos los puntos, no es así en realidad, ya que hay una pequeña variación del color debido a que hay una mayor concentración de cristal líquido o de led en los segmentos dañados, cuando existe una irregularidad interna. En el caso de que la superficie tiene un color homogéneo, también los niveles de voltaje arrojados por los sensores, serán homogéneos entre sí, en todos los sensores.

Cada segmento del MTSI debe de unirse a los demás de tal manera que estén perfectamente nivelados entre sí (Figura 17), para que toda la matriz tenga una superficie uniforme de sensado, además los sensores como se mencionó antes, deben de situarse a 3 mm de la superficie que se va a escanear, para un óptimo desempeño o de lo contrario arrojará valores ficticios. Debido a lo anterior, se diseñó en el programa “Solidworks”, un arnés sujetador (Figura 18) para asegurar que toda la matriz de sensores sea colocada de la manera que tiene que ser colocada para realizar un escaneo correcto.



[illegible]

Las 8 salidas analógicas de cada segmento An están unidas a diversos conectores de tipo DB25 y DB15, las salidas de los sensores (1-8) en el primer tipo y control de encendido (Vcc, GND y ledon) en el segundo. A continuación se muestra en la tabla 1, que indica la información necesaria para identificar la función de cada pin de los dos tipos de conectores.

Conector 1 (DB 25)				Conector 2 (DB 25)				Conector 3 (DB 15)			
No.	ID	Color	Descripción	No.	ID	Color	Descripción	No.	ID	Color	Descripción
1	3A1	Verde	3An	1	5A1	Verde	5An	1	Led on	Verde	5An
2	3A2	Blanco / Verde	3An	2	5A2	Blanco / Verde	5An	2	Vcc	Blanco / Verde	5An
3	3A3	Café	3An	3	5A3	Café	5An	3	Gnd	Café	5An
4	3A4	Blanco / Café	3An	4	5A4	Blanco / Café	5An	4	Led on	Blanco / Azul	4An
5	3A5	Azul	3An	5	5A5	Azul	5An	5	Vcc	Azul	4An
6	3A6	Blanco / Azul	3An	6	5A6	Blanco / Azul	5An	6	Gnd	Blanco / Café	4An
7	3A7	Rosa	3An	7	5A7	Naranja	5An	7	Led on	Naranja	3An
8	3A8	Blanco / Rosa	3An	8	5A8	Blanco / Naranja	5An	8	Vcc	Blanco / Naranja	3An
9	2A1	Verde	2An	9	NC			9	Gnd	Verde	3An
10	2A2	Blanco / Verde	2An	10	NC			10	Led on	Blanco / Verde	2An
11	2A3	Café	2An	11	NC			11	Vcc	Café	2An
12	2A4	Blanco / Café	2An	12	NC			12	Gnd	Blanco / Café	2An
13	2A5	Azul	2An	13	NC			13	Led on	Naranja	1An
14	1A1	Verde	1An	14	NC			14	Vcc	Blanco / Azul	1An
15	1A2	Blanco / Verde	1An	15	NC			15	Gnd	Azul	1An
16	1A3	Blanco / Rosa	1An	16	NC						
17	1A4	Rosa	1An	17	NC						
18	1A5	Blanco / Azul	1An	18	4A1	Blanco / Verde	4An				
19	1A6	Azul	1An	19	4A2	Café	4An				
20	1A7	Blanco / Café	1An	20	4A3	Blanco / Café	4An				
21	1A8	Café	1An	21	4A4	Azul	4An				
22	2A6	Blanco / Azul	2An	22	4A5	Blanco / Azul	4An				
23	2A7	Rosa	2An	23	4A6	Naranja	4An				
24	2A8	Blanco / Rosa	2An	24	4A7	Blanco / Naranja	4An				
25	NC	Amarillo / Azul		25	4A8	Amarillo / Azul	4An				

La figura 19 muestra la imagen de la MTSI con su arnés instalado y los conectores DB15 y DB25 conectadas a un protoboard.



Figura 19. Cableado de la MTSI con su arnés instalado.

En la figura 20 se puede ver una pantalla encendida con un gran mancha interna y varias ramificaciones, esto haría innecesario el SDFI si el punto fuera simplemente detectar la falla, sin embargo, para poder encender la pantalla, esta debió haber sido ensamblada en su totalidad y por lo tanto es imposible determinar si la pantalla se dañó en el proceso o ya venía dañada del proveedor, Propósito por el cual se diseñó el SDFI



Figura 20. Pantalla con daño interno evidente al energizarse la misma.

La MTSI está diseñada para cubrir el total de la superficie de la pantalla. El valor del subíndice “n” en A_n y la versión del software que se utilizara, varía en función a las dimensiones de la pantalla a escanear, de lo cual se describirá a detalle más adelante. El escaneo que realizara será simultáneamente de manera **vertical** y **horizontal** como lo muestra la figura 21.

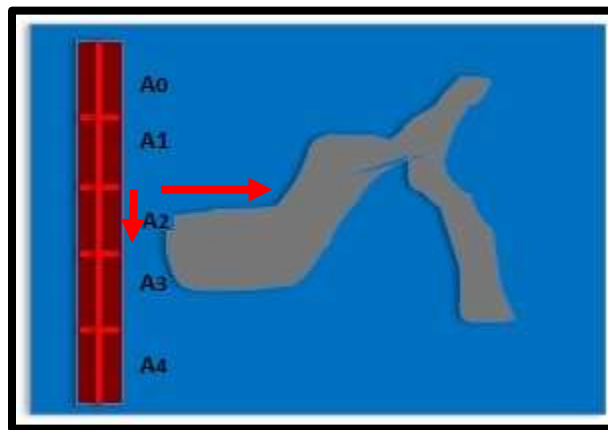


Figura 21. Trayectorias de comparación de los sensores.

3.2.2 ESCANEEO VERTICAL Y HORIZONTAL

ESCANEEO VERTICAL:

Este escaneo se realizara al comparar entre sí (vía software) los niveles de voltaje de cada uno de los segmentos de la MTSI. En otras palabras, el valor de voltaje arrojado por A_0 se compara con el de los demás segmentos ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$) de la matriz y lo mismo se hará sucesivamente con los demás segmentos. Si la diferencia de nivel de voltaje entre ellos es menor o igual a un voltaje de referencia predeterminado (de 0.1 a 0.05 V típicamente en base a las dimensiones de la pantalla y que tan brillante u opaca es su superficie), durante todo el escaneo, significa que la superficie de la pantalla es cromáticamente homogénea (tiene el mismo color a lo largo y ancho del interior de la pantalla) y por lo tanto no tiene ningún tipo de

daño interno. Si la diferencia de voltaje entre los segmentos es mayor al voltaje de referencia antes descrito, significa que detecto un cambio en el color de la superficie de la pantalla, es decir no es cromáticamente homogéneo, e inmediatamente se detendrá el sistema activando la alarma.

ESCANEEO HORIZONTAL:

Este escaneo comparara el nivel de voltaje arrojado por cada segmento An con respecto al valor arrojado por el mismo después de un retraso establecido por el software y está directamente relacionado con el número de iteraciones de la señal e indirectamente con la frecuencia de muestreo del DAQx o adquisidor de datos del software de control (este proceso se explicara con más detalle en páginas posteriores). De esta manera tanto el escaneo vertical como el horizontal realizados simultáneamente, aseguran que no quede una sola región de la pantalla sin ser escaneada y comparada.

