

“CARACTERIZACIÓN POR FORMAS Y COLORES PARA LA
CLASIFICACIÓN DE OBJETOS EN UNA CALLE DE
SELECCIÓN AUTOMATIZADA POR COMPUTADOR”

CESAR AUGUSTO LADINO PABON
NELSON ENRIQUE MEDIAN BELTRÁN

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
BUCARAMANGA
2008

“CARACTERIZACIÓN POR FORMAS Y COLORES PARA LA
CLASIFICACIÓN DE OBJETOS EN UNA CALLE DE
SELECCIÓN AUTOMATIZADA POR COMPUTADOR”

Por

CESAR AUGUSTO LADINO PABON
NELSON ENRIQUE MEDIAN BELTRÁN

Tesis propuesta para obtener el título de ingeniero
electrónico

Asesor

ING. JESÚS ANTONIO VEGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
BUCARAMANGA
2008

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Agosto de 2008

A Nuestros padres.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que nos apoyaron en el desarrollo de nuestra tesis y nuestra formación tanto humanística como profesional.

A todos los amigos que nos apoyaron y ayudaron en los momentos más difíciles del desarrollo de la tesis. A nuestras familias, que estuvieron presentes y nos apoyaron en los momentos más difíciles en el desarrollo de la tesis.

Al ingeniero Jesús Vega, por su tiempo y gran colaboración en el desarrollo de esta tesis.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: CARACTERIZACIÓN DE FORMAS Y COLORES PARA
LA CLASIFICACIÓN DE OBJETOS EN UNA CALLE DE
SELECCIÓN AUTOMATIZADA POR COMPUTADOR

AUTOR(ES): CESAR AUGUSTO LADINO PABON
NELSON ENRIQUE MEDINA BELTRÁN

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): JESÚS A. VEGA

RESUMEN

La tendencia actual de la industria colombiana en lo que respecta a la adquisición y tratamiento de imágenes no se orienta únicamente hacia el aseguramiento de la calidad, sino también se orienta en la actualidad hacia el control y medio sensor de accionamiento en el control de procesos. En esta tesis se desarrolla adquisición y selección de objetos por medio de la implementación de un algoritmo empleado en visual net y manejarlo en una pantalla interactiva en ese mismo lenguaje, implementando de manera mecánica una serie de sensores, de cámara y otros elementos eléctricos, mecánicos y electrónicos.

PALABRAS CLAVES: VISUAL NET
PLC S7-200
SELECCIÓN DE OBJETOS
ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: CHARACTERISTICS OF FORMS AND COLORS FOR
THE CLASSIFICATION OF OBJECTS IN A STREET FOR
AUTOMATED SELECTION BY COMPUTER

AUTOR(ES): CESAR AUGUSTO LADINO PABON
NELSON ENRIQUE MEDINA BELTRÁN

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): JESÚS A. VEGA

RESUMEN

The current tendency of Colombian industry in terms of the acquisition and imaging process isn't only guide towards quality assurance but also aims at present. Towards control and mean sensor of working on controlling processes. In this thesis develops acquisition and selection of objects through the implementation of An algorithm used in visual net and handle it in an interactive screen in the same language, so implementing a series of mechanical sensors, camera and other Electrical, mechanical and electronics elements.

PALABRAS CLAVES: VISUAL NET
PLC S7-200
SELECTION OF OBJETS
ADQUISITION OF IMAGES

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
1. IMAGEN DIGITAL	2
1.1 FUNDAMENTOS DE LA IMAGEN	2
1.1.1 MUESTREO UNIFORME Y CUANTIFICACIÓN	3
1.1.2 MUESTREO NO UNIFORME Y CUANTIFICACIÓN	4
1.1.3 VECINOS DE UN PIXEL	5
1.1.4 CONECTIVIDAD	5
1.1.5 RELACIONES, EQUIVALENCIAS Y CLAUSURA TRANSITIVA	5
1.1.6 MEDIDAS DE DISTANCIA	6
1.1.7 OPERACIONES ARITMÉTICO-LÓGICAS	8
1.2 PERCEPCIÓN DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO	8
1.3 PROCESAMIENTO BÁSICO DE IMÁGENES	9
1.3.1 OPERACIONES INDIVIDUALES	10
1.3.1.1 OPERADOR IDENTIDAD	11
1.3.1.2 OPERADOR INVERSO	11
1.3.1.3 OPERADOR UMBRAL	12
1.3.1.4 OPERADOR INTERVALO DE UMBRAL BINARIO	13
1.3.1.5 OPERADOR INTERVALO DE UMBRAL BINARIO INVERTIDO	13
1.3.1.6 OPERADOR UMBRAL DE LA ESCALA DE GRISES	14
1.3.1.7 OPERADOR UMBRAL DE LA ESCALA DE GRISES INVERTIDO	14
1.3.1.8 OPERADOR DE EXTENSIÓN	15
1.3.1.9 OPERADOR REDUCCIÓN DE NIVELES DE GRISES	15
1.3.1.10 TRANSFORMACIONES DE DOS IMÁGENES PUNTO A PUNTO	16
1.4 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES	17
1.4.1 CÁMARA CCD	17
1.4.2 CÁMARA CMOS	18
1.5 LUMINOSIDAD (ILUMINISACION)	18
1.5.1 FUNDAMENTOS DE ILUMINACIÓN	19
1.5.2 TIPOS DE REFLEXIÓN	19
1.5.2.1 REFLEXIÓN ESPECULAR	19
1.5.2.2 REFLEXIÓN DIFUSA	20
1.5.3 TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN	21

1.5.3.1 ILUMINACIÓN POSTERIOR (BACKLIGHT)	21
1.5.3.2 ILUMINACIÓN FRONTAL OBLICUA Y DIRECCIONAL	22
1.5.3.3 ILUMINACIÓN FRONTAL AXIAL	24
1.5.3.4 ILUMINACIÓN DE DÍA NUBLADO (CLOUDY DAY ILLUMINATION, CDI)	26
1.5.3.5 ILUMINACIÓN DE CAMPO OSCURO (DARK FIELD)	27
1.5.3.6 ARRAY DE LUCES	28
1.5.3.7 ILUMINACIÓN DE CAMPO CLARO (BRILLANTE)	29
2 FUNDAMENTO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES	30
2.1 FUNDAMENTO DE COLOR	30
2.1.1 MODELOS DE COLOR	31
2.1.1.1 MODELO RGB	31
2.1.1.2 MODELO CMY	32
2.1.1.3 MODELO YIQ	32
2.1.1.4 MODELO HSI	33
2.1.1.5 MODELO HSV	33
2.1.2 PSEUDOCOLOR	34
2.2 SUAVIZADO Y REALZADO	34
2.2.1 PROMEDIADO DEL ENTORNO DE VECINDAD	34
2.2.2 PRESERVAR LOS BORDES Y SUAVIZAR LA IMAGEN	35
2.2.3 SUAVIZADO BINARIO DE IMÁGENES	35
2.2.4 HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN (REALZADO)	37
2.2.5 BRILLO, CONTRASTE Y CORRECCIÓN GAMA	39
2.2.6 CONTRACCIÓN DEL HISTOGRAMA	40
2.2.7 EXPANSIÓN DEL HISTOGRAMA	41
2.2.8 DESPLAZAMIENTO DEL HISTOGRAMA	42
2.2.9 ECUALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA	43
2.3 FILTRADO DE IMAGEN	44
2.3.1 SUSTRACCIÓN DE IMÁGENES	44
2.3.2 PROMEDIADO DE LA IMAGEN	44
2.3.3 FILTRADO ESPACIAL	44
2.3.4 FILTROS SUAVIZANTES	45
2.3.4.1 FILTRADO ESPACIAL DE PASO BAJO	45
2.3.4.2 FILTRADO POR LA MEDIANA	45
2.3.5 FILTROS REALZANTES	46
2.3.5.1 FILTRADO ESPACIAL DE PASO ALTO BÁSICO	46
2.3.5.2 FILTRADO HIGH-BOOTS	47
2.3.5.3 FILTROS DIFERENCIALES	47
2.3.5.4 MEJORA EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA	49
2.3.5.4.2 FILTRO IDEAL	50
2.3.5.4.3 FILTRO DE BUTTERWORTH	52
2.3.5.4.4 FILTRADO DE PASO ALTO	53
2.3.5.4.5 FILTRO IDEAL	54
2.3.5.4.6 FILTRO BUTTERWORTH	55
2.3.6 RUIDO	56

2.4 MÉTODOS DE LA EXTRACCIÓN DE BORDES Y ESQUINAS DE UN OBJETO	58
2.4.1 BORDES	58
2.4.2 OPERADORES PRIMERA DERIVADA	59
2.4.2.1 GRADIENTE DE UNA IMAGEN	59
2.4.2.2 OPERADOR DE SOBEL	60
2.4.2.3 OPERADOR DE PREWITT	61
2.4.2.4 OPERADORES DE ROBERTS	62
2.4.2.5 MASCARA DE KIRSCH	62
2.4.2.6 MASCARA DE ROBISON	63
2.4.2.7 MASCARA DE FREI-CHEN	63
2.4.3 OPERADORES SEGUNDA DERIVADA	64
2.4.3.1 OPERADOR LAPLACIANA	64
2.4.3.2. OPERADOR LAPLACIANA DE LA GAUSSIANA	65
2.4.4 REALIZACIÓN DE LOS OPERADORES DE BORDE	65
2.4.5 EXTRACCIÓN DE ESQUINAS	65
2.4.6 EXTRACCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE CONTORNOS DE LA REGIÓN DE UN OBJETO	66
2.4.6.1 PROPIEDADES DE LAS REGIONES	66
2.4.6.2 TEXTURAS	67
2.4.6.3 MOMENTOS INVARIANTES	69
2.4.6.4 CÓDIGOS DE CADENA	71
2.4.6.5 TRANSFORMADA DE HOUGH	73
3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODULO “CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS”	75
3.1 MAQUINA DE PROCESO	75
3.1.1 ENSAMBLE DE LA MAQUINA DE PROCESO	80
3.2 PANEL DE CONTROL	84
3.2.1 ENSAMBLE DEL PANEL DE CONTROL	87
4 ANÁLISIS Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DE LA “CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS”	
4.1 ETAPA 1: CAPTACIÓN	91
4.2 ETAPA 2: PRE-PROCESAMIENTO	95
4.3 ETAPA 3: SEGMENTACIÓN.	99
4.4 ETAPA 4: DESCRIPCIÓN	104
4.5 ETAPA 5: RECONOCIMIENTO	107
4.6 ETAPA 6: INTERPRETACIÓN	112
4.7 CLASIFICACIÓN DE PIEZAS	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120

ANEXOS

ANEXO A	ISLA DE VÁLVULAS CPV-MP-VI FESTO	i
ANEXO B	SENSOR INDUCTIVO SIEN-M30NB-PS-K-L	iii
ANEXO C	SENSOR MAGNETICO SMEO-4-K-LED-230	iv
ANEXO D	SENSOR ÓPTICO ANÁLOGO SOEG-RTD-Q20	x
ANEXO E	SENSOR ÓPTICO DIGITAL SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L	xii
ANEXO F	MOTOR DC WM26	xv
ANEXO G	CILINDRO REDONDO DSNU/ESNU	xvii
ANEXO H	CÁMARA CCD DFK 31BF03	xx
ANEXO I	SIEMENS PLC S7 200	xix
ANEXO J	SITOP POWER 2	xxxii
ANEXO K	MICROMASTER 440 SIEMENS	xxxiii
ANEXO L	RELÉS SCHRACK PT570615	xlvi

LISTA DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1.1. Lectura de los bits de una imagen.	2
Figura 1.2 Esquema del ojo humano.	9
Figura 1.3 Funciones de punto y vecindad	10
Figura 1.4 operación individual	11
Figura 1.5 operador de identidad	11
Figura 1.6 operador inverso	12
Figura 1.7 operador umbral	12
Figura 1.8 operador umbral	13
Figura 1.9 operador intervalo de umbral binario invertido	14
Figura 1.10 operador de umbral de escalas de grises	14
Figura 1.11 operador de umbral de escalas de grises invertido	15
Figura 1.12 operador de extensión	15
Figura 1.13 operador reducción del nivel de grises	16
Figura 1.14 transformaciones de dos imágenes punto a punto	16
Figura 1.15 Efecto fotoeléctrico de un CCD	17
Figura 1.16 fundamentos de iluminación	19
Figura 1.17 Reflexion especular	20
Figura 1.18 Reflexion difusa	20
Figura 1.19 Iluminacion posterior	21
Figura 1.20 Iluminacion posterior direccional	21
Figura 1.21 Iluminación frontal oblicua	22
Figura 1.22 Iluminación frontal direccional	22
Figura 1.23 Anillos	23
Figura 1.24 Anillo con difusor	23
Figura 1.25 domo	23
Figura 1.26 Dispositivo comercial de iluminación frontal axial	24
Figura 1.27 Funcionamiento interno del dispositivo comercial de iluminación frontal axial.	24
Figura 1.28 Contactos iluminados con un anillo de luz fluorescente	25
Figura 1.29 Contactos iluminados con luz difusa axial	25
Figura 1.30 Plaqueta iluminada con anillos de luz.	25
Figura 1.31 Plaqueta iluminada con luz difusa axial.	26
Figura 1.32 Dispositivo CDI	26
Figura 1.33 Iluminacion de campo oscuro	27
Figura 1.34 Dispositivo comercial de iluminación de campo oscuro	27
Figura 1.35 iluminación de array de luces	28
Figura 1.36 iluminación de array de luces de fuente puntual	28
Figura 1.37 iluminación de array de luces de fuente rectangular	29
Figura 1.38 iluminación de campo claro	29
Figura 2.1. Diagrama de cromaticidad según el estándar de la CIE	30
Figura 2.2. Tetraedro de color RGB.	31
Figura 2.3. Diagrama del modelo HSB.	33

Figura 2.4. Matriz 3x3	35
Figura 2.5. Matriz 3x3	36
Figura 2.6. Matriz 3x3	36
Figura 2.7. Matriz 3x3	37
Figura 2.8. Ejemplo de Histograma de una figura	38
Figura 2.9. Ejemplo de Histograma de una imagen de color	39
Figura 2.10. Contracción del histograma	41
Figura 2.11. Expansión del histograma	42
Figura 2.12. Desplazamiento del histograma	43
Figura 2.13. Filtro espacial de paso alto básico	46
Figura 2.14. Mascara de sobel	49
Figura 2.15. Perspectiva de la función de transferencia de un filtro pasa bajo ideal	51
Figura 2.16 Filtro de Butterworth de paso bajo	53
Figura 2.17. Perspectiva del filtro ideal pasa alto	54
Figura 2.18. Perspectiva del filtro ideal Butterworth	55
Figura 2.19 Tipos de bordes	58
Figura 2.20. Manera de conseguir el gradiente de una imagen.	60
Figura 2.21. Texturas regulares	68
Figura 2.22. Direcciones de codificación	71
Figura 2.23. Contorno digital representada por una serie compleja	72
Figura 2.24. células de acumulación	73
Figura 3.1 Esquema de principal la máquina de proceso.	75
Figura 3.2 maquina de proceso.	76
Figura 3.3 Banda transportadora, cilindros neumáticos y sensores Ópticos.	76
Figura 3.4 Cámara CCD e iluminación.	76
Figura 3.5 Isla de válvula electroneumatica CPV-SC-MP-VI.	77
Figura 3.6 Sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L.	77
Figura 3.7 Sensor magnético SMEO-4-K-LED-230.	77
Figura 3.8 Sensor óptico análogo SOEG-RTD-Q20.	78
Figura 3.9 Sensor óptico digital SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L	78
Figura 3.10 Espejo retroreflector	78
Figura 3.11 Motor DC WM26	79
Figura 3.12 Cilindro redondo DSNU/ESNU	79
Figura 3.13 Cámara CCD DFK 31BF03	79
Figura 3.14 Compresor	80
Figura 3.15 Placa estructural.	80
Figura 3.16 Caja de Recolección.	80
Figura 3.17 Soporte de la cámara.	81
Figura 3.18 Cilindro neumático.	81
Figura 3.19 Sensor inductivo	82
Figura 3.20 Sensor óptico reflectivo	82
Figura 3.21 Cámara CCD	83
Figura 3.22 Vista superior del soporte de la cámara CCD, motor DC y cilindro neumático	83
Figura 3.23 Cableado eléctrico y neumático.	83

Figura 3.24 Conexión del PLC, cableado eléctrico y neumático.	84
Figura 3.25 Panel de control	84
Figura 3.26 PLC SIEMENS S7 200 CPU 226	85
Figura 3.27 SITOP POWER 2	85
Figura 3.28 MICROMASTER 440 SIEMENS	86
Figura 3.28 MICROMASTER 440 SIEMENS	86
Figura 3.29 Panel frontal	87
Figura 3.30 Panel frontal	87
Figura 3.31 Panel trasero	88
Figura 3.32 Panel frontal con todos los elementos ya instalados	88
Figura 3.33 Panel trasero con todas las conexiones eléctricas correspondientes.	89
Figura 3.34 Panel frontal	89
Figura 3.35 Panel trasero	90
Figura 3.36 Calle Industrial de Selección de Objetos.	90
Figura 4.1 Diagrama en bloques de proceso	91
Figura 4.2 Cámara CCD DFK 31BF03	91
Figura 4.3 Imágenes tomadas con la cámara.	92
Figura 4.4: Imagen capturada de la banda sin objetos.	92
Figura 4.5: Imagen capturada de la banda con objetos.	93
Figura 4.6 Imagen con Ruido.	93
Figura 4.7 Imagen obtenida al aplicarle un suavizado.	97
Figura 4.8: Imagen Umbralizada	100
Figura 4.9 Color objeto	101
Figura 4.10 Extracción de color	101
Figura 4.11 Estación clasificadora	103
Figura 4.12 Cinta transportadora	103
Figura 4.13 Cinta transportadora con imágenes.	104

LISTA DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1.1 Numero de bits de almacenamiento para varios valores de N y M	4
Tabla 3.1 Código de colores del cableado eléctrico	86

INTRODUCCIÓN

El Procesamiento de Imagen es una disciplina en constante desarrollo, cada vez son más diversos y complejos sus ámbitos de aplicación, no existe un acuerdo unánime de cuáles son los tópicos que cubre el procesamiento de imágenes y cuáles son sus interrelaciones con otras áreas como Visión por Ordenador o Informática Gráfica.

El desarrollo del procesamiento de imágenes está siendo acelerado aún más con el rápido avance de las tecnologías relacionadas con la computación en paralelo, la maximizada capacidad de memoria de los chips, y el sistema de visualización en color de alta-resolución.

El creciente desarrollo de las técnicas de procesamiento de imágenes y la utilización cada vez más frecuente de estos en los procesos automáticos de la región y el país, obliga a la universidad a emprender caminos que acerquen al estudiante de experiencia a esta realidad, ofreciéndole a través de experimentos y desarrollos en la técnicas la probabilidad de acercarse muy poco a estas líneas de desarrollo.

Esto puede ser posible con la construcción de herramientas de tipo industrial que permita a estudiantes y docentes orientar la investigación hacia procesos de calidad y control de calidad tan emergentes hoy en día en nuestra región.

El objetivo de esta tesis es la de diseñar una aplicación académica para la automatización del modulo de selección de objetos utilizando un PC como medio controlador. Para ello se realizo una HARDWARE que permite la automatización del modulo desde el PC, se desarrollo un SOFTWARE en lenguaje de programación de VISUAL NET en el cual se clasifique un objeto según su color y forma desde la adquisición de imágenes por medio de una cámara CCD.

1. IMAGEN DIGITAL

Para producir una imagen la tecnología que más se usa es la del procesamiento de imágenes digitales, ya que el ser humano confía en el sentido de la vista ya que el 99% de la información que recibimos es por medio de nuestros ojos. El procesamiento de imágenes se constituye tanto en el orden como en la ejecución de algoritmos para adquirir y reparar imágenes a través de cámaras fotográficas, de video o escáner.

1.1 FUNDAMENTO DE LA IMAGEN DIGITAL.

Las imágenes digitales son fotos electrónicas tomadas ya sea en una escena o escaneadas de algún tipo de documento. Se toma una muestra de la imagen y se elabora un mapa en forma de cuadrícula de puntos de la figura (píxeles). A cada uno de los píxeles se le asigna un valor tonal (negro, blanco, matices de gris o color), el cual se representa en un código binario (ceros y unos). Los bits para cada uno de los píxeles son almacenados por la computadora en secuencia, y con frecuencia se les reduce a una representación matemática (comprimida). Luego la computadora lee e interpreta los bits para producir una versión analógica para la visualización o impresión.

Una imagen digital es una imagen $F(x,y)$ que se ha discretizado tanto en la coordenadas espaciales como en el brillo. Una imagen digital se considera como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto en la imagen y el valor corresponde a un elemento de la matriz que indica el nivel de gris en ese punto. Aunque el tamaño de una imagen digital varía dependiendo de su aplicación. Por ejemplo, un tamaño típico, comparable con una imagen monocroma de televisión, es una matriz de 512 x 512 puntos con 128 niveles de grises.

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 1.1. Lectura de los bits de una imagen.

Biblioteca de la Universidad de Cornell / Departamento de Investigación. 2000-2003

Como se observa en la figura 1.1 a cada píxel se le asigna un valor tonal, en este ejemplo 0 para el negro y 1 para el blanco.

1.1.1 MUESTREO UNIFORME Y CUANTIFICACIÓN

El uso de la digitalización para las coordenadas espaciales (x, y) se llega a denominar como el muestreo de la imagen y la digitalización de una amplitud se llega a conocer con el nombre de cuantificación del nivel de gris.

Cuando se supone una imagen continua $f(x, y)$ se le describe aproximadamente una serie de muestras igualmente espaciadas y organizadas en forma de matriz $N \times M$ como se ve en la siguiente ecuación donde cada elemento de la matriz se considera una cantidad discreta:

$$f(x, y) = \frac{f(0,0) - f(0, M-1)}{L/OV-1,0) - f(n-1, M-1)} J \quad (1.1)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 34

El término que se encuentra a la derecha de la ecuación representa lo que comúnmente se conoce como una imagen digital. A cada elemento que está en la matriz se le llega a denominar elemento de la imagen.

A veces es útil expresar el muestreo y la cuantificación en términos matemáticos más formales. Cuando Z y R representan al conjunto de números reales y enteros respectivamente ya que el proceso del muestreo se entiende como la participación en una cuadrícula del plano xy , siendo las coordenadas de cada elemento de la cuadrícula el cual es un par de elementos del producto cartesiano $Z \times Z$ el cual es el conjunto de todos los pares ordenados en (a, b) siendo a y b números enteros pertenecientes a Z . Por tanto la función $f(x, y)$ representa una imagen digital por lo tanto si (x, y) son enteros de $Z \times Z$ y la f es la función que da una asignación de gris (un número real del conjunto de los números reales R) a cada par de coordenadas (x, y) distinto. Si en dado caso los niveles de gris también son números enteros entonces Z reemplaza a R y entonces la imagen digital se convierte en una función bidimensional (2D) cuyas coordenadas y valores de amplitud son números enteros. Este proceso de la digitalización requiere unas decisiones sobre los valores en N, M y el número de niveles de gris permitidos para cada píxel.

$N \backslash m$	1	2	3	4	5	6	7	8
32	1024	2048	3072	4096	5120	6144	7168	8192
64	4096	8192	12288	16384	20480	24576	28672	32768
128	16384	32768	49152	65536	81920	98304	114688	131072
256	65536	131072	196608	262144	327680	393216	458752	524288
512	262144	524288	786432	104857	131072	157286	183500	209715
				6	0	4	8	2
102	104957	209715	314572	419430	524288	629145	734003	838860
4	6	2	8	4	0	6	2	8

Tabla 1.1 Numero de bits de almacenamiento para varios valores de N y M
Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods. Tratamiento Digital de Imágenes. Pag. 36.

1.1.2 MUESTREO NO UNIFORME Y CUANTIFICACIÓN

Para obtener un valor fijo en la resolución espacial, la apariencia de las imágenes puede mejorarse en muchos casos se emplea un esquema adaptativo en el cual el proceso de muestreo de penda de las características de la imagen. En general se hace un muestreo fino en las proximidades de los niveles de gris, mientras se aplica un muestreo tosco en las regiones suaves. Consideremos una imagen de una cara con un fondo unicolor. Es evidente que el fondo tendría poca información detallada y en este caso podría ser representado por un muestreo tosco. Sin embargo la cara llega a tener muchos más detalles.

La necesidad de identificar los contornos, aunque sea de forma aproximada, es uno de los inconvenientes definidos en la cuantificación no uniforme. Este método no es práctico en imágenes con regiones pequeñas.

Cuando el número de gris debe mantenerse reducido, para emplear el nivel desigualmente espaciado el cual es requerido en el proceso de cuantificación. Un método similar a la técnica de muestreo no uniforme se puede emplear en la distribución de niveles de gris en una imagen. Como el ojo es relativamente pobre en los grados de grises cerca de los cambios de niveles fuertes, la mejor forma en estos casos consiste en emplear pocos niveles de gris en los bordes.

Este método está sujeto a los precedentes sobre la detección de los bordes y contenido en detalles. Otra técnica alternativa para distribuir los niveles de gris es calculando la frecuencia de aparición de todos los niveles permitidos. Si en un cierto rango aparecen niveles de gris frecuentemente, y otros aparecen raramente, los niveles de cuantificación deberían están finamente espaciados en el rango y ampliamente espaciados por fuera de él. Este método se denomina cuantificación e bandas.

1.1.3. VECINOS DE UN PIXEL

Un pixel p de coordenadas (x, y) tiene cuatro vecinos tanto horizontales como verticales cuyas coordenadas son dadas así:

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1) \quad (1.2)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 44

Cada uno de los pixeles esta a una unidad de distancia de (x, y) , y algunos de estos vecinos p cae por fuera de la imagen digital si (x, y) está en el borde de la imagen. Los 4 vecinos en diagonal p tienen las coordenadas:

$$(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1) \quad (1.3)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 44

Y se representa por $N_D(P)$. Estos puntos que están junto a los 4 vecinos se denominan los 8 vecinos de P y se representan por $N_8(P)$.

1.1.4 CONECTIVIDAD

La conectividad entre pixels es uno de los conceptos importante ya que esta llega a establecer los límites de los objetos y los componentes de las áreas en las imágenes. Para llegar a determinar si dos pixels están conectados se debe determinar si son adyacentes en algún sentido (como ser 4 vecino) y ver si sus niveles de gris llegan a cumplir un criterio de similitud (como ser iguales).

Sea V el conjunto de los valores de los niveles de gris que se emplean para definir la conectividad. En una imagen con escala de grises para hacer una conectividad entre pixels con un determinado rango de valores de intensidad de por ejemplo de 32 a 64, se tiene $V = \{32, 33, \dots, 63, 64\}$. Se consideran tres tipos de conectividad:

- 4- conectividad. Dos pixels p y q con valores dentro de V están 4 conectados si q pertenece a $N_4(p)$.
- 8- conectividad. Dos pixels p y q con valores dentro de V están 8 conectados si q pertenece a $N_8(p)$.
- m- conectividad (conectividad mixta). Dos pixels p y q con valores dentro de V están m- conectados si q pertenece a $N_4(p)$. o bien q pertenece a $N_D(p)$ y además el conjunto $N_4(p) \cap N_4(q)$ es vacío. (Este es el conjunto de pixels que son 4- vecinos de p y de q cuyos valores están en V .)

1.1.5 RELACIONES, EQUIVALENCIAS Y CLAUSURA TRANSITIVA

Se dice que una relación binaria R sobre un conjunto A es:

- a) *Reflexiva* si para cada a de A , aRa ;
- b) *Simétrica* si para cada a y b de A , aRb implica bRa ; y
- c) *Transitiva* si para a , b y c de A , aRb y bRc implica aRc .

Una relación que cumpla con las tres propiedades se denomina relación de equivalencia. Una de las propiedades más importantes para la relación de equivalencia es que si R se convierte en la relación de equivalencia sobre un conjunto A , entonces se dividirá en k subconjuntos distinguidos, denominado así con clases de equivalencias, donde k puede llegar a tener un valor entre 1 e infinito, inclusive ambos, de forma que aRb si y solo si a y b se encuentran en el mismo subconjunto. Es útil expresar una relación en los términos de una matriz binaria. Por ejemplo: siendo $R = \{(a, a), (a, b), (b, d), (d, b), (c, e)\}$ se llega a obtener una matriz:

$$B = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d & e \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 48

Siendo que se han colocado 1 en las posiciones de los elementos que se relacionan y los 0 en cuyo caso contrario. Si la relación fuese reflexiva, todos los términos de la diagonal principal se cambiarían a un 1; si R fuese simétrica, la matriz B sería una matriz simétrica.

En el ejemplo que se dio anteriormente se pudo ver, a esta relacionado con b y b está relacionado con d esto se debe a que (a, b) y (b, d) pertenecen a R . sin embargo teniendo en cuenta que (a, d) no pertenece al conjunto R . el conjunto que llegue a contener estas relaciones se llega denominar clausura transitiva de R y se representa con R^+ . En este caso $R^+ = \{(a, a), (a, b), (a, d), (b, b), (b, d), (d, b), (d, d), (c, e)\}$.

1.1.6 MEDIDAS DE DISTANCIA

Para los pixels p , q y z , para las coordenadas (x, y) , (s, t) y (u, v) así respectivamente D se llega a considerar que es una función distancia o una función métrica si:

- a) $D(p, q) = 0$ ($D(p, q) = 0$ si y solo si $p = q$).
- b) $D(p, q) = D(q, p)$, y
- c) $D(p, z) = D(p, q) + D(q, z)$.

La distancia euclídea entre p y q se llega a definir por:

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{1/2} \quad (15)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 49

La distancia D_4 también conocida como distancia city-block que entre dos puntos p y q se define como:

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t| \quad (16)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 50

Ejemplo, los pixels con una distancia $D_4 = 2$ desde (x, y) (el punto central) forman los siguientes contornos de distancia constantes:

$$\begin{array}{c} 2 \\ 2 \ 1 \ 2 \\ 2 \ 1 \ 0 \ 1 \ 2 \\ 2 \ 1 \ 2 \\ 2 \end{array} \quad (17)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 50

La distancia D_8 también conocida como distancia de tablero de ajedrez entre p y q se define como:

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|) \quad (18)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 50

Ejemplo los pixels a una distancia $D_8 = 2$ de (x, y) el punto central forman los siguientes contornos de distancia constante:

$$\begin{array}{c} 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \\ 2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \\ 2 \ 1 \ 0 \ 1 \ 2 \\ 2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \\ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \end{array} \quad (19)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 50

La distancia D_4 entre los puntos p y q es igual a la longitud del 4 camino más corto entre ambos puntos. Lo mismo se llega aplicar para la distancia D_8 . De se considera que tanto la distancia D_4 y d_8 entre los puntos p y q sin importar si hay un camino que conecte ambos puntos puestos ya que las definiciones de distancia implican únicamente a las coordenadas de ambos puntos. Sin embargo en una m-conectividad el valor de cuya distancia (la longitud del camino) entre los dos pixels depende de los valores de los pixels que constituyen el camino y el de los vecinos. Ejemplo considérese la siguiente distribución de pixels y supóngase que $p - p_2$ y p_4 tienen un valor de 1, y que p_1 y p_3 tienen un valor de 0 ó 1:

$$\begin{array}{cc} P_3 & p_4 \\ P_1 & P_2 \\ P & \end{array} \quad (1.10)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pag. 51

Si solo se permite la conectividad entre pixels de valor 1 y P_1 y P_3 son = 0, entonces la m-distancia entre P y P_4 es 2. Si P_1 o P_3 son 1, entonces la distancia es 3. Si P_1 y P_3 son ambos 1, la distancia es 4.

1.1.7 OPERACIONES ARITMÉTICO-LÓGICAS

Operaciones aritméticas se realizan pixel a pixel ya que la adicción de imágenes es la reducción del ruido mediante el promediado de imágenes el cual se elimina la información estática de fondo. Uno de los principales empleos de la multiplicación (o división) de imágenes consiste en corregir las variaciones de los niveles de gris que se deben a una iluminación no uniforme o a la respuesta desigual del sensor empleado para captar la imagen.

Además del procesamiento de las imágenes enteras pixel a pixel, las operaciones aritméticas y lógicas también se utilizan en operaciones orientadas a los vecinos.

1.2 PERCEPCIÓN DE LA LUZ EN EL OJO HUMANO.

Antes de empezar a conocer cómo funciona y reacciona el ojo humano antes la presencia de la luz en el mundo que lo rodea es importante enfatizar en el concepto de la luz.

La luz es el resultado de la irradiación de la energía electromagnética en un cuerpo luminoso, el principal proveedor de luz es el sol. Para que la energía electromagnética se considere como luz visible por el ojo humano, su longitud de onda debe estar comprendida entre los 400 y 780 nanómetros y cada rango de la longitud de onda es conocida como color, por ejemplo para 400 nanómetros se

conoce como color violeta, así hasta llegar a los 780 nanómetros que es el color rojo oscuro.

Como existe luz visible (colores) existe una luz blanca, que es el resultado de la unión en proporciones iguales de todas las longitudes de ondas del espectro visible. La luz tiene tres propiedades características que el ojo humano percibe, y es el brillo, el tono y la saturación.

El ojo humano consta de fotoreceptores que cuplen la función de sensores de luz, entre los fotoreceptores se encuentra los bastones (sensibles a niveles de iluminación baja es decir visión escotopica), los conos (sensibles a niveles de iluminación alta). En la retina humana, los conos son los responsables de la percepción del color, y existen tres tipos de conos los cuales se conocen como B (430 nanómetros), G(560 nanómetros) y R(610 nanómetros).

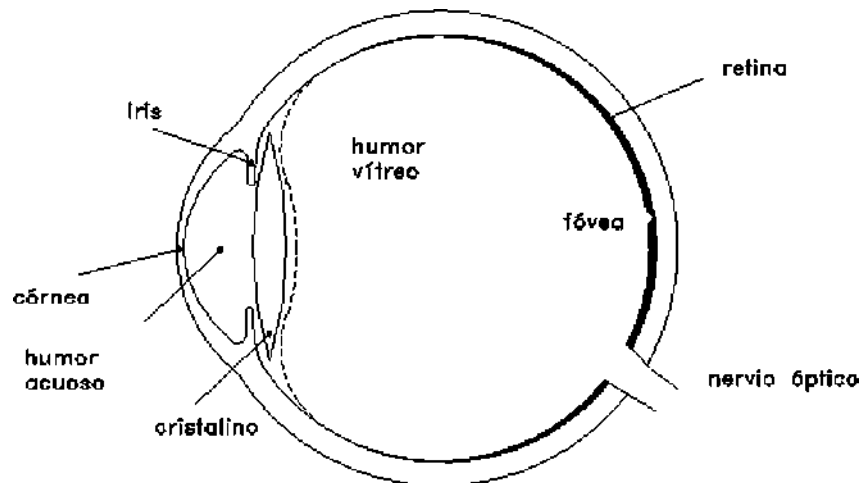


Figura 1.2 Esquema del ojo humano.

Grupo de Innovación Docente en Óptica Física y Fotónica.
Licencia Creative Commons y Universitat de Barcelona.

El ojo humano percibe ciertas características de la luz e imágenes que son importantes para la comprensión y el desarrollo del procesamiento de dichas imágenes, por ejemplo el brillo percibido por el ojo humano es de manera algorítmica, la cual es una función logarítmica de la intensidad de la luz, es decir a mayor brillo mayor contrastes; otra característica es que el ojo humano percibe la apariencia visual como una evolución de la intensidad sobre cada banda de color.

1.3 PROCESAMIENTO BÁSICO DE IMÁGENES.

El procesamiento de imágenes comprende dos grandes áreas, la primera está relacionada con la mejora y optimización de la calidad de la imagen, y la segunda

está relacionada en la interpretación de la imagen por parte de los software utilizados en el procesamiento de imágenes digitales.

En el proceso de datos la configuración se pueden hacer de dos formas: la primera es alterando los pixeles de los datos uno a uno en un rango de escala individual y la segunda es realizar operaciones basadas en el principio de la vecindad, esto se observa en la figura 1.2.

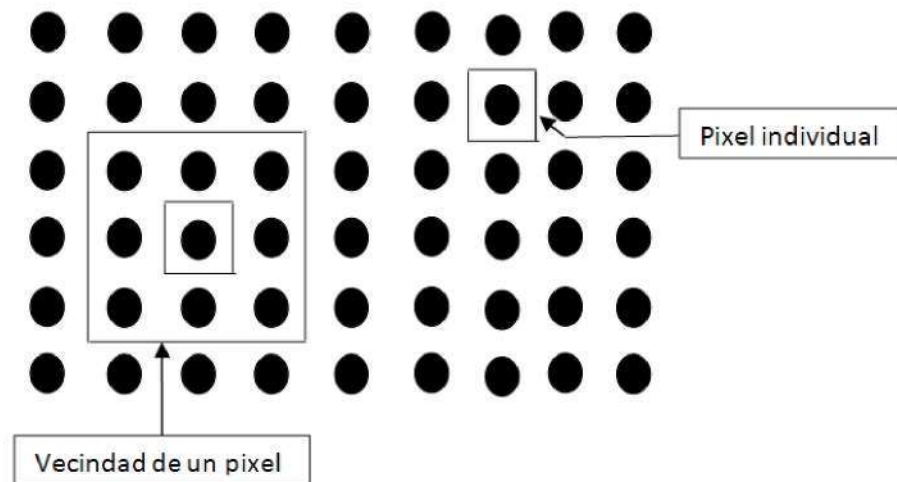


Figura 1.3 Funciones de punto y vecindad

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 66.

1.3.1 OPERACIONES INDIVIDUALES

Al procesar una imagen y aplicarle operaciones individuales a dicho proceso, se involucra la obtención de una nueva imagen que tiene modificado el valor de un píxel basándose en la aplicación de la regla global en cada localización de la imagen a procesar. La operación individual se observa de una forma más explícita en la figura 1.3, donde $p(x, y)$ es la imagen original, $f(p(x, y))$ es el operado que se aplica a cada uno de los píxeles de la imagen original, este factor puede ser un operador lineal o no lineal según sea necesario por la imagen original; y $q(x, y)$ es la nueva imagen resultante.

$$q(x,y) = f (p(x,y))$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 67.

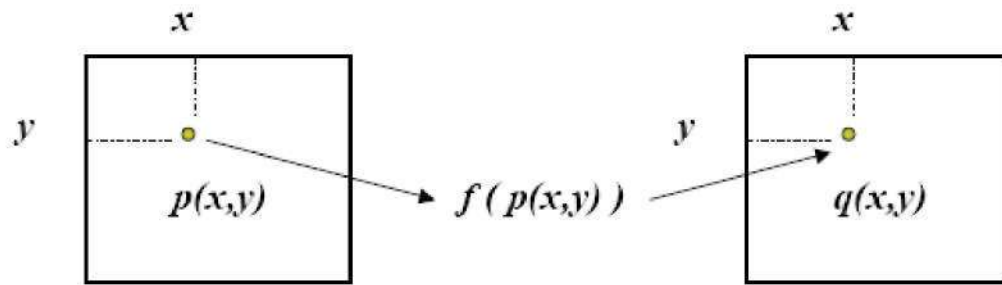


Figura 1.4 operación individual

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 67.

1.3.1.1 OPERADOR DE IDENTIDAD

Este modo de operador de identidad lo que genera es una imagen idéntica a la imagen original es decir la función de transformación de la imagen es de la forma:

$$q(x,y) = p(x,y) \quad (1.12)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 67.

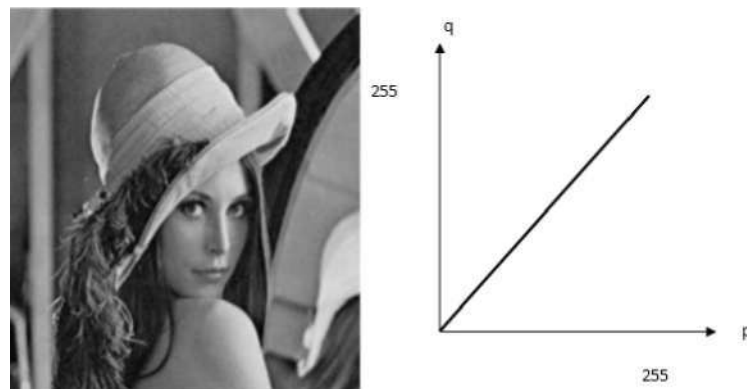


Figura 1.5 operador de identidad

Pablo Roncagliolo B. Procesamiento Digital de Imágenes

1.3.1.2 OPERADOR INVERSO

Este modo de operador genera una señal invertida de la señal de entrada original, su función de transformación se observa en la ecuación (1.13); y es aplicada para imágenes médicas y para imágenes de escala de grises que se encuentran en un rango de 0 a 255.

$$q(x,y) = 255 - p(x,y) \quad (1.13)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 67.

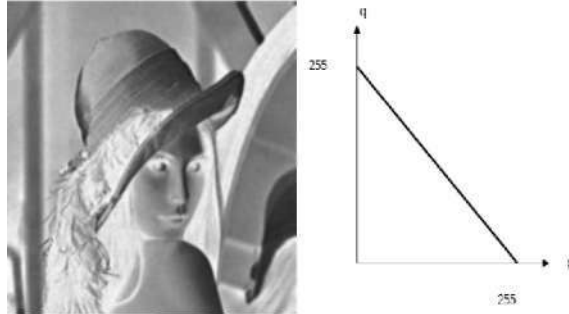


Figura 1.6 operador inverso

Pablo Roncagliolo B. Procesamiento Digital de Imágenes

1.3.1.3 OPERADOR UMBRAL

El operador umbral genera una imagen binaria con respecto a la imagen de entrada, los parámetros de este operador son con respecto a los parámetros de entrada de la imagen es decir u .

$$\begin{aligned} q(x,y) &= 0 \text{ para } p(x,y) < u \\ q(x,y) &= 255 \text{ para } p(x,y) > u \end{aligned} \quad (1.14)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 68.

