

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**



**DETECCIÓN DE DEFECTOS EN TELAS POLIÉSTER
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE
IMÁGENES**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADO POR:

Bach. AGUILAR LARA PEDRO A.

Bach. TUELOS GONZALES JHON J.

ASESOR: Dr./Mg./Ing. PEDRO FREDDY HUAMANÍ NAVARRETE

LIMA - PERÚ

AÑO: 2015

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional en los momentos más difíciles, y por la confianza de creer en mí.

Pedro Aguilar L.

A Dios, por la vida a mis padres y abuelos por enseñarme la perseverancia y la constancia.

Jhon Tueros G.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por el continuo apoyo en todo momento.

A nuestro asesor Dr./Mg./Ing. Pedro Huamaní.

Al Ing. Jorge Ubillús por sus constantes consejos.

A Ricardo Velarde por el apoyo brindado.

ÍNDICE

RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Marco situacional	3
1.2 Problematización	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1 Diseño y comparación de métodos para la detección automática en telas de Álvaro Ulloa Cerna	6
2.1.2 Análisis de defectos estructurales en textiles mediante el procesamiento de imágenes de Leonel Mauricio Otero Neira	7
2.2 Descripción, análisis del proceso de tejido de telas.	7
2.2.1 Proceso de elaboración de las telas	8
2.2.2 Proceso de hilatura.	8
2.2.3 Proceso de tejeduría.	9
2.2.4 Proceso de ennoblecimiento textil	10
2.3 Iluminación y las técnicas empleadas.	10
2.3.1 Técnicas de Iluminación.	11
2.3.1.1 Iluminación lateral doble.	11
2.4 Imágenes digitales	12

2.4.1	Definición de imagen digital	12
2.4.2	Propiedades de imagen digitalizada.	12
2.4.2.1	Resolución de imagen	12
2.4.2.2	Definición	12
2.4.2.3	Número de planos	13
2.4.2.4	Representación de imágenes en escala de grises	13
2.4.3	Espacios de color	13
2.4.3.1	Espacio de color RGB	14
2.5	Procesamiento de imágenes	15
2.5.1	Vecindad entre píxeles	15
2.5.2	Búsqueda de Tablas	16
2.5.2.1	Conceptos de transformación LTU	17
2.5.2.2	Tablas Predefinidas de Búsqueda	18
2.5.2.3	Corrección Inversa Gamma y Logarítmica	18
2.5.2.4	Corrección Gamma y Exponencial	19
2.5.3	Convolución de Kernel	20
2.5.4	Filtros espaciales	23
2.5.5	Morfología de escala de grises	23
2.5.5.1	Concepto de dilatación	24
CAPÍTULO III: LIBRERÍAS DEL LABVIEW.		25
3.1	Descripción de las librerías del LabView	26
3.1.1	Vision Acquisition Express.	26
3.1.2	IMAQ Threshold	26
3.1.3	IMAQ Count Objects	28
3.1.4	IMAQ Color BCGLookup VI	29
3.1.5	IMAQ ColorThreshold VI	30

3.1.6	IMAQ Extract Single Color Plane VI	33
3.1.6.1	Representación vectorial de los colores	34
3.1.6.2	Algoritmos de procesamiento básico	36
3.1.6.3	Conversión a escala de grises.	36
3.1.7	Vision Assistant Express	39
3.1.7.1	Histograma	40
3.1.7.2	Histograma lineal	42
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL ALGORITMO		43
4.1	Diagrama de flujo del algoritmo principal	43
4.2	Descripción del algoritmo y sus ventanas de diagramas de bloques	46
4.2.1	Manchas Comunes (MC)	46
4.2.2	Manchas de aceite (MA)	56
4.2.3	Manchas de puntadas erróneas (PE)	66
CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS		70
5.1	Implementación con telas reales	70
5.2	Toma de muestras	70
5.3	Resultados	73
5.3.1	Detección de defectos Manchas Comunes.	73
5.3.2	Detección de Defectos en Mancha de aceite.	75
5.3.3	Detección de defectos en Puntadas erróneas.	77
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		82
ANEXOS		84

Anexo 1: Tabla de datos exportados a Excel – rango de valores obtenidos para manchas comunes (MC).	84
Anexo 2: Tabla de datos exportados a Excel – rango de valores obtenidos para manchas de aceite (MA).	89
Anexo 3: Proceso de imagen en la librería Vision Assistant – arreglo obtenido para la identificación de (PE).	97
Anexo 4: Cuadro de costos de proyecto para la toma de datos y análisis de resultado según muestras de telas.	102
Anexo 5: Cuadro de costos gastos y beneficios para la implementación y elaboración de algoritmo para la detección de defectos (MC, MA y PE) en una empresa textil que cuenta con dos máquinas revisadoras.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagen de proceso de revisado de telas crudas.	9
Figura 2: Iluminación lateral doble.	11
Figura 3: Referencia espacial del pixel (0,0).	12
Figura 4: Cubo RGB.	15
Figura 5: Píxeles adyacentes.	16
Figura 6: Vecindades: (a) Vecindad de 4, (b) Vecindad de 8.	16
Figura 7: Imagen de corrección inversa gamma y logarítmica.	19
Figura 8: Imagen de corrección gamma y exponencial.	20
Figura 9: Ejemplo de Kernel.	21
Figura 10: Mecánica de filtrado.	22
Figura 11: Filtrado píxeles fronterizos.	22
Figura 12: Ejemplo de imagen con Dilatación.	25
Figura 13: Bloque Vision Acquisition.	26
Figura 14: Bloque IMAQ Threshold.	27
Figura 15: Histograma de la imagen.	27
Figura 16: Bloque IMAQ count objects.	28
Figura 17: Bloque IMAQ ColorBCGLookup VI.	30
Figura 18: Bloque IMAQ color threshold.	31
Figura 19: Rango de threshold para una imagen RGB.	33
Figura 20: Bloque IMAQ Extract Single Color Plane.	33
Figura 21: Modelo RGB.	35
Figura 22: Representación vectorial de los colores.	35
Figura 23: Representación vectorial de los colores y la conversión en escala de grises.	36
Figura 24: Producto punto de vectores.	37
Figura 25: Imagen de ejemplo descripción-Librería	38
Figura 26: Planos Rojo, Azul, Verde	39
Figura 27: Bloque Vision Assintant.	40
Figura 28: Gráfico del histograma.	41
Figura 29: Muestra de un histograma lineal.	42

Figura 30: Flujograma del programa principal para detección de defectos parte A.	44
Figura 31: Flujograma del programa principal para detección de defectos parte B.	45
Figura 32: Rango de valores comprendidos entre (0-195).	47
Figura 33: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Manchas Comunes.	47
Figura 34: Histograma de Imagen de MC realizada en el Vision Assistant	48
Figura 35: Histograma de plano rojo (R) para imagen de MC.	55
Figura 36: Histograma de plano verde (G) para imagen de MC-Plano escogido.	55
Figura 37: Histograma de plano azul (B) para imagen de MC.	56
Figura 38: Ventana de diagrama de bloques del LabView- Manchas de Aceite.	57
Figura 39: Histograma de Imagen de MA realizada en el Vision Assistant	58
Figura 40: Histograma de plano rojo (R) para imagen de MA –Plano escogido	65
Figura 41: Histograma de plano verde (G) para imagen de MA.	65
Figura 42: Histograma de plano azul (B) para imagen de MA.	66
Figura 43: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas.	67
Figura 44: Imagen del IMAQ Morphology- configuración de arreglo 9X9.	68
Figura 45: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas Parte A.	68
Figura 46: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas Parte B.	69
Figura 47: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas Parte C.	69
Figura 48: Muestra de tela Ok	70
Figura 49: Muestra de tela con MC	71
Figura 50: Muestra de tela con MA	71
Figura 51: Figura de muestra PE	72

Figura 52: Módulo de Pruebas a pequeña escala–Vista superior	73
Figura 53: Módulo de Pruebas a pequeña escala–Vista superior con iluminación	73
Figura 54: Adquisición de Imagen Real con el labview-MC	74
Figura 55: Simulación de Imagen procesada MC	75
Figura 56: Adquisición de Imagen Real con el labview-MA	76
Figura 57: Simulación de Imagen procesada MA	76
Figura 58: Adquisición de Imagen Real con el Labview	78
Figura 59: Simulación de Imagen procesada P.E	78
Figura 60: Simulación de Imagen con rango de 0-50	85
Figura 61: Simulación de Imagen con rango de 0-60	85
Figura 62: Simulación de Imagen con rango de 0-70	86
Figura 63: Simulación de Imagen con rango de 0-80	86
Figura 64: Simulación de Imagen con rango de 0-90	87
Figura 65: Simulación de Imagen con rango de 0-100	87
Figura 66: Simulación de Imagen con rango de 0-110	88
Figura 67: Simulación de Imagen con rango de 0-195	88
Figura 68: Simulación de Imagen con rango de 0-50	90
Figura 69: Simulación de Imagen con rango de 0-70	90
Figura 70: Simulación de Imagen con rango de 10-70	91
Figura 71: Simulación de Imagen con rango de 30-100	91
Figura 72: Simulación de Imagen con rango de 50-150	92
Figura 73: Simulación de Imagen con rango de 90-180	92
Figura 74: Simulación de Imagen con rango de 120-190	93
Figura 75: Simulación de Imagen con rango de 140-191	93
Figura 76: Simulación de Imagen con rango de 150-192	94
Figura 77: Simulación de Imagen con rango de 160-193	94
Figura 78: Simulación de Imagen con rango de 163-194	95
Figura 79: Simulación de Imagen con rango de 165-194	95
Figura 80: Simulación de Imagen con rango de 167-194	96
Figura 81: Utilización de arreglo 3x3 para el procesamiento de muestra PE	97

Figura 82: Utilización de arreglo 5x5 para el procesamiento de muestra PE	97
Figura 83: Utilización de arreglo 7x7 para el procesamiento de muestra PE	98
Figura 84: Utilización de arreglo 9x9 para el procesamiento de muestra PE	98
Figura 85: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ ExtractSingleColorPlane VI para muestra de tela PE	99
Figura 86: Proceso de imagen utilizando la librería IMAQ Local Threshold VI para muestra de tela PE	99
Figura 87: Proceso de imagen utilizando la librería IMAQ Morphology VI para muestra de tela PE	100
Figura 88: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ RemoveParticle VI para muestra de tela PE	100
Figura 89: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ GrayMorphology VI para muestra de tela PE	101
Figura 90: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ Equalize VI para muestra de tela PE	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de funciones de transferencia LUT	18
Tabla 2: Valores de los objetos a detectar.	28
Tabla 3: Tabla de valores del color del plano.	33
Tabla 4: Tabla de parámetros de entradas -bloque de librería Vision Assitant.	39
Tabla 5: Tabla de parámetros de salida -bloque de librería Vision Assitant	40
Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC.	48
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA.	58
Tabla 8: Tabla de datos –búsqueda de rango de valores fijos para la identificación de MC– Valores experimentales.	84
Tabla 9: Tabla de datos –búsqueda de rango de valores fijos para la identificación de MA– Valores experimentales.	89
Tabla 10: Tabla de costos de proyecto para la toma de datos y análisis de resultados.	102
Tabla 11: Tabla de costeo gasto anual de una empresa textil “A” que cuenta con 02 Máquinas Revisoras de telas.	103
Tabla 12: Cuadro de costo estimado por la implementación y elaboración de algoritmo para detección de defectos (MC, MA, PE) en empresa textil “A”.	104
Tabla 13: Cuadro de costeo de Propuesta de Inversión para la empresa Textil “A”	105
Tabla 14: Cuadro de costo estimado de ahorro anual para la empresa textil “A”	105

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo la implementación de algoritmos para la detección de defectos en las telas poliéster. Como sabemos, desde sus inicios la industria ha utilizado avances tecnológicos no sólo para optimizar los procesos de fabricación sino también para mejorar la calidad de los productos. Ahora, si bien, no es posible evitar las fallas que alteran la calidad de las telas poliéster, sí es posible su detección mediante una inspección visual dentro del proceso de fabricación.

En el presente estudio se realizó algoritmos de procesamiento de imágenes mediante el uso de librerías del software LabView para la detección de defectos en las telas poliéster, basándonos en muestras de telas con manchas comunes (MC), manchas de aceite (MA) y puntadas erróneas (PE), las cuales nos permitieron realizar varias pruebas experimentales, utilizando un módulo de pruebas a pequeña escala el cual fue fabricado según el tamaño de las muestras de tela, con la utilización de la técnica de iluminación lateral doble, y basándonos en el análisis del histograma de la imagen original de las muestras de telas, se lograron obtener parámetros numéricos que permitieron la detección de manchas comunes, manchas de aceite y puntadas erróneas, basado en el histograma de cada imagen, el cual muestra la cantidad de píxeles (tamaño de imagen) y la intensidad que se encuentra comprendido en un rango de 0-255 (siendo 0 el valor mínimo y 255 el valor máximo), se logró parametrizar numéricamente cada rango de valores de detección para el caso de MC un rango de valores de intensidad de cada pixel, obteniendo como resultado un intervalo de detección para MC de 0-195 y para el caso de las MA obteniendo como resultado un intervalo de detección de 167-194, que ayudaron en la realización del algoritmo para cada tipo de defecto, que validaron lo planteado en un inicio en la presente investigación.

Palabras clave: procesamiento de imágenes, detección de defectos, muestras de telas poliéster, manchas comunes, manchas de aceite, puntadas erróneas, histograma, plano RGB.

ABSTRACT

This project takes the implementation of algorithms to detect faults in fabrics polyester. Now, though, it is not possible to avoid the faults that alter the quality of fabrics polyester, the detection is possible by means of a visual inspection of the product inside the manufacturing process.

This study carried out algorithms of image processing through the use of libraries from LabView software for detection of defects in fabrics polyester, based on samples of fabrics with Common Stains (MC), Oil Stains (MA) and Erroneous Stitches (PE), which allowed us to carry out several experimental tests, using a module of small scale tests which was manufactured according to the size of the fabric samples , using the technique of double side lighting, and based on histogram analysis, we have managed to obtain parameters that allowed the detection of Common Stains, Oil Stains and Erroneous Stitches. In the case of common stains, was parameterized numerically every range of detection values for the case of MC a range of values of each pixel intensity, resulting in a detection interval for 0-195 MC and the case of the MA resulting in a 167-194 detection interval.

Keywords: Image processing, defect detection, polyester cloth samples, common stains, oil stains, erroneous stitch, histogram, RGB plane.

INTRODUCCIÓN

En la industria textil se ha producido un alto grado de automatización en distintas etapas del proceso. Por consiguiente, todo aquello que mejore el proceso de la fabricación de telas, significa un progreso para el sector de la industria textil peruana. Sin embargo, no se integran sistemas de control de calidad en línea y tiempo real que permitan controlar posibles defectos de producción (detección y corrección en línea de defectos en la materia textil prima). Este control se realiza, habitualmente, en una de las últimas etapas de la cadena de producción, una vez que la prenda ha sido totalmente confeccionada y en su preparación para la venta. Este planteamiento, ampliamente extendido en el sector, obliga a un proceso lento y de alto costo que pasa por la inspección del operador y la localización de patrones defectuosos, hay que descoser los patrones, volverlos a cortar sobre la tela utilizada en el lote inicial (con las dificultades de localización y mantenimiento de almacén) y posteriormente coser el nuevo patrón (libre de defectos). Por ello se requiere mejorar el control de calidad en la fabricación de las telas, porque es uno de los procesos donde las empresas dedican mayor énfasis debido a que las prendas con telas defectuosas generan una significativa pérdida para estas. El procedimiento de detección de defectos demanda tiempo, además de la experiencia de la persona que lo realiza, pero aun así el porcentaje de error de detección por la persona no se acerca a lo ideal por lo que se ha planteado una solución para este aspecto. La presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos para poder explicar detalladamente este trabajo:

En el capítulo I se explica el marco situacional, la problematización y los objetivos. Además, la justificación del estudio que se realizó para solucionar uno de los aspectos importantes en el proceso de control de calidad para la detección de defectos.

En el capítulo II se detallan los conceptos teóricos para la comprensión del presente estudio tal como el tejido, iluminación, y teoría sobre la imagen digital, pixel, procesamiento de imagen entre otros.

En el capítulo III se detalla las librerías usadas en el LabView, las cuales serán útiles para su comprensión, cuando se describa las ventanas de diagramas de bloques en los siguientes capítulos para los algoritmos las cuales son: puntadas erróneas, manchas comunes y manchas de aceite.

En el capítulo IV se detalla el flujograma general, que explica el funcionamiento de todo el programa. Además, se explica la ventana de diagrama de bloques de cada tipo de defecto e identificar, así como el algoritmo para cada caso (mancha común, mancha de aceite, puntadas erróneas).

En el capítulo V se detalla la simulación, pruebas y resultados, obtenidos luego del procesamiento de imágenes realizadas a las muestras de telas con defectos (mancha común, mancha de aceite y puntadas erróneas).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Marco situacional

La Industria Textil es el sector de la economía dedicado a la producción de fibra, hilo, tela, ropa y productos afines. Esta industria abarca varios procesos, entre los cuales el proceso de control de calidad en las telas es nuestro interés en la presente investigación porque ahí se generan las imperfecciones tales como puntadas erróneas (corridas), manchas comunes y de aceite.

La fabricación de telas es el proceso en el cual el hilo, obtenido del hilado de fibras animales o vegetales, es convertido en tela por medio del entramado de los hilos de manera horizontal y vertical. En el entorno industrial, esa transformación es realizada por máquinas automáticas llamadas telares, las cuales realizan el trabajo de combinar trama con urdimbre, es decir, tramos de hilo horizontal y vertical. No obstante, el proceso de tejido posee cierta variabilidad en la calidad del producto obtenido. Esta variación se debe a fallas de origen mecánico en los telares por lo que es necesaria la inspección del producto final, existen empresas textiles que realizan la inspección del proceso luego de que una cantidad significativa de tela es producida y almacenada. Esto ocasiona que la tela defectuosa encontrada sea enrollada nuevamente y removida, Sin embargo, se señala en [1], la inspección post-fabricación tiene como desventaja que solo el 70% de los defectos son detectados, aún con inspectores entrenados.

1.2 Problematización

En la actualidad, el continuo desarrollo de las industrias en el proceso de transformación de materias primas exige cada vez una mejor calidad en los productos elaborados, con el fin de satisfacer los requerimientos más exigentes del mercado. Esto es posible en la medida que logren incorporar los últimos avances tecnológicos en su materia de desarrollo, sin embargo, es frecuente encontrar deficiencias en el proceso de fabricación. De ahí que, en la intención

de reducir estas deficiencias con la automatización de procesos toma un papel muy importante. La automatización de tareas permite a las industrias corregir errores de fabricación, mejorar su calidad y competir con mercados internacionales altamente desarrollados porque logran mayor eficiencia y menos costo en la fabricación del producto final.

La fuerte competitividad y las crecientes demandas en calidad exigen una inspección completa del producto. Ahora, el problema radica cuando los procedimientos de inspección utilizados actualmente no aprovechan la tecnología disponible por la falta de conocimiento o temor de no saber cómo aprovecharlas óptimamente. Por otro lado, con respecto al sector económico, se menciona en [2] lo importante de potenciar la industria textil peruana, “El sector textil en el Perú es considerado una de las fuentes de empleo”. En este sentido proveer de tecnología a la industria textil es de vital importancia ya que solo de esta manera se puede competir a los niveles que exigirá si se tuviera que competir con empresas transnacionales como Estados Unidos, China y en consecuencia con otros países del mundo.

La inspección manual implica una alta exigencia al personal capacitado y se hace necesaria la introducción de tecnología que reemplace al operador debido al alto costo que involucra la tarea mencionada. Sin embargo, la poca demanda de empresas textiles por una solución de inspección automática, así como, la escasa oferta de estas soluciones especializadas en el mercado origina que el precio a invertir en este tipo de tecnología sea elevado y solo algunas industrias textiles con alta capacidad de inversión puedan acceder a ella.

Con respecto al algoritmo de detección, varias soluciones han sido publicadas y pocas comparaciones han sido realizadas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

-Detectar defectos en telas poliéster utilizando técnicas algorítmicas de procesamiento digital de imágenes, durante el proceso de revisión de telas.

1.3.2 Objetivos Específicos:

-Identificar las manchas comunes y manchas de aceite en las telas poliéster utilizando técnicas de procesamiento espacial de imágenes.

-Identificar la presencia de puntadas erróneas continuas utilizando técnicas de procesamiento espacial de imágenes.

-Desarrollar una interface gráfica para la detección de defectos en las telas poliéster mediante el software Labview y su librería VISION EXPRESS.

1.4 Justificación

La finalidad de este estudio es realizar un algoritmo con procesamiento de imágenes, mediante el programa Labview para la detección de defectos en las telas poliéster, basado en el procesamiento de imágenes orientado a las pequeñas y medianas empresas textiles en Lima, esto debido a que muchas de estas tareas de inspección y control de calidad son realizadas por operarios, lo cual conlleva a la inexactitud en los resultados obtenidos por factores como: la velocidad con que pasa la tela bajo revisión, la amplia área que debe ser abarcada, el cansancio físico y agotamiento visual que esta actividad implica, entre otros.

El área al cual está dirigido esta investigación, es para la industria textil en el proceso de control de calidad, en la parte de revisado de telas. Con esto lo que se quiere lograr es aumentar el control de calidad del que actualmente se realiza con la visión humana, para lo cual utilizaremos librerías de procesamiento de imágenes del LabView.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación, se explicarán los algoritmos que se han realizado en algunos estudios precedentes a esta investigación, así como las conclusiones de estos estudios que se realizaron y que serán de referencia para el presente estudio:

2.1.1 Diseño y comparación de métodos para la detección automática en telas de Álvaro Ulloa Cerna

En este estudio se realizó una comparación de diferentes algoritmos, se demostró que utilizando Matlab aplicando la transformada de Wavelets se tenía una mayor eficacia en la velocidad del procesamiento de Imágenes.

Según este estudio los tiempos de ejecución que se usó para las telas del primer grupo, usando un algoritmo cíclico, sería posible realizar un sistema en tiempo real usando MATLAB con una velocidad máxima de la tela bajo la cámara de 5.1 m/s bajo la transformada de Wavelets, 3.9 m/s bajo el método basado en Transformada de Fourier, 0.43 m/s bajo el método basado en Patrones Locales Binarios y 0.31 m/s con el método diseñado. En consecuencia, cualquier otro sistema especializado para tareas en Tiempo Real podría superar los tiempos de ejecución, las velocidades máximas de paso de la tela bajo el sensor. [3]

En conclusión, según esta tesis indica que con la utilización de la transformada de Wavelets el proceso de detección es muy rápido, sin embargo, tiene un defecto, la cual solo detecta defectos muy resaltantes, por tal motivo la técnica que mejor aplica para la detección de los defectos descritos es utilizando el método de la transformada de Fourier. El presente antecedente no contribuyo del todo para nuestra investigación, debido a que Ulloa en la parte de análisis y resultados, tuvo que utilizar un elemento externo de color negro para resaltar aún más los defectos en sus muestras telas con la finalidad de tener un óptimo resultado.

2.1.2 Análisis de defectos estructurales en textiles mediante el procesamiento de imágenes de Leonel Mauricio Otero Neira

En este trabajo se establecieron las diferentes condiciones para obtener el registro de imágenes de las telas, de tal manera que sirvan para analizarlas con el propósito de detectar errores en su estructura, tales como los diferentes tipos, su tamaño más frecuente, sus principales causas. Así como el tipo de iluminación adecuado para destacar la estructura de los textiles, la resolución de la cámara digital que se usa para capturar imágenes de tal manera que se haga más eficiente.

Utilizando algoritmos de procesamiento digital de imágenes se pudieron analizar imágenes de las superficies en las telas para conseguir la detección de defectos estructurales en textiles. El método de análisis fundamentado en la utilización de filtrado espacial lineal que utiliza un operador tipo Sobel que resalta los bordes horizontales y verticales que corresponden a diferentes tipos de defectos. [4]

De este estudio se concluye que si tenemos una adecuada iluminación se puede tener una mejor resolución en la captura de imágenes, también debemos destacar que se utilizaron un método de análisis de imagen que resaltan los bordes en los distintos tipos de defectos. El presente antecedente contribuyó en la presente investigación en la elección de la mejor técnica de iluminación para resaltar los defectos en las muestras de telas.

2.2 Descripción, análisis del proceso de tejido de telas.

El proceso de tejido básico, sin adornos o imágenes repetitivas, consiste en el cruce de la urdimbre por encima y por debajo de la trama. Los hilos son la transformación de materias primas que van desde las fibras animales, como la lana, el mohair, el pelo de camello, de conejo, de alpaca, de vicuña y la seda, hasta fibras vegetales como el algodón, fibras de madera o follaje, etc.

El proceso comienza por la selección del hilo en el telar, donde es vital considerar los límites de tensión a los que puede ser sometido, la calidad y el tipo de fibra del hilo a instalar. Seguidamente, el operador instala el hilo y lo que requiera el telar para poder dar inicio al tejido. [7]

En esta etapa el conocimiento técnico del operador y su destreza para la operación influye de manera considerable en la operación del telar. Por último, se procede a la inspección del producto final, para lo cual existen dos modos de operación. El primero consta en una revisión íntegra luego de la fabricación de la tela y el otro modo realiza una inspección en línea examinada mientras se fabrica la tela, con la ayuda de tecnología preparada para este trabajo. La elección de alguno de estos métodos es considerada según ciertos parámetros que la empresa toma en consideración como pueden ser: la cantidad de producto producido, el costo de inspección y la confiabilidad del proceso. En el caso de una inspección post-fabricación, la observación del producto final se realiza con la ayuda de máquinas de inspección manual que van mostrando el área a ser inspeccionada y enrollando la tela.

2.2.1 Proceso de elaboración de las telas

Para la elaboración de telas se realizan un conjunto de procesos, en este punto se explicaremos una breve descripción en la elaboración de telas: [7]

2.2.2 Proceso de hilatura.

El proceso de hilatura está compuesto por un conjunto de operaciones que comprenden el tratamiento de diversas materias fibrosas hasta su transformación en hilo dotado de finura, regularidad de diámetro y suficiente resistencia. Antes de su procesamiento, todas las fibras naturales tienen que ser preparadas y liberadas de todos los productos extraños.

En este proceso, las emisiones, especialmente en el desgranado del algodón y lavado de la lana, tiene especial importancia, por lo que para limitar su efecto se debe instalar equipos de ventilación y de filtrado que sean los

adecuados. En la actividad de hilatura se pueden distinguir hasta siete sub-actividades claramente diferenciadas que constituyen procesos productivos con entidad propia. En la preparación, hilado, bobinado, retorcido y empaquetado. [7]

2.2.3 Proceso de tejeduría.

El proceso de tejeduría tiene como operación principal la técnica de tejer, que consiste en entrecruzar dos hilos, uno llamado de trama transversal y otra urdimbre, longitudinalmente, para formar una superficie plana. Las operaciones más características de este proceso son: el urdido, engomado, tejeduría y revisado de telas. [7]

- **Urdido.** Realiza la preparación de la urdimbre para el tisaje, reuniendo en un plegador todos los hilos que han de formar la urdimbre del tejido.
- **Engomado.** Aplica un baño de engomado a los hilos de la urdimbre con el fin de proporcionarles la resistencia necesaria que se requiere en el Proceso de tejido.
- **Tejeduría.** Utiliza telares de diferentes tamaños y formas.
- **Revisado de tela cruda.** Utiliza maquina revisadora de tela, manejada de forma manual por el operador. Actualmente algunas empresas cuentan con sistemas de detección de fallas más sofisticados pero que demandan una mayor inversión de dinero, como se observa Figura 1.



Figura 1: Imagen de proceso de revisado de telas crudas [7]

2.2.4 Proceso de ennoblecimiento textil

En este proceso se agrupan las actividades de blanqueo, tinte, estampado y acabado de los productos textiles. Si bien, cabe destacar que el proceso de tintura, aunque se considera parte del ennoblecimiento textil, generalmente para una mayor calidad del producto final, se lleva a cabo después de la hilatura.

Las operaciones que componen este proceso tienen como objetivo elevar la utilidad de los productos y adaptarlos a las necesidades funcionales y a los requerimientos de la moda. [7]

2.3 Iluminación y las técnicas empleadas.

Una iluminación adecuada permitirá resaltar las características de interés del objeto, reducir la complejidad de la imagen y mejorar el tiempo de respuesta del procesamiento digital. Existen variadas técnicas de iluminación, aquellas que funcionan correctamente en el laboratorio pueden no hacerlo al momento de ser usados en el campo industrial, a continuación, los principales tipos de fuente de Luz. [8]

- **Lámparas de Tungsteno.** No proporcionan una iluminación uniforme y disipan demasiado calor, si la frecuencia de captura de la cámara no es un múltiplo de la frecuencia de la red eléctrica
- **Lámparas fluorescentes.** Presentan una iluminación bastante homogénea, su balance de color no es uniforme y no disipan mucho calor.
- **Halógenos.** Poseen un filamento en su interior como las lámparas de Tungsteno, adicionalmente tiene un gas raro y halógeno.
- **Diodos emisores de luz.** Poseen mejor respuesta que las lámparas fluorescentes y los halógenos, funcionan a baja tensión, disipan poco calor, son pequeños,
- **Láser.** Proporciona un alto poder de radiación, su luz es altamente cromática y coherente se usan para poder determinar la tercera dimensión de un objeto, en la actualidad, debido a normas de

seguridad, sus usos se están reemplazando por módulos de diodos láser.

2.3.1 Técnicas de Iluminación.

Entre las técnicas de iluminación más utilizadas se encuentran los siguientes:

- Iluminación direccional frontal.
- Iluminación lateral.
- Iluminación frontal axial difusa.
- Iluminación coaxial.

En el presente estudio para la simulación de las muestras de telas se empleó la técnica de iluminación lateral doble, con la finalidad de ayudar a resaltar los defectos en las muestras de telas. [8].

2.3.1.1 Iluminación lateral doble.

La presente técnica de iluminación se emplea para mostrar detalles laterales de los objetos, estructura superficial, el usar como fuente de luz dos fluorescente uno para cada lado favorece en la intensidad de luz por ambos ángulos dando una iluminación uniforme sin generar problemas con los efectos de la sombra que pudiera causar la cámara. (Figura 2).

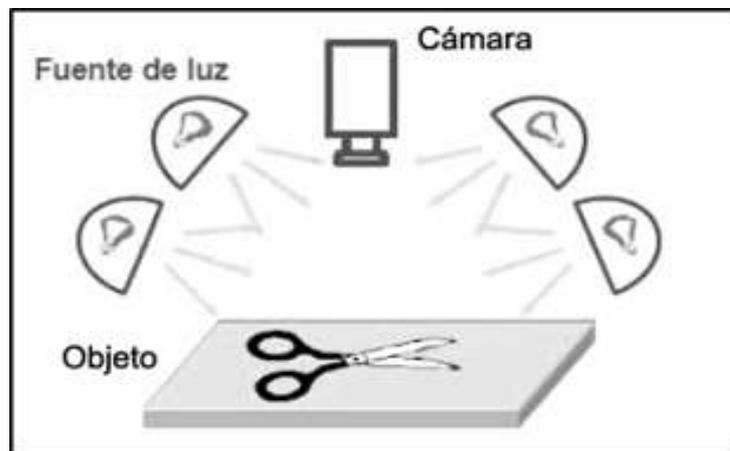


Figura 2: Iluminación lateral doble [8]

2.4 Imágenes digitales

2.4.1 Definición de imagen digital

La imagen es una función bidimensional que representa la intensidad de luz: $F(x, y)$, donde x e y son las coordenadas espaciales, siendo F un valor proporcional al brillo en el punto denominado pixel. Una imagen digital es definida como una matriz cuyos valores de filas y columnas define la resolución de la imagen.

Por convención, la referencia espacial del pixel con las coordenadas $(0, 0)$ se encuentra en la parte superior izquierda en la esquina de la imagen. Se observa en la figura 3 que el valor de "x" aumenta en movimiento de izquierda a derecha, y el valor de "y" aumenta de arriba a abajo. [9]

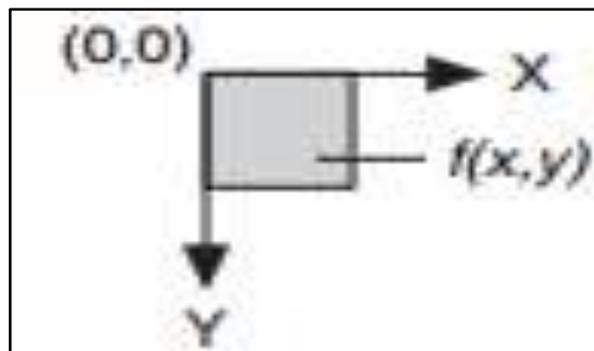


Figura 3: Referencia espacial del pixel $(0,0)$ [9]

2.4.2 Propiedades de imagen digitalizada.

2.4.2.1 Resolución de imagen

Se define como el número de filas y columnas que forman los píxeles. Una imagen que tiene m filas y n columnas. (n píxeles en su eje horizontal y m píxeles en su eje vertical). [9]

2.4.2.2 Definición

Llamada también profundidad de pixel, indica el número de colores que se pueden ver en la imagen. Es el número de bits usado para codificar la intensidad del pixel. Un pixel puede tomar valores diferentes (dentro de un rango de 0-255)

2.4.2.3 Número de planos

Es el número de arreglos de píxeles que componen la imagen. Una imagen con escala de grises está compuesta por un solo plano mientras que una imagen de color verdadero está formada por tres planos que son: Rojo (R), Verde (G), Azul (B).

En las imágenes de color verdadero, la intensidad de componentes de color de un píxel se codifica en tres valores diferentes. La imagen en color es la combinación de tres conjuntos de píxeles correspondientes a los componentes rojo, verde y azul de una imagen RGB. Imágenes HSL se definen por su tono, saturación, y valores de luminancia. [9]

2.4.2.4 Representación de imágenes en escala de grises

Cada elemento de la matriz representa el valor de gris. El valor que puede tomar cada elemento va desde 0 (negro) hasta 255 (blanco). Esta restricción se basa en que el ojo humano es lo suficientemente sensible para detectar 256 diferentes niveles de intensidad de un color (1 Byte).

2.4.3 Espacios de color

Los espacios de color permiten representar un color. Un espacio de color es un sub espacio dentro de un sistema tridimensional de coordenadas en donde cada color está representado por un punto. Puede utilizar los espacios de color para facilitar la descripción de colores entre personas, máquinas o programas de software. [9].