3.2.3. PROGRAMA DE CONTROL Y PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES

LabVIEW (acrónimo en Inglés de “Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench”) de la compañía “National Instruments,” es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas, hardware y software de pruebas, control y diseño simulado o embebido (sistema computacional para tareas específicas comúnmente en tiempo “real”), debido a que se puede mejorar el control de producción de la parte o servicio con el cual se trabaje. El lenguaje que usa se llama comúnmente lenguaje G, y G se refiere a que es un lenguaje Gráfico. La figura 22 muestra una imagen de algunos de los componentes principales de la plataforma de LabVIEW.

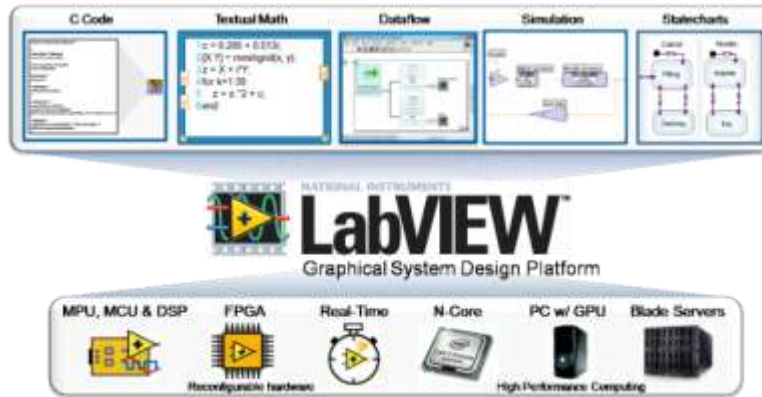


Figura 22. Logo de la plataforma LabVIEW.

El desarrollo del programa del SDFI descrito en este documento, ha sido realizado con el software LabVIEW, el cual fue elegido por lo relativamente sencillo de su programación y por su versatilidad tanto en lenguaje de programación, en puertos, plataformas como la cantidad de hardware compatibles con dicho software. Las áreas de trabajo de labVIEW se dividen en “block diagram” el cual es básicamente los códigos gráficos del funcionamiento del programa, y “Front Panel” que es la interface visual que se muestra al usuario una vez que el programa se ha hecho ejecutable o .exe.

El programa de control y procesamiento de las señales analógicas y digitales se diseñaron para 5,4 y 3 entradas que se usaran de acuerdo al tamaño de las pantallas y serán divididos en dos partes principales:

- Código de control.
- Código de procesamiento de señales.

compara con la referencia de estado inicial, un valor numérico (alrededor de 2 V) que varía de una pantalla plana a otra por su construcción y materiales.

El DAQ assistant2 permite que la salida del bus digital permanezca en cero, es decir mientras el sistema permanezca sin recibir una pantalla, se enviara al hardware de detección un estado bajo lógico (0 volts) a través de una comparación “menor o igual”, por lo tanto el led virtual indicador permanecerá apagado. De la única manera que el programa avanza a la siguiente etapa, es que detecte la presencia de una pantalla (defectuosa o no) lo cual hará que el valor de estado inicial decrezca por debajo del valor de referencia de estado inicial (en este caso 2) y esto provoca el impulso de la comparación “menor o igual” que detendrá el ciclo “while” mediante su segmento de paro, por lo tanto dará paso a iniciar la etapa que controla el código de procesamiento de señales, que es otro ciclo “while”.

3.2.3.2. CÓDIGO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES.

Para fines prácticos y expositivos se explicara solo el programa de 5 señales, ya que análogamente es el mismo funcionamiento para los programas de 4 y 3 variables o de m cantidad de variables (donde m es un entero positivo mayor o igual que cero pero menor o igual que 7). Dentro del ciclo “while” que controla el código de procesamiento de señales (figura 24) podemos encontrar de derecha a izquierda un DAQ assistant3 de entradas analógicas, conectado a través de su terminal data, a un filtro de 5to orden Butherworth pasa bajas con frecuencia de corte de 20 Hz (“Filter”), que limpia la señal que se recibe de la MTSI, después de “limpiar” las señales, estas se dividen en el número de entradas que estén habilitadas en el DAQ assistant 3 mediante un divisor de señales (Split Signals), posteriormente dichas señales son convertidas a variables numéricas o “double precision

float” de tal manera que se puedan medir como simples voltajes. Por lo tanto tenemos ya los parámetros de voltaje los cuales entran mediante un fusionador (“Merge signals”) al bloque Delay Values, el cual retrasara cada una de los voltajes convertidos a variables numéricas para que estén disponibles para su posterior comparación contra sí mismos.

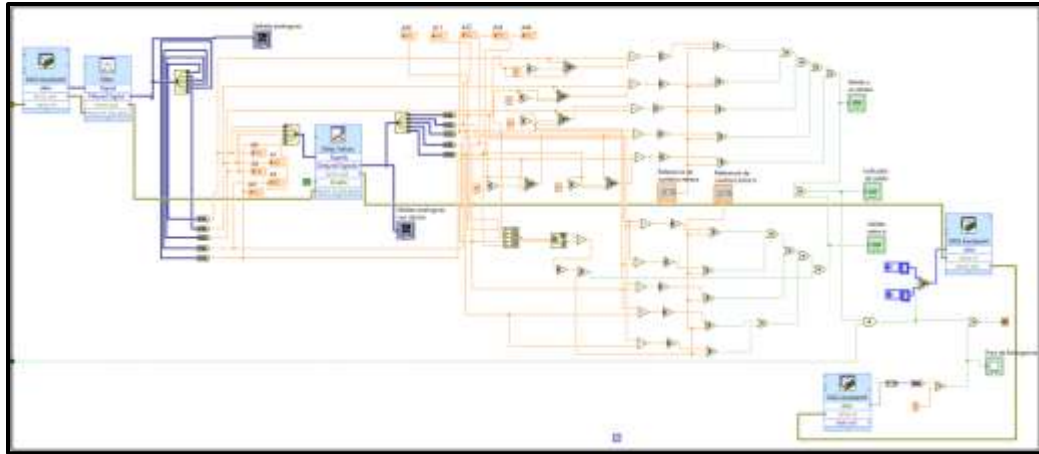


Figura 24. Diagrama a bloques del código de procesamiento de señales para 5 entradas analógicas.

