



**Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey**  
**Campus Monterrey**

Monterrey, Nuevo León a 10 de Marzo de 2006.

**Lic. Arturo Azuara Flores:**

Director de Asesoría Legal del Sistema

Por medio de la presente hago constar que soy autor y titular de la obra titulada "Diseño e Implementación en Hardware de un Filtro de Grabar para el Mejoramiento de Imágenes de Huellas Digitales."

—", en los sucesivos LA OBRA, en virtud de lo cual autorizo a el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (EL INSTITUTO) para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios al objeto de EL INSTITUTO.

El Instituto se compromete a respetar en todo momento mi autoría y a otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de la obra.

De la misma manera, desligo de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros.

Rodrigo Cereza  
Nombre y Firma  
AUTOR (A)

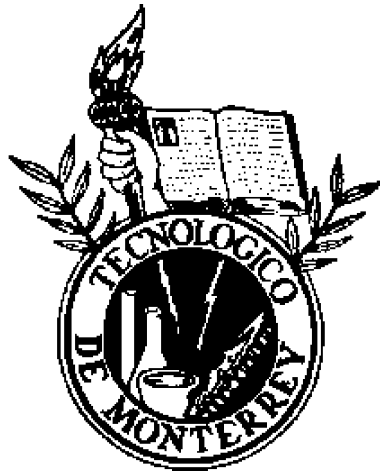
## Diseño e Implementación en Hardware de un Filtro de Gabor para el Mejoramiento de Imágenes de Huellas Digitales-Edición Única

Title	Diseño e Implementación en Hardware de un Filtro de Gabor para el Mejoramiento de Imágenes de Huellas Digitales-Edición Única
Authors	Rodrigo Cuenca Martínez
Affiliation	ITESM-Campus Monterrey
Issue Date	2006-05-01
Item type	Tesis
Rights	Open Access
Downloaded	19-Jan-2017 12:04:43
Link to item	<a href="http://hdl.handle.net/11285/567342">http://hdl.handle.net/11285/567342</a>

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN EN HARDWARE DE UN FILTRO DE  
GABOR PARA EL MEJORAMIENTO DE IMAGENES DE HUELLAS  
DIGITALES**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
(SISTEMAS ELECTRÓNICOS)**

**POR**

**Rodrigo Cuenca Martínez**

**Monterrey, N.L., Mayo de 2006**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**DIVISION DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y ELECTRÓNICA**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN Y ELECTRONICA**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis del Ing. Rodrigo Cuenca Martínez sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica (Sistemas Electrónicos).

Comité de Tesis:

-----  
Dr. Alfonso Ávila Ortega.  
Asesor Principal

-----  
Dr. Sergio Omar Martínez Chapa.  
Sinodal

-----  
M.C. Luís Raúl Molina Hernández.  
Sinodal

-----  
Dr. David A. Garza Salazar, PhD.  
Director del Programa de Graduados de la División  
de Tecnologías de Información y Electrónica  
Mayo de 2006



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN EN HARDWARE DE UN FILTRO DE GABOR  
PARA EL MEJORAMIENTO DE IMAGENES DE HUELLAS DIGITALES**

**POR  
RODRIGO CUENCA MARTÍNEZ**

**TESIS**

**Presentada al Programa de Graduados de Tecnologías de Información y  
Electrónica.**

**Este trabajo es requisito parcial para obtener el grado de Maestro en  
Ciencias en Ingeniería Electrónica (Sistemas Electrónicos).**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
MONTERREY**

**MAYO 2006**





A mis padres



## Reconocimientos

A mis padres por su apoyo durante el transcurso de mi educación.

A mis tios Juan y Mónica por brindarme su tiempo y hospitalidad.

A mis primas Moni y Marifer por haberme aguantado estos 2 años.

Al Dr. Alfonso Ávilas por su asistencia en la realización de esta tesis.

Al Dr. Sergio Omar y al Lic. Luis Molina por haber aceptado ser mis sinodales.

A mis amigos por su compañía y apoyo.

RODRIGO CUENCA MARTÍNEZ

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*  
*Mayo 2006*



## **Resumen**

El reconocimiento de huellas digitales requiere del procesamiento de la imagen para la eliminación de ruido. Este procesamiento requiere de alta demanda computacional, debido al uso del banco de filtros, lo que impide la utilización del filtrado en el dominio de la frecuencia. Esta demanda computacional nos lleva a largos tiempos de ejecución y alto consumo de potencia, lo que impide su implementación en dispositivos portátiles. Una alternativa para solucionar este problema es la utilización de un coprocesador en hardware y de esta manera reducir el tiempo de ejecución del programa y a la vez reducir la potencia consumida por el dispositivo. En esta tesis se presenta el estudio realizado y los resultados obtenidos.

El filtrado de la imagen se realiza mediante banco de filtros de Gabor. Se realizó una versión de este filtro en software y una versión en hardware. Ambas versiones fueron implementada en la tarjeta de desarrollo XUPV2P de Xilinx, que cuenta con un FPGA Virtex-II Pro y dos procesadores PowerPC integrados. Los resultados obtenidos fueron comprobados con Matlab y demuestran que la implementación en hardware, produce una aceleración en el tiempo de ejecución de 60. Se obtuvieron las estimaciones del consumo de potencia mediante XPower de Xilinx, y se comprobó que la potencia consumida disminuye en más del 60 % al implementarse en hardware.



# Contenido

<b>Reconocimientos</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>V</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación . . . . .	3
1.2. Definición del Problema . . . . .	4
1.3. Objetivo . . . . .	4
1.4. Contribución y Alcance . . . . .	4
1.5. Organización de la Tesis . . . . .	5
<b>Capítulo 2. Antecedentes</b>	<b>7</b>
2.1. Arquitectura de los FPGAs . . . . .	7
2.1.1. Características de los FPGAs . . . . .	8
2.2. Ventajas del FPGA como coprocesador . . . . .	8
2.3. Consumo de Potencia en el FPGA . . . . .	9
2.3.1. Potencia de Arranque . . . . .	10
2.3.2. Potencia Estática . . . . .	10
2.3.3. Potencia Dinámica . . . . .	11
2.4. Métodos para Reducir la Potencia Estática . . . . .	11
2.4.1. Flip-flops de Retención . . . . .	13
2.4.2. Controlando la Corriente de Fuga en las Memorias . . . . .	13
2.4.3. Múltiples Voltajes Umbral . . . . .	14
2.4.4. Longitud de la Compuerta . . . . .	14
2.5. Métodos para Reducir la Potencia Dinámica . . . . .	14
2.5.1. Segmentación (Pipelining) . . . . .	14
2.5.2. Habilitación del reloj (Clock Gating) . . . . .	15
2.5.3. Reducción del Voltaje . . . . .	15
2.5.4. Reducción de la Frecuencia . . . . .	15
2.5.5. Reducción de la Capacitancia . . . . .	15

2.5.6. Técnicas de Diseño . . . . .	15
2.6. Maneras de Estimar la Potencia Consumida por el FPGA . . . . .	16
2.6.1. Simulación por Software . . . . .	16
2.6.2. Herramientas CAD . . . . .	17
2.6.3. Técnicas de Probabilidad . . . . .	17
2.7. Trabajo Previo en Bajo Consumo de Potencia en FPGAs . . . . .	18
<b>Capítulo 3. El Algoritmo para el Mejoramiento de Imágenes de Huellas Digitales</b>	<b>19</b>
3.1. Explicación e Importancia como Medio de Seguridad . . . . .	19
3.2. Técnicas para el Filtrado de Imágenes de Huellas Digitales . . . . .	21
3.2.1. Filtros de Gabor . . . . .	22
3.2.2. Explicación del Método . . . . .	23
3.3. Filtrado Espacial . . . . .	30
<b>Capítulo 4. Diseño del Filtro de Gabor</b>	<b>33</b>
4.1. Algoritmo Implementado . . . . .	33
4.2. Módulo de Software . . . . .	33
4.3. Módulo de Hardware . . . . .	34
4.3.1. Máquina de Estados Principal . . . . .	35
4.3.2. Máquina de Estados de Filtrado . . . . .	37
4.3.3. Cálculo de Media y Varianza . . . . .	40
4.3.4. Control de Direcciones . . . . .	41
4.3.5. Control de Datos a Multiplicar . . . . .	45
4.3.6. Unidad de Multiplicación-Acumulación . . . . .	47
4.3.7. Control del Filtrado . . . . .	48
4.3.8. Control de Ciclos . . . . .	50
4.3.9. Operaciones Matemáticas . . . . .	50
4.3.10. Memoria . . . . .	52
<b>Capítulo 5. Resultados</b>	<b>53</b>
5.1. Contexto Experimental . . . . .	53
5.1.1. Hardware . . . . .	54
5.1.2. Software . . . . .	54
5.2. Resultados de la Implementación Software/Software . . . . .	55
5.3. Resultados de la Implementación Hardware/Hardware . . . . .	58
5.4. Comparación y Discusión de Resultados . . . . .	61
<b>Capítulo 6. Conclusiones y Trabajo Futuro</b>	<b>65</b>