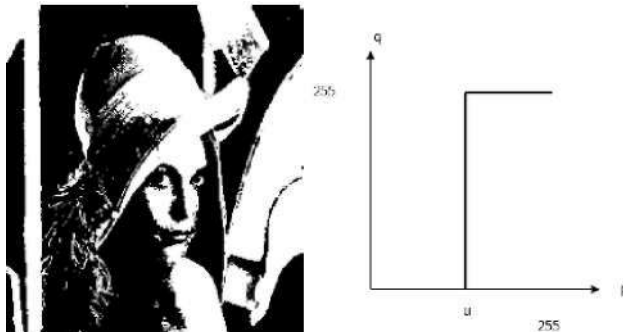


Figura 1.7 operador umbral

Pablo Roncagliolo B. Procesamiento Digital de Imágenes

1.3.1.4 OPERADOR INTERVALO DE UMBRAL BINARIO

Genera una imagen cuya salida es binaria desde una imagen de entrada, donde los valores de los grises que se encuentran en el rango de u_1 y u_2 son transformados a 255 y todos los valores de grises que se encuentran fuera del rango de u_1 y u_2 son transformados a 0.

$$q(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{para } p(x,y) < u_1 \text{ ó } p(x,y) > u_2 \\ 255 & \text{para } u_1 \leq p(x,y) \leq u_2 \end{cases} \quad (1.15)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 69.

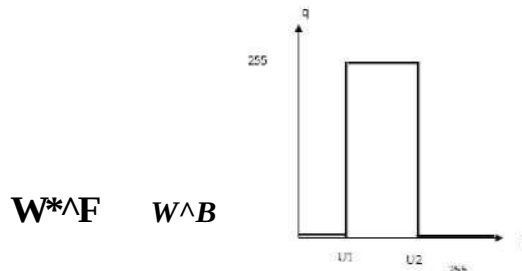


Figura 1.8 operador umbral

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 69.

1.3.1.5 OPERADOR INTERVALO DE UMBRAL BINARIO INVERTIDO

Genera una imagen cuya salida es binaria desde una imagen de entrada, donde los valores de los grises que se encuentran en el rango de u_1 y u_2 son transformados a 0 y todos los valores de grises que se encuentran fuera del rango de u_1 y u_2 son transformados a 255.

$$q(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{para } p(x,y) < u_1 \text{ ó } p(x,y) > u_2 \\ 255 & \text{para } u_1 \leq p(x,y) \leq u_2 \end{cases} \quad (1.16)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 70.

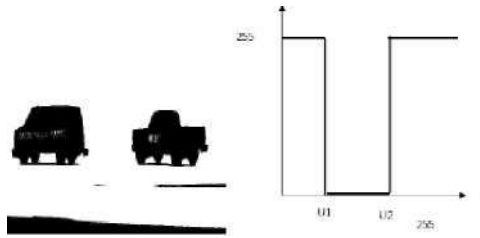


Figura 1.9 operador intervalo de umbral binario invertido

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 70.

1.3.1.6 OPERADOR UMBRAL BINARIO DE LA ESCALA DE GRISES

Genera una imagen de salida con los únicos valores de niveles de grises comprendidos entre el rango de u_1 y u_2 y lo restante se transforma a 255.

$$\begin{aligned} q(x,y) &= 255 \text{ para } p(x,y) < u_1 \text{ ó } p(x,y) > u_2 \\ q(x,y) &= p(x,y) \text{ para } u_1 > p(x,y) < u_2 \end{aligned} \quad (1.17)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 71.

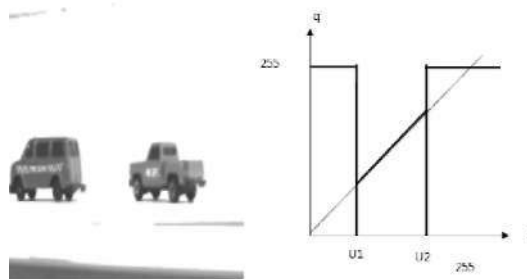


Figura 1.10 operador de umbral de escalas de grises

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 70.

1.3.1.7 OPERADOR DE UMBRAL DE LA ESCALA DE GRISES INVERTIDO

Genera una imagen de salida con los únicos valores de niveles de grises comprendidos inversamente entre el rango de u_1 y u_2 y lo restante se transforma a 255.

$$\begin{aligned} q(x,y) &= 255 \text{ para } p(x,y) < u_1 \text{ ó } p(x,y) > u_2 \\ q(x,y) &= 255 - p(x,y) \text{ para } u_1 > p(x,y) < u_2 \end{aligned} \quad (1.18)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 71.

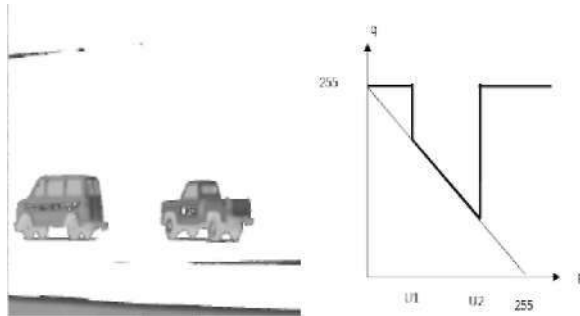


Figura 1.11 operador de umbral de escalas de grises invertido

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". Pag 71.

1.3.1.8 OPERADOR DE EXTENSIÓN

Genera una imagen de salida con la escala de grises que comprende el rango de u_1 y u_2 y la imagen resultando del rango será omitida

$$q(x,y) = 255 \text{ para } p(x,y) < u_1 \text{ ó } p(x,y) > u_2 \quad (1.19)$$

$$q(x,y) = 255 * (p(x,y) - u_1) / (u_2 - u_1) \text{ para } u_1 \leq p(x,y) \leq u_2$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 72.

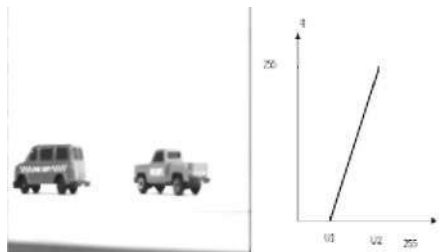


Figura 1.12 operador de extensión

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 72.

1.3.1.9 OPERADOR REDUCCIÓN DEL NIVEL DE GRISES

Genera una salida con un valor menor de la escala de grises que la imagen original.

$$\begin{aligned}
 q(x,y) &= 0 \quad \text{para} \quad p(x,y) < u1 \\
 q(x,y) &= q1 \quad \text{para} \quad u1 > p(x,y) < u2 \\
 &\dots \\
 q(x,y) &= qn \quad \text{para} \quad u_{n-1} > p(x,y) < 255
 \end{aligned}
 \tag{1.20}$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 73.

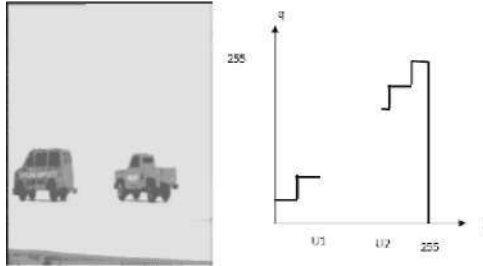


Figura 1.13 operador reducción del nivel de grises

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 73.

1.3.1.10 TRANSFORMACIONES DE DOS IMÁGENES PUNTO A PUNTO

Genera una imagen utilizando la posición de los pixeles de dos imágenes iniciales, el cual su dimensión va a ser la misma a la dimensión de las imágenes iniciales

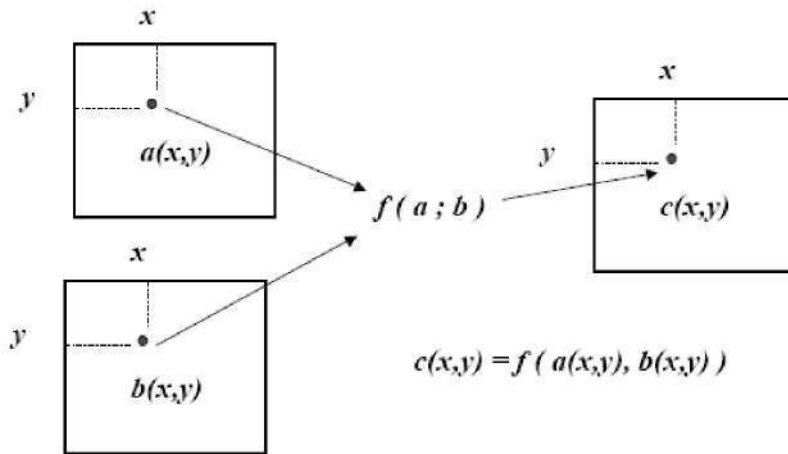


Figura 1.14 transformaciones de dos imágenes punto a punto

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 74.

1.4 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.

La mejor manera de adquirir una imagen es por medio de cámaras fotográficas digitales o por cámaras de video; la mejor opción para adquirir datos es la cámara fotográfica. Las cámaras digitales son un dispositivo que capta y almacena las imágenes en formato digital, usan un sensor electrónico ya sea de tipo CCD o CMOS en vez de una película para transformar las imágenes en datos electrónicos. Las cámaras digitales se dividen en:

- Cámaras fotográficas digitales estándar (Digicams).
- Cámaras réflex digitales (DSLR)

Los sensores CCD se utilizan para cámaras digitales, fotos y videos, son sensibles a la luz, tienen mejor color y realza las imágenes. Los sensores CMOS se utilizan para video vigilancia y para páginas webs, son más económicos y de mayor velocidad.

1.4.1 CÁMARA CCD.

La cámara CCD (sigla en ingles “Charge-coupled Devices”, sigla en español “Dispositivos de Cargas interconectadas”). Es un circuito integrado construido en material de silicio, el cual contiene un número definido de condensadores enlazados y acoplados.

Los CCD basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico, convirtiendo de manera espontánea algunos rayos de luz en corriente eléctrica. La sensibilidad que los CCD muestran depende de la eficiencia cuántica del chip es decir la cantidad de fotones que deben incidir sobre cada detector para producir una corriente eléctrica. El número de electrones que se produce es proporcional a la cantidad de luz recibida, los electrones producidos son enviados a cada detector individual o fotsite esto es por medio de una variación cíclica de un potencial eléctrico aplicado sobre bandas de semiconductores horizontales y aisladas entre sí por una capa d.

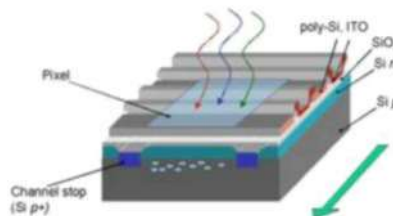


Figura 1.15 Efecto fotoeléctrico de un CCD

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Los pixeles utilizados en la tecnología CCD registran tres colores diferentes como lo son el rojo (Red), el verde (Green) y el azul (Blue), es decir que para cada color existe un pixel y en conjunto representan el conjunto de células fotoeléctricas que son capaz de captar el color en una imagen. Para poder separa los colores la mayoría de cámaras CCD utilizan la máscara de Bayer (proporciona una trama para cada conjunto de cuatro pixeles, el primer pixel registra la luz roja, el segundo pixel registra la luz azul y el tercer y cuarto pixel registra la luz verde).

El procesamiento de imágenes por medio de cámaras CCD se divide en tres etapas; la primera etapa es la de visualización e inspección de las imágenes, la segunda es la reducción, calibración o procesamiento (consta de operaciones aritméticas que involucran flats, bias y darks), y la tercera y última etapa es el análisis de las imágenes procesadas.

1.4.2 CÁMARA CMOS.

La cámara CMOS es un sensor que detecta la luz basado en la tecnología APS (Active Pixel Sensor), este sensor integra mas funciones dentro del chip como es el caso de la luminosidad, corrector de contraste y un conversor analógico-digital.

Al igual que las cámaras CCD estas cámaras se basan en el efecto fotoeléctrico y está formado por numerosos fotsitos uno para cada pixel. En la tecnología CMOS se incorpora el amplificador de la señal eléctrica en cada fotosito e incluye este conversor en el chip. Esta tecnología también usa la máscara de Bayer para distinguir los colores de una imagen.

Los sensores CMOS tienen una serie de ventajas como los son el consumo eléctrico muy inferior, es económico, tiene lecturas simultaneas de mayor numero de pixeles, tiene mayor flexibilidad en la lectura, los pixeles pueden ser expuestos y leídos simultáneamente y tienen una frecuencia alta de imagen en comparación del sensor CCD del mismo tamaño. Además de eso tiene una serie de desventajas como lo son la menor superficie receptora de la luz por pixeles, y la menor uniformidad de los pixeles.

1.5 LUMINOSIDAD

La iluminación es un aspecto decisivo en la adquisición de imágenes, ya que al elegir la técnica adecuada de iluminación logra un aumento en varios factores que afectan la adquisición de imágenes como lo son la exactitud, la fiabilidad del sistema y en su tiempo de respuesta.

Para minimizar el número de variables, la adquisición de imágenes debe estar provista con imágenes óptimas; las mejores imágenes son aquellas que tienen el mayor contraste en el cual las áreas de interés sobresalgan del fondo intrascendente y que facilitan la tarea de adquisición.

1.5.1 FUNDAMENTOS DE LA ILUMINACIÓN

Aunque un poco olvidada pero igual de importante es la elección de una buena iluminación, aunque es igual de importante a la elección del lente de la cámara que se debe utilizar para obtener buenas imágenes; para que una característica aparezca en una imagen la luz debe provenir de la fuente de iluminación, reflejarse en el objeto y recolectarse por el lente de la cámara.



Figura 1.16 fundamentos de iluminación

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Al diseñar la iluminación se debe intentar hacer que todos los haces de luz reflejados por el objeto los tome el lente de la cámara como parte de la imagen y se debe evitar los haces que no sean parte de la imagen ya que estos haces producen resplandor y a su vez disminuye el contraste de la imagen.

1.5.2 TIPOS DE REFLEXIÓN

Existen dos formas de reflexión de los objetos, la reflexión especular y la reflexión difusa. La reflexión especular consiste en que cada rayo incidente se refleja en una dirección única es decir la reflexión de los rayos son paralelos. En la reflexión difusa los rayos incidentes se dispersan en ángulos salientes.

1.5.2.1 REFLEXIÓN ESPECULAR

Este tipo de reflexión es poco confiable ya que las imágenes son brillantes que la intensidad de la reflexión es igual que la intensidad de la luz que proviene de la fuente, produciendo varias veces saturación en el sensor de la cámara. Además

de la característica de brillo en la imagen, si se produce un cambio, así sea el más mínimo, entre el Angulo que se produce entre la fuente de luz, el objeto y las lentes, hace que la reflexión especular desaparezca completamente; por estas dos razones es mejor evitar este tipo de reflexiones.

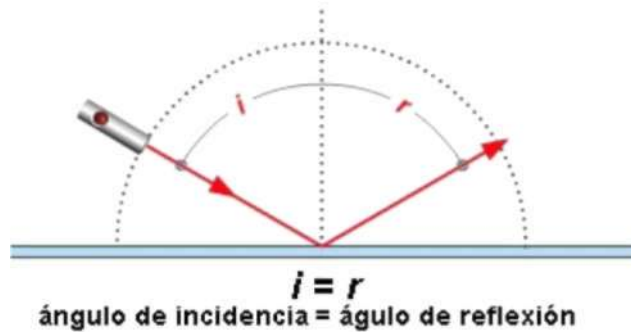


Figura 1.17 Reflexión especular

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.2.2 REFLEXIÓN DIFUSA

Este tipo de reflexión es tenue pero a su vez es estable, ya que la intensidad de la reflexión pasa de ser de 10 veces a 1000 veces menor que la intensidad presente en la fuente de luz. La intensidad de la luz reflejada en la imagen cambia lentamente con el Angulo y las superficies difusas pueden ser iluminadas de manera correcta usando dos tipos de fuentes, como lo son las fuentes de luz difusas y las fuentes de luz puntuales.

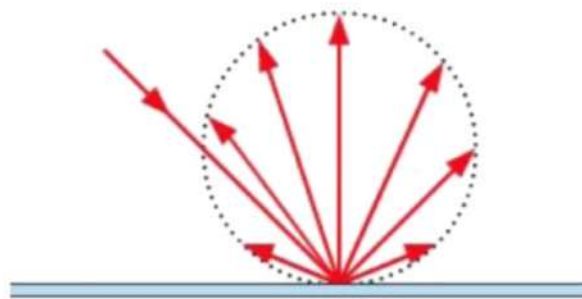


Figura 1.18 Reflexión difusa

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.3 TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN

La iluminación en el área industrial debe tener presente un gran número de aspectos ya que deben abarcar espacios muy grandes y extensos y por tal motivo deben poseer características distintas a luminarias convencionales o residenciales como poseer mayor potencia, brillo, incandescencia y aceptar los cambios bruscos de voltaje. Por tal motivo a continuación se describirá cada uno de las técnicas de iluminación.

1.5.3.1 ILUMINACIÓN POSTERIOR (BACKLIGHT)

La iluminación posterior o iluminación backlight es aquella que delinea el contorno de las piezas, permitiendo minimizar la visibilidad de los gabinetes translucidos y visualizando perforaciones pasantes.

Esta técnica ofrece un contraste alto y la facilidad de implementar propiedades a las imágenes; en las imágenes tomadas el fondo (background) es uniformemente blanco y la visualización del objeto es por medio de su silueta. Dentro de esta técnica se puede encontrar el tipo de reflexión difusa y la especular (direccional).

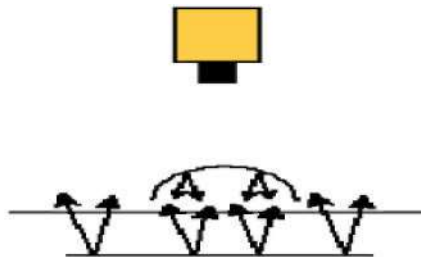


Figura 1.19 Iluminación posterior

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

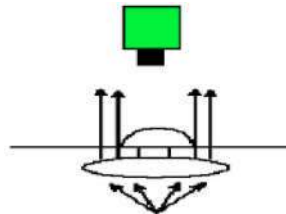


Figura 1.20 Iluminación posterior direccional

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Esta técnica de iluminación se usa para medir dimensiones exteriores, ubicar puntos de sujeción y para medir la opacidad de materiales translucidos.

1.5.3.2 ILUMINACIÓN FRONTAL OBLICUA Y DIRECCIONAL

En la técnica de iluminación frontal oblicua la dirección de la iluminación (Angulo de incidencia) es el Angulo formado por el plano normal a la superficie y el rayo incidente; cuando los haces de luz forman un Angulo de 20° con respecto a la superficie se puede maximizar el contraste en objetos con relieves de manera que los bordes se vean brillantes frente al fondo oscuro que forman las superficies planas del objeto.

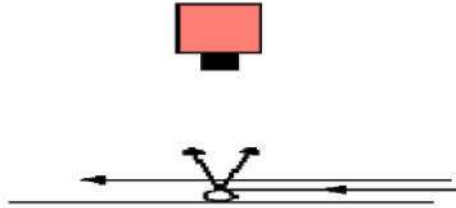


Figura 1.21 Iluminación frontal oblicua

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

En la técnica de iluminación frontal direccional el Angulo de incidencia entre los rayos incidentes y la superficie tiene que ser de 30° reduciendo un poco el contraste y a su vez incrementando la cantidad de información que se obtiene en las superficies planas.

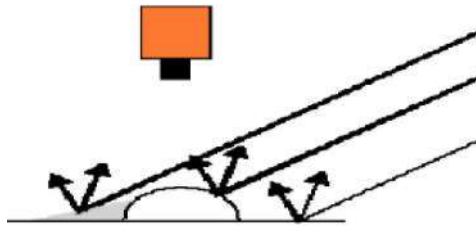


Figura 1.22 Iluminación frontal direccional

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Esta técnica de iluminación se encuentra comercialmente en forma de anillos y domos, los anillos son apropiados para superficies planas y difusas y se encuentran en espectro blanco, rojo, IR, UV, azul, verde, iluminación continua, iluminación ausente, lente difusor, lente no difusor.



Figura 1.23 Anillos

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial



Figura 1.24 Anillo con difusor

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Los domos generan una iluminación difusa y uniforme, se usa en superficies refractivas y se encuentran en iluminación continua, iluminación pulsante y en fuentes conectadas por medio de fibra óptica.



Figura 1.25 domo

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.3.3 ILUMINACIÓN FRONTAL AXIAL

La técnica de iluminación frontal axial produce una iluminación desde el mismo eje de la cámara con luz uniforme con la inclusión del centro de la imagen, permite iluminar de manera uniforme superficies refractivas, realza detalles de grabado y crea contraste entre las superficies especulares y difusas, entre las superficies especulares y absorbentes.

En el mercado se encuentra dispositivos que envían luz mediante el divisor de haces a 90°, provee iluminación de manera uniformes para superficies refractivas planas.



Figura 1.26 Dispositivo comercial de iluminación frontal axial

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Donde las superficies refractivas perpendiculares a la cámara se observan iluminadas en cambio que aquellas superficies que se encuentran en otros ángulos aparecen oscuras.

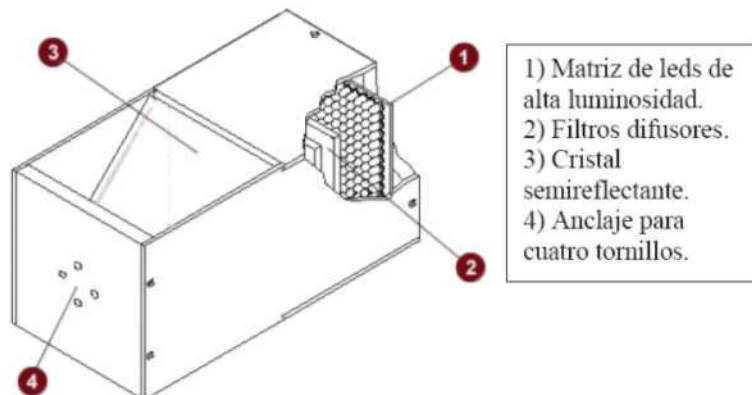


Figura 1.27 Funcionamiento interno del dispositivo comercial de iluminación frontal axial.

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Al generar una mayor uniformidad se logra incrementar la precisión y la repetibilidad del sistema de adquisición.

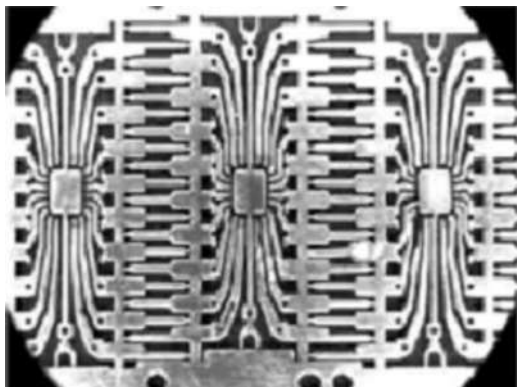


Figura 1.28 contactos iluminados con un anillo de luz fluorescente
Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

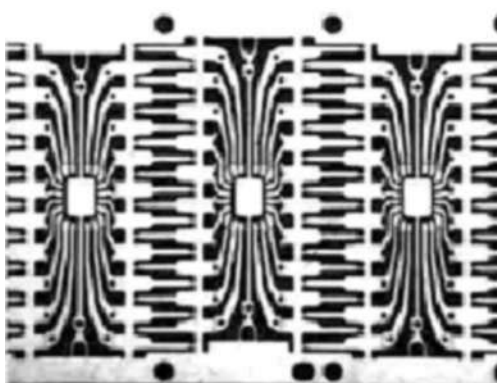


Figura 1.29 Contactos iluminados con luz difusa axial
Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

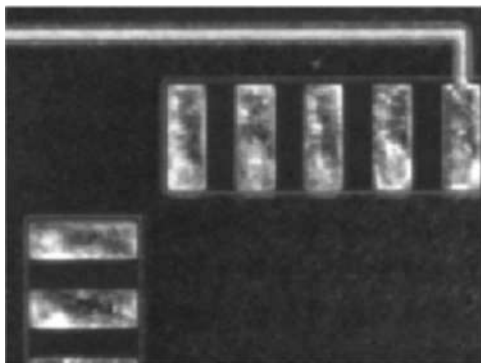


Figura 1.30 Plaqueta iluminada con anillos de luz.
Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

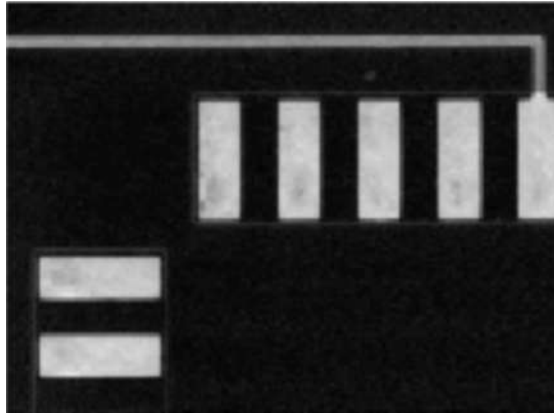


Figura 1.31 Plaqueta iluminada con luz difusa axial.

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.3.4 ILUMINACIÓN DE DÍA NUBLADO (CLOUDY DAY ILLUMINATION, CDI)

En este tipo de iluminación se suministra la iluminación difusa en la misma dirección que el eje de la cámara, se utiliza en aplicaciones complejas y difíciles con superficies especulares irregulares que necesitan luz completamente uniforme; proporciona una uniformidad completa con un 10% de desviación máxima en el campo de visión.

El CDI es un sistema perfecto de iluminación difusa existente, este sistema combina un sistema óptico con una esfera difusora que genera un ambiente de iluminación difusa.

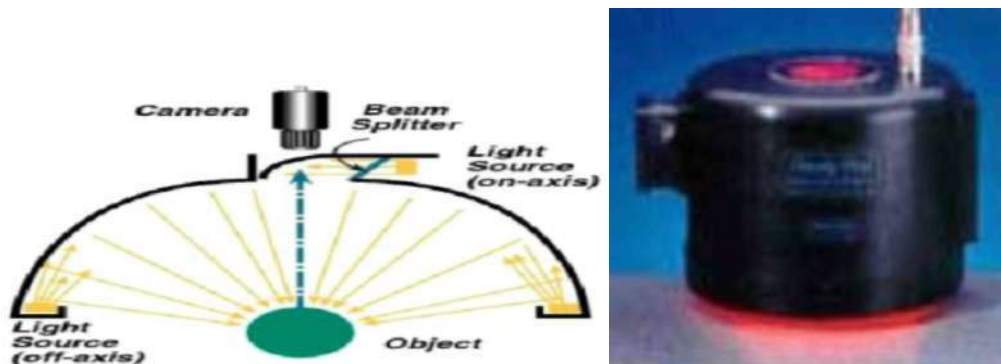


Figura 1.32 Dispositivo CDI

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Se usa en aplicaciones críticas basadas en objetos con superficies altamente especulares en el cual la reflexión se puede confundir con un defecto. Entre las aplicaciones se encuentran la verificación de discos compactos, la inspección de patrones en circuitos impresos, inspección de productos dentro de su envoltorio.

1.5.3.5 ILUMINACIÓN DE CAMPO OSCURO (DARK FIELD)

La técnica de iluminación de campo oscuro se basa en hacer incidir la luz directa de alta intensidad sobre el objeto con un Angulo muy pequeño respecto a la superficie donde descansa. La iluminación de campo oscuro realza el contraste de los detalles superficiales como lo son los grabados, las marcas y los defectos.

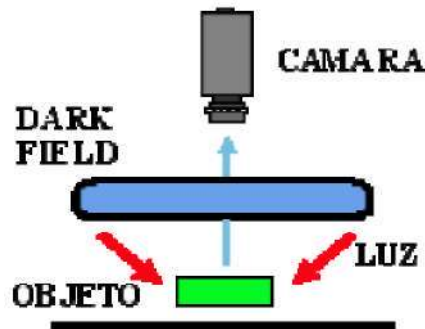


Figura 1.33 Iluminación de campo oscuro

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

De esta forma se consigue que sobre superficies que presentan hendiduras o elevaciones se interfieran la trayectoria de la luz produce zonas brillantes. De manera comercial se encuentran en forma de anillo con hileras de leds direccionadas a 75° y 90° con respecto al eje óptico y con una iluminación continua.

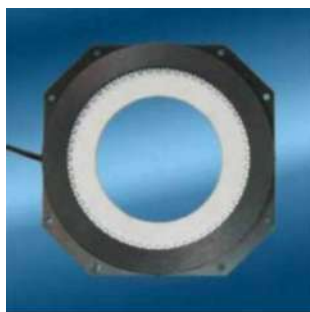


Figura 1.34 Dispositivo comercial de iluminación de campo oscuro

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.3.6 ARRAY DE LUCES

En este tipo de iluminación la luz que se produce por el array de luces llega directamente al objeto y produce un gran contraste y se resalta las texturas, el relieve y las fisuras del objeto iluminado produciendo una sombra muy definida. El Angulo de incidencia de la luz respecto al plano de iluminación determina el grado de resalte del relieve, para ángulos muy pequeños respecto a la horizontal la luz producirá sombra en los relieves del objeto; para ángulos cercanos a 90° respecto a la horizontal, solo se detecta la sombra en los grandes relieves.

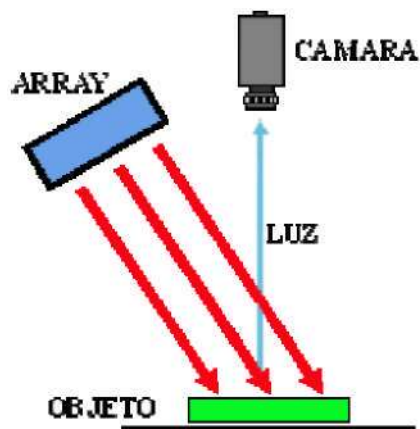


Figura 1.35 iluminación de array de luces

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

Este tipo de iluminación se encuentra comercialmente en forma de fuente puntual, cuadrada, rectangular; provee iluminación de forma económica y su uso es unidireccional generalmente. Se emplea para los métodos de campo oscuro y los métodos de campo claro en superficies difusas.



Figura 1.36 iluminación de array de luces de fuente puntual

Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

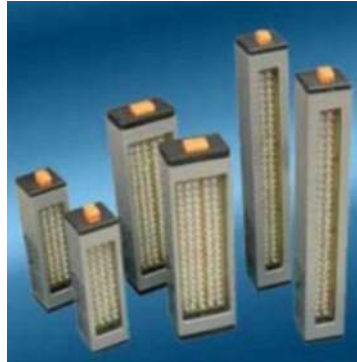


Figura 1.37 iluminación de array de luces de fuente rectangular
 Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

1.5.3.7 ILUMINACIÓN DE CAMPO CLARO (BRILLANTE)

En esta técnica la fuente de luz es uniforme y difusa (suave) y se genera una incidencia con un pequeño Angulo sobre la superficie reflectante del objeto. La posición de la cámara se ubica en el mismo Angulo de forma para obtener un Angulo que obtiene una imagen reflejada de la fuente de luz en la superficie del objeto inspeccionado, una imperfección produce una mancha oscura en la imagen captada y su apreciación es debido a la variación del Angulo de reflexión que produce la imperfección con respecto al Angulo de luz incidente, produciendo una pérdida en el reflejo de la fuente de iluminación indicado para la detección de rayas, fisuras y deformaciones en objetos con superficies planas y brillantes.

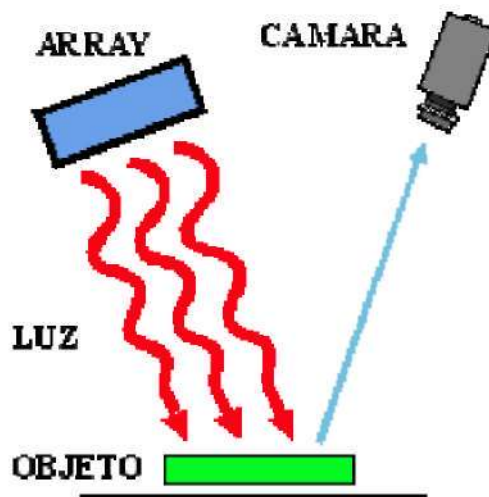


Figura 1.38 iluminación de campo claro
 Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial. Cátedra: Visión Artificial

2 FUNDAMENTO DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

2.1 FUNDAMENTO DE COLOR

En el procesamiento de imágenes en color existen dos áreas fundamentales, la primera área es la del color (procesan las imágenes obtenidas con un sensor de color o un sensor multiespectral) y la segunda área es la del pseudocolor (colorea las imágenes monocromas por asignación de un color a cierto nivel de intensidad). Un cuerpo blanco es aquel refleja todas las longitudes de onda y para el observador se muestra como un objeto blanco; sin embargo aquel cuerpo que favorece en un rango limitado la reflectancia de longitudes de onda en el espectro visible exhibe un determinado color. Existen tres colores primarios (absorbe un color primario de luz y refleja los otros dos) que son el rojo (R), el verde (G) y el azul (B), de la combinación de estos se producen los colores secundarios de la luz como es el caso del magenta (rojo y azul), el cyan (verde y azul) y el amarillo (rojo y verde). Al mezclar los colores primarios o al mezclar los colores secundarios en proporciones equitativas produce el color blanco.

Para poder distinguir un color de otro se usa la característica de brillo que incorpora la noción cromática de intensidad, la característica de matiz el cual es un atributo de la longitud de onda dominante que se encuentra en la mezcla de las longitudes onda de luz, la característica de la saturación que se refiere a la cantidad de luz blanca mezclada con un matiz.

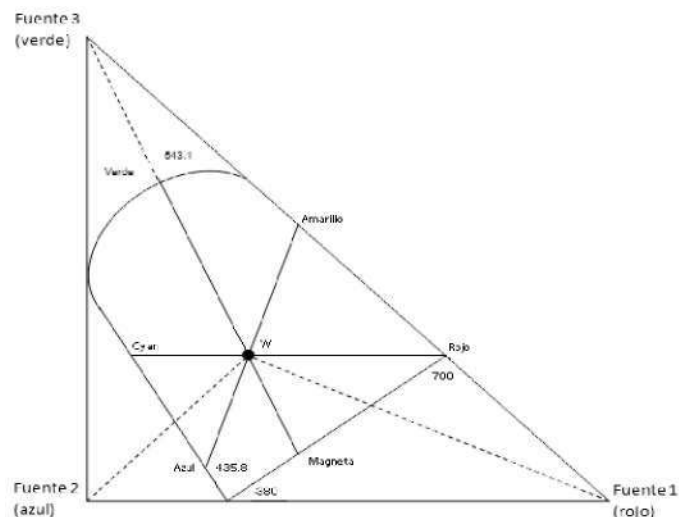


Figura 2.1. Diagrama de cromaticidad según el estándar de la CIE (W es el color blanco)

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 125.

El diagrama de cromaticidad es esencial para mezclar los colores, ya que una línea recta que una dos puntos en el diagrama define las variaciones de los diferentes colores que se pueden obtener combinar esos dos colores de forma aditiva.

2.1.1 MODELOS DE COLOR

Los modelos de color es la especificación de un color en un sistema 3D y la representación de cada color por medio de un punto en un subespacio dado. Los modelos de color se especifican de manera estándar y los más comunes usados en la orientación a hardware son el RGB (rojo, verde y azul), el CYM (cyan, magenta y amarillo), el modelo YIQ (reflectancia, infase y cuadratura), el modelo de HSV (matiz, saturación y valor), el modelo HSI (matiz, saturación e intensidad).

2.1.1.1 MODELO RGB

Este modelo está basado en el sistema de coordenadas cartesianas, donde cada color aparece en sus componentes espectrales primarios (rojo, verde y azul).

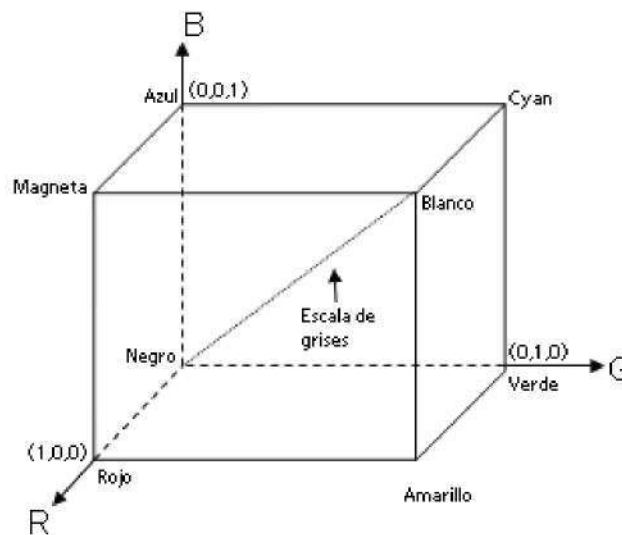


Figura 2.2. Tetraedro de color RGB.

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 127.

En el tetraedro de color RGB, los vértices RGB se encuentran en los tres vértices; los colores cyan, el magenta y el amarillo se ubican en otros tres vértices, el color negro corresponde al origen y el color blanco se ubica en el vértice más alejado

del origen. La escala de grises se extiende desde el negro al blanco a lo largo de la diagonal que une esos dos puntos, donde los colores son puntos que se encuentran dentro del tetraedro y son vectores desde el origen. En el tetraedro de color RGB, los vectores R, G y B están normalizados con un vector unitario en el rango de [0,1].

2.1.1.2 MODELO CMY

El modelo CMY está conformado por los colores secundarios de la luz (cyan, magenta y amarillo), es decir cuando una superficie está pintada con pigmento amarillo esta se ilumina con luz blanca, la luz azul se absorbe y no se refleja, ya que el pigmento amarillo sustrae la luz azul de la luz blanca.

La ecuación (2.1) muestra la conversión matemática que se debe utilizar para pasar de un modelo CMY, en el cual se observa la normalización en el rango [0,1]; se demuestra en la ecuación (2.1) que la luz que se refleja en una superficie amarilla (Y=1, C=0, M=0) no contiene el color azul ya que el amarillo realmente corresponde al B=0, R=1 y G=1.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 127.

Del mismo modo un pigmento magenta no refleja la luz verde y un pigmento cyan no refleja la luz roja.

2.1.1.3 MODELO YIQ

Este modelo está compuesto por las componentes de reflectancia, infase y cuadratura, donde es más sensible a la reflectancia (Y) y la información del color (infase (I) y cuadratura (Q)) se puede tratar por separado. Para obtener los valores del modelo RGB a partir del modelo YIQ se utiliza la operación de la matriz inversa de la ecuación (2.2).

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.578 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 127.

2.1.1.4 MODELO HSI

Este modelo se caracteriza por dos cualidades importantes en el procesamiento de imágenes, la intensidad (I) se puede separar de la información del color en la imagen y los componentes del matiz (H, describe la pureza del color) y de la saturación (S, grado en que el color puro es diluido en la luz blanca) se relacionan con el modo de la percepción del color del ojo humano.

Los colores en el modelo HSI son definidos con respecto a los valores normalizados del modelo RGB.

$$I = -(R + G + B) \quad (2.3)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 130.

$$H = \cos^{-1} \left| \frac{(R - G) + (R - \min(R, G, B))}{(R - G)^2 + (R - \min(R, G, B))^2} \right| \quad (2.4)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 133.

$$S = 1 - \min(R, G, B) \quad (2.5)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 133.

2.1.1.5 MODELO HSV

La intensidad del color varia del negro a blanco en un único prisma a diferencia del prisma doble, este modelo es similar al modelo HSI.

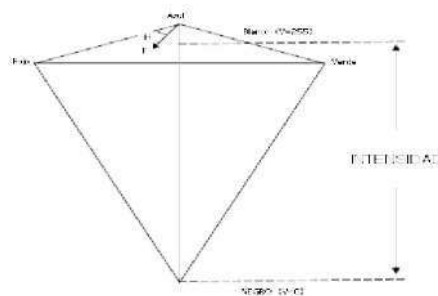


Figura 2.3. Diagrama del modelo HSB.

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 127.

2.1.2 PSEUDOCOLOR

El color pseudocolor o color indexado, es el suministro de un número relativamente pequeño (por ejemplo: 256) de colores en un mapa de colores o paleta. Para cada pixel en la imagen, se almacena el número de índice de un color. Al recuperar la imagen, una tabla de acceso rápido utiliza el índice para recuperar los componentes principales (rojo, verde y azul) que se mandan al monitor.

2.2 SUAVIZADO Y REALZADO

El suavizado de imágenes se utiliza para dar un efecto difuminado a una imagen o para eliminar ruido. El suavizado se conoce como filtrado espacial paso bajo y borra los detalles más finos de una imagen, atenuando las altas frecuencias y manteniendo a su vez las frecuencias bajas y las frecuencias medias. El suavizado se aplica para simular una cámara desenfocada, o para restar énfasis a un fondo. Este proceso se alcanza mediante la convolución, y en si es el promedio del vecindario; promediar tiende a eliminar los valores extremos de un grupo, cuanto más grande sea la máscara, mayor es el efecto de suavizado y mayor es el tiempo de computo.

El realce destaca los detalles finos de una imagen o intensifica detalles que ha sido difuminados, ya sea por algún error producido en la adquisición de la imagen o por defecto natural. Al realzar una imagen se aumenta el contraste. Esta característica se aplica en la impresión electrónica, imágenes medicas, inspecciones industriales y la detección autónoma de objetos.

2.2.1 PROMEDIADO DEL ENTORNO DE VECINDAD

Dada una imagen $g(i, j)$ se obtiene una imagen suavizada $f(i, j)$ cuya intensidad se obtiene realizando el promedio de los valores de la intensidad de los pixeles de g en la vecindad de (i, j) , es decir:

$$f(i, j) = \frac{1}{P} \sum_{(m,n) \in S} g(m, n) \quad (2.6)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 90.

Donde P es el número total de punto que contiene el entorno de la vecindad y S es el conjunto de coordenadas de los puntos situados en el entorno de la vecindad.

2.2.2 PRESERVAR LOS BORDES Y SUAVIZAR LA IMAGEN

Al suavizar una imagen se observa que ciertos bordes con una cantidad lumínica desaparece de la imagen resaltante, este es un gran problema que se encuentra en una imagen que requiere un tamaño de vecindad mayor. Para solucionar este problema se plantea un algoritmo que evita que ciertos bordes de una imagen desaparezca al ser suavizada dicha imagen, el algoritmo consta de los siguientes pasos:

- > Rotar una máscara rectangular alrededor del punto (x, y).
- > Detectar la posición de la máscara en el cual el nivel de grises es mínima.
- > Asignar el valor de la posición de la máscara del nivel de grises en el punto (x, y).
- > Repetir los pasos anteriores a todos los puntos de la imagen.
- > Realizar este proceso hasta que no haya una variación en todos los niveles de grises de la imagen o hasta un número deseado de iteraciones.