La figura 25 muestra el código de programa, en el que las señales provenientes de la MTSI a través del adquisidor de datos y el Daq Assistant, son divididas de nuevo por un “splitter” y cada una de estas (A_n) son conectadas a una de las entradas de un selector, a la otra entrada se le conecta la señal retrasada (A_{nn}), el pin de control del selector debe tener una señal lógica (cero o uno lógico) por lo que se le conecta un comparador menor o igual que comparara la señal retrasada A_{nn} contra cero para eliminar los niveles de voltaje negativos o cero, que harían que la transición entre el estado de espera y el de detección de pantallas nunca se lleve a cabo, ya que la diferencia entre A_n y A_{nn} sería A_{nn} es decir más grande que el valor de referencia, porque lo tomaría como falla y por lo consecuencia el sistema se detendría. La salida del selector se conecta a una de las entradas de un restador y la otra entrada se conecta a A_n el resultado de esta diferencia se conecta a un módulo de

valor absoluto (para que la diferencia sea siempre positiva) cuya salida será la señal que comparara un módulo de mayor o igual contra el valor de referencia de cambios entre sí, si la diferencia es mayor o igual a un voltaje de referencia (previamente caracterizado para cada tipo de pantalla) activara la alarma a través de un arreglo de compuertas lógicas “or” conectada a una compuerta “or” de paro en una de sus terminales y al mismo tiempo a un led virtual indicador llamado “Salidas y sus retrasos”.

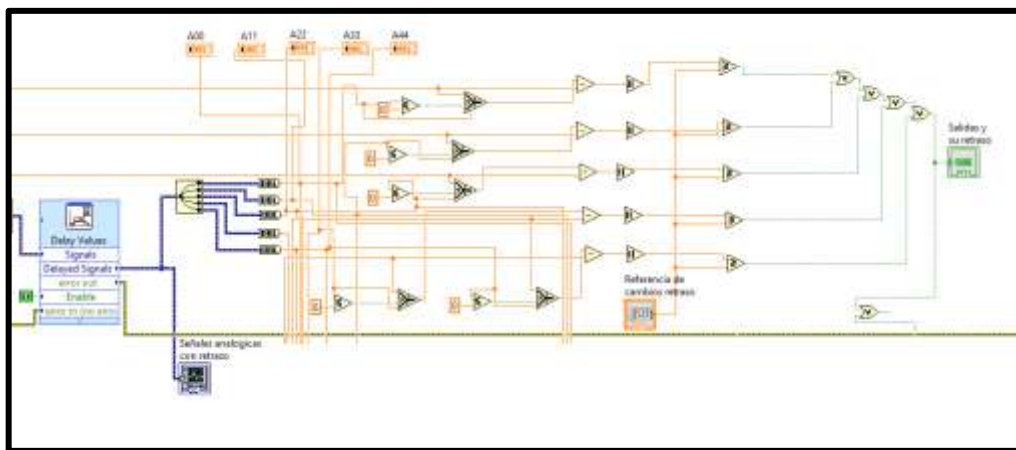


Figura 25. Segmento de análisis de señales analógicas de entrada con sus retrasos.

La otra sección del programa, que simultáneamente analiza los datos provenientes de la MTSI es la que muestra la figura 26, la cual detecta si hay una diferencia significativa de voltajes entre A_0 , A_1 , A_2 , A_3 y A_4 . La primera fase se trata de determinar si la diferencia entre el nivel más bajo y el nivel más alto supera el voltaje de referencia, para determinarlo, se usó un bloque de construcción de arreglos con las 5 Señales de entrada, la salida que es un arreglo o “array” en inglés, se conecta a un bloque que determina el máximo y el mínimo valor de todos los elementos que componen el arreglo con el que es alimentado, se hace una resta con el bloque de sustracción, se le aplica el valor absoluto para evitar números negativos y se compara con el valor de referencia del elemento “referencia de cambios entre si a través de

un comparador mayor o igual y su salida (0 o 1 lógico) se conecta a una de las entradas del arreglo de compuertas lógicas “or” cuya salida es la otra entrada de la compuerta lógica “or” de paro, mencionada con anterioridad, que hace que el ciclo “while” se detenga al tener un valor de 1 lógico, porque esta se conecta a una de las entradas de la compuerta “AND” de la salida final y su otra entrada siempre estará en 1 lógico mientras el sistema este detectando la presencia de una pantalla.

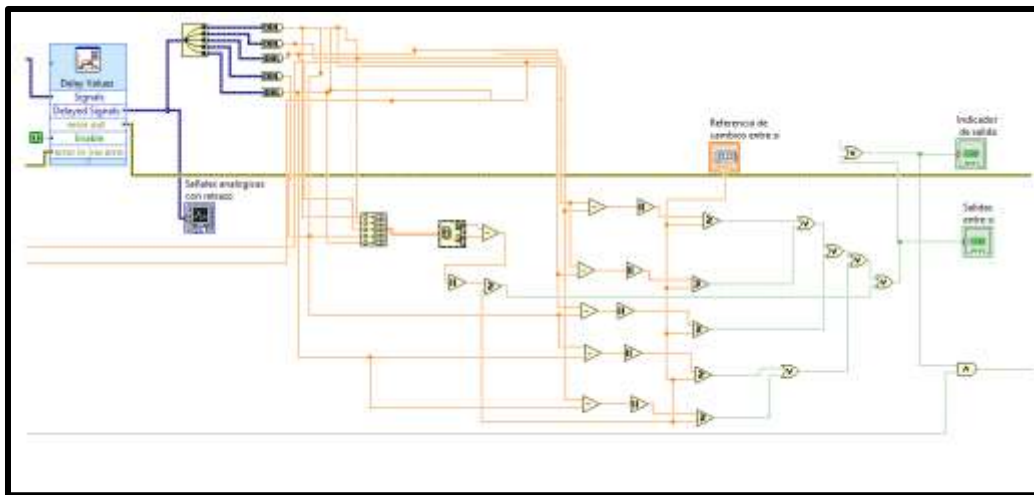


Figura 26. Segmento de análisis de señales analógicas de entrada entre sí.

La última sección del “block diagram” (figura 27) es la genera el pulso que activa la alarma del sistema al aplicar un uno lógico en amabas entradas del de la compuerta “AND” cuya salida está conectada al pin de control de un selector de señales que deja pasar una señal (0 lógico) y el pin de control recibe un cero lógico y deja pasar la otra (1 lógico) si recibe un uno lógico. La salida del selector se conecta a la entrada denominada “data” del bloque “DAQ Assistant4” que es el código del programa que envía información binaria a la salida del adquisidor de datos a al puerto de salida digital PO, el cual se explicara a detalle más adelante.

El “DAQ Assistant5” está configurado como una entrada analógica que usa el puerto digital P1 para recibir, de parte de un interruptor normalmente abierto, un impulso o uno lógico si por alguna circunstancia se requiere detener el sistema abruptamente en cualquier fase de su trabajo normal, este uno lógico es transformado por el daq assistant5 en un arreglo booleano, es por eso que se debe transformar dicha señal cambiándola a un simple 1 o 0 lógicos mediante un “Boolean array to number” y posteriormente a un número decimal entero usando el comando “To double precisión float” y de esa manera compararlo contra cero mediante un comparador de número mayor que activara la compuerta “OR” lógica de salida final y esta mandara el impulse a “Stop” para que se detenga el ciclo “While”.