<b>Apéndice A. Listado de Código en Software</b>	<b>67</b>
A.1. Código en C . . . . .	67
A.2. Código en Matlab . . . . .	72
<b>Apéndice B. Diagrama a Bloques del Hardware</b>	<b>75</b>
<b>Apéndice C. Filtros</b>	<b>95</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>107</b>
<b>Vita</b>	<b>111</b>



## Lista de Tablas

2.1. Características de los FPGAs . . . . .	8
5.1. Tamaño de los Filtros Utilizados . . . . .	53
5.2. Recursos Utilizados y Retraso Máximo . . . . .	60
5.3. Tabla Comparativa de Tiempos en Hardware y Software . . . . .	63
5.4. Consumo de Energía . . . . .	63



## Lista de Figuras

1.1. Comparación entre FPGA y ASIC [17]. . . . .	2
1.2. Metodología de Codiseño [26]. . . . .	2
2.1. Bloques Lógicos en un FPGA [31]. . . . .	7
2.2. Estructura de un Bloque Lógico [27]. . . . .	8
2.3. Potencia Estática en Función de la Temperatura [20] . . . . .	12
2.4. Potencia Estática y Dinámica en función de la tecnología [18] . . . . .	12
2.5. Inversor CMOS [12] . . . . .	13
2.6. Diagrama de Flujo [32] . . . . .	17
3.1. Tipos de minucias: Fin de cresta y Bifurcación [16] . . . . .	20
3.2. Algoritmo para el Mejoramiento de Huellas Digitales [16] . . . . .	22
3.3. Filtro Gabor con orientación de 20 grados . . . . .	23
3.4. Ventana de Orientación [16] . . . . .	28
3.5. Aplicación de un filtro a una imagen . . . . .	31
4.1. Diagrama a Bloques del Sistema . . . . .	34
4.2. Diagrama de la Máquina de Estados Principal . . . . .	36
4.3. Tabla de Estados de la Máquina de Estados Principal . . . . .	37
4.4. Diagrama de la Máquina de Estados de Filtrado . . . . .	38
4.5. Tabla de Estados de la Máquina de Estados de Filtrado . . . . .	39
4.6. Bloque para el Cálculo de la Media y Varianza . . . . .	40
4.7. Diagrama Interno del Bloque para el Cálculo de la Media y Varianza . . . . .	40
4.8. Bloque del Control de Direcciones . . . . .	41
4.9. Diagrama Interno del Control de Direcciones . . . . .	42
4.10. Diagrama Interno del Bloque Sub del Control de Direcciones . . . . .	43
4.11. Diagrama Interno para la Selección del Banco de Filtros . . . . .	44
4.12. Bloque del Control de Datos a Multiplicar . . . . .	45
4.13. Diagrama Interno del Control de Datos a Multiplicar . . . . .	46
4.14. Bloque de la Unidad de Multiplicación-Acumulación . . . . .	47
4.15. Diagrama Interno de la Unidad de Multiplicación-Acumulación . . . . .	47
4.16. Bloque del Control del Filtrado . . . . .	48

4.17. Diagrama Interno del Control del Filtrado . . . . .	49
4.18. Bloque del Control de Ciclos . . . . .	50
4.19. Bloques de las Operaciones División, Raíz Cuadrada y ArcoTangente . . . . .	50
4.20. Diagrama Interno del Control de Ciclos . . . . .	51
4.21. Mapa de Memoria para una Imagen de Tamaño $32 \times 32$ . . . . .	52
5.1. Diagrama a Bloques del Hardware . . . . .	54
5.2. Diagrama a Bloques del Software . . . . .	55
5.3. Imagen Original e Imagen Filtrada . . . . .	55
5.4. Imagen Normalizada en Software . . . . .	56
5.5. Imagen Filtrada en Software . . . . .	56
5.6. Perfil de Rendimiento del Código en Visual C . . . . .	57
5.7. Tamaño Imagen =32x32,Tiempo Total=87.9s . . . . .	57
5.8. Tamaño Imagen =256x256,Tiempo Total=3868s . . . . .	57
5.9. Imagen de Entrada Vs Imagen de Salida . . . . .	58
5.10. Imagen Normalizada en Hardware . . . . .	59
5.11. Imagen Filtrada en Hardware . . . . .	59
5.12. Estados de la Maquina Principal . . . . .	59
5.13. Ciclos Totales de Ejecución para un Tamaño Dado . . . . .	60
5.14. Tiempo Total de Ejecución Dependiendo el Tamaño de la Imagen . . . . .	61
5.15. Imagen Normalizada en Hardware y Software . . . . .	61
5.16. Imagen Filtrada en Hardware y Software . . . . .	62
5.17. Imagen Filtrada Binarizada en Hardware y Software . . . . .	62
B.1. Bloque Principal . . . . .	75
B.2. Diagrama Interno del Bloque Principal . . . . .	76
B.3. Parte A del Diagrama Interno del Bloque Principal . . . . .	77
B.4. Parte B del Diagrama Interno del Bloque Principal . . . . .	78
B.5. Diagrama Interno del Bloque 1 . . . . .	79
B.6. Diagrama Interno del Bloque 2 . . . . .	80
B.7. Parte A del Diagrama Interno del Bloque 2 . . . . .	81
B.8. Parte B del Diagrama Interno del Bloque 2 . . . . .	82
B.9. Diagrama Interno del Bloque 3 . . . . .	83
B.10. Diagrama Interno del Bloque 4 . . . . .	84
B.11. Diagrama Interno del Bloque 5 . . . . .	85
B.12. Diagrama Interno del Bloque 2.1 . . . . .	86
B.13. Diagrama Interno del Bloque 2.2 . . . . .	87
B.14. Diagrama Interno del Bloque 2.3 . . . . .	88
B.15. Diagrama Interno del Bloque 2.4 . . . . .	89
B.16. Diagrama Interno del Bloque 2.5 . . . . .	90

B.17.Diagrama Interno del Bloque 2.6 . . . . .	91
B.18.Diagrama Interno del Bloque Sub . . . . .	92
B.19.Diagrama Interno del Bloque 2.7 . . . . .	93
C.1. Filtro Fx y Fy . . . . .	95
C.2. Filtro de Gabor a 20 Grados . . . . .	96
C.3. Filtro de Gabor a 40 Grados . . . . .	97
C.4. Filtro de Gabor a 60 Grados . . . . .	98
C.5. Filtro de Gabor a 80 Grados . . . . .	99
C.6. Filtro de Gabor a 100 Grados . . . . .	100
C.7. Filtro de Gabor a 120 Grados . . . . .	101
C.8. Filtro de Gabor a 140 Grados . . . . .	102
C.9. Filtro de Gabor a 160 Grados . . . . .	103
C.10.Filtro de Gabor a 0 Grados . . . . .	104
C.11.Filtro Suavizador . . . . .	106





## Capítulo 1

### Introducción

Actualmente el diseño y desarrollo de sistemas embebidos de gran escala ocasiona la integración de hardware y software al momento de la implementación del sistema[26]. Los adelantos en la tecnología VLSI (Very Large Scale Integration) han llevado a la utilización de ASICs (Application Specific Integrated Circuits) o FPGAs (Field Programmable Gate Array), que pueden ser utilizados para realizar una tarea específica como coprocesador del sistema o pueden realizar el sistema completo. Para determinar cual de las dos opciones utilizar se deben tomar en cuenta variables como el tiempo de mercadeo, costos NRE (Nonrecurring engineering), costos EDA (Electronic Design Automation), costo por unidad, tamaño del diseño, desempeño deseado entre otras. De estas, el tiempo de mercadeo y los costos de NRE y EDA favorecen al FPGA, mientras que el precio por unidad, potencia consumida y el desempeño favorecen al ASIC[7]. Hay tres tipos de ASIC, a la medida (Full Custom), Estructurados (Gate Array) y de Celda Estandar (Standard Cell), en la actualidad los ASIC a la medida sólo se utilizan en aplicaciones nuevas donde no existen librerías de celdas. Los dos tipos de ASIC más utilizados son los estructurados y los de celda estandar. Los estructurados surgieron debido a los altos costos de NRE que pueden llegar hasta los \$2 millones de dólares en los de Celda Estandar, la diferencia radica en que los Estructurados ya tienen una base de arreglos predefinida, con lo que el diseño final necesita solo unas pocas modificaciones en las capas de metal[17]. La Figura 1.1 muestra una tabla comparativa entre FPGA, ASIC Estructurados y ASIC de Celda Estandar[17]

El propósito de utilizar hardware ya sea como el sistema completo o parte del sistema, es el mejorar el rendimiento y lograr cumplir con especificaciones del sistema, principalmente tiempo de ejecución y potencia consumida por el sistema. Una metodología de codiseño hardware/software de propósito general debe dejar al diseñador pasar de una idea abstracta del sistema a la implementación de los subsistemas en hardware y software, además de proporcionar herramientas para poder analizar la implementación y lograr la partición de hardware/software óptima. La Figura 1.2 muestra una metodología típica para la implementación del codiseño.