2.2.3 SUAVIZADO BINARIO DE IMÁGENES

Las imágenes binarias resultan de usar luz posterior o luz estructurada, o de procesamientos tales como la detección de contornos o de umbrales. Usaremos el convenio de etiquetar los puntos oscuros con un 1 y los puntos iluminados con un 0. El ruido en una imagen binaria genera efectos tales como contornos irregulares, pequeños huecos, esquinas perdidas y puntos aislados. Para corregir estos defectos en una imagen binaria se aplica el suavizado a dicha imagen, dicho proceso se realiza por medio de la evaluación de una función booleana sobre un entorno de vecindad centrada sobre un pixel (p) que depende de la configuración espacial y de los valores binarios de sus vecinos, usando entonces la máscara 3 x 3 que se muestra en la figura (2.4) :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
<i>d</i>	<i>p</i>	<i>e</i>
<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>

Figura 2.4. Matriz 3x3

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 94.

Las dos primeras expresiones booleanas son representadas por B_1 .

$$B_x = p + b - g - \{d + e\} + d - e - \{b + g\} \quad (2.7)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 94.

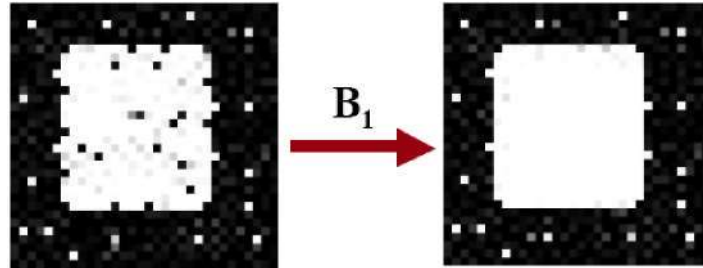


Figura 2.5. Matriz 3x3

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

Si B_1 es igual a 1, p tomara un valor de 1 y en caso contrario p tomará el valor 0. La ecuación de B_1 se aplica a todos los pixeles de manera simultánea. Los pasos 3 y 4 del proceso de suavizado se llevan a cabo evaluando la expresión booleana B_2 :

$$B_2 = p - \{a + b + d\} - (e + g + h) + (b + c + e) - (d + g + h) \quad (2.8)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 94.

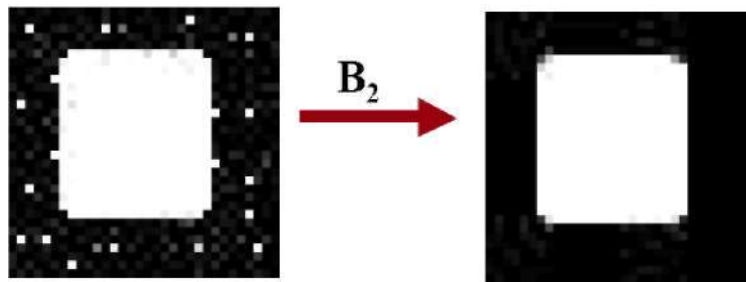


Figura 2.6. Matriz 3x3

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

Para recuperar los puntos de la esquina superior derecha se utiliza B_3 .

$$B_3 = p - (d - f - g) - (a + b + c + e + h) + p \quad (2.9)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

La expresión booleana de B4, recupera la esquina inferior derecha; de la misma manera la expresión booleana de B5, recupera el borde superior izquierdo; y el borde inferior izquierdo es recuperado por la expresión booleana de B6.

$$B_4 = p-(a-b-d)-(c+e + f + g+k)+p \quad (2.10)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

$$B_5 = p-(e-g-h)-(a+b+c+d+f)+p \quad (2.11)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

$$B_6 = p-(b-c-e)-(a + d + f + g+k)+p \quad (2.12)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

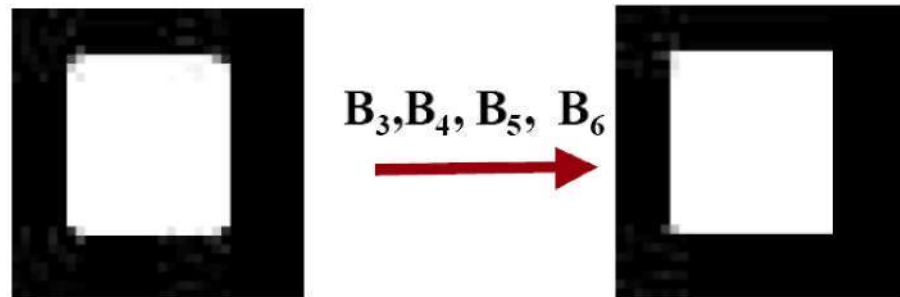


Figura 2.7. Matriz 3x3

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 95.

2.2.4 HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN (REALZADO)

El histograma de una imagen contiene la información de la probabilidad de aparición de las distintas tonalidades de color que se pueden dar en cada caso. En el caso de una imagen en color, no podemos hablar de un único histograma que caracterice a la imagen sino de tres histogramas, uno para cada color, El histograma se usa comúnmente para la escala de grises en ese caso si se tiene una imagen digital con L niveles de grises en el rango $[0, L-1]$, se obtiene la siguiente función discreta:

$$P(g) = \frac{N(g)}{M} \quad (2.13)$$

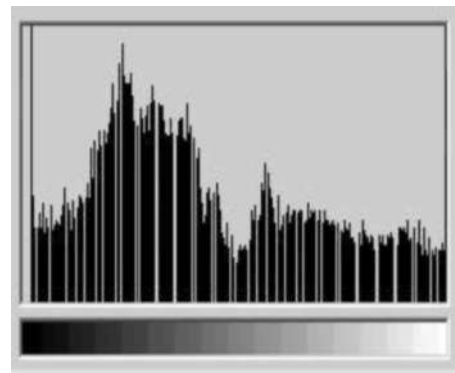
Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 96.

Donde g es el nivel de intensidad, $N(g)$ es el número de píxeles en el nivel de intensidad y M es el número de píxeles en la imagen. Los niveles en las escalas de grises están representados a lo largo del eje x y el número de ocurrencias para cada intensidad se representan en el eje y .

Al crear un histograma de una imagen de escala de grises se realiza por medio de medios informáticos, donde se debe crear un vector (array) que contenga 256 posiciones (una por cada nivel), el algoritmo recrea cada uno de los píxeles de la imagen y aumenta en una unidad el valor guardado en la posición del array correspondiente al tono del píxel que se esté manejando.



Imagen Original



Histograma de la imagen

Figura 2.8. Ejemplo de Histograma de una figura
Tratamiento digital de imágenes. Cursos iterativo

En el caso de la imagen en color, aparecen tres histogramas, de forma que el tratamiento de imágenes en color se complica por la aparición de nuevos componentes. Ahora el histograma no contiene los tonos del negro al blanco, sino del negro al color correspondiente (rojo, verde ó azul -caso RGB-). Al elaborar el histograma, el algoritmo debe separar el color correspondiente a cada píxel en sus componentes RGB (rojo, verde y azul).

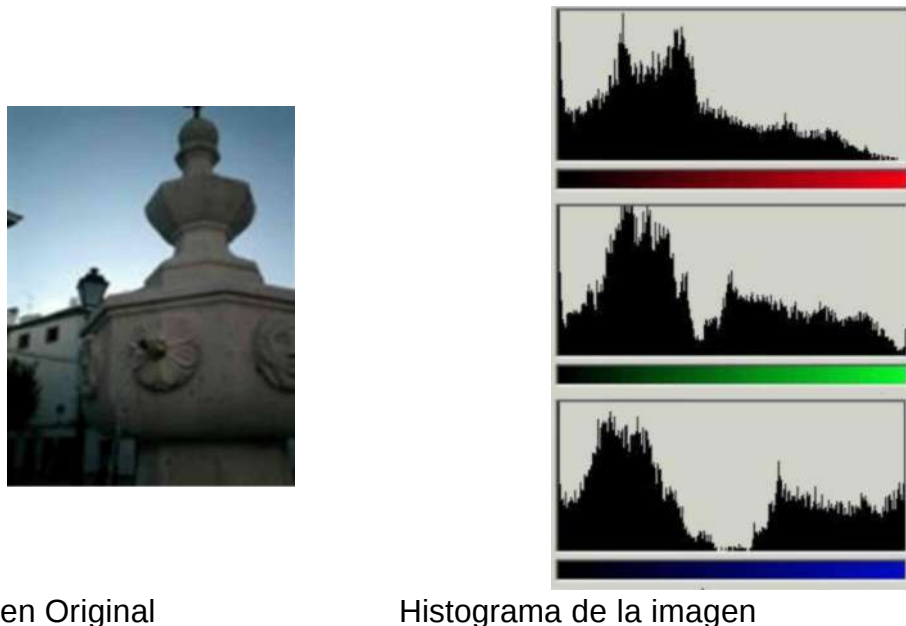


Imagen Original

Histograma de la imagen

Figura 2.9. Ejemplo de Histograma de una imagen de color
Tratamiento digital de imágenes. Cursos iterativo

2.2.5 BRILLO, CONTRASTE Y CORRECCIÓN GAMA

El brillo indica el nivel de gris que poseen los píxeles de una imagen, es decir, es el valor de $f(x, y)$ en cada punto de la imagen; los valores grandes de brillo representan tonos claros, mientras que valores pequeños representan tonos oscuros. Al variar el nivel de *brillo de una imagen* consiste en sumar o restar a todos los píxeles un nivel constante de gris. En el caso de una imagen de 8 bits, el nivel de brillo a sumar o restar tomará valores comprendidos entre 0 y 255. La expresión que calcula el brillo de una imagen de niveles de grises se observa en la ecuación (2.14).

$$g(x, y) = f(x, y) + \text{brillo} \quad (2.14)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 99.

Al aplicar $g(x, y)$ se aumenta el brillo de la imagen y hace que la imagen se vuelve más clara y el histograma resultante aparece desplazado hacia la derecha en el valor de *brillo*. Por el contrario al reducir el brillo de la imagen, lo que produce es una imagen más oscura, y un histograma desplazado hacia la izquierda también en el valor de *brillo*.

El *contraste* representa la diferencia entre niveles de gris claros y oscuros de una imagen. Al aplicar el contraste en una imagen se modifican los valores de los píxeles produciendo un aumento en el rango dinámico de valores de las intensidades de la imagen a procesar.

Una manera fácil de expresar el contraste es por medio de la ecuación (2.15):

$$g(x,y) = \begin{cases} m_0 * (f(x,y) - x_0) + y_0 & \text{para } x_0 \leq f(x,y) < x_1 \text{ siendo } m_0 = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0) \\ m_1 * (f(x,y) - x_1) + y_1 & \text{para } x_1 \leq f(x,y) < x_2 \text{ siendo } m_1 = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \\ m_2 * (f(x,y) - x_2) + y_2 & \text{para } x_2 \leq f(x,y) \leq x_3 \text{ siendo } m_2 = (y_3 - y_2) / (x_3 - x_2) \end{cases} \quad (2.15)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 99.

La corrección de gamma es usada frecuentemente en el proceso de imágenes y sirve para compensar respuestas no lineales en los sensores de imágenes, pantallas y películas, y define el grado de intensidad en una imagen. Los colores más bajos producen una imagen más oscura, mientras que los valores más altos producen una imagen más clara. La corrección de gamma se obtiene de una forma matemática donde γ toma valores comprendidos entre 0 y 2.

$$g(x,y) = f(x,y)^{1/\gamma} \quad (2.15)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 99.

2.2.6. CONTRACCIÓN DEL HISTOGRAMA

Al aplicarle una contracción al histograma se disminuye el rango dinámico de la distribución de niveles de la escala de grises de la imagen. La contracción no produce un realzado a la imagen.

$$g(i, j) = \frac{C - C_{MIN}}{f_{MAX} - f_{MIN}} f(ij) \quad f_{MIN} \leq f(ij) \leq f_{MAX} \quad (2.16)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 103.

Donde C_{MAX} y C_{MIN} representan el máximo y el mínimo valor deseado de intensidad de gris, f_{MAX} y f_{MIN} son el valor máximo y mínimo de intensidad de gris en la imagen de entrada y $f(i, j)$ es el nivel de gris de entrada.

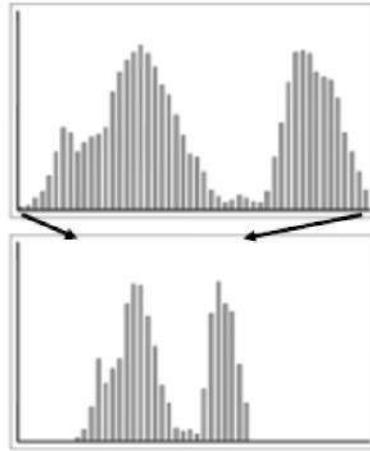


Figura 2.10. Contracción del histograma
Tratamiento digital de imágenes. Cursos iterativo

2.2.7 EXPANSIÓN DEL HISTOGRAMA

La expansión del histograma es una operación opuesta a la contracción y es empleada para aumentar el contraste de una imagen, donde aumenta el rango dinámico de zonas de interés sin tener en cuenta que se produce una pérdida de rango dinámico en otras. su ecuación característica es:

$$g(i, j) = \frac{f(i, j) - f_{MIN}}{f_{MAX} - f_{MIN}} (MAX - MIN) + MIN \quad (2.17)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 103.

Donde MAX y MIN representan el máximo y mínimo valor posible de los niveles de gris. Inicialmente estos valores serán nuestro rango "clásico" (0 a 255) pero podríamos desear que la expansión no cubriese todo el rango posible, por tanto deberíamos dar a MAX y MIN valores específicos.

Un problema que se nos podría presentar sería en el caso de que el histograma de nuestra imagen original presentase un gran número de valores dentro de un pequeño rango y unos cuantos extremos, abarcando así todo el rango de valores,

por tanto la expansión del histograma no mejoraría la imagen. Una posible solución sería recortar los valores externos que caen fuera del rango donde se concentran la mayoría de los valores de la imagen.

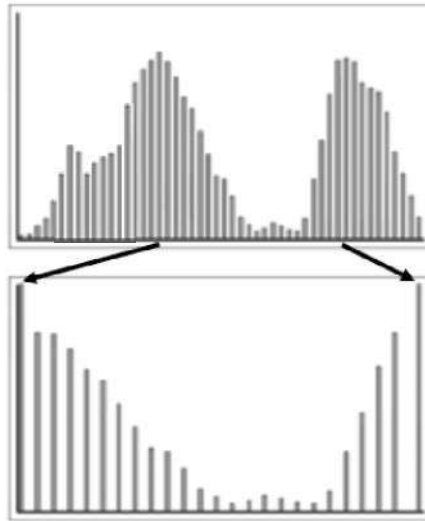


Figura 2.11. Expansión del histograma

Tratamiento digital de imágenes. Cursos iterativo

2.2.8 DESPLAZAMIENTO DEL HISTOGRAMA

El desplazamiento del histograma es un movimiento de dicho histograma hacia zonas de interés y se puede aplicar antes de realizar otras transformaciones. Esta técnica es útil para aclarar u oscurecer una imagen y al mismo tiempo mantener la relación presente en la imagen original entre los valores de los niveles de gris.

$$g(i,j) = f(i,j) + d \quad (2.18)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 104.

Donde d es el valor para desplazar el histograma, pudiendo tomar tanto valores positivos como negativos pero siempre considerando que los valores que sobrepasen el máximo y el mínimo se redondearan al máximo y mínimo posibles permitidos. Un valor positivo incrementara el brillo de la imagen, mientras que uno negativo la oscurecerá.

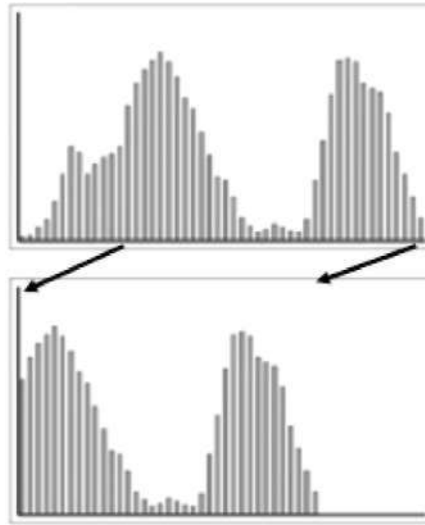


Figura 2.12. Desplazamiento del histograma
Tratamiento digital de imágenes. Cursos iterativo

2.2.9 ECUALIZACIÓN DEL HISTOGRAMA

Para poder mejorar la calidad visual de una imagen se realiza una transformación de niveles de grises, siendo esta la mejor opción, pero presentando problemas de ensayo y error. La ecualización del histograma usa los niveles del contraste que determina la función eliminando la necesidad del juicio humano, es decir, la salida transformada es resultante de la integración y normalización del histograma.

El objetivo principal de la ecualización del histograma es obtener un histograma donde todos los niveles de gris tengan la misma probabilidad, en donde el ecualizado redistribuye las distribuciones de intensidad. Si el histograma de una imagen tiene algunos picos y valles, seguirá teniendo picos y valles después del ecualizado.

Para poder realizar la ecualización del histograma se deben realizar en tres pasos:

- > Calcular el histograma.
- > Calcular la suma normalizada del histograma.
- > Transformar la imagen de entrada en la imagen de salida.

2.3 FILTRADO DE LA IMAGEN

El filtrado es una técnica para modificar y/o mejorar la calidad de una imagen, es decir, un filtro puede resaltar o atenuar algunas características de la imagen adquirida.

El filtro es una operación de vecindario, en el cual el valor de un pixel se calcula por medio de un algoritmo que tiene en cuenta los valores de los pixeles de la vecindad de la imagen original.

2.3.1 SUSTRACCIÓN DE IMÁGENES

Las diferencia entre dos imágenes $f(x, y)$ y $g(x, y)$, se llegan a expresar de la siguiente forma:

$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y) \quad (2.19)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 202

Obteniendo de la diferencia entre todos los pixeles correspondientes de f y h .

La sustracción de imágenes tiene numerosas aplicaciones de importancia en la segmentación y en la mejora. Una de las aplicaciones más clásicas donde se usa esta ecuación anterior en la toma de radiografías en modo mascara.

2.3.2 PROMEDIADO DE LA IMAGEN

Se considera una imagen con ruido $g(x, y)$ lo cual es formado por la adición de la función de ruido en $\eta(x, y)$ a una imagen original $f(x, y)$; es decir:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y) \quad (2.20)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 203

Se tiene una hipótesis en que cada par de coordenada (x, y) el ruido es una función sin correlación y tiene un valor medio cero. Ahora hay un objetivo que es reducir el ruido por medio de la suma de un conjunto de imágenes $\{g_i(x, y)\}$.

2.3.3 FILTRADO ESPACIAL

Se emplean las mascaras espaciales en el procesamiento de las imágenes se llegan a denominar frecuentemente filtrado espacial (frente al filtrado en el dominio de la frecuencia empleando la transformada de fourier) y así las propias mascaras

se denominan filtros espaciales. En esta sección se consideran los filtros lineales y no lineales para el mejoramiento de la imagen.

Los filtros lineales afirman que la función de transferencia y el impulso o función de distribución puntual de un sistema lineal son transformadas de fourier inversas una de otra. Los filtros de pasa baja eliminan las componentes de alta frecuencia en el dominio de fourier a la vez dejan pasar las frecuencias bajas. Las componentes de alta frecuencia y los detalles marcados de la imagen, y por ello el efecto de introducir un filtrado de pasa bajo es el de hacer mas borrosa la imagen. De forma similar los filtros de paso alto eliminan las componentes de baja frecuencia. Estas componentes son responsables de las características lentamente variables de la imagen, como el contraste y la intensidad media, por lo tanto el resultado neto de un filtrado de paso alto es la reducción de estas características agudiza los bordes y los restantes detalles finos. Un tercer tipo de filtrado llamado filtrado de paso banda, elimina las regiones elegidas de frecuencias intermedias.

2.3.4 FILTROS SUAVIZANTES

Los filtros suavizantes se emplean para hacer que la imagen aparezca algo borrosa y también para reducir el ruido. La reducción del ruido puede realizarse mediante el aumento de la borrosidad con un filtro lineal o también con un filtro no lineal.

2.3.4.1 FILTRADO ESPACIAL DE PASO BAJO

La forma de la respuesta de un impulso de un filtro espacial de paso bajo (suavizante) indica que el filtro debe tener todos sus coeficientes positivos. Aunque la forma del filtro espacial puede ser descrita, por ejemplo por una función gaussiana predeterminada, el requisito clave es que todos los coeficientes sean positivos. Para un filtro espacial 3 x 3, la construcción más simple consistiría en una máscara en la que todos los coeficientes fuesen igual a 1.

2.3.4.2 FILTRADO POR LA MEDIANA

El objetivo de este filtro es la reducción del ruido que es difuminado, así el empleo de los filtros de mediana representan una posibilidad alternativa. En este caso el nivel de gris de cada pixel se reemplaza por la mediana de los niveles de gris en un entorno de este pixel, en lugar de por la mediana. Este método es particularmente efectivo cuando el ruido consiste en componentes fuertes y de forma picuda, y la característica que se desea preservar es la agudeza de los bordes.

La mediana m del conjunto de valores es la mitad de los valores del conjunto quedan por debajo de m y la otra mitad por encima. Con el fin de realizar el filtrado por la mediana en el entorno de un pixel, primero se deben extraer los valores del pixel y de su entorno se determina la mediana y se asigna este valor al pixel. Por ejemplo, en un entorno es de 3×3 , la mediana es el quinto valor mayor, en un entorno 5×5 es el decimo tercer valor mayor, y así sucesivamente. Cuando varios valores de un entorno coinciden, hay que agrupar todos los valores iguales.

2.3.5 FILTROS REALZANTES

El objetivo principal del realce es el de destacar los detalles finos de una imagen o intensificar detalles que han sido difuminados, bien sea por error o bien por efecto natural del método de adquisición de la imagen. Las utilidades del realce de las imágenes son variadas e incluyen varias aplicaciones como la impresión electrónica y las imágenes médicas hasta las inspecciones industriales e incluso la detección autónoma de objetivos en las armas inteligentes.

2.3.5.1 FILTRADO ESPACIAL DE PASO ALTO BÁSICO

El perfil de la respuesta a un impulso necesaria para implementar un filtro espacial de paso alto (realce) indica que el filtro debe tener coeficientes positivos cerca de su centro y coeficientes negativos en la periferia. Para una máscara 3×3 esta condición se cumple escogiendo un valor positivo en el centro y tomando coeficientes negativos en el resto. La figura muestra la implementación más clásica de un filtro de realce 3×3 . Observemos que la suma de los coeficientes es cero. Así cuando la máscara este sobre un área de nivel de gris constante o lentamente variable, la salida proporcionada por la máscara es cero a un valor muy pequeño.

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline - & - & - \\ \hline 1 & 8 & 1 \\ \hline - & - & - \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Figura 2.13. Filtro espacial de paso alto básico
Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 212

2.3.5.2 FILTRADO HIGH-BOOTS

Una imagen filtrada de paso alto puede ser calculada como la diferencia entre la imagen original y una versión de esta imagen que ha pasado por un filtro de paso bajo; es decir:

$$\text{Paso alto} = \text{original} - \text{paso bajo} \quad (2.21)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 213

Es instructivo verificar la validez de esta ecuación empleando esta ecuación:

$$R = w_1z_1 + w_2z_2 + \dots + w_9z_9 \quad (2.22)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 213

Así multiplicando una imagen original por un factor de amplificación, al que llamaremos A, se obtiene la definición de un filtro high-boots o de énfasis de las frecuencias altas:

$$\begin{aligned} \text{High-boots} &= (A) (\text{Original}) - \text{Paso bajo} \\ &= (A - 1) (\text{Original}) + \text{Original} - \text{paso bajo} \\ &= (A - 1) (\text{Original}) + \text{paso alto} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 213

El resultado es que la imagen high-boots se parece más a la imagen original, con un grado relativo de mejora de los bordes que depende del valor de A. el proceso general de sustraer una imagen difusa de un original, se denomina enmascaramiento difuminado. Este método es una de las herramientas esenciales para las aplicaciones del procesamiento de imágenes en la industrias de artes graficas.

$$W = 9A - 1 \quad (2.24)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 214

Con A = 1. El valor de A determina la naturaleza del filtro.

2.3.5.3 FILTROS DIFERENCIALES

El promediado de los pixels de una región tiende a difuminar la imagen. Como esta operación es análoga a la integración, se espera que la diferenciación tenga el efecto contrario, el de aumentar la nitidez de la imagen. El método más común de diferenciación en las aplicaciones de procesado de la imagen es el gradiente.

Para una función $f(x, y)$, el gradiente de f en el punto de coordenadas (x, y) se define como el vector:

$$\nabla f = \begin{pmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 215

El modulo de este vector:

$$|\nabla f| = \left[\left(\frac{df}{dx} \right)^2 + \left(\frac{df}{dy} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2.26)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

Es la base de las aproximaciones a la diferenciación de la imagen. Se considera la región de una imagen mostrada en la figura 2.13 donde los diferentes subíndices de la variable z indican los diferentes valores de los niveles de gris. La ecuación puede aproximarse alrededor del punto z_5 de distintas formas. La más simple es emplear la diferencia $(z_5 - z_8)$ en la dirección x y la $(z_5 - z_6)$ en la dirección y , combinándolas de la forma.

$$|\nabla f| \approx [(z_5 - z_8)^2 + (z_5 - z_6)^2]^{1/2} \quad (2.27)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

En lugar de emplear cuadrados y raíces cuadradas, es posible obtener resultados similares empleando valores absolutos:

$$|\nabla f| \approx |z_5 - z_8| + |z_5 - z_6| \quad (2.28)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

Otra aproximación de la ecuación (2.28) consiste en el empleo de diferencia cruzadas:

$$|\nabla f| \sim [(z_5 - z_9)^2 + (z_6 - z_8)^2]^{1/2} \quad (2.29)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

O bien de valores absolutos

$$|\nabla f| \approx |z_5 - z_9| + |z_6 - z_8| \quad (2.30)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

Las ecuaciones anteriores pueden implementarse empleando mascarar de 2 x 2. Estas mascarar se denominan los operadores de Roberts de gradiente. Las mascarar con un numero par de emplazamientos son más complicadas de implementar. Así nos aproximamos a la ecuación (2.31), todavía en el punto z_5 , pero ahora empleando un entorno de 3 x 3, es:

$$V_i \ll |(z_7 + z_8 + z_9) - (z_x + z_2 + z_3)| + |(z_3 + z_6 + z_9) - (z_t + z_4 + z_7)| \quad (2.31)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

A continuación los diferentes tipos de mascarar:

z_1	z_2	z_3	1	0	0	1	-1	-2	-1
z_4	z_5	z_6	0	-1	-1	0	0	0	0
z_7	z_8	z_9					1	2	1
-1	-1	-1	-1	0	1	-1	0	1	
0	0	0	-1	0	1	-2	0	2	
1	1	1	-1	0	1	-1	0	1	

Figura 2.14. Mascarar de sobel

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 212

2.3.5.4 MEJORA EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

Los términos de la exposición de los principios de mejora en el dominio de la frecuencia son claros. Simplemente se trata de calcular la transformada de fourier de la imagen a intensificar, multiplicar el resultado por la función de transferencia de un filtro y, finalmente, tomar la transformada de fourier inversa para llegar a una imagen mejorada. La idea de pérdida de nitidez por reducción del contenido de altas frecuencias o así incrementando la magnitud de las componentes de alta frecuencia en relación con las de baja frecuencia proceden de conceptos directamente relacionados con la transformada de fourier. De hecho la idea general del filtrado lineal es bastante más atractiva e intuitiva en el dominio de la frecuencia. En las prácticas, las pequeñas mascarar espaciales son mucho más empleadas que las transformadas de fourier debido a su facilidad de implementación y a su velocidad de operación. Sin embargo, es esencial la

comprensión de los conceptos en el dominio de frecuencias para solucionar los problemas que no se pueden resolver con técnicas espaciales.

2.3.5.4.1 FILTRADO DE PASO BAJO

Como se indico anteriormente, los bordes y las otras transiciones bruscas (como el ruido) en los niveles de gris de una imagen contribuyen significativamente al contenido en altas frecuencias de su transformada de Fourier. Por lo tanto el difuminado (o suavizado) se consigue en el dominio de la frecuencia, a base de atenuar un rango especifico de componentes de alta frecuencia en la transformada de una imagen dada.

$$G(u, v) = H(u, v) F(u, v) \quad (2.32)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 216

Donde $F(u, v)$ es la transformada de Fourier de la imagen que hay que suavizar. La transformada de Fourier inversa dará entonces la imagen $g(x, y)$ con el suavizado deseado. Estos filtros se denominan *filtros de cambio de fase nulo*, pues no alteran la fase de la transformada.

2.3.5.4.2 FILTRO IDEAL

Un filtro de paso bajo bidimensional ideal es aquel que cuya función de transferencia verifica la relación:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{si } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{si } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (2.33)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 220

Donde D_0 es una cantidad especificada no negativa, y $D(u, v)$ es la distancia desde el punto (u, v) al origen de coordenadas del plano de frecuencias; es decir:

$$D(u, v) = (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (2.34)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 220

La figura muestra un dibujo en perspectiva tridimensional de $H(u, v)$ como función de u y de v . el nombre de filtro ideal indica que todas las frecuencias dentro de un círculo de radio D_0 pasan sin atenuación, mientras que todas las frecuencias fuera del círculo quedan atenuadas completamente.

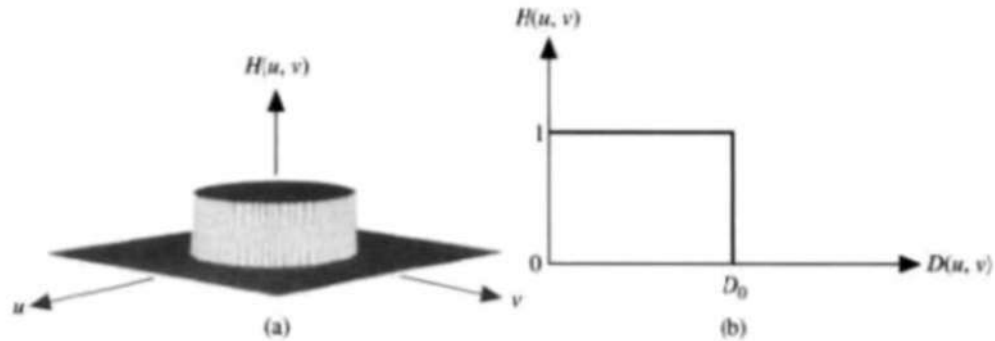


Figura 2.15. Perspectiva de la función de transferencia de un filtro pasa bajo ideal
Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 220

La sección de un filtro pasa bajo viene caracterizada por el punto de transición entre $H(u, v) = 1$ y $H(u, v) = 0$, que a menudo se denomina frecuencia de corte. El concepto de frecuencia de corte es muy útil para especificar las características del filtro y también sirve como una base común para comparar el comportamiento de diferentes tipos de filtros.

El brusco corte de frecuencias de un filtro de paso bajo ideal no se puede realizar a base de componentes electrónicos, aunque ciertamente pueda ser simulado en una computadora.

Una forma de establecer un conjunto de valores estándar es calcular los círculos que rodean determinadas fracciones del total de la señal, P_T . Esta cantidad se obtiene sumando la potencia en cada punto (u, v) , para $u, v = 0, 1, \dots, N - 1$; es decir:

$$P_T = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} P(u, v) \quad (2.35)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 222

Si la transformada está centrada, un círculo de radio r con origen en el centro del cuadrado de frecuencias encierra un β por 100 de la potencia, donde:

$$\beta = 100 \left[\sum_u \sum_v P(u, v) / P_T \right] \quad (2.36)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 222

Y la suma se toma sobre los valores de (u, v) que queden dentro del círculo o en su borde.

Las propiedades de difuminado y aparición de anillos del filtro ideal de paso bajo pueden explicarse fácilmente en función del teorema de convolución. Debido a que las transformadas de Fourier del original y de las imágenes difusas vienen determinadas, en el dominio de la frecuencia, por la ecuación (2.37).

$$G(U, V) = H(U, V)F(U, V) \quad (2.37)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 224

El empleo del teorema de convolución lleva a la siguiente expresión en el dominio espacial:

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) \quad (2.38)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 224

Donde $h(x, y)$ es la transformada de Fourier inversa de la función de transferencia del filtro, $H(u, v)$.

La forma de $f(x, y)$ depende del radio de la función del filtro en el dominio de la frecuencia. Si D_0 queda fuera del dominio de definición de $f(u, v)$ entonces $h(x, y)$ se hace igual a la unidad en su región espacial correspondiente, y la convolución de $h(x, y)$ con $f(x, y)$ es simplemente $f(x, y)$ naturalmente esta situación corresponde a que no haya absolutamente ningún filtro. El efecto en el dominio espacial del filtro de Butterworth se puede explicar de forma similar.

2.3.5.4.3 FILTRO DE BUTTERWORTH

La función de transferencia de Butterworth de paso bajo (BLPF) de orden n , está definido por la relación.

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v)/D_0]^{2n}} \quad (2.39)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 226

La figura 2.15 muestra un dibujo en perspectiva y una sección transversal del filtro de Butterworth de paso bajo.

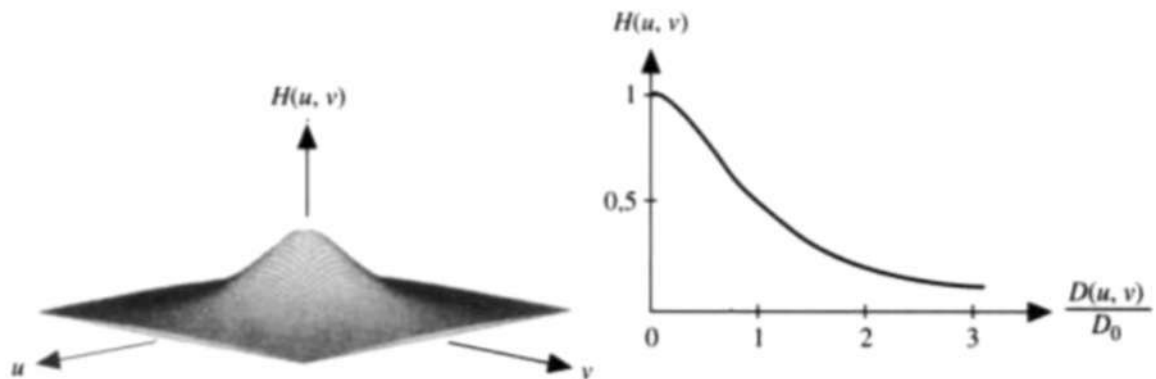


Figura 2.16 Filtro de Butterworth de paso bajo

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 226

Al contrario de lo que pasa con el filtro ideal de paso bajo, la función de transferencia del filtro de Butterworth de paso bajo carece de una discontinuidad entre las frecuencias transmitidas y las filtradas. Para los filtros cuya función de transferencia es habitual definir la frecuencia de corte a partir de los puntos donde la función $H(u, v)$ corresponde a su valor máximo.

Otro valor comúnmente empleado es $1/2$ del valor máximo de $H(u, v)$. Para la simple modificación siguiente da el valor deseado cuando $D(u, v) = D_0$:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [\sqrt{2} - 1][D(u, v)/D_0]^{2n}}$$

$$= \frac{1}{1 + 0,414[D(u, v)/D_0]^{2n}}$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 226

2.3.5.4 FILTRADO DE PASO ALTO

Hemos demostrado que una imagen puede hacerse borrosa sin más que atenuar las componentes de alta frecuencia de la transformada de Fourier. Debido a que los bordes y demás cambios bruscos de los niveles de gris están relacionados a la alta frecuencia, puede lograrse el realce de la imagen en el dominio de la frecuencia mediante un procedimiento de filtrado de paso alto, que atenúa las bajas frecuencias sin modificar la información de la transformada de Fourier contenida en las componentes de alta frecuencia. Al tratar la pareja de alta frecuencia de los filtros desarrollados, únicamente se consideran filtros de cambio de fase nulo que tengan simetría radial y que puedan quedar especificados

empleando una sección transversal que varíe la distancia al origen de la transformada de fourier centrada.

2.3.5.4.5 FILTRO IDEAL

Un filtro bidimensional ideal de paso alto viene caracterizado por una función de transferencia que verifica la relación.

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{si } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{si } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (2.41)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 229

Donde D_0 es la distancia de corte media desde el origen del plano de frecuencias. La figura 2.15 muestra un dibujo en perspectiva y su sección transversal de la función del filtro ideal de paso alto. Este filtro es el opuesto al filtro ideal de paso bajo, puesto que atenúa todas las frecuencias que quedan dentro de un círculo de radio D_0 a la vez que deja pasar, sin atenuación, todas las frecuencias que quedan fuera de este círculo. Al igual que en el caso del filtro ideal paso bajo, el filtro ideal de paso alto no es físicamente realizable.

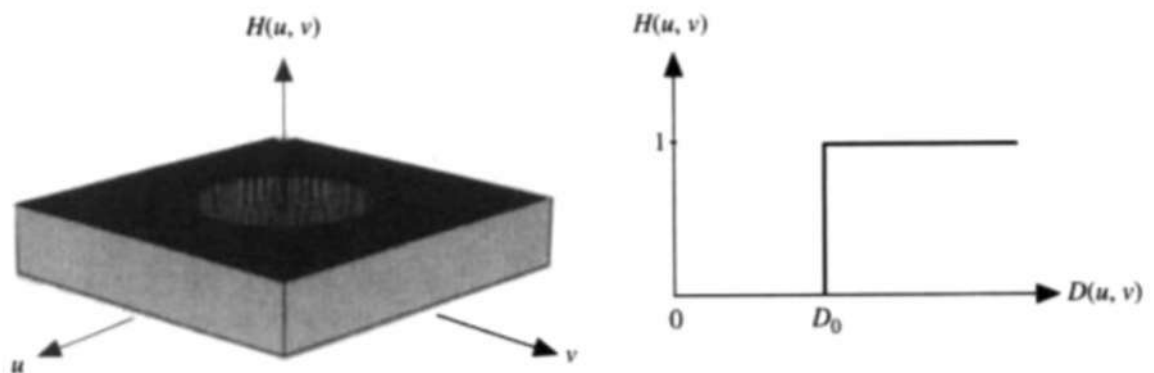


Figura 2.17. Perspectiva del filtro ideal pasa alto

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 226

2.3.5.4.6 FILTRO BUTTERWORTH

La función de transferencia del filtro de Butterworth de paso alto (BHPF) de orden n y con frecuencia de corte situada a una distancia D_0 del origen está definido por la relación:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0/D(u, v)]^{2n}} \quad (2.42)$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 230

La figura 2.16 muestra un dibujo en perspectiva con su correspondiente sección transversal de la función del filtro de Butterworth de paso alto.

Se observa que cuando $D(u, v) = D_0$, $H(u, v)$ está a la mitad de su valor máximo. Como en el caso del filtro Butterworth de paso bajo, la practica más habitual es seleccionar la ubicación de las frecuencias del corte en los puntos en el que $H(u, v)$ está por debajo de $1/2$ de su valor máximo.

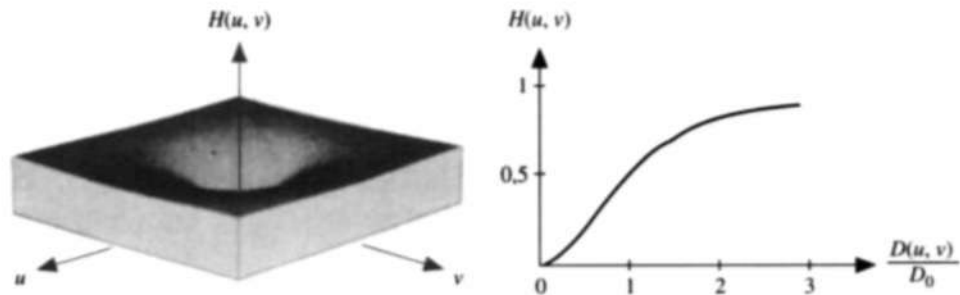


Figura 2.18. Perspectiva del filtro ideal Butterworth

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 231

La ecuación anterior puede ser fácilmente modificada para satisfacer esta restricción utilizando la siguiente escala:

$$\begin{aligned} H(u, v) &= \frac{1}{1 + [\sqrt{2} - 1][D_0/D(u, v)]^{2n}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,414[D_0/D(u, v)]^{2n}} \end{aligned}$$

Tratamiento digital de imágenes; Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, pág... 230

2.3.6 RUIDO

En el procesamiento digital de imágenes se debe tener en cuenta que existen algunos errores que pueden degradar la imagen que está analizando, esta degradación se conoce como “ruido”. El ruido tiene características y comportamientos probabilísticos de forma que se puede agrupar en diferentes clases; una de estas clases es el ruido local determinativo (presenta una forma y apariencia constante para cada sistema en particular), el ruido aleatorio (distribución aleatoria y cambiante con el tiempo).

El ruido se genera durante la etapa de adquisición, transmisión y procesamiento de la imagen; otra forma de adquirir ruido en una imagen es el ruido intrínseco (provocado por la textura de los objetos o por el entorno especial)

El ruido obtenido en la etapa de adquisición de imágenes se divide en dos grupos, el primer grupo de grano de película (se adquiere cuando las imágenes son adquiridas a una velocidad alta), y el segundo grupo el ruido es provocado por el polvo que pueden tener los componentes ópticos.

También se encuentra en la etapa de adquisición de datos se encuentra el ruido térmico (ruido aditivo blanco gaussiano de media cero), el ruido foto electrónico (producido por la fluctuación aleatoria del número de fotones de la luz) y el ruido de cuantificación (se produce cuando es usado insuficientes niveles de cuantificación para digitalizar la imagen).

En la etapa de transmisión de imagen entre dispositivos remotos se produce una degradación independiente de la señal (ruido aditivo)

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. “Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones”. pág. 599.

Donde $f(x, y)$ es la imagen original y $\eta(x, y)$ es el ruido de dos variables independientes. Si la magnitud del ruido depende de la magnitud de la señal la ecuación de $g(x, y)$ se transforma produciendo el ruido multiplicativo.