Varias industrias y aplicaciones utilizan un número de diferentes espacios de color. Los seres humanos perciben el color en función de parámetros como el brillo, el tono y la intensidad, mientras que las computadoras perciben el color como una combinación de rojo, verde y azul. La industria de la impresión utiliza cian, magenta y amarillo para especificar el color. La siguiente es una lista de los modelos de color comunes:

- **RGB.** -Basado en los planos de colores primarios rojo, verde y azul. Utilizado por los ordenadores para mostrar imágenes.
- **HSL.** -Basado en la tonalidad, saturación y luminancia. Se utiliza en la imagen aplicaciones de procesamiento.
- **CIE.** -Basado en brillo, tono y colorido. Definido por la *Commission Internationale de l'Eclairage* (Comisión Internacional de la Iluminación), como las diferentes sensaciones de color que el humano cerebro percibe.
- **CMY.** -Basado en cian, magenta y amarillo. Utilizado por la industria de la impresión.
- **YIQ.** -separa la información de luminancia (Y) a partir de la información de color (I y Q). Se utiliza para la radiodifusión de televisión.

En la presente investigación se trabajó con la adquisición de imágenes de 24 bits en modo de color RGB, debido a que este modo contiene los colores primarios (rojo, verde y azul) y además asigna un valor de intensidad a cada píxel que oscila entre 0 (negro) y 255 (blanco) para cada uno de los componentes RGB de una imagen en color. A continuación, en el presente subcapítulo se amplía los conceptos de este modo de color utilizado en el presente estudio.

2.4.3.1 Espacio de color RGB

El espacio de color RGB es el espacio de color más utilizado. El ojo humano recibe información de color de componentes rojo, verde y azul por separado a través de foto receptores de color presentes en el ojo humano. Estos tres colores se denominan colores primarios aditivos.

Las imágenes del modelo de color RGB consisten en tres planos de imagen independientes, uno por cada color primario. Cuando llegan a un monitor RGB. De forma alternativa, la mayoría de las cámaras de color empleadas para la adquisición de imágenes digitales utilizan el formato RGB, lo que por sí solo hace de éste un modelo importante en el procesamiento de imágenes. [9]

En la figura 4 se puede visualizar el espacio RGB como un cubo de 3 dimensiones con rojo, verde y azul en las esquinas de cada eje. El color Negro está en el origen, mientras que el color blanco está en la esquina opuesta del cubo. Se observa que cada lado del cubo tiene un valor entre 0 y 1.

Cualquier color dentro del cubo unitario se describe como la combinación aditiva de los tres colores primarios (tres números: una R, G, B). La línea diagonal del cubo desde el negro (0, 0, 0) a blanco (1, 1, 1) representa todos los valores en escala de grises.

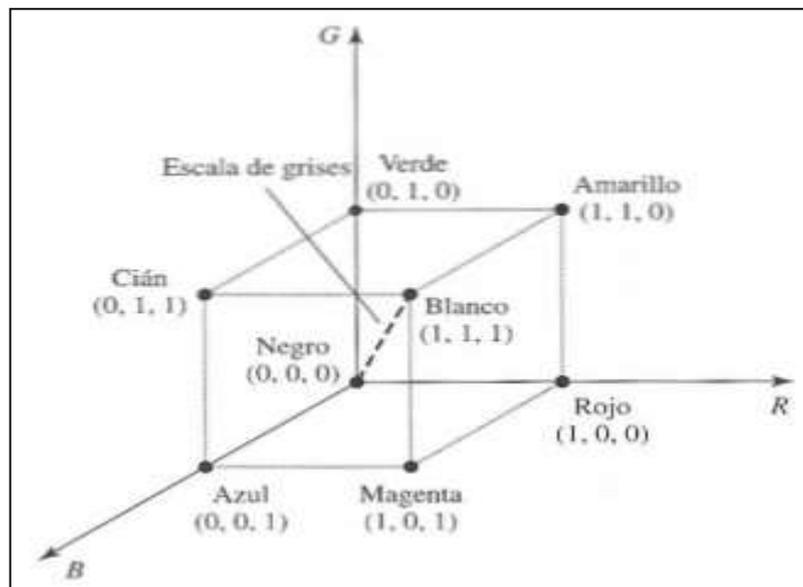


Figura 4: Cubo RGB [9]

2.5 Procesamiento de imágenes

Para entender este proyecto debemos tener claro los fundamentos teóricos del procesamiento de imágenes y las técnicas que se emplean para lo cual debemos entender los siguientes conceptos teóricos como: Búsqueda de tablas, convolución de Kernel, filtros espaciales y morfología de escala de grises.

2.5.1 Vecindad entre píxeles

Para definir adecuada el concepto de vecindad, es necesario revisar el concepto de adyacencia. Dos píxeles son adyacentes si, y solo si, tienen en

común una de sus fronteras, o al menos una de sus esquinas. La figura 5 muestra píxeles adyacentes.

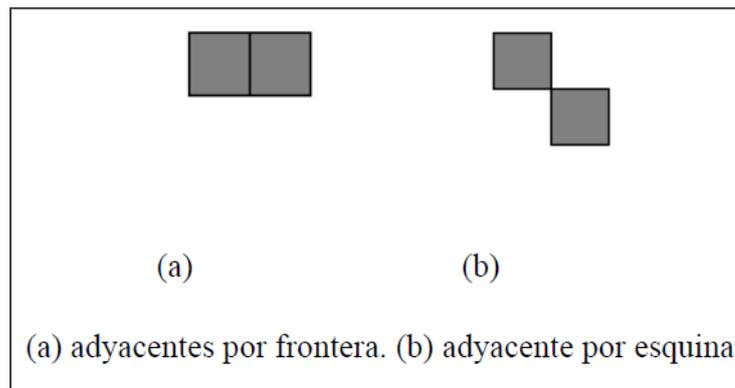


Figura 5: Píxeles adyacentes. [13]

Dos píxeles son vecinos si cumplen con la definición de adyacencia. Si los píxeles comparten una de sus fronteras, se dice que los mismos son vecinos directos; si solo se tocan en una de sus esquinas, se llaman vecinos indirectos.

Para ilustrar las definiciones anteriores, se puede observar en la figura 6, vecindades de 4 y vecindades de 8, la primera formada por píxeles que son vecinos directos, mientras que la vecindad de 8 está formada tanto por vecinos directos como por indirectos.

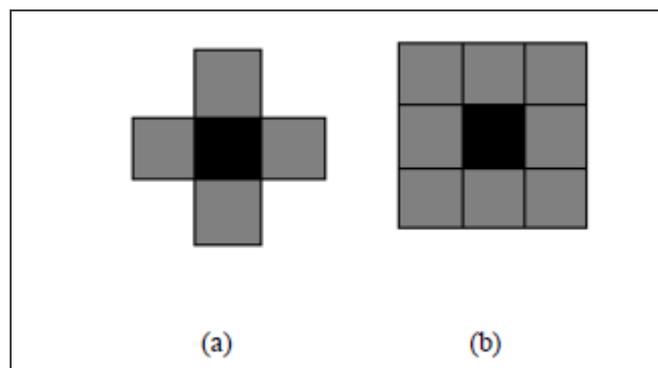


Figura 6: Vecindades: (a) Vecindad de 4, (b) Vecindad de 8. [13]

2.5.2 Búsqueda de Tablas

El Lookup table (LUT) son las transformaciones de las funciones básicas de procesamiento de imágenes que resaltan los detalles en las áreas que contienen información relevante, a costa de otras áreas. Estas funciones

incluyen la ecualización del histograma, corrección gamma, correcciones logarítmicas y correcciones exponenciales. [9]

Se utiliza tanto para mejorar el contraste y brillo de una imagen mediante con la modificación de la intensidad de las regiones con un pobre contraste.

2.5.2.1 Conceptos de transformación LUT

Una transformación LUT convierte los valores de niveles de gris de la entrada (los de la imagen de origen) dentro de otros valores de niveles de gris (en la imagen de la transformada).

Una transformación LUT aplica la transformada $T(x)$ en un intervalo de entrada especificado [RangeMin, RangeMax] de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} T(x) &= \text{dynamicMin} && \text{if } x \leq \text{rangeMin} \\ f(x) &&& \text{if } \text{rangeMin} < x \leq \text{rangeMax} \\ \text{dynamicMax} &&& \text{if } x > \text{rangeMax} \end{aligned}$$

X representa el valor de entrada de nivel de gris

Donde $\text{dynamicMin} = 0$ (imágenes de 8 bits)

$\text{dynamicMax} = 255$ (imágenes de 8 bits)

$\text{dynamicrange} = \text{dynamicMax} - \text{dynamicMin}$

$f(x)$ representa el nuevo valor.

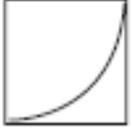
La función de las escalas de $f(x)$ de forma que $f(\text{RangeMin}) = \text{dynamicMin}$ y $f(\text{rangemax}) = \text{dynamicMax}$.

Para el caso de una resolución de 8 bits, una LUT es una tabla de 256 elementos. El índice de elemento de la matriz representa un valor de entrada de nivel de gris. El valor de cada elemento indica el valor de salida. La función de transferencia asociada con una LUT tiene un efecto deseado sobre el brillo y el contraste de la imagen. [9]

2.5.2.2 Tablas Predefinidas de Búsqueda

Solo siete LUT están predefinidos y están disponibles en Vision IMAQ: lineal, logarítmica, Power 1 / Y, Raíz cuadrada, exponencial, Power Y, y la cuadrática. En la tabla 1 se muestra la función de transferencia para cada LUT además se describe su efecto sobre una imagen visualizada en una paleta de colores oscuros que asocia a los valores de baja intensidad y los colores brillantes a valores de alta intensidad (tales como la paleta de gris). [9]

Tabla 1: Tabla de funciones de transferencia LUT

LUT	Función de transferencia	corrección de sombreado
*Lineal		Aumenta la intensidad dinámica distribuyendo uniformemente un intervalo de nivel de gris [mín, máx]. Sobre la completa escala de grises [0, 255]. Los valores Min y max determinados son 0 y 255 para una imagen de 8 bits.
*logarítmica *Power 1 / Y *Raíz cuadrada		Aumenta el brillo y el contraste en las zonas oscuras. Disminuye el contraste en las regiones brillantes.
*Exponencial *Power Y *Cuadrática		Disminuye el brillo y el contraste en las zonas oscuras. Aumenta el contraste en las regiones brillantes

2.5.2.3 Corrección Inversa Gamma y Logarítmica

Las correcciones amplían los rangos de bajos niveles de gris mientras se comprime los rangos altos de niveles de gris. Cuando se utiliza la paleta de color gris, estas transformaciones aumentan el brillo de la imagen y aumenta el contraste en las zonas oscuras a expensas del contraste en áreas brillantes.

La siguiente Figura 7 se muestra cómo las transformaciones se comportan. El eje horizontal representa el rango de nivel de gris de entrada y el eje vertical representa el rango de nivel de gris de salida. Cada valor de entrada de nivel de gris se representa verticalmente, y

su punto de intersección con la curva se traza una horizontal para dar un valor de salida.

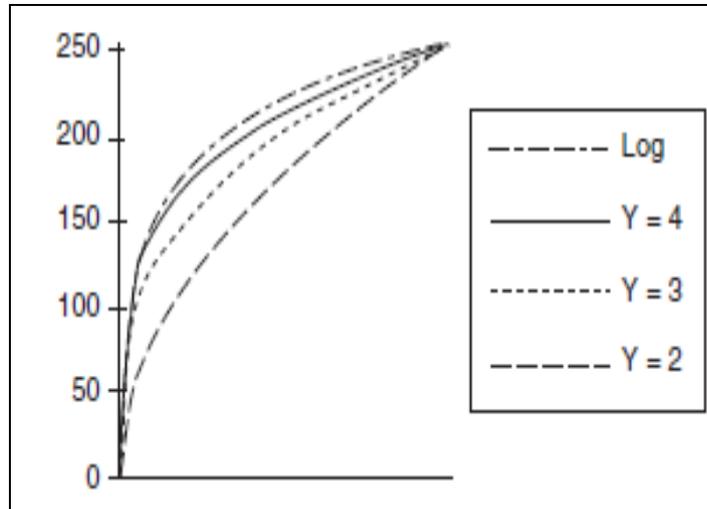


Figura 7: Imagen de corrección inversa gamma y logarítmica [9]

Las funciones Las funciones logaritmo, raíz cuadrada, y Power 1 /y expanden intervalos que contienen valores bajos de niveles de gris mientras se comprime intervalos que contienen altos valores de nivel de gris.

Cuanto mayor sea el coeficiente gamma γ , más fuerte es la corrección de intensidad. La corrección logarítmica tiene un efecto más fuerte que la función de Power 1/ γ . [9]

2.5.2.4 Corrección Gamma y Exponencial

Se amplía los rangos bajos de niveles de gris mientras se está comprimiendo los rangos altos de niveles de gris. Cuando se utiliza la paleta de color gris, estas transformaciones aumentan el brillo general de la imagen y aumentar el contraste en las zonas oscuras a expensas del contraste en las zonas brillantes.

La Figura 8 se muestra como las transformaciones se comportan. El eje horizontal representa el rango de entrada de nivel de gris, y el eje

vertical representa el rango de salida de nivel de gris. Cada valor de entrada de nivel de gris se representa verticalmente, y su punto de intersección con la curva de consulta se grafica horizontal para dar un valor de salida. [9]

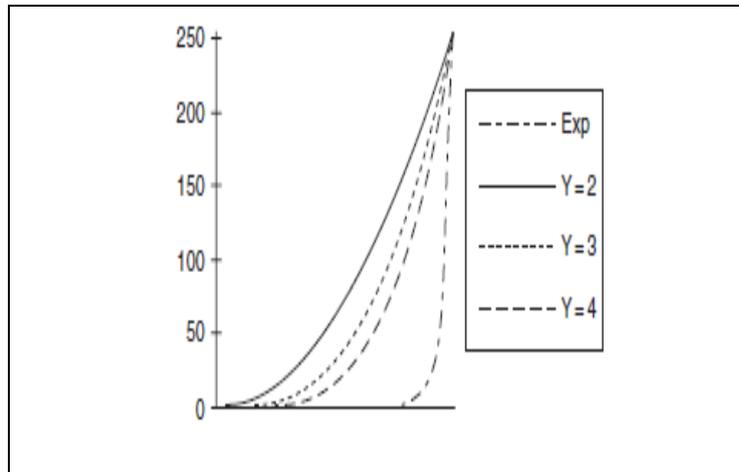


Figura 8: Imagen de corrección gamma y exponencial [9]

Las funciones logaritmo, raíz cuadrada, y Power $1 / Y$, amplían intervalos que contienen bajos valores de niveles de gris mientras se está comprimiendo los intervalos que contienen altos valores de nivel de gris.

Cuanto mayor sea el coeficiente gamma Y , más fuerte es la corrección de intensidad. La corrección logarítmica tiene un efecto más fuerte que la función Power $1 / Y$.

2.5.3 Convolución de Kernel

La convolución de Kernel define un filtro de dos dimensiones que se puede aplicar a una imagen en escala de grises. Es una estructura bidimensional cuyos coeficientes define las características del filtro de convolución que representa. En una operación típica de filtrado, los coeficientes de convolución de Kernel determinan el valor filtrado de cada píxel de la imagen IMAQ que proporciona un conjunto de convolución de kernel que puede

utilizar para realizar diferentes tipos de operaciones de filtrado en una imagen. También se puede definir sus propios convolución de kernel, creando filtros personalizados.

Se puede Utilizar una convolución de Kernel siempre que se desee filtrar una imagen en escala de grises. Filtrar una imagen en escala de grises mejora la calidad de la imagen para satisfacer los requisitos de su aplicación. Se puede utilizar los filtros para suavizar una imagen, eliminar el ruido de una imagen, mejorar la información del borde en una imagen, y así sucesivamente. [9]

Sea el caso de un Kernel 3×3 , se ilustra en la Figura 9-A, el valor del píxel central (se muestra en negro) se deriva de los 08 valores de los vecinos de los alrededores (mostrado en gris). Un 5×5 Kernel, se muestra en Figura 9-B, especifica 24 vecinos, un Kernel 7×7 especifica 48 vecinos, y así sucesivamente.

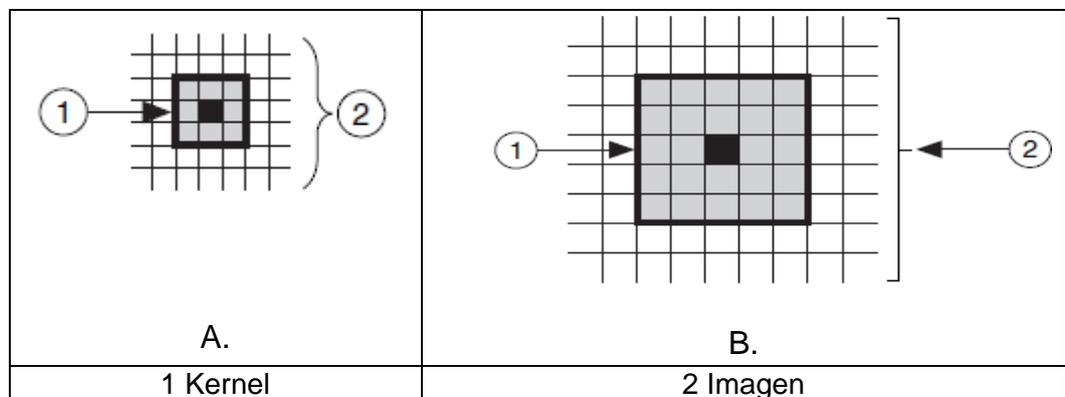


Figura 9: Ejemplo de Kernel. [9]

Una operación de filtrado en una imagen consiste en mover el Kernel desde el píxel más a la izquierda y más alto en la imagen hasta el punto más a la derecha y más inferior en la imagen. En cada píxel en la imagen, el nuevo valor se calcula utilizando los valores que se encuentran bajo el Kernel, tal y como se muestra en la Figura 10.

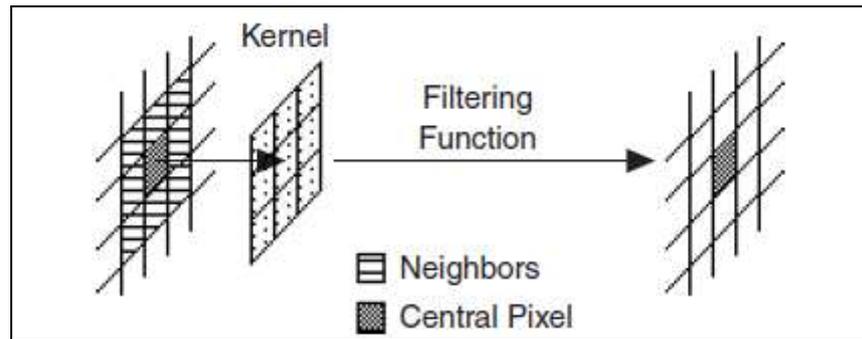


Figura 10: Mecánica de filtrado. [9]

Cuando los cálculos de los valores filtrados de los píxeles se encuentran a lo largo del borde de la imagen (la primera fila, última fila, primera columna, o la última columna de píxeles), parte del Kernel cae fuera de la imagen. Por ejemplo, la Figura 11 muestra que la columna de una fila y una columna de 3×3 el Kernel cae fuera de la imagen cuando se calcula el valor del píxel más a la izquierda superior.

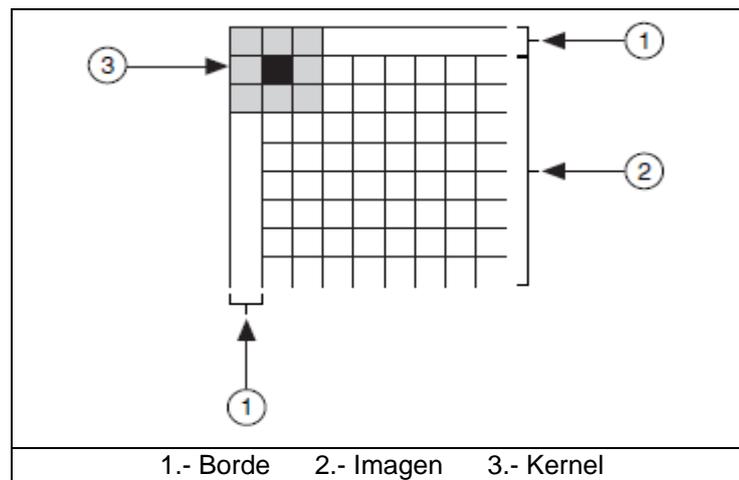


Figura 11: Filtrado píxeles fronterizos. [9]

IMAQ Vision asigna automáticamente una región fronteriza cuando crea una imagen. La región fronteriza por defecto es de tres píxeles de profundidad y contiene valores de píxel de 0. También puede definir una región fronteriza personalizada y especificar los valores de los píxeles de la región. El tamaño de la región fronteriza debe ser mayor o igual a la mitad el número de filas o columnas en su Kernel. [9]

Los resultados de filtrado de la frontera de una imagen son poco fiables porque los valores próximos necesarios para calcular estos valores se pierden, por lo que disminuye la eficacia del filtro, que trabaja en un número mucho menor de píxeles que los especificados por el resto de la imagen.

2.5.4 Filtros espaciales

Los filtros espaciales sirven para varios propósitos tales como la detección de los bordes a lo largo de una dirección específica, los patrones de contorno, reduciendo el ruido y el detalle de delineamiento. Los filtros suavizan, afinan, transforman y eliminan el ruido de una imagen para que pueda extraer la información que se necesita.

El propósito de los filtros no lineales es o bien extraer los contornos (detección de bordes) o eliminar los píxeles aislados. IMAQ Vision tiene seis métodos diferentes que puede utilizar para la extracción de contorno (Diferenciación, Gradiente, Prewitt, Roberts, Sigma, o Sobel).

Para armonizar los valores de píxel, se debe de elegir entre dos filtros, cada uno de los cuales utiliza un método diferente: NthOrder y de paso bajo. Estas funciones requieren que se especifica o bien un tamaño del Kernel y el porcentaje especificado en la entrada. [9]

2.5.5 Morfología de escala de grises

En la morfología de escala de grises, un píxel se compara con los píxeles circundantes con el fin de mantener los valores de los píxeles que son los más pequeños (erosión) o la más grande (dilatación).

Utilizaremos las funciones de morfología de escala de grises para filtrar o suavizar las intensidades de los píxeles de una imagen. Las aplicaciones incluyen el filtrado de ruido, desigual corrección del fondo, y la extracción de características del nivel de gris. [9]

La función de morfología en escala de grises se aplica a las imágenes de nivel de gris. Puede utilizarse funciones para modificar la forma de las regiones mediante la ampliación de las áreas brillantes a costa de las áreas oscuras y viceversa. Estas funciones suavizan patrones que varían gradualmente y aumenta el contraste en las zonas de frontera. En esta sección se describen las siguientes funciones de morfología en escala de grises:

- Erosión
- Dilatación
- Apertura
- Cierre

Para la presente investigación se utilizó la morfología de Dilatación para el algoritmo de puntadas erróneas, a continuación, se describirá un breve concepto su funcionamiento en base a un ejemplo. [9]

2.5.5.1 Concepto de dilatación

Supongamos que A y B pertenecen al grupo de los números enteros, que tienen como componentes $a = (a_1, a_2)$ y $b = (b_1, b_2)$, respetivamente. La transición de A por $x = (x_1, x_2)$, llamado $(A)_x$, se define como: [9]

$$(A)_x = \{c | c = a + x, \text{ para } a \in A\} \dots\dots\dots(1)$$

La reflexión de B se define como:

$$\hat{B} = \{x | x = -b, \text{ para } b \in B\} \dots\dots\dots(2)$$

El complemento de A es:

$$A^c = \{x | x \notin A\} \dots\dots\dots(3)$$

Finalmente, la diferencia entre A y B, denotada como A-B, se define como:

$$A - B = \{x | x \in A, x \notin B\} = A \cap B^c \dots\dots\dots(4)$$

La dilatación de A por B, denotada como $A \oplus B$, se define como:

$$A \oplus B = \{xI(\hat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \dots\dots\dots(5)$$

Por lo tanto, el proceso de dilatación consiste en obtener la reflexión de B sobre su original y luego trasladar esta reflexión por x. La dilatación de A y B entonces se encuentra dado por el grupo de todas las x desplazadas cuando x y A se traslapan por al menos un elemento diferente de cero.

Dado que la dilatación aumenta el tamaño de una región, algunas veces se le conoce como crecimiento, como se puede observar en Figura 12.

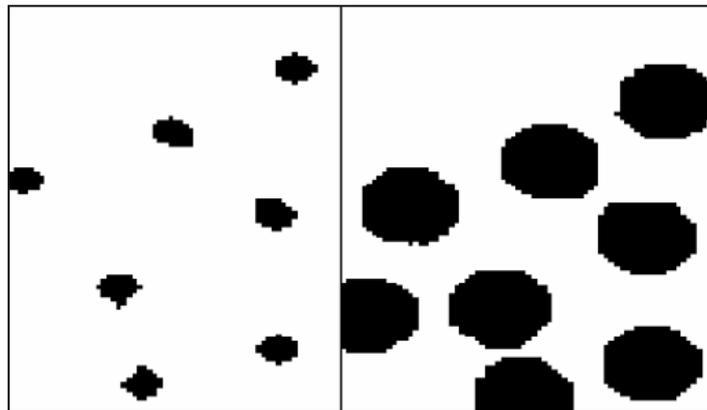


Figura 12: Ejemplo de imagen con Dilatación [13]

CAPÍTULO III: LIBRERÍAS DEL LABVIEW.

En el presente capítulo se detallarán las principales librerías que se aplicaron el presente estudio.

3.1 Descripción de las librerías del LabView

En este punto se realizará una breve explicación de las principales librerías más importantes que se utilizó, para tener un concepto amplio, la cual posteriormente permitirá entender los algoritmos y ventanas de diagramas de bloques que se realizaron en los siguientes subcapítulos del presente estudio.

3.1.1 Vision Acquisition Express.

Herramienta asistente para la configuración de la adquisición de imágenes de video, permite configurar la resolución, la cantidad de cuadros por segundo, el tipo de imagen etc. Las salidas son configurables al igual que sus entradas, esto se aprecia detalladamente en la Figura 13.

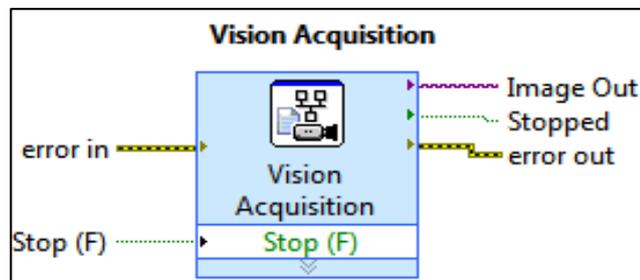


Figura 13: Bloque Vision Acquisition [10]

3.1.2 IMAQ Threshold

Esta librería permite segmentar una imagen en dos regiones, una región de partículas y una región de fondo (background). Este proceso funciona asignándole un valor de “1” a todos los píxeles que pertenecen a un intervalo determinado de “nivel de grises”, llamado el intervalo Umbral, a los otros píxeles fuera de este Umbral se les asigna el valor “0”, el bloque de IMAQ Threshold se observa en la Figura 14 mostrando sus entradas y salidas configurables.

El objetivo de esta librería es aislar objetos de interés en una imagen, convirtiendo la imagen de escala de grises, donde cada píxel tiene un rango de valores que va de 0 a 255, a una imagen binaria, con valores de píxel de 0 ó 1.

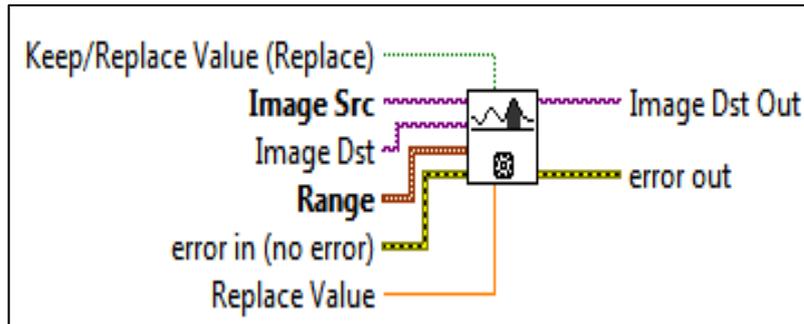


Figura 14: Bloque IMAQ Threshold [10].

En la figura 15 se observa el histograma de una imagen en general, se puede diferenciar numéricamente diferentes regiones de la imagen, facilitando la selección del intervalo de umbral.

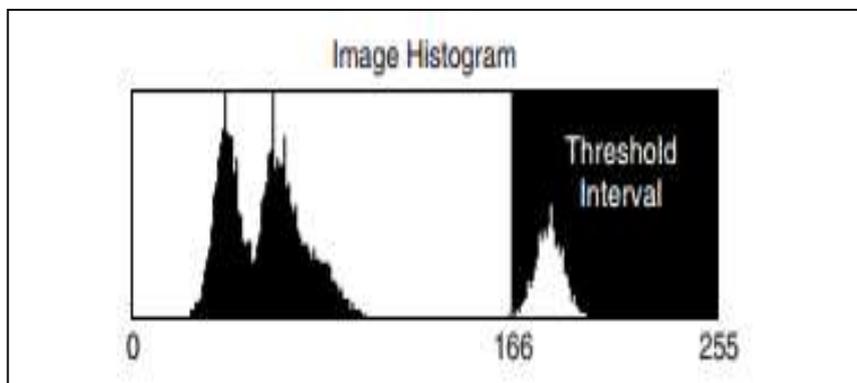


Figura 15: Histograma de la imagen [10].

Como se observa el IMAQ Threshold tiene varias entradas la cual describiremos en este punto para nuestro caso:

- **Keep/ Replace Value:** Determina si se debe reemplazar el valor de los píxeles existentes en el rango entre el *Lower value* y el *Upper value*. El estado por defecto, *TRUE*, sustituye estos valores de pixel, y *FALSE* si el estado mantiene los valores originales.
- **Image Src:** Lo cual es una referencia a la imagen de origen.

 **Range:** Especifica el rango del umbral. Este cuenta con dos valores que son:

- ✓ **Lower value:** Es el valor más bajo de píxeles utilizados durante un umbral. El valor predeterminado es 128.

- ✓ **Upper value:** Es el valor más alto de píxeles utilizados durante un umbral. El valor predeterminado es 255.

Replace Value: Es el valor usado para reemplazar los píxeles entre el *Lower value* y *Upper value*. Esta operación requiere que *Keep/Replace Value* es *True*.

3.1.3 IMAQ Count Objects

Esta librería permite contar objetos dentro de la imagen mediante la entrada *Settings* se configura el tipo de objeto que se desea contar dentro de la imagen y la salida *Objects* proporciona la posición que tiene dicho objeto dentro de la imagen además cuenta con otra salida que muestra la cantidad de objetos contados, se puede apreciar en la Figura 16.

Esta librería usa también un intervalo umbral para realizar la cuenta de los objetos, se realiza una cuenta de los objetos que están con valores de intensidad de píxeles por encima de este umbral.

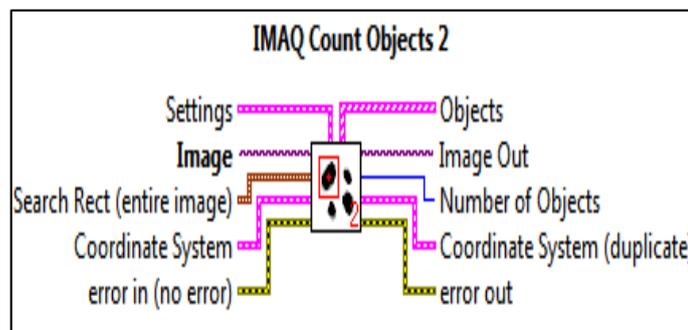


Figura 16: Bloque IMAQ count objects [10]

- **Settings:** Define los parámetros del algoritmo y la información que se superpone sobre el resultado de la imagen.

Objects. - Especifica el tipo de objetos para detectar como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Valores de los objetos a detectar [10].

Bright Objects (0)	Busca objetos brillantes.
---------------------------	---------------------------

Dark Objects (1)	Busca objetos oscuros.
-------------------------	------------------------

 **Image.** - Es una referencia a la imagen original.

3.1.4 IMAQ Color BCGLookup VI

Esta librería permite aplicar un brillo, contraste y corrección gamma para cada plano de color por separado (Figura 17).

Las transformaciones de tabla de búsqueda (Look Up Table, LUT)- ver sub capítulo 2.5.1, son funciones básicas de procesamiento de imágenes que resaltan detalles en áreas que contienen información significativa, a expensas de otras áreas.

Una transformación LUT aplica una transformada $T(x)$ sobre un rango de entrada $[\text{rangoMin}, \text{rangoMax}]$ de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll}
 T(x)=\text{Min dinámico} & \text{si } x \leq \text{rangoMin} \\
 f(x) & \text{si } \text{rangoMin} < x \leq \text{rangoMax} \\
 \text{Max dinámico} & \text{si } x > \text{rangoMax}
 \end{array}$$

Donde “x” representa el valor-gris de entrada y el Max dinámico = 0 (para imágenes de 8bits).

El Max dinámico = 255 (imágenes de 8bits).

Por lo tanto, el Rango dinámico = Max dinámico - Min dinámico

$f(x)$ representa el nuevo valor.

La función escala a $f(x)$ de tal manera que $f(\text{rangoMin})=\text{Min dinámico}$

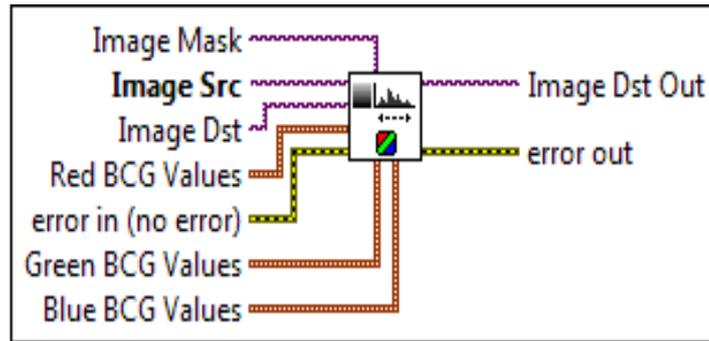


Figura 17: Bloque IMAQ ColorBCGLookup VI [10]

 **Red BCG Values.** -Es un conjunto de tres valores siguientes para ajustar el plano Rojo:

- **Brightness.** - Establece el brillo del plano rojo de la imagen. Este valor se utiliza como la intersección x de la función de transferencia en la tabla de búsqueda. El valor neutro es 128 (no hay cambio en el plano). Un valor más alto devuelve un plano más brillante. Un valor inferior a 128 disminuye el brillo general del plano. El valor por defecto es 128.
- **Contrast.** - Establece el contraste del plano rojo de la imagen. Este control se utiliza como la pendiente de la función de transferencia en la tabla de consulta y se expresa en grados. Una pendiente de 45 es neutral. Un valor más alto devuelve un plano rojo más contrastada. Un valor menor que 45 disminuye el contraste del plano rojo. El valor por defecto es 45,0.
- **Gamma.** - Establece la corrección gamma aplicada al plano rojo de la imagen. El valor neutro es 1. Un valor mayor que 1 da contraste extendida para pequeños valores de píxel y menos de contraste para valores de píxel grandes. El valor predeterminado es 1.