	Implementation Fabrics		
	FPGA	Structured ASIC	Standard Cell ASIC
NRE Cost, \$	None	Low	High
Unit Cost, \$	High	Medium	Low
Design Cost, \$	Low	Medium	High
Power Dissipation	Medium	Lower	Lowest
Performance	Good	Better	Best
Turnaround Time	Hours	Weeks	Months

Figura 1.1: Comparación entre FPGA y ASIC [17].

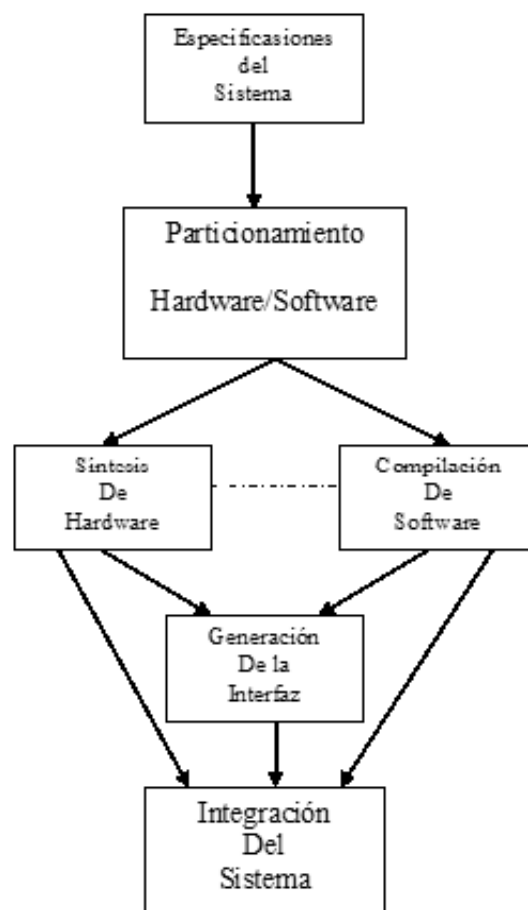


Figura 1.2: Metodología de Codiseño [26].

Primero se especifica el sistema como procesos concurrentes o tareas, estos procesos pueden ser implementados en hardware o software, es aquí donde tenemos que hacer nuestra partición para lograr esto se utilizan herramientas de perfil de rendimiento (profiling), que lo que logran es darnos información del tiempo de ejecución de cada función o tarea y de esta manera poder detectar que partes es conveniente implementar en hardware y cuales en software. Una vez que decidimos se hace la implementación para luego pasar a la interfaz entre el hardware y el software y por último pasamos a la integración del sistema completo.

## 1.1. Justificación

La creciente demanda de seguridad en nuestra sociedad esta desviando la atención hacia soluciones de autenticación e identificación cada vez más eficientes y robustas. Las biométricas son una solución más confiable para la identificación de personas que otros métodos como contraseñas y llaves que pueden olvidarse, duplicarse o robarse. Los patrones biométricos son únicos para cada persona, lo que hace muy difícil su falsificación[5][25]. Los sistemas existentes están basados en diferentes características como la voz, firmas, huellas digitales, el iris, geometría de la mano o la cara. Actualmente el medio más utilizado para esta identificación son las huellas digitales, que representan casi la mitad del mercado de identificación biométrica[9].

Por otra parte las tecnologías de fabricación cada vez son más pequeñas y han dado lugar a un aumento en la producción de aplicaciones portátiles como reproductores de música, celulares, PDAs(Personal Digital Assistant), lo que nos lleva a sistemas donde el consumo de potencia juega un rol muy importante y puede significar una ventaja sobre la competencia. La potencia está relacionada con la frecuencia de operación por lo que se tiene que tener un equilibrio entre la velocidad de ejecución y la potencia consumida.

Juntando estas dos tendencias, la seguridad y los dispositivos portátiles, la identificación de huellas digitales en sistemas portátiles como medio de seguridad y control de acceso es una alternativa muy viable, sin embargo se presentan varios problemas. La adquisición de la huella digital introduce ruido en la imagen por lo que es necesario un procesamiento previo al reconocimiento para eliminar el ruido y aumentar la eficacia del reconocedor. Este procesamiento requiere de una alta demanda computacional que se traduce en alto consumo de potencia.

Uno de los algoritmos más utilizados y con mejores resultados para el mejoramiento de la huella digital es la aplicación de un banco de filtros de Gabor, el filtro de Gabor actúa tanto en frecuencia como en dirección lo que lo hace perfecto para la huella digital, en la cual dos de sus principales características son la frecuencia y la dirección de las

crestas y valles. La desventaja que presenta el filtrado con banco de filtros es que para una misma imagen se aplican diferentes filtros lo que impide la utilización del filtrado en el dominio de la frecuencia, que nos reduciría el número de operaciones. Debido a esto, en esta tesis se optó por utilizar un FPGA, donde se realice el procesamiento de la imagen y el filtrado de Gabor obteniendo así, ventaja tanto en tiempo de ejecución como en potencia consumida.

## **1.2. Definición del Problema**

En la actualidad a través de los medios electrónicos se puede acceder a cuentas bancarias, información personal y confidencial, realizar transacciones monetarias y otras actividades importantes, por lo que es necesario un buen sistema de seguridad. Estos sistemas de seguridad son cada vez más complejos y una de las soluciones es la utilización de biométricas para la identificación de usuarios, entre ellas la más aceptada es la huella digital. El reconocimiento de huellas digitales requiere de un procesamiento de la imagen para la eliminación de ruido. Este procesamiento requiere de alta demanda computacional además de que se realiza mediante un banco de filtros lo que impide la utilización del filtrado en el dominio de la frecuencia. Esta demanda computacional puede llevarnos a tiempos inadmisibles de hasta 1 hora en un procesador PowerPC a 100Mhz.

## **1.3. Objetivo**

El objetivo de esta tesis es lograr el diseño y la implementación del filtrado de huellas digitales utilizando un banco de filtros en un FPGA. El diseño deberá obtener los mismos resultados que su implementación en software en un menor tiempo de ejecución y con esto reducir también el consumo de potencia.

## **1.4. Contribución y Alcance**

La utilización de coprocesadores en hardware para la disminución de tiempos de ejecución o para la reducción del consumo de potencia, es un tema de gran interés en la literatura actual debido a la creciente densidad de compuertas, flexibilidad y facilidad de implementación de los FPGAs actuales, sin embargo en el área del procesamiento de imágenes hay muy poca investigación debido que hasta hace poco las operaciones complejas como la aplicaciones de filtros grandes y la utilización de imágenes que no fueran binarizadas eran imposibles de sintetizar en los FPGAs[10]. La contribución de esta tesis es el de explorar la utilización de los FPGAs en el área del procesamiento de imágenes con operaciones complejas. Se trabajará con filtros de tamaño  $31 \times 31$

y con imágenes en escala de grises, esto es 8 bits por pixel. Con esto se pretende romper un poco con la barrera que impide el procesamiento de imágenes en dispositivos portátiles[39].

Para la elaboración de la tesis se usaran herramientas computacionales tanto para el diseño en hardware como para el diseño en software. Para hardware se utilizaran las herramientas de Xilinx, Simulink y ModelSim, mientras que para el software se trabajara en C y Matlab.

## **1.5. Organización de la Tesis**

Esta tesis está organizada de la siguiente manera: el capítulo 2 describe los antecedentes acerca de los FPGAs, sus principales ventajas actuando como coprocesador y su consumo de potencia; el capítulo 3 describe el algoritmo para el filtrado de huellas digitales, la importancia de éstas como medio de seguridad y una descripción a detalle de las fórmulas empleadas; el capítulo 4 describe los módulos del sistema realizado, su implementación tanto en software como en hardware; el capítulo 5 presenta los resultados obtenidos tanto en software y hardware así como una comparación entre ambos. También se describen las plataformas que se utilizaron para su implementación; el capítulo 6 presenta las conclusiones y propuestas para trabajos futuros.