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y)f(x, y) = f(x, y)(1 + \eta(x, y)) \approx f(x, y)\eta(x, y)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. “Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones”. pág. 599.

El ruido impulsivo se caracteriza por la presencia de puntos de la imagen cuando posee niveles de intensidad que difieren de manera significativo los niveles de los puntos de su entorno.

$$\begin{aligned} f(x,y) & \text{ con probabilidad } p \\ f(x,y) & \text{ con probabilidad } 1 - p \end{aligned} \quad (2.46)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 599.

Durante el procesamiento de las imágenes estas pueden ser corrompidas artificialmente para comprobar el rendimiento y/o el comportamiento de los algoritmos en presencia de ruido. Entre estos ruidos se encuentra el ruido blanco y se caracteriza por tener una potencia espectral constante y una intensidad que no decrece a medida que se aumenta la frecuencia, su media es cero y es una aproximación ideal del ruido que puede degradar imágenes.

Otro tipo de ruido es el ruido gaussiano cuya densidad de probabilidad se expresa por medio de la curva gaussiana de manera unidimensional, en la cual la media es representada en μ y la desviación típica de la variable aleatoria es representada por σ .

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.47)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 599.

Otro tipo de ruido aleatorio es el ruido exponencial donde la función de densidad de probabilidad tiene como componente la media es λ y la varianza de la distribución es $\frac{1}{\lambda^2}$.

$$p(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad \text{para } x \geq 0 \quad (2.48)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones".
pág. 599.

Una manera de eliminar el ruido es por medio de los algoritmos de suavizado y de mejora de la imagen, que se pueden realizar por medio del promediado en la adquisición de la imagen, procesamiento en el dominio de la frecuencia, filtros lineales y filtros no lineales.

2.4 MÉTODOS DE LA EXTRACCIÓN DE BORDES Y ESQUINAS DE UN OBJETO

En un objeto los cambios en la amplitud de luminancia en el nivel de grises se conocen como bordes y proporcionan información importante acerca de la extensión física de un objeto. Los bordes se pueden clasificar por el tamaño del umbral de la variación de la luminancia, por el Angulo de su pendiente de variación y por las coordenadas de su punto medio.

2.4.1 BORDES

Los bordes en imágenes monocromáticas son aquellos que tienen un cambio en la intensidad de la escala de grises, donde la forma de la función de intensidad a lo largo de la línea de imagen produce diferentes tipos de bordes como se puede observar en la figura (2.17)

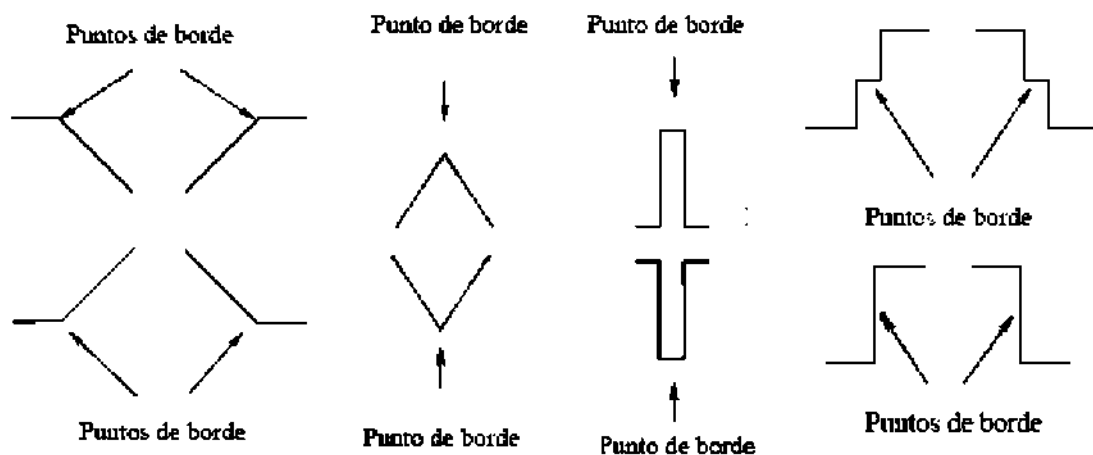


Figura 2.19 Tipos de bordes

Nicolás Luis Fernández García, "Contribución al reconocimiento de objetos 2D mediante detección de bordes en imágenes en color". Pag 40

Los bordes según su forma geométrica se pueden clasificar en líneas rectas, líneas curvas, uniones y esquinas.

En una imagen de color los bordes se definen como la discontinuidad en el espacio tridimensional del color; estos bordes se clasifican según su origen (provocado por formas geométricas, reflejos, sombras o cambios de materiales), según los cambios en un espacio vectorial (discontinuidad en el campo vectorial que representa la función de la imagen de color), según la información de color de su alrededor (provocado por el albedo, la oclusión, la sombra, la cresta, el compuesto y el contacto).

2.4.2 OPERADORES PRIMERA DERIVADA

Para obtener un buen procesamiento de alguna imagen se utiliza la detección de bordes como método de procesamiento. Entre dichos métodos se encuentra el método de operadores de primera derivada.

Los operadores de la primera derivada se basan en diferentes métodos como lo son el método de la gradiente de una imagen, el operador de sobel, operador de prewitt, operadores de Roberts, mascara de kirsch, mascara de robison, mascara de frei-chen, algoritmos de canny.

2.4.2.1 GRADIENTE DE UNA IMAGEN

En un punto (x,y) de la imagen F(x,y) el gradiente es un vector bidimensional perpendicular al borde de la imagen, donde las componentes están dados por las primera derivadas de las direcciones verticales y horizontales.

$$G[F(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{dF}{dx} \\ \frac{dF}{dy} \end{bmatrix} \quad (2.49)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 148.

En la ecuación (2.49) se observa que el gradiente de la imagen es representado por G y este vector tiene su dirección en el sentido de variación máxima de la imagen f(x,y), en el cual tiene unidades de distancia con la magnitud y dirección dadas en la ecuación (2.50) y ecuación (2.51).

$$(2.50)$$

$$|G| = G_x + G_y$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x} \quad (2.51)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 148.

La manera mas facil de conseguir el gradiente de una imagen es como se observa en la figura 2.18.

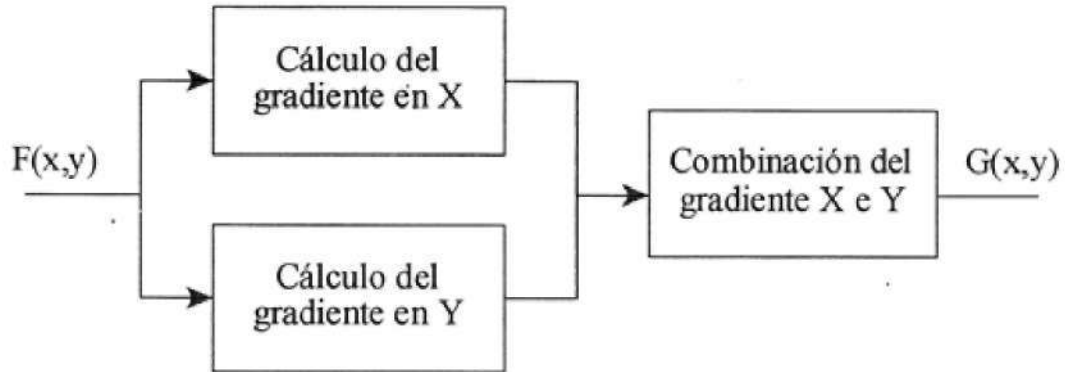


Figura 2.20. Manera de conseguir el gradiente de una imagen.

2.4.2.2 OPERADOR DE SOBEL

El operador de Sobel es aplicado en una imagen es escala de grises y su objetivo es calcular la intensidad de brillo en cada pixel de la imagen, proporcionando el mayor aumento de negro a blanco.

Al aplicar el operador sobel sobre una región de una imagen con un brillo constante el resultado es un vector cero y al aplicarlo a un borde el resultado es un vector que apunta cruzando el borde de manera perpendicular en sentido desde los puntos más oscuros hasta los más claros.

La máscara que se aplica en el operador sobel es una máscara de 3x3 y las derivadas basadas en dicho operador se observa en las ecuaciones (2.52) y (2.53).

$$G_x = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_x + 2Z_4 + Z_7) \quad (2.52)$$

$$G_y = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_j + 2Z_2 + Z_3) \quad (2.53)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 150.

De las ecuaciones (2.4) y (2.5) se pueden obtener las mascaras para Gx y Gy.

(2.54)

$$G_x = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(2.55)

$$G_y = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ".
pág. 150.

2.4.2.3 OPERADOR DE PREWITT

El operador de prewitt tambien maneja el tipo de mascara 3x3, este metodo evita calcular el gradiente en el punto intermedio de la imagen y es el resultado de las aproximaciones de las primeras derivadas parciales de X y Y.

(2.56)

$$G_x = (Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

(2.57)

$$G_y = (Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ".
pág. 152.

(2.58)

$$G_x = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(2.59)

$$G_y = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ".
pág. 152.

Donde los contornos verticales y los contornos horizontales son destacados por Gx y Gy respectivamente.

2.4.2.4 OPERADORES DE ROBERTS

El operador de Roberts utiliza una aproximación diferente de las derivadas, a diferencia de los operadores anteriores este operador marca solo los puntos de borde sin tener en cuenta la orientación que estos tienen. Para obtener los operadores de Roberts se puede realizar de dos maneras, la primera es aplicar la raíz cuadrada de la suma de las diferencias de los vecinos diagonales al cuadrado (ecuación (2.60)) y la segunda y más usada es sumar las magnitudes de las diferencias de los vecinos diagonales (ecuación (2.61)).

$$G = \sqrt{[F(X, Y) - F(X-1, Y-1)]^2 + [F(X, Y-1) - F(X-1, Y)]^2} \quad (2.60)$$

$$G = |F(X, Y) - F(X-1, Y-1)| + |F(X, Y-1) - F(X-1, Y)| \quad (2.61)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 152.

2.4.2.5 MASCARA DE KIRSCH

La máscara de Kirsch se conoce como la máscara de brújula ya que es una máscara simple con rotaciones en las direcciones de la brújula (norte, sur, noroeste, suroeste, oeste, noreste, sureste, este)

0°	45°	90°	135°
$K_0 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix}$	$K_1 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}$	$K_2 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix}$	$K_3 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix}$
$K_4 = \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix}$	$K_5 = \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$	$K_6 = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$	$K_7 = \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$
180°	225°	270°	315°

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 154.

2.4.2.6 MASCARA DE ROBISON

La máscara de robison es la máscara negada a la máscara de kirsch y es la máscara con menos costo computacional.

$$\begin{array}{ccc} \text{'} & \text{''} & \text{' } \\ -\mathbf{i} & \mathbf{0} & \mathbf{r} \\ -\mathbf{2} & \mathbf{0} & \mathbf{2} \\ -1 & 0 & 1. \\ & 0^\circ & \end{array} \quad (2.63)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ".
pág. 154.

2.4.2.7 MASCARA DE FREI-CHEN

La máscara de frei-chen consiste en ponderar los pixeles en función de la distancia que lo separa del pixel donde se está evaluando, de tal forma no existen direcciones privilegiadas en la detección de los bordes. Las mascararas de Frei-Chen son 9 ecuaciones y se observan desde la ecuación (2.64) hasta la ecuación (2.72).

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & 1 & \sqrt{2} & 1 \\ \mathbf{f}_1 & 2\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ & -1 & -\sqrt{2} & -1 \end{array} \quad (2.64)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & 1 & 0 & -1 \cdot \\ \mathbf{h} & 2\sqrt{2} & \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} \\ & 1 & 0 & -1 \cdot \end{array} \quad (2.65)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & 0 & -1 & \sqrt{2} \\ \mathbf{h} & 2\sqrt{2} & 1 & 0 & -1 \\ & -\sqrt{2} & 1 & 0 \end{array} \quad (2.66)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & \sqrt{2} & -1 & 0 \\ \mathbf{u} & 2\sqrt{2} & -1 & 0 & 1 \\ & 0 & -1 & \sqrt{2} \end{array} \quad (2.67)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 0 & 1 & 0 \\ \mathbf{f}_2 = & -1 & 0 & -1 \\ & L & 0 & 1 \end{array} \quad (2.68)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & -1 & \mathbf{0} \\ & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ & 1 & -2 \end{array} \quad (2.69)$$

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & -2 & \mathbf{4} \\ \mathbf{f}_7 = & 6 & -2 & -2 \\ & L & 1 & \end{array} \quad (2.70)$$

$$f_k = \begin{bmatrix} r-2 & 1 & -2 \\ -1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (2.71)$$

$$* = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.72)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 156.

2.4.3 OPERADORES SEGUNDA DERIVADA

Los operadores de segunda derivada se basan en la diferenciación espacial de segundo orden para acentuar los bordes. Existen dos métodos de derivadas de segundo orden para la detección de los bordes y esos son el operador laplaciana y el operador laplaciano de la gaussiana.

2.4.3.1 OPERADOR LAPLACIANA

La laplaciana de una imagen $F(x,y)$ en el dominio continuo es definido como:

$$G(x, y) = -\nabla^2 \{F(x, y)\} \quad (2.73)$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 163.

Para definir la Laplaciana de una imagen digital es necesario que los coeficientes asociados con el pixel central y el resto de pixeles sean negativos, puesto que la Laplaciana es la suma de los coeficientes debe ser cero. La implementación digital del operador Laplaciana se observa en la ecuación (2.74)

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (2.74)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 164.

2.4.3.2. OPERADOR LAPLACIANA DE LA GAUSSIANA

El operador laplaciana de la gaussiana perime filtrar y encontrar cruces cero en la misma imagen y se obtiene a partir de la segunda derivada de la función gaussiana. Este operador presenta una combinación entre un filtro pasa baja (suaviza la imagen de entrada) y un filtro pasa alta (resalta los bordes).

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.75)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 165.

2.4.4 REALIZACIÓN DE LOS OPERADORES DE BORDE

En la realización de los operadores de borde se evalúa la eficacia que tiene el operador en los resultados de obtención de bordes de una imagen teniendo en cuenta los errores que se pueden ocurrir en dicho proceso, como los son la falta de puntos de bordes validos, la consideración de la valides de los puntos de ruido y los bordes con manchas. Si los errores mencionados anteriormente no ocurren se dice que se ha tenido éxito en la obtención de los bordes.

Dicha evaluación se realiza por medio de "*Figura de Pratt del factor de razón de merito*", en el cual la métrica es representada por la letra R. cuando R da como resultado 1, se dice que el borde es perfecto.

$$R = \frac{I_F}{I_L} \quad (2.76)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 171.

Donde I_L es el numero ideal de puntos de borde en la imagen, I_F es el número de puntos de bordes encontrados por el detector de bordes, I_N es el máximo valor de I_L e I_F , d es la distancia de un punto de borde encontrado a un punto de borde ideal y α es el facto de escala para ajustar la penalización por el desplazamiento de los bordes.

2.4.5 EXTRACCIÓN DE ESQUINAS

Usualmente para realizar la extracción de esquinas se usa el operador de las derivadas de segundo orden para medir la razón de cambio de dirección del

gradiente (rdcg) con la magnitud del gradiente (mg). Una esquina es declarada como esquina si cumple rcdg T_1 y o mg T_2 .

$$E = \frac{f_{uu} + f_v^2 + f_{vv} + f_u^2 - 2f_{uv}f_u f_v}{(f_u^2 + f_v^2)^{3/2}} \geq T_1 \quad (2.78)$$

$$f_u = \frac{\partial f(u,v)}{\partial u} \quad (2.79)$$

$$f_v = \frac{\partial f(u,v)}{\partial v} \quad (2.80)$$

$$f_{uu} = \frac{\partial}{\partial u} \left(\frac{\partial f(u,v)}{\partial u} \right) \quad (2.81)$$

$$f_{uv} = \frac{\partial}{\partial u} \left(\frac{\partial f(u,v)}{\partial v} \right) \quad (2.82)$$

$$f_{vv} = \frac{\partial}{\partial v} \left(\frac{\partial f(u,v)}{\partial v} \right)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 171-172.

2.4.6 EXTRACCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE CONTORNOS DE LA REGIÓN DE UN OBJETO

La extracción y descripción de contornos de la región de un objeto hace parte fundamental de la identificación de objetos dentro de una imagen. El contorno es el cambio en el nivel de gris que ocurre en una ubicación específica, es decir a mayor cambio de nivel mas fácil es la detección de contorno.

2.4.6.1 PROPIEDADES DE LAS REGIONES

Una descripción muy sencilla de región es que la región es la forma de su frontera y puede ser visto como un conjunto de puntos conectados entre sí. Las regiones de una imagen tienen propiedades topológicas y propiedades métricas. Las propiedades topológicas son invariantes a ciertas deformaciones que se encuentran en las figuras de una imagen, del mismo modo, las propiedades topológicas no pueden involucrar nociones de distancia de forma directa (áreas, paralelismo de curvas, perpendicularidad de líneas, entre otros).

Las propiedades topológicas más usadas actualmente son lo componente conexas y los huecos; al segmentar una imagen esta puede estar compuesta por regiones que tienen componentes conexas que configuran los objetos, es decir, regiones que contienen dos puntos cualesquiera de la imagen y que se pueden unir por una curva contenida en ellas; los huecos en una región de la imagen están completamente encerrada por una componente conexa de la imagen.

El número de Euler de una imagen es invariante frente a traslaciones, rotaciones y cambios de escala de una imagen y permite de manera sencilla discriminar entre ciertas clases de objetos.

$$E = C - H \quad (2.83)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 242.

Donde E es el numero de Euler, C el número de componentes conexas y H el numero de huecos de la imagen. En el reconocimiento de caracteres si el número de Euler no coincide con un determinado patrón, el carácter no es comparado.

Las propiedades métricas, son aquellas propiedades generalizadas de la distancia Euclídea, es decir una propiedad métrica tiene cambios si se produce algún tipo de distorsión de la figura. Entre las propiedades métricas se encuentra el área (A, es el numero de pixeles contenidos dentro de una frontera), el perímetro (P, es la longitud de frontera) y el centro de gravedad ($\langle Xy \rangle$, es el único punto representativo de la región).

$$p = \sum y / (X_j + x^y + (XJ + Y^y) \quad (2.84)$$

$$\begin{aligned} & - \sum_{X \sim} Z_i (X_i + X_i^y Y_i Y_t - Y_{t-x}) \\ & \quad \quad \quad A \\ & \bar{y} = \frac{\sum Z_{ii} Y_i + Y_i^y t f_i - X_i^y}{A} \end{aligned} \quad (2.85)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 242.

2.4.6.2 TEXTURAS

Una región puede ser descrita por su textura y a su vez las texturas se pueden cuantificar según los momentos estadísticos del histograma de la intensidad luminosa presentes en los pixeles de la región.

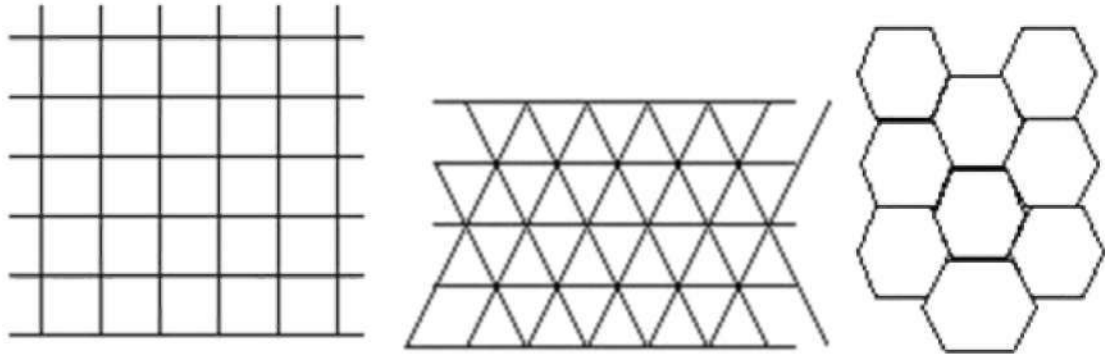


Figura 2.21. Texturas regulares

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 252.

Una forma de distinguir entre diferentes texturas es por medio del nivel de grises de los pixeles de una región y este método se conoce como momento central de orden r .

$$\mu_r = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^r p(z_i) \quad (2.86)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 257.

La ecuación (2.86) muestra el momento central de orden r , donde la media (m) nos da el tono de gris más representativo de la región; el coeficiente de suavidad R , mide la suavidad relativa o la uniformidad de los tonos de grises de la región, es cero para una región con el mismo tono de gris es decir cuando existe una intensidad constante.

$$R = 1 - \frac{1}{1 + \mu_2} \quad (2.87)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones ". pág. 258.

El momento central de tercer orden μ_3 es una medida de sesgo o asimetría del histograma, su valor es cero cuando el histograma es simétrico, su valor es positivo cuando el histograma esta sesgado a la derecha, su valor es negativo cuando esta sesgado a la izquierda.

Las medidas estadísticas que se utilizan para cuantificar la textura de una región son la cantidad, la entropía, la uniformidad, la correlación, la inercia entre otros. La

cantidad (U) es una medida de la uniformidad de la región. Tiene un valor máximo cuando todos los niveles de grises presentan la misma frecuencia relativa.

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i) \quad (2.88)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 260.

La entropía (H) es una medida de la aleatoriedad de los tonos de grises de la región.

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i) \quad (2.89)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 260.

2.4.6.3 MOMENTOS INVARIANTES

Al tener una región de una imagen en términos de puntos interiores se puede describir mediante un conjunto de momentos invariantes a efectos de traslación, rotación y cambio de escala. El momento de orden p y q de una imagen digital f (m, n) es definida por la expresión de la ecuación (2.90)

$$m_{pq} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} i^p j^q f(i, j) \quad (2.90)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 261.

Si se calcula el momento para un objeto cuya región es determinada por S, se observa que m_{00} da el área del objeto y que m_{10}/m_{00} y m_{01}/m_{00} es el centro de gravedad del objeto.

$$m_{pq} = \sum_{(i,j) \in S} i^p j^q \quad (2.91)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 261.

Los momentos de orden superior no son invariante a traslaciones, por eso se realiza una traslación del origen al centroide y se obtiene los momentos centrales de orden p y q.

$$\mu_{pq} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (i - \bar{i})^p (j - \bar{j})^q f(i, j) \quad (2.92)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 261.

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{1 + \frac{p+q}{2}}} \longrightarrow \begin{array}{l} \text{Invariante frente a} \\ \text{cambios de escala} \\ \text{para } p+q=2,3,\dots \end{array} \quad (2.93)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 262.

Un conjunto de seis invariantes de momentos son insensibles a las traslaciones y a los cambios de escala, las rotaciones y las transformaciones especulares vienen dadas por una serie de ecuaciones.

$$\phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (2.94)$$

$$\phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (2.95)$$

$$\phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - 5\eta_{03})^2 \quad (2.96)$$

$$\phi_4 = (\eta_{30} + 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + 5\eta_{03})^2 \quad (2.97)$$

$$\phi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) + [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03}) [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (2.98)$$

$$\phi_6 = (\eta_{20} - 3\eta_{02}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \quad (2.99)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 262.

Para tener una mejor contribución de todos los momentos en la función de discriminación se normaliza según la siguiente ecuación:

$$O_n = \text{absln}(\text{abs}(O_n)) \quad (2.100)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 262.

2.4.6.4 CÓDIGOS DE CADENA

El código de cadena es una representación de un conjunto de puntos (x, y) que constituyen una línea recta y es invariante frente a traslaciones de la imagen, permitiendo de este modo que la comparación de objetos sea más fácil.

El objetivo principal del código de cadena es representar la frontera del objeto, siendo esta una serie de unos conectados sobre ceros y codificando la dirección de avance para llegar al vecino. Al representar la frontera del objeto se obtienen varias características del contorno como son el perímetro, el área del objeto y los descriptores de Fourier.

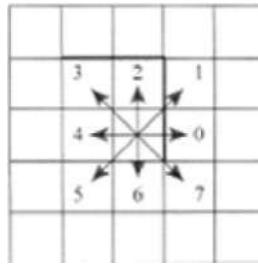


Figura 2.22. Direcciones de codificación

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 213.

En el código de cadena se observa el fenómeno de las asignaturas que es la representación funcional de una frontera y representa la distancia desde el centro hasta la frontera como una función del ángulo y dependen del tamaño y el punto de comienzo.

En la figura 2.21 describe el contorno digital de N puntos en el plano xy, iniciando desde un punto (x₀, y₀)

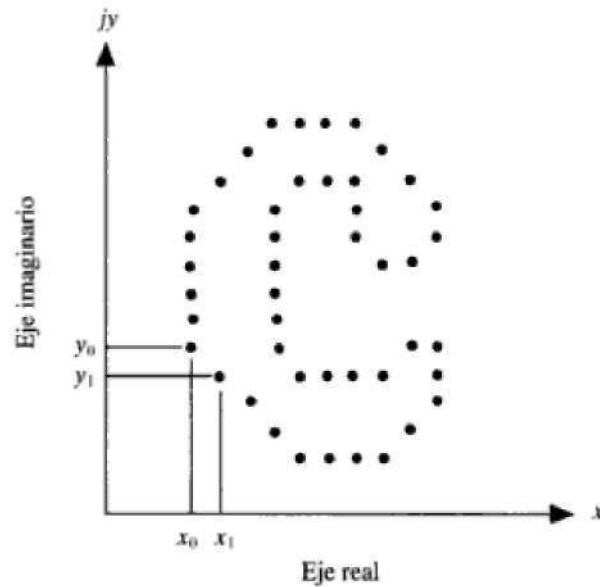


Figura 2.23. Contorno digital representada por una serie compleja
Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

La transformada discreta de Fourier de $s(k)$ es:

$$a(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s(k) \exp [-j2\pi uk/N] \quad (2.101)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

Con valores de u desde 0 hasta $N-1$, los coeficientes complejos $a(u)$ (descriptores de Fourier del contorno) restaurando $s(k)$:

$$s(k) = \sum_{u=0}^{N-1} a(u) \exp [j2\pi uk/N] \quad (2.102)$$

$$\hat{s}(k) = \sum_{u=0}^{M-1} a(u) \exp [j2\pi uk/N] \quad (2.103)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

Los momentos son las formas de los lados del contorno describiéndose de forma cuantitativa, tratando la amplitud g de $g(r)$ con una variable arbitraria r .

$$\mu_n(v) = \sum_{i=1}^K (v_i - m)^n p(v_i) \quad (2.104)$$

$$m = \sum_{i=1}^K v_i p(v_i) \quad (2.105)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

2.4.6.5 TRANSFORMADA DE HOUGH

La transformada de Hough consiste en determinar las líneas compuestas por parejas de puntos pertenecientes al contorno y posteriormente seleccionar los subconjuntos de puntos que se encuentran cercanos a dichas rectas particulares. La ecuación general de una recta es:

$$(2.106)$$

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

La transformada de Hough consiste en dividir el espacio en células de acumulación donde θ y a representan los intervalos dentro de los cuales estarán la pendiente y el desplazamiento o ordenadas en el origen.

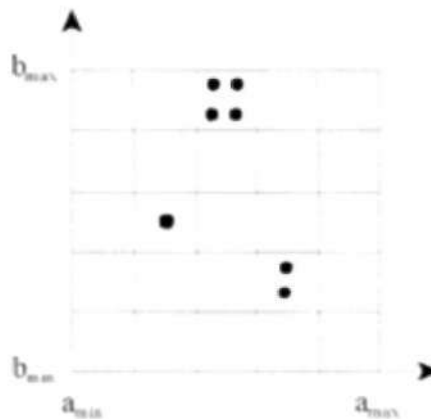


Figura 2.24. células de acumulación

Pajares Gonzalo, De la cruz Jesús. "Visión por Computador, imágenes digitales y aplicaciones". pág. 217.

Las posibles rectas que pasan por cada punto del contorno, estos acumuladores se inicializan en cero y se incrementan en una unidad cuando la pendiente y desplazamiento de las rectas que pasan por cada punto del contorno coincide con los valores de a y b .

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODULO “CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS”

En la industrial actual se utilizan un sistema de elementos computarizados para controlar maquinarias en el proceso de producción, este tipo de sistemas minimiza costos de mano de obra, mejoramiento de materia prima y reducción en los tiempos de producción.

El modulo “CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS” pretende la simulación en pequeña escala de una calle de producción industrial, donde se utilizan sensores, válvulas electroneumaticas, cámara CCD, relés, PLC S7 200 CPU 226 y motor DC.

El modulo “CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS” está conformado por dos secciones importantes como los son la máquina de proceso y panel de control, dichas secciones serán descritas a continuación.

3.1 MAQUINA DE PROCESO

El diseño principal de la máquina de proceso se observa en la figura 3.1. El material que se utilizo es una lámina de acero al carbón.

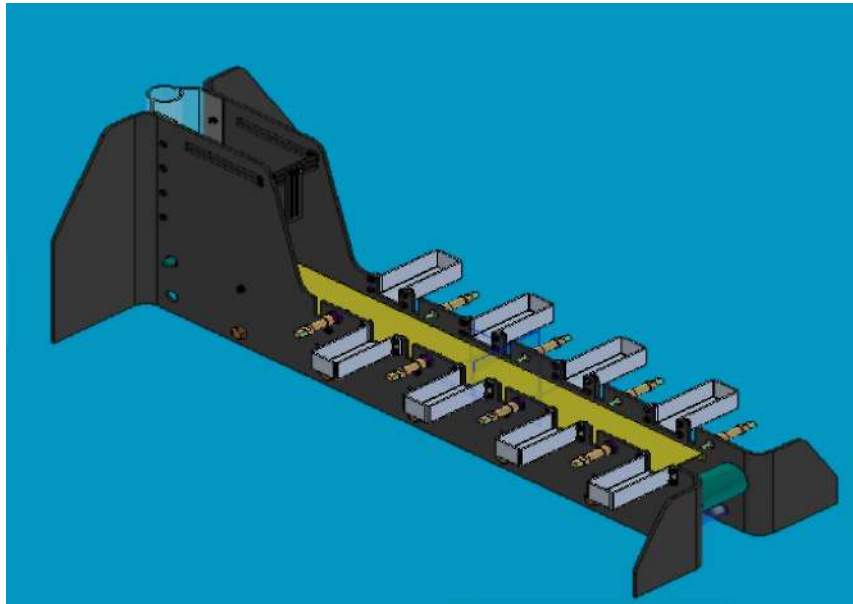


Figura 3.1 Esquema principal la máquina de proceso.
“Diseño, construcción y puesta en marcha de una calle para la selección de objetos caracterizados por sus propiedades físicas”. Cristian E. López L. Johanna M. Plata M.

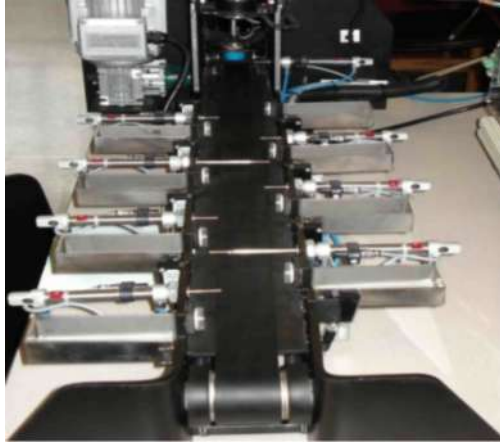


Figura 3.2 maquina de proceso.



Figura 3.3 Banda transportadora, cilindros neumáticos y sensores ópticos.



Figura 3.4 Cámara CCD e iluminación.

La máquina de proceso esta dividida en varias partes, a continuación explicaremos de manera general cada una de las partes de la máquina de proceso. El material de la placa estructural es de acero carbón AISI 1020 ¼”.

La isla de válvulas electroneumaticas son de referencia CPV-SC-MP-VI marca festo, su función es la de controlar el accionamiento de aire hacia los cilindros. Observar sus especificaciones en el ANEXO A.



Figura 3.5 Isla de válvula electroneumatica CPV-SC-MP-VI.

El sensor inductivo es de fabricación SIEN-M30NB-PS-K-L es un sensor de proximidad inductiva que incorpora una bobina electromagnética la cual se usa para la detectar si un objeto es metal o no. Ver especificaciones en el ANEXO B.

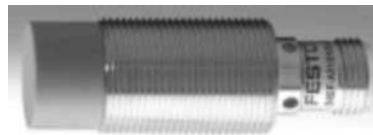


Figura 3.6 Sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L.

El sensor magnético que se utilizo es de marca SMEO-4-K-LED-230 detecta la posición del vástago del cilindro, transmite la señal binaria estandarizada al PLC. Ver especificaciones en el ANEXO C.



Figura 3.7 Sensor magnético SMEO-4-K-LED-230.

El sensor óptico análogo SOEG-RTD-Q20 permite censar diferentes rangos de alturas, esto es porque cada valor de la salida análoga está asociado a una distancia determinada, emitiendo tres rangos de voltaje distinto de acuerdo a la dimensión de la altura de la pieza y sin tener en cuenta su color o superficie, es decir no mide la intensidad de la luz reflejada. Ver especificaciones en el ANEXO D.



Figura 3.8 Sensor óptico análogo SOEG-RTD-Q20.

El sensor óptico digital SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L envía una señal de forma inmediata cuando la luz es interrumpida, es decir, detecta el paso de la pieza a lo largo del sistema de transporte y por lo tanto activa el cilindro para el criterio de la selección. Ver especificaciones en el ANEXO E.



Figura 3.9 Sensor óptico digital SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L

La banda transportadora está construida de poliéster con algodón entretejido, su velocidad de seguimiento es de 7.48 cm/seg, con un ancho de 4.5cm y la longitud es de 2.35mt. La banda transportadora permite el desplazamiento de las piezas a lo largo del modulo. El espejo retroreflector contiene un conjunto de triedros, con caras reflectantes y forman un Angulo de 90° entre ellas abatiendo el plano de polarización.

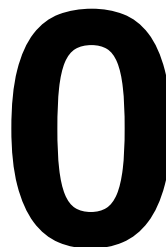


Figura 3.10 Espejo retroreflector

El motor DC WM26 transmite la potencia al tambor mediante un acople flexible tipo araña y da movimiento al sistema de transporte del modulo. El motor DC WM26 trabaja con una fuerza de 0.3HP, una frecuencia de 60Hz y de 1650 rpm. Ver especificaciones en el ANEXO F.



Figura 3.11 Motor DC WM26

Los cilindros redondos DSNU/ESNU corresponden a la norma ISO 6432, su principal funcionamiento es expulsar los objetos de la banda transportadora y colocarlos en la caja de almacenamiento, por medio de la propulsión de aire. Ver especificaciones en el ANEXO G.



Figura 3.12 Cilindro redondo DSNU/ESNU

La cámara CCD DFK 31BF03 proporciona una alta velocidad en la toma de fotos, generando de este modo una mejor calidad de la imagen. La cámara capta las imágenes de los objetos que salen del dispensador de objetos para poderla procesar con el algoritmo adecuado. Ver especificaciones en el ANEXO H.



Figura 3.13 Cámara CCD DFK 31BF03

El compresor de aire NEUHAUS AAC-WE2 alimenta el modulo con aire comprimido para accionar el sistema neumático, con una tension nominal de 120V, con una frecuencia 60Hz, 1500W, 3430 rpm, 2.5L y 2HP.



Figura 3.14 Compresor

3.1.1 ENSAMBLE DE LA MAQUINA DE PROCESO

Para iniciar el ensamble de la máquina de proceso tomo se marcaron y cortaron las láminas de la placa estructural.



Figura 3.15 Placa estructural.

Luego se realizo la caja de alimentación, donde se incorpora el producto al proceso de selección y el almacenamiento de los mismos.



Figura 3.16 Caja de Recolección.

Para incorporar los productos en la línea de proceso se realiza por medio de un cilindro neumático que tiene un aditamento instalado en el vástago para poder tener control en la salida de las piezas.



Figura 3.17 Soporte de la cámara.

El cilindro neumático se encuentra ubicado en el comportamiento de alimentación y en la placa estructural de la máquina de proceso.

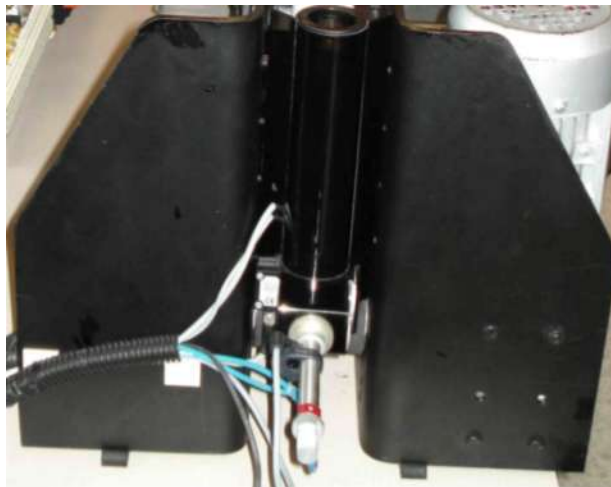


Figura 3.18 Cilindro neumático.

A lo largo de la banda transportadora se tiene instalado una serie de sensores inductivos, que se encargan de detectar la posición del vástago del cilindro y de controlar la salida de los mismos.



Figura 3.19 Sensor inductivo

También se encuentra a lo largo de la banda transportadora un conjunto de sensores ópticos reflectivos, que detectan la presencia de piezas en el sistema de alimentación, enviando la orden al PLC para habilitar el paso de aire al cilindro respectivo y accionar el sistema de separación y almacenamiento de las piezas.

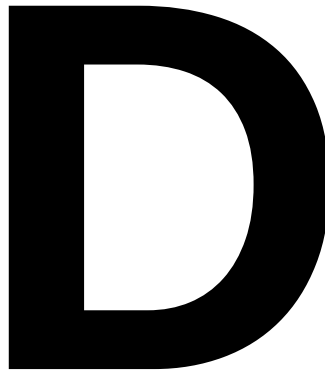


Figura 3.20 Sensor óptico reflectivo

En la parte superior de la placa estructural se encuentra el soporte de la cámara CCD.

Ai

Luego se instala el motor.

Figura 3.21 Cámara CCD



Figura 3.22 Vista superior del soporte de la cámara CCD, motor DC y cilindro neumático



Figura 3.23 Cableado eléctrico y neumático.

La siguiente figura muestra la conexión inicial del PLC.



Figura 3.24 Conexión del PLC, cableado eléctrico y neumático.

3.2 PANEL DE CONTROL

El panel de control de manera inicial y para el desarrollo de las pruebas iniciales de los equipos se observa en la figura 3.24, para una mejor visualización y manejo del PLC se realizó como se observa en la figura 3.25



Figura 3.25 Panel de control

El panel de control está compuesto principalmente por un PLC SIEMENS S7 200 CPU 226 y se utilizó debido a su diseño compacto, simplicidad en su manejo y el gran amplio juego de operaciones. Su software trabaja en la plataforma de WINDOWS y ofrece la flexibilidad necesaria en el desarrollo de las tareas de automatización. La CPU 226 es la más potente para la ejecución de tareas técnicas de envergadura, con puerto PI adicional que proporciona más flexibilidad y posibilidades de comunicación, contiene 40 entradas/salidas a bordo. Ver especificaciones en el ANEXO I.



Figura 3.26 PLC SIEMENS S7 200 CPU 226

Para alimentar el PLC es por medio de la corriente alterna y corriente continua; para alimentar manejar el PLC se puede utilizar la corriente alterna por medio de un breaker; para la parte de corriente continua se utiliza el SITOP POWER 2 y es una fuente de alimentación probada con rango conmutable de tensión de entrada para todas las aplicaciones estándar en la automatización. Ver especificaciones en el ANEXO J.



Figura 3.27 SITOP POWER 2

Para tener una variación de frecuencia para el motor DC WM26 se utilizó el MICROMASTER 440 SIEMENS. Ver especificaciones en el ANEXO k.



Figura 3.28 MICROMASTER 440 SIEMENS

En el panel de control también se encuentra el relé SCHRACK PT570615 se utilizaron como impulso de activación con lo cilindros redondos DSNU/ESNU y se conectaron con las tarjetas RS-232 y el PLC SIEMENS S7 200 CPU 226.



Figura 3.29 SCHRACK PT 570615

Además se utilizaron dos tarjetas de adquisición de datos VELLEMAN P8056-1, dispositivos indicadores de luz. En la parte de cableado eléctrico se genero un código de colores que se observa en la tabla 3.1

BLANCO	Señal
ROJO	24V DC
AMARILLO	12V AC
NEGRO	Tierra
VERDE	Tierra

Tabla 3.1 Código de colores del cableado eléctrico

3.2.1 ENSAMBLE DEL PANEL DE CONTROL

Para realizar el montaje el panel de control se empezó con el diseño y corte en láminas de hierro para ornamentación. El proceso de construcción se observa en las figuras 3.29 hasta la figura 3.36.