3.1.5 IMAQ ColorThreshold VI

La presente librería permite aplicar un umbral para los tres planos de una imagen RGB o HSL y coloca el resultado en una imagen de 8 bits.

Se realiza con cada rango (rojo, verde y azul) para determinar si el píxel correspondiente de la Imagen *Src* se establece el valor especificado en reemplazo del Valor. Si un píxel de imagen *Src* no tiene valores de píxeles correspondientes especificadas en los tres rangos, el píxel correspondiente en Imagen *Dst* opcionales se establece en 0. Si la imagen de destino imagen *Dst* no está conectado, IMAQ *Color Threshold* convierte la fuente de la imagen *Src* a una imagen de 8 bits y guarda la imagen resultante en el origen de la imagen. (Ver Figura 18).

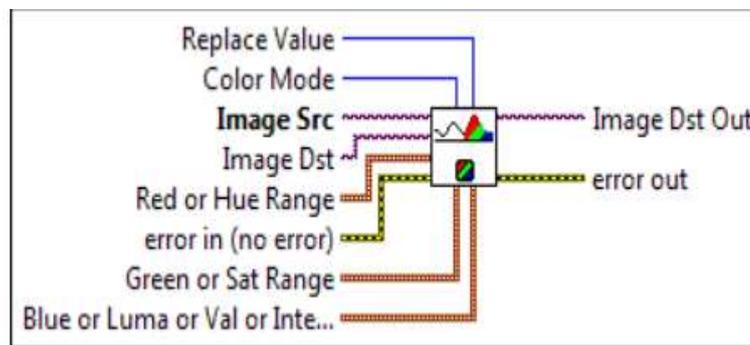


Figura 18: Bloque IMAQ color threshold [10].

U16 **Color Mode.** - define el formato de color de la imagen que se utilizará para la operación. Elegiremos entre los siguientes valores:

- **RGB (0).** - (defecto) Especifica el formato *RGB* (rojo, verde y azul).
- **HSL (1).** - El formato de color *HSI* (matiz, saturación y luminancia).
- **VHS (2).** -Especifica el formato *HSV* (matiz, saturación y valor).
- **HSI (3).** -Especifica el formato *HSI* (tono, saturación e intensidad).

I32 **Replace Value.** - es el valor que el VI utiliza para rellenar los píxeles de la imagen de destino en que los píxeles correspondientes en la imagen *Src* se encuentran en los tres rangos. El valor predeterminado es 1.

005 **Red or Hue Range.** - es un conjunto usada para determinar el rango de umbral para el plano de color rojo o matiz, dependiendo del *color mode*. Cualquier valor de píxel no

incluidos en esta gama se restablece a cero la imagen destino. Los valores de los píxeles incluidos en esta gama se alteran en función del estado del *Replace* input. Por defecto todos los valores de los píxeles están incluidos (0, 255). *Red or Hue Range* incluye los siguientes elementos:

- **Lower value** es el píxel de mínimo valor en el plano rojo o que se utiliza para el umbral. El valor predeterminado siempre es 0.
- **Upper value** es el píxel de máximo valor en el plano rojo o que se utiliza para el umbral. El valor predeterminado siempre es 255.

A continuación, se explica un breve funcionamiento de la presente librería.

- Para empezar a realizar un Threshold color, es posible que se necesite mejorar su imagen con las tablas de búsqueda o la función de ecualización.
- Para una imagen de color Threshold, se debe especificar el intervalo del umbral para cada uno de los tres componentes de cada color. El valor de un píxel en la imagen original se establece en 1 si y sólo si sus componentes de color caen dentro del rango especificado. De lo contrario, el valor de píxel se establece en 0.

La Figura 19 muestra los histogramas de cada plano de una imagen de color almacenada en formato RGB. La región gris sombreada indica el rango de umbral (Threshold) para cada uno de los planos de color. Para un píxel de la imagen de color que se pone a 1 en la imagen binaria, su valor rojo debe estar entre 130 y 200, su valor verde debe estar entre 100 y 150, y su valor de azul debe estar entre 55 y 115.

Para el umbral de una imagen RGB, primero determinaremos los valores de rojo, verde y azul de los píxeles que constituyen los objetos que se desea analizar después del umbral. A continuación, especificaremos el rango del

umbral para cada plano de color que abarca los valores de color de interés. Debemos elegir rangos correctos para los tres planos de color para aislar un color de nuestro interés.

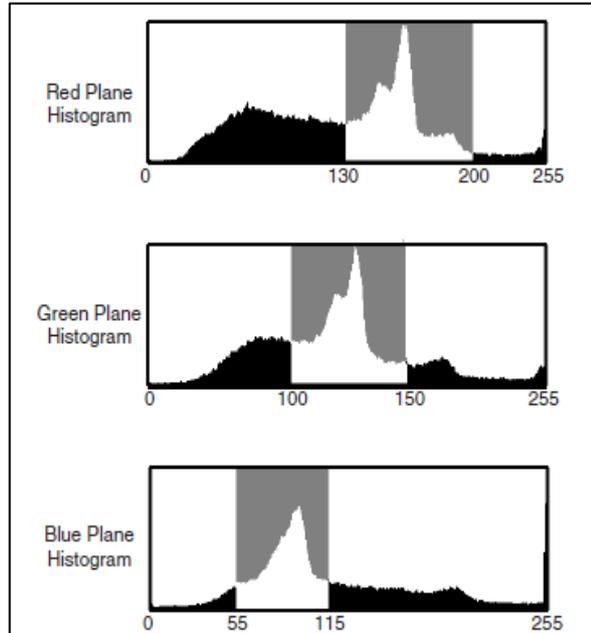


Figura 19: Rango de threshold para una imagen RGB [10].

3.1.6 IMAQ Extract Single Color Plane VI

Esta librería permite extraer un solo plano de una imagen de mi color. (Figura 20).

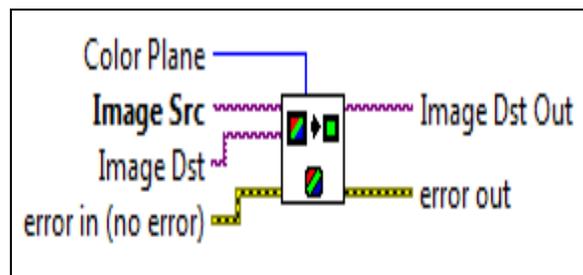


Figura 20: Bloque IMAQ Extract Single Color Plane. [10].

Color plane. - Se define el plano de color a extraer. Esta cuenta con diferentes valores como se observa en la Tabla 3:

Tabla 3: Tabla de valores del color del plano [10].

Red (0)	(defecto) Extrae del plano de Color rojo
Green (1)	Extrae el plano de color verde

Blue (2)	Extrae el plano de color azul
Hue (3)	Extrae el plano de color matiz
Saturation (4)	Extrae el plano saturación de color
Luminance (5)	Extrae el plano de color de luminancia
Value (6)	Extrae el plano de color valor
Intensity (7)	Extrae el plano intensidad de color

 **Image Scr.** -Es la referencia para una imagen de color que tiene uno de sus planos de color extraídos. Si *Image Dst* no está conectado, la imagen de origen se convierte en una imagen que contiene el plano extraído.

Para entender esta librería se explicará un breve detalle, así como las ecuaciones matemáticas que están dentro de esta librería

3.1.6.1 Representación vectorial de los colores

En los diferentes modelos de color, estos se representan como combinaciones lineales de tres factores: En el modelo RGB son una combinación de rojo, verde, azul; en el Cian, magenta y amarillo; en el HSL son el matiz saturación y luminiscencia, como se observa Figura 21.

Para facilidad de análisis matemático, los colores se representan como vectores. Por ejemplo, en el modelo RGB (ver figura 22) la base vectorial del espacio de color la constituyen los colores rojo, verde y azul; resultando que cualquier color puede ser expresado como una combinación lineal de la base-(x).

Siendo la representación matricial (3 matrices) de una imagen RGB la descrita continuación:

$$I_R(m, n, 1) := \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

$$I_G(m, n, 2) := \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nn} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7)$$

$$I_B(m, n, 3) := \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Color} = a \cdot \text{Rojo} + b \cdot \text{verde} + c \cdot \text{azul}, \text{ color} = (a, b, c) \dots\dots\dots(9)$$

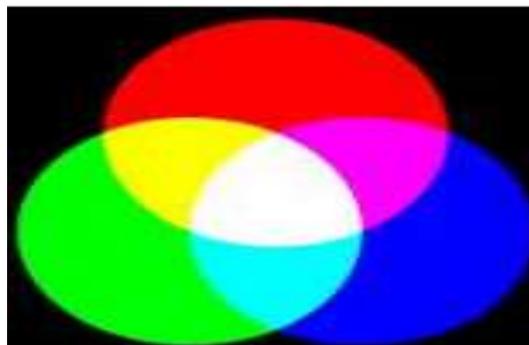


Figura 21: Modelo RGB [12].

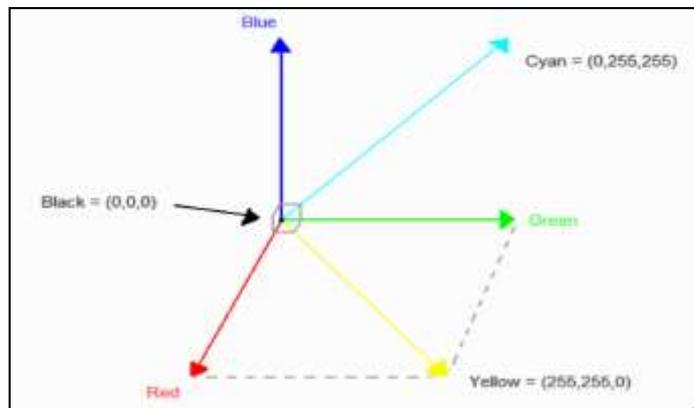


Figura 22: Representación vectorial de los colores [12].

Donde a, b, y c son los valores que pertenecen al intervalo [0,255]. Por ejemplo, un tono de amarillo se puede expresar de la siguiente manera: Amarillo=255*rojo+255 azul, Amarillo = (255, 255,0) representar a los colores a través de vectores hace posible utilizar herramientas y conceptos.

3.1.6.2 Algoritmos de procesamiento básico

La representación de las imágenes a través de matrices de píxeles en función de las coordenadas x e y pertenece al dominio espacial dimensional. Esto permite realizar transformaciones lineales a las imágenes, simplemente son matrices que se pueden sumar, restar o multiplicar.

Sean dos colores $C_1 = (r_1, g_1, b_1)$ y $C_2 = (r_2, g_2, b_2)$; la distancia entre C_1 y C_2 se define como:

$$D(C_1, C_2) = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \dots\dots\dots(10)$$

3.1.6.3 Conversión a escala de grises.

En el modelo RGB, la escala de grises se caracteriza por tener una misma magnitud en los valores para el rojo verde y azul. En el espacio vectorial, dichos colores se encuentran en dirección del vector $V = (1, 1, 1)$ (ver figura 23). Para poder convertir un color a escala de grises, debemos determinar cada componente sobre el vector V y así determinar el nivel para ese color.

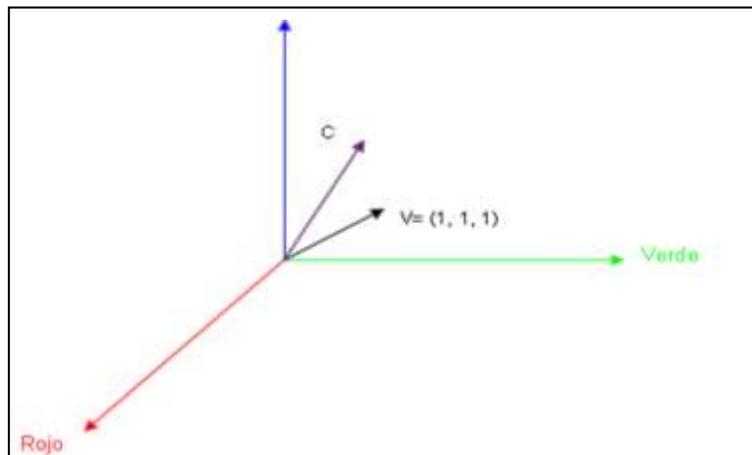


Figura 23: Representación vectorial de los colores y la conversión en escala de grises. [12]

A fin de determinar la proyección de color $C = (r, g, b)$ sobre el valor de V se usa el producto punto o producto interno. (Figura 24).

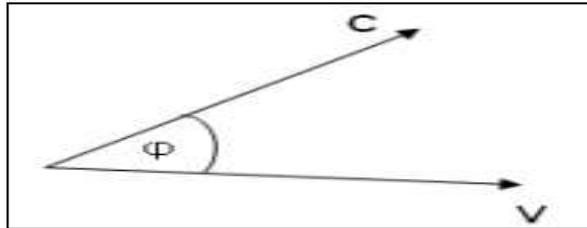


Figura 24: Producto punto de vectores. [12]

$$\vec{C} \cdot \vec{V} = \|\vec{C}\| \|\vec{V}\| \cos(\varphi) \dots\dots\dots(11)$$

$$\overrightarrow{\text{Proy}}_{C \rightarrow V} = \|\vec{C}\| \cos(\varphi) \frac{\vec{V}}{\|\vec{V}\|} = \frac{\vec{C} \cdot \vec{V}}{\|\vec{V}\|} \frac{\vec{V}}{\|\vec{V}\|} = \frac{\vec{C} \cdot \vec{V}}{\|\vec{V}\|^2} \vec{V}$$

$$\overrightarrow{\text{Proy}}_{C \rightarrow V} = \frac{(r, g, b) \cdot (1, 1, 1)}{3} (1, 1, 1) = \frac{r + g + b}{3} (1, 1, 1)$$

$$\overrightarrow{\text{Proy}}_{C \rightarrow V} = \left(\frac{r + g + b}{3}, \frac{r + g + b}{3}, \frac{r + g + b}{3} \right) \dots\dots\dots(12)$$

En resumen, para convertir una imagen en color a escala de grises debemos de obtener los componentes RGB de cada pixel en la imagen y cambiar su valor correspondiente de los tres componentes de ese pixel. Las siguientes ecuaciones convertirán una imagen RGB en una imagen en escala de grises sobre una base de pixel por pixel.

$$\text{Valor de escala de grises} = 0.299R + .587G + 0.114B \dots\dots\dots(13)$$

Esta ecuación es parte del estándar NTSC para la luminancia. Una conversión alternativa de RGB a escala de grises es un promedio simple

$$\text{Grayscale value} = (R + G + B)/3 \dots\dots\dots(14)$$

Para explicar dicha teoría se realizó un pequeño ejemplo explicando el funcionamiento de la librería de este subcapítulo:

Tenemos una Figura 25 la cual está contenida por número de filas y columnas que forman los pixeles. Una imagen que tiene m filas y n columnas tiene una resolución m x n. Esta imagen tiene n pixeles en su eje horizontal y m pixeles en el eje vertical.



Figura 25: Imagen de ejemplo descripción-Librería

$$I_R(m, n, 1) := \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad I_G(m, n, 2) := \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nn} \end{bmatrix} \quad I_B(m, n, 3) := \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

La definición de una imagen, también llamada profundidad de pixel, indica el número de colores que se pueden ver en la imagen. La profundidad de modulación es el número de bits usados para codificar la intensidad de cada pixel. Un pixel puede tomar 2^n valores diferentes. Si $n=8$ el pixel puede tomar 256 valores en un rango entre negro (intensidad cero) y blanco (intensidad 255).

El número de planos es el número de arreglos de pixeles que componen la imagen. Una imagen con escala de grises (gray-level) está compuesta por un solo plano, mientras una imagen de color verdadero (true-color) está formada por 3 planos que son: Rojo(R), Verde (G), Azul (B) como se observa en la Figura 26.

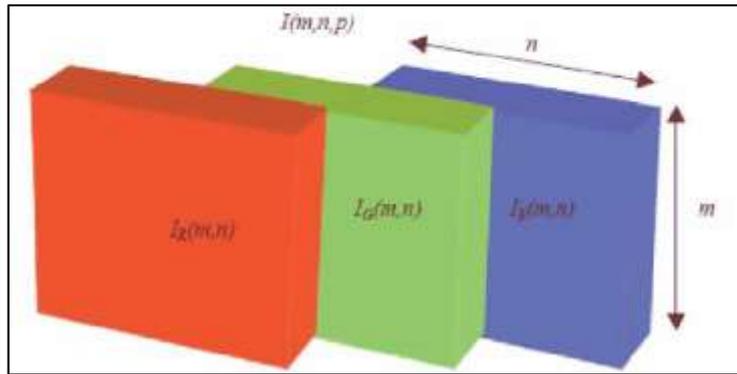


Figura 26: Planos Rojo, Azul, Verde

3.1.7 Vision Assistant Express

El Vision Assistant Express (Figura 27) es una herramienta del Labview que permite realizar un análisis independiente de la imagen, permitiendo comprobar el funcionamiento de las librerías empleadas en la presente investigación.

Lo que realiza esta librería de bloques se detallará en las siguientes tablas tanto para el *Block Diagram in /Outputs* del *Vision Assistant* (Tabla 4 y 5).

Block Diagram Inputs

Tabla 4: Tabla de parámetros de entradas -bloque de librería Vision Assistant [10].

Parámetro	Descripción
<i>Image Src</i>	Es una referencia a la imagen original.
<i>Image Dst</i>	Hace referencia a la imagen de destino. Si <i>Image Dst</i> está conectado, debe ser del mismo tipo que <i>Image Src</i> .
<i>error in (no error)</i>	Describe el estado de error antes de que esta VI o función se ejecute. Utilice el controlador de errores simple o controlador de errores general VIs para mostrar la descripción del código de error. Se utiliza para comprobar los errores y para especificar el orden de ejecución por el cableado de error fuera de un nodo a un error en el siguiente nodo.

Block Diagram Outputs

Tabla 5: Tabla de parámetros de salida -bloque de librería Vision Assitant [10].

Parámetro	Descripción
<i>Image Dst Out</i>	Hace referencia al destino de la imagen. Si <i>Image DST Out</i> está conectada, <i>Image Dst Out</i> es lo mismo que <i>Image Dst</i> . De lo contrario , <i>Image Dst Out</i> se refiere a la imagen de referencia por <i>Image Src</i> .
<i>error out</i>	Contiene error de información. Si <i>error in</i> indica que un error ocurrió antes de VI o la función inicie, <i>error out</i> contiene similar error de información.

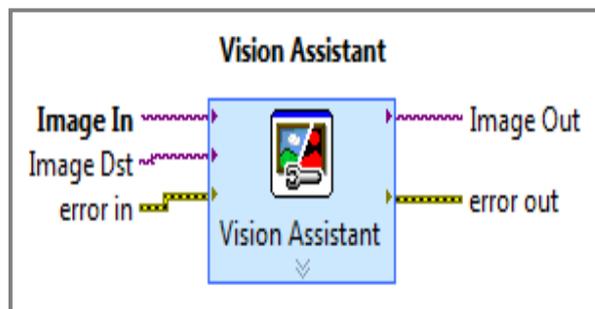


Figura 27: Bloque Vision Assitant [10].

Dentro de esta herramienta LabView se utilizó el histograma por lo que detallaremos brevemente esta herramienta a continuación.

3.1.7.1 Histograma

Un histograma contará y graficará la cantidad total de los píxeles en cada escala de nivel grises. De esta manera se puede saber si la imagen contiene distintas regiones de un cierto valor de nivel de gris. Esta también proporciona una descripción general de la aparición de una imagen y ayuda a identificar diversos componentes tales como el fondo, objetos, y el ruido.

Un histograma proporciona una descripción general de la aparición de una imagen y ayuda a identificar diversos componentes tales como el fondo, objetos, el histograma es una función definida por H en el rango

de escala de grises [0..., k, ...,255] de tal manera que el número de píxeles sea igual al valor del nivel de valor K.

$$H(k) = n_k \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

k es el valor del nivel de gris.

$n_k = n$, es el número de píxeles en una imagen con un nivel de valor de grises que k .

$kn_k = n$, es el número de píxeles en una imagen.

El siguiente histograma nos revela que los niveles de gris se producen con frecuencia y que se producen en raras ocasiones. (Figura 28).

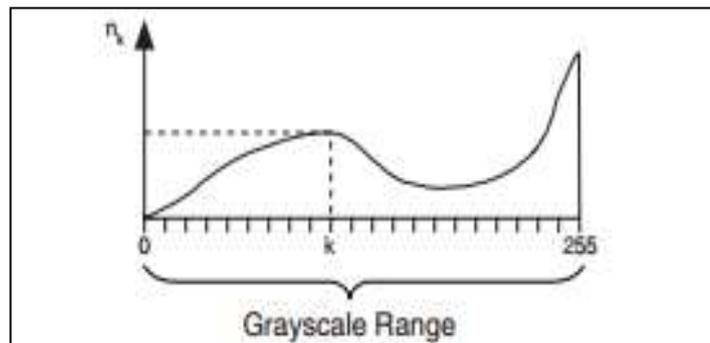


Figura 28: Gráfico del histograma [9].

Hay dos tipos de histogramas que se pueden calcular: los histogramas lineales y acumulativos. En ambos casos, el eje horizontal representa el valor de nivel de gris que oscila entre valores de intensidad de 0 a 255. Para un valor k -nivel de gris, el eje vertical lineal del histograma indica el número de píxeles n_k establece en el valor k , y el eje vertical del histograma acumulativo indica el porcentaje de píxeles ajustado a un valor menor o igual a k .

Para la presente investigación se trabajó con histogramas lineales. A continuación, se explicará un breve concepto del histograma Lineal.

3.1.7.2 Histograma lineal

La función densidad es:

$$H_{lineal}(k)=n_k \dots \dots \dots (16)$$

Donde $H_{lineal}(k)$ es el número de pixeles igual que K la probabilidad es:

$$P_{lineal}(k)=n_k/n \dots \dots \dots (17)$$

Donde P_{Lineal} es la probabilidad de que un píxel es igual a k. Se puede observar una muestra de un histograma lineal en la Figura 29.

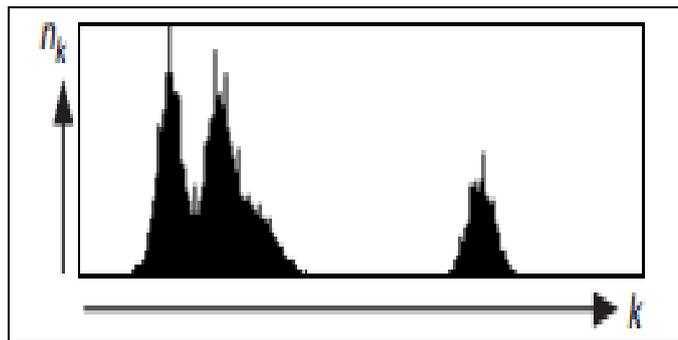


Figura 29: Muestra de un histograma lineal [9].

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL ALGORITMO

El presente capítulo comprenderá el desarrollo general del flujograma correspondiente al funcionamiento y la lógica del proceso para la identificación de los defectos en las telas, así como la explicación detallada de cada ventana de diagrama de bloques, correspondientes a cada uno de los algoritmos de detección de fallas que son: manchas comunes (MC), manchas de aceite (MA) y puntadas erróneas (PE).

4.1 Diagrama de flujo del algoritmo principal

En el presente flujograma se establece la secuencia y la lógica de funcionamiento del proceso para la identificación de los defectos para cada tipo de falla que se realizó en la presente investigación, tanto para manchas comunes (MC), manchas con aceites (MA) y puntadas erróneas (PE). Para dar inicio a la secuencia del proceso de detección de defectos en telas poliéster, se partió con el proceso de adquisición de imágenes en tiempo real, obteniendo como resultado la visualización de una imagen de 24 bits en formato RGB. Continuando con la secuencia del proceso, paso siguiente se procede con la identificación de defectos, la cual se encuentra dividida en tres subprocesos según el criterio realizado para el presente estudio (dividir el proceso en tres algoritmos cada uno correspondiente a MC, MA y PE respectivamente), el primer subproceso se encuentra definido con el algoritmo de manchas comunes en el cual se detalla cada secuencia del proceso empleado para la obtención del algoritmo de MC, dando como resultado la identificación de defectos para el caso de manchas comunes (cantidad de MC detectadas), paso siguiente la secuencia del proceso continua con el segundo subproceso que se encuentra definido con el algoritmo de manchas de aceites en el cual se detalla cada secuencia del proceso empleado, para la obtención del algoritmo de MA, dando como resultado la identificación de defectos para el caso de manchas de aceite (cantidad de MA detectadas), por último el tercer subproceso se encuentra definido con el algoritmo de PE en el cual se detalla cada secuencia del proceso empleado para la obtención del algoritmo de PE.

A continuación, se observa a detalle la secuencia del proceso, en las siguientes Figuras 30 y 31.

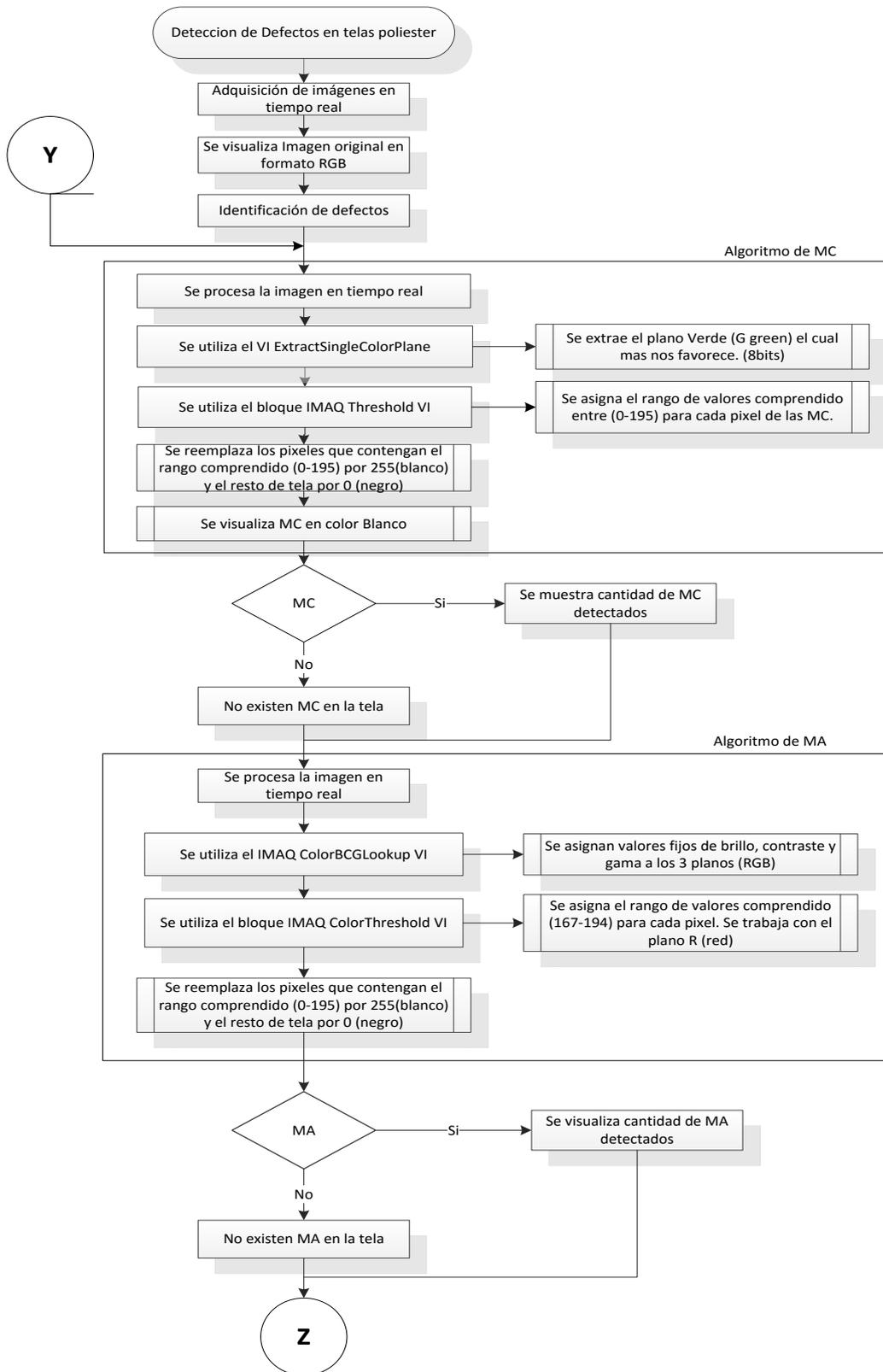


Figura 30: Flujograma del programa principal para detección de defectos parte A.

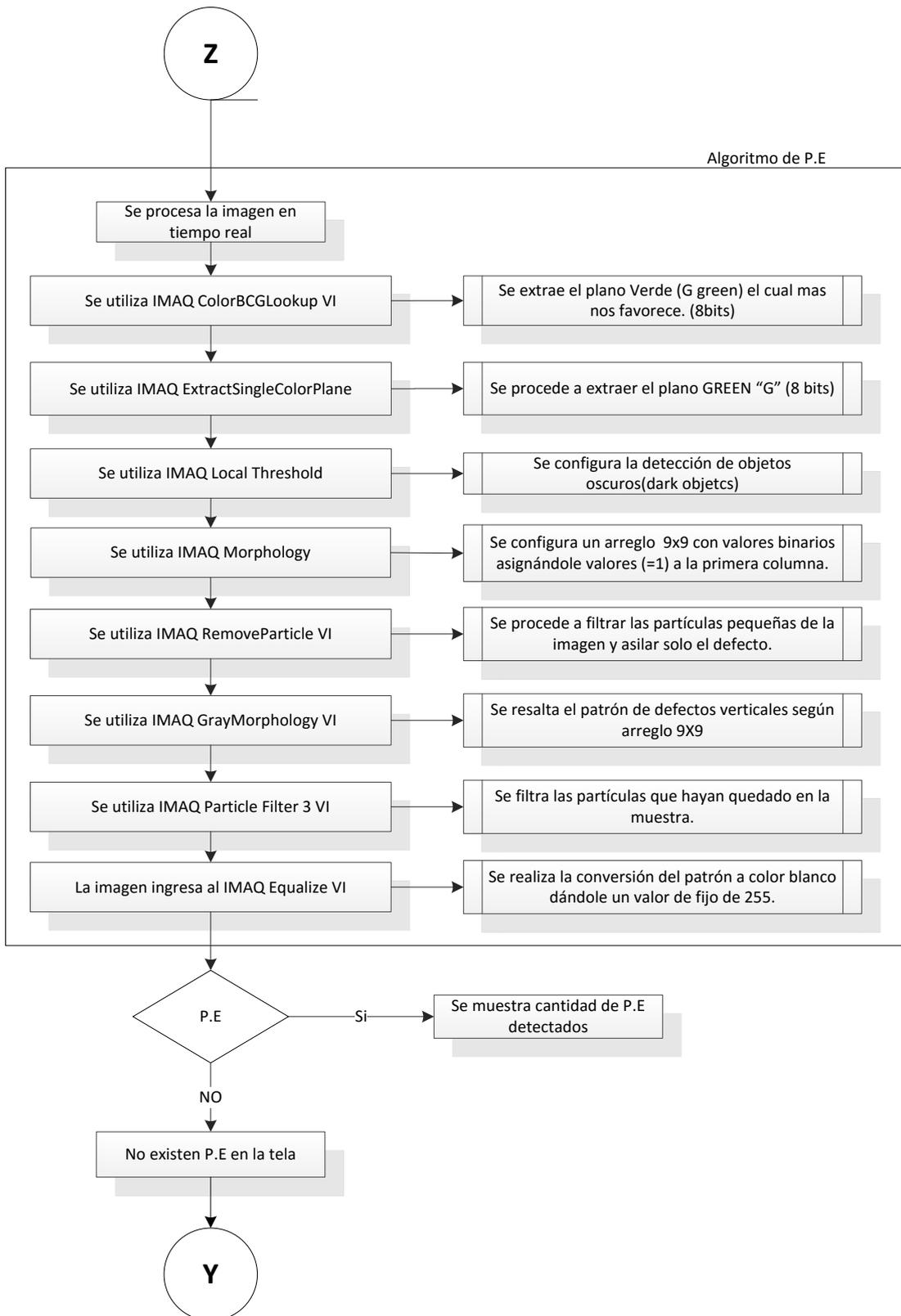


Figura 31: Flujograma del programa principal para detección de defectos parte B.

4.2 Descripción del algoritmo y sus ventanas de diagramas de bloques

El presente algoritmo se inicia con el proceso de adquisición de la imagen real en formato RGB de 24 Bits (Red, Green, Blue) las cuales están constituidos por tres matrices, una matriz para el color rojo, una para el verde y otra para el azul, las cuales se sobreponen entre sí, dando origen al color real. Posteriormente se procede con el proceso de identificación de defectos en las tres muestras de telas a emplear (MC, MA, PE) dando origen a la explicación de tres procesos cada uno con su propio algoritmo de identificación de fallas.

A continuación, se explica a detalle el proceso de cada algoritmo según ventana de diagramas de bloques.

4.2.1 Manchas Comunes (MC)

El proceso se inició con el procesamiento de la imagen adquirida en tiempo real (ver Figura 33), paso siguiente se utilizó la librería del LabView *ExtractSingleColorPlane*, se extrajo el plano de color verde (Green) obteniendo una imagen en escala de grises (8bits) (Ver figura 32), la elección de trabajar con el plano G es porque de los tres planos del formato RGB es el que más no favorece para la identificación de este tipo de defectos, a continuación para resaltar las manchas en la imagen se procedió con la utilización de la librería *IMAQ Threshold* la cual nos permitió realizar un intercambio de valores, los pixeles que tengan un rango de valores entre 0 - 195 (ver Tabla 6 y Anexo 1) fueron reemplazados por 255 (que corresponde al color blanco) y los pixeles fuera de este rango fueron reemplazados por 0 (cero que representa al color negro) ,la imagen resultante que obtuvimos fue monocromática, la cual nos permitió mostrar las manchas en color blanco y el resto de la tela en negro, este proceso se verá reflejado en el capítulo 5 con el análisis y resultados. Posteriormente al concluir con este proceso se procedió con el conteo de las manchas identificadas que se mostraron mediante un indicador, caso contrario si no hubiese ninguna MC, el proceso continúa con el siguiente algoritmo de MA, hasta identificar el defecto en la tela.