## Capítulo 2

### Antecedentes

A continuación se hará una explicación acerca de los FPGAs, sus características y ventajas al ser utilizados como coprocesadores. También da una introducción al tema de la potencia en los FPGAs.

### 2.1. Arquitectura de los FPGAs

Un FPGA es un circuito integrado a gran escala que puede ser programado una vez que ha sido manufacturado. Actualmente los FPGAs vienen en un gran número de tamaños y con diferentes configuraciones internas y externas. Están compuestos de pequeños bloques de lógica programable (Configurable Logic Blocks CLB)[31] que contienen registros y elementos de lógica configurable, y están interconectados por medio de una red de interconexiones programables como se muestra en la Figura 2.1.

Típicamente estos bloques lógicos están basados en tablas de consulta (LUTs)

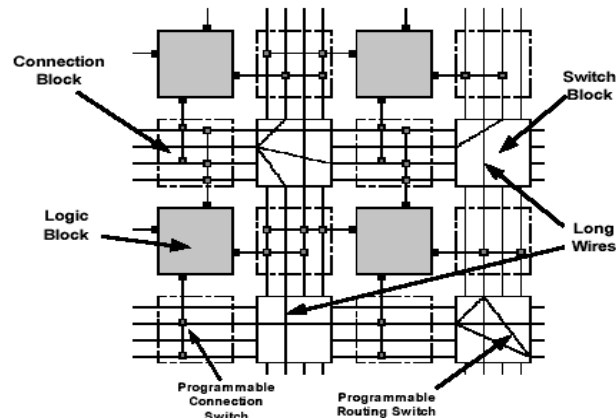


Figura 2.1: Bloques Lógicos en un FPGA [31].

de  $n$  entradas, registros y algunos multiplexores. De esta manera un CLB puede implementar cualquier función lógica de  $n$  entradas, donde  $n$  es por lo general menor a 5 [27]. En el ejemplo de la Figura 2.2  $n$  es igual a 4.

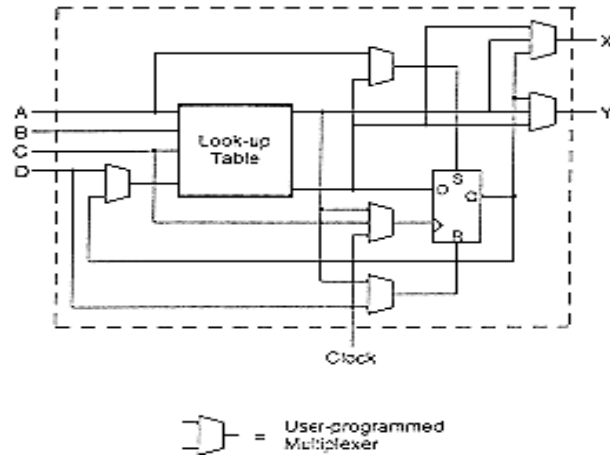


Figura 2.2: Estructura de un Bloque Lógico [27].

### 2.1.1. Características de los FPGAs

En los últimos años los FPGAs se han desarrollado de gran manera, cada compañía tiene varias familias y cada familia esta dirigida a una aplicación específica. Algunas familias se enfocan en el bajo consumo de potencia como lo es Eclipse II de QuickLogic, Cyclone II de Altera o Spartan-3L de Xilinx, otras familias se enfocan en la velocidad y la densidad como Stratix II de Altera o Virtex-4 de Xilinx que están contruidos con tecnología de 90nm, otras familias como ProASIC Plus de Actel, se basan en memoria Flash en lugar de SRAM lo que les da ventaja en dispositivos portátiles ya que anulan la corriente de arranque[28]. Las características más importantes se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Características de los FPGAs

Característica	Rango
Tecnología CMOS	90 - 160 nm
Velocidad de Reloj Máxima	100 - 300 Mhz
Voltaje de Alimentación	1.2 - 2.5 V
Número de I/O pins	200 - 1500
Memoria On-Chip(BRAM)	200Kbit - 10 Mbit
Número de Bloques Lógicos	10K - 200K

## 2.2. Ventajas del FPGA como coprocesador

Numerosos trabajos anteriores han demostrado las ventajas de utilizar un coprocesador en hardware para la implementación de funciones que consumen mucho tiempo. La principal ventaja del hardware sobre el software es la posibilidad de realizar varias



operaciones en paralelo mientras que el software opera de manera secuencial. Otra ventaja es que ambos, el procesador y el coprocesador, pueden trabajar en diferentes tareas al mismo tiempo.

Hasta hace pocos años estos coprocesadores se implementaban mediante ASICs, y debido a los altos costos para su diseño, no estaban al alcance de la mayoría de las aplicaciones[30]. Sin embargo, con el crecimiento que durante estos últimos años han tenido los dispositivos de lógica programable, como lo es su bajo costo, su flexibilidad para diseño y su gran densidad de elementos lógicos, se han convertido en una opción viable para el coprocesamiento al alcance de cualquier persona.

Cada vez son más las aplicaciones en las que se utilizan los FPGAs como coprocesadores. En la mayoría para acelerar parte del sistema, como por ejemplo en algoritmos de búsqueda de patrones[2][15][36][44], en el procesamiento de imágenes[11][25][34], aplicaciones de métodos numéricos[27][13] y en general, cualquier función que demande un alto nivel de cómputo.

La máxima aceleración que se le puede hacer a un sistema esta definida por la ley de Amdahl's que se formula de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{(1 - \alpha) + \frac{\alpha}{s}} \quad (2.1)$$

Donde  $\alpha$  es la fracción de tiempo de la porción del algoritmo original que se esta implementando en hardware en lugar de software,  $s$  es el aceleramiento obtenido en la porción seleccionada del algoritmo (tiempo de ejecución de la porción del algoritmo implementado en software dividido entre el tiempo de ejecución en hardware), y  $T$  es el aceleramiento global obtenido. Esto nos indica que entre mayor sea la fracción de tiempo de la función a implementar, mayor será el aceleramiento máximo posible[10]. Es por esto que el perfil de rendimiento (profiling), que nos da el tiempo de ejecución de cada una de las funciones, es necesario para decidir que funciones pasar a hardware.

Aparte del aceleramiento del sistema, últimamente los FPGAs también se están utilizando para la disminución del consumo de potencia en el sistema[34][35]. Sobre todo en los dispositivos portátiles y los dispositivos móviles, donde al trabajar con baterías se requiere del mínimo de consumo posible.

## 2.3. Consumo de Potencia en el FPGA

La mayoría de los FPGA actuales están contruidos en base a celdas CMOS-SRAM, es por esto que su potencia esta directamente relacionada con los transistores CMOS. La potencia total del FPGA se puede separar en tres partes: Potencia de arranque, potencia estática y potencia dinámica [28].

### 2.3.1. Potencia de Arranque

La potencia de arranque en los FPGAs es consumida al encender el FPGA. Debido a que su memoria es SRAM, una vez que se prende, se tienen que descargar los datos y la configuración hacia el FPGA. Esto provoca dos situaciones de consumo de potencia, la primera es que al encender el FPGA, mientras el voltaje de alimentación llega al voltaje correcto, los estados desconocidos de la memoria SRAM provocan picos de corriente altos; la segunda situación se presenta al descargarse la configuración, lo que provoca que haya actividad y comunicación entre el FPGA y la memoria. Compañías como Actel y QuickLogic han lanzado al mercado FPGAs basados en memoria Flash para reducir el consumo de potencia de arranque.

### 2.3.2. Potencia Estática

La potencia estática, es la potencia que consume el FPGA aunque no este realizando ninguna actividad. Esta potencia es debido a la corriente de fuga. La potencia estática se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_{Est} = I_{leak} * V_{dd} \quad (2.2)$$

Donde  $V_{dd}$  es el voltaje de alimentación e  $I_{leak}$  es la corriente de fuga. La corriente de fuga es producida por dos fuentes, la corriente de fuga entre la fuente (source) y el drenador(drain) del transistor  $I_{sd}$  y la corriente de fuga entre la compuerta (gate) y el sustrato del transistor  $I_{gate}$  con lo que obtenemos  $I_{leak} = I_{sd} + I_{gate}$ [20][18]. La primer fuente de corriente de fuga se puede calcular con la siguiente fórmula[18]:

$$I_{sd} = K_1 W e^{V_{th}/nV_\theta} (1 - e^{-V/V_\theta}) \quad (2.3)$$

Donde  $K_1$  y  $n$  son constantes que se calculan de manera experimental,  $W$  es el ancho del gate,  $V_{th}$  es el voltaje umbral y  $V_\theta$  es el voltaje térmico.