Figura 3.29 Panel frontal



Figura 3.30 Panel frontal

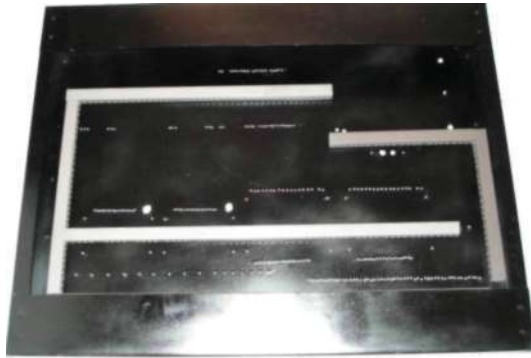


Figura 3.31 Panel trasero



Figura 3.32 Panel frontal con todos los elementos ya instalados

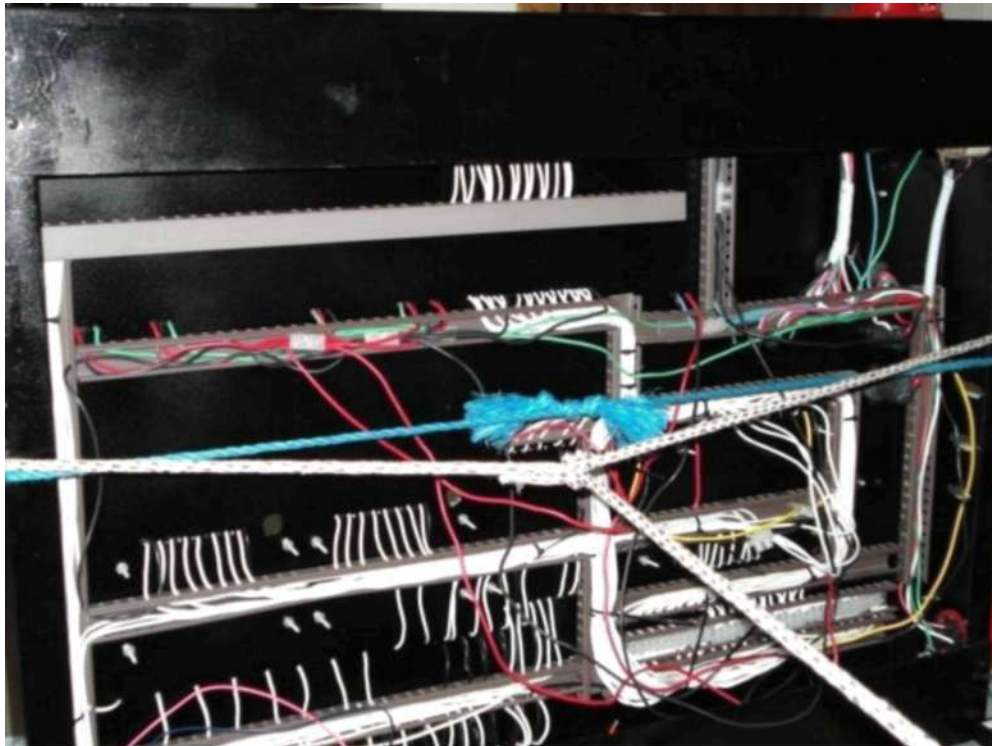


Figura 3.33 Panel trasero con todas las conexiones eléctricas correspondientes.



Figura 3.34 Panel frontal



Figura 3.35 Panel trasero



Figura 3.36 Calle Industrial de Selección de Objetos.

4. ANÁLISIS Y DESARROLLO COMPUTACIONAL DE LA CALLE INDUSTRIAL DE SELECCIÓN DE OBJETOS

El desarrollo computación de la calle industrial de selección de objetos se desarrolla en la plataforma de VISUAL NET y antes de empezar con la programación se realizo un diagrama de bloques general del programa.

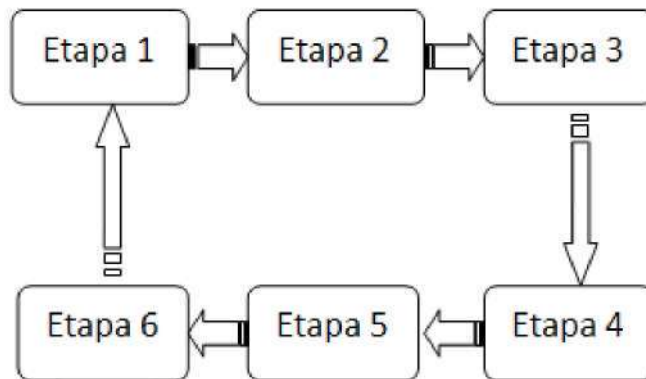


Figura 4.1 Diagrama en bloques de la programación

A continuación explicaremos en qué consiste cada una de las etapas de la programación del sistema “Calle Industrial de Selección de Objetos”.

Etapa 1: Captación (proceso a través del cual se obtiene una imagen visual).

Etapa 2: Preprocesamiento (incluye técnicas tales como la reducción de ruido y realce de detalles).

Etapa 3: Segmentación (proceso que divide a una imagen en objetos que sean de nuestro interés).

Etapa 4: Descripción (proceso mediante el cual se obtienen características convenientes para diferenciar un tipo de objeto de otro).

Etapa 5: Reconocimiento (proceso que identifica a los objetos de una escena).

Etapa 6 Interpretación (proceso que asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos).

Al concluir estas etapas se realiza la clasificación de las piezas en el modulo.

4.1 ETAPA 1: CAPTACIÓN

La etapa 1 es la etapa más importante del sistema, en esta Etapa se obtendrán todas las imágenes que deben ser analizadas en todo el proceso. En esta etapa

se maneja la iluminación utilizada que son dos lámparas fluorescentes compactas de alta eficiencia de 11W cada una.



Figura 4.2 Lámpara fluorescente compacta

Los problemas presentados con este tipo de iluminación es que la imagen se presenta oscura y con reflejos de luz en el color a identificar. En la adquisición de imágenes se utiliza una cámara con sensor CCD (Copule Charge Device) con resolución 1024x768.



Figura 4.3 Cámara CCD DFK 31BF03

Las imágenes capturadas con la cámara se almacenan temporalmente en formato bmp.

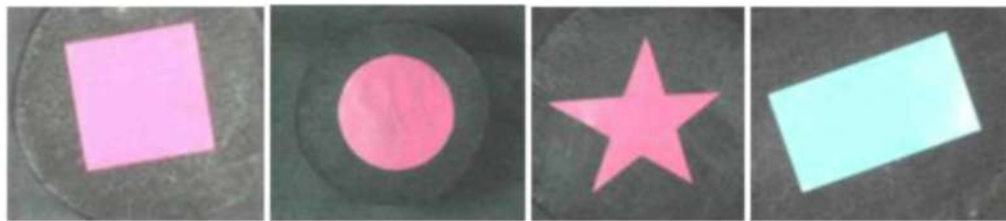


Figura 4.4 Imágenes capturadas por la cámara

Para elegir la imagen a procesar se realizaron los siguientes pasos:

- > Paso 1: Se captura la imagen de la banda sin objeto como se ve en la figura 4.5. Se leen las componentes RGB desde L1 a L2, derecha a izquierda de arriba - abajo.
- > Paso 2: Las componentes RGB extraídas se suman y se dividen entre tres para obtener P_i ($P_i = (R+G+B)/3$).

> Paso 3: El P_i obtenido se suma para obtener PT ($PT = P_i + P_{i+1} \dots + P_{i+n}$)

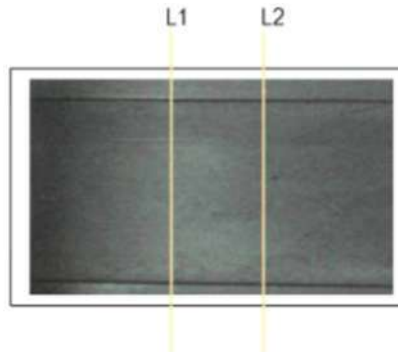


Figura 4.5: Imagen capturada de la banda sin objetos.

Cuando existe un objeto en la banda transportadora los pasos a realizar son:

1. Se repiten los pasos 1,2 y 3 para figura 4.6.
2. Se comparan los PT obtenidos. si hay un cambio significativo la imagen deber ser procesada.

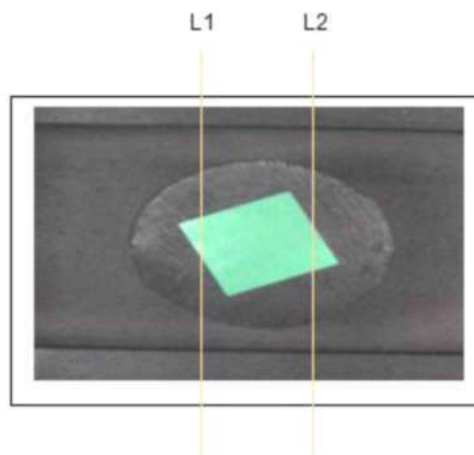


Figura 4.6: Imagen capturada de la banda con objetos.

Para identificar los objetos en la banda transportadora se aplico el siguiente algoritmo:

```
IcImagingControl1.MemorySnapImage()  
    bmp = IcImagingControl1.ImageActiveBuffer.Bitmap  
    PictureBox1.Image = bmp
```

```
Dim R, Ri, x, xw, y, w, xi, xf, yf As UInteger
```

```

Dim bmp_0 As New Bitmap(New Bitmap(bmp), 300, 300)

xw = bmp_0.Width : yf = bmp_0.Height
w = bmp_0.Width * 3

Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp_0.Width, bmp_0.Height)
Dim bmp_0Data As System.Drawing.Imaging.BitmapData =
bmp_0.LockBits(rect, _
    Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite,
    PixelFormat.Format24bppRgb)

Dim ptr As IntPtr = bmp_0Data.Scan0
Dim bytes As Integer = bmp_0.Width * bmp_0.Height * 3
Dim rgb(bytes - 1) As Byte
Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)

xi = xw / 4
xf = xw / 2
Ri = 0

For y = 0 To yf - 1 Step 3
    For x = xi To xf - 1 Step 3

        R = (1 * rgb(x * 3 + y * w + 2) + 1 * rgb(x * 3 + y * w + 1) + 1 * rgb(x * 3 +
y * w + 0)) / 3
        Ri = Ri + R

    Next
Next

Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)
bmp_0.UnlockBits(bmp_0Data)

If (Ri > 220000) Then
    ImageProcessing()

End If

```

4.2 ETAPA 2: PRE-PROCESAMIENTO

Cuando se adquiere la imagen digital, esta presenta ruido debido a la iluminación, equipo electrónico (cámara) y al ruido añadido en los tramos de transmisión (posibles interferencias o errores al transmitir los bits de información).

Las imágenes capturadas con la cámara no tienen los colores perfectamente uniformes debido a la iluminación, como se muestra en los histogramas de las componentes Red, Green y Blue de la figura 4.5. Los valores de los píxeles que se ven se en toda la imagen componen diferentes colores, mostrando una imagen diferente a la imagen real del objeto.

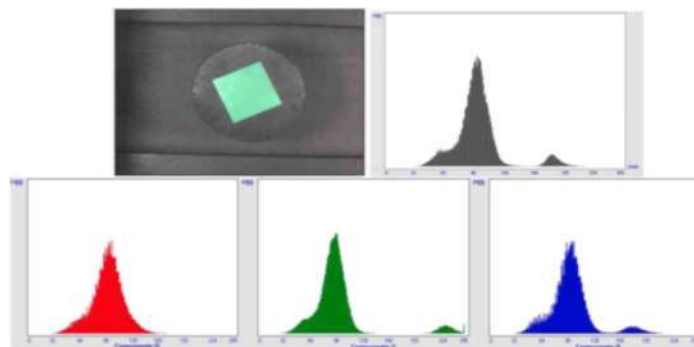


Figura 4.7 Imagen con Ruido.

Las imágenes obtenidas con la cámara pueden llegar a presentar los siguientes tipos de ruido:

- > Ruido Gaussiano: Se caracteriza por tener un espectro de energía constante para todas las frecuencias. Cuando se presenta este problema, el valor exacto de cualquier píxel es diferente cada vez que se captura la misma imagen. Este efecto, suma o resta un determinado valor al nivel de gris real y es independiente de los valores que toma la imagen.
- > Ruido impulsivo: Se caracteriza por la aparición de píxeles con valores arbitrarios normalmente detectables porque se diferencian mucho de sus vecinos más próximos.

El ruido gaussiano tiene un efecto general en toda la imagen, es decir, la intensidad de cada píxel de la imagen se ve alterada en cierta medida con respecto a la intensidad en la imagen original. Por el contrario, se observa que el ruido impulsivo tiene un efecto más extremo sobre un subconjunto del total de píxeles de la imagen.

Para darle solución al problema del ruido se trabajó con el Filtro de la Media (paso bajo)

Filtro de Media: El filtro de la media reemplaza el valor de un pixel por la media de los valores del punto y sus vecinos. La máscara media se observa en la ecuación (4.1)

$$M = \begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

El siguiente código de Visual Basic Net, fue el utilizado para aplicarle la máscara de la Media a los pixeles de la imagen. La máscara de la media se aplico a las tres componentes del modelo RGB.

1. Se definen variables del programa

```
Dim R, G, B As Double
Dim m, m0, m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8 As Integer
Dim xi, xf As Integer
Dim Z, Z_0_R, Z_1_R, Z_2_R, _
Z_0_G, Z_1_G, Z_2_G, _
Z_0_B, Z_1_B, Z_2_B, _
Y_0_R, Y_1_R, Y_2_R, _
Y_0_G, Y_1_G, Y_2_G, _
Y_0_B, Y_1_B, Y_2_B, _
X_0_R, X_1_R, X_2_R, _
X_0_G, X_1_G, X_2_G, _
X_0_B, X_1_B, X_2_B As Integer
```

Los histogramas muestran la distribución de los pixeles que tienen el mismo nivel de gris, rojo, verde y azul de la imagen capturada.

2. Variables para trabajar la imagen

```
Dim bmp As New Bitmap(New Bitmap(PictureBox2.Image))
Dim bmp_0 As New Bitmap(New Bitmap(PictureBox2.Image))

Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height)

Dim bmpData As System.Drawing.Imaging.BitmapData = bmp.LockBits(rect, _
Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb)

Dim bmpData_0 As System.Drawing.Imaging.BitmapData = bmp_0.LockBits(rect, _
—
```

Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb)

```
Dim ptr As IntPtr = bmpData.Scan0  
Dim ptr_0 As IntPtr = bmpData_0.Scan0
```

```
Dim bytes As Integer = bmp.Width * bmp.Height * 3  
Dim bytes_0 As Integer = bmp_0.Width * bmp_0.Height * 3
```

3. Mascara de la Media

```
m0 = 1 : m1 = 1 : m2 = 1  
m3 = 1 : m4 = 1 : m5 = 1  
m6 = 1 : m7 = 1 : m8 = 1
```

```
m = m0 + m1 + m2 + m3 + m4 + m5 + m6 + m7 + m8
```

```
Z = 3 * bmp.Width  
xi = Z + 3  
xf = Z + 5
```

```
X_0_B = Z + 3 : X_1_B = Z - 0 : X_2_B = Z - 3  
X_0_G = Z + 2 : X_1_G = Z - 1 : X_2_G = Z - 4  
X_0_R = Z + 1 : X_1_R = Z - 2 : X_2_R = Z - 5
```

```
Y_0_B = 3 + 0 : Y_1_B = 0 + 0 : Y_2_B = 3 + 0  
Y_0_G = 2 + 0 : Y_1_G = 1 + 0 : Y_2_G = 4 + 0  
Y_0_R = 1 + 0 : Y_1_R = 2 + 0 : Y_2_R = 5 + 0
```

```
Z_0_B = Z - 3 : Z_1_B = Z + 0 : Z_2_B = Z + 3  
Z_0_G = Z - 2 : Z_1_G = Z + 1 : Z_2_G = Z + 4  
Z_0_R = Z - 1 : Z_1_R = Z + 2 : Z_2_R = Z + 5
```

```
Dim rgb(bytes - 1) As Byte  
Dim rgb_0(bytes_0 - 1) As Byte
```

```
Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)  
Marshal.Copy(ptr_0, rgb_0, 0, bytes_0)
```

For que recorre los pixeles de la imagen en las tres componentes de modelo de color RGB.

For x As Integer = xi To rgb.Length - xf Step 3

„ Mascara para componente R (RGB)

$$R = (1 / m) * (m0 * rgb(x - X_0_R) + m1 * rgb(x - X_1_R) + m2 * rgb(x - X_2_R) + _ \\ m3 * rgb(x - Y_0_R) + m4 * rgb(x + Y_1_R) + m5 * rgb(x + Y_2_R) + _ \\ m6 * rgb(x + Z_0_R) + m7 * rgb(x + Z_1_R) + m8 * rgb(x + Z_2_R))$$

„ Mascara para componente G (RGB)

$$G = (1 / m) * (m0 * rgb(x - X_0_G) + m1 * rgb(x - X_1_G) + m2 * rgb(x - X_2_G) + _ \\ _ \\ m3 * rgb(x - Y_0_G) + m4 * rgb(x + Y_1_G) + m5 * rgb(x + Y_2_G) + _ \\ _ \\ m6 * rgb(x + Z_0_G) + m7 * rgb(x + Z_1_G) + m8 * rgb(x + Z_2_G))$$

„ Mascara para componente B (RGB)

$$B = (1 / m) * (m0 * rgb(x - X_0_B) + m1 * rgb(x - X_1_B) + m2 * rgb(x - X_2_B) + _ \\ m3 * rgb(x - Y_0_B) + m4 * rgb(x + Y_1_B) + m5 * rgb(x + Y_2_B) + _ \\ m6 * rgb(x + Z_0_B) + m7 * rgb(x + Z_1_B) + m8 * rgb(x + Z_2_B))$$

rgb(x + 2) = R

rgb(x + 1) = G

rgb(x + 0) = B

Next

Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)

Marshal.Copy(rgb_0, 0, ptr_0, bytes_0)

bmp.UnlockBits(bmpData)

bmp_0.UnlockBits(bmpData_0)

PictureBox2.Image = bmp

Terminado el for de recorrer todos los pixeles de la imagen y aplicarle la media, se obtuvo la imagen de la figura 4.7.

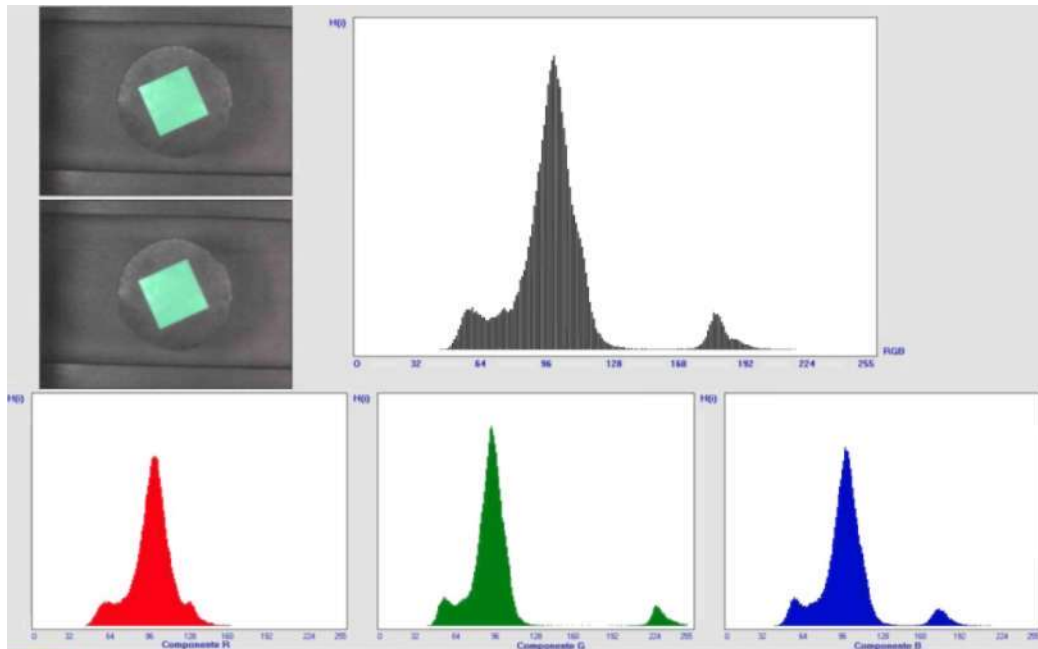


Figura 4.8 Imagen obtenida al aplicarle filtro de la media.

El efecto final de aplicar el filtro de la media a la imagen, es obtener un suavizado de los contornos y otros detalles de la imagen por reducción o redistribución del valor de los píxeles. También hay que notar que este filtro no modifica la imagen en las zonas donde el valor de los píxeles es el mismo.

4.3 ETAPA 3: SEGMENTACIÓN.

La umbralización de una imagen nos permite extraer un objeto de fondo. Es un proceso que permite convertir una imagen de niveles de gris o de color en una imagen binaria, de tal forma que los objetos de interés se etiqueten con un valor distinto al de los píxeles del fondo.

Partiendo de esta idea se aplica la umbralización a la imagen adquirida.

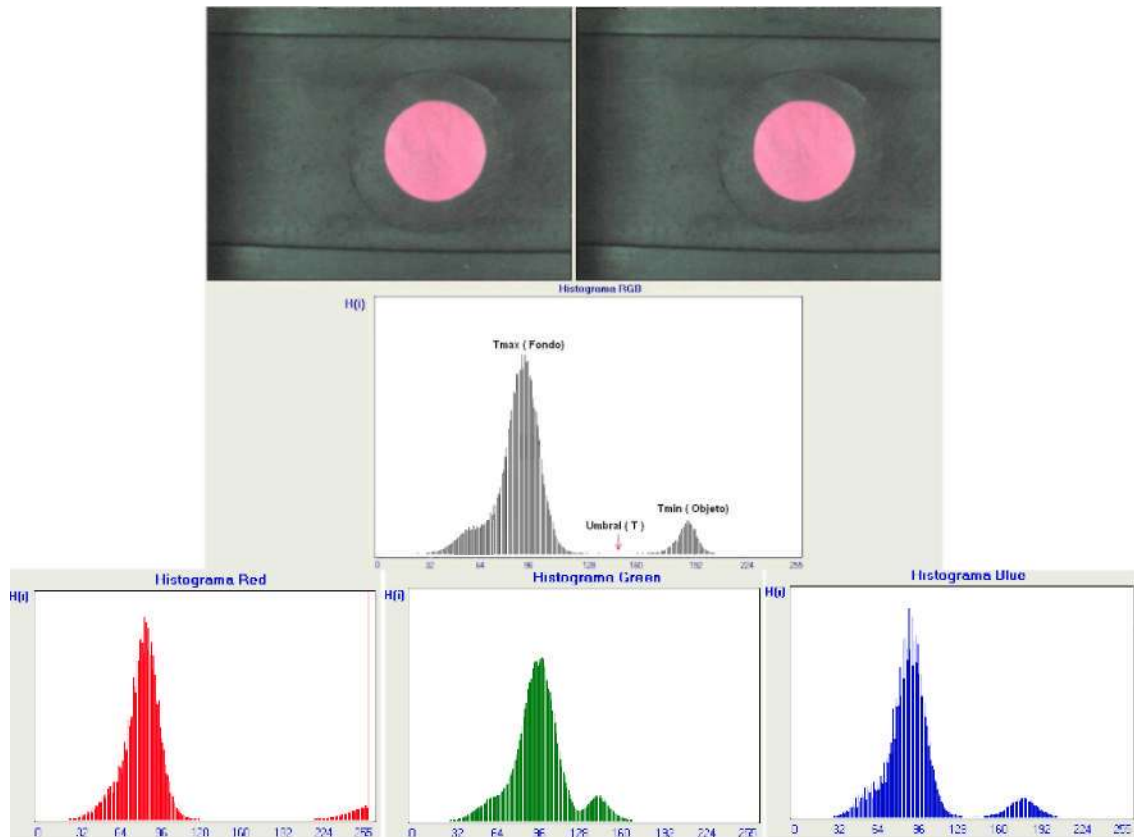


Figura 4.9 Imagen e histograma de una circunferencia de color.

Los pasos que se siguieron para obtener la umbralizacion de la imagen son los siguientes.

- > Se suaviza la imagen.
- > Se obtiene el máximo global del histograma **Tmax** (fondo).
- > Se busca a la izquierda de Tmax, el segundo máximo global del histograma **Tmin** (Objeto).
- > Se obtiene el umbral entre los dos picos del histograma.

$$T = (T_{max} - T_{min}) / 2$$

El código utilizado para hallar el umbral (T) se propuso de la siguiente forma.

Try

Dim xh, mh, N_M, R, G, B, i, T, T1, Tmin, Tmax As Integer
 xh = 350 : mh = 1.2

```

Dim blackPe0 As New Pen(Color.Black, 2)

Dim blackPe1 As New Pen(Color.Red, 2)

Dim blackPe2 As New Pen(Color.Green, 2)
Dim blackPe3 As New Pen(Color.Blue, 2)

Dim H_RGB(255), H_R(255), H_G(255), H_B(255) As Integer

PictureBox3.CreateGraphics.Clear(White)
PictureBox4.CreateGraphics.Clear(White)
PictureBox5.CreateGraphics.Clear(White)
PictureBox6.CreateGraphics.Clear(White)

Dim Picture3 As Graphics = PictureBox3.CreateGraphics
Dim Picture4 As Graphics = PictureBox4.CreateGraphics
Dim Picture5 As Graphics = PictureBox5.CreateGraphics
Dim Picture6 As Graphics = PictureBox6.CreateGraphics

Dim bmp As New Bitmap(New Bitmap(PictureBox2.Image))
Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height)
Dim bmpData As System.Drawing.Imaging.BitmapData = bmp.LockBits(rect, _
Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite,
Imaging.PixelFormat.Formatmin4bppRgb)

Dim ptr As IntPtr = bmpData.Scan0
Dim bytes As Integer = bmp.Width * bmp.Height * 3
Dim rgb(bytes - 1) As Byte

Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)

N_M = bmp.Height * bmp.Width

For que recorre los pixeles de la imagen y extraer las componentes R, G y B.

For x As Integer = 0 To rgb.Length - 3 Step 3

    R = rgb(x + 2)
    G = rgb(x + 1)
    B = rgb(x + 0)

    H_R(R) = H_R(R) + 1 ; Array Histograma: componente Red, figura 4.8.

```

$H_G(G) = H_G(G) + 1$; Array Histograma: componente *Green*, figura 4.8.

$H_B(B) = H_B(B) + 1$; Array Histograma: componente *Blue*, figura 4.8.

$R = (1 / 3) * (R + G + B)$

$H_RGB(R) = H_RGB(R) + 1$; Array Histograma: componentes **RGB** (*Red*, *Green*, *Blue*) Figura 4.7.

Next

```
ListBox1.Items.Clear()
ListBox2.Items.Clear()
ListBox4.Items.Clear()
ListBox5.Items.Clear()
ListBox6.Items.Clear()
For i = 0 To 255
Picture3.DrawLine(blackPe0, CInt(3 * i + 10), 500, CInt(3 * i + 10), CInt((500 - 0.06
* H_RGB(i))))
Picture4.DrawLine(blackPe1, CInt(1.8 * i + 5), xh, CInt(1.8 * i + 5), CInt((xh - 0.04 *
H_R(i))))
Picture5.DrawLine(blackPe2, CInt(1.8 * i + 5), xh, CInt(1.8 * i + 5), CInt((xh - 0.04 *
H_G(i))))
Picture6.DrawLine(blackPe3, CInt(1.8 * i + 5), xh, CInt(1.8 * i + 5), CInt((xh - 0.04 *
H_B(i))))
ListBox1.Items.Add("pRGB: " & i & " RGB = " & H_RGB(i))
ListBox4.Items.Add("pR: " & i & " R = " & H_R(i))
ListBox5.Items.Add("pV: " & i & " G = " & H_G(i))
ListBox6.Items.Add("pA: " & i & " B = " & H_B(i))
Next
```

```
Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)
bmp.UnlockBits(bmpData)
```

calculos que realiza el programa, para hallar Tmax y Tmin

T1 = 0 : Tmin = 255

```
For i = 10 To 255
T = H_RGB(i)
If (T > T1) Then
T1 = T
Tmax = i
```

```
End If  
Next
```

```
T1 = 0 : Tmin = 255  
For i = 10 To 255
```

```
  If (T > 0) Then  
    Tmin = i  
  End If
```

```
Next
```

```
T = (Tmax + Tmin) / 2
```

```
ListBox2.Items.Add("T1 = " & Tmax & "  TMIN = " & Tmin & "  T = " & T)
```

```
TextBox1.Text = T
```

```
Catch ex As Exception  
End Try
```

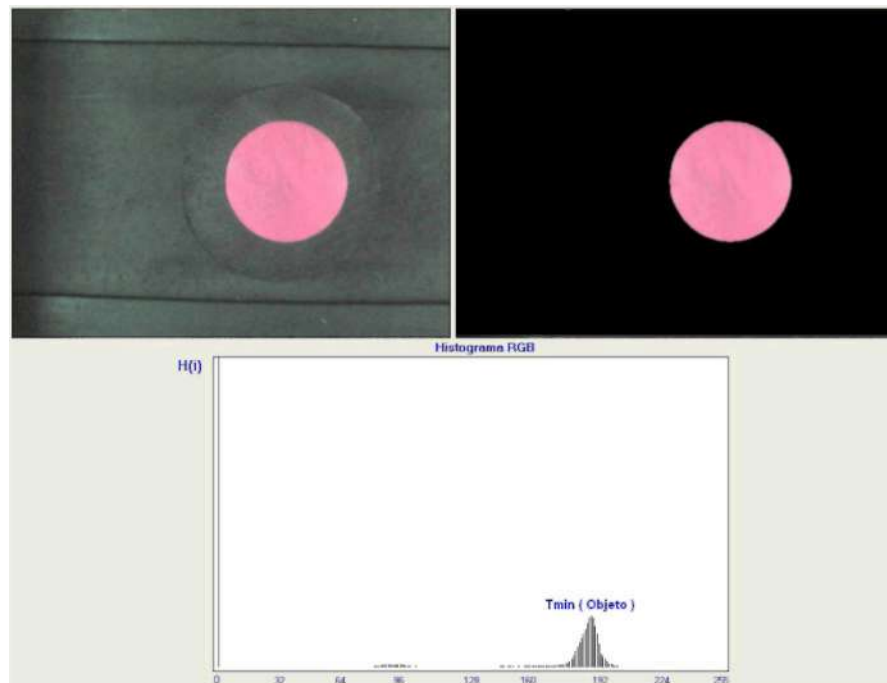


Figura 4.10 Imagen umbralizada.

Con la umbralización aplicada a la figura 4.10, se observa que el fondo que presentaba la imagen fue eliminado dejando solo el objeto en la imagen. Los

valores de las componentes Red, Green y Blue del fondo la imagen fueron establecidas en Red = 0, Green = 0 y Blue =0 para el color negro o nulo del fondo.

4.4 ETAPA 4: DESCRIPCIÓN

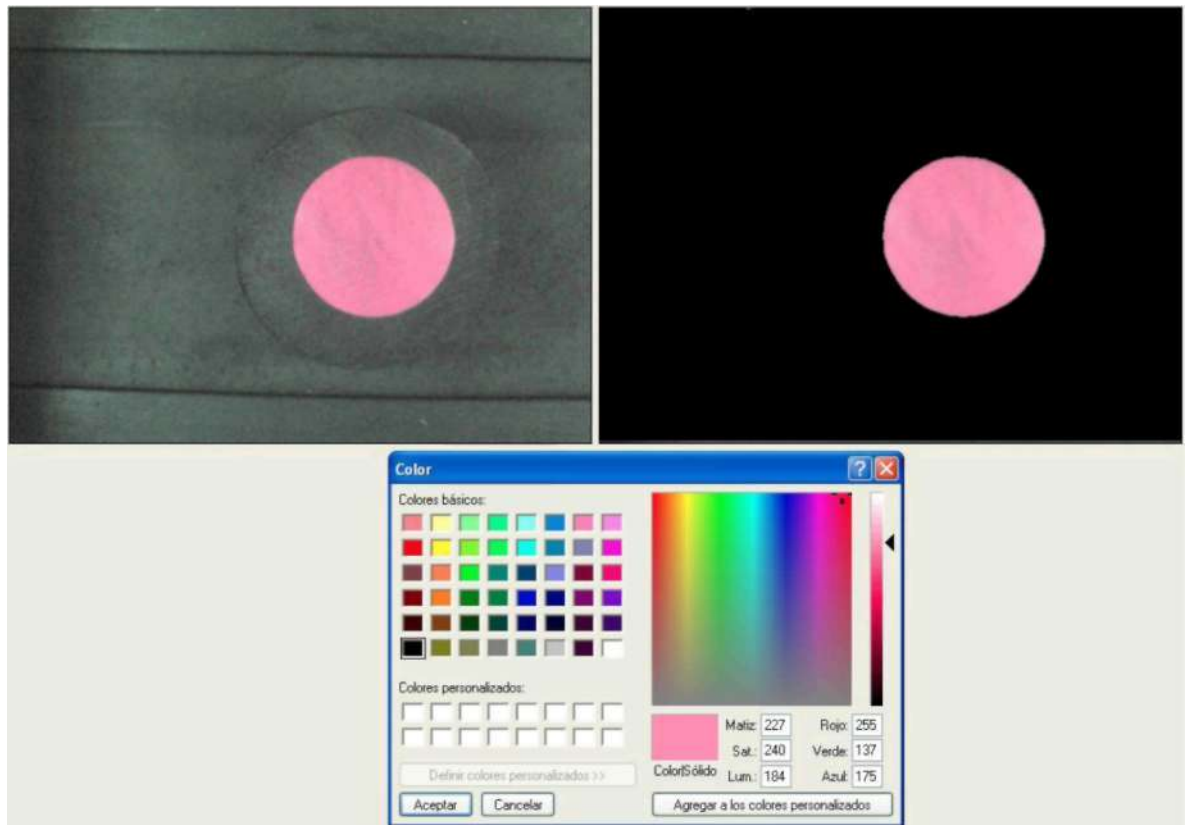


Figura 4.11 Color del objeto de la imagen umbralizada.



Figura 4.12 Histograma de las componentes R,G y B de la imagen umbralizada.

El color del objeto se obtiene después de suavizar y umbralizar la imagen. Los valores de las componentes R, G y B se obtienen de los picos máximos de los

histogramas de las componentes Red, Green y Blue como se observa en la figura 4.11 ($H(i)_{\max R}$, $H(i)_{\max G}$, $H(i)_{\max B}$).

Los valores obtenidos R, G y B se compararon con la paleta de colores de Windows como se observa en la figura 4.10. El color resultante en la paleta es muy similar a simple vista con el color que se obtiene del objeto después de ser suavizado y umbralizado.

Este es el método que se utilizó para identificar la pieza por color. El código utilizado para hallar las componentes Red, Green y Blue es el siguiente:

```
Dim N_M, R, G, B, i, T1, T2, TR, TG, TB, TR_0, TG_0, TB_0, H_RGB(255),  
H_R(255), H_G(255), H_B(255) As Integer
```

```
Dim As Integer
```

```
Dim bmp As New Bitmap(New Bitmap(PictureBox2.Image))
```

```
Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height)  
Dim bmpData As System.Drawing.Imaging.BitmapData =  
    bmp.LockBits(rect, Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite,  
    Imaging.PixelFormat.Format24bppRgb)
```

```
Dim ptr As IntPtr = bmpData.Scan0  
Dim bytes As Integer = bmp.Width * bmp.Height * 3  
Dim rgb(bytes - 1) As Byte  
Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)
```

```
N_M = bmp.Height * bmp.Width
```

For que recorre la imagen de izquierda a derecha de arriba – abajo.

```
For x As Integer = 0 To rgb.Length - 3 Step 3
```

```
    R = rgb(x + 2)
```

```
    G = rgb(x + 1)
```

```
    B = rgb(x + 0)
```

```
    H_R(R) = H_R(R) + 1
```

```
    H_G(G) = H_G(G) + 1
```

```
    H_B(B) = H_B(B) + 1
```

```
Next
```

```
ListBox1.Items.Clear()
```

```
ListBox2.Items.Clear()
```

```
ListBox3.Items.Clear()
```

```
ListBox1.Items.Add("P: " & i & " R = " & H_RGB(i))
```

```
Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)  
bmp.UnlockBits(bmpData)
```

```
T1 = 0 : T2 = 255 : R = 0
```

```
TR_0 = 0 : TG_0 = 0 : TB_0 = 0
```

```
For i = 1 To 255
```

```
    TR = H_R(i)  
    TG = H_G(i)  
    TB = H_B(i)
```

```
    Calculo de componente Red.
```

```
        If (TR > TR_0) Then  
            TR_0 = TR  
            R = i  
        End If
```

```
    Calculo de componente Green.
```

```
        If (TG > TG_0) Then  
            TG_0 = TG  
            G = i  
        End If
```

```
    Calculo de componente Blue.
```

```
        If (TB > TB_0) Then  
            TB_0 = TB  
            B = i  
        End If
```

```
Next
```

```
ListBox3.Items.Add("R = " & R & " # P = " & TR_0 & " G = " & G & " # P = " &  
TG_0 & " B = " & B & " # P = " & TB_0)
```

4.5 ETAPA 5: RECONOCIMIENTO

Para la extracción de contornos se utilizó el filtro de Sobel que detecta los bordes horizontales y verticales separadamente sobre una imagen. El detector se aplica a cada una de las componentes de Red, Green y Blue.

M1: Mascara bordes horizontales

M2: Mascara bordes verticales

$$M1 = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad M2 = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$MR = \begin{bmatrix} R8 & R1 & R2 \\ R7 & R0 & R3 \\ R6 & R5 & R4 \end{bmatrix}; \quad MG = \begin{bmatrix} G8 & G1 & G2 \\ G7 & G0 & G3 \\ G6 & G5 & G4 \end{bmatrix}; \quad MB = \begin{bmatrix} B8 & B1 & B2 \\ B7 & 255 & B3 \\ B6 & B5 & B4 \end{bmatrix}$$

MR, MG y MB, es la matriz de valores de alrededor del pixel central (R0, G0, B0) que se le aplicara la máscara.

R_Gx, G_Gx, B_Gx, R_Gy, G_Gy, B_Gy, es el valor resultante de la operación entre las matrices MR, MG, MB y M1, M2.

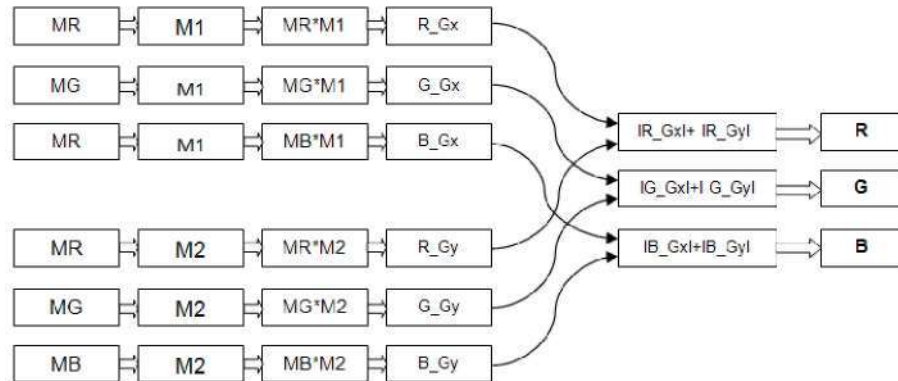


Figura 4.13 Diagrama de bloque de la máscara de Sobel.

El algoritmo utilizado para la detección de bordes horizontales y verticales es:

Dim R, G, B, R_Gx, G_Gx, B_Gx, R_Gy, G_Gy, B_Gy As Integer 'd

Dim m, m0, m1, m2, m3, m4, m5, m6, m7, m8, n, n0, n1, n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8 As Integer 'd

Dim xi, xf As Integer

Dim Z, Z_0_R, Z_1_R, Z_2_R, _
Z_0_G, Z_1_G, Z_2_G, _

```

Z_0_B, Z_1_B, Z_2_B, _
Y_0_R, Y_1_R, Y_2_R, _
Y_0_G, Y_1_G, Y_2_G, _
Y_0_B, Y_1_B, Y_2_B, _
X_0_R, X_1_R, X_2_R, _
X_0_G, X_1_G, X_2_G, _
X_0_B, X_1_B, X_2_B As Integer

```

```

' _____
m0 = +1 : m1 = +0 : m2 = -1
m3 = +2 : m4 = +0 : m5 = -2
m6 = +1 : m7 = +0 : m8 = -1
m = 4
' _____

```

```

n0 = +1 : n1 = +2 : n2 = +1
n3 = +0 : n4 = +0 : n5 = +0
n6 = -1 : n7 = -2 : n8 = -1
n = 4

```

```

Dim bmp As New Bitmap(PictureBox2.Image)
Dim bmp_0 As New Bitmap(PictureBox2.Image)
Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height)

```

```

Dim bmpData As System.Drawing.Imaging.BitmapData = bmp.LockBits(rect,

```

```

— Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite,
PixelFormat.Format24bppRgb)

```

```

Dim bmpData_0 As System.Drawing.Imaging.BitmapData =
bmp_0.LockBits(rect, _
Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite,
PixelFormat.Format24bppRgb)

```

```

Dim ptr As IntPtr = bmpData.Scan0
Dim ptr_0 As IntPtr = bmpData_0.Scan0

```

```

Dim bytes As Integer = bmp.Width * bmp.Height * 3
Dim bytes_0 As Integer = bmp_0.Width * bmp_0.Height * 3

```

```

Z = 3 * bmp.Width
xi = Z + 3
xf = Z + 5

```

$X_0_B = Z + 3 : X_1_B = Z - 0 : X_2_B = Z - 3$
 $X_0_G = Z + 2 : X_1_G = Z - 1 : X_2_G = Z - 4$
 $X_0_R = Z + 1 : X_1_R = Z - 2 : X_2_R = Z - 5$

$Y_0_B = 3 + 0 : Y_1_B = 0 + 0 : Y_2_B = 3 + 0$
 $Y_0_G = 2 + 0 : Y_1_G = 1 + 0 : Y_2_G = 4 + 0$
 $Y_0_R = 1 + 0 : Y_1_R = 2 + 0 : Y_2_R = 5 + 0$

$Z_0_B = Z - 3 : Z_1_B = Z + 0 : Z_2_B = Z + 3$
 $Z_0_G = Z - 2 : Z_1_G = Z + 1 : Z_2_G = Z + 4$
 $Z_0_R = Z - 1 : Z_1_R = Z + 2 : Z_2_R = Z + 5$

Dim rgb(bytes - 1) As Byte
 Dim rgb_0(bytes_0 - 1) As Byte

Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)
 Marshal.Copy(ptr_0, rgb_0, 0, bytes_0)

For que recorre pixel a pixel la imagen aplicando la mascara de sobel.

For x As Integer = xi To rgb.Length - xf Step 3

Mascara de sobel M1 para hallar bordes horizontales en la componenten Red.

R_Gx =

$m0 * \text{rgb}(x - X_0_R) + m1 * \text{rgb}(x - X_1_R) + m2 * \text{rgb}(x - X_2_R) +$
 $m3 * \text{rgb}(x - Y_0_R) + m4 * \text{rgb}(x + Y_1_R) + m5 * \text{rgb}(x + Y_2_R) +$
 $m6 * \text{rgb}(x + Z_0_R) + m7 * \text{rgb}(x + Z_1_R) + m8 * \text{rgb}(x + Z_2_R)$

Mascara de sobel M1 para hallar bordes horizontales en la componenten Green.