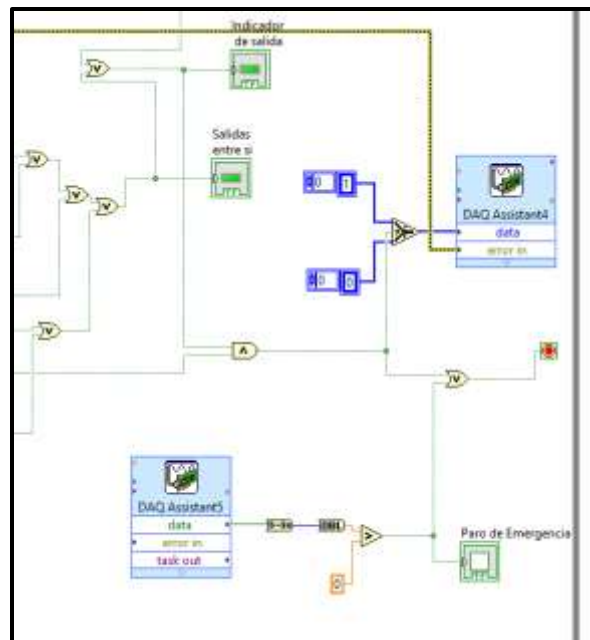


Figura 27. Segmento de código para la activación de la alarma.

El panel frontal (mostrado en la figura 28) como se mencionó previamente es la interface de usuario final, es decir, la pantalla que se muestra a la persona que opere el sistema y es ahí donde se manipulan (según las necesidades) los parámetros como

“referencia de estado inicial”, “referencia de cambios entre sí” y “referencia de cambios retraso”. También se muestran los resultados de los parámetros de entrada $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ etc. Los led indicadores de “Transición de cases”, “Salidas entre sí”, “Salidas y su retraso”, “Indicador de salida” y paro de emergencia y los pantallas que despliegan los parámetros de entrada y sus respectivos retrasos.

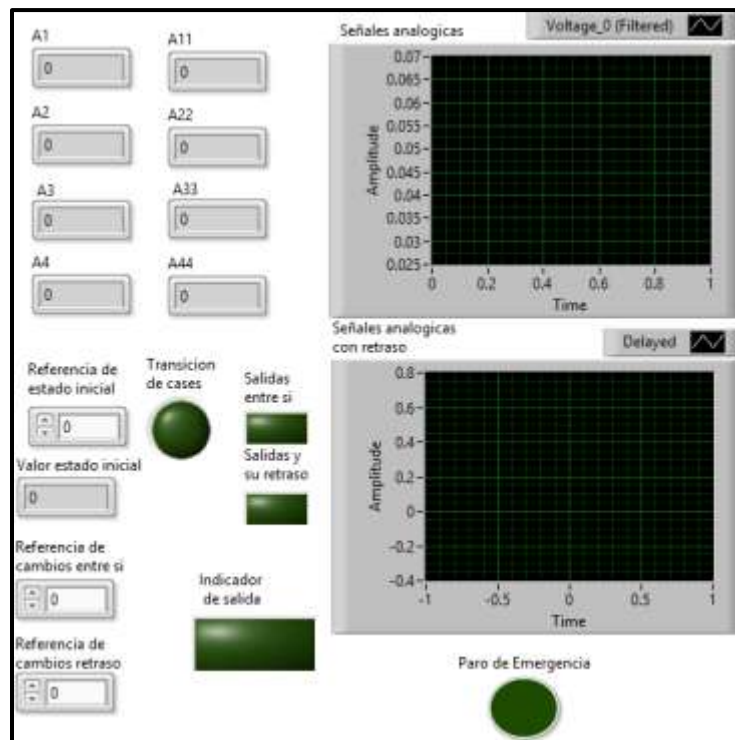


Figura 28. Panel frontal del código de procesamiento de señales para 5 entradas analógicas.

3.2.4. HARDWARE GENERAL Y DE ALERTA DE DETECCIÓN DE FALLAS.

Para recibir y “enviar” las señales eléctricas analógicas producidas por la MTSI, se utilizó el adquisidor de datos (Daq) de National Instruments (NI), modelo USB-6009 cuya imagen y distribución de pines se muestran en la figura 29. Los pines 1, 4, 7, 10, 13, 16 y 32 pertenecen a la referencia de tierra (0 Volts de corriente directa). En los pines 30 y 31 entregan como salida 2.5 y 5 Volts positivos respectivamente. El adquisidor de datos tiene un puerto de 8

entradas analógicas de 14 bits con una frecuencia compartida de muestreo de 48 Kilo muestras por segundo, que se encuentra en los pines 2, 5, 8, 11, 3, 6, 9 y 12 correspondientes a las entradas analógicas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 respectivamente. También se cuenta con un puerto de dos salidas analógicas de 12 bits AO y sus pines 14 y 15 los cuales son 0 y 1. Adicionalmente se tienen dos puertos de entradas/salidas digitales P0 y P1 cuyos pines y etiquetas respectivamente son 17 P0.0, 18 P0.1, 19 P0.2, 20 P0.3, 21 P0.4, 22 P0.5, 23 P0.6, 24 P0.7, 25 P1.0, 26 P1.1, 27 P1.2 y 28 P1.3. Por último el pin 29 corresponde a PFI0 que es un disparador digital o un contador de eventos, dependiendo de su configuración vía software.

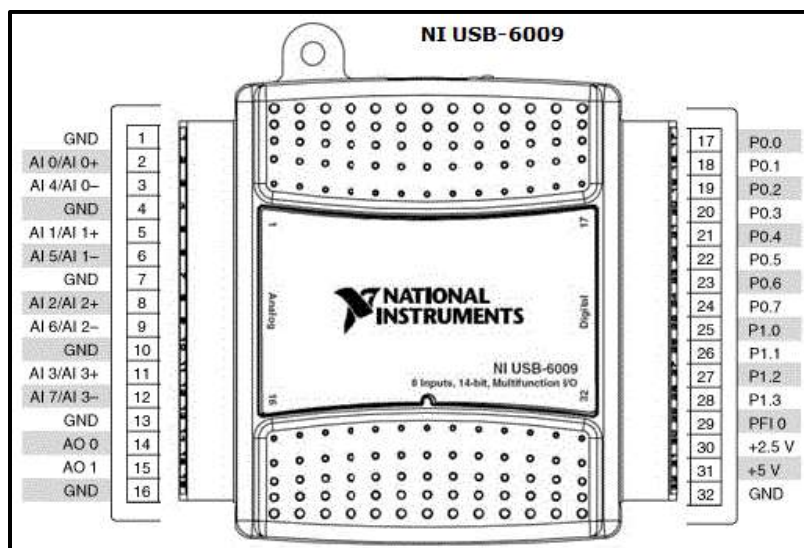


Figura 29. Adquisidor de datos de NI modelo USB-6009.

La figura 30 muestra el diagrama eléctrico del circuito de pequeña y mediana potencias, que activa la alarma visual del SDFI y en la figura 31 podemos ver una fotografía de la distribución física de cada uno de los elementos del circuito de activación.

