

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>X</b>
<b>Resumen</b>	<b>XI</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>12</b>
1.1. Descripción del Contexto . . . . .	13
1.2. Objetivos . . . . .	13
1.2.1. Objetivos Generales . . . . .	13
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	14
1.3. Alcances . . . . .	14
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Procesamiento Digital de Imágenes . . . . .	16
2.1.1. Adquisición de imagen . . . . .	18
2.1.2. Mejora de imagen . . . . .	18
2.1.3. Restauración de imagen . . . . .	18
2.1.4. Procesamiento del color . . . . .	18
2.1.5. Procesamiento de multiresolución . . . . .	18
2.1.6. Compresión . . . . .	18
2.1.7. Procesamiento morfológico . . . . .	18
2.1.8. Segmentación . . . . .	19
2.1.9. Representación y Descripción . . . . .	19
2.1.10. Reconocimiento . . . . .	19
2.2. Imagen Digital . . . . .	19

2.2.1.	Profundidad de Color . . . . .	21
2.2.2.	Escala de Grises . . . . .	22
2.2.3.	Modelo RGB . . . . .	22
2.3.	Histograma . . . . .	24
2.4.	Selección por Umbral . . . . .	24
2.4.1.	Umbralización de Imagen . . . . .	25
2.4.2.	Umbralización mediante Método IsoData . . . . .	26
2.5.	Reducción de ruido . . . . .	26
2.5.1.	Filtro de Mediana . . . . .	26
2.6.	Detección de Bordes . . . . .	28
2.6.1.	Operador de Sobel . . . . .	29
2.6.2.	Operador de Prewitt . . . . .	30
2.6.3.	Operador de Roberts . . . . .	31
2.6.4.	Operador de Laplace . . . . .	31
2.7.	Transformada de Hough . . . . .	32
2.8.	Bacterias . . . . .	33
2.8.1.	Morfología de Bacterias . . . . .	34
2.8.2.	Agrupación de Bacterias . . . . .	35
2.8.3.	Colonias . . . . .	36
2.8.4.	Importancia del Conteo de Colonias . . . . .	36
2.8.5.	Métodos de Conteo más Utilizados . . . . .	37
2.9.	Trabajo Existente . . . . .	38
2.10.	Resumen Marco Teórico . . . . .	40
<b>3.</b>	<b>Diseño del Sistema</b>	<b>41</b>
3.1.	Diseño del sistema . . . . .	42
3.2.	Componentes . . . . .	43
3.2.1.	OpenCV . . . . .	43
3.3.	Metodología . . . . .	44
<b>4.</b>	<b>Desarrollo del Sistema</b>	<b>46</b>
4.1.	Adquisición . . . . .	47
4.2.	Procesamiento . . . . .	48
4.2.1.	Umbralización . . . . .	48

4.2.2. Reducción de Ruido . . . . .	50
4.2.3. Detección y Realce de Bordes . . . . .	53
4.3. Reconocimiento . . . . .	54
4.4. Búsqueda de Parámetros . . . . .	55
4.5. Resumen . . . . .	56
<b>5. Pruebas, Resultados y Discusión</b>	<b>57</b>
5.1. Datos . . . . .	58
5.1.1. Muestras Originales . . . . .	59
5.2. Pruebas . . . . .	64
5.2.1. Colonia Simple . . . . .	65
5.2.2. Datos de Prueba . . . . .	66
5.2.3. Muestra 1 . . . . .	67
5.2.4. Muestra 2 . . . . .	68
5.2.5. Muestra 3 . . . . .	69
5.2.6. Muestra 4 . . . . .	70
5.2.7. Muestra 5 . . . . .	71
5.2.8. No Procesable 1 . . . . .	72
5.2.9. No Procesable 2 . . . . .	73
5.2.10. No Procesable 3 . . . . .	74
5.2.11. No Procesable 4 . . . . .	75
5.3. Resultados . . . . .	76
5.4. Discusión . . . . .	77
<b>6. Conclusión</b>	<b>78</b>
6.1. Conclusión General . . . . .	79
6.2. Resultados Obtenidos . . . . .	80
6.3. Puntos Claves . . . . .	80
6.4. Trabajo Futuro . . . . .	81
<b>Bibliografía</b>	<b>83</b>



4.2. La humedad genera una distorsión de la imagen dificultando el reconocimiento de colonias. Por otra parte, el fondo de la imagen debe ser preferentemente de un alto contraste en relación a los colonias que se presentan. . . . .	48
4.3. Se presenta una muestra de una colonia de bacterias, su respectiva transformación a escala de grises y binarizado, sin optimizar. . . . .	49
4.4. Se presenta una binarización optimizada para la imagen anterior, mediante una técnica de mediana (izquierda) y mediante una técnica Gaussiana (derecha). . . . .	50
4.5. Armonización de la curva del histograma de una imagen. . . . .	50
4.6. Podemos apreciar las correcciones que realiza el filtro de mediana en la imagen binarizada. . . . .	51
4.7. Reducción de ruido de imagen binarizada con técnica de mediana. . . . .	51
4.8. Reducción de ruido de imagen binarizada con técnica Gaussiana. . . . .	52
4.9. Presenta imágenes de la colonia una vez utilizado un filtro de promedio con kernel 3 y 5 (matriz de 3x3 y 5x5). . . . .	52
4.10. Detección de bordes mediante operador de Laplace y operador de Sobel. . . . .	53
4.11. Ejemplo ejecución algoritmo transformada de Hough. . . . .	54
5.1. Colonia simple que contiene 19 colonias. . . . .	59
5.2. Imagen de prueba con la cual se realizó la búsqueda de parámetros iniciales, contiene 21 colonias. . . . .	59
5.3. Muestra de colonia real, contiene 18 colonias. . . . .	60
5.4. Muestra de colonia real, contiene 26 colonias. . . . .	60
5.5. Muestra de colonia real, contiene 38 colonias. . . . .	61
5.6. Muestra de colonia real tomada desde un microscopio electrónico, contiene 82 colonias. . . . .	61
5.7. Muestra de colonia real, contiene 261 colonias. . . . .	62
5.8. Muestra de colonia real no procesable debido a la presencia de sombras y el flash de una cámara, contiene 17 colonias. . . . .	62
5.9. Imagen no procesable, no es real y presenta elementos distractores como figuras de cámaras fotográficas, líneas rectas y letras, contiene 181 colonias. . . . .	63

- 5.10. Muestra de colonia real no procesable debido a la presencia de sombras, contiene 293 colonias. . . . . 63
- 5.11. Muestra de colonias real no procesable debido a la presencia de excesiva humedad en la tapa de la cápsula de Petri, no es posible determinar el número de colonias debido al estado poco prolijo de la muestra. . . . . 64

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Resumen niveles de procesos. . . . .	17
2.2. Gradiente de píxeles en una vecindad de 3x3. . . . .	29
2.3. En resultado de [16] vemos como la desviación estándar presentada es de un 10%, en general. Sin embargo, algunos resultados se escapan de esta desviación para presentar. . . . .	39
2.4. El resultado de [20] vemos como el error presentado al realizar el conteo de las colonias es, en promedio, de un 4%. . . . .	40
5.1. Tabla de muestras utilizadas para pruebas . . . . .	58
5.2. Tabla de muestras utilizadas para pruebas . . . . .	76