G_Gx =

$m0 * \text{rgb}(x - X_0_G) + m1 * \text{rgb}(x - X_1_G) + m2 * \text{rgb}(x - X_2_G) +$
 $m3 * \text{rgb}(x - Y_0_G) + m4 * \text{rgb}(x + Y_1_G) + m5 * \text{rgb}(x + Y_2_G) +$
 $m6 * \text{rgb}(x + Z_0_G) + m7 * \text{rgb}(x + Z_1_G) + m8 * \text{rgb}(x + Z_2_G)$

Mascara de sobel M1 para hallar bordes horizontales en la componenten Blue.

```

B_Gx =
m0 * rgb(x - X_0_B) + m1 * rgb(x - X_1_B) + m2 * rgb(x - X_2_B) + _
m3 * rgb(x - Y_0_B) + m4 * rgb(x + Y_1_B) + m5 * rgb(x + Y_2_B) + _
m6 * rgb(x + Z_0_B) + m7 * rgb(x + Z_1_B) + m8 * rgb(x + Z_2_B)

```

Mascara de sobel M2 para hallar bordes verticales en la componenten Red.

```

R_Gy =
n0 * rgb(x - X_0_R) + n1 * rgb(x - X_1_R) + n2 * rgb(x - X_2_R) + _
n3 * rgb(x - Y_0_R) + n4 * rgb(x + Y_1_R) + n5 * rgb(x + Y_2_R) + _
n6 * rgb(x + Z_0_R) + n7 * rgb(x + Z_1_R) + n8 * rgb(x + Z_2_R)

```

Mascara de sobel M2 para hallar bordes verticales en la componenten Green.

```

G_Gy =
n0 * rgb(x - X_0_G) + n1 * rgb(x - X_1_G) + n2 * rgb(x - X_2_G) + _
n3 * rgb(x - Y_0_G) + n4 * rgb(x + Y_1_G) + n5 * rgb(x + Y_2_G) + _
n6 * rgb(x + Z_0_G) + n7 * rgb(x + Z_1_G) + n8 * rgb(x + Z_2_G)

```

Mascara de sobel M2 para hallar bordes verticales en la componenten Blue.

```

B_Gy =
n0 * rgb(x - X_0_B) + n1 * rgb(x - X_1_B) + n2 * rgb(x - X_2_B) + _
n3 * rgb(x - Y_0_B) + n4 * rgb(x + Y_1_B) + n5 * rgb(x + Y_2_B) + _
n6 * rgb(x + Z_0_B) + n7 * rgb(x + Z_1_B) + n8 * rgb(x + Z_2_B)

```

Se obtiene el valor de las componentes Red, Green y Blue del pixel al que se le aplico la mascara de sobel.

```

R = (1 / 8) * (Math.Abs(R_Gx) + Math.Abs(R_Gy))

```

```

G = (1 / 8) * (Math.Abs(G_Gx) + Math.Abs(G_Gy))

```

```

B = (1 / 8) * (Math.Abs(B_Gx) + Math.Abs(B_Gy))

```

```

    rgb_0(x + 2) = R
    rgb_0(x + 1) = G
    rgb_0(x + 0) = B

```

Next

```

Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)

```

```
Marshal.Copy(rgb_0, 0, ptr_0, bytes_0)
```

```
bmp.UnlockBits(bmpData)  
bmp_0.UnlockBits(bmpData_0)  
PictureBox2.Image = bmp_0
```



Figura 4.14 Bordes obtenidos con la máscara de Sobel.

En la Figura 4.13 se ve el resultado de aplicar Sobel sobre las imágenes, aparecen los contornos horizontales y verticales de la figura de la imagen original. El resultado se obtiene utilizando un factor de división de 8 y valor absoluto de la convolución, utilizando niveles de gris en escala desde 0 para el negro y 255 para el blanco para cada una de las componentes Red, Green y Blue.

4.6 ETAPA 6: INTERPRETACIÓN

Para la identificación del objeto de la imagen se utilizo:

- > Momentos Geométricos: Los momentos de un objeto son una serie de parámetros estadísticos obtenidos a partir de las coordenadas de los puntos del objeto. Se tienen en cuenta todos los píxeles de la imagen, no solo los bordes. Permiten reconocer figuras dentro de una imagen independientemente de su posición, rotación, translación.

El código siguiente calcula los momentos.

```
Dim bmp As New Bitmap(PictureBox2.Image)
Dim x, y, i, j, w, xf, yf, tx, m00, m10, m01 As Integer
Dim x_, y_, u20, u02, u00, u11, n20, n02, n11, n30, u30, n12, u12, n21, u21, n03,
u03, O1, O2, O3, O4 As Double
```

```
xf = bmp.Width : yf = bmp.Height
w = bmp.Width * 3
tx = TextBox1.Text
```

```
Dim rect As New Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height)
Dim bmpData As System.Drawing.Imaging.BitmapData = bmp.LockBits(rect, _
Drawing.Imaging.ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb)
```

```
Dim ptr As IntPtr = bmpData.Scan0
Dim bytes As Integer = bmp.Width * bmp.Height * 3
Dim rgb(bytes - 1) As Byte
Marshal.Copy(ptr, rgb, 0, bytes)
m00 = 0
```

calcula del area del objeto

```
For y = 0 To yf - 1
For x = 0 To xf - 1
i = x : j = y
```

```

If ((rgb(x * 3 + y * w + 0) / 255) = 1) Then
m00 = m00 + 1
m10 = m10 + i * 1
m01 = m01 + j * 1
End If
Next
Next

```

Calculo de los centros de gravedad

$x_ = m10 / m00 : y_ = m01 / m00$

$u00 = m00$

$u20 = 0 : u02 = 0 : u11 = 0 : u30 = 0 : u12 = 0 : u21 = 0 : u03 = 0$

Calculo de los Momentos Invariantes a Traslaciones.

```

For y = 0 To yf - 1
For x = 0 To xf - 1
i = x : j = y
If ((rgb(x * 3 + y * w + 0) / 255) = 1) Then
u20 = u20 + 1 * ((i - x_) ^ 2)
u02 = u02 + 1 * ((j - y_) ^ 2)
u11 = u11 + 1 * (i - x_) * 1 * (j - y_)
u30 = u30 + 1 * ((i - x_) ^ 3)
u12 = u12 + 1 * (i - x_) * 1 * ((j - y_) ^ 2)
u21 = u21 + 1 * ((i - x_) ^ 2) * 1 * (j - y_)
u03 = u03 + 1 * ((i - y_) ^ 3)
End If
Next
Next

```

Calculos de los Momentos Invariantes a Traslaciones y cambios de escala.

```

n20 = u20 / (u00) ^ 2
n02 = u02 / (u00) ^ 2
n11 = u11 / (u00) ^ 2
n30 = u30 / (u00) ^ (5 / 2)
n12 = u12 / (u00) ^ (5 / 2)
n21 = u21 / (u00) ^ (5 / 2)
n03 = u03 / (u00) ^ (5 / 2)

```

```

O1 = n20 + n02
O2 = ((n20 - n02) ^ 2) + 4 * ((n11) ^ 2)
O3 = ((n30 - 3 * n12) ^ 2) + ((3 * n21 - n03) ^ 2)
O4 = ((n30 + n12) ^ 2) + ((n21 + n03) ^ 2)

```

```

TextBox2.Text = O1
TextBox3.Text = O2
TextBox4.Text = O3
TextBox5.Text = O4

```

```

Marshal.Copy(rgb, 0, ptr, bytes)
bmp.UnlockBits(bmpData)
PictureBox2.Image = bmp

```

```
End Sub
```

Con el cálculo de los momentos de la figura, nos permite obtener los valores numéricos de las piezas procesadas. Con los valores obtenidos se tiene el reconocimiento de la forma del objeto que serán utilizados para realizar su clasificación por forma.

4.7 CLASIFICACIÓN DE PIEZAS

En esta sección se explicara cómo se realiza la clasificación basada por el cilindro redondo DSN/ESMUÍ, mediante la programación realizada en el PC

El computador es utilizado para la automatización y clasificación lo cual esta comunicado al tablero de control por medio de un RS232 y dos USB encargados de mandar y recibir las señales correspondientes para la coordinación de cada una de las estaciones del modulo.

> Descripción de los subsistemas

En la figura 4.11 podemos ver una foto de la estación clasificadora. En la figura 4.12 se muestra en detalle la cinta transportadora con elementos sensores y actuadores. En la figura 4.13 se observa como quedan las piezas en cada caja de recolección con su pieza clasificada.

Los principales elementos son:

1. Banda transportadora accionada por un motor eléctrico.

2. La cámara tipo cid la cual toma la imagen para así empezar el proceso de la clasificación.
3. Cajas recicladoras. Se trata de un grupo de 7 cajas por donde entran las piezas clasificadas.
4. Actuadores. Son cilindros neumáticos que cada caja posee enfrente suyo con un sensor de proximidad lo cual me indica que la pieza está en la posición para la expulsar.
5. Sensores ópticos con su respectivo espejo, que me indica que la pieza está en la posición deseada ya sea al inicio de la entrada y en sitio correspondiente a su caja.



Figura 4.15 Banda transportadora



Figura 4.16 Estación clasificadora

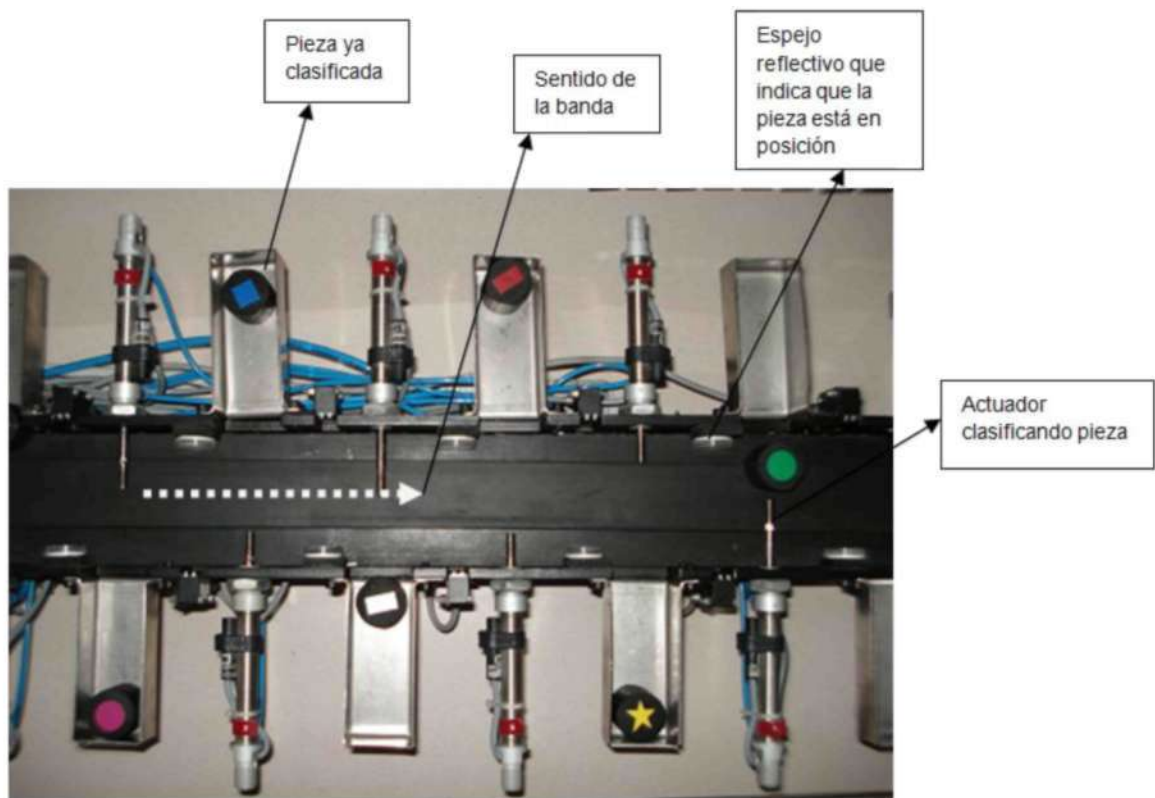


Figura 4.17 Cinta transportadora

1 M^Jf *W^

J|r^_T

Figura 4.18 Cinta transportadora con imágenes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- > Se llevo a cabo el desarrollo de la estructura de hardware para así tener una conexión con el pc ya que este posee una pantalla interactiva que permite hacer una selección de qué tipo de objeto y color quiere el usuario en las respectivas cajas lo cual ya esta previamente automatizado el modulo.
- > En este proyecto se estudio e implemento un método para calibrar una cámara tipo ccd en base al seguimiento de características en una secuencia de imágenes. Se puso en práctica varios métodos de detección de objetos en base a clasificación de color y forma usando como herramienta principal la máscara de sobel.
- > Se llevaron a cabo los métodos de calibración de la cámara tipo ccd y en base a ello se decidió utilizar un proceso iterativo de la estimulación de los parámetros extrínsecos de la cámara que consiste en la solución de un sistema de ecuaciones lineales. El objetivo de resolver las ecuaciones es eliminar el grado de error de una estimulación inicial de la rotación y traslación de la imagen.
- > Al iniciar este proyecto se plantearon objetivos generales y específicos entre los cuales podemos mencionar: Diseñar una aplicación para la automatización del modulo de selección de objetos utilizando un pc como medio controlador. Desarrollo del hardware que permite la automatización del modulo desde el pc. Construcción de una aplicación modular en visual net que caracterice el objeto por forma y color utilizando la cámara como medio sensor. Desarrollo del manual de operación del modulo.
- > Al término del trabajo se logro hacer la detección del objeto por clasificación de pixeles en base color usando la máscara de sobel. Aplicando este método de detección a cada una de las imágenes que componen una secuencia de video, lo cual se ha podido detectar los objetos en movimiento. Se han obtenido con precisión puntos de referencia del objeto por forma y color.
- > Para futuras tesis se puede agregar al software la implementación de poder identificar piezas, frutas y demás objetos ya sean diferentes a las propuestas en esta tesis.

- > También se podría implementar para este proyecto la adición de un brazo robótico para que lleve las piezas clasificadas a un sitio predeterminado ya sea una caja o algo donde ponerlas para su agrupación.
- > Para un mejoramiento de la automatización se podría hacer un diseño de control de velocidad que esté conectado con el variador de frecuencia para así tener todo el modulo controlado desde el pc.

BIBLIOGRAFÍA

- > Gonzáles C, Rafael. Tratamiento Digital de Imágenes. - Versión en Español de la Obra titulada Digital Image Processing, publicada originalmente en ingles Addison-Wesley Publishing Company, Inc.. Reading Masachusetts 1992.
- > Carreño O, René. Optische Trenntechnik und Qualitätssicherung getrockneter Früchte durch Bildverarbeitung. HTWG Konstanz, Alemania 2004.
- > I. Pitas. Digital Image Processing Algorithms and Applications. Jhon Wiley & Sons, Inc. Reading New York 2000.

PÁGINAS DE REFERENCIA.

- > www.theimagingsource.com/en/products/cameras/firewire_color/dfk31bf03/overview/
- > <http://www.catenary.com/>
- > http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_RGB
- > <http://www.imagingcontrol.com/library/dotnet/section/image-processing/example/accessing-image-data/>
- > http://es.wikipedia.org/wiki/CCD#Fotograf.C3.ADa_digital
- > http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_RGB

ANEXO A

ISLA DE VÁLVULAS CPV-MP-VI FESTO

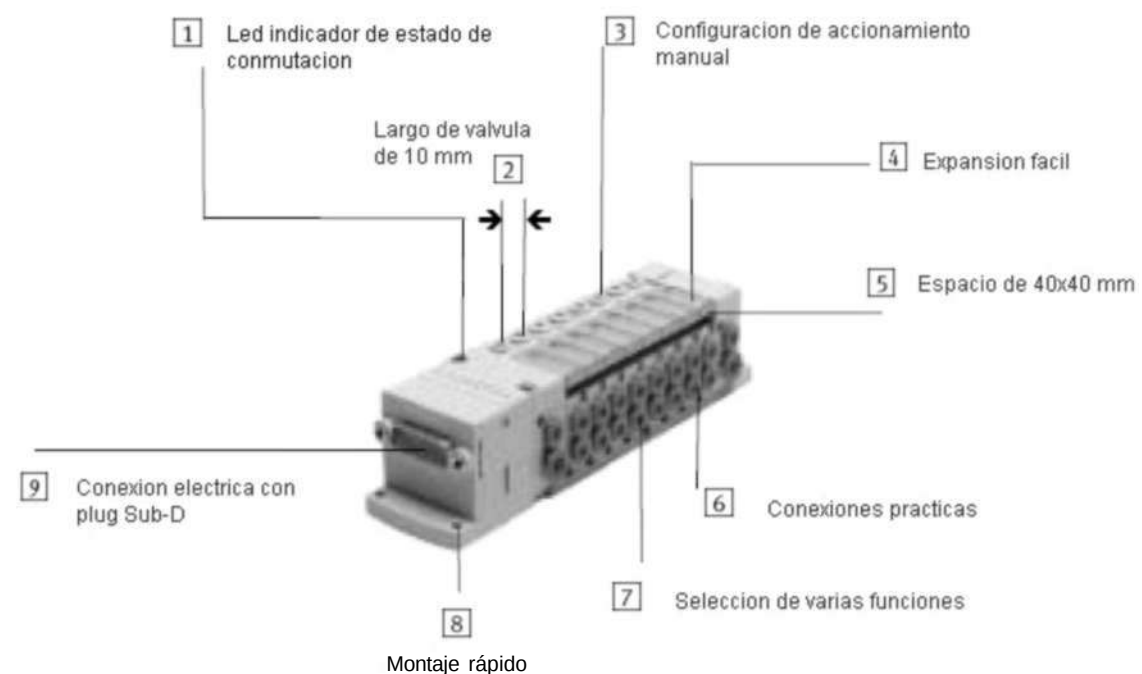


Figura A.1 Partes de la válvula CPV-MP-VI FESTO

KMP&-15P-12-..	Descripción	Pñ	Color del hilo	Dirección/Bobina
f^=^ OÍD 013	Cable ron mnéctar tipo zócalo para el terminal de válvulas CFV-St mu hasta 12 posiciones de válvulas	1	Blanco	Bobina D
		2	Marrón	Bobina 1
		3	Verde	Bobina 2
		i	Amarilis	Bobina 1
		5	Gris	Bobina í
		b	Rosa	Bobina i
		1	Azul	Bobina í
		B	Rojó	Bobina 7
		3	Negro	Bobina •
		lù	Violeta	Bobina 9
		11	Grisyrosa	Bobina 10
		12	Rojó v azul	Bobina 11
		13	Blan coy verde	n.c.
		14	Marrón y ver de	ovil
		15	Blanco yamarillo	ovil

Tabla A.1 Ocupación de clavijas del sub-D de 15 contactos (código MS)

CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
Función de las válvulas	2/2 cerrada monoestable 3/2 cerrada monoestable 3/2 abierta monoestable 5/2 monoestable 5/2 biestable
Caudal nominal normal	170 l/min
Presión de funcionamiento	-0,9 a 7 bar
Control eléctrico	Conexión individual
cantidad máxima de posiciones para válvulas	16
Número máximo de de zonas de presión	8
Temperatura ambiente	-5 a 50 °C
Ancho	10 mm
Tipo de protección	IP40
Diámetro nominal	2.5 mm
Patrón	10 mm
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tipo de terminal de válvulas	80
Construcción	Corredera
Indicación de la posición de conmutación	LED
Presión de control	3 a 7 bar
Apropiado para vacío	Si
Tensión nominal de funcionamiento DC	24 v
Fluctuación de tensión permisible	± 10%
Fluido	Aire comprimido filtrado con grado de filtración de 40µm
Clase de resistencia a la corrosión KBK	1
Temperatura del medio	-5 a 50 °C

Tabla A.2 Características de funcionamiento

ANEXO B

Sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L



Figura B.1 Sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L

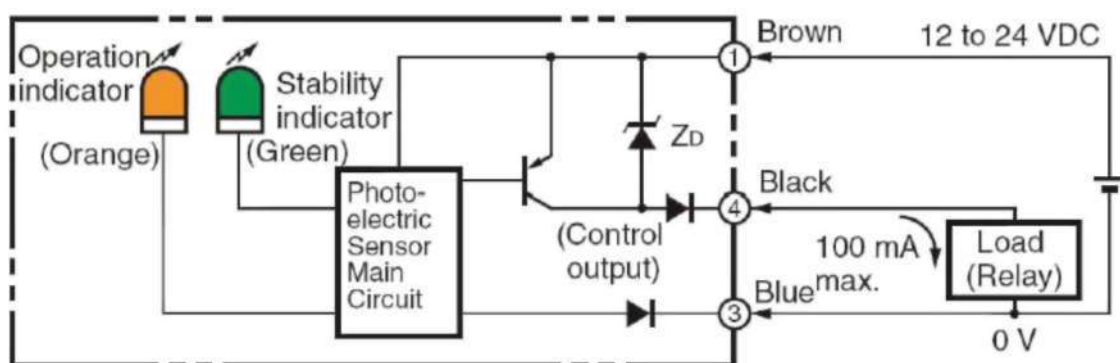


Figura B.2 Forma de conexión del sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L

Typ Type	SIEN-M3ÜNB-PS-K-L	Type Tipo
TéleNr. Partna	1S0442	Referenco lipa
Nemschailabstand Nanna swchling dista ice	15 mm	Dsiance de deiedwn Zona muerta norrnal ente
Schaltfrequenz Swatching frequency	300 Hz	Fíequehoe de cormunütion Freequenda de oonrvilaciones
UmgebuncislfafnpaBtur AmtHent temperature	-25 °C • +8S X	1 enperalure anteante TtirnpeníkíJS arréente
Schutzart Díígree oí protection	IP67	Degne de pnoüedton Pralectxin
Housing n^tenal	Messing veructielt lalon nctós ruckelplaed bras» latón mqueiaao	ntaiÉnales
Enbauart Installalion	nichl tündig nolfiush	Mode de ftxation Montaje
msx. AfizugsíTiQnrent 1 ightenmg toque	50 Nm	Couple da senagc max. Momento noc de an^nque

Figura B.3 Especificaciones técnicas del sensor inductivo SIEN-M30NB-PS-K-L

ANNEX C

Sensor magnetic SMEO-4-K-LED-230

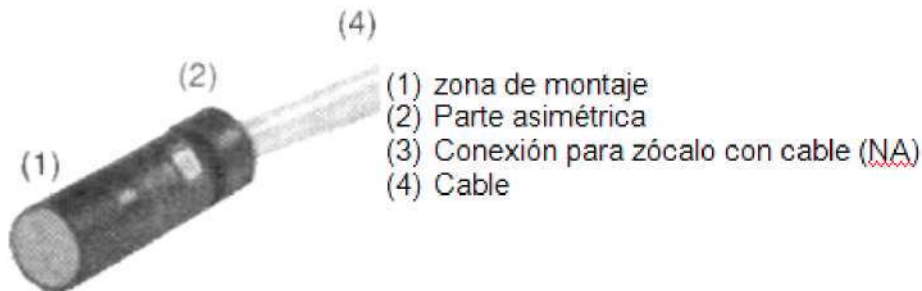


Figura C.1 Componentes operativos y conexiones del sensor magnético

SMEO-4-K-LED-230

MONTAJE MECÁNICO

Utilizar el juego de piezas de sujeción, incluidas en la lista de accesorios. Para efectuar el montaje sobre el cilindro deberá desatornillarse completamente el cilindro aprisionador.



Figura C.2 Juego de piezas de sujeción.

Tener en cuenta que el kit de fijación se mantiene por fricción con el cilindro. Este kit de sujeción puede desplazarse si hay fuerzas de tracción en el SMEO-4-...

Montar el interruptor SMEO-4-... de la siguiente manera:

SMEO-4-...	SMEO-4U-...	CRSMEO-4-...	Evitar siempre	Evitar en la medida de lo posible
- Con todo el juego de sujeción completo - Fijándolo únicamente en la zona de montaje (marcada con una superficie acanalada) - En versiones con conector: Con zócalo montado y cable (Par de apriete de la contratuerca: 0,3 Nm) - De modo desplazable sobre el cilindro - Evitando la cercanía de objetos ferromagnéticos (exceptuando el cilindro que se consultará) (véase cuadro 4)			Cable tendido diagonal o verticalmente en relación con el eje longitudinal del SMEO-4(U)-...	Cable tendido paralelamente en relación con el eje longitudinal del SMEO-4(U)-...
Montar con la parte asimétrica (2) hacia arriba. (Para evitar un contacto con la superficie del cilindro).	Seleccionando el ángulo en relación con la camisa del cilindro (giro de aprox. 90° con punto de conmutación fijo)	Montar con la parte asimétrica (2) hacia arriba. (Para evitar un contacto con la superficie del cilindro).	Cable tendido paralelamente en relación con el cable de conexión	Cable tendido diagonal o verticalmente en relación con el cable de conexión

Figura C.3 Conexión SMEO-4.

De este modo se evitaban operaciones falsas de conmutación. En caso de existir campos magnéticos que interfieren en el funcionamiento del interruptor (por ejemplo al soldar):

- Proteger el interruptor SMEO-4-... utilizando un apantallamiento ferrítico (p.ej., chapa de transformador).

El apantallamiento no debe efectuarse cerca del SMEO-4-... En caso de una disposición en paralelo de cilindro con émbolo:

- Ubicar los interruptores SMEO-4-... lo más separados posible entre sí. De este modo se minimiza el peligro de interferencia causada por otros imanes.
- Controlar las distancias entre los cilindros, dependiendo de la variante de montaje:

Distancias mínimas que deberán observarse:

Distancias mínimas X [mm]			nominal del cilindro ϕ					
			8	10	12	16	20	25
Canti- dad de cilin- dros dispues- tos en paralelo	Vari- ante ①	=2	38	31	33	39	43	32
		>2	49	41	45	53	58	49
	Vari- ante ②	=2	42	45	46	52	55	56
		>2	47	54	50	57	60	58

Figura C.4 Distancias mínimas de la conexión SMEO-4.

MONTAJE ELÉCTRICO

Interruptor SMEO-4-... con cable bifilar:

- Utilizar este interruptor únicamente bajo carga. En caso contrario se producirá un cortocircuito.

Funcionamiento con tensión continua:

- Controlar la conexión correcta de los polos del interruptor. En caso contrario no funcionara el diodo luminoso.

En caso de elevados picos inductivos o capacitivos:

- Utilizar un circuito de protección externo. En caso contrario disminuye la seguridad operativa.

Para una separación eléctrica segura de la tensión de servicio:

- Utilizar un transformador de separación según IEC/DIN EN 60204-1 con una capacidad de aislamiento de por lo menos 4 kV.

Pueden utilizarse fuentes de alimentación conmutadas según IEC/DIN EN 60204-1.

- Conectar los cables del interruptor SMEO-4-.... Según los esquemas a), b) o c).

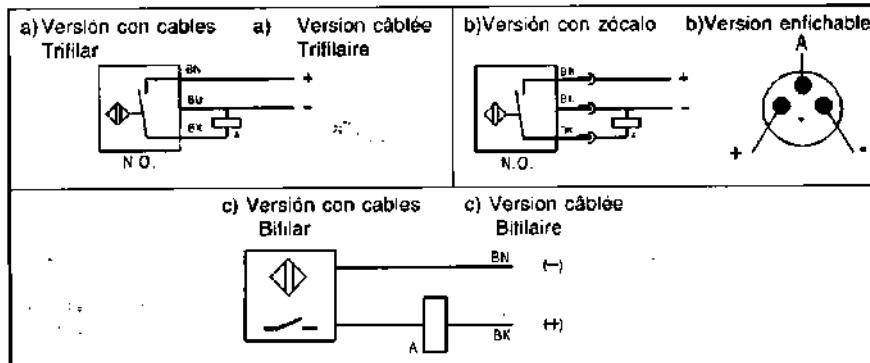


Figura C.5. Conexión de los cables del interruptor SMEO-4.

- Comprobar si el cable no está:
 - o Aprisionado
 - o Doblado
 - o Tenso

Consulte la ficha técnica para comprobar los radios mínimos admisibles.

PUESTA A PUNTO

- Conectar el interruptor SMEO-4-... a la corriente eléctrica.
- Posicionar el émbolo del cilindro en el lugar que debería ser consultado por el interruptor SMEO-4.
- Desplazar el interruptor SMEO-4-... de la siguiente manera:

Acción	Efecto
Desplazamiento a lo largo del eje longitudinal del cilindro - primero hasta que conmute	Confirmación de la conmutación mediante - indicación del diodo luminoso o - medición de la señal en la salida
- y, a continuación, algunos pocos milímetros más en la misma dirección	Conmutación segura en condiciones de funcionamiento

Figura C.6.

- Ajustar el tornillo de fijación aplicando como máximo 0,5 Nm.
- Lleve a cabo una prueba.
- Observar si el interruptor SMEO-4 conmuta en el momento preciso.

- En caso necesario, repita las operaciones de posicionamiento del interruptor SMEO-4.

SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO

- Tener en cuenta lo siguiente: cuanto mayor es la frecuencia de conmutación del interruptor, tanto menor será su duración.
- Asegurarse que no hay fuerzas de tensión en el cable de conexión del SMEO-4.

FICHA TÉCNICA

Datos generales: SMEO-4-...

Construcción	Contacto tipo Reed, de Accionamiento magnético.
Pos. Montaje	Sobre la camisa del cilindro
Fijación	Con conjunto de piezas de fijación
Tipo de protección	IP 67 (según DIN VDE 470, estando montado correctamente el zócalo y el cable)
Materiales (Conjunto de Piezas de Sujeción)	SMBR: POM, latón, St CRSMBR: PP, St CRSMB; St
Radio mínimo admisible del cable	13 mm (estático)

Figura C.7.

Datos específicos del producto

Tipo	SMEO-4-...						CRSMEO-4-...
	K-LED-230	U-K-LED-230	U-K-LED-24	U-S-LED-24B	K-LED-24B	S-LED-24B	K-LED-24
Nº de anclaje	15 709	150 011	36 198	151 526	164 595	150 649	161 775
Forma del cuerpo	Recto	Acodado 2x (en forma de U)			Recto		
Tensión de funcionamiento	AC/DC 12...230* V			AC/DC 12...27 V		AC/DC 12...30 V	
Caída de tensión en el detector de proximidad	máx. 4 V			Ninguna			
Corriente de conmutación	máx. 500 mA (carga óhmica; en relación con la capacidad de conmutación y la tensión máxima admisible)						
Clasificación de uso	a 230 V AC			a 230 V DC			
	0,04 A**			0,04 A**			
Carga induct. (AC14/DC13)	0,024 A**			0,04 A**			
Capacidad máx. conmutación	10 W (carga óhmica)						
Frecuencia máx. de comm.	500 Hz			800 Hz			
Tiempo máx. de conmutación	2 ms			0,5 ms			
Temperaturas mín. y máx.	- 20...+ 60 °C						
Cumplimiento CE	de acuerdo con 73/23/CEE						
- regulación de baja tensión							
Materiales	POM, PC, PVC	PC, PA, PET, PVC, TPE-O	PC, PA, PET, PVC, TPE-Q	PC, PA, PBT, Latón (Cromado)	PC, PP, PVC	PC, PP, Latón (Cromado)	PC, PP, TPE-O
*) Con la tensión nominal **) Con la corriente nominal							

Figura C.8.

Eliminación de fallos

Problema	Postólo causa	Solución
El (CR)SMEO-4(U)-... reacciona demasiado pronto/demasiado tarde	Interferencias (campos de interferencia). Distancias demasiado cortas entre cilindros dispuestos paralelamente	Apantalar el Interruptor SMEO-4(U)-...: Aumentar las distancias entre los cilindros.
El (CR)SMEO-4(U)-... no reacciona	Rotura de un cable Falta tensión de conmutación	Sustituir la unidad SMEO-4(U)-...K, conectar la unidad SMEO-4-(U)-...S a un zócalo con cable nuevo. Controlar la alimentación

Figura C.9.

ANEXO D

Sensor óptico análogo SOEG-RTD-Q20

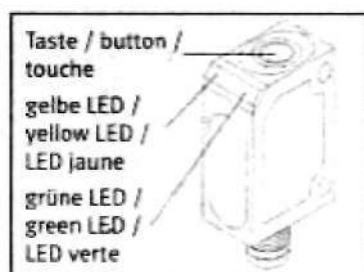


Figura D.1.

DATOS OPTICOS

Distancia de trabajo:	20...80MM
Ajuste de sensibilidad:	ensayando
Referencia de material:	Kodak blanco, 90%, 100x100mm
Luz usada:	roja 660nm

DATOS ELÉCTRICOS

Voltaje de operación:	15...30 VDC
Batería de protección reversible:	si
Consumo de potencia (sin carga)	30 mA a 24 VDC
Señal de salida:	análoga o digital
Corriente de salida:	100 mA
A prueba de corto circuito:	si
Frecuencia de Switching (a ppp 1:1):	1000Hz
Salida análoga:	0...10 V /máx. 3 mA
Cambio frecuencia análoga de salida:	200 hz
Indicador de estabilidad:	LED verde
Indicador de recepción de luz:	Led amarillo

DATOS MECANICOS

Material de cubierta:	ABS
Resistencia a vibración y choque:	EN 60947-5-2
Protección estándar:	IP67

Rango de temperatura ambiente: -20... +60 °C
 Rango temperatura almacenamiento: -20... +80 °C
 Cable: PUR 4x0.14 mm²
 Conexión: M8x1, 4 pin
 Peso: aprox.10g
 Peso (cable): aprox. 40g

CONEXIONES

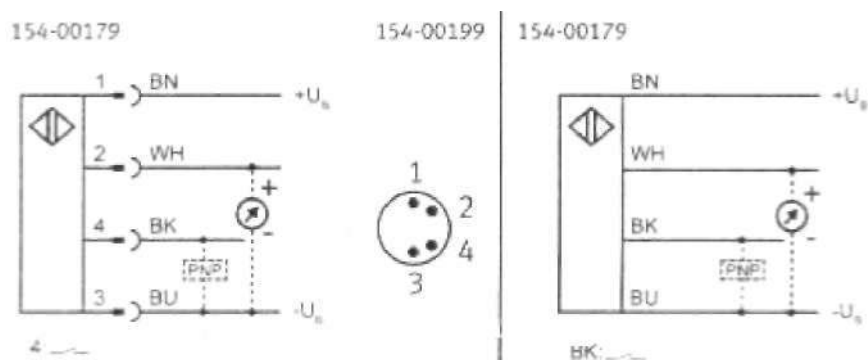


Figura D.2.

DIMENSIONES

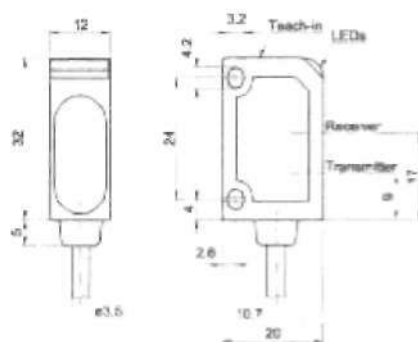


Figura D.3.

ANEXO E

Sensor óptico digital SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L

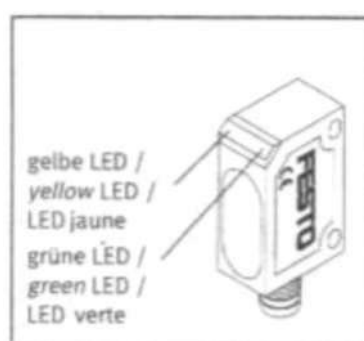


Figura E.1.

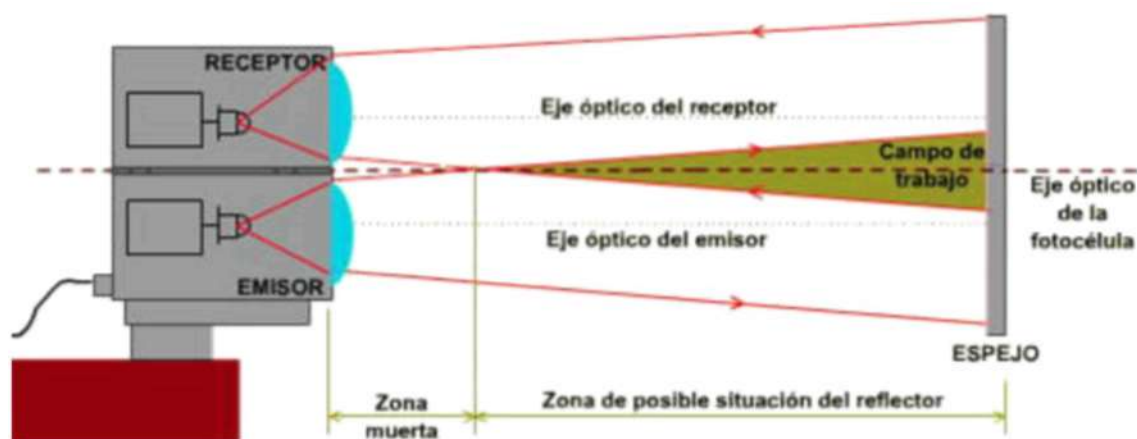


Figura E.2.

DATOS OPTICOS

Distancia de trabajo:	2500mm
Máxima distancia:	3000mm
Referencia de material:	reflector Ø 80mm
Luz usada:	roja 660nm, pulsada
Punto de luz:	75x75mm en 1,5m
Ambiente de luz:	En 60947-5-2

DATOS ELÉCTRICOS

Voltaje de operación:	10...30 VDC
Consumo de potencia (sin carga)	25 mA a 24 VDC
Función de salida N.O./N.C.	N.O.: -UB o abierto N.C.: +UB
Corriente de salida (máx.):	100 mA
Protección a la inversión de polaridad:	si
A prueba de corto circuito:	si
Frecuencia de Switching (a ppp 1:1):	1000Hz
Indicador de función reversible:	LED verde
Indicador de recepción de luz:	Led amarillo

DATOS MECANICOS

Material de cubierta:	ABS
Resistencia a vibración y choque:	EN 60947-5-2
Protección estándar:	IP67
Rango de temperatura ambiente:	-20... +60 °C
Rango temperatura almacenamiento:	-20... +80 °C
Conexión:	M8x1, 4 pin
Peso:	aprox.10g

CONEXIONES

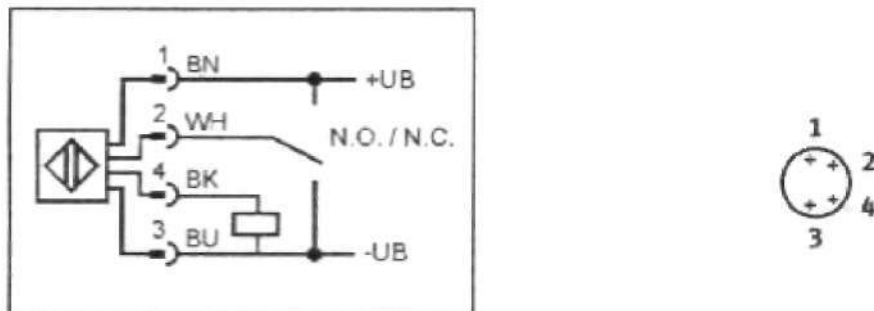


Figura E.3.

DIMENSIONES

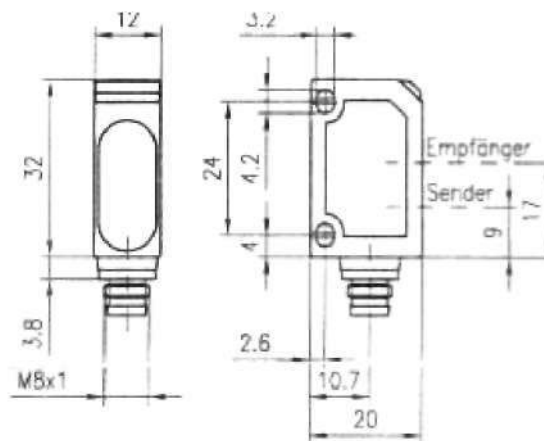


Figura E.4.

ANEXO F

MOTOR DC WM26



Figura F.1.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

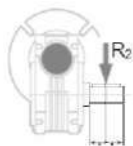
- Carcasa de aluminio de un solo bloque
- Eje fuerte de acero con chaveta
- Rueda en bronce B14
- Lubricación permanente

Lubricación

La caja de engranaje tiene una lubricación de larga vida

Cargas de salida radial

En la siguiente tabla están las cargas radiales aceptadas para un eje de salida extendido.



n_2 [min ⁻¹]	280	187	140	93	70	47	35	28	23	18	14
R_2 [N]	390	400	490	580	610	610	610	610	610	610	610

Figura F.2.

DESIGNACIÓN

Tipo Type	Rapporto Ratio	Versione Version	PAM	Flangia entrata Input flange	
WM 26	10	U	P56	B14	
	5-10-15-20 30-40-50-60	U FCS FCD	P56	B14	 + Tipo e grandezza motore (se richiesto) + Type and frame of the motor (if requested)

Figura F.3.

DATOS TECNICOS

		S	7.5	10	15	20	30	40	50	60	
ni = 1400 min ⁻¹	ns [min ⁻¹]	280	187	140	93	70	47	35	28	23	
	M ₁ [Nm]	12	11	11	11	14	12	12	11	10	
	RD%	90	87	84	78	72	65	62	57	53	
P ₁ = 0.06 kW	P56	M ₁ [Nm]	18	2.7	3.4	4.8	5S	e.o	10	11	10
			6.5	4.1	3.2	2.3	2.4		1.2	1.0	1.0
P ₁ = 0.09 kW	P56	M ₂ [Nm]		4.0	5.2	7.2	8.8	12	12		10
			4.3	2.7	2.1	1.5	1.6	1.0	1.0	10	1.0
Dati della uoppia vite-corona Worm wheel data	Z1	4	4	3	2	1	1	1	1	1	
	MK	1.75	1.25	1.25	1.25	1.75	1.25	1.00	0.80	0.67	
	B	25" 01'	' 9" 02'	14" 30	9" 37'	6" 39'	4" 56'	4" 34'	3" 49'	3" 15	

Figura F.4.