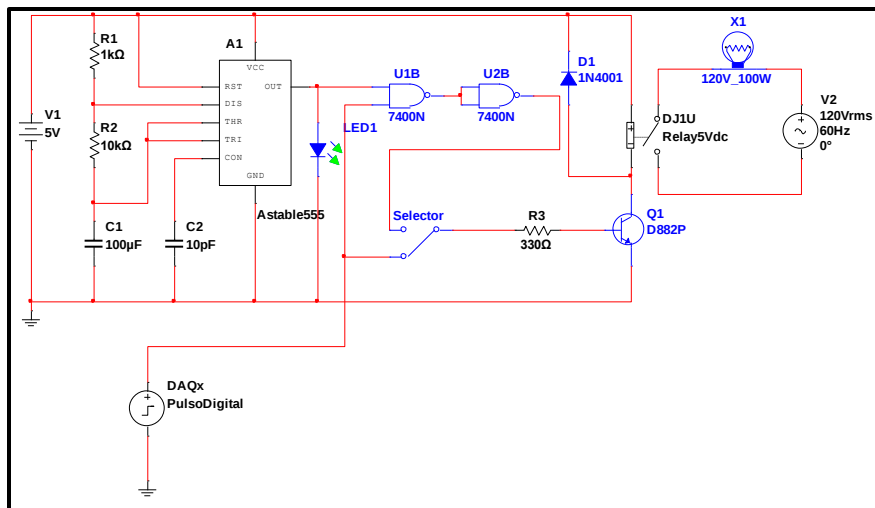


Figura 30. Diagrama eléctrico del circuito de activación de alarma.

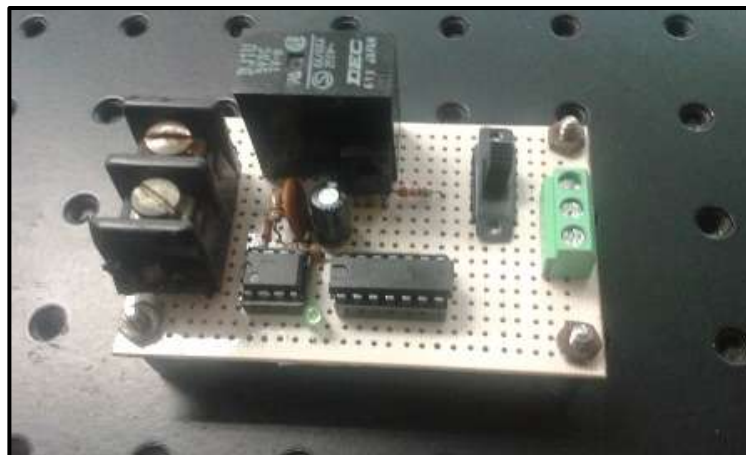


Figura 31. Circuito de activación de alarma.

Los segmentos que componen el diagrama eléctrico previamente mencionado son:

1. Un multivibrador astable usando un circuito integrado 555.

Este circuito es básicamente un generador de onda cuadrada con tiempos de activación y desactivación bien definidos las cuales determina su frecuencia de trabajo, es decir cuántas veces por segundo se repite el ciclo de onda cuadrada. La figura 32 muestra los elementos

que componen dicho circuito al cual se le agrego un led a la salida como un elemento visual para asegurarnos que el circuito funcione correctamente.

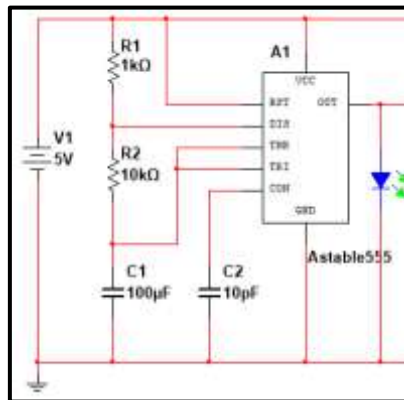


Figura 32. Multivibrador astable.

La figura 33 muestra una representación gráfica del tiempo de activación T1 en el que la salida del multivibrador estará en 1 lógico (5 V) y el de desactivación T2 en el que la salida estará en 0 lógico (0 V).

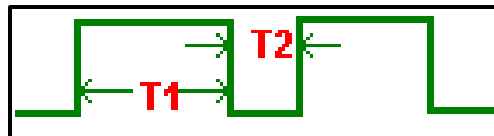


Figura 33. Tiempos de activación y desactivación.

Los valores de los componentes del multivibrador son los siguientes:

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

$$C_1 = 100\mu F$$

Para encontrar los valores de T_1 , T_2 y frecuencia tenemos las siguientes ecuaciones:

$$T_1 = (0.693) * (R_1 + R_2) * (C_1) \quad (5)$$

$$T_2 = (0.693) * (R_2) * (C_1) \quad (6)$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{1.44}{(R_1 + R_2) * (C_1)} \quad (7)$$

Sustituyendo los valores de R_1 , R_2 y C_1 en la ecuación 5 obtenemos:

$$T_1 = 0.69 \text{ seg}$$

Sustituyendo los valores de R_2 y C_1 en la ecuación 6 obtenemos:

$$T_2 = 0.63 \text{ seg}$$

Sustituyendo los valores de R_1 , R_2 y C_1 en la ecuación 7 obtenemos:

$$\text{Frecuencia} = 1.31 \frac{\text{ciclos}}{\text{segundo}} = 1.31 \text{ Hz}$$

Ahora se tiene el tiempo en el que el multivibrador estará en operación (1 lógico) y desactivado (0 lógico) además de la frecuencia de trabajo del mismo, estos parámetros se relevantes porque son el tiempo y frecuencia en la que el foco se encenderá y apagará cuando la alarma se active y de esa manera mostrarle al operador cuando exista una falla.

2. Un par de compuertas NAND.

La figura 34 muestra un arreglo de 2 compuertas NAND (U1B y U2B) que se encarga de dejar pasar la oscilación proveniente del multivibrador astable, solo cuando reciba el pulso de la alarma proveniente del puerto digital P0 del adquisidor de datos.

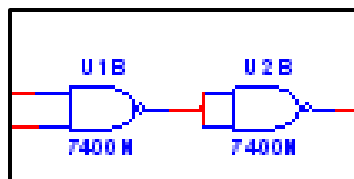


Figura 34. Arreglo de compuertas lógicas NAND conectadas en serie.

3. Un interruptor selector.

El interruptor selector de señales (figura 35) se encarga de dejar pasar solamente el pulso que viene del adquisidor de datos o la oscilación del multivibrador según las necesidades del operador, en el primer caso el foco de alarma visual solo encendería y en el segundo caso el foco se encendería de manera intermitente con la frecuencia antes calculada.

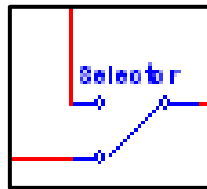


Figura 35. Selector de señales.

4. Un transistor de mediana potencia Q1 y una resistencia polarizadora R3.

Estos dos elementos (figura 36) hacen aumentar la corriente de la señal que se elija del selector y mantiene su voltaje de origen para enviarlo a la siguiente etapa del circuito.

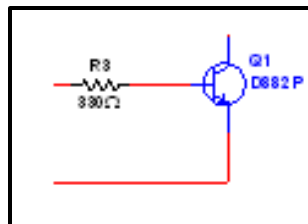


Figura 36. Amplificador de potencia de la señal analógica.

5. Un diodo rectificador.

La función del diodo rectificador D1 de la figura 37 es simplemente, restringir el flujo de corriente que paso por el relevador a una sola dirección, que es la de polarización del transistor a través del relevador.

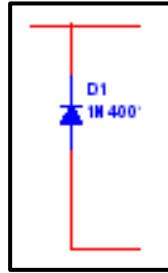


Figura 37. Diodo para flujo de corriente.