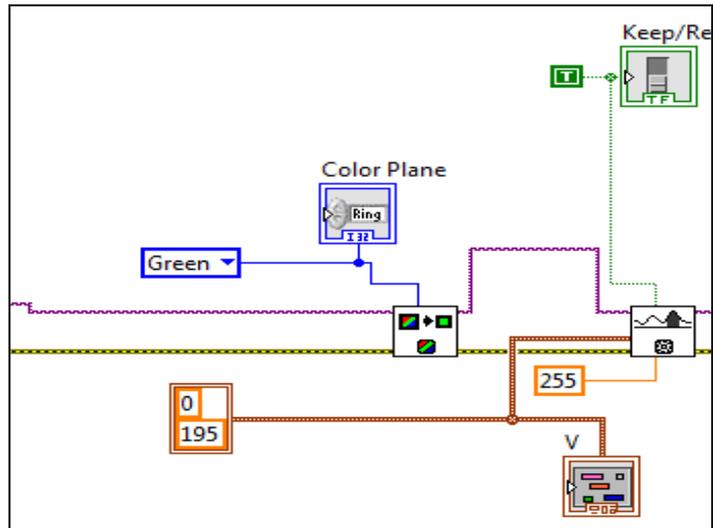


Figura 32: Rango de valores comprendidos entre (0-195).

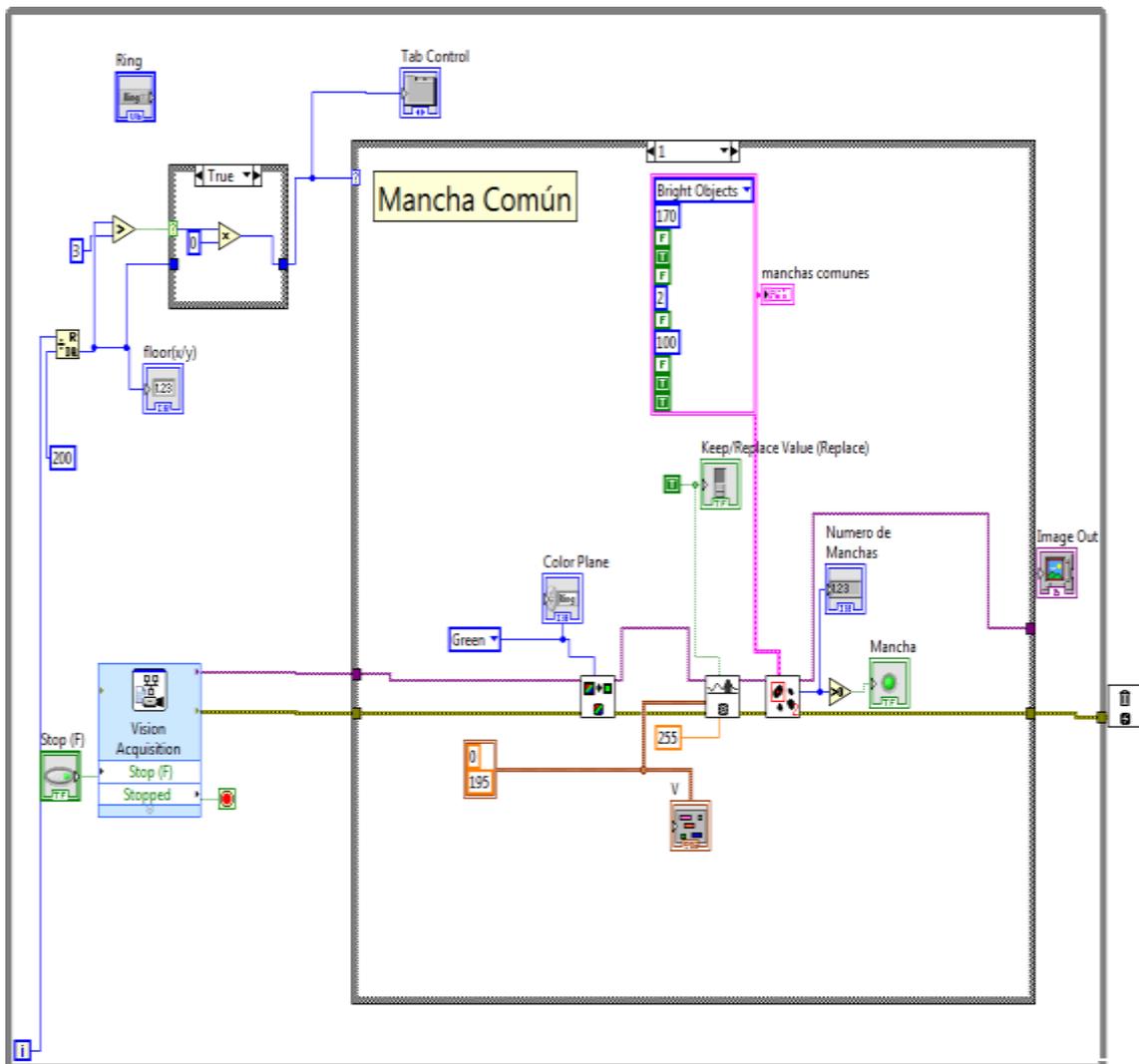


Figura 33: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Manchas Comunes.

A continuación se muestra el histograma de la imagen de MC que fue realizada para su respectivo análisis en el Vision Assistant tal como se muestra en la Figura 34, a continuación se muestran los datos exportados a Excel a partir del Vision Assistant para un mayor análisis, a partir de los datos obtenidos del histograma se logró escoger el plano de trabajo (Plano Green) y el intervalo de umbral de detección para el algoritmo de MC (0-195), para el desarrollo del algoritmo de MC, tal como se muestra en la Tabla 6.

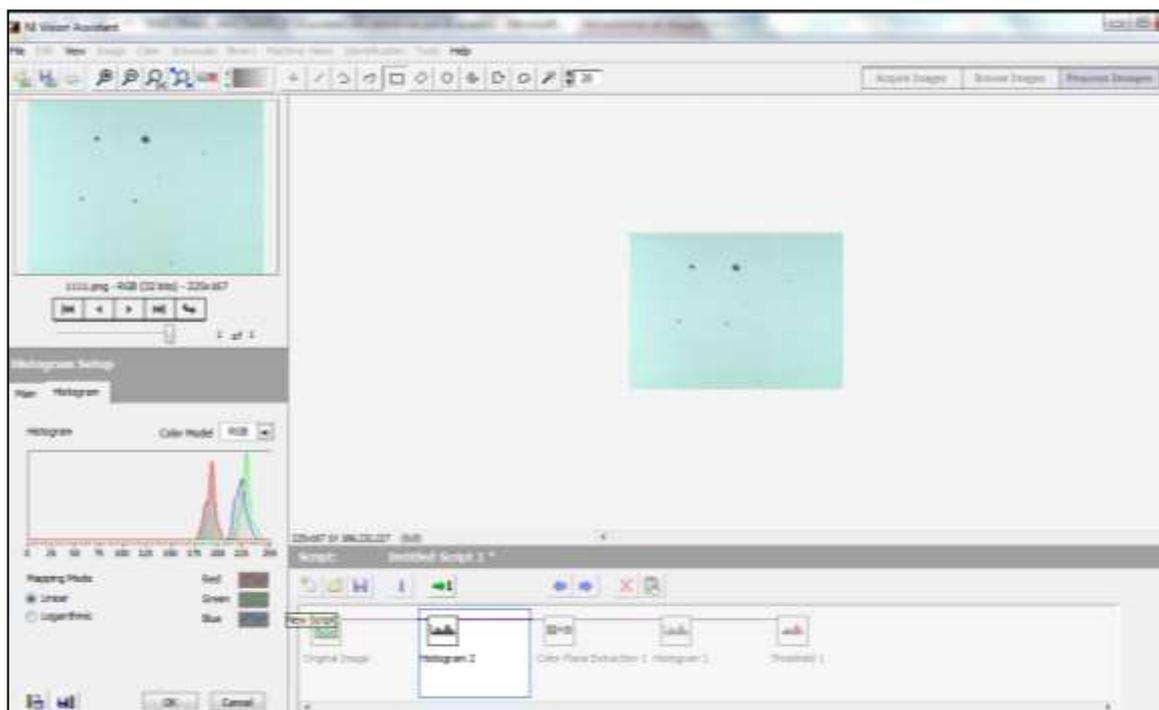


Figura 34: Histograma de Imagen de MC realizada en el Vision Assistant

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

C:\Users\pedro.aguilar\Desktop\TESIS FINAL\1111.png -10/08/2015 -12:47:03 p.m.					
Red		Green		Blue	
Minimum Value	45.00	Minimum Value	59.00	Minimum Value	88.00
Maximum Value	223.00	Maximum Value	246.00	Maximum Value	242.00
Starting Value	0.00	Starting Value	0.00	Starting Value	0.00
Interval Width	1.00	Interval Width	1.00	Interval Width	1.00
Mean Value	191.41	Mean Value	229.22	Mean Value	223.29
Standard Deviation	7.09	Standard Deviation	7.50	Standard Deviation	7.06
Area (pixels)	37575.00	Area (pixels)	37575.00	Area (pixels)	37575.00

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

Tabla valores Plano -Red		Tabla valores Plano -Green		Tabla valores Plano-Blue	
Intensity	# Pixels	Intensity	# Pixels	Intensity	# Pixels
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0
6	0	6	0	6	0
7	0	7	0	7	0
8	0	8	0	8	0
9	0	9	0	9	0
10	0	10	0	10	0
11	0	11	0	11	0
12	0	12	0	12	0
13	0	13	0	13	0
14	0	14	0	14	0
15	0	15	0	15	0
16	0	16	0	16	0
17	0	17	0	17	0
18	0	18	0	18	0
19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0
24	0	24	0	24	0
25	0	25	0	25	0
26	0	26	0	26	0
27	0	27	0	27	0
28	0	28	0	28	0
29	0	29	0	29	0
30	0	30	0	30	0
31	0	31	0	31	0
32	0	32	0	32	0
33	0	33	0	33	0
34	0	34	0	34	0
35	0	35	0	35	0
36	0	36	0	36	0
37	0	37	0	37	0
38	0	38	0	38	0
39	0	39	0	39	0
40	0	40	0	40	0

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

41	0	41	0	41	0
42	0	42	0	42	0
43	0	43	0	43	0
44	0	44	0	44	0
45	1	45	0	45	0
46	0	46	0	46	0
47	1	47	0	47	0
48	0	48	0	48	0
49	0	49	0	49	0
50	1	50	0	50	0
51	0	51	0	51	0
52	0	52	0	52	0
53	2	53	0	53	0
54	0	54	0	54	0
55	0	55	0	55	0
56	2	56	0	56	0
57	1	57	0	57	0
58	0	58	0	58	0
59	2	59	1	59	0
60	1	60	0	60	0
61	2	61	0	61	0
62	0	62	0	62	0
63	0	63	2	63	0
64	0	64	0	64	0
65	0	65	1	65	0
66	0	66	1	66	0
67	0	67	1	67	0
68	1	68	1	68	0
69	1	69	2	69	0
70	2	70	0	70	0
71	0	71	2	71	0
72	1	72	1	72	0
73	1	73	0	73	0
74	2	74	1	74	0
75	0	75	0	75	0
76	4	76	3	76	0
77	0	77	1	77	0
78	0	78	2	78	0
79	0	79	0	79	0
80	0	80	2	80	0
81	3	81	0	81	0
82	0	82	1	82	0
83	2	83	0	83	0

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

84	0	84	0	84	0
85	2	85	0	85	0
86	3	86	1	86	0
87	4	87	1	87	0
88	0	88	2	88	1
89	1	89	3	89	1
90	1	90	4	90	1
91	0	91	1	91	1
92	0	92	0	92	1
93	0	93	0	93	0
94	1	94	0	94	2
95	0	95	0	95	4
96	1	96	0	96	2
97	1	97	0	97	4
98	1	98	0	98	1
99	0	99	1	99	2
100	2	100	0	100	0
101	0	101	1	101	2
102	1	102	2	102	1
103	0	103	1	103	1
104	1	104	0	104	1
105	0	105	0	105	1
106	0	106	0	106	0
107	0	107	0	107	0
108	0	108	0	108	0
109	1	109	0	109	1
110	0	110	0	110	0
111	1	111	0	111	0
112	0	112	1	112	0
113	0	113	0	113	0
114	0	114	0	114	1
115	0	115	0	115	0
116	1	116	1	116	1
117	0	117	0	117	1
118	0	118	0	118	1
119	0	119	0	119	1
120	0	120	1	120	1
121	1	121	1	121	0
122	0	122	2	122	0
123	1	123	0	123	0
124	0	124	0	124	0
125	4	125	0	125	0
126	0	126	0	126	0

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

127	0	127	2	127	0
128	1	128	0	128	1
129	0	129	0	129	1
130	1	130	0	130	0
131	0	131	0	131	1
132	0	132	1	132	0
133	1	133	0	133	0
134	2	134	1	134	1
135	0	135	1	135	0
136	0	136	0	136	0
137	0	137	0	137	1
138	1	138	0	138	0
139	0	139	0	139	0
140	2	140	1	140	0
141	0	141	0	141	1
142	0	142	0	142	1
143	0	143	1	143	3
144	0	144	0	144	0
145	1	145	0	145	0
146	2	146	1	146	0
147	2	147	1	147	0
148	3	148	1	148	0
149	1	149	0	149	0
150	1	150	0	150	0
151	1	151	0	151	0
152	0	152	0	152	0
153	2	153	1	153	1
154	2	154	1	154	1
155	0	155	0	155	0
156	3	156	0	156	1
157	0	157	1	157	0
158	2	158	2	158	0
159	0	159	0	159	0
160	0	160	0	160	1
161	2	161	1	161	1
162	3	162	1	162	0
163	0	163	2	163	0
164	4	164	0	164	0
165	1	165	0	165	2
166	0	166	0	166	0
167	2	167	1	167	0
168	3	168	1	168	0
169	1	169	1	169	0

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC. (Continúa)

170	0	170	1	170	1
171	1	171	0	171	3
172	1	172	2	172	1
173	0	173	0	173	0
174	2	174	0	174	0
175	7	175	0	175	1
176	18	176	0	176	1
177	58	177	0	177	1
178	100	178	1	178	0
179	201	179	2	179	0
180	365	180	1	180	2
181	529	181	1	181	0
182	700	182	2	182	1
183	883	183	0	183	0
184	1065	184	0	184	4
185	1419	185	0	185	4
186	1596	186	2	186	4
187	1710	187	1	187	0
188	1671	188	0	188	1
189	1683	189	3	189	1
190	1996	190	2	190	1
191	2610	191	0	191	1
192	3358	192	3	192	1
193	3614	193	2	193	1
194	3394	194	1	194	3
195	2751	195	2	195	1
196	2017	196	500	196	1
197	1472	197	299	197	1
198	1062	198	289	198	1
199	832	199	223	199	1
200	713	200	214	200	1
201	572	201	210	201	5
202	459	202	99	202	0
203	283	203	93	203	2
204	94	204	98	204	3
205	12	205	99	205	2
206	0	206	101	206	1
207	0	207	80	207	5
208	0	208	89	208	12
209	0	209	91	209	30
210	1	210	99	210	54
211	0	211	95	211	129
212	18	212	87	212	209

Tabla 6: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MC.

213	42	213	121	213	431
214	62	214	134	214	734
215	39	215	111	215	1071
216	25	216	12	216	1565
217	18	217	22	217	1763
218	15	218	144	218	1905
219	3	219	359	219	1949
220	1	220	647	220	2011
221	0	221	977	221	2257
222	0	222	1123	222	2383
223	1	223	1264	223	2555
224	0	224	1376	224	2709
225	0	225	1640	225	2787
226	0	226	2101	226	2523
227	0	227	2789	227	2015
228	0	228	3187	228	1522
229	0	229	3844	229	1248
230	0	230	3937	230	1112
231	0	231	3399	231	994
232	0	232	2422	232	839
233	0	233	1593	233	693
234	0	234	1118	234	584
235	0	235	849	235	460
236	0	236	731	236	374
237	0	237	767	237	253
238	0	238	697	238	147
239	0	239	652	239	90
240	0	240	592	240	44
241	0	241	499	241	12
242	0	242	376	242	5
243	0	243	199	243	0
244	0	244	101	244	0
245	0	245	33	245	0
246	0	246	4	246	0
247	0	247	0	247	0
248	0	248	0	248	0
249	0	249	0	249	0
250	0	250	0	250	0
251	0	251	0	251	0
252	0	252	0	252	0
253	0	253	0	253	0
254	0	254	0	254	0
255	0	255	0	255	0

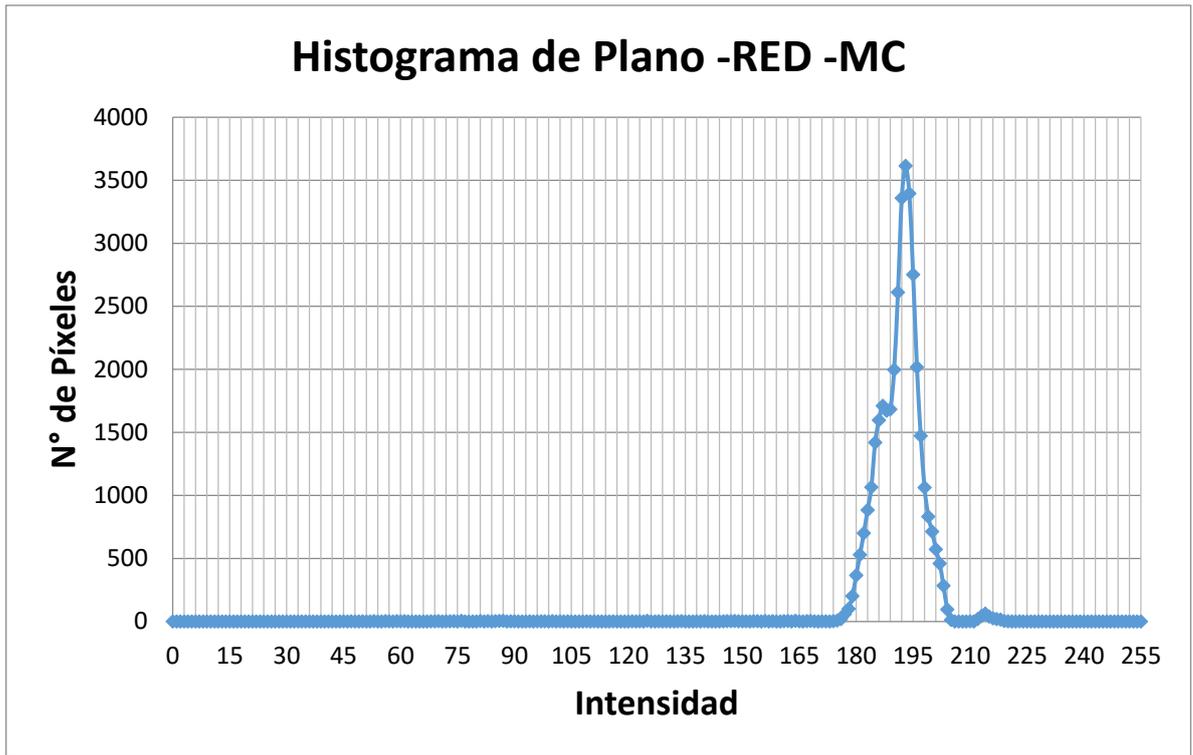


Figura 35: Histograma de plano rojo (R) para imagen de MC.

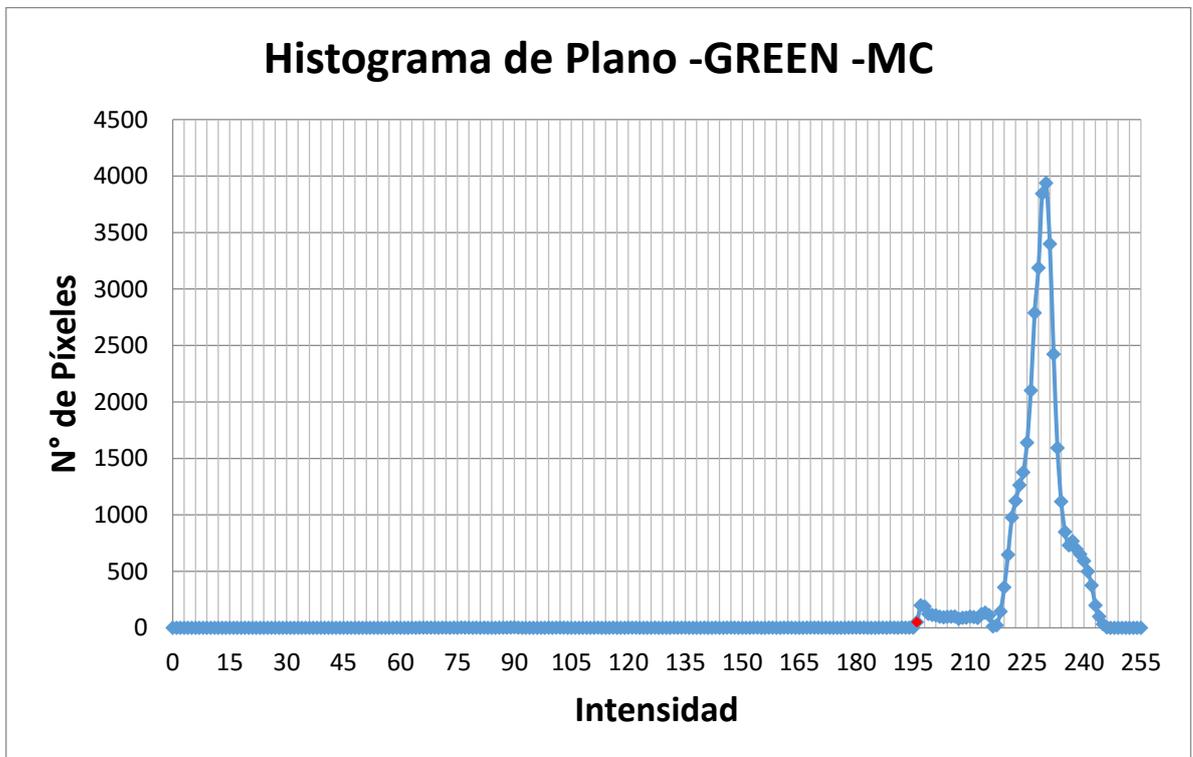


Figura 36: Histograma de plano verde (G) para imagen de MC-Plano escogido.

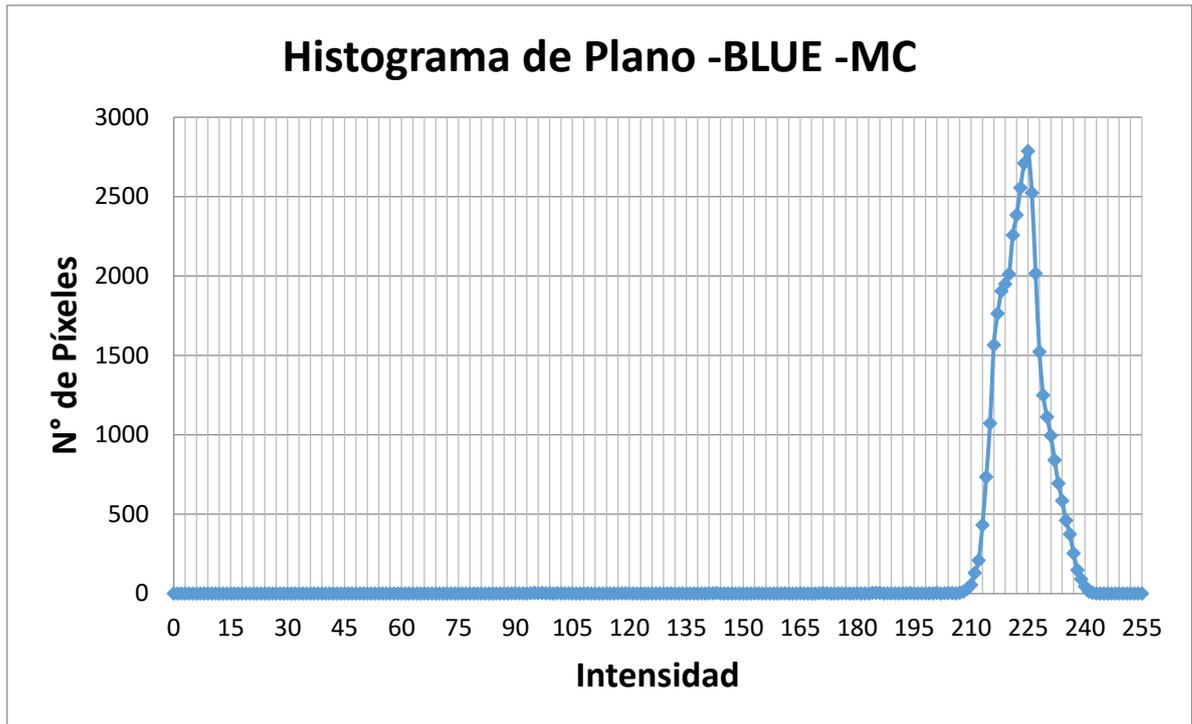


Figura 37: Histograma de plano azul (B) para imagen de MC.

De las gráficas 35, 36,37 obtenidas del histograma de la imagen analizada de MC se decidió optar por trabajar con el plano verde (Figura 36), debido a que el rango de intensidad de cada pixel comprendido entre 0-195 nos permitió parametrizar un rango de detección definido para el caso de manchas comunes.

4.2.2 Manchas de aceite (MA)

Luego de haber concluido el primer proceso de identificación de (MC), El proceso para la detección de de MA, se inició con el procesamiento de la imagen adquirida en tiempo real, paso siguiente se utilizó la librería del IMAQ ColorBCGLookup VI, se procedió a dar valores fijos de brillo, contraste y gama a los tres planos de la imagen en modo RGB, a continuación se asignó un rango de valores a reemplazar 167-194 (Ver Tabla 7 y anexo 2), se procedió a utilizar el *IMAQ color threshold VI* como se observa en la Figura 38, el cual permitió que todos los píxeles que se encuentran dentro del rango mencionado están siendo reemplazados por el valor numérico de 255 (color blanco), lo que produjo que las manchas de aceite se vean resaltadas de

color blanco y el resto de tela que no se encuentra dentro del rango establecido está siendo resaltado de color negro con un valor de (0). Este proceso se verá reflejado en el capítulo 5 con el análisis y resultados. Posteriormente al concluir con este proceso se procedió con el conteo de las manchas identificadas que se mostraron mediante un indicador, caso contrario si no hubiese ninguna MA, el proceso continúa con el siguiente algoritmo de P.E, hasta identificar el defecto en la tela.

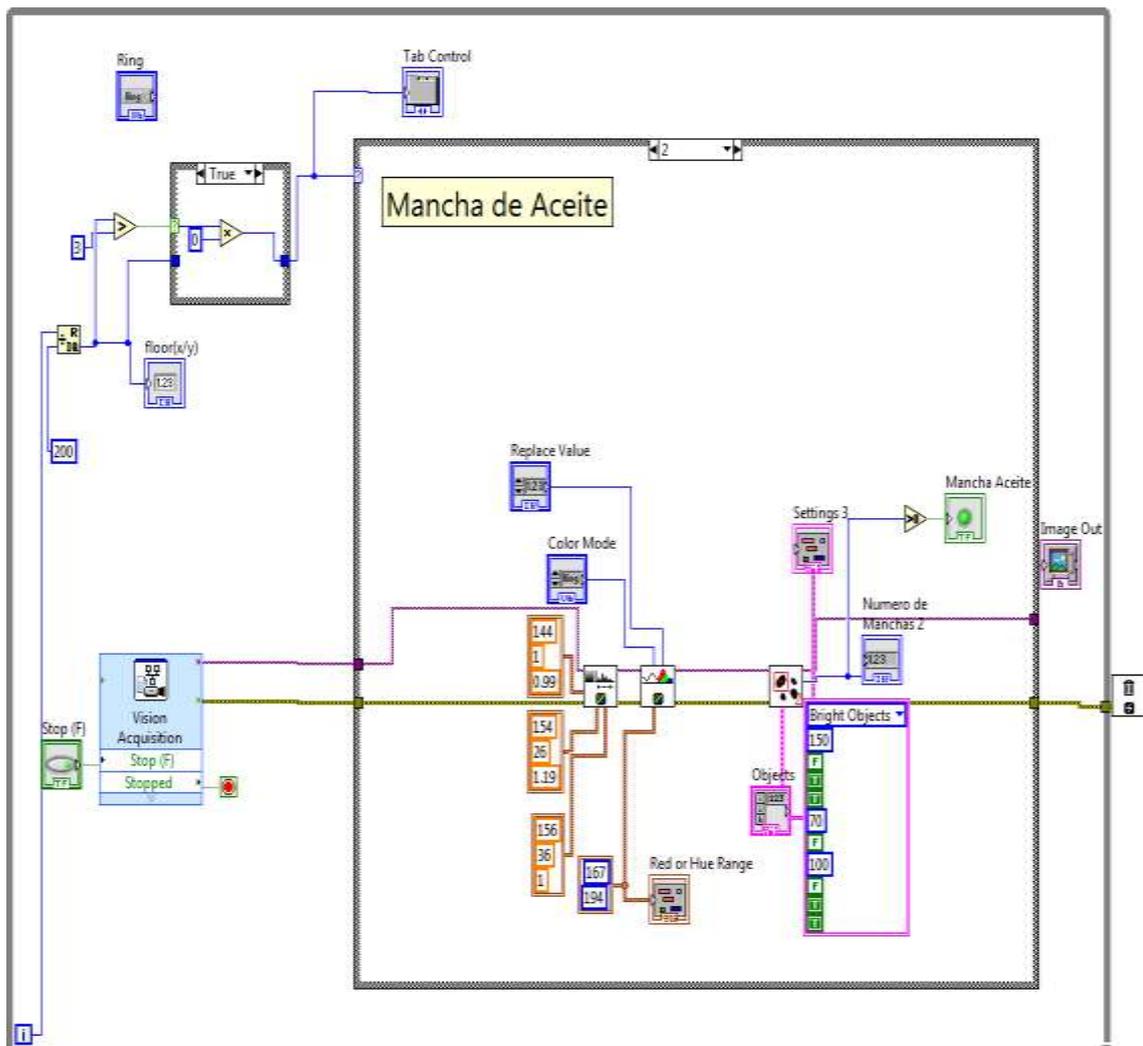


Figura 38: Ventana de diagrama de bloques del LabView- Manchas de Aceite.

A continuación, se muestra el histograma de la imagen de MA que fue realizada para su respectivo análisis en el Vision Assistant tal como se muestra en la Figura 39, a continuación, se muestran los datos exportados a Excel a partir del Vision Assistant para un mayor análisis, a partir de los datos obtenidos del histograma se logró escoger el plano de trabajo (Plano Red) y el intervalo de

umbral de detección para el algoritmo de MA (167-194), tal como se muestra en la tabla 7.