La segunda fuente de corriente de fuga se puede calcular con la siguiente fórmula[18]:

$$I_{gate} = K_2 W \left( \frac{V}{T_{ox}} \right)^2 e^{-\alpha T_{ox}/V} \quad (2.4)$$

Donde  $K_2$  y  $W$  son constantes que se calculan de manera experimental,  $T_{ox}$  es el espesor de la capa de óxido del transistor.

De la ecuación 2.3 se puede observar que la temperatura tiene un rol muy importante en la corriente de fuga, ya que al aumentar la temperatura aumenta la corriente y al aumentar la corriente aumenta la temperatura lo que puede llevar a un incremento descontrolado como se puede ver en la Figura 2.3.

Otro factor que ha hecho que la potencia estática este siendo tomada en cuenta, es la disminución del tamaño en las tecnologías de fabricación de los transistores. Entre menor sea la separación entre las terminales menor es el voltaje umbral y se incrementa la corriente de fuga a tal grado que se estima que la potencia estática alcance y rebase en su magnitud a la potencia dinámica[18][19]. La Figura 2.4 muestra la estimación de la potencia dinámica y estática conforme disminuya la tecnología de fabricación.

Para los nuevos FPGAs con tecnología de 90nm, Xilinx tuvo que introducir una tercera capa de óxido en los transistores de ruteo y configuración[20]. Altera tuvo que cambiar de 4 a 7 entradas en sus LUTs, reducir la granularidad y la potencia de ruteo, así como utilizar diferentes características en sus transistores[28].

### 2.3.3. Potencia Dinámica

La potencia dinámica es la potencia que consume el FPGA debido a la carga y descarga de las capacitancias durante el cambio de estado de cada nodo. Ésta se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P_{Din} = AC_L V_{dd}^2 F \quad (2.5)$$

Donde  $A$  es la fracción de nodos que están activos,  $C_L$  es la capacitancia total de carga,  $V_{dd}$  es el voltaje de alimentación y  $F$  es la frecuencia de operación.

Además de esta componente de potencia, existe lo que se llama la potencia de corto circuito y esta ocurre en los inversores CMOS, Figura 2.5. Esta potencia es debida a que en cada transición hay un momento en el que los transistores N y P están prendidos al mismo tiempo.

La distribución de la energía dinámica se puede separar en tres sectores: interconexión, bloques lógicos y la distribución del reloj, según investigaciones anteriores esta distribución tiene valores de entre 55-70 % 10-20 % y 10-20 % respectivamente[32][38].

## 2.4. Métodos para Reducir la Potencia Estática

De las fórmulas 2.3 y 2.4 podemos observar que la potencia estática está relacionada con  $W$ ,  $V_{th}$ ,  $V_{\theta}$  y  $T_{ox}$ . Así pues para disminuir la potencia estática podemos bajar el voltaje de alimentación  $V$ , podemos aumentar el voltaje umbral  $V_{th}$ , mantener una temperatura constante baja o incrementar el espesor del óxido. Algunas de estas opciones no son aplicables, ya que afectan a otros parámetros, por ejemplo, el voltaje de alimentación no se puede llevar a 0 ya que se perderían los estados en los nodos, si aumentamos  $V_{th}$  perdemos velocidad y  $T_{ox}$  no se puede aumentar ya que éste degrada la efectividad del transistor.

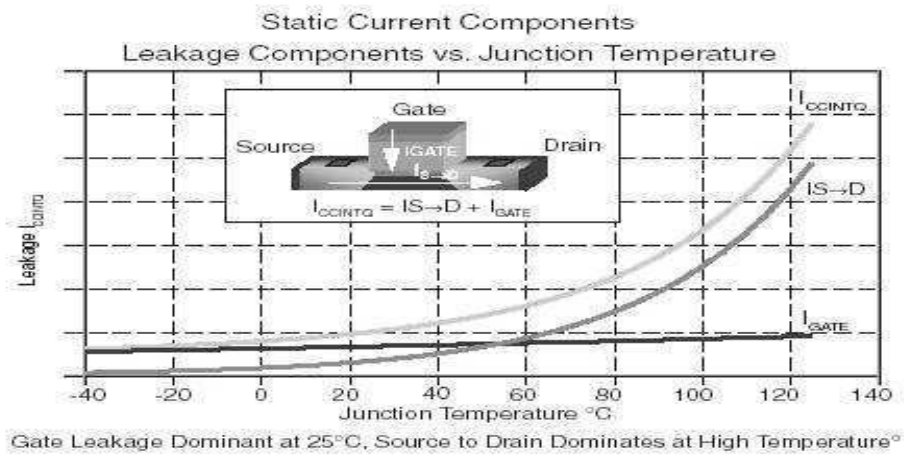


Figura 2.3: Potencia Estática en Función de la Temperatura [20]

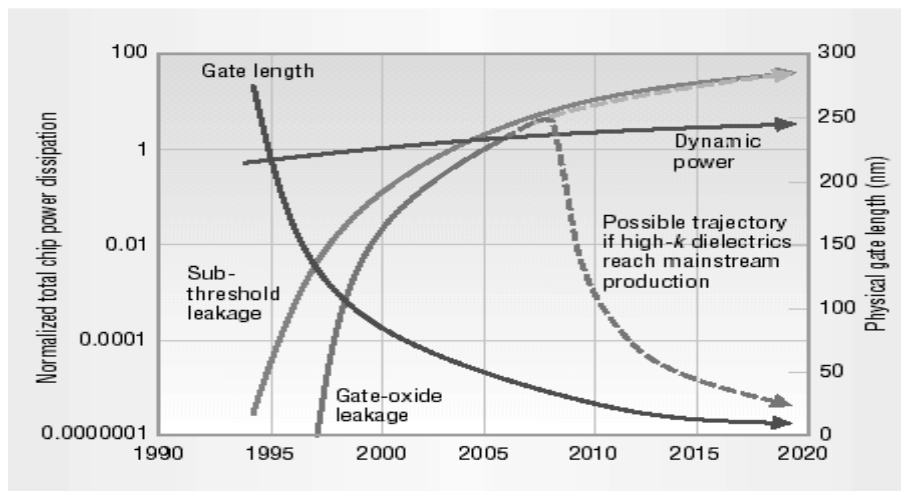


Figura 2.4: Potencia Estática y Dinámica en función de la tecnología [18]

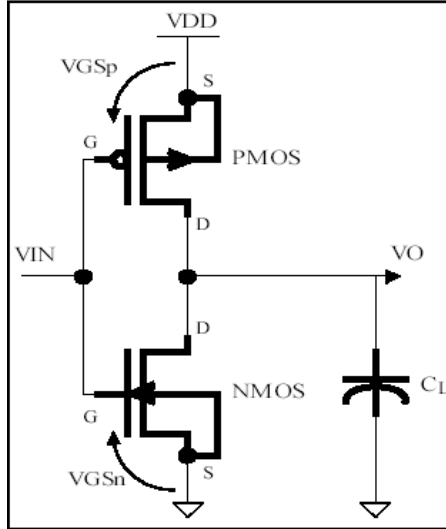


Figura 2.5: Inversor CMOS [12]

A continuación se mencionan algunas técnicas que han sido investigadas por diferentes autores para la disminución de la potencia estática.

#### 2.4.1. Flip-flops de Retención

En esta técnica lo que se trata de aprovechar, es la inactividad del dispositivo y de esta manera poder entrar en un estado de espera (snooze) en el cual se puedan apagar los cerrojos (latch) principales. Para lograr esto, se necesita copiar los estados de los cerrojos principales en latch con un alto  $V_{th}$  o flip-flops de retención[18], y como ya vimos, un alto  $V_{th}$  reduce la corriente de fuga y como no vamos a estar en actividad, no importa que la velocidad disminuya. Esta opción es viable siempre y cuando la energía necesaria para volver al estado de actividad sea menor que la energía ahorrada por estos flip-flops. Una desventaja de esta técnica es que ocupa una mayor área debido a los latch duplicados.

#### 2.4.2. Controlando la Corriente de Fuga en las Memorias

Esta técnica se aplica en memorias inactivas. La técnica utiliza dos fuentes de alimentación que van a ser multiplexadas dependiendo del estado en el que se encuentre el circuito. Existen dos variantes de esta técnica: la primera se llama gated- $V_{dd}$ [33] que consiste en apagar la memoria caché cuando tiene tiempo sin uso y disminuir en un factor de 1000 la corriente de fuga. La desventaja es la pérdida del estado de la memoria, que puede causar fallas en el funcionamiento del circuito por lo que se requiere de hardware adicional para recuperar el estado de la memoria. La segunda variante es Drowsy caches[19][18] y utiliza una fuente de voltaje lo más baja posible

pero manteniendo el estado de la memoria, con esta técnica se puede reducir la corriente de fuga en un factor de 10.