6. Un relevador activado con 5 Volts de corriente directa.

El relevador de la figura 38 DJIU en conjunto con el transistor y la resistencia de polarización hacen la señal proveniente del adquisidor de datos o del multivibrador (según sea el caso) sea amplificada y enviada para encender el foco cuando la alarma se active.

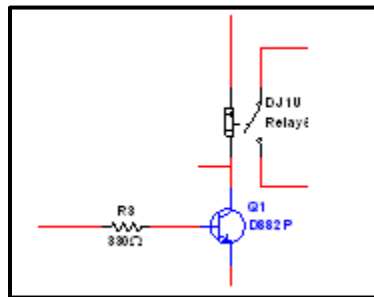


Figura 38. Relevador activador de alarma visual.

7. Un foco de 75 Watts y 120 Volts de corriente alterna.

La figura 39 muestra el diagrama del foco X1 conectado a la toma de corriente alterna a través de una clavija, X1 encenderá, a través del cierre del circuito entre el foco y la toma de corriente por conducto del relevador, cuando el SDFI detecte una anomalía y de esta manera alertara de manera visual al operador del sistema.

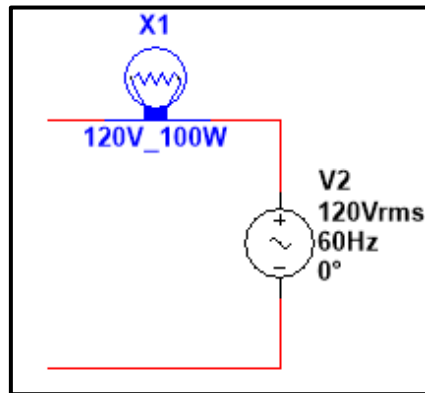


Figura 39. Alarma visual.

La figura 40 muestra el prototipo actual del SDFI desde la MTSI con su arnés instalado, pasando por el adquisidor de datos USB-6009, luego por el circuito de alerta para finalmente llegar al foco indicador y todo esto alimentado por una fuente regulada de computadora.



Figura 40. Sistema de detección de fallas infrarrojo (SDFI).

CAPITULO 4

PRUEBAS REALIZADAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS REALIZADAS

La primera versión de la MTSI (figura 41) era en su etapa más básica, dos tableros unidos entre sí o A_0 con cables “wire wrap” (cable muy flexible, delgado y fácil de manejar) relativamente cortos. Este primer prototipo del MTSI se formó para asegurar que los sensores si detectaran las anomalías y se armó adicionalmente, una estructura de metal para mayor movilidad de la prueba.



Figura 41. Sensado de pantalla con la MTSI.

La siguiente versión de la MTSI también fue cubierta, en la cara donde se encuentran los sensores (figura 42), con cinta de aislar de color negro para reducir el “ruido” óptico de reflexión y aunque si se redujo un poco no fue lo suficientemente significativo, igualmente cada uno de los sensores fue cableado, en la cara de conexión de los pines (figura 43), con cable para “wire wrap” que como se mencionó antes, es muy flexible, delgado y fácil de

manejar, su contraparte es que es más sencillo que se rompa por lo que se reemplazó por cables de red cat5 (Figura 44) que son más resistentes y gruesos.

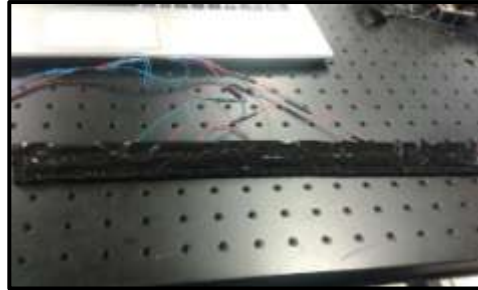


Figura 42. Cara de sensores de la MTSI.

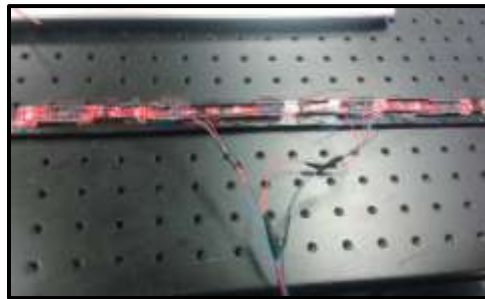


Figura 43. Cara de pines de la MTSI.



Figura 44. Cables de red soldados a los pines de la MTSI.

El software de detección también sufrió cambios de su primera versión, algunos muy sutiles otros no tanto pero se decidió guardar cada una de esas versiones, por lo que se tienen más de diez de ellas. En primera instancia se había pensado en mostrar la falla en la pantalla del “front panel” con una coloración para el área en buen estado y con otra donde se

detectaran fallas, además de la alarma visual con el foco, sin embargo se decidió mantenerse lo más simple posible dado que el propósito del sistema además de detectar las pantallas dañadas es que el operador no permite que para mucho tiempo el proceso. Esta primera versión del programa (figura 45 y 46) no había un filtro en la señal de entrada proveniente de los sensores, como se utilizaban solo dos TSI unidos entre sí (A_0) las variables que se procesaban eran las 8 entradas de voltaje analógico que recibían de parte de los T.S.I y solo se comparaban los valores entre si y no con retardo. Se usó un ciclo “flat sequence structure” dentro del ciclo “while” (después se descubrió que este no era necesario). También se establecieron etapas de almacenamiento de información de los valores arrojados por los sensores cuando se encontrar fallas y cuando no, para una futura etapa de entregas de reportes del sistema.

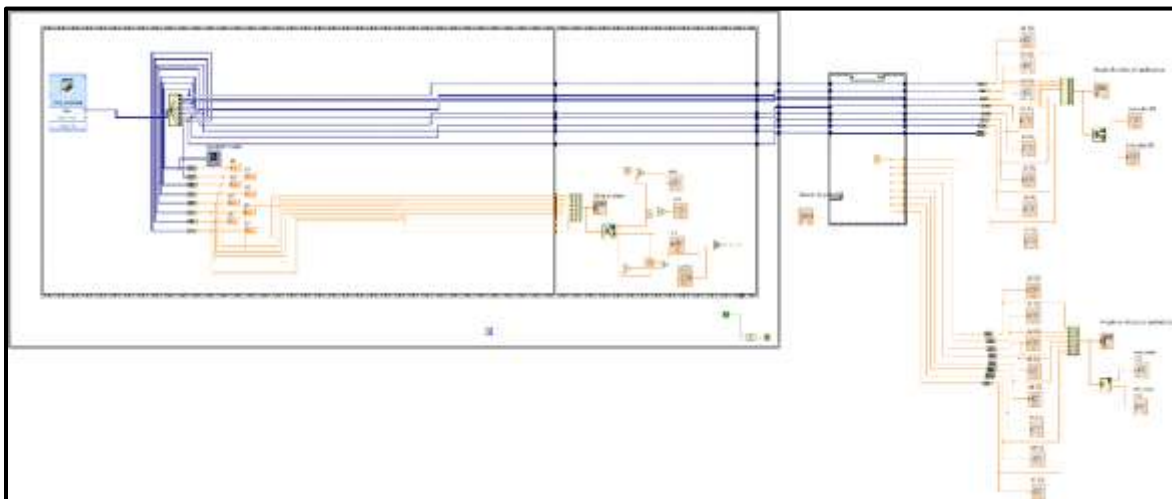


Figura 45. “Block diagram” de la primera versión del programa.