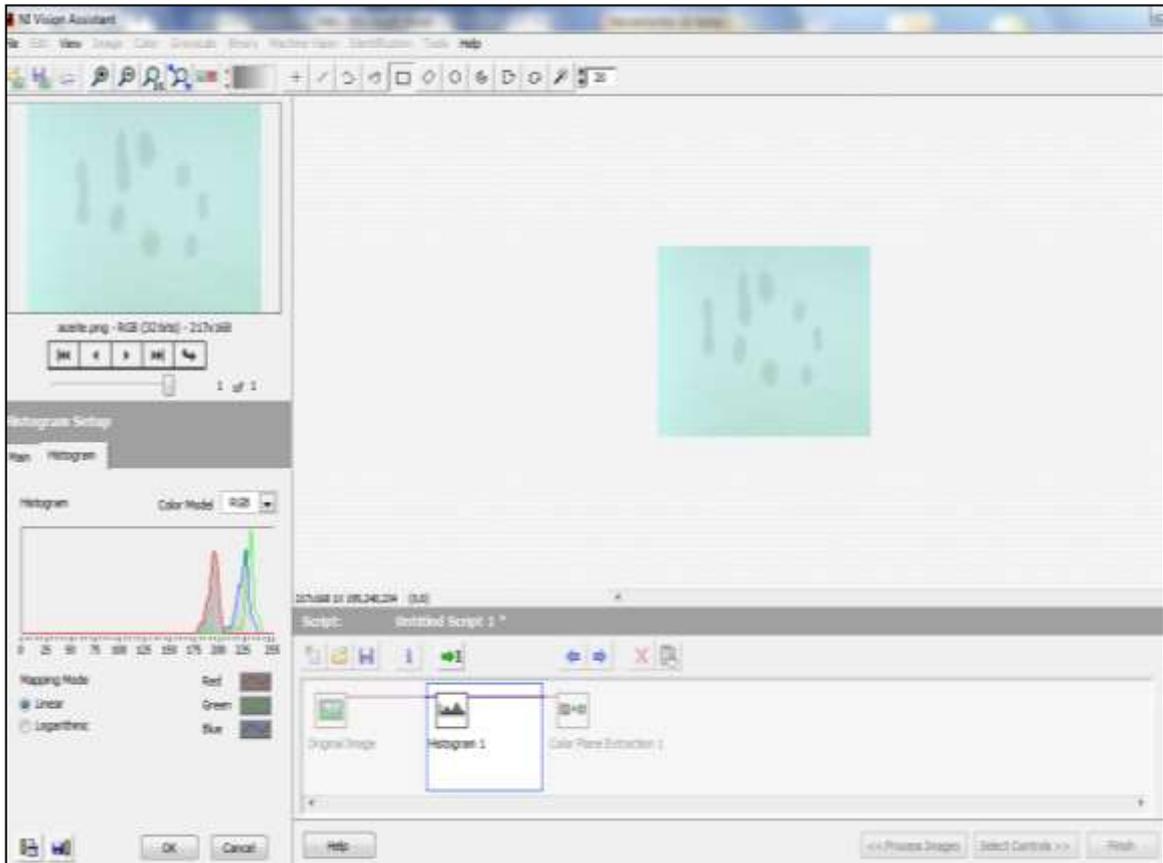


Figura 39: Histograma de Imagen de MA realizada en el Vision Assistant

Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)

C:\Users\pedro.aguilar\Desktop\TESIS FINAL\AC.png -11/08/2015 -12:47:03 p.m.					
Red		Green		Blue	
Minimum Value	166.00	Minimum Value	197.00	Minimum Value	193.00
Maximum Value	197.00	Maximum Value	228.00	Maximum Value	227.00
Starting Value	0.00	Starting Value	0.00	Starting Value	0.00
Interval Width	1.00	Interval Width	1.00	Interval Width	1.00
Mean Value	184.61	Mean Value	216.25	Mean Value	215.34
Standard Deviation	4.69	Standard Deviation	4.61	Standard Deviation	4.23
Area (pixels)	307200.00	Area (pixels)	307200.00	Area (pixels)	307200.00

Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)

Tabla valores Plano -Red	Tabla valores Plano -Green	Tabla valores Plano-Blue
--------------------------	----------------------------	--------------------------

Intensity	# Pixels	Intensity	# Pixels	Intensity	# Pixels
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0
6	0	6	0	6	0
7	0	7	0	7	0
8	0	8	0	8	0
9	0	9	0	9	0
10	0	10	0	10	0
11	0	11	0	11	0
12	0	12	0	12	0
13	0	13	0	13	0
14	0	14	0	14	0
15	0	15	0	15	0
16	0	16	0	16	0
17	0	17	0	17	0
18	0	18	0	18	0
19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0
24	0	24	0	24	0
25	0	25	0	25	0
26	0	26	0	26	0
27	0	27	0	27	0
28	0	28	0	28	0
29	0	29	0	29	0
30	0	30	0	30	0
31	0	31	0	31	0
32	0	32	0	32	0
33	0	33	0	33	0
34	0	34	0	34	0
35	0	35	0	35	0
36	0	36	0	36	0
37	0	37	0	37	0
38	0	38	0	38	0
39	0	39	0	39	0
40	0	40	0	40	0
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)					
41	0	41	0	41	0

42	0	42	0	42	0
43	0	43	0	43	0
44	0	44	0	44	0
45	0	45	0	45	0
46	0	46	0	46	0
47	0	47	0	47	0
48	0	48	0	48	0
49	0	49	0	49	0
50	0	50	0	50	0
51	0	51	0	51	0
52	0	52	0	52	0
53	0	53	0	53	0
54	0	54	0	54	0
55	0	55	0	55	0
56	0	56	0	56	0
57	0	57	0	57	0
58	0	58	0	58	0
59	0	59	0	59	0
60	0	60	0	60	0
61	0	61	0	61	0
62	0	62	0	62	0
63	0	63	0	63	0
64	0	64	0	64	0
65	0	65	0	65	0
66	0	66	0	66	0
67	0	67	0	67	0
68	0	68	0	68	0
69	0	69	0	69	0
70	0	70	0	70	0
71	0	71	0	71	0
72	0	72	0	72	0
73	0	73	0	73	0
74	0	74	0	74	0
75	0	75	0	75	0
76	0	76	0	76	0
77	0	77	0	77	0
78	0	78	0	78	0
79	0	79	0	79	0
80	0	80	0	80	0
81	0	81	0	81	0
82	0	82	0	82	0
83	0	83	0	83	0
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)					
84	0	84	0	84	0

85	0	85	0	85	0
86	0	86	0	86	0
87	0	87	0	87	0
88	0	88	0	88	0
89	0	89	0	89	0
90	0	90	0	90	0
91	0	91	0	91	0
92	0	92	0	92	0
93	0	93	0	93	0
94	0	94	0	94	0
95	0	95	0	95	0
96	0	96	0	96	0
97	0	97	0	97	0
98	0	98	0	98	0
99	0	99	0	99	0
100	0	100	0	100	0
101	0	101	0	101	0
102	0	102	0	102	0
103	0	103	0	103	0
104	0	104	0	104	0
105	0	105	0	105	0
106	0	106	0	106	0
107	0	107	0	107	0
108	0	108	0	108	0
109	0	109	0	109	0
110	0	110	0	110	0
111	0	111	0	111	0
112	0	112	0	112	0
113	0	113	0	113	0
114	0	114	0	114	0
115	0	115	0	115	0
116	0	116	0	116	0
117	0	117	0	117	0
118	0	118	0	118	0
119	0	119	0	119	0
120	0	120	0	120	0
121	0	121	0	121	0
122	0	122	0	122	0
123	0	123	0	123	0
124	0	124	0	124	0
125	0	125	0	125	0
126	0	126	0	126	0
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)					
127	0	127	0	127	0

128	0	128	0	128	0
129	0	129	0	129	0
130	0	130	0	130	0
131	0	131	0	131	0
132	0	132	0	132	0
133	0	133	0	133	0
134	0	134	0	134	0
135	0	135	0	135	0
136	0	136	0	136	0
137	0	137	0	137	0
138	0	138	0	138	0
139	0	139	0	139	0
140	0	140	0	140	0
141	0	141	0	141	0
142	0	142	0	142	0
143	0	143	0	143	0
144	0	144	0	144	0
145	0	145	0	145	0
146	0	146	0	146	0
147	0	147	0	147	0
148	0	148	0	148	0
149	0	149	0	149	0
150	0	150	0	150	0
151	0	151	0	151	0
152	0	152	0	152	0
153	0	153	0	153	0
154	0	154	0	154	0
155	0	155	0	155	0
156	0	156	0	156	0
157	0	157	0	157	0
158	0	158	0	158	0
159	0	159	0	159	0
160	0	160	0	160	0
161	0	161	0	161	0
162	0	162	0	162	0
163	0	163	0	163	0
164	0	164	0	164	0
165	0	165	0	165	0
166	15	166	0	166	0
167	67	167	0	167	0
168	106	168	0	168	0
169	255	169	0	169	0
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA. (Continúa)					
170	505	170	0	170	0

171	831	171	0	171	0
172	59	172	0	172	0
173	121	173	0	173	0
174	160	174	0	174	0
175	554	175	0	175	0
176	998	176	0	176	0
177	8914	177	0	177	0
178	11494	178	0	178	0
179	505	179	0	179	0
180	831	180	0	180	0
181	998	181	0	181	0
182	1312	182	0	182	0
183	1797	183	0	183	0
184	2033	184	0	184	0
185	2919	185	0	185	0
186	3953	186	0	186	0
187	4839	187	0	187	0
188	5112	188	0	188	0
189	4813	189	0	189	0
190	5026	190	0	190	0
191	6382	191	0	191	0
192	8982	192	0	192	0
193	4839	193	0	193	4
194	5112	194	0	194	11
195	14952	195	0	195	37
196	15755	196	0	196	74
197	16485	197	5	197	174
198	14657	198	38	198	270
199	15956	199	160	199	409
200	16657	200	554	200	591
201	20269	201	998	201	805
202	27328	202	1312	202	1022
203	31308	203	1797	203	1260
204	32177	204	2033	204	1410
205	26352	205	2919	205	1872
206	16754	206	3953	206	2226
207	10308	207	4839	207	3015
208	6417	208	5112	208	4179
209	3850	209	4813	209	6598
210	1419	210	5026	210	10256
211	287	211	6382	211	15712
212	28	212	8982	212	20713
Tabla 7: Tabla de datos exportados a Excel de histograma de Imagen de MA.					
213	0	213	12802	213	24434

214	0	214	18549	214	26117
215	0	215	27907	215	26160
216	0	216	35075	216	27305
217	0	217	36547	217	28176
218	0	218	37865	218	28531
219	0	219	31298	219	25796
220	0	220	17677	220	21737
221	0	221	10256	221	16583
222	0	222	7810	222	7787
223	0	223	6724	223	2865
224	0	224	6494	224	903
225	0	225	5979	225	157
226	0	226	2767	226	10
227	0	227	504	227	1
228	0	228	23	228	0
229	0	229	0	229	0
230	0	230	0	230	0
231	0	231	0	231	0
232	0	232	0	232	0
233	0	233	0	233	0
234	0	234	0	234	0
235	0	235	0	235	0
236	0	236	0	236	0
237	0	237	0	237	0
238	0	238	0	238	0
239	0	239	0	239	0
240	0	240	0	240	0
241	0	241	0	241	0
242	0	242	0	242	0
243	0	243	0	243	0
244	0	244	0	244	0
245	0	245	0	245	0
246	0	246	0	246	0
247	0	247	0	247	0
248	0	248	0	248	0
249	0	249	0	249	0
250	0	250	0	250	0
251	0	251	0	251	0
252	0	252	0	252	0
253	0	253	0	253	0
254	0	254	0	254	0
255	0	255	0	255	0

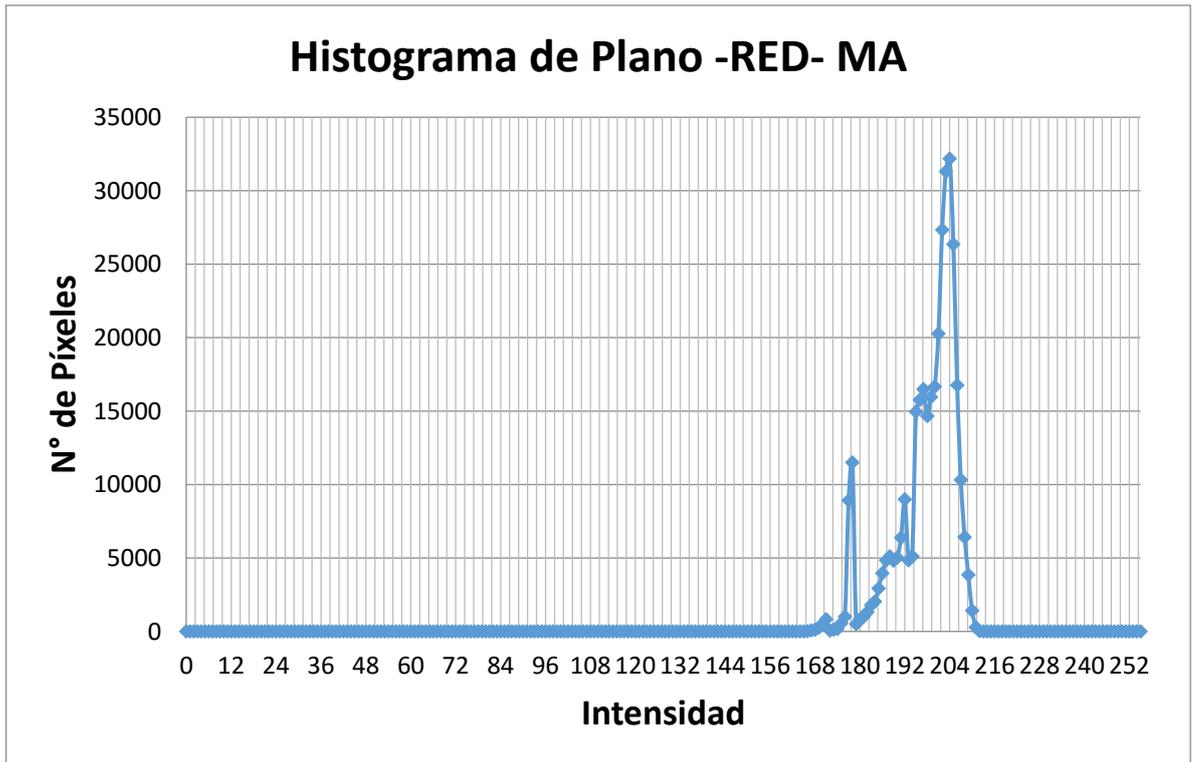


Figura 40: Histograma de plano rojo (R) para imagen de MA –Plano escogido

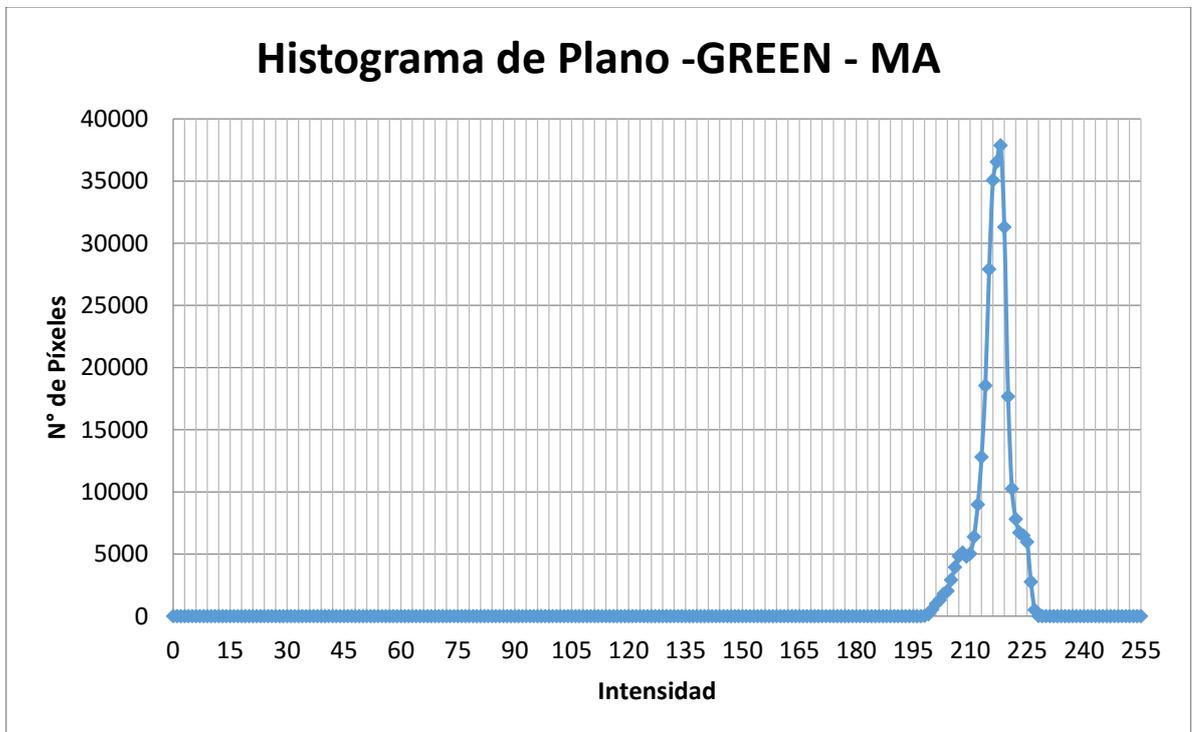


Figura 41: Histograma de plano verde (G) para imagen de MA.

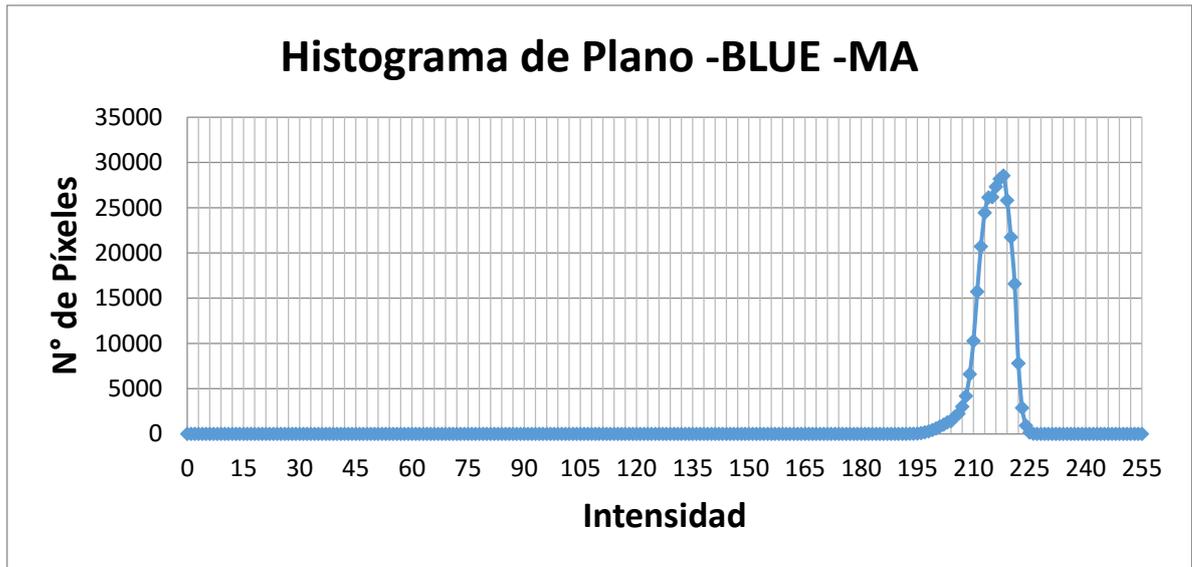


Figura 42: Histograma de plano azul (B) para imagen de MA.

De las gráficas 40 ,41 y 42 obtenidas del histograma de la imagen analizada de MA se decidió optar por trabajar con el plano rojo (Figura 40), debido a que el rango de intensidad de cada pixel comprendido entre 167-194 nos permitió parametrizar un rango detección definido para el caso de manchas comunes

4.2.3 Manchas de puntadas erróneas (PE)

Luego de haber concluido el segundo proceso de identificación de (MA), El proceso de PE se inició con la adquisición de imágenes configurada de la misma manera que en los casos anteriores, paso siguiente se procedió a utilizar la librería *IMAQ ColorBCGLookup*, se procedió a dar valores fijos de brillo, contraste y gama a los tres planos de la imagen en modo RGB, posteriormente se utilizó la librería *ExtractSingleColorPlane*, el cual permitió extraer el plano color verde (Green), obteniendo una imagen en escala de grises (8bits), luego se continuó con utilizar la librería *IMAQ LocalThreshold*, acá se configuró la opción de objetos oscuros (*dark objects*), la cual busca objetos en la imagen representada por los píxeles con valores menores que el valor calculado por el método de umbral, luego se procedió a usar la librería *IMAQ Morphology*, la cual permitió configurar un arreglo 9x9 (Ver

Anexo 3), con valores binarios asignándole valores(=1) en la primera columna (ver Figura 43) la cual nos permitió identificar el tipo de error vertical por la corrida; luego se procedió a utilizar la librería *IMAQ RemoveParticle* la cual permitió filtrar las partículas de la pequeña imagen y aislar solo el defecto, paso siguiente se utilizó el *IMAQ ParticleFilter*, la cual nos permitió filtrar las partículas que se hayan quedado en la muestra y finalmente, se procedió a utilizar el *IMAQ Equalize*, la cual hace la conversión de color blanco dándole un valor fijo (255) (ver Figura 44). Posteriormente al concluir con este proceso se procedió con el conteo de las manchas de puntadas erróneas identificadas que se mostraron mediante un indicador, caso contrario si no hubiese ninguna PE, el proceso vuelve a iniciar con la identificación de defectos, hasta identificar el defecto en la tela.

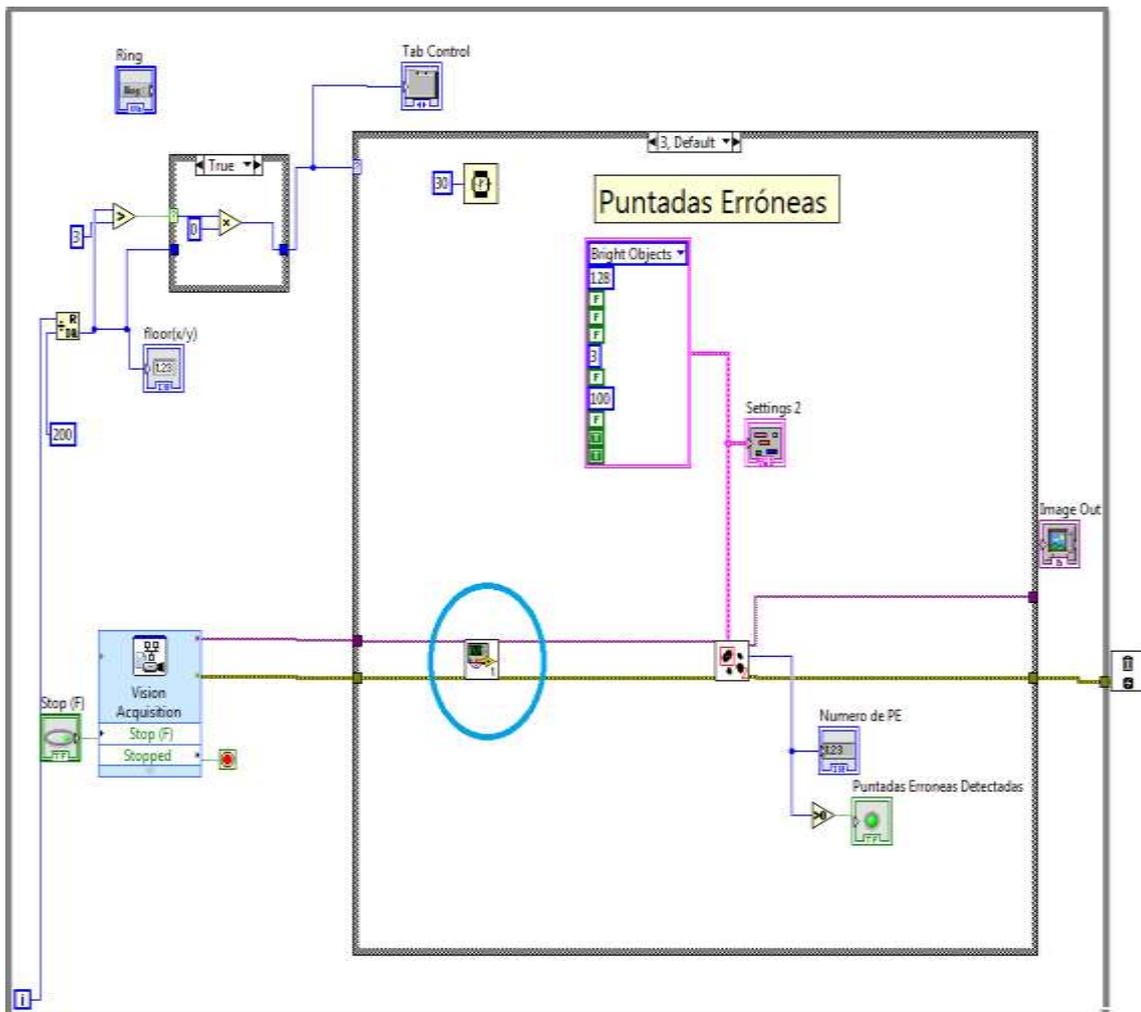


Figura 43: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas.

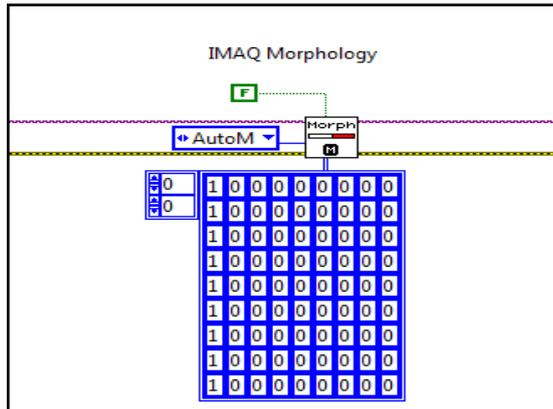


Figura 44: Imagen del IMAQ Morphology- configuración de arreglo 9X9.

A continuación, se describe el proceso de la secuencia de la librería Vision Assistant VI la cual se encuentra encapsulada y representada por un visor de imagen que se encuentra de color azul, esto permitirá observar la secuencia del proceso al interno.

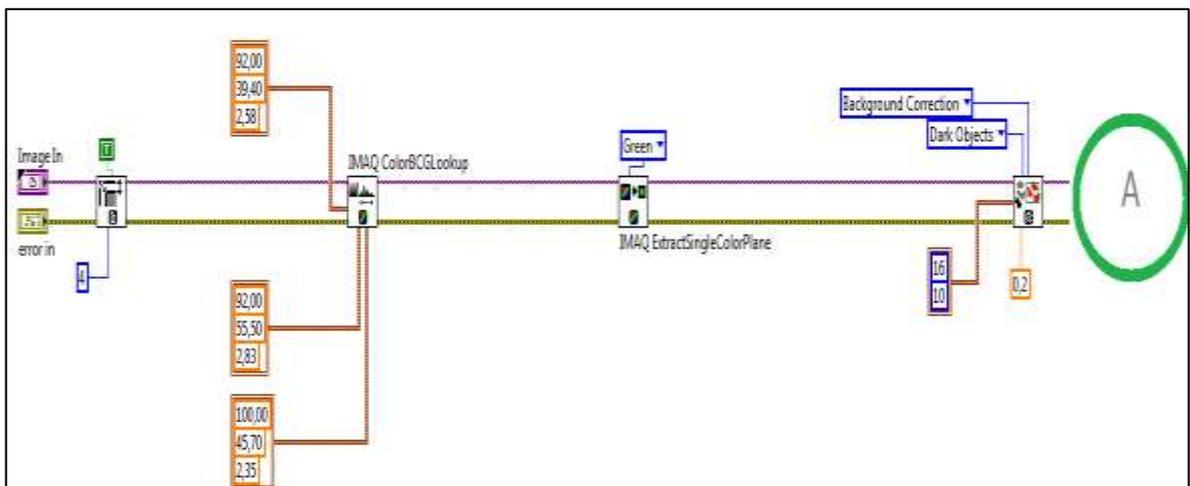


Figura 45: Ventana de diagrama de bloques del LabView-Puntadas Erróneas Parte A.

En la Figura 45 se describe el siguiente proceso, mediante la utilización de la librería IMAQ ColorBCGLookup se procede a dar valores fijos de brillo, contraste y gama a los tres planos de la imagen en modo RGB, posteriormente utilizando la librería ExtractSingleColorPlane se extrae el plano color verde (Green) obteniendo una imagen en escala de grises (8bits), luego continuamos con la librería IMAQ LocalThreshold acá se configurara en la opción de objetos oscuros (dark objects) la cual busca objetos en la imagen representada por los píxeles con valores menores que el valor calculado por el método de umbral.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El presente capítulo tiene por finalidad exponer los resultados obtenidos con las muestras de telas de MC, MA y PE y así poder validar el funcionamiento de los algoritmos descritos en el capítulo 4 de la presente investigación, de igual manera permitirá exponer los inconvenientes y las dificultades presentadas durante el proceso de toma de resultados.

5.1 Implementación con telas reales

A continuación, se exponen los resultados de la detección con telas reales para cada tipo de defecto.

5.2 Toma de muestras

Las imágenes de las muestras de telas reales examinadas en el presente capítulo corresponden a telas poliéster y están categorizadas según el porcentaje de algodón que lleva el tejido, obtenidas por rollos de mercados especializados en telas en el centro de Lima.

El grupo de imágenes inicialmente fueron tomadas con una cámara digital de marca HTC, modelo HTC-one S, en formato de compresión JPEG y a dimensiones de 3264x1840. Las cuales se muestran a continuación en las Figura 48, Figura 49, Figura 50 Figura 51.



Muestra de Mancha Común –manchas oscuras. / Cantidad: 07 objetos

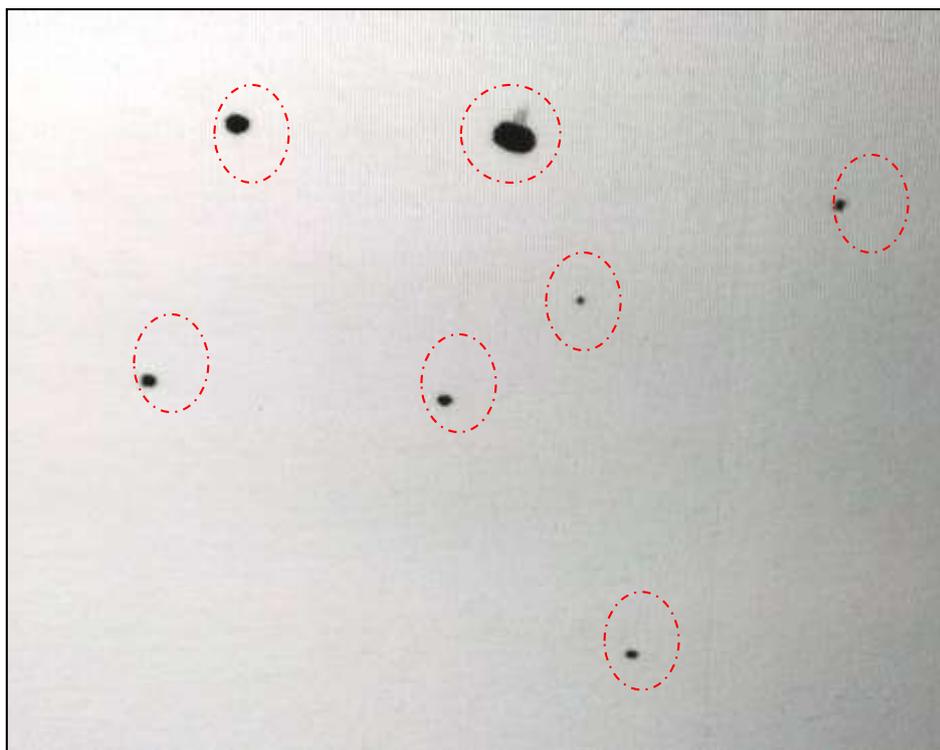


Figura 49: Muestra de tela con MC

Muestra de Mancha de Aceite

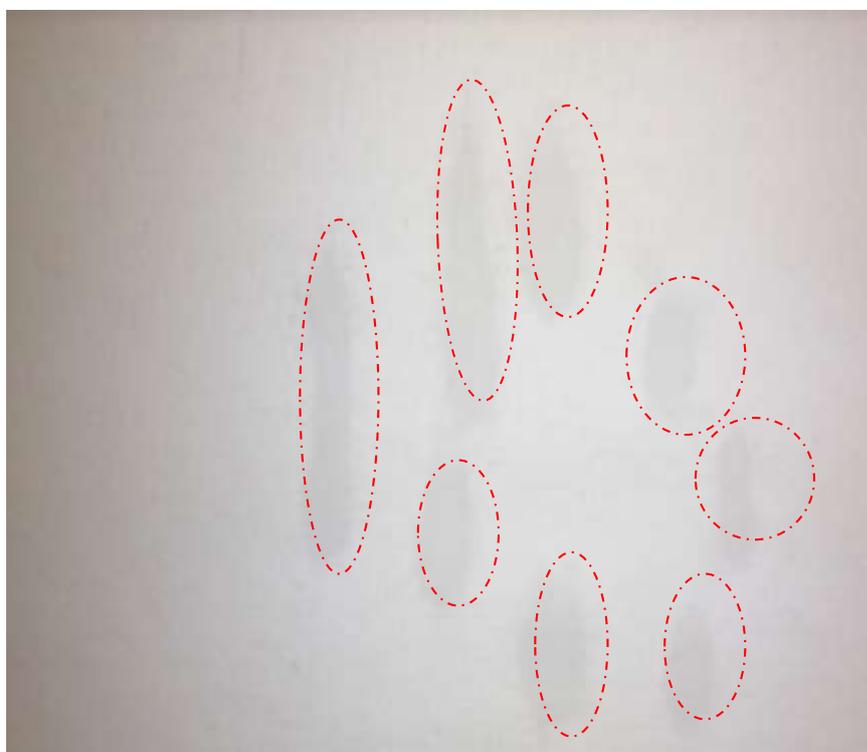
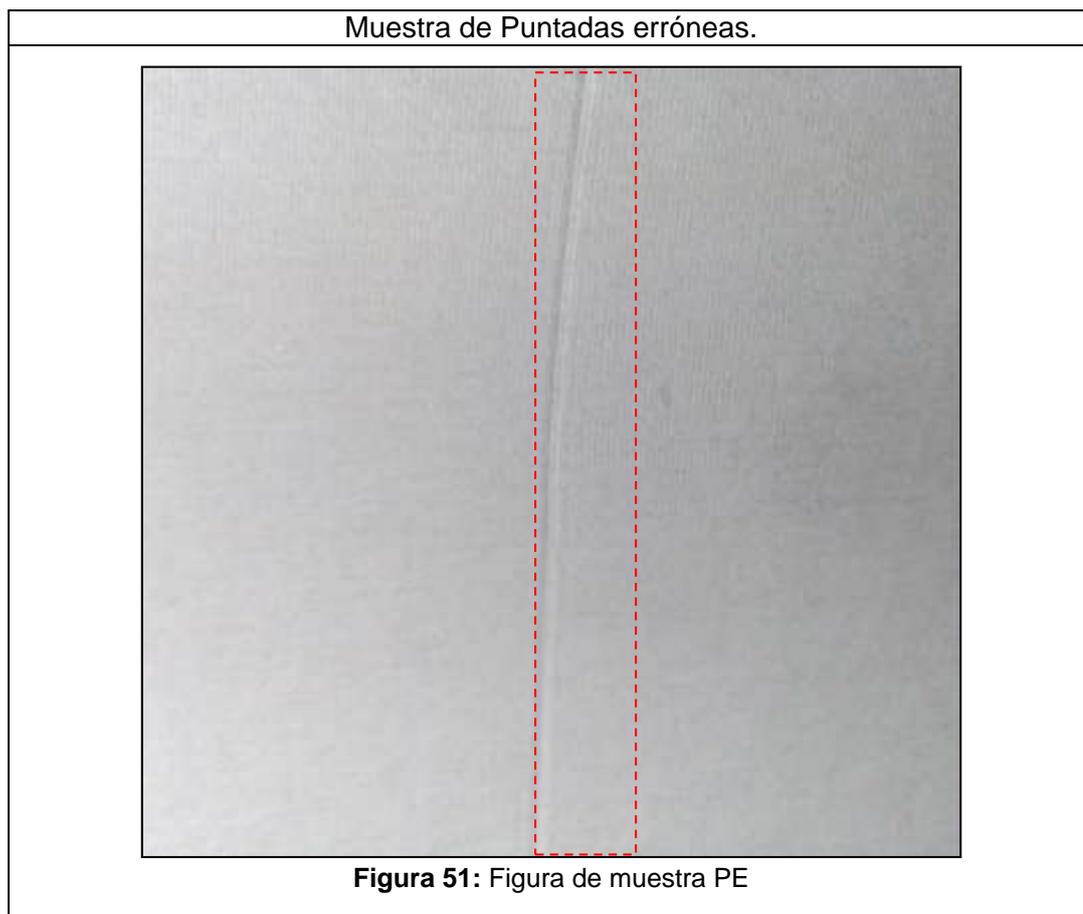


Figura 50: Muestra de tela con MA



Para simular los defectos en estas telas se elabora un módulo de pruebas a pequeña escala con la finalidad de obtener resultados más precisos tal y como se observa en la (Figura 52 y 53), para esto se usó una cámara webcam marca HALION modelo Ha177 de 8 mega píxeles, se colocó a los lados del módulo 02 fluorescentes de modelo MNF5-8W con potencia de 8W cada uno ubicados uno al frente del otro con el objetivo de tener la iluminación más adecuada al momento de realizar las pruebas, de igual manera se colocó un fondo negro de cartulina con el objetivo de hacer más resaltantes los defectos en contraste con la tela y hacer más sencilla la selección de parámetros. A continuación, se observa las figuras de lo ya mencionado.