### 2.4.3. Múltiples Voltajes Umbral

Esta técnica saca provecho de aumentar el  $V_{th}$  en los transistores que no son críticos, además de mantener bajo el  $V_{th}$  en los transistores que se necesita velocidad y son críticos. Actualmente esta técnica se utiliza ampliamente pero recientemente Xilinx incremento a un tercer transistor con un  $V_{th}$  intermedio[37] obteniendo muy buenos resultados, esta técnica se puede explotar más e introducir un número mayor de diferentes  $V_{th}$ .

### 2.4.4. Longitud de la Compuerta

Como ya vimos la tecnología de fabricación tiene gran impacto en la potencia estática. Sabemos que al disminuirla aumentaremos la potencia estática, pero también logramos una mayor densidad de transistores y una velocidad mayor. Es por esto que en aplicaciones que no necesitan de áreas grandes ni de velocidades altas se puede recurrir a tecnologías anteriores.

## 2.5. Métodos para Reducir la Potencia Dinámica

Como se puede ver en la fórmula 2.5, los términos que aparecen en la fórmula son: el voltaje, la capacitancia total y la frecuencia de reloj. Con esto, los métodos lógicos para reducir la potencia dinámica serian, reducir la capacitancia total, reducir el voltaje de alimentación y reducir la frecuencia de operación. Otra variable indirecta que participa dentro de la constante A, es el tamaño del diseño y la cantidad de elementos que están activos durante determinado tiempo, es por eso que también las técnicas de diseño pueden colaborar a la reducción de la potencia dinámica.

### 2.5.1. Segmentación (Pipelining)

Esta técnica es ideal para los FPGAs ya que a diferencia de los ASIC, donde los recursos son los necesarios para un diseño específico, en los FPGAs, los recursos ya están predeterminados. Algunos de estos recursos como los flip-flops de entrada, multiplicadores, LUTs y otros componentes ya estan embebidos dentro del FPGA y su utilización nos saldría gratis en cuestión de potencia[40]. Lo que se busca con la segmentación es reducir el tiempo de ejecución y así, aunque utilicemos un poco más de recursos, el tiempo ahorrado nos disminuye la energía total consumida. En trabajos realizados aplicando esta técnica se logra reducir la potencia en más de un 30 % [29][40][34].

### **2.5.2. Habilitación del reloj (Clock Gating)**

Esta técnica lo que hace es deshabilitar el reloj en los dispositivos que no estén siendo utilizados en ese momento. Con esto se logra una frecuencia de reloj de 0 en esos dispositivos y su potencia dinámica es de 0.

### **2.5.3. Reducción del Voltaje**

Como se puede ver en la fórmula para la potencia dinámica 2.5, la potencia es proporcional al cuadrado del voltaje de alimentación, es por esto que esta técnica es muy atractiva. El problema es que al reducir el voltaje de alimentación a los transistores CMOS, estos trabajan a una menor frecuencia, con lo que se pierde rendimiento. Sin embargo con la reducción de tiempo que se logra al implementar la función en hardware, es posible reducir el voltaje sin perder rendimiento comparado con su aplicación en software.

### **2.5.4. Reducción de la Frecuencia**

Como la potencia dinámica esta relacionada directamente a la frecuencia de operación, al reducir la frecuencia se debe reducir la potencia. Sin embargo al reducir la frecuencia, el tiempo de ejecución aumenta y con esto aumenta la energía consumida. Lo que se hace para evitar esto es reducir la frecuencia en ciertos componentes del diseño que pueden operar a menores frecuencias y con esto no se ve afectado el rendimiento.

### **2.5.5. Reducción de la Capacitancia**

De la formula 2.5 también se puede ver que al reducir la capacitancia se reduce la potencia consumida. Para lograr esto se debe saber que la capacitancia total esta conformada principalmente de tres componentes: a) la capacitancia de entrada de las compuertas de salida, b) capacitancias asociadas a la interconexión, cables y switches y c) las capacitancias parásitas en los transistores CMOS[38]. De estas tres componentes la que se puede reducir es la debida a la interconexión. Una mayor distancia entre los componentes y una mayor cantidad de switches, producen una mayor capacitancia. Si hacemos un mapeo y ruteo apropiados, se pueden reducir los valores de  $C_L$ .

### **2.5.6. Técnicas de Diseño**

A la hora de implementar una función en hardware, se pueden seguir varios caminos y todos realizar correctamente la misma función, pero no todos consumirán la misma potencia. En general el diseño que logre realizar la función con menos recursos es la que consume menos potencia. El conocimiento del FPGA que estemos utilizando

es esencial en esta parte, ya que la utilización de bloques como sumadores y multiplicadores que ya están diseñados dentro del FPGA, ayudan a reducir el tamaño del diseño. También la memoria distribuida y los bloques de BRAM con los que cuenta el FPGA nos ayudan a realizar un mejor diseño. A continuación se mencionan dos técnicas.

#### **2.5.6.1. Configuración de Bajo Consumo de Energía (Energy-efficient bindings)**

Existen varias configuraciones que logran realizar la misma función. La selección de la configuración apropiada para el diseño en turno, puede tener un impacto positivo en la reducción de potencia. No se puede generalizar ya que la funcionalidad de cada diseño es diferente, es por esto que se tienen que realizar pruebas y mediciones para seleccionar la configuración adecuada.

#### **2.5.6.2. Mapeo de Máquinas de Estados a Memoria**

Otra técnica para reducir la potencia es el de implementar las máquinas de estados en memoria. Con esto se logra reducir el espacio ocupado por los flip-flops, el ruteo y el switcheo. Esto equivale a una reducción en la potencia. Debido a que los diseños en hardware están controlados en su mayoría por máquinas de estados, y estas pueden ser varias y de grandes tamaños, esta técnica logra buenos resultados.

## **2.6. Maneras de Estimar la Potencia Consumida por el FPGA**

Para lograr obtener resultados acerca de la potencia se necesita un modelo o una simulación del circuito para poder estimar su potencia consumida. Existen herramientas de simulación, herramientas del propio FPGA o el cálculo a través de fórmulas que incluyen probabilidad.

### **2.6.1. Simulación por Software**

Las técnicas del análisis de potencia por medio de simulación son muy dependientes de los vectores de entrada que se le den para hacer la simulación. Mientras la simulación se realice a un nivel más bajo del diseño, mejores serán los resultados, pero se requiere de mayores recursos computacionales. Una de las herramientas de simulación más populares es SPICE (Simulation Program with IC Emphasis) sin embargo este requiere de muchos recursos y no es viable para diseños grandes. Para lograr una



simulación más rápida se hace la simulación a nivel de compuertas. De esta manera la simulación se basa en eventos y se reducen los cálculos.

### 2.6.2. Herramientas CAD

Xilinx y Altera incluyen en sus herramientas, Xpower y Quartus, la posibilidad de estimar la potencia en base a los archivos de salida del sintetizador y del ruteo y mapeo. Ambos trabajan de manera similar una vez generados los archivos, el usuario introduce entradas en formas de onda y con esto la herramienta hace una simulación en base al siguiente diagrama de flujo:

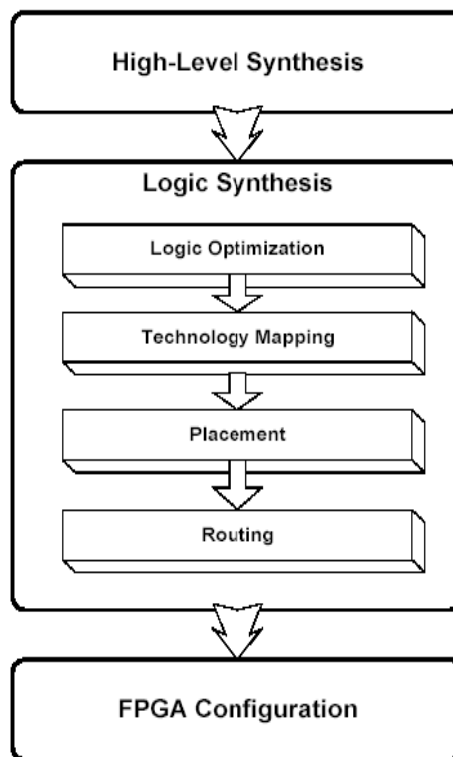


Figura 2.6: Diagrama de Flujo [32]

### 2.6.3. Técnicas de Probabilidad

Esta es la técnica más sencilla y de menor costo computacional, pero requiere de un mayor conocimiento de nuestro diseño. Un método de este tipo es el de probabilidad de la señal, y se basa en el promedio de los ciclos de reloj en que la señal permanece en alto. La probabilidad a la salida de cada compuerta depende de la función lógica y de la probabilidad de cada entrada. Otra técnica es la de probabilidad de transición que se basa en la probabilidad que tiene una señal en cambiar de nivel lógico en un ciclo

de reloj. Otra técnica más efectiva es la de densidad de transición que se basa en el promedio de las transiciones de cada señal en un periodo de tiempo  $T$ [32].