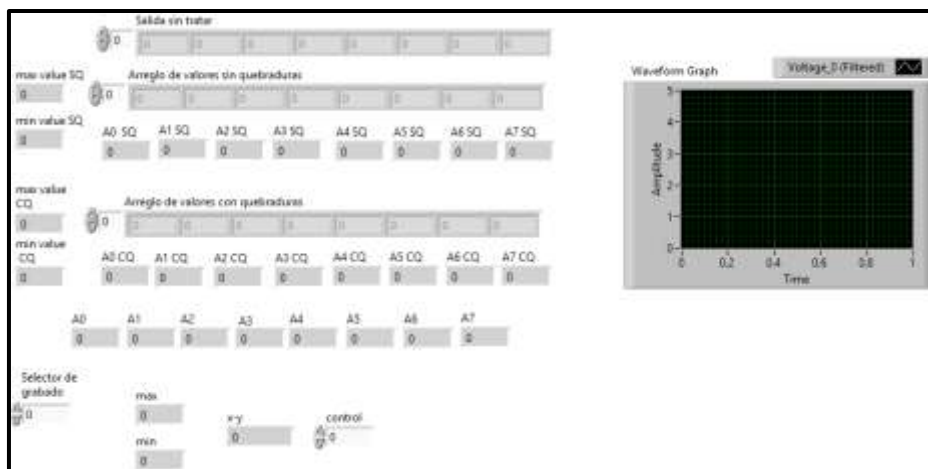


Figura 46 – “Front panel” de la primera versión del programa.

El siguiente anexo en los programas fue el filtro para las señales analógicas provenientes del adquirente de datos y se enfocaron los esfuerzos en la mayor detección de las manchas dejando un poco de lado la generación de reportes, por lo que se incluyó un retardo en las señales para compararlas cada uno entre sus propios retardos y hace hacer un barrido vertical simultáneamente a uno horizontal (descritos previamente). También se incluyeron un par de subrutinas para sustituir las etapas de comparación entre sí (figura 47) y la de comparación de retardos de cada señal con respecto a sí mismas (figura 48) aunque posteriormente se decidió hacer un programa sin ellas para no aumentar el espacio que ocuparía el programa el disco duro de la computadora en la que se instale.

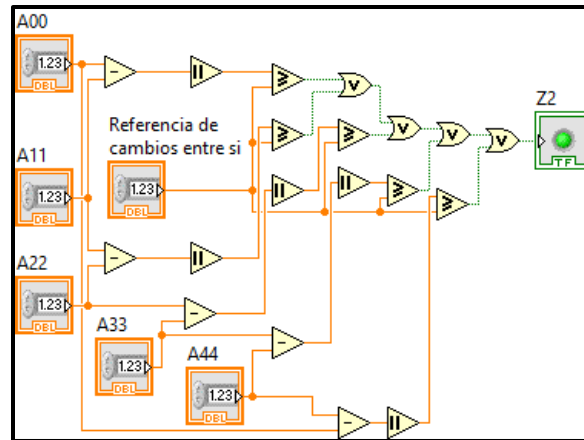


Figura 47. “Block Diagram” de la subrutina para comparación de cambios entre sí.

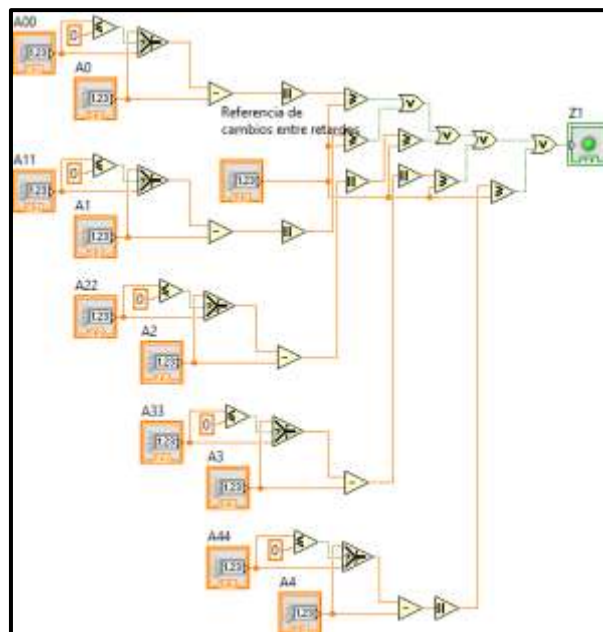


Figura 48. “Block Diagram” de la subrutina para comparación de cambios entre retardos.

La fuente de alimentación del sistema también sufrió cambios a través del proceso de materialización del prototipo funcional, al principio se utilizó un fuente regulada de 5 V de corriente directa en paralelo, para suministrar 1 Amperes (que en teoría era la corriente necesaria para alimentar el sistema) sin embargo al poner en funcionamiento el sistema y cuando detectaba alguna falla con ciertas dimensiones, el voltaje bajaba a 4 V lo que

significaba que no era suficiente la corriente suministrada por la fuente al SDFI es por ello que se decidió usar una fuente de computadora que es más estable y tiene mayor capacidad de amperaje.

4.2 RESULTADOS

- El filtro redujo significativamente el ruido en los niveles de voltaje provenientes de los sensores.
- Los barridos simultáneos vertical y horizontal llevaron a una cobertura total de la superficie de la pantalla.
- Una fuente de voltaje conmutada de por lo menos 2 amperes de corriente hizo que los voltajes comparados fueran mucho más estables.
- El SDFI funciona correctamente, siempre y cuando la MTSI esté perfectamente nivelada.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

Hasta este punto se cuenta con un prototipo funcional del SDFI en la cuestión de la estructura del programa de control y procesamiento de señales, “hardware” de control de alarma y calidad de detección, sin embargo aún hay muchas mejoras potenciales como el hecho de que la MTSI debe estar completamente nivelado para que no arroje mediciones erróneas y a una distancia de 3 mm lo cual plantea muchas restricciones de movilidad y adaptabilidad el medio en el que será instalado. También está la posibilidad de generar reportes de desempeño y de cantidad de defectos, de manera automática, para fines de mejora de producción y de procesos estadísticos.