Figura 52: Módulo de Pruebas a pequeña escala–Vista superior

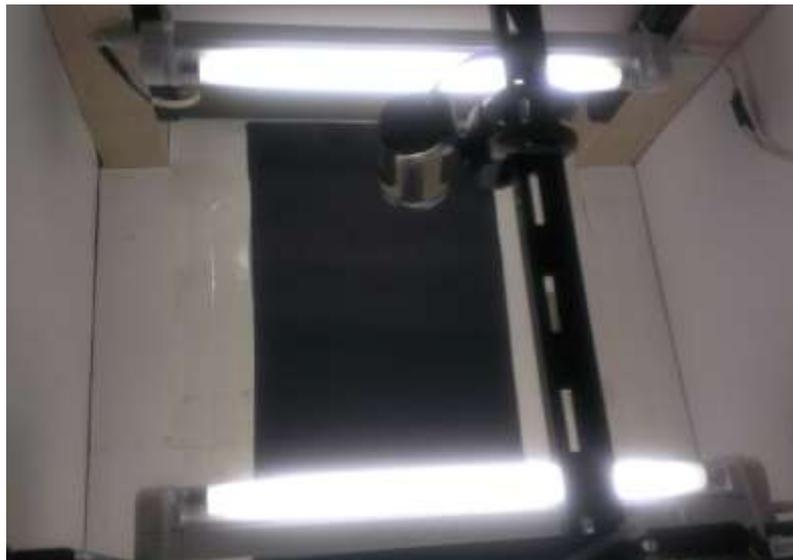


Figura 53: Módulo de Pruebas a pequeña escala–Vista superior con iluminación

5.3 Resultados

5.3.1 Detección de defectos Manchas Comunes.

Con respecto a la detección de manchas comunes según lo descrito en la ventana diagrama de bloques de MC descrito en la sección 4.2.1, se muestra en la parte inferior según Figura 54, la simulación del algoritmo en Labview con la adquisición de la imagen real con muestra de Mancha común

realizado a una tela con un tamaño de imagen de 680x480 píxeles, a continuación en la Figura 55 se muestra la imagen procesada en modo RGB, para lograr esto se realizó la extracción del plano verde (Green), obteniendo una imagen en escala de grises (8bits), cada pixel de esta imagen tiene un valor que está comprendido entre 0 y 255 (debido a que cada pixel tiene 8 bits de resolución), posteriormente, para resaltar las manchas en la imagen se realizó un intercambio de valores, los pixeles que tengan un rango de valores entre 0 -195 (Ver tabla 5 y anexo 1) fueron reemplazados por 255 (que corresponde al color blanco), los pixeles fuera de este rango fueron reemplazados por 0 (cero que representa al color negro), la imagen resultante fue monocromática, que mostró las manchas en color blanco y el resto de la tela en negro, dando como resultado final que el número total de MC detectadas es igual a 7 tal y como se observa en Figura 55.

Todos estos parámetros fijos fueron obtenidos luego de realizar 18 pruebas experimentales con la muestra de tela. (Ver Anexo 1)

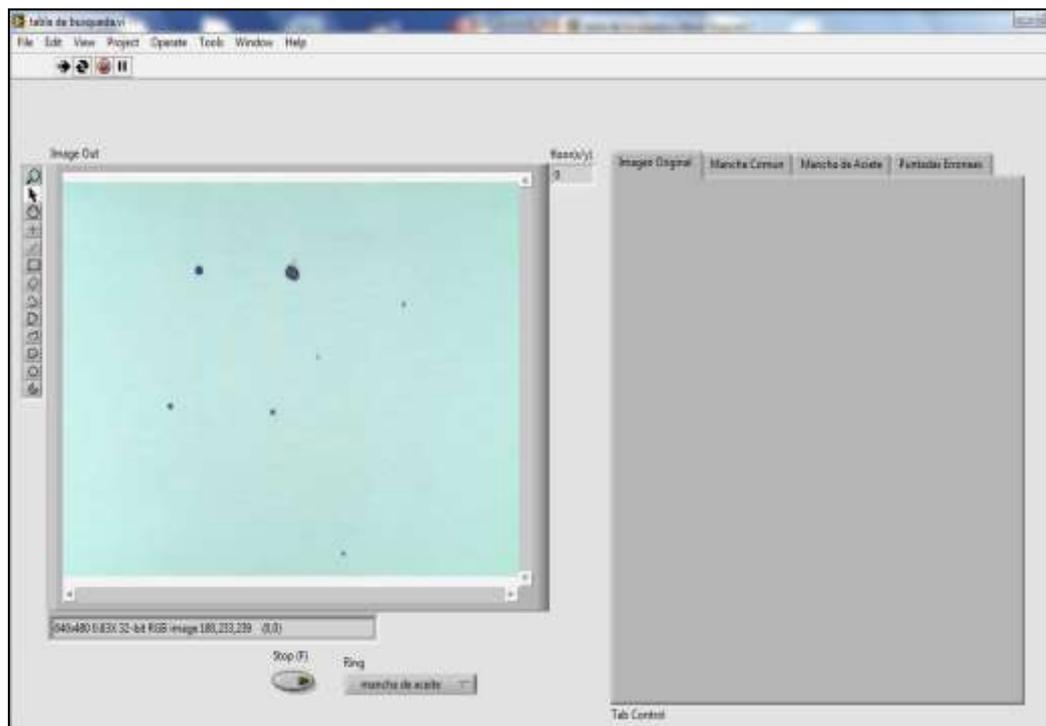


Figura 54: Adquisición de Imagen Real con el labview-MC

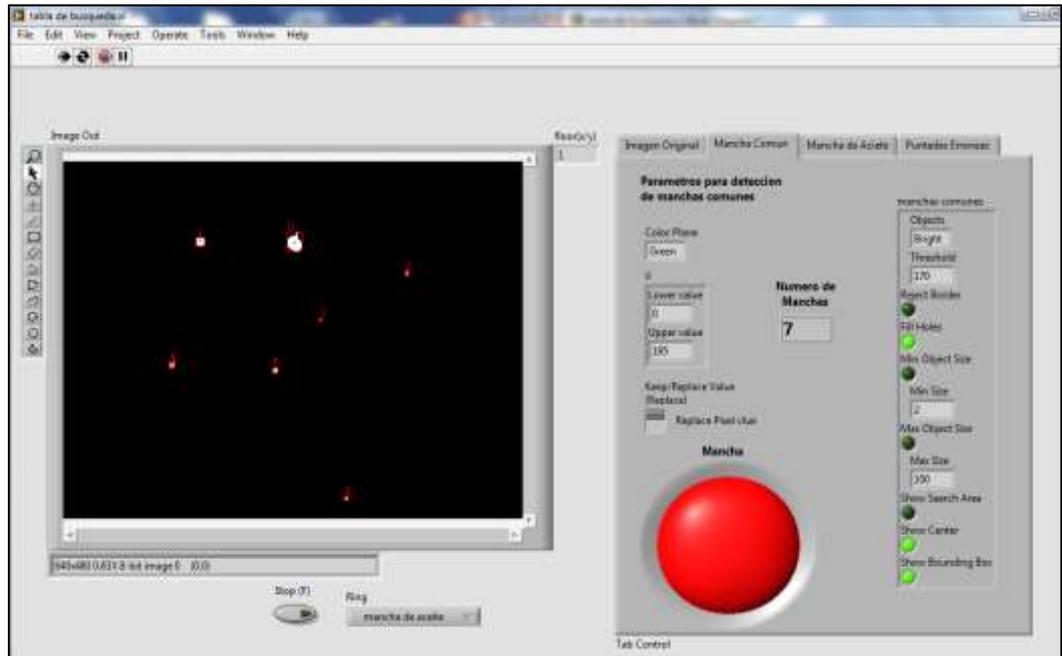


Figura 55: Simulación de Imagen procesada MC

5.3.2 Detección de Defectos en Mancha de aceite.

Con respecto a la detección de manchas de aceite según lo descrito en la ventana del diagrama de bloques de MA en la sección 4.2.2, en la Figura 56 que se muestra en la parte inferior se observa la simulación del algoritmo en Labview con la adquisición de la imagen real con la muestra de Mancha de Aceite realizado a una tela con un tamaño de imagen 680x480 píxeles, a continuación en la Figura 57 se muestra la imagen procesada en modo RGB donde se observa el número de manchas identificadas (08 manchas detectadas), para llegar a esto se dieron valores fijos de brillo, contraste y gama a los tres planos de la imagen en modo RGB, esto mediante el IMAQ ColorBCGLookup VI, posteriormente se asignó un rango de valores a reemplazar 167-194 (Ver Tabla 6 y Anexo 2), todos los pixeles que se encuentran dentro del rango mencionado fueron reemplazados por el valor numérico de 255 (color blanco), lo que produjo que las manchas de aceite se vean resaltadas de color blanco y el resto de tela que no se encuentra dentro del rango establecido fueron resaltadas de color negro con un valor de (0), dando como resultado final que el número total de MA detectadas es

igual a 8, tal como se muestra en la Figura 57. Todos estos parámetros fijos fueron obtenidos luego de realizar 17 pruebas experimentales con la muestra de tela. (Ver Anexo 2).



Figura 56: Adquisición de Imagen Real con el labview-MA

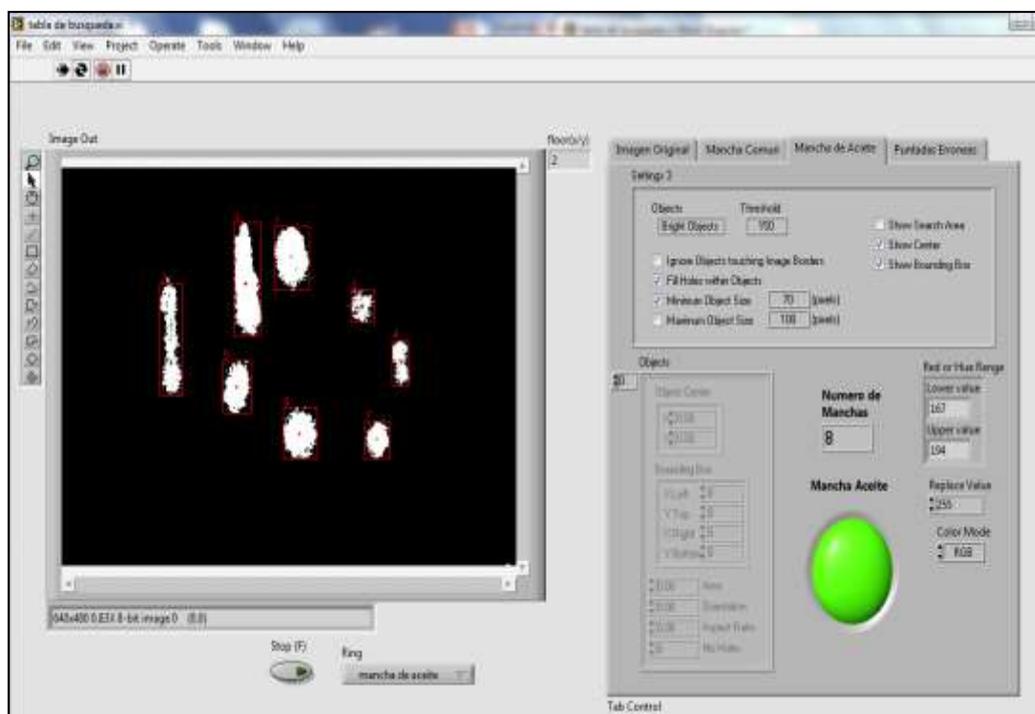


Figura 57: Simulación de Imagen procesada MA

5.3.3 Detección de defectos en Puntadas erróneas.

Con respecto a la detección de puntadas erróneas, según lo descrito en el diagrama de bloques de PE descrito en la sección 4.2.3, en la Figura 58, que se muestra en la parte inferior se observa la simulación del algoritmo en Labview con la adquisición de imágenes configurada de la misma manera que en los casos anteriores, a continuación en la Figura 59 se muestra la imagen procesada en modo RGB donde se observa el número de puntadas erróneas identificadas (01 P.E detectada), para llegar a esto se dieron valores fijos de brillo, contraste y gama a los tres planos de la imagen en modo RGB, esto mediante el IMAQ *ColorBCGLookup* VI, con esto se logra diferenciar mejor dichas puntadas, posteriormente se extrajo el plano Green esto mediante IMAQ *ExtractSingleColorPlane*, y se configuró la detección de objetos oscuros (*Dark Objects*) con la finalidad de resaltar la puntada errónea, el cual busca objetos en la imagen representada por la correlación entre la imagen de fondo (background) y alguna posible falla en la tela mediante el IMAQ *Local Threshold* VI, posteriormente a lo mencionado se configuró un arreglo 9X9 con valores binarios, dando valores (1) en la primera columna de tal manera que se resalte únicamente los defectos verticales que puedan existir en la muestra que para este es la P.E, finalizado este paso se configuró la opción de un filtro para remover las partículas pequeñas y aislar solamente el defecto a identificar, en el siguiente paso se realizó una dilatación de la muestra para que pueda ser más visible, a continuación se vuelve a filtrar las partículas que hayan quedado en la muestra utilizando el IMAQ *Particle Filter 3* VI, por último se realizó la conversión del patrón a color blanco dándole un valor fijo de 255, dando como resultado final que el número total de PE detectadas es igual a 1. Todos estos parámetros fijos fueron obtenidos luego de realizar pruebas experimentales con la muestra de tela (Ver Anexo 3).

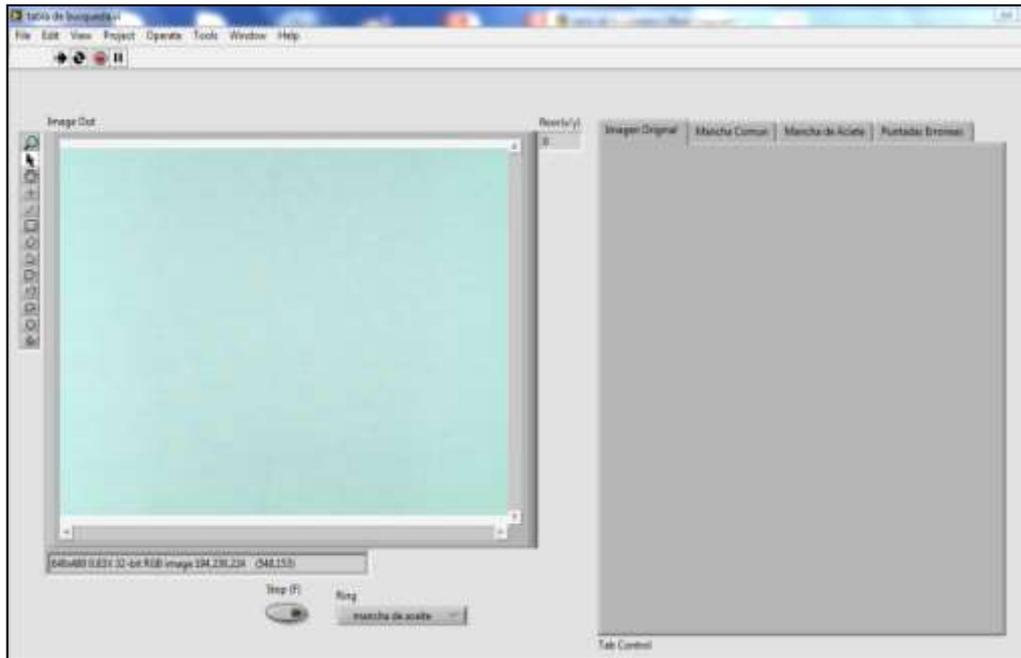


Figura 58: Adquisición de Imagen Real con el Labview

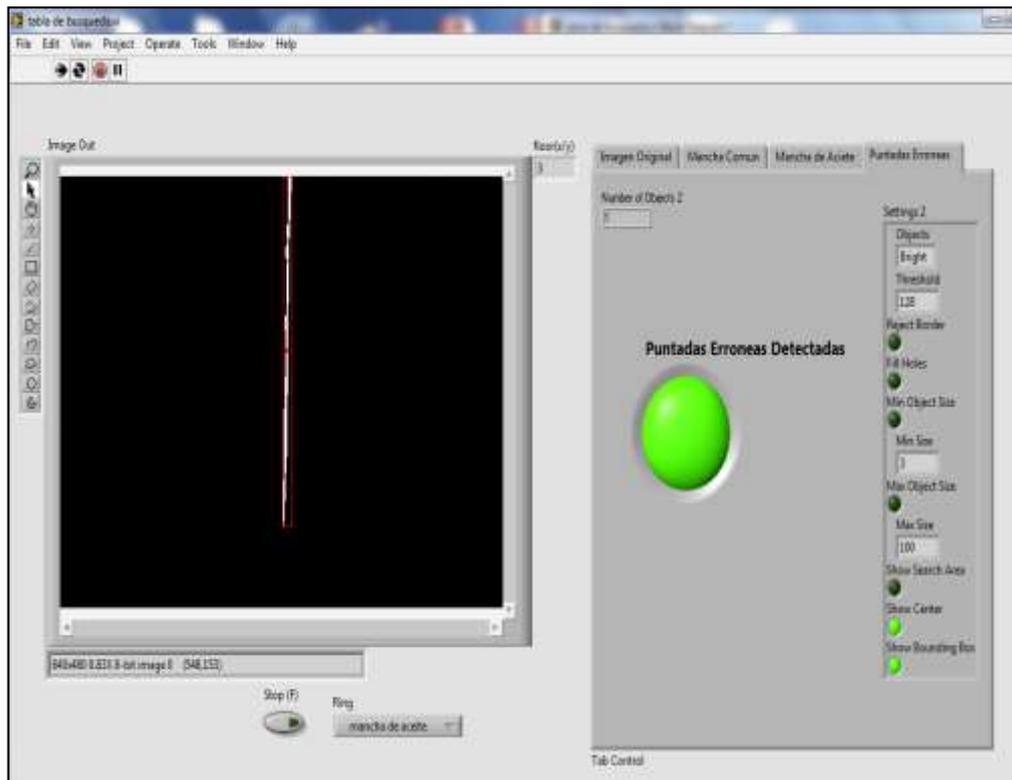


Figura 59: Simulación de Imagen procesada P.E

CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos, se concluye que si es posible la detección de defectos mediante las técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas en la presente investigación.
2. Se mostró en la Figura 55 que la técnica de procesamiento de imágenes empleada, presenta resultados aceptables al 100%, esto se validó con el análisis del histograma realizado a la imagen de MC (Figura 54), dando como resultado del análisis la elección del plano de color verde y obteniendo, a partir de ello el rango de valores de intensidad de detección para manchas comunes de 0-195 (ver Tabla 5 y Anexo1), por lo que su uso es adecuado para detectar defectos de manchas que son muy resaltantes (manchas oscuras).
3. Se comprobó que el rango de valores asignados para el procesamiento de la imagen empleada presenta un resultado aceptable del 100%, esto se validó con el análisis del histograma realizado a la imagen de MA (Figura 56), dando como resultado del análisis la elección del plano de color rojo y obteniendo a partir de ello un rango de valores de intensidad de detección para manchas de aceite de 0-195 (ver Tabla 6 y Anexo1) sin embargo, su uso, solo es adecuado para detectar defectos de manchas de aceites.
4. Se comprobó en la Figura 58 que la técnica de procesamiento de imagen empleada presenta un resultado del 90% (ver Anexo 3) de detección de defectos, siendo la muestra de P.E la de mayor dificultad al momento de la identificación de fallas, sin embargo, su uso, solo es adecuado para detectar defectos de puntadas erróneas.

5. Según los resultados obtenidos, se concluye que, fue posible la detección de defectos mediante las técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas en el software Labview, en la presente investigación.
6. Se comprobó que el usar las librerías del Vission Express para la presente investigación resultó fundamental para el procesamiento de imágenes con adquisición en tiempo real.
7. Se comprobó que los datos exportados en Excel del histograma de la imagen original, permitió definir el plano a trabajar. Así como los rangos de detección (0-195 para MC y 166-194 para MA).
8. Se comprobó que el trabajar con una base de color negro para este caso una cartulina de color negro, como base del módulo de pruebas ayudó para el caso de MA y PE a resaltar mucho más los defectos.

RECOMENDACIONES

1. La iluminación afecta notablemente en el procesamiento de las imágenes, una iluminación deficiente puede ocasionar alteraciones en la toma resultados, por lo que se recomienda trabajar con luz blanca, de igual manera se recomienda realizar un módulo de pruebas a pequeña escala completamente cerrado como se muestra en la Figura (52), con la finalidad que la luz externa no interfiera en el análisis de resultado.
2. Las elecciones de los rangos de valores obtenidos (0-195 para MC y 166-194 para MA), tanto para las manchas comunes como para las manchas de aceite, fueron obtenidos luego de realizar el análisis de la extracción de los histogramas de las imágenes correspondientes a cada muestra de tela, y posteriormente luego de realizar una serie de pruebas, dando como resultado la obtención de valores fijos y constantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Tunák y A. Linka, "Directional defects in fabrics," Research Journal of Textile and Apparel, vol. Vol 12 No. 2, pp. 13–22, 2008.
- [2] M. Llirod Taberna, C. Orbegoso Moncloa, y G. Saenz Jimenez, "Análisis del sector textil algodón exportador del Perú y propuesta de implementación de una planta de hilado de algodón," ESAN, Reporte Técnico, 2003.
- [3] Álvaro Emilio Ulloa Cerna, "Diseño y comparación de métodos para la detección automática de defectos en las telas", Tesis, 2009. Universidad Católica del Perú.
- [4] Leonel Mauricio Otero Neira, "Análisis de defectos estructurales en textiles mediante procesamiento digital de imágenes", Tesis, 2009.
- [5] National Instruments.LabView User Manual Part Number 372274B-01April 2008.
- [6] National Instruments.LabVIEW Data Acquisition Basics Manual Part Number 370281U-01 June 2013.

Otras fuentes de información:

Internet:

- [7] Manual de eficiencia energética para pymes

http://www.planeficienciaenergetica.es/archivos/08_MEE_PYMES_industria_textil.pdf

- [8] Fundamentos del Procesamiento Digital de Imágenes

<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-31879>

- [9] Manual de ayuda LabView

<http://www.ni.com/pdf/manuals/322916a.pdf>

[10] Guía de Aprendizaje National Instruments / Programación con LabView

<http://www.ni.com/labview/skills-guide/esa/>

[11] Guía de Aprendizaje de software Labview

<http://www.ni.com/pdf/manuals/373427h.pdf>

[12] Aplicación de visión con LabView para la detección de frascos con turbiedades.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8103/1/Aplicacion%20de%20Vision%20con%20LabVIEW%20para%20la%20deteccion%20de%20frascos%20con%20turbiedades.pdf>

[13] Teoría de procesamiento de imágenes.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/carcedo_y_a/capitulo1.pdf

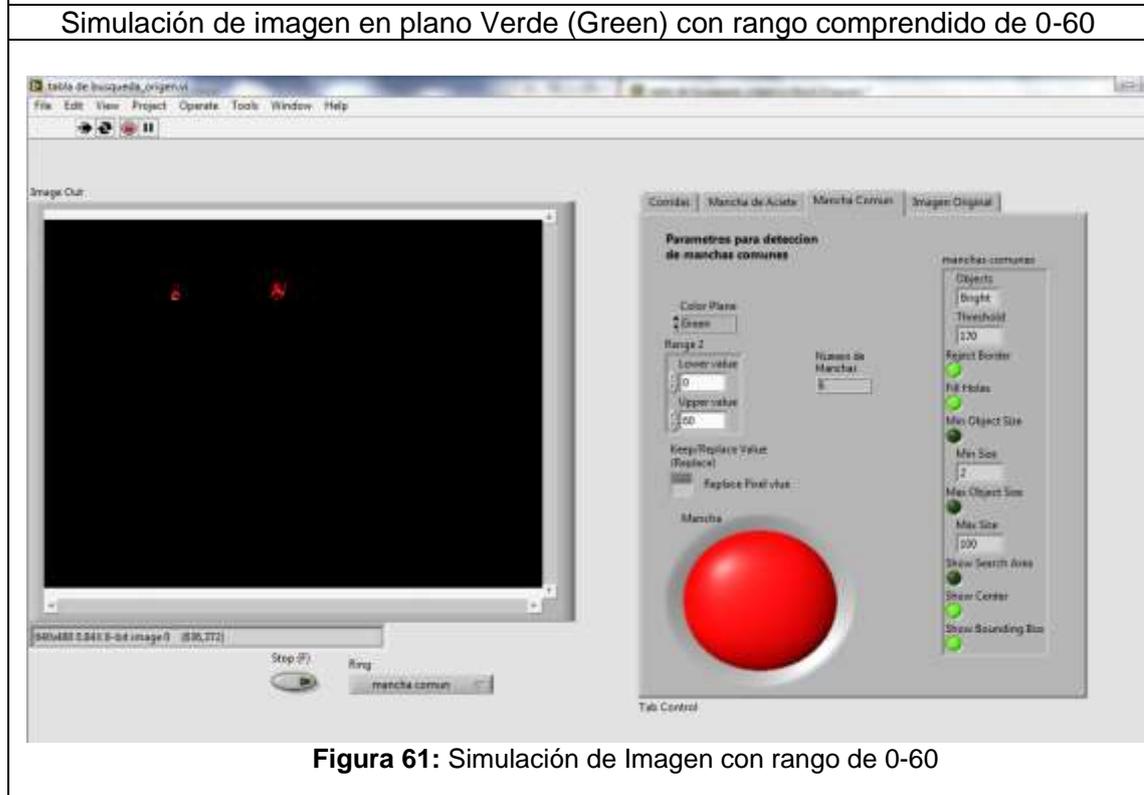
ANEXOS

Anexo 1: Tabla de datos exportados a Excel – rango de valores obtenidos para manchas comunes (MC).

Tabla 8: Tabla de datos –búsqueda de rango de valores fijos para la identificación de MC– Valores experimentales.

N° Imagen	Rango valores	Cantidad de objetos detectados	Observación	Precisión de algoritmo
1	0-30	0	No se observa ninguna MC detectada	0%
2	0-40	0	No se observa ninguna MC detectada	0%
3	0-50	0	No se observa ninguna MC detectada	0%
4	0-60	6	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	10%
5	0-70	7	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	10%
6	0-80	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	10%
7	0-90	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	10%
8	0-100	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
9	0-110	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
10	0-120	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
11	0-130	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
12	0-140	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
13	0-150	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	70%
14	0-160	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	70%
15	0-170	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	70%
16	0-180	5	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	80%
17	0-190	6	Se observa MC detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	90%
18	0-195	7	Se observa MC detectada, si corresponde a la cantidad de manchas originales	100%

A continuación, se muestran las imágenes de las simulaciones obtenidas en las pruebas experimentales realizadas a tela de MC, con la finalidad de obtener el rango de valores fijo.