## **2.7. Trabajo Previo en Bajo Consumo de Potencia en FPGAs**

En los últimos años se ha incrementado la investigación sobre el consumo de potencia en los FPGAs y la manera de reducirla. La potencia estática que es dependiente de la tecnología de fabricación es de gran interés para los fabricantes. Cada uno de los fabricantes tiene un modelo de baja potencia y cada vez se obtienen mejores resultados en cuanto al bajo consumo de potencia, lo que nos indica que es un tema de amplia investigación dentro de los fabricantes. En el área de potencia dinámica en [34] aplican las técnicas de diseño, pipeline y prueban diferentes bindings, estas técnicas las aplican en la aplicación de una FFT y obtienen reducciones de más del 50 % de energía disipada. En [38] se ve con detalle la técnica del mapeo de máquinas de estado en memoria, reducción de capacitancia y varias técnicas de diseño y todas enfocadas en la reducción de potencia. En [4] los autores aplican la técnica de reducción de frecuencia y de clock gating obteniendo reducciones de potencia en sus aplicaciones. En [22] se aplica la técnica de reducción de voltaje de alimentación, sin embargo este artículo proponía una fuente menor de 5V lo que actualmente se cumple en todas las aplicaciones.

## Capítulo 3

# El Algoritmo para el Mejoramiento de Imágenes de Huellas Digitales

### 3.1. Explicación e Importancia como Medio de Seguridad

La identificación o reconocimiento de individuos por medio de mediciones biométricas, ha recibido mucha atención recientemente como medio de identificación personal, en control de accesos, investigación criminal y en medios electrónicos como cuentas bancarias, artículos personales, Internet, etc.. Actualmente el medio más utilizado para esta identificación son las huellas digitales, que representan casi la mitad del mercado de identificación biométrica[9]. Una huella digital es un patrón de crestas y valles. A mediados del siglo XIX se estableció que cada individuo posee huellas digitales únicas y que además conserva la forma y los patrones de crestas y valles de su huella durante toda su vida. La unicidad de las huellas digitales está exclusivamente determinada por las características locales de las crestas y sus características entre ellas. A lo largo del tiempo ha sido posible identificar un total de 150 características diferentes[16], como pueden ser las islas, pequeñas crestas, crestas encerradas etc. La mayoría de éstas dependen, en demasía, de las condiciones de impresión y la calidad de la adquisición de las huellas digitales. Las dos características locales de cresta, también llamadas minucias, más ampliamente utilizadas son los finales de cresta y las bifurcaciones. Los finales de cresta se definen como el punto en donde una cresta termina abruptamente. Una bifurcación se define como el punto donde una cresta se divide o diverge en ramas. Una huella digital adquirida con buena calidad generalmente cuenta con más de 40 minucias.

La mayoría de los reconocedores automáticos de huellas digitales, dependen de la comparación de estas minucias y sus relaciones para hacer una identificación personal. Un paso crítico en la identificación de huellas digitales es la de automáticamente detectar y extraer las minucias de la imagen de entrada. El desempeño de los algoritmos

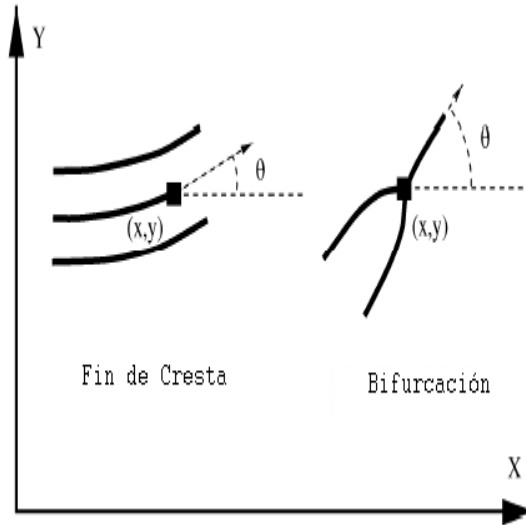


Figura 3.1: Tipos de minucias: Fin de cresta y Bifurcación [16]

de extracción recae significativamente en la calidad de la imagen de la huella digital original. En la imagen de una huella digital ideal, las crestas y valles se alternan y fluyen en una dirección localmente constante y las minucias son entonces anomalías en las crestas. En estas circunstancias las crestas pueden ser fácilmente detectadas y las minucias pueden ser localizadas con precisión. En situaciones prácticas reales, debido a las variaciones en las condiciones de impresión, configuración de crestas, condiciones de la piel, dispositivos de adquisición, y la actitud no cooperativa de los sujetos, etc., un porcentaje significativo de las imágenes adquiridas es de una pobre calidad. Las estructuras de las crestas de pobre calidad no están siempre bien definidas y por lo mismo no pueden ser correctamente detectadas. Lo anterior lleva a los siguientes problemas:

- a) Un número significativo de falsas minucias puede llegar a ser detectado,
- b) Un número considerable de minucias genuinas pueden ser ignoradas, y
- c) Se pueden introducir errores muy grandes en la posición y orientación de las minucias.

Estos problemas llevan a la necesidad de crear algoritmos y sistemas de mejoramiento de las imágenes de huellas digitales, con el fin de tener un sistema de identificación más robusto y eficiente. El objetivo de un algoritmo de mejoramiento es resaltar la claridad de las crestas y valles de las imágenes de huellas digitales, para facilitar la extracción de crestas y minucias[5]. Sin embargo, es de vital importancia cerciorarse que el algoritmo no cree falsas estructuras, ya que esto podría cambiar la unicidad de las huellas digitales.

Los algoritmos de mejoramiento pueden ser aplicados tanto a imágenes binarizadas (blanco y negro), como a imágenes en escala de grises. Los algoritmos basados en imágenes binarias presentan limitaciones inherentes a las características binarias de la

imagen; por lo cual, los algoritmos de mejora para imágenes en escala de grises, suelen ser los más aceptados y populares.

### 3.2. Técnicas para el Filtrado de Imágenes de Huellas Digitales

En el reconocimiento de huellas digitales se pasa por varias etapas que dependen del método para la identificación que como ya vimos en su mayoría es basada en las minucias, pero también existen métodos en los que se compara la imagen completa y se discrimina a través de la correlación o funciones similares[9], otra variante es a través de la extracción de características de la huella diferentes a las minucias como son la orientación y la frecuencia[8][24]. Para todos estos métodos una de las etapas principales es el mejoramiento de la imagen de entrada ya que esto tiene un gran impacto en la veracidad de los resultados arrojados por el identificador. Esta etapa de mejoramiento se realiza a través de filtros. La imagen de entrada a los filtros puede ser binaria o en escala de grises. La imagen binaria nos da la ventaja del fácil y rápido procesamiento, pero se pierde información importante que, aun y con el filtrado, es imposible de recuperar. La imagen en escala de grises nos da la ventaja de poder recuperar gran parte de la imagen, pero su costo computacional es considerablemente mayor que el costo de utilizar imágenes binarias.

Las huellas digitales presentan dos características generales que nos permiten discriminar el ruido de la imagen deseada. Estas dos características son: la separación entre crestas y valles (frecuencia) y el ángulo que forman las crestas y valles con respecto a la horizontal (orientación). Con esto se puede diseñar un algoritmo, como el que se muestra en la Figura 3.2, en el que se tomen en cuenta estas dos características y se haga el mejoramiento de la imagen.

Las configuraciones paralelas, que se presentan en crestas y valles con frecuencia y orientación bien definidas, proveen información que ayuda a remover ruido indeseado. La onda de forma senoidal de las crestas y valles, cambia muy poco en zonas de orientación constante. Así pues, aplicar un filtro pasa bandas que esté sintonizado a la frecuencia y orientación apropiada elimina el ruido no deseado y conserva las estructuras correctas para crestas y valles. Los filtros Gabor tienen propiedades o características selectivas tanto para frecuencia como para orientación. Es por esto que los filtros de Gabor son los más utilizados, además de ser la base para la mayoría de las variantes utilizadas en cuanto a filtros[14].