DIMENSIONES

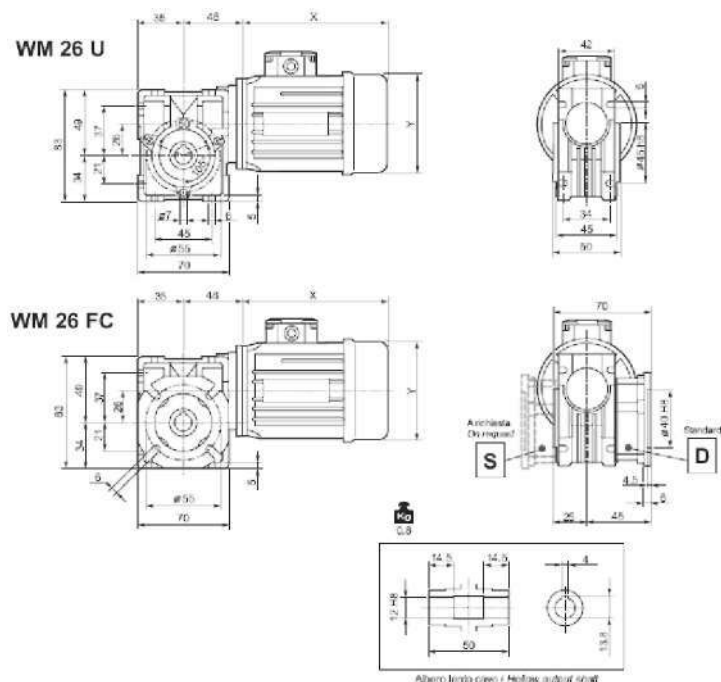


Figura F.5.

ANEXO G

Cilindro redondo DSNU/ESNU

Función	EietLtür	DilmítKi riÉlémbtlo	Carrera	Carrera riiiblíí	Vastago					
					Dtíble	Pr*íftn- gad*	Rftsta =IL=ri:-r			RftSta
		[mm]	[mm]	[mm]	S2	Ka	La TE a	Curta	Especial	ir uÉ ri 3 r
un* eriettt*	Tip: bÉSiti Éir CÉletCiir CÉ pCSiCitriS									
	S	10, 25, 40, 50,	B0, 100, 125. 160, 200, 250. 300, 320, A00, 50D	1 ... 100	•	•	•	•	•	•
		B0, 100, 125.		1 ... 200						
		160, 200, 250.		1 ... 320						
		300, 320, A00, 50D		1 ... 100						

Ejecución	Amortiguación		Detección de posiciones	Unidad de bloqueo	Juntas termo-resistentes	Baja velocidad	Baja fricción	Protección contra corrosión	→ Página
	Fija	Regulable a partir de $\varnothing 16$ ppv ²⁾							
	P		A	KP	S6	S10	S11	R3	
Tipo básico con detección de posiciones									
DSNU	■	■	■	■	■	■	■	■	13

Función



- $\varnothing$ - Diámetro
8 ... 25 mm

- I - Carrera
1 ... 500 mm

Variante

[CT-free]

Otras variantes
→ 17



Tipo básico

Conexión lateral del aire MQ



Conexión axial del aire MA

Con elemento de fijación directa MH

Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Conexión neumática	M5	M5	M5	M5	G1/8	G1/8
Rosca del vástago	M4	M4	M6	M6	M8	M10x1,25
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Camisa del cilindro					
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados					
	-			Amortiguación neumática regulable en ambos lados		
Carrera de amortiguación (PPV) [mm]	-		9	12	15	17
Detección de posiciones	Mediante detectores de proximidad					
Tipo de fijación	Montaje directo (sólo variante MH)					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Condiciones de funcionamiento						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Ruido	Aire comprimido filtrado, lubricado o sin lubricar					
Presión de funcionamiento [bar]	Tipo básico	1,5 ... 10 ¹⁾		1 ... 10		
	S10	-	-	1,5 ... 10	1 ... 10	
	S11	-	-	0,45 ... 10	0,3 ... 10	

1) DSNU-12...-PPV (amortiguación regulable en ambos lados) 2 ... 10 bar

Condiciones del entorno						
Cilindro normalizado	Tipo básico	CT	S6	S10	S11	R3
Temperatura ambiente ²⁾ [°C]	-20 ... +80		0 ... +150	+5 ... +80		-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2	2	2	2	2	3

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

2) Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 070

Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente decorativas.

Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 070

Válida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas exteriores en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes o detergentes, con superficies funcionales

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Fuerza teórica con 6 bar en avance	30	47	68	121	189	295
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	23	40	51	104	158	247
Energía de impacto en las posiciones finales	0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30

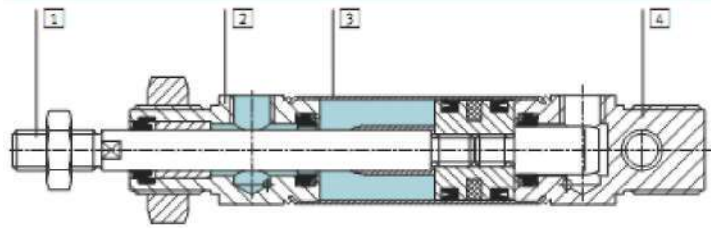
Velocidad [mm/s]				
Diámetro del émbolo		16	20	25
Velocidad con movimiento sin fricción, posición horizontal, sin carga, con 6 bar	S10	10 ... 100		
Velocidad mínima en avance	S11	2,7	5,3	<1 ¹⁾
Velocidad mínima en retroceso	S11	3,2	4,7	<1 ¹⁾

1) No se efectuaron medidas con velocidades inferiores a 1 mm/s

Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	8	10	12	16	20	25
Peso con carrera de 0 mm	34,6	37,3	75	89,9	186,8	238
Peso adicional por 10 mm de carrera	2,4	2,7	4	4,6	7,2	11

Materiales

Vista en sección

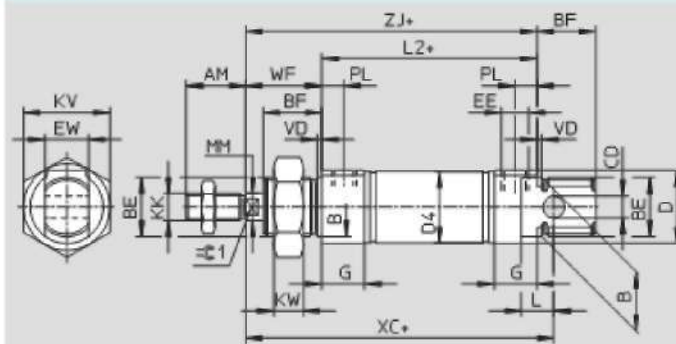


Cilindro normalizado	Tipo básico	R3	CT	S6	S10	S11
1 Vástago	Acero de aleación fina, inoxidable					
2 Culata anterior	Aleación de aluminio					
3 Camisa del cilindro	Acero de aleación fina, inoxidable					
4 Culata posterior	Aleación de aluminio					
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico			Caucho fluorado		

Dimensiones

Datos CAD disponibles en → www.festo.com/es/engineering

Tipo básico



+ = afilar carrera

Ø [mm]	AM	B Ø h9	BE	BF	CD Ø E10	D Ø	D4 Ø	EE	EW	G	KK	KV
8	12	12	M12x1,25	12	4	15	9,3	M5	8	10	M4	19
10							11,3					
12	16	16	M16x1,5	17	6	20	13,3		12		M6	24
16							17,3					
20	20	22	M22x1,5	20	8	27	21,3	G1/8	16	16	M8	32
25	22			22			26,5				M10x1,25	

Ø [mm]	KW	L	L2	MM Ø	PL	TD	VD	WF	XC ±1	ZJ	≈C1
8	6	6	46	4	6	18	2	16	64	62	-
10											
12	8	9	50	6	23	22		75	72	5	
16			56						82		78
20	11	12	68	8	8,2	31		24	95	92	7
25				69,5				10		28	104

ANEXO H

CÁMARA CCD DFK 31BF03



Figura F.5.

General comportamiento:

Video @ formatos de Cuadros	1024 x 768 UYVY @ 15, 7,5, 3,75 fps 1024 x 768 BY8 @ 30, 15, 7,5, 3,75 fps
Sensibilidad	0,5 lx a 1/15s, ganancia de 20 dB
Rango dinámico	ADC: 10 bit, salida: 8 bits
SNR	ADC: 9 bit a 25 ° C, ganancia de 0 dB
Interfaz (óptica):	
Sensor especificación	ICX204AK CÜ [278,28 KB, PDF]
Tipo	Exploración progresiva
Formato	1 / 3 "
Resolución	H: 1024, V: 768
Tamaño de pixel	H: 4,65 µ m, V: 4,65 µ m
Lens Mount	C / CS Mount
Interface (eléctrica):	
Tensión de alimentación	8 a 30 VDC
Consumo de corriente	Aproximadamente 200 mA a 12 VDC
Interface (mecánico):	
Dimensiones	H: 50,6 mm, W: 50,6 mm, L: 50 mm
Masa	265 g
Ajustes (hombre):	
Velocidad	1 / 10000 a 30 s
Ganancia	0 a 36 dB
Offset	0 a 511
Saturación	0 a 200%
Balance de blancos	-2 DB a +6 dB
Ajustes (auto):	
Velocidad	1 / 10000 a 30 s
Ganancia	0 a 36 dB
Offset	0 a 511
Balance de blancos	-2 DB a +6 dB
Ambiental:	
Max. La temperatura (en servicio)	-5 ° C hasta 45 ° C
Max. Temperatura (almacenamiento)	-20 ° C hasta 60 ° C
Max. Humedad (en servicio)	80% sin condensación
Max. Humedad (almacenamiento)	95% sin condensación

ANEXO I

SIEMENS PLC S7 200

SIEMENS

SIMATIC

**Manual del sistema de
automatización S7-200**

Prólogo, contenido	
Gama de productos S7-200	1
Guía de iniciación	2
Montar el S7-200	3
Generalidades del S7-200	4
Conceptos de programación, convenciones y funciones	5
Juego de operaciones del S7-200	6
Comunicación en redes	7
Eliminar errores de hardware y comprobar el software	8
Controlar el movimiento en lazo abierto con el S7-200	9
Crear un programa para el módulo Módem	10
Utilizar la librería del protocolo USS para controlar un accionamiento MicroMaster	11
Utilizar la librería del protocolo Modbus	12
Utilizar recetas	13
Utilizar registros de datos	14
Autosintonizar el PID y Panel de sintonización PID	15
Anexos	
Índice alfabético	

Número de referencia del manual:
6ES7298-8FA24-8DH0

Edición 08/2005
A5E00307989-02

Gama de productos S7-200

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas.

El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes. Gracias a su diseño compacto, su configuración flexible y su amplio juego de operaciones, el S7-200 es especialmente apropiado para solucionar numerosas tareas de automatización.

Índice del capítulo

Novedades	2
CPU S7-200	2
Módulos de ampliación S7-200	4
Paquete de programación STEP 7-MicroWIN	4
Opciones de comunicación	5
Paneles de operador	6

Novedades

A continuación se indican las nuevas funciones de los sistemas de automatización SIMATIC S7-200. Ver la tabla 1-1.

- ❑ Las CPUs S7-200 221, 222, 224, 224XP y 226 incluyen:
Nuevo soporte de hardware de las CPUs: opción para desactivar la edición en modo RUN con objeto de incrementar la memoria del programa. La CPU 224XP soporta entradas y salidas analógicas integradas y dos puertos de comunicación. La CPU 226 incorpora filtros de entradas y captura de impulsos.
- ❑ Nuevo soporte del cartucho de memoria: Explorador S7-200, transferencias al cartucho de memoria, comparaciones y selecciones de programación.
- ❑ STEP 7-Micro/WIN (versión 4.0) es un paquete de software de programación de 32 bits para el S7-200 que incluye:
Nuevas herramientas que soportan las últimas mejoras de las CPUs: Panel de autosintonización PID, asistente de control de posición integrado en los PLCs, asistente de registros de datos y asistente de recetas.
Nueva herramienta de diagnóstico: configuración del LED de diagnóstico
Nuevas operaciones: Horario de verano (READ_RTCX y SET_RTCX), Temporizadores de intervalos (BITIM, CITIM), Borrar evento de interrupción (CLR_EVNT) y LED de diagnóstico (DIAG_LED).
Unidades de organización del programa y librerías mejoradas: nuevas constantes de cadena, direccionamiento indirecto soportado en más tipos de memoria, soporte mejorado de la parametrización de lectura y escritura de la librería USS para los accionamientos maestros de Siemens.
Bloque de datos mejorado: páginas del bloque de datos, incremento automático del bloque de datos.
Mejoras de uso de STEP 7-Micro/WIN

Tabla 1-1 S7-200 CPUs

S7-200 CPU	Order Number
CPU 221 DC/DC/DC 6 entradas/4 salidas	6ES7 211-0AA23-0XB0
CPU 221 AC/DC/relé 6 entradas/4 salidas de relé	6ES7 211-0BA23-0XB0
CPU 222 DC/DC/DC 8 entradas/6 salidas	6ES7 212-1AB23-0XB0
CPU 222 AC/DC/relé 8 entradas/6 salidas de relé	6ES7 212-1BB23-0XB0
CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	6ES7 214-1AD23-0XB0
CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	6ES7 214-1BD23-0XB0
CPU 224XP DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	6ES7 214-2AD23-0XB0
CPU 224XP AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	6ES7 214-2BD23-0XB0

CPU S7-200

La CPU S7-200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC (v. fig. 1-1). Tras haber cargado el programa en el S7-200, éste contendrá la lógica necesaria para observar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

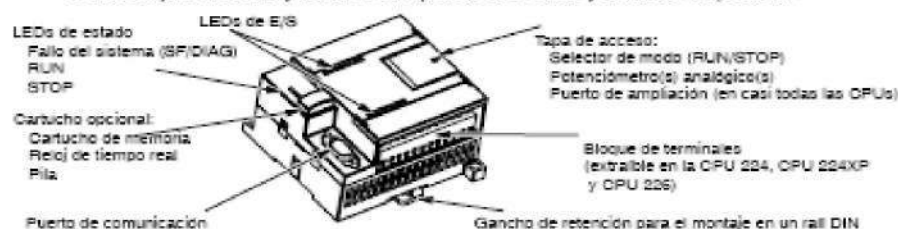


Figura 1-1 Micro-PLC S7-200

Siemens ofrece diferentes modelos de CPUs S7-200 que incorporan una gran variedad de funciones y prestaciones para crear soluciones efectivas de automatización destinadas a numerosas aplicaciones. En la tabla 1-2 se comparan de forma resumida algunas de las funciones de la CPU. Para más información sobre una CPU en particular, consulte el anexo A.

Tabla 1-2 Comparación de las CPUs S7-200

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Análogicas	6 E/4 S -	8 E/6 S -	14 E/10 S -	14 E/10 S 2 E/1 S	24 E/16 S -
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹
Contadores rápidos Fase simple Dos fases	4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	6 a 30 kHz 4 a 20 kHz	4 a 30 kHz 2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	6 a 30 kHz 4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (p.c.)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	SI				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecución booleana	0,22 microsegundos/operación				

¹ De primer lugar, calcule la corriente necesaria para determinar cuánta energía puede suministrar la CPU S7-200 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para obtener información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo B para calcular la corriente necesaria.

Módulos de ampliación S7-200

La gama S7-200 incluye una gran variedad de módulos de ampliación para poder satisfacer aún mejor los requisitos de la aplicación. Estos módulos se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU S7-200. En la tabla 1-3 figura una lista de los módulos de ampliación disponibles en la actualidad. Para más información sobre un módulo en particular, consulte el anexo A.

Tabla 1-3 Módulos de ampliación S7-200

Módulos de ampliación	Tipos		
Módulos digitales			
Entradas	8 entradas c.c.	8 entradas a.c.	16 entradas c.c.
Salidas	4 entradas c.c. 8 salidas c.c.	4 salidas de relé 8 salidas a.c.	8 salidas de relé
Combinación	4 entradas c.c. / 4 salidas c.c. 4 entradas c.c. / 4 salidas de relé	8 entradas c.c. / 8 salidas c.c. 8 entradas c.c. / 8 salidas de relé	16 entradas c.c. / 16 salidas c.c. 16 entradas c.c. / 16 salidas de relé
Módulos analógicos			
Entradas	4 entradas	4 entradas termopar	2 entradas RTD
Salidas	2 salidas		
Combinación	4 entradas / 1 salida		
Módulos inteligentes	Posicionamiento Ethernet	Módem Internet	PROFIBUS-DP
Otros módulos	AS-Interface		

Paquete de programación STEP 7-Micro/WIN

El paquete de programación STEP 7-Micro/WIN constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7-Micro/WIN comprende tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control. Para encontrar fácilmente las informaciones necesarias, STEP 7-Micro/WIN incorpora una completa Ayuda en pantalla y un CD de documentación que incluye una versión electrónica del presente manual, ejemplos de aplicación y otras informaciones de gran utilidad.

Requisitos del sistema

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una unidad de programación de Siemens (por ejemplo, en una PG 760). El PC o la PG deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- ☐ Sistema operativo:
Windows 2000, Windows XP
(Professional o Home)
- ☐ 100 MB libres en el disco duro
(como mínimo)
- ☐ Ratón (recomendado)



Figura 1-2 STEP 7-Micro/WIN

Datos técnicos generales

Cumplimiento de normas

Las características técnicas y las pruebas realizadas con los procedimientos de ID. gama S7-2"D se basan en las normativas nacionales : jenenac-oies cje se indican a continuación. z r e tecla A-1 fija la cínimíi. : espe:ri:acor « su norrolocaciies.

J liircbYade BajaTensiár de La Comunidad Europea 7]-2_.CEE
IE4 61131-2): Aulcna-js programables -requisitos del equipo

Q Ziraclí^a EWC de IB Carnuridat Europea -SE) BEtf lojICEE

Narmn.de eniiones elcororragnética*

EN B1ÜÜ-B-3: residencial, comercial e industria de ümhacici

ENf1uÜÜ-fl-4: enriamos industriales

Normada rirruricac elecnnmagrétia

ENB1uÜ"-H-2: entrn-os industriales

- Jnderwben Laboratories, Inc.: UL 3ÜS Usted -lrdustriaJ Cincol Ec jinnencl
NEderegistra:E7S31(3)

- Candín Gardarr* AssocJalior: 0SACE2.Z nM -1 (FYroess Central EquipmentJ

Q 'actory ULTUBJ ñesearch: rE de clase 3BÜD. n: de clase SB11. :lase 'U l. categoría 2.
grupos A. B. C y D 'Hait-rdaus Loations¹, HA y clase I, lona 2. US. T4

J 2 rective. sabré equipos y sisterras de pccceccirin para LSO en cflrrósteras polenaialrrente
explosr.as 'IATEXJ de La Comunidad Europea 94.9Eu

EN B0"79-" ReqüsrIK generales

EN JM20 Seguridad nlrinseai'

EN B0:T9-137lpo de prolecdón V

El aenrFcaco de ladrealr.'a f^tyEC ATEK estaba inaanple:a en elnorrento de WA

•Lbhcacim. Fi'e ctcnnerlas jrfanraiores nás recientes, cirijaseasu represen-jnre de
Sienens.

Concejo

§

La garra EIMATICS7-ECC cumple lancnnaCSA.

El logotipo aULus nc ca que Urde-^riters .abaraiores (JL) haeHaninadoy aertificaia el
57-HJD corarrre a las norma* JL W9 y OSA 22.2 No. 142.

Seguridad marítima

Las pracualDS 57-2ÜDse corrprucbancDn
regulanded ei esencias especíale-ser
relación con ecliaacicieiy rrecanos
espearfiaas. En ¿:abase icceilai
agencias qie har aprobado los crédulos
S7-2DQ y le: núrreros de l:s certificados
coiespindientefi. La mayona de los
produszlas 57-20" menebnados en esle
nanualhan sido afretados por las
egeicias -neicianadas. 'ara Tiai
j^r^meaián sobre el CLmplimiento de Las
narras y una Esta actual de le* productos
aprobadas. dn]ase al representante de
Sierrens mas próxima.

Agencia	N: de ct-thicadu
LCVJI Feykic'rrr-Éhi;ring *fISJ	SS. JV'-BiEI)
AiHf cri Butra Jo ¹ Sh cpro ifiEE;	C -I-G»J2(:- =DA
jáeriurischerLEytitGLI	•ÉDJí-K h h
Del ND ^'í varitas íDW}	A-6CC2
EjeauVertasIE^	B031/BDEV
Niaccr Kij KjDkaj iNHii	A-M¿
Pu-'i ^fiitr	" T J - í C í SUPLÍ

Vida útil de los relés

La figura A-1 muestra los datos típicos de rendimiento de los relés suministrados por el comercio especializado. El rendimiento real puede variar dependiendo de la aplicación.

Un circuito de protección externo conectado a la carga permite prolongar la vida útil de los contactos.

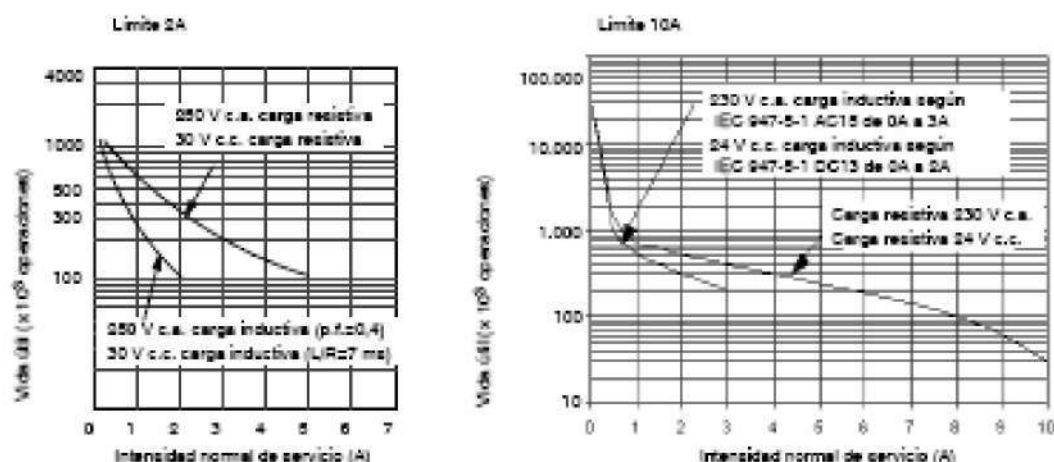


Figura A-1 Vida útil de los relés

Datos técnicos

En la tabla A-1 figuran los datos técnicos generales de las CPUs S7-200 y de los módulos de ampliación.

Nota

Cuando un contacto mecánico aplica tensión a una CPU S7-200, o bien a un módulo de ampliación digital, envía una señal "1" a las salidas digitales durante aproximadamente 50 microsegundos. Considere esto especialmente si desea utilizar aparatos que reaccionen a impulsos de breve duración.

Tabla A-1 Datos técnicos

Condiciones ambientales — Transporte y almacenamiento	
EN 60268-2-2, ensayo Bb, calor seco y EN 60268-2-1, ensayo Ab, frío	-40° C a +70° C
EN 60268-2-30, ensayo Dd, calor húmedo	25° C a 55° C, 95% humedad
EN 60268-2-14, ensayo Na, choque de temperatura	-40° C a +70° C tiempo de secado 3 horas, 2 ciclos
EN 60268-2-31, vuelco	100 mm, 4 gotas, desembalado
EN 60268-2-32, caída libre	1 m, 5 veces, embalado para embarque
Condiciones ambientales — Funcionamiento	
Condiciones ambientales (aire de entrada 25 mm debajo de la unidad)	0° C a 55° C en montaje horizontal, 0° C a 45° C en montaje vertical 95% humedad no condensante
Presión atmosférica	1050 a 795 hPa (altitud: -1000 a 2000 m)
Concentración de contaminantes	SO ₂ : < 0,5 ppm; H ₂ S: < 0,1 ppm; RH: < 90% no condensante
EN 60268-2-14, ensayo Nb, cambio de temperatura	5° C a 55° C, 3° C/minuto
EN 60268-2-27, choque mecánico	15 G, 11 ms impulso, 6 choques en c/u de 3 ejes
EN 60268-2-6, vibración sinusoidal	Montaje en un armario eléctrico: 0,30 mm de 10 a 57 Hz; 2 G de 57 a 150 Hz Montaje en perfil soportal: 0,15 mm de 10 a 57 Hz; 1 G de 57 a 150 Hz 10 barridos por eje, 1 octava/minuto
EN 60529, IP23 Protección mecánica	Protege los dedos contra el contacto con alto voltaje, según pruebas realizadas con sondas estándar. Se requiere protección externa contra polvo, impurezas, agua y objetos extraños de menos de 12,5 mm de diámetro.

Tabla A-1 Datos técnicos, continuación

Compatibilidad electromagnética — Inmunidad según EN 61000-6-2 ¹	
EN 61000-4-2 Descargas electrostáticas	Descarga del aire de 8 kV en todas las superficies y al puerto de comunicación, descarga de contacto de 4 kV en las superficies conductivas desnudas
EN 61000-4-3 Campos electromagnéticos radiados	10 V/m, 80-1000 MHz y 1,4 a 2,0 GHz, 50% AM a 1 kHz
EN 61000-4-4 Transitorios eléctricos rápidos	2 kV, 5 kHz con red de unión a la alimentación c.a. y c.c. 2 kV, 5 kHz con abrazadera de unión a las E/S digitales 1 kV, 5 kHz con abrazadera de unión a la comunicación
EN 61000-4-5 Inmunidad a ondas de choque	Alimentación 2 kV asimétrico, 1 kV simétrico 1 kV simétrico para E/S (para los circuitos de 24 V c.c. se necesita una protección externa contra sobrecorriente)
EN 61000-4-6 Perturbaciones conducidas	0,15 MHz a 80 GHz 10 V/m, 50% AM a 1 kHz
EN 61000-4-11 Caídas de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión	>95% de reducción durante 0,3 ms, 83 ms, 833 ms y 4167 ms
VDI 0180 Sobrevoltaje no periódico	A 88 V c.a. línea, 90° decaje de fase, aplicar cresta de 390 V, impulso de 1,3 ms A 180 V c.a. línea, 90° decaje de fase, aplicar cresta de 750 V, impulso de 1,3 ms
Compatibilidad electromagnética — Emisiones conducidas y radiadas según EN 61000-6-3 ² y EN 61000-6-4	
EN 55011, clase A, grupo 1, conducida ³ 0,15 MHz a 0,5 MHz 0,5 MHz a 5 MHz 5 MHz a 30 MHz	< 79 dB (µV) casi cresta; < 66 dB (µV) promedio < 73 dB (µV) casi cresta; < 60 dB (µV) promedio < 73 dB (µV) casi cresta; < 60 dB (µV) promedio
EN 55011, clase A, grupo 1, radiada ³ 30 MHz a 230 MHz 230 MHz a 1 GHz	40 dB (µV/m) casi cresta; medido a 10 m 47 dB (µV/m) casi cresta; medido a 10 m
EN 55011, clase B, grupo 1, conducida ³ 0,15 a 0,5 MHz 0,5 MHz a 5 MHz 5 MHz a 30 MHz	< 66 dB (µV) decremento casi cresta con frecuencia logarítmica a 56 dB (µV); < 56 dB (µV) decremento promedio con frecuencia logarítmica a 46 dB (µV) < 56 dB (µV) casi cresta; < 46 dB (µV) promedio < 60 dB (µV) casi cresta; < 50 dB (µV) promedio
EN 55011, clase B, grupo 1, radiada ³ 30 MHz a 230 MHz 230 MHz a 1 GHz	30 dB (µV/m) casi cresta; medido a 10 m 37 dB (µV/m) casi cresta; medido a 10 m
Prueba de aislamiento a hipervoltajes	
Circuitos nominales de 24 V/5 V	500 V c.a. (límites de aislamiento óptico)
Circuitos a tierra de 115/230 V	1.500 V c.a.
Circuitos de 115/230 V a circuitos de 115/230 V	1.500 V c.a.
Circuitos de 230 V a circuitos de 24 V/5 V	1.500 V c.a.
Circuitos de 115 V a circuitos de 24 V/5 V	1.500 V c.a.

¹ La unidad deberá montarse en un soporte metálico puesto a tierra. El 67-000 deberá ponerse a tierra directamente a través del soporte metálico. Los cables se deberán conducir a lo largo de los soportes metálicos.

² La unidad deberá montarse en una caja metálica puesta a tierra. La línea de alimentación de corriente alterna se deberá equipar con un filtro EPOC6 064715-0-A10 o similar, teniendo el cable una longitud mínima de 25 cm entre los filtros y el 67-000. El cableado de la alimentación 24 V c.c. y de la alimentación de sensores se deberá apantallar.

Datos técnicos de las CPUs

Tabla A-2 Números de referencia de las CPUs

Nº de referencia	Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas digitales	Salidas digitales	Puertos COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Bloque de terminales extraíble
6ES7 271-0AA26-0X00	CPU 221	24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c.	1	No	No	No
6ES7 271-0BA26-0X00	CPU 221	120 x 240 V c.a.	8 x 24 V c.c.	4 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 271-1AE26-0X00	CPU 222	24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	1	No	No	No
6ES7 271-1BE26-0X00	CPU 222	120 x 240 V c.a.	8 x 24 V c.c.	8 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 271-1AE26-0X00	CPU 224	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	1	No	No	SI
6ES7 271-1BE26-0X00	CPU 224	120 x 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	1	No	No	SI
6ES7 271-3AE26-0X00	CPU 224XP	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	2	2	1	SI
6ES7 271-3BE26-0X00	CPU 224XP	120 x 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	2	2	1	SI
6ES7 271-3AE26-0X00	CPU 226	24 V c.c.	24 x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	2	No	No	SI
6ES7 271-3BE26-0X00	CPU 226	120 x 240 V c.a.	24 x 24 V c.c.	16 salidas de relé	2	No	No	SI

Tabla A-3 Datos técnicos generales de las CPUs

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible +5 V c.c. +24 V c.c. ¹	
6ES7 271-0AA26-0X00	CPU 221 DO/DO/DO 8 entradas/4 salidas	60 x 60 x 62	270 g	3 W	0 mA	160 mA
6ES7 271-0BA26-0X00	CPU 221 AC/DO/relé 8 entradas/4 salidas de relé	60 x 60 x 62	370 g	6 W	0 mA	160 mA
6ES7 271-1AE26-0X00	CPU 222 DO/DO/DO 8 entradas/8 salidas	60 x 60 x 62	270 g	3 W	340 mA	160 mA
6ES7 271-1BE26-0X00	CPU 222 AC/DO/relé 8 entradas/8 salidas de relé	60 x 60 x 62	370 g	7 W	340 mA	160 mA
6ES7 271-1AE26-0X00	CPU 224 DO/DO/DO 14 entradas/10 salidas	120,5 x 60 x 62	360 g	7 W	660 mA	260 mA
6ES7 271-1BE26-0X00	CPU 224 AC/DO/relé 14 entradas/10 salidas de relé	120,5 x 60 x 62	470 g	10 W	660 mA	260 mA
6ES7 271-3AE26-0X00	CPU 224XP DO/DO/DO 14 entradas/10 salidas	140 x 60 x 62	360 g	8 W	660 mA	260 mA
6ES7 271-3BE26-0X00	CPU 224XP AC/DO/relé 14 entradas/10 salidas de relé	140 x 60 x 62	440 g	11 W	660 mA	260 mA
6ES7 271-3AE26-0X00	CPU 226 DO/DO/DO 24 entradas/16 salidas	166 x 60 x 62	550 g	11 W	1000 mA	400 mA
6ES7 271-3BE26-0X00	CPU 226 AC/DO/relé 24 entradas/16 salidas de relé	166 x 60 x 62	690 g	17 W	1000 mA	400 mA

¹ Esta es la alimentación de sensores de 24 V c.c. disponible tras tener en cuenta la alimentación interna de bobinas de relé y los requisitos de corriente de 24 V c.c. del puerto de comunicación.

Tabla A-4 Datos técnicos de las CPUs

	CPU 221	CPU 232	CPU 224	CPU 224X ¹	CPU 226
Memoria					
Tamaño del programa de usuario (EEPROM) con edición en modo RUN sin edición en modo RUN	4096 bytes 4096 bytes		8192 bytes 10208 bytes	10208 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Datos de usuario (EEPROM)	3248 bytes (permanentes)		8192 bytes (permanentes)	10240 bytes (permanentes)	10240 bytes (permanentes)
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	Tip. 50 h (min. 6 h a 40°C)		Tip. 100 h (min. 70 h a 40°C)	Tip. 100 horas (min. 70 horas a 40°C)	
(pila opcional)	Tip. 200 días		Tip. 200 días	Tip. 200 días	
Entradas y salidas (E/S)					
E/S de ampliación	8 E/D S	8 E/D S	14 E/D S	14 E/D S	24 E/D S
E/S analógicas	Ninguna			2 E/D S	Ninguna
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E/128 S)				
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguna	32 (16 E/16 S)	64 (32 E/32 S)		
Nº máx. de módulos de ampliación	Ninguna	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Nº máx. de módulos inteligentes	Ninguna	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Unidades de captura de impulsos	8	8	14		24
Contadores rápidos Pase simple	4 contadores (total) 4 a 50 kHz		8 contadores (total) 8 a 50 kHz	6 contadores (total) 4 a 50 kHz 2 a 200 kHz 5 a 20 kHz 1 a 100 kHz	6 contadores (total) 6 a 50 kHz
Con fases	2 a 50 kHz		4 a 50 kHz		4 a 50 kHz
Salidas de impulso	2 a 50 kHz (solo en salidas c.c.)			2 a 100 kHz (solo en salidas c.c.)	2 a 50 kHz (solo en salidas c.c.)
Datos generales					
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms, 16 temporizadores de 10 ms y 238 temporizadores de 100 ms				
Contadores	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)				
Marcas internas almacenadas al desconectar la CPU	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)				
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms				
Interrupciones de flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos				
Potenciómetros analógicos	1 con resolución de 8 bits		2 con resolución de 8 bits		
Velocidad de ejecución booleana	0.22 µs por operación				
Reloj de tiempo real	Catucho opcional		Incorporado		
Catuchos opcionales	Memoria, pila y reloj de tiempo real		Memoria y pila		
Comunicación integrada					
Puertos (potencia limitada)	1 puerto RS-485			2 puertos RS-485	
Velocidades de transferencia PPI, DP/T	9.6, 19.2 y 187.5 kbit/s				
Velocidades de transferencia Freeport	1.2 kbit/s a 115.2 kbit/s				
Longitud máx. del cable por segmento	Con repetidor aislado: 1000 m hasta 187.5 kbit/s, 1000 m hasta 98.4 kbit/s Sin repetidor aislado: 50 m				
Nº máximo de estaciones	32 por segmento, 128 por red				
Nº máximo de maestros	32				
Punto a punto (modo maestro PPI)	Si (NETR/NETW)				
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados (1 para una PG y 1 para un CP)				

1 De preferencia, calcule la corriente necesaria para determinar cuánto energía puede suministrar la CPU 517-520 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para obtener información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo B para calcular la corriente necesaria.

Tabla A-5 Datos de alimentación de las CPUs

Corriente continua			Corriente alterna	
Potencia de entrada				
Tensión de entrada	20.4 a 28.8 V c.c.		65 V a 264 V c.a., 47 a 60 Hz	
Intensidad de entrada	CPU solo a 24 V c.c.	Carga máx. a 24 V c.c.	solo CPU	Carga máx.
CPU 221	60 mA	450 mA	50/15 mA a 120/240 V c.a.	120/60 mA a 120/240 V c.a.
CPU 222	65 mA	500 mA	40/20 mA a 120/240 V c.a.	140/70 mA a 120/240 V c.a.
CPU 224	110 mA	700 mA	60/30 mA a 120/240 V c.a.	200/100 mA a 120/240 V c.a.
CPU 224X ¹	120 mA	800 mA	70/35 mA a 120/240 V c.a.	220/100 mA a 120/240 V c.a.
CPU 226	160 mA	1050 mA	60/40 mA a 120/240 V c.a.	300/160 mA a 120/240 V c.a.
Corriente de inrush	12 A a 28.8 V c.c.		20 A a 264 V c.a.	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Sin aislamiento		1500 V c.a.	
Tiempo de retardo (desde la pérdida de corriente)	10 ms a 24 V c.c.		20/60 ms a 120/240 V c.a.	
Fusible (no reemplazable)	3 A, 250 V, de acción lenta		2 A, 250 V, de acción lenta	
Alimentación de sensores 24 V c.c.				
Tensión de sensores (potencia limitada)	L+ menos 5 V		20.4 a 28.8 V c.c.	
Intensidad límite	1.5 A pico, límite térmico no destructivo (v. tabla A-3, carga nominal)			
Rizado/corriente parásita	Derivado de potencia de entrada		Menos de 1 V pico a pico	
Aislamiento (sensor a circuito lógico)	Sin aislamiento			

Tabla A-6 Datos de las entradas digitales de las CPUs

Datos generales	Entrada de 24 V c.c. (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Entrada de 24 V c.c. (CPU 224XP)	
Tipo de dato	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 I/O con sumidero de corriente)	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 I/O, excepto IO.5 a IO.6)	
Tensión nominal	Tip. 24 V c.c. a 4 mA	Tip. 24 V c.c. a 4 mA	
Tensión continua máx. admisible	30 V c.c.		
Sobretensión	35 V c.c., 0.5 s		
Señal 1 lógica (máx.)	15 V c.c. a 0.5 mA	15 V c.c. a 0.5 mA (IO.0 a IO.2 a IO.6 a IO.7) 4 V c.c. a 8 mA (IO.3 a IO.5)	
Señal 0 lógica (máx.)	5 V c.c. a 1 mA	5 V c.c. a 1 mA (IO.0 a IO.2 a IO.6 a IO.7) 1 V c.c. a 1 mA (IO.3 a IO.5)	
Retardo de entrada	Seleccionable (0.2 a 15.0 ms)		
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Bero)			
Corriente de fuga admisible (máx.)	1 mA		
Aislamiento (campo a circuito lógico)	SI		
Separación galvánica	500 V c.a., 1 minuto		
Grupos de aislamiento	Consulta el diagrama de cableado		
Frecuencia de entrada de los contadores rápidos (HSC)			
Entradas HSC	Señal 1 lógica	Fase simple	Dos fases
Todos los HSC	15 a 30 V c.c.	30 kHz	10 kHz
Todos los HSC	15 a 24 V c.c.	30 kHz	30 kHz
HCA, HCB (solo CPU 224XP)	> 4 V c.c.	300 kHz	100 kHz
Entradas ON simultáneamente	Todas		Todas Solo CPU 224XP AC/DCrelé: Todas a 50° C con entradas c.c. a 24 V c.c. máx. Todas a 50° C con entradas c.c. a 30 V c.c. máx.
Longitud del cable (máx.)			
Apartallado	300 m para las entradas normales, 50 m para las entradas HSC ¹		
No apartallado	300 m para las entradas normales		

¹ Para las entradas HSC se recomienda utilizar cables apartallados de par trenzado.

Tabla A-7 Datos de las salidas digitales de las CPUs

Datos generales	Salida de 24 V c.c. (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Salida de 24 V c.c. (CPU 224XP)	Salidas de relé
Tipo de salida	Salida sólido-MOSFET ¹ (fuente)		Contacto de baja potencia
Tensión nominal	24 V c.c.	24 V c.c.	24 V c.c. d 250 V c.a.
Rango de tensión	20.4 a 28.8 V c.c.	5 a 28.8 V c.c. (Q0.0 a Q0.4) 20.4 a 28.8 V c.c. (Q0.5 a Q1.1)	5 a 50 V c.c. d 5 a 250 V c.a.
Sobrecorriente (máx.)	8 A, 100 ms		5 A durante 4 s o 10% de ciclo de trabajo
Señal 1 lógica (mín.)	20 V c.c. a intensidad máx.	L+ menos 0.4 V a intensidad máx.	
Señal 0 lógica (mín.)	0.1 V c.c. con 10 K Ω de carga		-
Intensidad nominal por salida (máx.)	0.75 A		2.0 A
Intensidad nominal por neutro (máx.)	8 A	5.75 A	10 A
Corriente de fuga (máx.)	10 μ A		-
Carga de lámparas (máx.)	5 W		50 W c.c.; 200 W c.a. ^{2,4}
Tensión de bloqueo inductiva	L+ menos 48 V c.c., disipación de 1 W		-
Resistencia en estado ON (contactos)	Típ. 0.3 Ω (x1 Ω máx.)		0.3 Ω (mín. si son nuevos)
Separación galvánica	500 V c.a., 1 minuto		-
Separación galvánica (campo a circuito lógico)	-		1500 V c.a., 1 minuto
Circuito lógico a contacto	-		100 M Ω
Resistencia (circuito lógico a contacto)	-		Consulte el diagrama de cableado
Grupo de aislamiento	Consulte el diagrama de cableado		
Retardo (mín.)			
OFF a ON (μ s)	0.5 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)	0.5 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)	-
ON a OFF (μ s)	10 μ s (Q0.0, Q0.1), 150 μ s (todas las demás)	1.5 μ s (Q0.0, Q0.1), 150 μ s (todas las demás)	10 ms
Comutación	-		-
Frecuencia de impulsos (máx.)	20 kHz (Q0.0 y Q0.1)		1 Hz
Vida útil mecánica	-		10,000,000 (sin carga)
Vida útil de los contactos	-		100,000 (carga nominal)
Salidas ON simultáneamente	Todas a 50° C (horizontal), todas a 40° C (vertical)		
Conexión de dos salidas en paralelo	Sí, solo salidas de un mismo grupo		No
Longitud del cable (máx.)			
Apantallado	500 m		
No apantallado	150 m		

1 Cuando un contacto mecánico aplica tensión a una CPU 6ES7-300, o bien a un módulo de ampliación digital, envía una señal "1" a las salidas digitales durante aproximadamente 50 microsegundos. Considere esto especialmente si desea utilizar aparatos que reaccionen a impulsos de breve duración.

2 En función del receptor de impulsos y del cable, un resistor de carga externo (al menos 10% de la intensidad nominal) puede mejorar la calidad de señal de los impulsos y la inmunidad a interferencias.

3 La vida útil de los relés con carga de lámparas se reducirá en 75%, a menos que la sobrecorriente al conectarse se reduzca por debajo de la sobrecorriente límite de la salida.

4 El valor límite de la carga de lámparas es aplicable a la tensión nominal. Reduzca el valor límite proporcionalmente a la tensión conmutada (p. ej., 100 V c.a. = 100 W).