Por otro lado considero que usar sensores infrarrojos para la detección ha sido una elección bastante “amigable” con la pantalla por lo que el SDFI se coloca en una categoría de técnicas de detección de fallas no destructiva ni invasiva. Adicionalmente a lo anterior, elegir el software LabVIEW de “National Instruments” permite eliminar, debido a su gran versatilidad y variedad de elementos, muchas secciones que de otra manera tendrían que ser implementados con hardware que redundaría en un mayor tamaño y cantidad de procesos, por los que la señal de sensado proveniente de la MTSI tendría que pasar por varios procesos distintos aumentando así la probabilidad de errores y ruidos adheridos.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

A futuro se planea entre otras cosas, continuar con la implementación de reportes de desempeño del SDFI. Además se planea cambiar el tipo de sensor infrarrojo a uno con mayor sensibilidad y estabilidad de sensado es por esto que también el arnés de la MTSI cambiara para amoldarse a la figura de los nuevos sensores. También el código del programa cambiara y los parámetros de referencia por esta razón se harán pruebas con las nuevas especificaciones. Y si la diferencia de voltajes entre un área con manchas y una sin ellas es lo suficientemente pequeña, se amplificara la señal vía software. Adicionalmente se pretende hacer pruebas con los distintos tipos de modelos de televisiones planas de la compañía y repetir el proceso una cantidad significativa de veces para hacer un análisis estadístico de los resultados, de tipo R&R (reproducibilidad y respetabilidad) y también hacer un análisis de La velocidad, sensibilidad, cobertura y fiabilidad de la detección. Por último se planea adaptar el sistema al medio en el que se va a utilizar y se planea, también aislarlo ópticamente con alguna especie de cámara oscura para minimizar el ruido óptico que recibe el sistema de parte de la radiación del espectro visible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Pavel Lazarev, Making flat panel TVs cheap and really thin, Spie newsroom DOI: 10.1117/2.1200706.0492, <http://spie.org/newsroom/0492-making-flat-panel-tvs-cheap-and-really-thin?ArticleID=x1474722>, June 2007
- [2] Cristina Rodríguez González, Sistema automatizado de detección de defecto en piezas metálicas mediante ensayos no destructivos con ultrasonidos, Tesis doctoral, 2012.
- [3] Yi-Hsin Lin, Hongwen Ren, Sebastian Gauza, Yung-Hsun Wu, Yue Zhao, Jiyu Fang, and Shin-Tson Wu, IPS-LCD Using a Glass Substrate and an Anisotropic Polymer Film, Journal of Display Technology Vol. 2, No.1, March 2006.
- [4] Ruibo Lu, Qi Hong, Zhibing Ge, and Shin-Tson Wu, Color shift reduction of a multi-domain IPS-LCD using RGB-LED backlight, Optical Society of America (2006).
- [5] S. E. Hicks, S. P. Hurley, Member, IEEE, R. S. Zola, and D.-K. Yang, Polymer Stabilized VA Mode Liquid Crystal Display, JOURNAL OF DISPLAY TECHNOLOGY, VOL. 7, NO. 11, NOVEMBER 2011.
- [6] Baiheng Ma, Baoli Yao, Ze Li, and Tong Ye, Improvement of the performance of the twisted-nematic liquid-crystal display as a phase modulator, Received 4 January 2011; revised 11 April 2011; accepted 11 April 2011; posted 14 April 2011 (Doc. ID 140395); published 3 June 2011.
- [7] Chin-Wei Sher, Kuo-Ju Chen, Chien-Chung Lin, Hau-Vei Han, Huang-Yu Lin, Zong-Yi Tu, Hsien-Hao Tu, Keiji Honjo, Hsin-Yi Jiang, Sin-Liang Ou, Ray-Hua Horng, Xiuling Li, Chien-Chung Fu, and Hao-Chung Kuo, Large-area, uniform white light LED source on a flexible substrate, optics express, Vol. 23, (2015)
- [8] PhotonStar technology Ltd. Next generation LED modules and light engines, How led produces white light, http://www.photonstartechnology.com/learn/how_leds_produce_white_light,
- [9] Chang-Wook Han, Hwa Kyung Kim, Hee Suk Pang, Sung-Hoon Pieh, Chang Je Sung, Hong Seok Choi, Woo-Chan Kim, Myung-Seop Kim, and Yoon-Heung Tak, Dual-Plate OLED Display (DOD) Embedded With White OLED, optics express, Vol. 5, (2009)

- [10] NIKOLAY ZHELUDEV, The life and times of the LED — a 100-year history, The Optoelectronics Research Centre, University of Southampton, SO17 1BJ, UK., *nature photonics*, Vol 1, (2007)
http://www.orc.soton.ac.uk/fileadmin/downloads/100_years_of_optoelectronics_2.pdf
- [11] Chamorro-Posada, P., J. Martín-Gil, P. Martín-Ramos, L.M. Navas-Gracia, *Diodos orgánicos emisores de luz (OLED) para iluminación de estado sólido*. Dpto. de Teoría de la Señal e Ingeniería Telemática, y Dpto. de Ingeniería Agrícola y Forestal, Universidad de Valladolid, Abril 2009. Available online, with permission from the authors, at the webpage: <http://www.scribd.com/doc/14715105/OLED-para-iluminacion-de-estado-solido>
- [12] S. J. DWYER, III, C. A. HARLOW, D. A. AUSHERMAN and G. S. LODWICK University of Missouri-Columbia, Computer diagnosis of radiographic images, Spring Joint Computer Conference, (1972)
- [13] <https://www.computer.org/csdl/proceedings/afips/1972/5079/00/50791027.pdf>
- [14] http://www.cyti.com.mx/radiografia_industrial.asp
- [15] <http://www.isotec.com.co/portal2/index.php?id=55>
- [16] <https://books.google.com.mx/books?id=A3yDbxpP0JsC&pg=PA54&lpg=PA54&dq=Inspección+visual,+líquidos+penetrantes&source=bl&ots=BuhiwYZ1pM&sig=GZvwyBeTFgmbH2OFwhE20XMfVOc&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjukoHGrbfMAhUQxWMKHxWEAqUQ6AEILzAD#v=onepage&q&f=false>
- [17] http://www.obtesol.es/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=181
- [18] J. L. MUNDY, General Electric Company Schenectady, New York, National Computer Conference, 1979.
- [19] <https://www.computer.org/csdl/proceedings/afips/1979/5087/00/50870227.pdf>
- [20] LAWRENCE c. LYNNWORTH, Industrial Applications of Ultrasound-A Review II. Measurements, Tests, and Process Control Using Low-Intensity Ultrasound, IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND ULTRASONICS, VOL. su-22, No.2, MARCH 1975.

[21] <http://www.ieee-uffc.org/ultrasonics/teaching/t7520071.pdf>

[22] http://www.cyti.com.mx/Ultrasonido_Industrial.asp

[23] Kaveh Azar, Ph.D. , Introduction to Liquid Crystal Thermography, Advanced Thermal Solutions, Inc. <http://www.ewh.ieee.org/soc/cpmt/presentations/cpmt0201b.pdf>

[24] Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, Asociación española de termografía infrarroja, Guía de la termografía infrarroja aplicaciones en ahorro y eficiencia energética, 2004/2012.

[25] Paul E. Tippens, (1996), Física conceptos y aplicaciones, Mexico DF, Mexico: MCGRAW HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., pp. 566-567.

[26] Daniel Aquilino González Fernández, Contribuciones a las técnicas no destructivas para evaluación y pruebas de procesos y materiales basadas en radiaciones infrarrojas, Universidad de Cantabria, Santander España, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

(Historia de los detectores infrarrojos <http://www.xenics.com/es/la-historia-de-los-detectores-infrarrojos>)

ANEXO 2

(Guía de termografía infrarroja, aplicaciones en ahorro y eficiencia energética
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Termografia-Infrarroja-fenercom-2011.pdf>)

ANEXO 3

(Hoja de especificaciones del adquisidor de datos de National Instruments modelo USB 6009
<http://www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf>)