Simulación de imagen en plano Verde (Green) con rango comprendido de 0-70

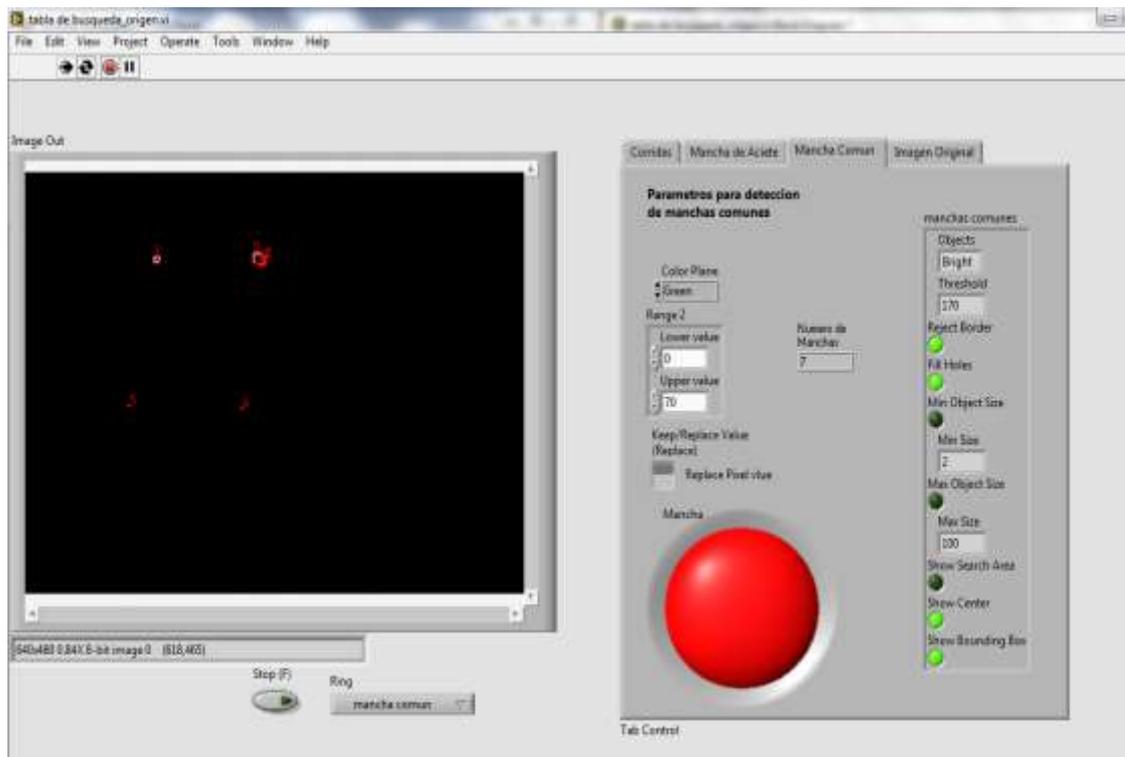


Figura 62: Simulación de Imagen con rango de 0-70

Simulación de imagen en plano Verde (Green) con rango comprendido de 0-80

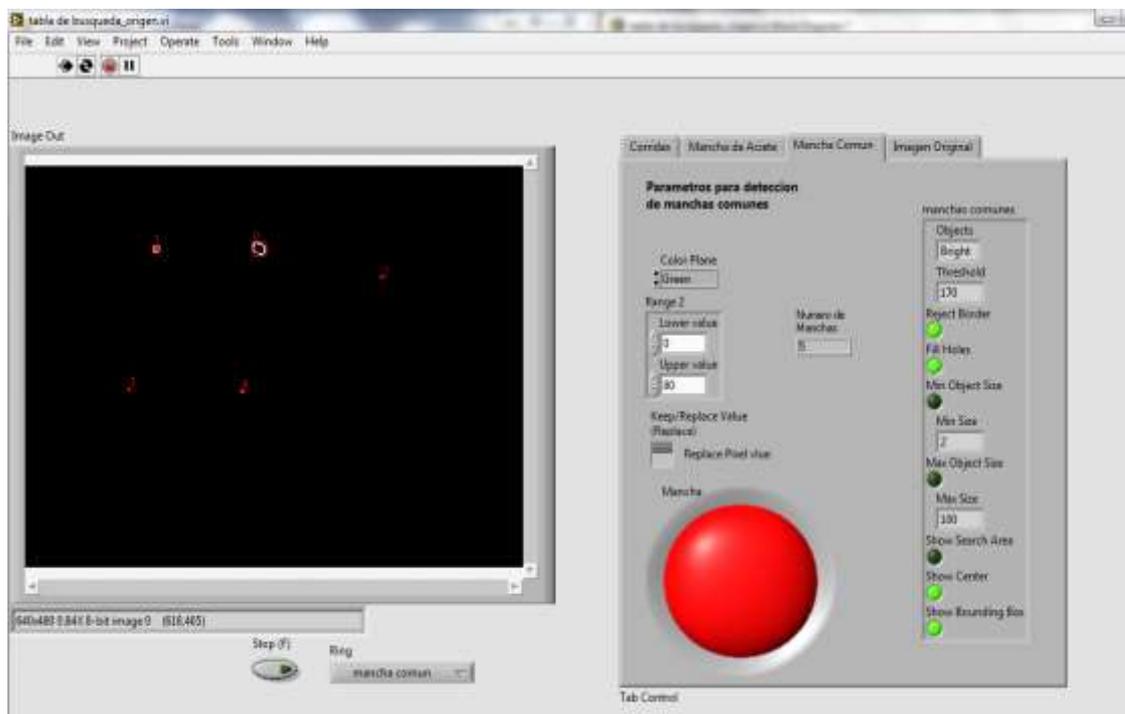


Figura 63: Simulación de Imagen con rango de 0-80

Simulación de imagen en plano Verde (Green) con rango comprendido de 0-90

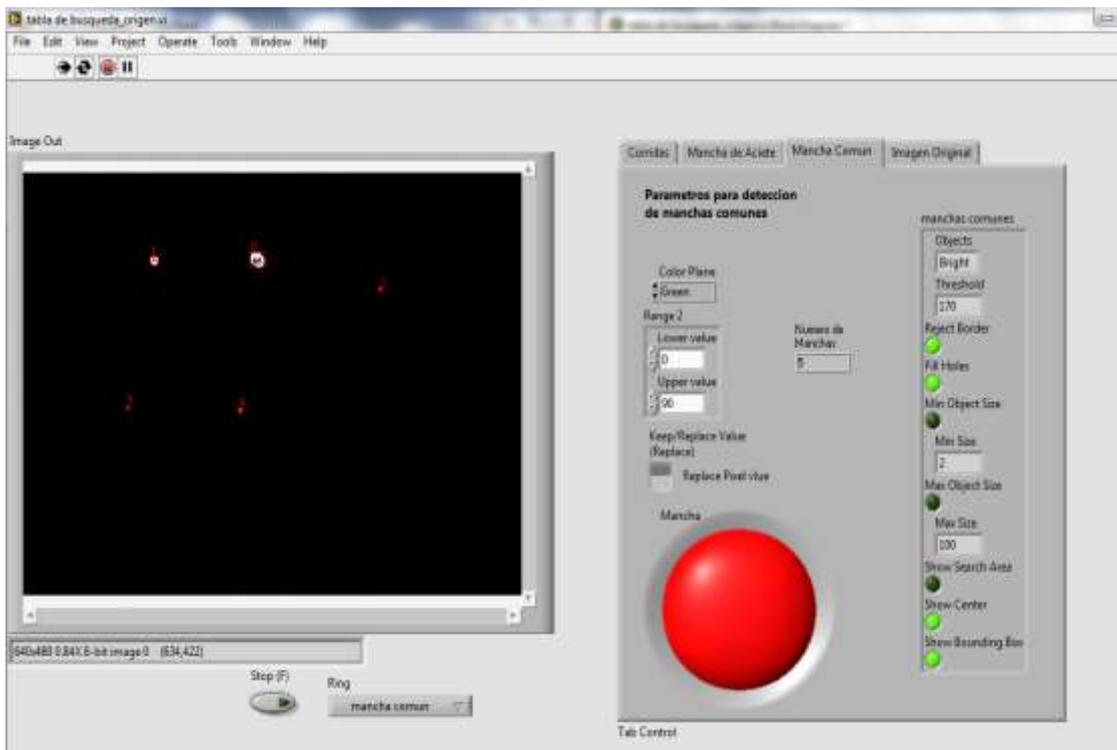


Figura 64: Simulación de Imagen con rango de 0-90

Simulación de imagen en plano Verde (Green) con rango comprendido de 0-100

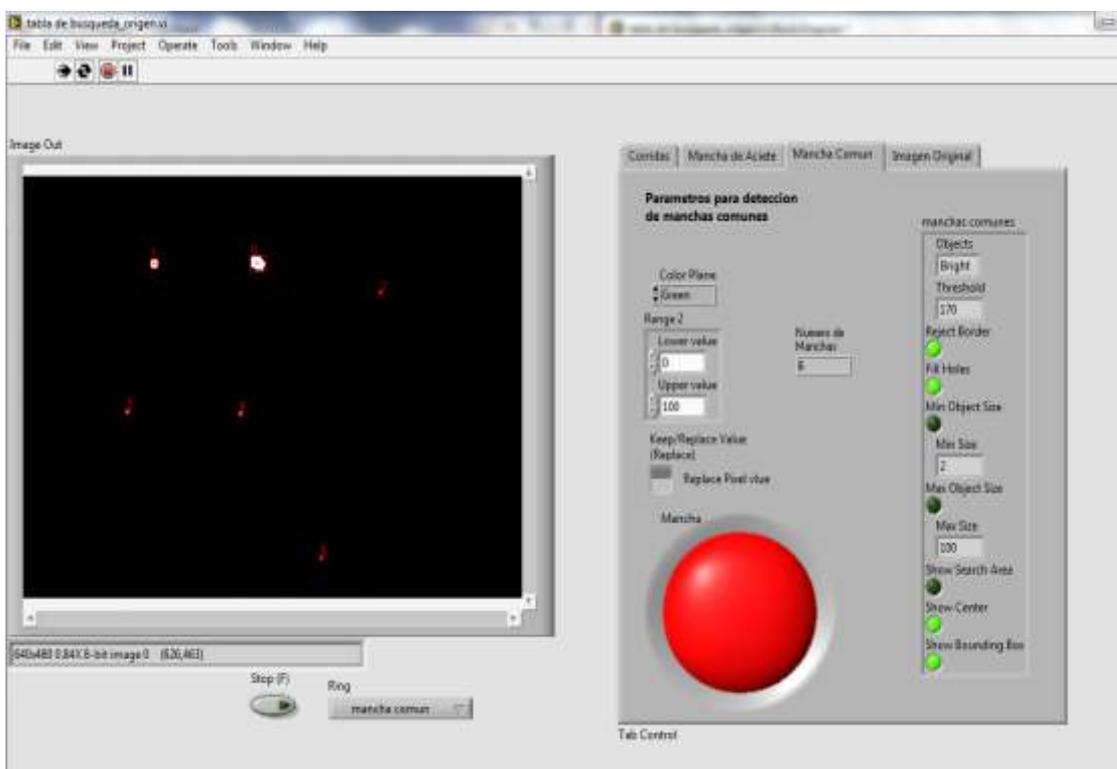


Figura 65: Simulación de Imagen con rango de 0-100

Simulación de imagen en plano Verde (Green) con rango comprendido de 0-110

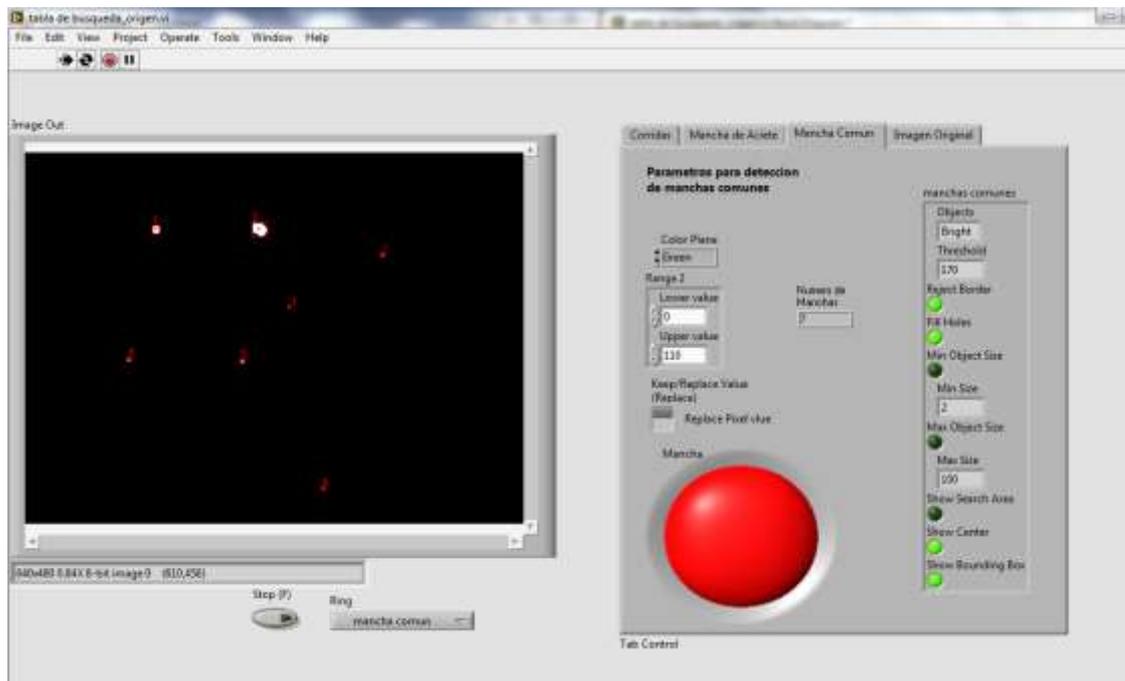


Figura 66: Simulación de Imagen con rango de 0-110

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 0-195

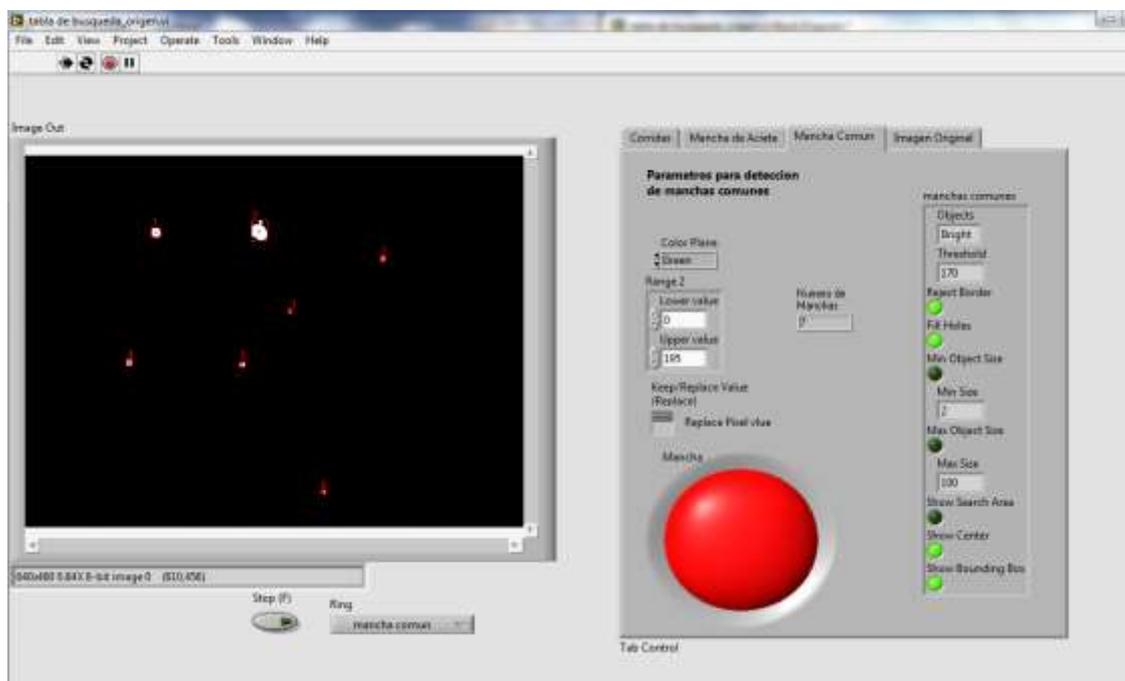


Figura 67: Simulación de Imagen con rango de 0-195

Anexo 2: Tabla de datos exportados a Excel – rango de valores obtenidos para manchas de aceite (MA).

Tabla 9: Tabla de datos –búsqueda de rango de valores fijos para la identificación de MA– Valores experimentales.

N° Imagen	Rango valores	Cantidad de objetos detectados	Observación	Precisión de algoritmo
1	0-30	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
2	0-40	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
3	0-50	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
4	0-70	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
5	0-70	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
6	30-100	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
7	50-150	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
8	90-180	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
9	120-190	0	No se observa ninguna MA detectada	0%
10	140-191	1	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	15%
11	150-192	5	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	30%
12	160-193	11	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	50%
13	163-194	15	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	70%
14	164-194	7	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	80%
15	165-194	7	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	80%
16	165-194	7	Se observa MA detectada pero no corresponde a la cantidad de manchas originales	90%
17	167-194	8	Se observa MC detectada, si corresponde a la cantidad de manchas originales	100%

A continuación, se muestran las imágenes de las simulaciones obtenidas en las pruebas experimentales realizadas a tela de MA, con la finalidad de obtener el rango de valores fijo.



Figura 68: Simulación de Imagen con rango de 0-50



Figura 69: Simulación de Imagen con rango de 0-70

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 10-70

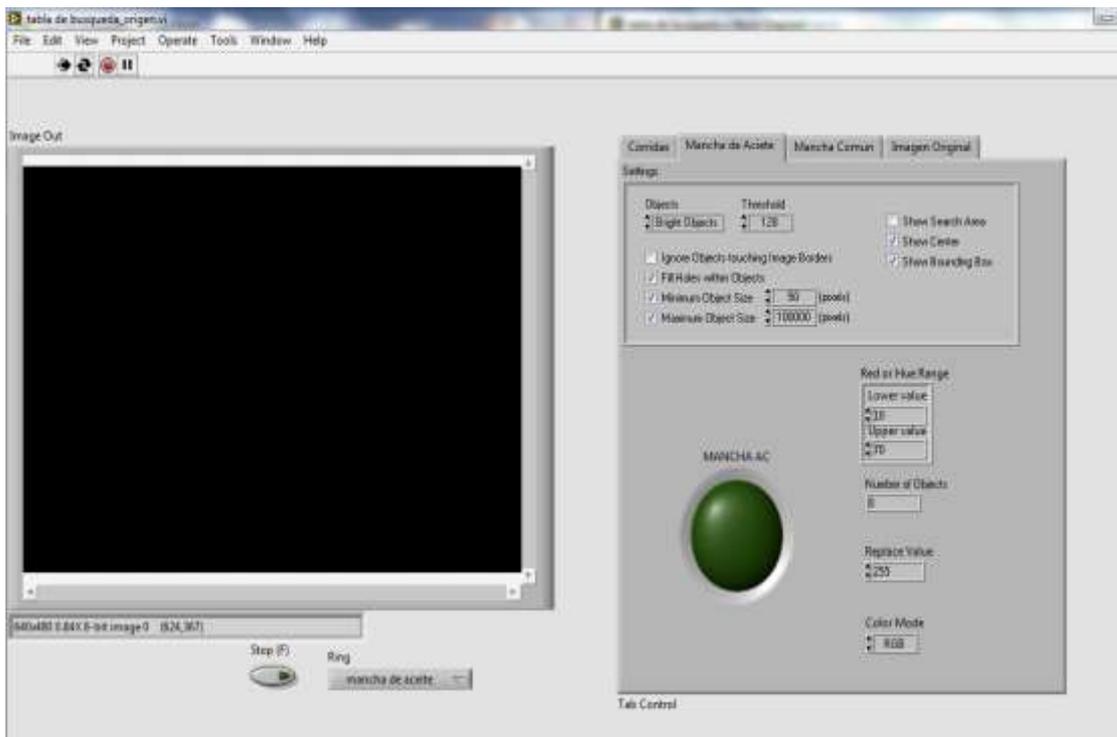


Figura 70: Simulación de Imagen con rango de 10-70

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 30-100

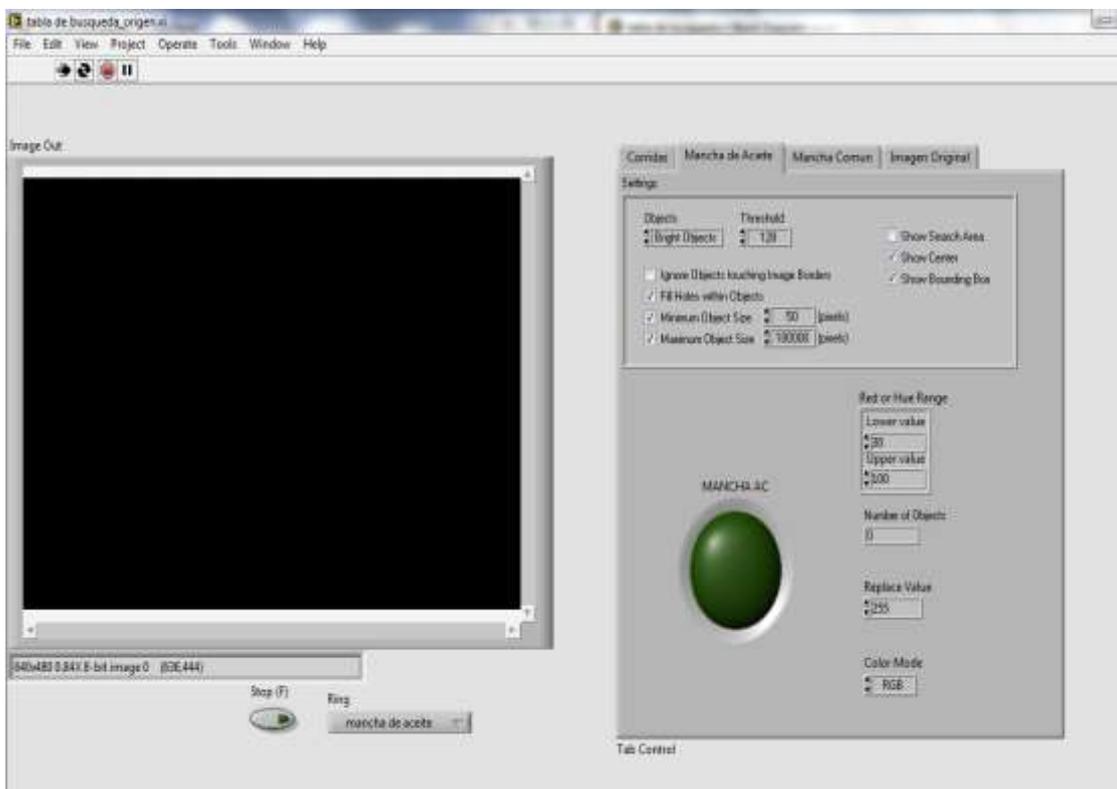


Figura 71: Simulación de Imagen con rango de 30-100

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 50-150

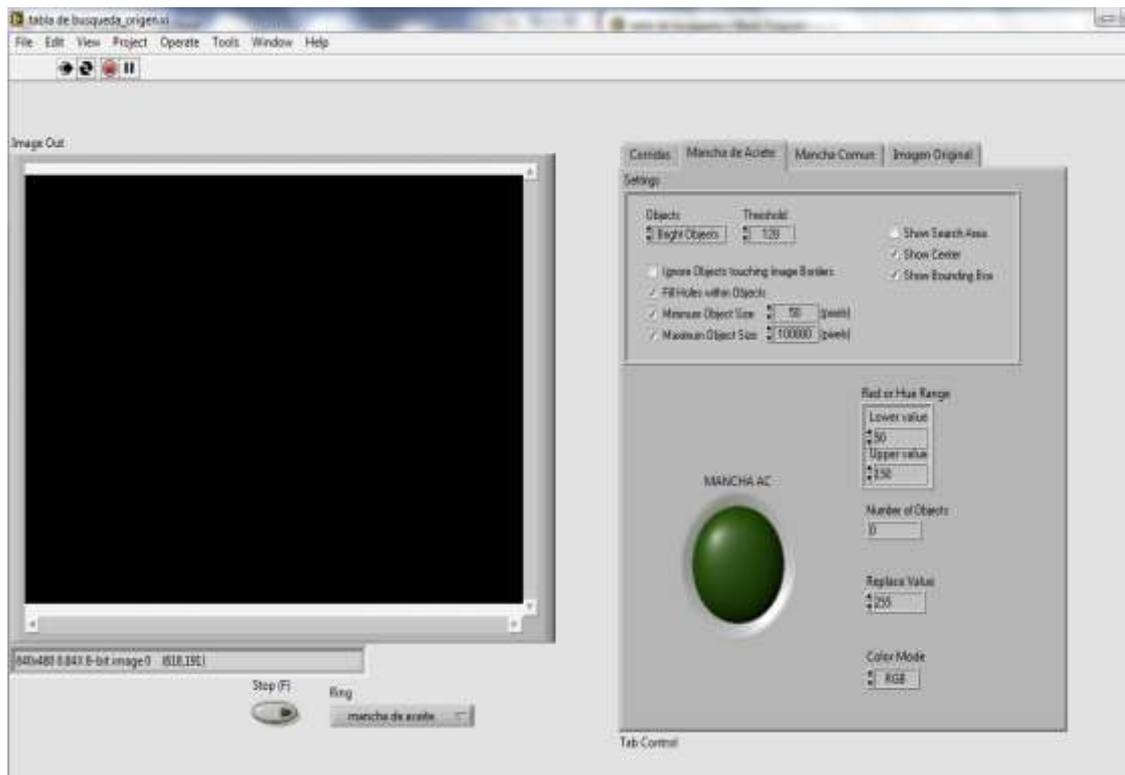


Figura 72: Simulación de Imagen con rango de 50-150

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 90-180

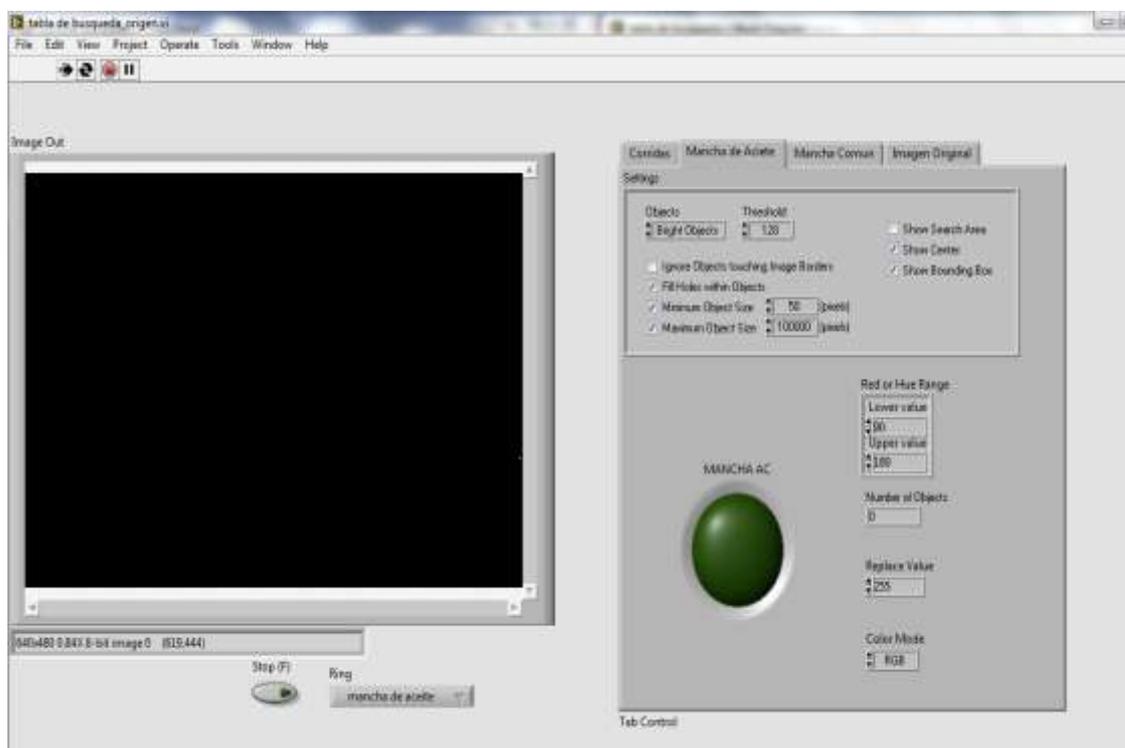


Figura 73: Simulación de Imagen con rango de 90-180

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 120-190

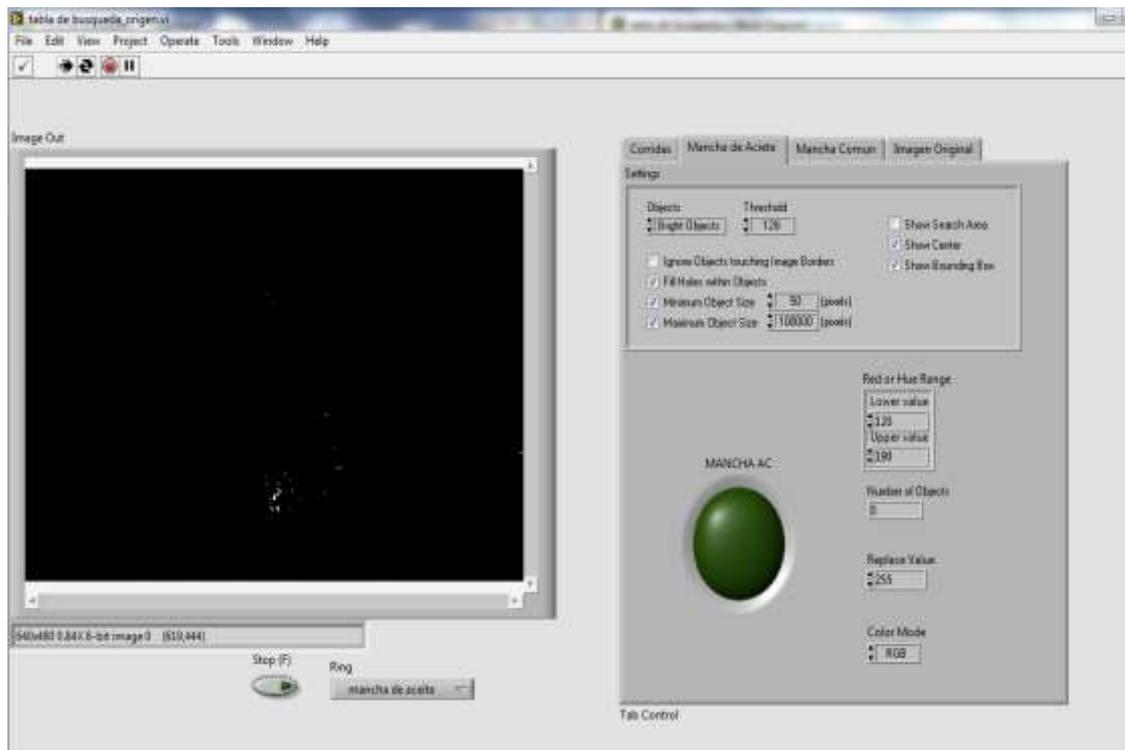


Figura 74: Simulación de Imagen con rango de 120-190

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 140-191

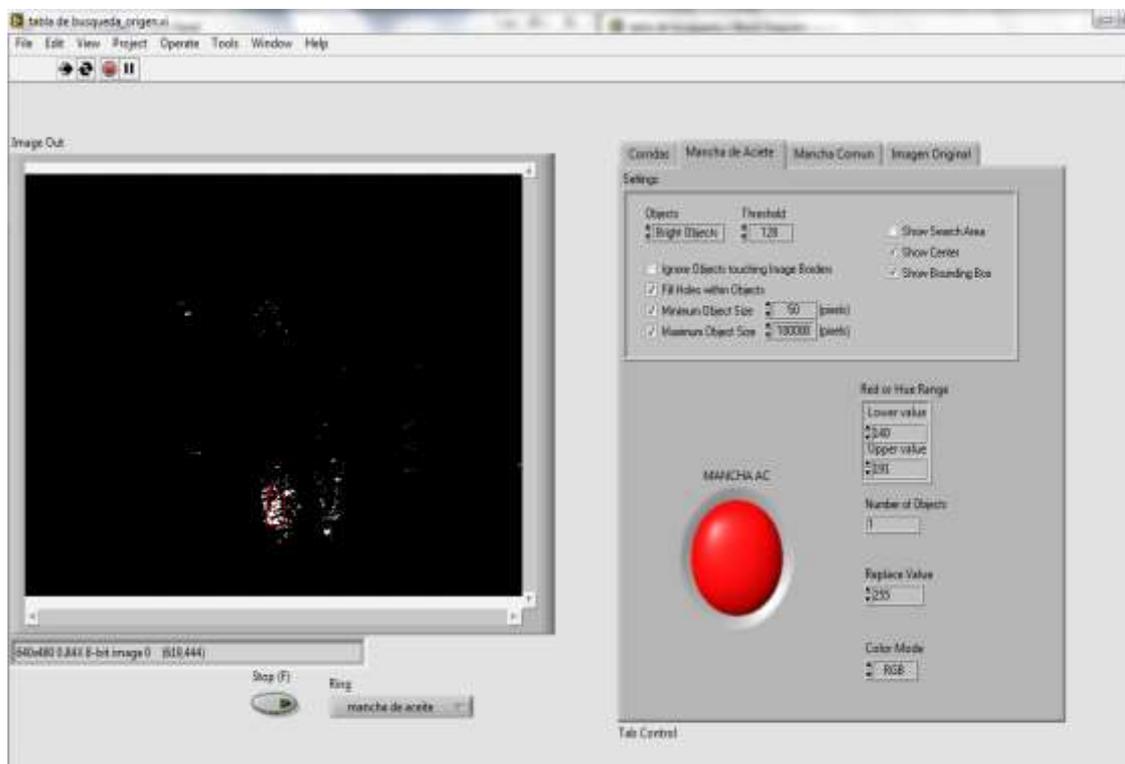


Figura 75: Simulación de Imagen con rango de 140-191

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 150-192

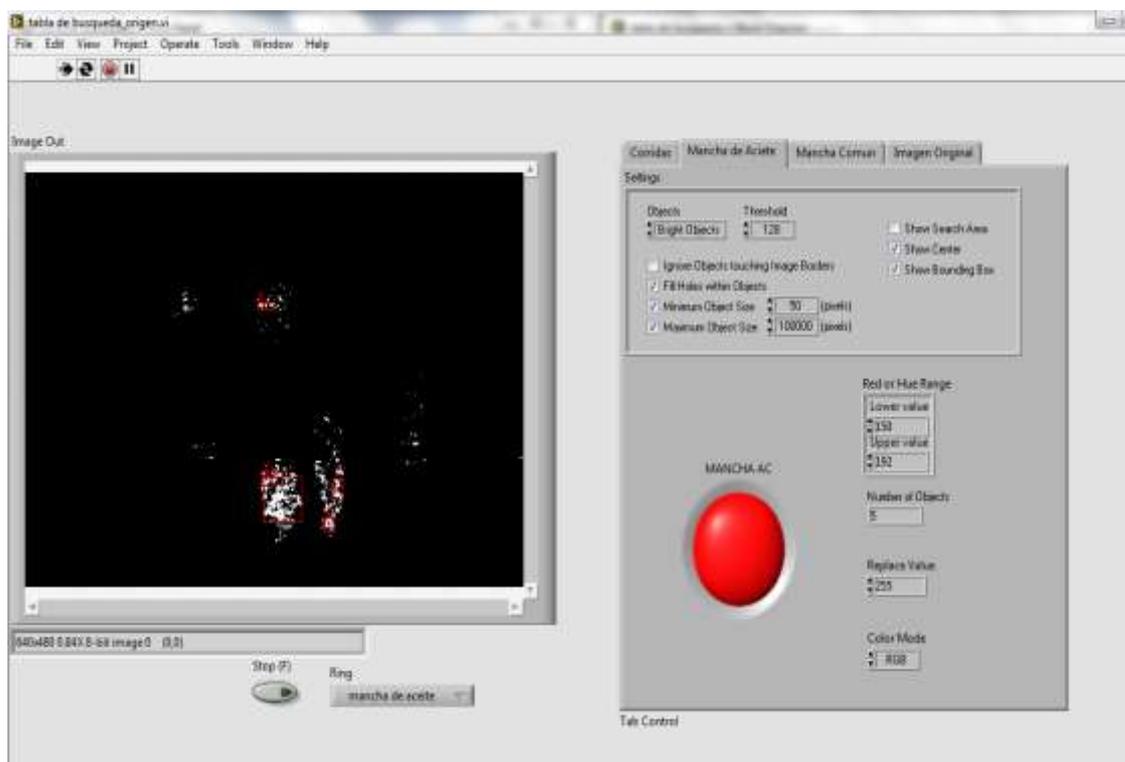


Figura 76: Simulación de Imagen con rango de 150-192

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 160-193

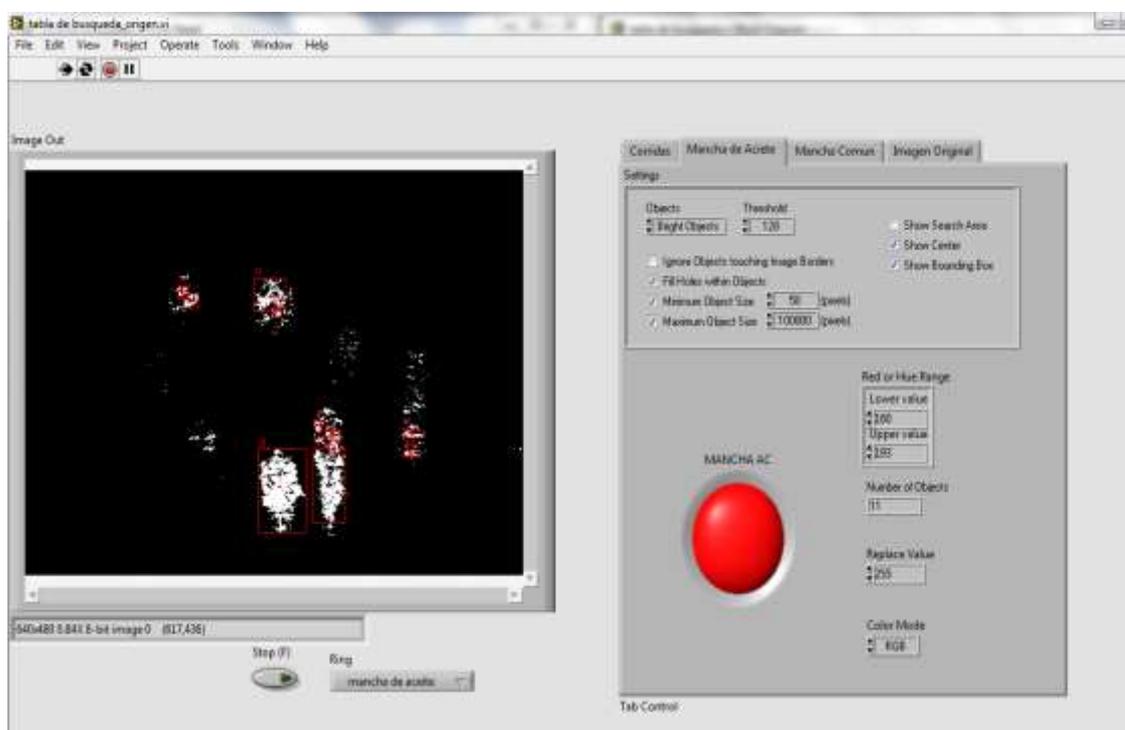


Figura 77: Simulación de Imagen con rango de 160-193

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 163-193

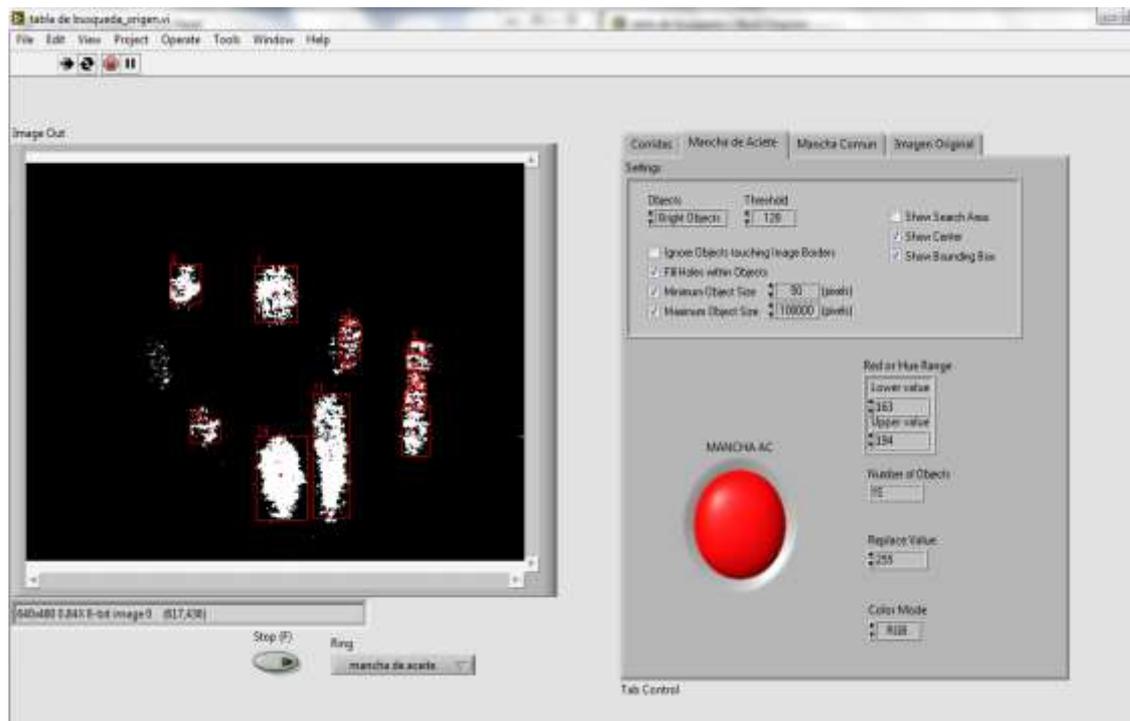


Figura 78: Simulación de Imagen con rango de 163-194

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 165-194



Figura 79: Simulación de Imagen con rango de 165-194

Simulación de imagen en plano Rojo (Red) con rango comprendido de 167-194

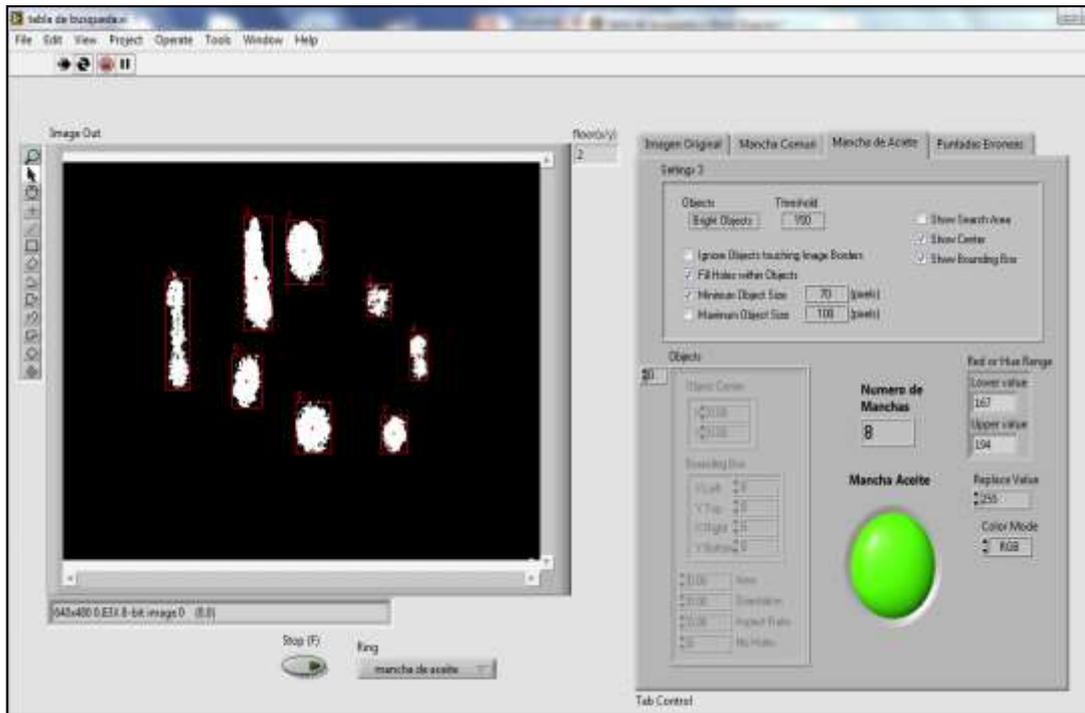


Figura 80: Simulación de Imagen con rango de 167-194

Anexo 3: Proceso de imagen en la librería Vision Assistant – arreglo obtenido para la identificación de (PE).