Tabla A-8 Datos de las entradas analógicas de la CPU 224XP

Datos generales	Entrada analógica (CPU 224XP)
Nº de entradas	2
Tipo de entrada analógica	Asimétrica
Rango de tensión	±10 V
Formato de palabra de datos, rango máx.	-32.000 a +32.000
Impedancia de entrada D0	>100 kΩ
Tensión de entrada máxima	30 V c.c.
Resolución	11 bits máx. 1 bit de signo
Valor LSB	4,00 mV
Separación galvánica	Ninguna
Precisión	
Caso máx. desfavorable 0° a 55° C	±2,5% de rango máx.
Típico, 25° C	±1,0% de rango máx.
Repetibilidad	±0,05% de rango máx.
Tiempo de conversión analógico/digital	125 ms
Tipo de conversión	Sigma-delta
Respuesta en escalón	Máx. 250 ms.
Rechazo de interferencias	Típ. -50 dB o1u 50 Hz

Tabla A-9 Datos de las salidas analógicas de la CPU 224XP

Datos generales	Salida analógica (CPU 224XP)
Nº de salidas	1
Rango de señales	
Tensión	0 a 10 V (potencia limitada)
Intensidad	0 a 20 V (potencia limitada)
Formato de palabra de datos, rango máx.	0 a +32767
Formato de palabra de datos, rango máx.	0 a +32000
Resolución, rango máx.	12 bits
Valor LSB	
Tensión	2,44 mV
Intensidad	4,00 µA
Separación galvánica	Ninguna
Precisión	
Caso máx. desfavorable, 0° a 55° C	
Salida de tensión	±2% de rango máx.
Salida de intensidad	±3% de rango máx.
Típ. 25° C	
Salida de tensión	±1% de rango máx.
Salida de intensidad	±1% de rango máx.
Tiempo de estabilización	
Salida de tensión	± 50 µs
Salida de intensidad	± 100 µs
Accionamiento mín. de salidas	
Salida de tensión	≥ Mín. 5000 Ω
Salida de intensidad	≥ Máx. 500 Ω

ANEXO J

SITOP POWER 2



Figura J.5.

DATOS TÉCNICOS

2 A	tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
6EP1 331-2BA00	24 V DC
monofásica AC	$\pm 3 \%$
120/230 V AC	aprox. 0,1 %
ajuste por puente de hilo	aprox. 0,8 %
93 a 132/187 a 264 V AC	$< 150 \text{ mV}_{pp}$
$2,3 \times U_{e \text{ nom}}, 1,3 \text{ ms}$	$< 240 \text{ mV}_{pp}$
$> 10 \text{ ms}$ con $U_e = 93/187 \text{ V}$	22,8 a 26,4 V
50/60 Hz; 47 a 63 Hz	LED verde para 24 V O.K.
0,9/0,6 A	No hay rebase transitorio de U_s
$< 14 \text{ A}$, tip. 3 ms	(arranque suave)
	$< 3 \text{ s}$ /tip. 80 ms
	2 A
$< 0,3 \text{ A}^2\text{s}$	0 a 2 A
1,6 A/250 V, lento (no accesible)	0 a 2 A
a partir de 3 A, característica C	
	tip. 7 A durante 300 ms
	Sí. 2 fUQntQS

Figura J.6.

ANEXO K

MICROMASTER 440 SIEMENS

SIEMENS

MICROMASTER 440

0,12 kW - 250 kW

Instrucciones de uso

Edición 12/02



Características

Características principales

- > Fácil de instalar
 - > Puesta en marcha sencilla
 - > Diseño robusto en cuanto a CEM
 - > Puede funcionar en alimentación de línea IT
 - > Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
 - > Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones
 - > Conexión sencilla de cables
 - > 3 relés de salida
 - > 2 salidas analógicas (0 - 20 mA)
 - > 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
 - > 2 entradas analógicas:
 - AIN1:0-10V, 0-20mA y -10a+10V
 - * AIN2:0-10V;0-20mA
- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7ª 8ª entrada digital
- > Tecnología BiCo
 - > Diseño modular para configuración extremadamente flexible
 - > Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
 - > Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas
 - > Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS

Prestaciones

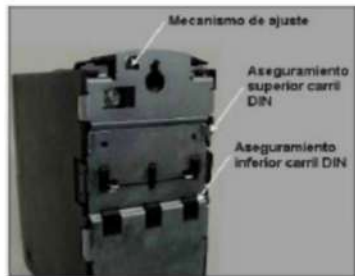
- > Control vectorial
 - sin sensores (SLVC)
 - * con emisor (VC)
- > Control U/f
 - Control de flujo corriente FCC (flux current control) para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor
 - Característica U/f multipunto
- > Limitación rápida de corriente FCL (fast current limitation) para funcionamiento libre de disparos intempestivos
- > Freno por inyección de corriente continua integrado
- > Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado
- > Freno estrangulador integrado (Tamaños constructivos A hasta F)
- > Emisor de velocidad máxima
 - Con redondeado
 - Sin redondeado
- > Control en lazo cerrado utilizando una función PID (proporcional, integral y diferencial), con autoajuste
- > Juego de parámetros de conmutación
 - » Juegos de datos del motor (DDS)
 - * Juegos de datos de órdenes y fuentes de datos teóricos (CDS)
- > Chips con funciones libres
- > Memoria tampón dinámica
- > Rampa de bajada seleccionable ((rampas de subida y bajada seleccionables))

Características de protección

Protección de sobretensión mínima tensión
Protección de sobretensión para el convertidor
Protección de defecto a tierra
Protección de cortocircuito
Protección térmica del motor por θ_X
Protección del motor mediante sondas PTGKTY

2.3.1 Montaje sobre perfil Tamaño constructivo A

Colocación del convertidor sobre perfil 35 mm (EN 50022)



1. Enganchar el convertidor sobre el perfil (carril) en omega normalizado utilizando el anclaje superior del mismo



2. Empujar el convertidor hacia el carril; el anclaje inferior debería hacer un clic al encajar.

Desmontar el convertidor del carril



1. Para desenganchar el convertidor, insertar un destornillador en el mecanismo de liberación del convertidor.
2. Aplicando una presión hacia abajo se desengancha el anclaje inferior para carril.
3. Retirar el convertidor del carril.

2.3.2 Montaje de opciones en la caja electrónica para tamaños constructivos FX y GX

La cubierta frontal del MICROMASTER 440 está diseñada de tal manera que la unidad de mando (en el caso estándar, la SDP) cierra casi a ras con la abertura de la cubierta frontal.

En el caso de que quiera montar en la caja electrónica una opción adicional (p. ej., módulo de Profibus; véase el capítulo 8), es necesario mover hacia atrás la posición de toda la caja electrónica para que la abertura vuelva a asentarse de forma correcta en la puerta.

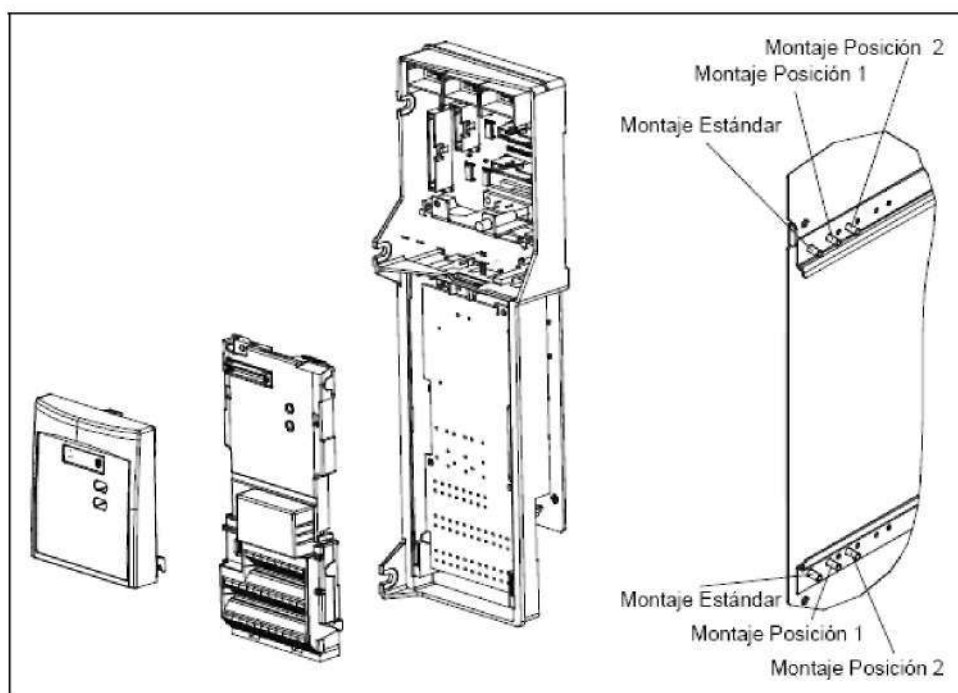
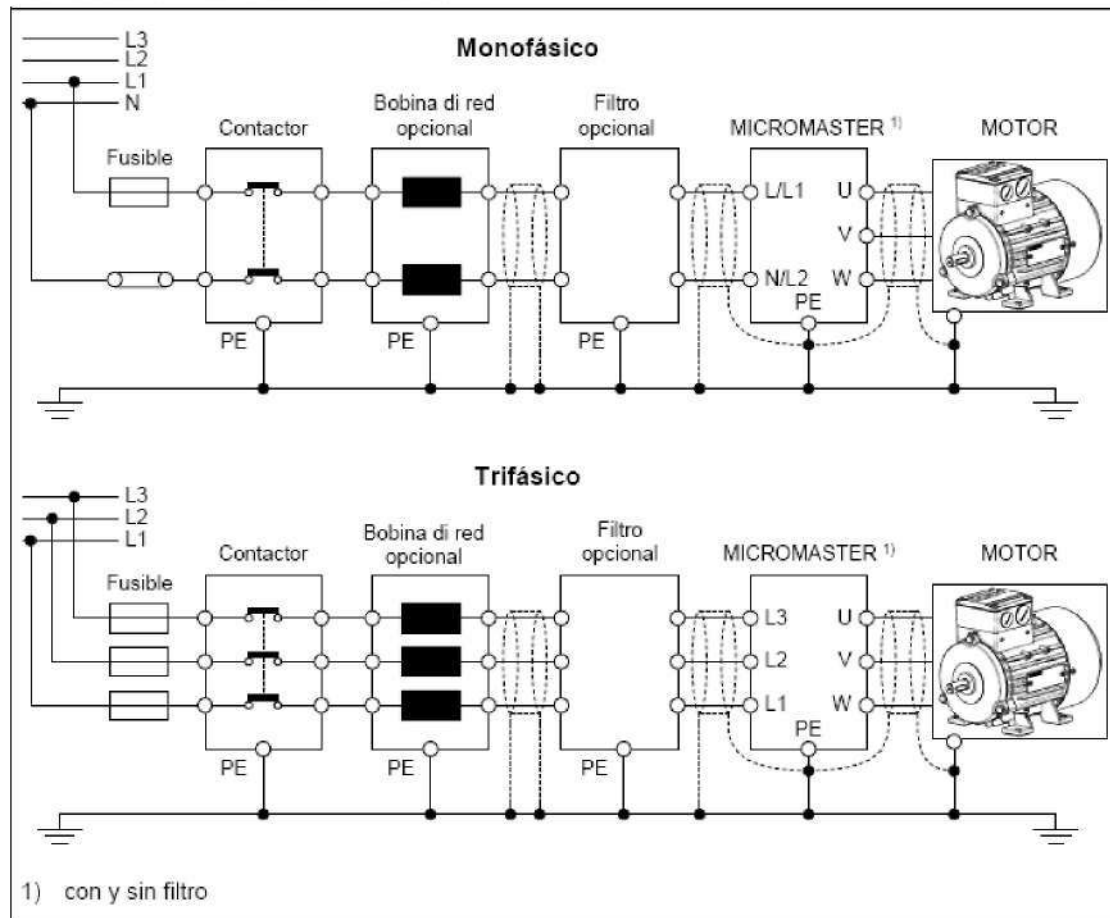


Figura 2-7 Opciones de la caja electrónica

Montaje de las opciones

- Retire la cubierta frontal:
 - Retire los 2 tornillos situados en la parte inferior de la cubierta frontal.
 - Levante hacia arriba la cubierta frontal y sáquela.
- Retire los tornillos de retención de la caja electrónica.
- Atomille la caja electrónica siguiendo la Figura 2-7 en la posición de montaje correcta.
- Montar las opciones adicionales.
- Volver a montar la cubierta frontal.

Tamaños constructivos A hasta F



Tamaños constructivos FX y GX

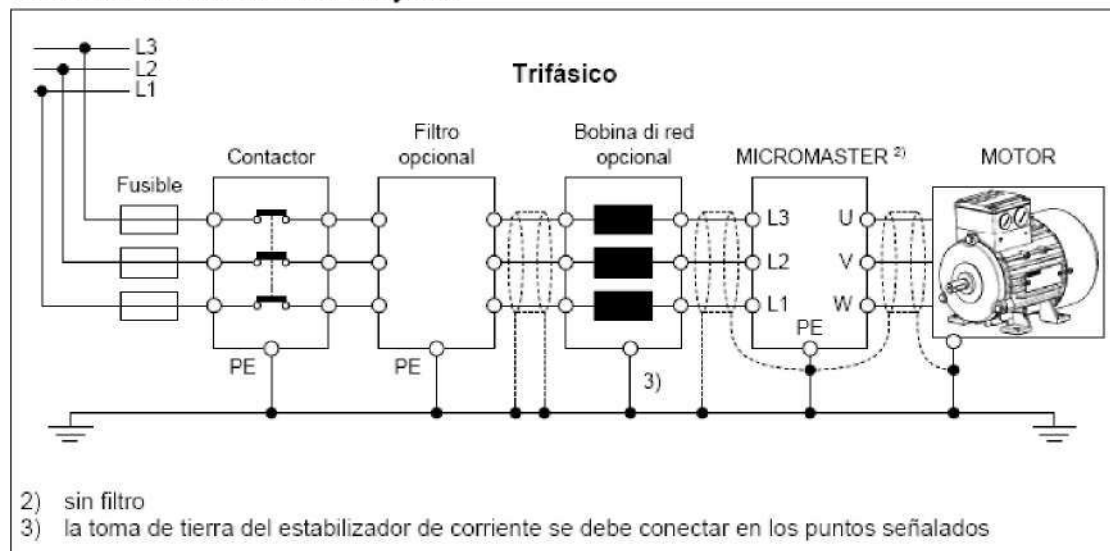


Figura 2-11 Conexiones del motor y la red

3.1 Diagrama de bloques

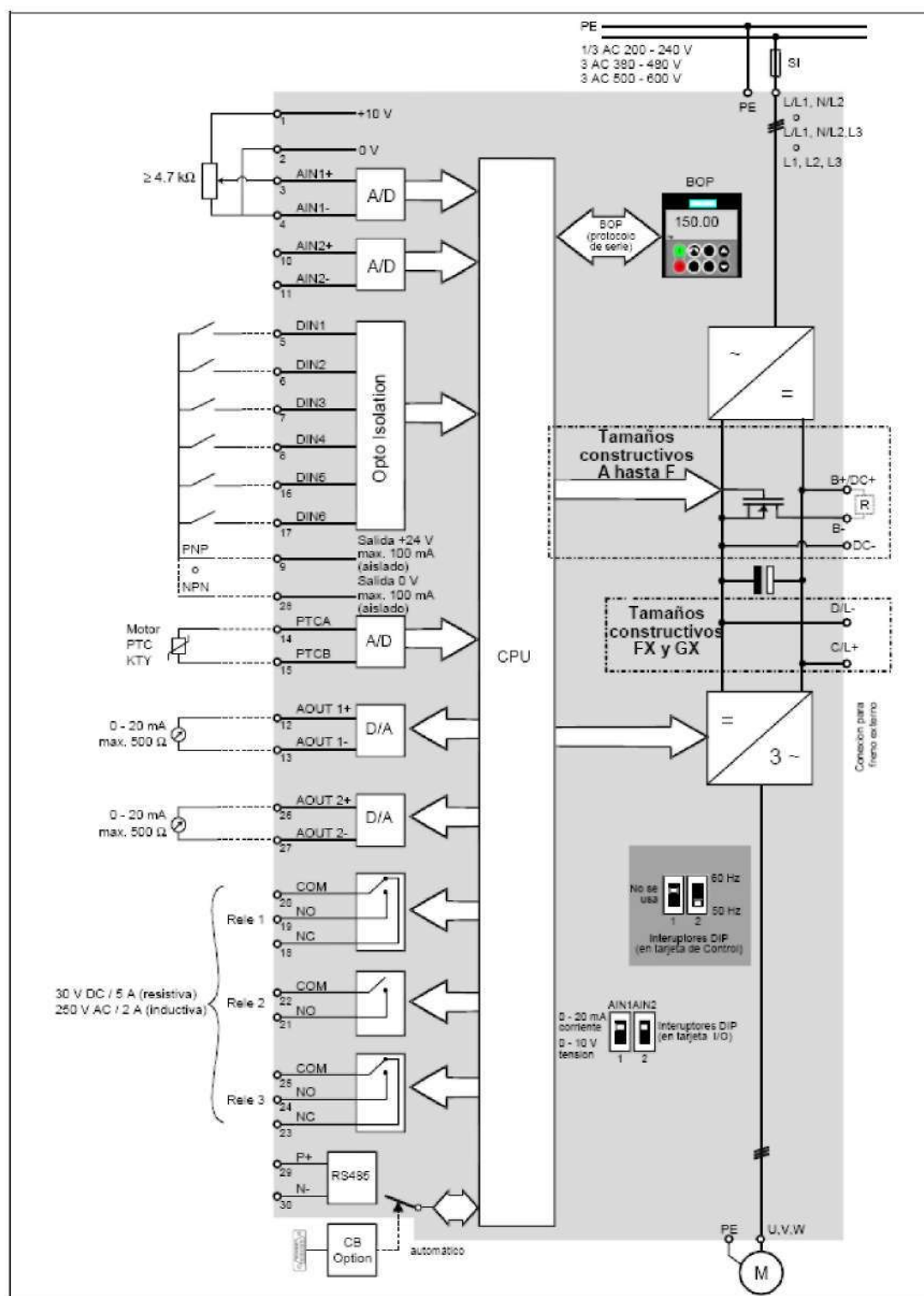


Figura 3-1 Diagrama de bloques del convertidor

3.1.1 Conexión de bornes en fábrica

Ver Figura 3-5.

3.1.2 Entradas Analógicas

Entrada analógica 1 (AIN1) puede ser usada con:

- 0 - 10 V, 0 - 20 mA y -10 V a +10 V

Entrada analógica 2 (AIN2) puede ser usada con

- 0 - 10 V, 0 - 20 mA

Para obtener entradas digitales adicionales (DIN7 & DIN8), es necesario modificar el circuito como sigue:

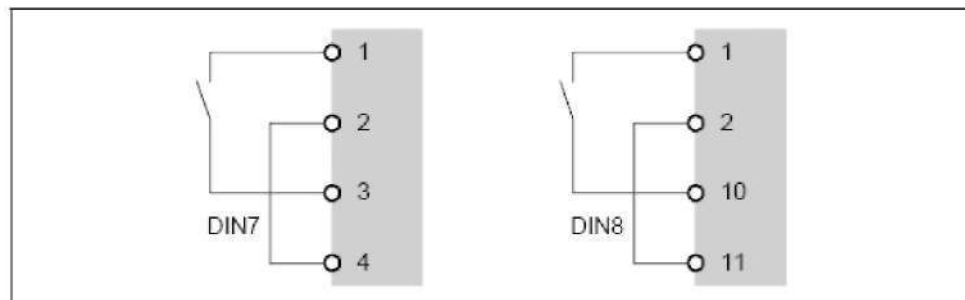


Figura 3-2 Configuración de las entradas analógicas como entradas digitales

Cuando se configura una entrada analógica como digital, los valores umbrales se ajustan como siguen:

CC 1.75 V = OFF

CC 3.70 V = ON

El terminal 9 puede también utilizarse para controlar las entradas analógicas cuando se utilizan como entradas digitales.

Los terminales 2 y 28 deben ser unidos.

Característica		Especificación
Tensión de red y Márgenes de potencia		1AC200a24QV±10% CT: 0,12 kW - 3,0 kW (0,16 hp-4,0hp) 3AC200a24GV±10% CT: 0,12 kW -45,0 kW (0,16 hp- 60,0 hp) VT: 5,50 kW-45,0 kW (7,50 hp-60,0 hp) 3AC380a480V±10% CT: 0,37 kW-200 kW (0,50 hp-268hp) VT: 7,50 kW- 250 kW (10.0 hp-335 hp) 3AC500a600V±10% CT: 0,75 kW-75,0 kW (1,00 hp-100 hp) VT: 1,50 kW - 90,0 kW (2,00 hp-120 hp)
Frecuencia de entrada		47 a 63 Hz
Frecuencia de salida		0 Hz a 650 Hz
Factor de potencia		>07
Rendimiento del convertidor		Tamaños constructivos A hasta F 96 a 97 % Tamaños constructivos Fx y GX 97 a 98 %
Capacidad de sobrecarga	Par constante (CT)	Tamaños constructivos A hasta F: 15 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 150 % de sobrecarga) durante 60 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 2 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 200 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg. Tamaños constructivos FX y GX: 1,36 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 136 % de sobrecarga) durante 57 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,6 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 160 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg.
	Par variable (VT)	Tamaños constructivos A hasta F: 1,1 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 110 % de sobrecarga) durante 60 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,4 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 140 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg. Tamaños constructivos FX y GX: 1,1 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 110 % de sobrecarga) durante 59 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,5 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 150 % de sobrecarga) durante 1 seg., tiempo de ciclo 300 seg.
Corriente de arranque		Inferior a la corriente nominal de entrada
Método de control		Control V/f lineal; Control V/f lineal con Flux Current Control (FCC); U Control V/f cuadrático; Control V/f multipunto; Control Vff lineal con modo ECO; Control V/f para aplicaciones textiles; Control V/f con FCC para aplicaciones textiles; Control V/f con consigna de tensión independiente; Sensorless Vector Control; Sensoless Vector Torque Control
Frecuencia de pulsación		Tamaños constructivos: A hasta C: 1/3AC 200 V a 5,5 kW Estándar 16 kHz A hasta F: Potencias y tensiones restantes 2 kHz a 16 kHz, en pasos de 2 kHz Estándar 4 kHz FXyGX: 2 kHz a 4 kHz, en pasos de 2 kHz Estándar VT: 2 kHz, Estándar CT: 4 kHz Reducción de potencia, ver Tabla 7-3
Frecuencias fijas		15, parametrizable
Frecuencias inhibibles		4, parametrizable
Resolución de consigna		0,01 Hz digital, 0,01 Hz serie, 10 bits analógica (potenciómetro motorizado 0.1 Hz [0.1% (en modo PID)])
Entradas digitales		6, parametrizable (libre de potencial), conmutables entre activa con high / activa con low (PNP/NPN)
Entradas analógicas		2, parametrizable, ambas se pueden usar como 7ª y 8ª entradas digitales. 0Va10V, 0mAa20mAy-10Va+10V(AIN1) 0Va10Vy0mAa20mA(AIN2)

Salidas de relé	3, parametrizable 30 V DC / 5 A (carga resistiva), 250 V AC 2 A {carga inductiva}
Salida analógica	2, parametrizable (0 a 20 mA)
Interface serie	RS-485, opcionales RS-232
Compatibilidad electromagnética	Tamaños constructivos: A hasta C: como accesorio se puede suministrar un filtro EMV, norma EN55 011, clase A o B A hasta F: se puede suministrar un convertidor con filtro integrado de clase A FX y GX: Con el filtro EMV (se puede suministrar como accesorio) se cumplen los valores límite de EN 55011, clase A para emisiones de interferencias guiadas (se necesita un conmutador estrangulador de corriente)
Frenado	frenado por inyección de corriente continua frenado combinado frenado dinámico Tamaños constructivos A hasta F con estrangulador integrado Tamaños constructivos FX y GX con freno externo
Grado de protección	IP20
Margen de temperatura	Tamaños constructivos A hasta F: -10 °C a +50 °C (14 °F a 122 °F) (CT) -10 °C a +40 °C (14 °F a 104 °F) (VT) Tamaños constructivos FX y GX: 0 °C a +40 °C (32 °F a 104 °F), a 55 °C (131 °F) con reducción de la potencia; véase la Figura 2-2
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a 158 °F)
Humedad relativa	< 95 % (sin condensación)
Altitud de operación (sin reducción de potencia)	Tamaños constructivos A hasta F hasta 1000 m sobre el nivel del mar FX y GX hasta 2000 m sobre el nivel del mar
Características de protección	Mínima tensión, sobretensión, sobrecarga, defecto a tierra, cortocircuito, protección basculante, protección de bloqueo del motor, sobretensión en motor, sobretensión en convertidor, bloqueo de parámetros
Normas	Tamaños constructivos A hasta F UL, cUL, CE, C-tick FX y GX UL (en preparación), cUL (en preparación), CE
Marcado CE	de acuerdo con las directivas europeas "Baja tensión" 73/23/CEE y "Compatibilidad electromagnética" 89/336/CEE

Tamaños constructivos	Par de apriete [Nm]
A	1,1
B	1,5
C	2,25
D	10 (max.)
E	10 (max.)
F	50
FX	25
GX	25

Tabla 7-3 Reducción de la corriente en función de la frecuencia de pulsación

Tensión de red	Potencia (ct) [kW]	Dimensión de la corriente de salida en A con una frecuencia de pulsación						
		4 kHz	6 kHz	8 kHz	10 kHz	12 kHz	14 kHz	16 kHz
1/3 AC 200 V	0,12 a 5,5	Preajuste 16 kHz → no es necesario reducir la tensión						
	7,5	28,0	26,6	25,2	22,4	19,6	16,8	14,0
	11	42,0	37,8	33,6	29,4	25,2	21,0	16,8
	15	54,0	48,6	43,2	37,8	32,4	27,0	21,6
	18,5	68,0	64,6	61,2	54,4	47,6	40,8	34,0
	22	80,0	72,0	64,0	56,0	48,0	40,0	32,0
	30	104,0	91,0	78,0	70,2	62,4	57,2	52,0
	37	130,0	113,8	97,5	87,8	78,0	71,5	65,0
	45	154,0	134,8	115,5	104,0	92,4	84,7	77,0
3 AC 400 V	0,37	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0
	0,55	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2
	0,75	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3
	1,1	3,1	2,9	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6
	1,5	4,1	3,7	3,3	2,9	2,5	2,1	1,6
	2,2	5,9	5,6	5,3	4,7	4,1	3,5	3,0
	3,0	7,7	6,9	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1
	4,0	10,2	9,2	8,2	7,1	6,1	5,1	4,1
	5,5	13,2	11,9	10,6	9,2	7,9	6,6	5,3
	7,5	19,0	18,1	17,1	15,2	13,3	11,4	9,5
	11,0	26,0	23,4	20,8	18,2	15,6	13,0	10,4
	15,0	32,0	30,4	28,8	25,6	22,4	19,2	16,0
	18,5	38,0	34,2	30,4	26,6	22,8	19,0	15,2
	22	45,0	40,5	36,0	31,5	27,0	22,5	18,0
	30	62,0	58,9	55,8	49,6	43,4	37,2	31,0
	37	75,0	67,5	60,0	52,5	45,0	37,5	30,0
	45	90,0	76,5	63,0	51,8	40,5	33,8	27,0
	55	110,0	93,5	77,0	63,3	49,5	41,3	33,0
	75	145,0	112,4	79,8	68,9	58,0	50,8	43,5
	90	178,0	–	–	–	–	–	–
	110	205,0	–	–	–	–	–	–
	132	250,0	–	–	–	–	–	–
	160	302,0	–	–	–	–	–	–
	200	370,0	–	–	–	–	–	–
3 AC 500 V	0,75	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6
	1,5	2,7	2,2	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8
	2,2	3,9	2,9	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8
	4,0	6,1	4,6	3,1	2,4	1,8	1,5	1,2
	5,5	9,0	6,8	4,5	3,6	2,7	2,3	1,8
	7,5	11,0	8,8	6,6	5,5	4,4	3,9	3,3
	11,0	17,0	12,8	8,5	6,8	5,1	4,3	3,4
	15,0	22,0	17,6	13,2	11,0	8,8	7,7	6,6
	18,5	27,0	20,3	13,5	10,8	8,1	6,8	5,4
	22	32,0	24,0	16,0	12,8	9,6	8,0	6,4
	30	41,0	32,8	24,6	20,5	16,4	14,4	12,3
	37	52,0	39,0	26,0	20,8	15,6	13,0	10,4
	45	62,0	52,7	43,4	40,3	37,2	32,6	27,9
	55	77,0	67,4	57,8	52,0	46,2	42,4	38,5
	75	99,0	84,2	69,3	64,4	59,4	52,0	44,6

A Cambiar el panel de operador

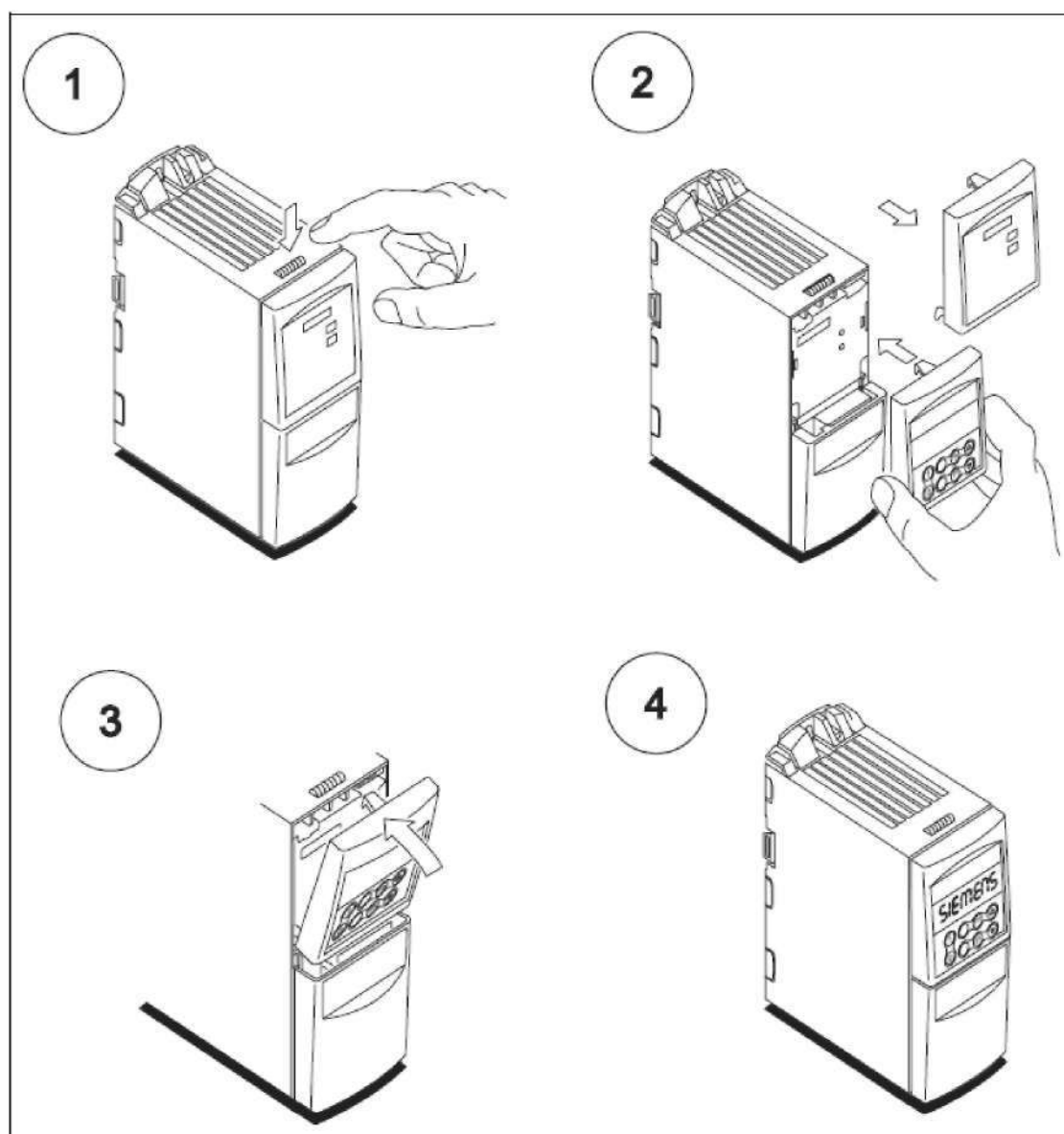


Tabla 7-1 Características del MICROMASTER 440

Característica		Especificación
Tensión de red y Márgenes de potencia		1 AC 200 a 240 V $\pm$ 10 % CT: 0,12 kW – 3,0 kW (0,16 hp – 4,0 hp) 3 AC 200 a 240 V $\pm$ 10 % CT: 0,12 kW – 45,0 kW (0,16 hp – 60,0 hp) VT: 5,50 kW – 45,0 kW (7,50 hp – 60,0 hp) 3 AC 380 a 480 V $\pm$ 10 % CT: 0,37 kW – 200 kW (0,50 hp – 268 hp) VT: 7,50 kW – 250 kW (10,0 hp – 335 hp) 3 AC 500 a 600 V $\pm$ 10 % CT: 0,75 kW – 75,0 kW (1,00 hp – 100 hp) VT: 1,50 kW – 90,0 kW (2,00 hp – 120 hp)
Frecuencia de entrada		47 a 63 Hz
Frecuencia de salida		0 Hz a 650 Hz
Factor de potencia		$\geq 0,7$
Rendimiento del convertidor		Tamaños constructivos A hasta F 96 a 97 % Tamaños constructivos Fx y GX 97 a 98 %
Capacidad de sobrecarga	Par constante (CT)	Tamaños constructivos A hasta F: 1,5 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 150 % de sobrecarga) durante 60 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 2 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 200 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg. Tamaños constructivos FX y GX: 1,36 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 136 % de sobrecarga) durante 57 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,6 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 160 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg.
	Par variable (VT)	Tamaños constructivos A hasta F: 1,1 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 110 % de sobrecarga) durante 60 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,4 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 140 % de sobrecarga) durante 3 seg., tiempo de ciclo 300 seg. Tamaños constructivos FX y GX: 1,1 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 110 % de sobrecarga) durante 59 seg., tiempo de ciclo 300 seg. y 1,5 x dimensión de la corriente de salida (es decir, 150 % de sobrecarga) durante 1 seg., tiempo de ciclo 300 seg.
Corriente de arranque		Inferior a la corriente nominal de entrada
Método de control		Control V/f lineal; Control V/f lineal con Flux Current Control (FCC); U Control V/f cuadrático; Control V/f multipunto; Control V/f lineal con modo ECO; Control V/f para aplicaciones textiles; Control V/f con FCC para aplicaciones textiles; Control V/f con consigna de tensión independiente; Sensorless Vector Control; Sensorless Vector Torque Control
Frecuencia de pulsación		Tamaños constructivos: A hasta C: 1/3AC 200 V a 5,5 kW Estándar 16 kHz A hasta F: Potencias y tensiones restantes 2 kHz a 16 kHz, en pasos de 2 kHz Estándar 4 kHz FX y GX: 2 kHz a 4 kHz, en pasos de 2 kHz Estándar VT: 2 kHz, Estándar CT: 4 kHz Reducción de potencia, ver Tabla 7-3
Frecuencias fijas		15, parametrizable
Frecuencias inhibibles		4, parametrizable
Resolución de consigna		0,01 Hz digital, 0,01 Hz serie, 10 bits analógica (potenciometro motorizado 0.1 Hz [0.1% (en modo PID)])
Entradas digitales		6, parametrizable (libre de potencial), conmutables entre activa con high / activa con low (PNP/NPN)
Entradas analógicas		2, parametrizable, ambas se pueden usar como 7ª y 8ª entradas digitales. 0 V a 10 V, 0 mA a 20 mA y -10 V a +10 V (AIN1) 0 V a 10 V y 0 mA a 20 mA (AIN2)

Salidas de relé	3, parametrizable 30 V DC / 5 A (carga resistiva), 250 V AC 2 A (carga inductiva)
Salida analógica	2, parametrizable (0 a 20 mA)
Interface serie	RS-485, opcionales RS-232
Compatibilidad electromagnética	Tamaños constructivos: A hasta C: como accesorio se puede suministrar un filtro EMV, norma EN55 011, clase A oB A hasta F: se puede suministrar un convertidor con filtro integrado de clase A FX y GX: Con el filtro EMV (se puede suministrar como accesorio) se cumplen los valores límite de EN 55011, clase A para emisiones de interferencias guiadas (se necesita un conmutador estrangulador de corriente)
Frenado	frenado por inyección de corriente continua frenado combinado frenado dinámico Tamaños constructivos A hasta F con estrangulador integrado Tamaños constructivos FX y GX con freno externo
Grado de protección	IP20
Margen de temperatura	Tamaños constructivos A hasta F: -10°C a +50°C (14 °F a 122 °F){CT} -10°C a +40°C (14°F a 104°F) (VT) Tamaños constructivos FX y GX: 0 °C a +40 °C (32 °F a 104 °F), a 55 °C (131 °F) con reducción de la potencia: véase la Figura 2-2
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +70 °C (-40 °F a 158 °F)
Humedad relativa	< 35 % (sin condensación)
Altitud de operación (sin reducción de potencia)	Tamaños constructivos A hasta F hasta 1000 m sobre el nivel del mar FX y GX hasta 2000 m sobre el nivel del mar
Características de protección	Mínima tensión, sobretensión, sobrecarga, defecto a tierra, cortocircuito, protección basculante, protección de bloqueo del motor, sobretemperatura en motor, sobretemperatura en convertidor, bloqueo de parámetros
Normas	Tamaños constructivos A hasta F UL, cUL, CE, C-tick FX y GX UL (en preparación), cUL (en preparación), CE
Marcado CE	de acuerdo con las directivas europeas "Baja tensión" 73/23/CEE y "Compatibilidad electromagnética" 89/336/CEE

Tensión de red	Potencia (ct) [kW]	Dimensión de la corriente de salida en A con una frecuencia de						pulsación
		4 kHz	6 kHz	8 kHz	10 kHz	12 kHz	14 kHz	16 kHz
1/3AC200V	0.12 a 5.5	Preajuste 16 kHz —* no es necesario reducir la tensión						
	7,5	28,0	26,6	25,2	22,4	19,6	16,8	14,0
	11	42,0	37,8	33,6	29,4	25,2	21,0	16,8
	15	54,0	48,6	43,2	37,8	32,4	27,0	21,6
	18,5	65,0	64,6	61,2	54,4	47,6	40,8	34,0
	22	80,0	72,0	64,0	56,0	48,0	40,0	32,0
	30	104,0	91,0	78,0	70,2	62,4	57,2	52,0
	37	130,0	113,8	97,5	87,8	78,0	71,5	65,0
	45	154,0	134,8	115,5	104,0	92,4	84,7	77,0
3 AC 400 V	0,37	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0
	0,55	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2
	0,75	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3
	1,1	3,1	2,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6
	1,5	4,1	3,7	3,3	2,0	2,5	2,1	1,6
	2,2	5,9	5,6	5,3	4,7	4,1	3,5	3,0
	3,0	7,7	6,0	6,2	5,4	4,6	3,9	3,1
	4,0	10,2	0,2	8,2	7,1	6,1	5,1	4,1
	5,5	13,2	11,0	10,6	9,2	7,9	6,6	5,3
	7,5	19,0	18,1	17,1	15,2	13,3	11,4	9,5
	11,0	26,0	23,4	20,8	18,2	15,6	13,0	10,4
	15,0	32,0	30,4	28,8	25,6	22,4	19,2	16,0
	18,5	38,0	34,2	30,4	26,6	22,8	19,0	15,2
	22	45,0	40,5	36,0	31,5	27,0	22,5	18,0
	30	62,0	58,0	55,8	49,6	43,4	37,2	31,0
	37	75,0	67,5	60,0	52,5	45,0	37,5	30,0
	45	90,0	76,5	63,0	51,8	40,5	33,8	27,0
	55	110,0	93,5	77,0	63,3	49,5	41,3	33,0
	75	145,0	112,4	79,8	68,9	58,0	50,8	43,5
	90	178,0		-				
	110	205,0		-				
	132	250,0		-				
	160	302,0		-				
	200	370,0		-				
3 AC 500 V	0,75	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6
	1,5	2,7	2,2	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8
	2,2	3,9	2,0	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8
	4,0	6,1	4,6	3,1	2,4	1,8	1,5	1,2
	5,5	9,0	6,8	4,5	3,6	2,7	2,3	1,8
	7,5	11,0	8,8	6,6	5,5	4,4	3,9	3,3
	11,0	17,0	12,8	8,5	6,8	5,1	4,3	3,4
	15,0	22,0	17,6	13,2	11,0	8,8	7,7	6,6
	18,5	27,0	20,3	13,5	10,8	8,1	6,8	5,4
	22	32,0	24,0	16,0	12,8	9,6	8,0	6,4
	30	41,0	32,8	24,6	20,5	16,4	14,4	12,3
	37	52,0	30,0	26,0	20,8	15,6	13,0	10,4
	45	62,0	52,7	43,4	40,3	37,2	32,6	27,9
	55	77,0	67,4	57,8	52,0	46,2	42,4	38,5
	75	99,0	84,2	69,3	64,4	59,4	52,0	44,6

ANEXO L

RELÉS SCHRACK PT570615



Figura L.1.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DETALLADAS

Los contactos simples:

Corriente de running: 12 A/10S A/6 UN

Tensión nominal: 250 V~/250 V~/250 CONTRA ~ tensión de conmutación máxima: 440 V~/440 V~/440 CONTRA ~ potencia de conmutación máxima.: 3000 VA/2500S VA/1500 VA.

El cierre corriente: 24 A/20S A/12 UN

El material: AgNi 90/10, AgNi 90/10 htv (chapó oro)

El rango de las bobinas

La tensión nominal de la bobina DC: 6 - 220 V bobines, el CA: 6 - 230 V ~ el consumo nominal de la bobina DC: el typ. 0,75 W .

La playa de uso de la bobina del CA - 60 Hz en 70 °C: 90 - 110%