Arreglo 3x3 –Para identificar la detección de PE

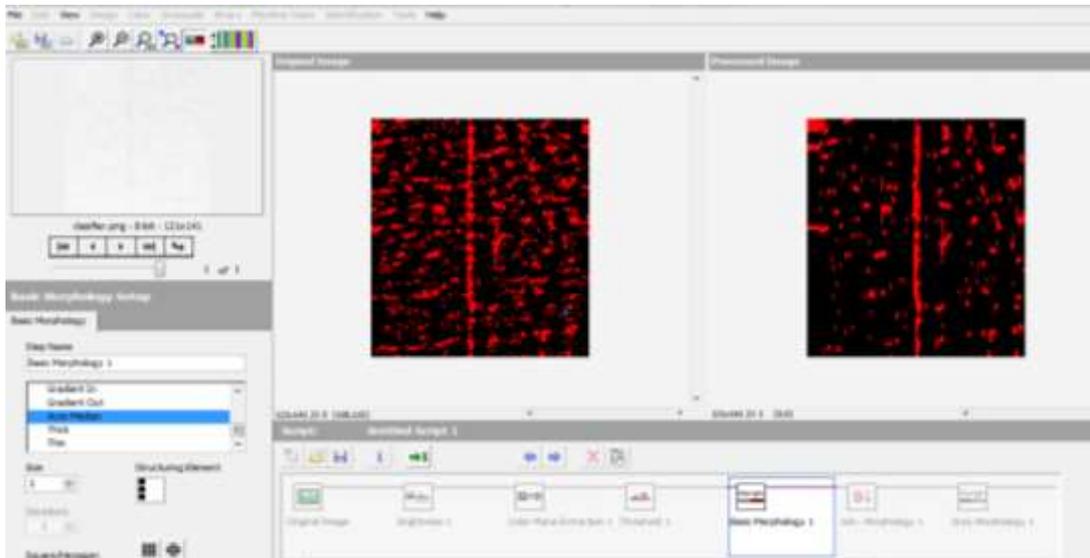


Figura 81: Utilización de arreglo 3x3 para el procesamiento de muestra PE

En la Figura 81 observa imagen procesada con un arreglo 3x3, el resultado obtenido no es muy favorable, debido a que las partículas externas detectadas en el resto de la muestra de tela se encuentran muy resaltadas, por lo que este arreglo no fue el más conveniente a usar.

Arreglo 5x5 –Para identificar la detección de PE

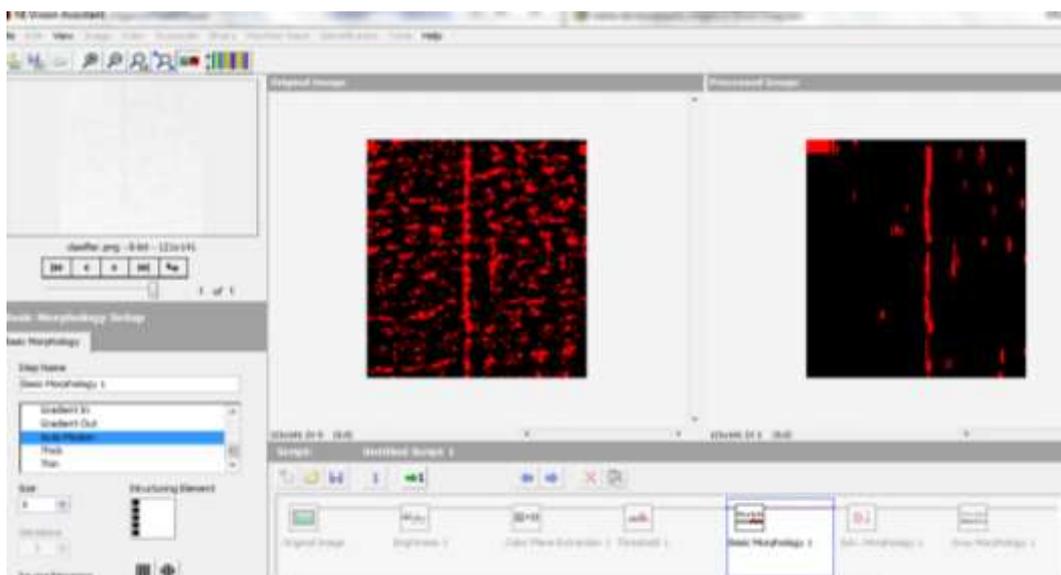


Figura 82: Utilización de arreglo 5x5 para el procesamiento de muestra PE

En la Figura 82 se observa imagen procesada con un arreglo 5X5, el resultado obtenido aun no es muy favorable debido a que aún resaltan las partículas externas que se encuentran en el resto de la muestra de tela. Por lo tanto, este arreglo queda descartado. Por lo que este arreglo no fue el más conveniente a usar.

Arreglo 7X7 –Para identificar la detección de PE

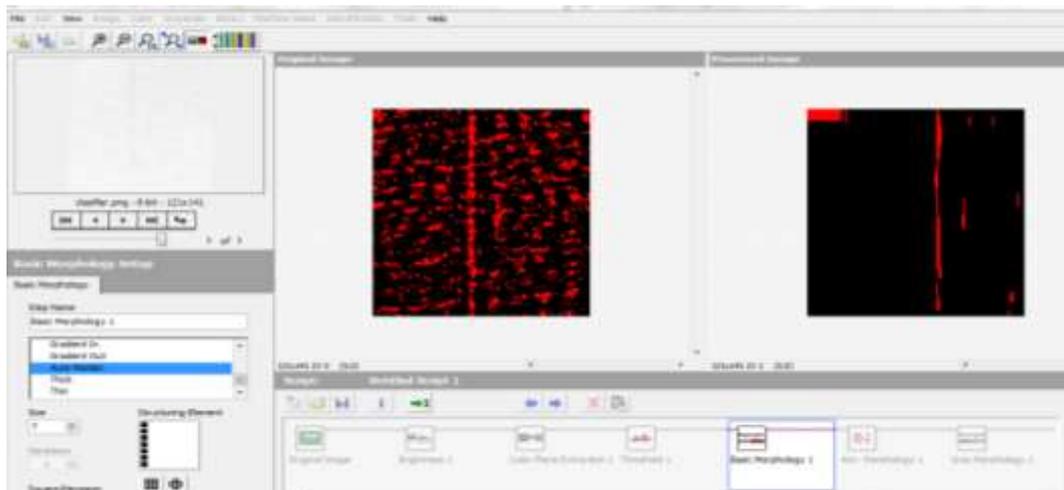


Figura 83: Utilización de arreglo 7x7 para el procesamiento de muestra PE

Se observa la Figura 83, la imagen procesada con un arreglo 7X7, el resultado obtenido mejora a comparación del arreglo 5x5, pero a un persisten las partículas externas que se encuentran en el resto de la muestra de tela. Por lo que este arreglo no fue el más conveniente a usar.

Arreglo 9X9 –Para identificar la detección de PE

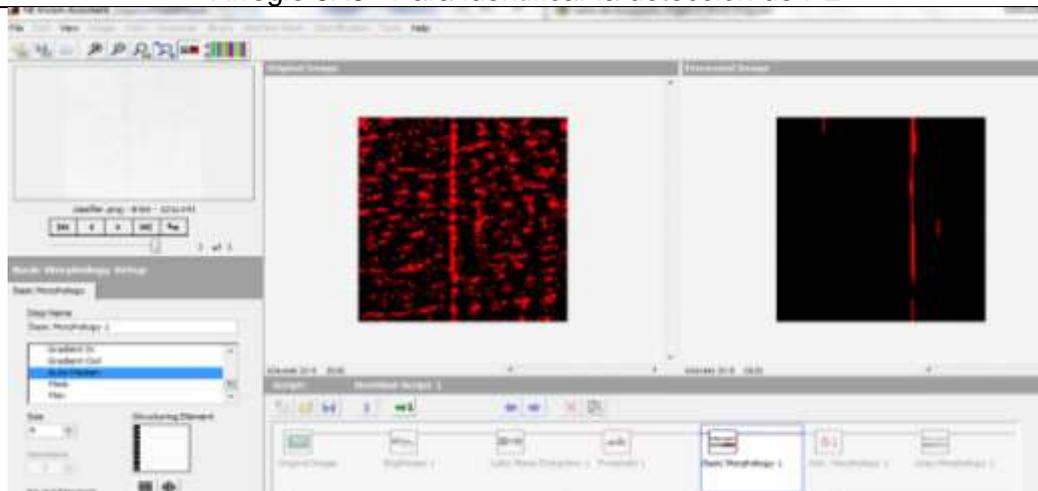


Figura 84: Utilización de arreglo 9x9 para el procesamiento de muestra PE

Se observa en la Figura 84, la imagen procesada con un arreglo 9X9, el resultado obtenido mejora a comparación de las pruebas realizadas anteriormente, dando como resultado una detección muy confiable. Por lo tanto, este es el arreglo a usar.

Extracción del plano Verde usando la librería – *Extract Single Color Plane-PE*

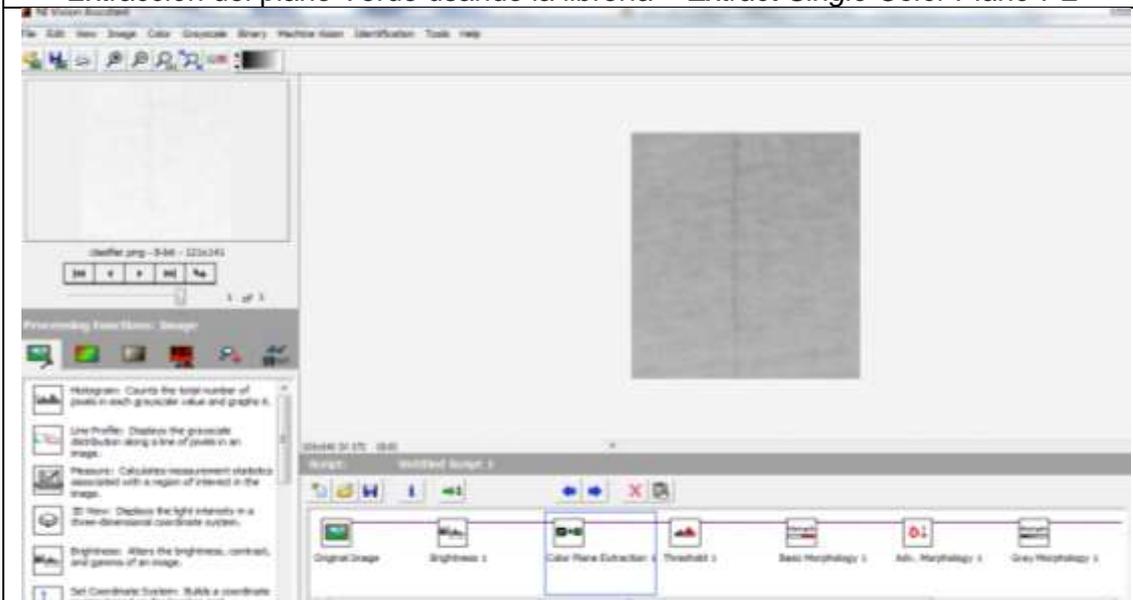


Figura 85: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ ExtractSingleColorPlane VI para muestra de tela PE

Muestra de tela con puntadas erróneas (PE) utilizando la librería IMAQ Local Threshold VI

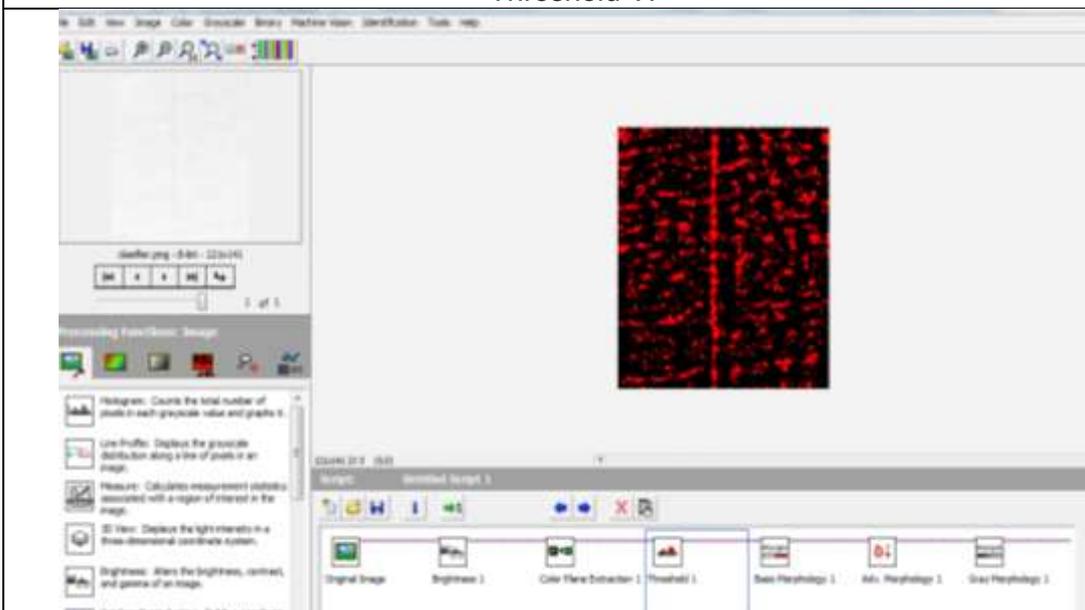


Figura 86: Proceso de imagen utilizando la librería IMAQ Local Threshold VI para muestra de tela PE

Muestra de tela de puntadas erróneas (PE) utilizando la librería IMAQ Morphology VI

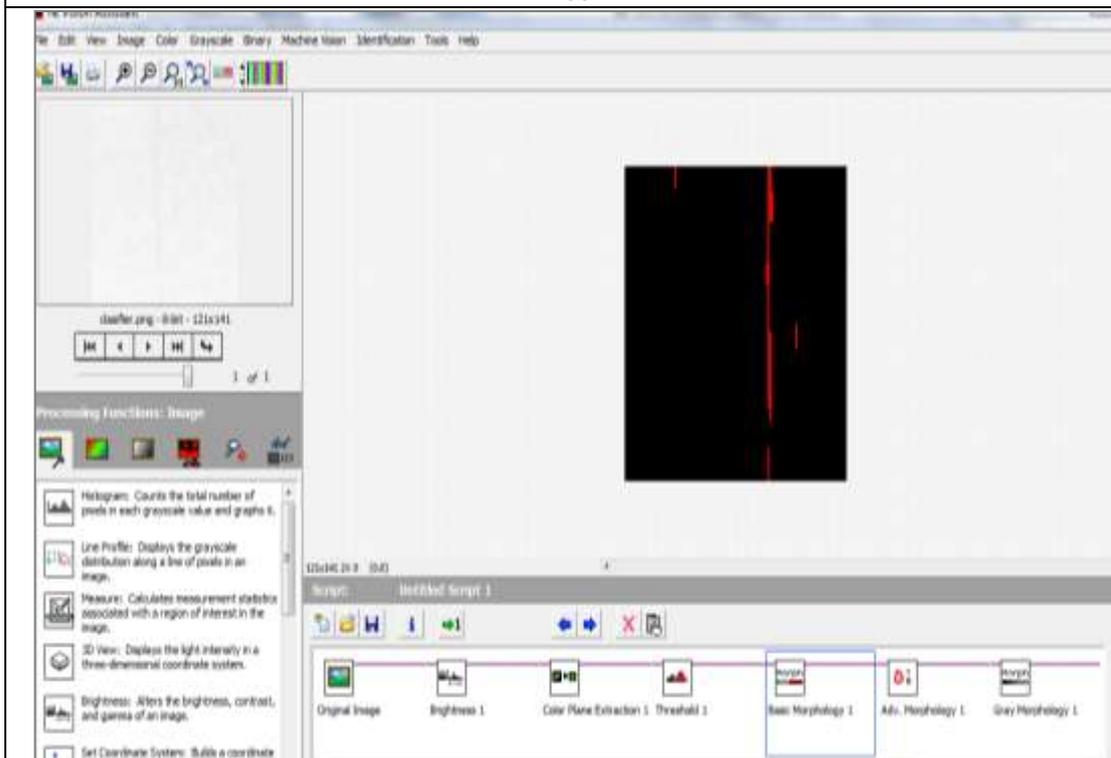


Figura 87: Proceso de imagen utilizando la librería IMAQ Morphology VI para muestra de tela PE

Muestra de tela de puntadas erróneas (PE) utilizando la librería IMAQ RemoveParticle VI

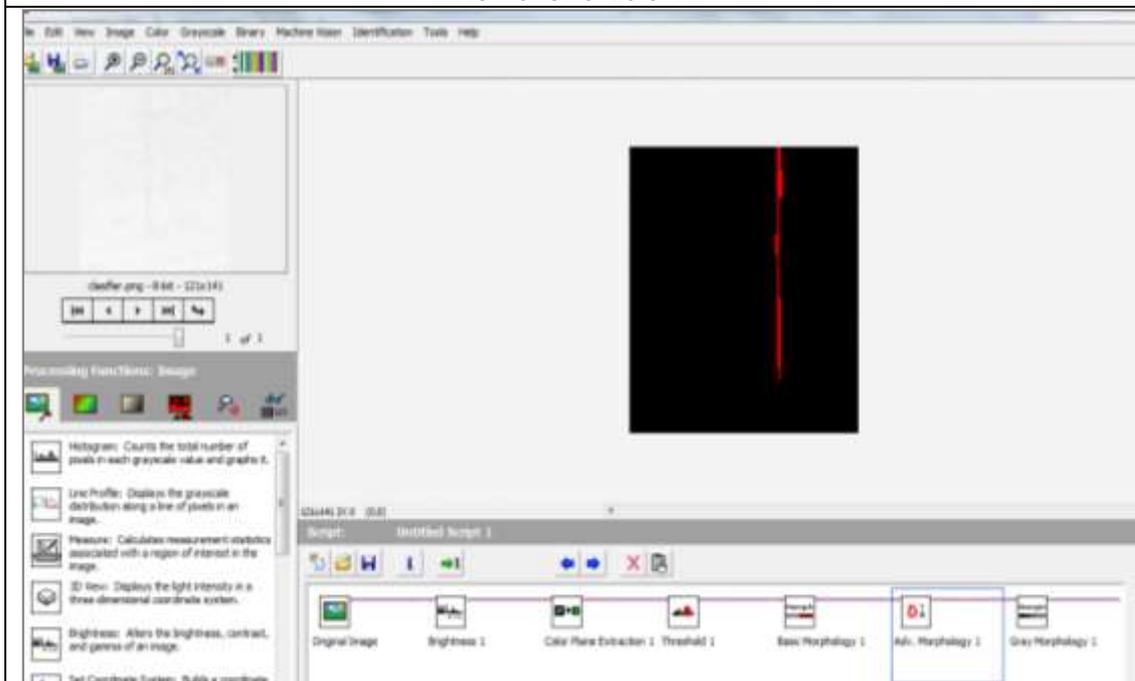


Figura 88: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ RemoveParticle VI para muestra de tela PE

Muestra de tela de puntadas erróneas (PE) utilizando la librería IMAQ GrayMorphology VI

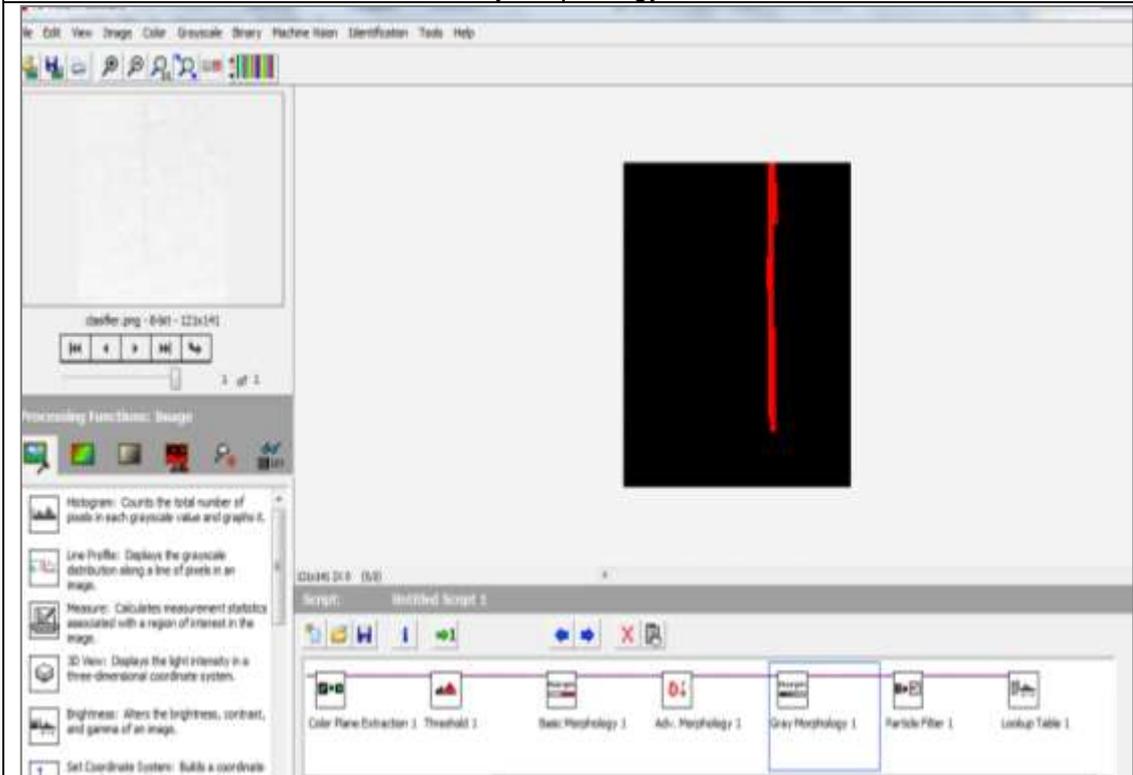


Figura 89: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ GrayMorphology VI para muestra de tela PE

Muestra de tela de puntadas erróneas (PE) utilizando la librería IMAQ Equalize VI

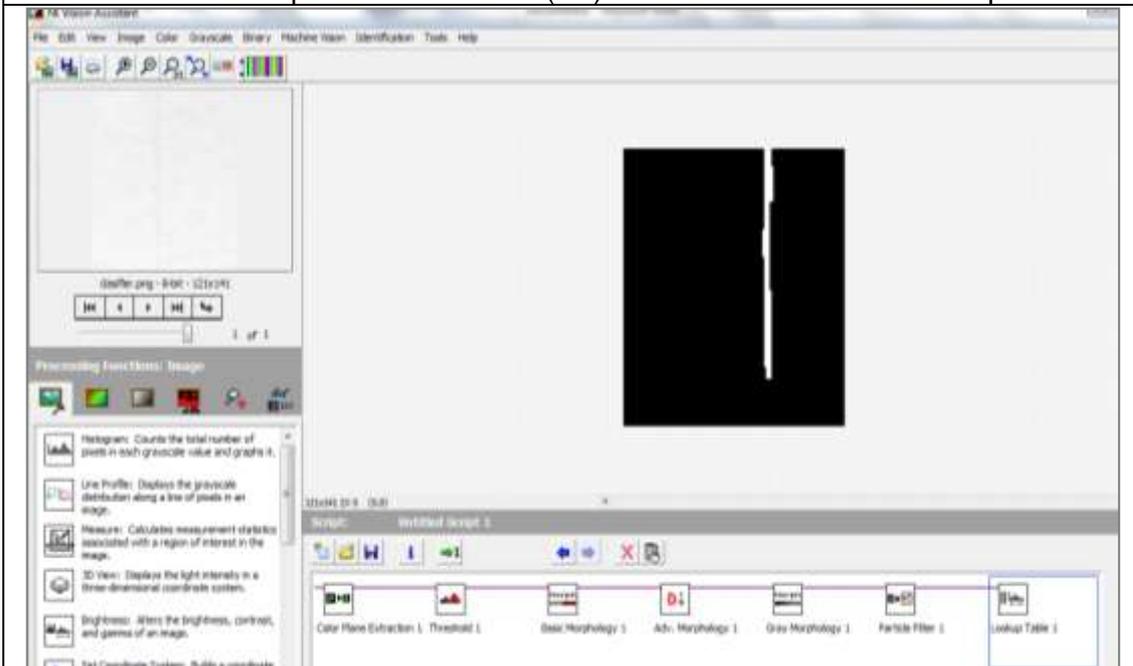


Figura 90: Procesamiento de imagen utilizando la librería IMAQ Equalize VI para muestra de tela PE

Anexo 4: Cuadro de costos de proyecto para la toma de datos y análisis de resultado según muestras de telas.

Tabla 10: Tabla de costos de proyecto para la toma de datos y análisis de resultados.

Concepto de equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Und	Costo Unitario Real	Costo Total	Costo para proyecto
Webcam conexión USB - 8 mega píxeles	HALION	Ha177	1.00	Und	S/. 70.00	S/. 70.00	S/. 70.00
Fluorescente de 8 Watts - 220V AC	Philips	MNF5-8W	2.00	Und	S/. 30.00	S/. 60.00	S/. 60.00
Base de Modulo de pruebas a pequeña escala.	-	-	1.00	Und	S/. 60.00	S/. 60.00	S/. 60.00
Soportes metálicos para Webcam y fluorescentes.	-	-	7.00	Und	S/. 12.00	S/. 84.00	S/. 84.00
Materiales menores (Cintillos, cable de conexión, enchufe, cartulina)	-	-	1.00	Und	S/. 35.00	S/. 35.00	S/. 35.00
Telas de muestras para la toma de resultados.	-	Polyester	30.00	Mts	S/. 10.00	S/. 300.00	S/. 300.00
Laptop para proyecto.	DELL	E5400	1.00	Und	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
Software LabView , Sector Profesional	National Instruments	2012	1.00	Und	S/. 2,200.00	S/. 2,200.00	S/. 660.00
Tiempo invertido. (80 días hábiles) *Elaboración de algoritmos de detección *Toma de datos y análisis de resultados	-	-	2.00	Glb	S/. 2,000.00	S/. 4,000.00	S/. 4,000.00
TOTAL (S/.)					S/. 4,530.00	S/. 9,309.00	S/. 7,769.00

Anexo 5: Cuadro de costos gastos y beneficios para la implementación y elaboración de algoritmo para la detección de defectos (MC, MA y PE) en una empresa textil que cuenta con dos máquinas revisadoras.

Para este caso llamaremos a la empresa textil “A”, que cuenta en su área de revisado de telas con dos máquinas revisadoras.

Nombre de Empresa Textil: “A”

Área dirigida: Revisión de telas.

N° de máquinas revisadoras: 02

N° de horas de trabajo diario por cada Máquina: 24 horas diarias.

N° de operadores por cada Máquina: 02 personas (turnos rotativos de 12 horas).

Tabla 11: Tabla de costeo gasto anual de una empresa textil “A” que cuenta con 02 Máquinas Revisoras de telas.

Ítem	Maquinas revisoras de telas	Cantidad de Maq. revisoras de telas	N° horas Operación de Maquina / día	N° operador	N° Horas de trabajo /día	Tipo de Turno	Salario Mensual (x/operador)	Costo de Personal (Mensual)	Costo de Personal (Anual)
1	Revisadora 1	1	24	2	12	Rotativo	S/. 1,800.00	S/. 3,600.00	S/. 50,400.00
2	Revisadora 2	1	24	2	12	Rotativo	S/. 1,800.00	S/. 3,600.00	S/. 50,400.00
								Total (S/.)	S/. 100,800.00

En la Tabla 11, se puede apreciar un coste estimado del gasto anual empleado para la detección de fallas en la fabricación de telas de una mediana y pequeña empresa textil en el Perú, que cuenta en su área de revisado de telas con dos máquinas revisadoras de telas.

Tabla 12: Cuadro de costo estimado por la implementación y elaboración de algoritmo para detección de defectos (MC, MA, PE) en empresa textil "A".

Ítem	Concepto de equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Und	Costo Unitario Real	Costo Total
1	Webcam conexión USB - 8 mega píxeles	HALION	Ha177	2	Und	S/. 70.00	S/. 140.00
2	Fluorescente de 15 Watts - 220V AC	Philips	MNF5-8W	6	Und	S/. 40.00	S/. 240.00
3	Soportes metálicos para Webcam y fluorescentes.	-	-	14	Und	S/. 40.00	S/. 560.00
4	Materiales menores (Cintillos, cable de conexión, enchufe, cartulina)	-	-	2	Glb	S/. 150.00	S/. 300.00
5	Laptop para proyecto.	DELL	E5400	1	Und	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
6	Software LabView , Sector Profesional	National Instruments	2012	1	Und	S/. 2,200.00	S/. 2,200.00
7	Tiempo invertido. (80 días hábiles) *Elaboración de algoritmos de detección *Toma de datos y análisis de resultados *02 Personas			2	Glb	S/. 4,000.00	S/. 8,000.00
						Total (S/.)	S/. 13,940.00

En la Tabla 12, se puede apreciar un cuadro de coste estimado para la detección de defectos (MC, MA, PE) para la empresa textil "A", que cuenta con dos máquinas revisadoras de telas, utilizando las técnicas de procesamiento de imágenes empleadas en la presente investigación.

Tabla 13: Cuadro de costeo de Propuesta de Inversión para la empresa Textil “A”

Ítem	Descripción	Cantidad	Und	Gasto 1er Año			
				Gasto 1er Mes		Gasto 11 Meses Restantes	
				Costo Unitario Real	Costo Total	Costo Unitario Real	Costo Total
1	Costo total de implementación y elaboración de algoritmo para la detección de defectos en tela poliéster Incluye: *Mano de Obra * Software LabView *02 Cámaras Webcams *01 Laptop *Fluorescentes requeridos para la iluminación. *Materiales Menores.	1	Glb	S/. 13,940.00	S/. 13,940.00	S/. 0.00	S/. 0.00
2	Personal Requerido con nuevo sistema detección implementado. *Considerando operatividad de revisadora (24 h) *Se recomienda (02 operadores)	2	Glb	S/. 1,800.00	S/. 3,600.00	S/. 1,800.00	S/. 23,400.00
				Total (S/.)	S/. 17,540.00	Total (S/.)	S/. 23,400.00

En la Tabla 13, se observa el cuadro de coste estimado correspondiente a la propuesta de inversión de dinero para la empresa textil “A” que cuenta con las 02 máquinas revisadoras de telas. (Inversión estimada en el primer mes considerando la implementación del algoritmo de detección de defectos para MC, MA y PE).

Tabla 14: Cuadro de costo estimado de ahorro anual para la empresa textil “A”

Descripción	Monto (S/.)
Gasto total de cliente en 1 Año con sistema actual de detección de defectos	S/. 100,800.00
Inversión de propuesta recomendado con procesamiento de Imágenes (Gasto en el 1er Año)	S/. 40,940.00
Ahorro para el cliente en el 1er Año (S/.)	S/. 59,860.00
Ahorro para el cliente en el 1er Año (%.)	59%

En la Tabla 14, se aprecia el cuadro de costo de ahorro (S/.) estimado en el primer año luego de haber aceptado la propuesta del nuevo algoritmo de detección de defectos para MC, MA y PE para la empresa textil “A” que cuenta con dos máquinas revisadoras de telas.