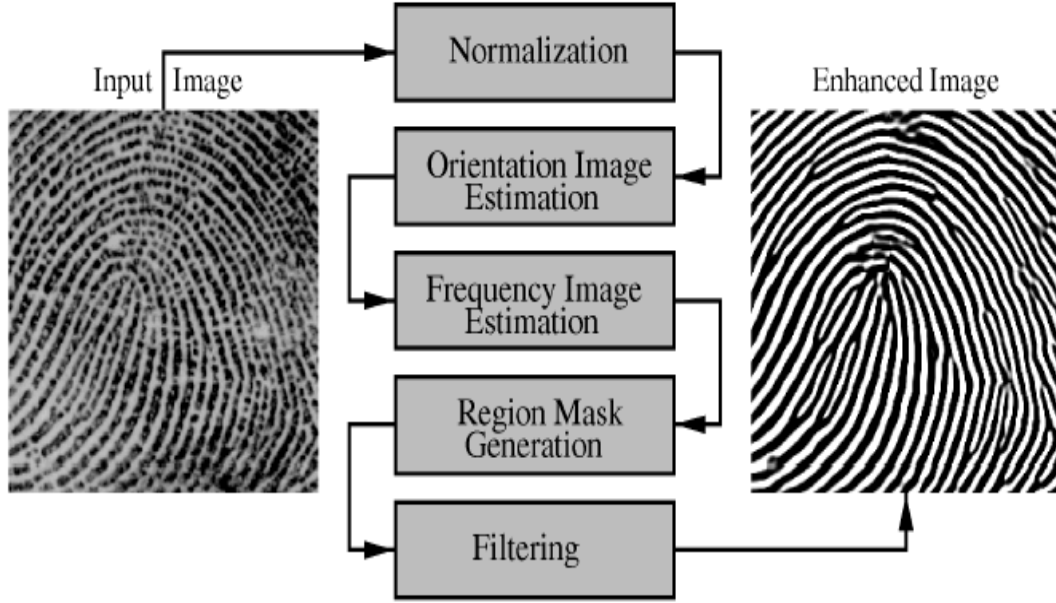


Figura 3.2: Algoritmo para el Mejoramiento de Huellas Digitales [16]

### 3.2.1. Filtros de Gabor

Como se acaba de mencionar los filtros de Gabor se caracterizan por aprovechar ambas características de la huella digital, la orientación y la frecuencia. La forma general del filtro de Gabor se ilustra en las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3.

$$h(x, y : \phi, f) = \exp^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_\phi^2}{\delta_x^2} + \frac{y_\phi^2}{\delta_y^2} \right)} \cos 2\pi f x_\phi \quad (3.1)$$

$$x_\phi = x \cos \phi + y \sin \phi \quad (3.2)$$

$$y_\phi = -x \sin \phi + y \cos \phi \quad (3.3)$$

Donde  $\phi$  es la orientación del filtro de Gabor,  $f$  es la frecuencia,  $\delta_x$  y  $\delta_y$  son las constantes espaciales de la envoltura gaussiana en las direcciones de los ejes 'x'y 'y', respectivamente. La función de transferencia de modulación (MTF) del filtro Gabor puede ser representada como:

$$H(u, v : \phi, f) = 2\pi\delta_x\delta_y \exp^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(u_\phi - u_0)^2}{\delta_u^2} + \frac{(v_\phi - v_0)^2}{\delta_v^2} \right)} + 2\pi\delta_x\delta_y \exp^{-\frac{1}{2} \left( \frac{(u_\phi + u_0)^2}{\delta_u^2} + \frac{(v_\phi + v_0)^2}{\delta_v^2} \right)} \quad (3.4)$$

$$u_\phi = u \cos \phi + v \sin \phi \quad (3.5)$$

$$v_\phi = -u \sin \phi + v \cos \phi \quad (3.6)$$

$$u_0 = \frac{2\pi \cos \phi}{f} \quad (3.7)$$

$$v_0 = \frac{2\pi \sin \phi}{f} \quad (3.8)$$

Donde  $\delta_u = \frac{1}{2\pi\delta_x}$  y  $\delta_v = \frac{1}{2\pi\delta_y}$ . La Figura 3.3 muestra un filtro Gabor con 20° de orientación. Para aplicar filtros de tipo Gabor a una imagen, deben ser especificados

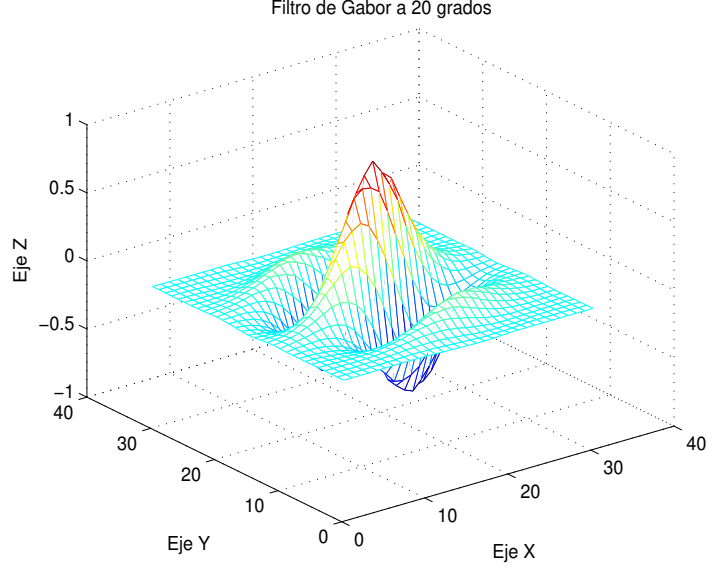


Figura 3.3: Filtro Gabor con orientación de 20 grados

tres parámetros:

- 1) La frecuencia del plano sinusoidal,  $f$ .
- 2) La orientación del filtro,
- 3) Las desviaciones estándar de las envolturas gaussianas,  $\delta_x$  y  $\delta_y$ .

La característica de frecuencia del filtro,  $f$  resulta totalmente determinada por la frecuencia local de cresta, y la orientación está determinada por la orientación de la cresta. La selección de  $\delta_x$  y  $\delta_y$  involucra un compromiso. Mientras más grandes sean los valores, más robusto es el filtro contra el ruido pero también se vuelve más factible que el filtro cree falsas crestas o valles. Por otro lado, mientras más pequeños sean dichos valores es menos probable que los filtros creen crestas y valles falsos, pero serán menos agresivos al intentar eliminar el ruido. Una vez explicados los filtros de Gabor podemos pasar al algoritmo definido en la Figura 3.2 donde el filtro de Gabor es solamente una parte del proceso.

### 3.2.2. Explicación del Método

Empecemos por definir una imagen. Una imagen es un arreglo matricial de píxeles, donde cada uno de ellos tiene asignado un nivel de gris entre 0 y un valor máximo definido por la escala de grises. Un pixel con un valor de cero corresponde al

color negro, mientras que el valor máximo corresponde al blanco.

Si tenemos una imagen  $I$  de una huella digital de tamaño  $M \cdot N$ , entonces los píxeles de la imagen estarán en el rango expresado por la ecuación (3.9).

$$I(x, y) = \begin{cases} x \in [1, M] \\ y \in [1, N] \end{cases} \quad (3.9)$$

Si cada pixel es expresado en una escala de niveles de gris ( $E$ ), entonces cada pixel  $I(x, y)$  podrá tener un valor entero en el rango:

$$I(x, y) \in [0, E - 1] \quad (3.10)$$

Podemos ahora definir la media y varianza de una imagen definidas por:

$$M(I) = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x, y) \quad (3.11)$$

y

$$VAR(I) = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x, y)^2 - M(I)^2 \quad (3.12)$$

Pasemos ahora si al algoritmo propuesto en [16], sus bloques principales son los siguientes:

- 1) Normalización: La imagen de entrada es normalizada para que tenga una media y varianza predefinida.
- 2) Estimación Local de la Orientación: La imagen normalizada es procesada para determinar el ángulo de orientación de las crestas.
- 3) Estimación Local de la Frecuencia: La imagen normalizada es procesada para determinar la frecuencia entre crestas y valles.
- 4) Estimación de la Máscara: Se procesa la imagen normalizada y se determina qué regiones de la imagen contienen datos recuperables o no recuperables.
- 5) Filtrado: Finalmente se aplica el filtro de Gabor a la imagen normalizada, en base a la orientación y frecuencia de la misma.



### 3.2.2.1. Normalización

Una imagen en niveles de gris  $I(x, y)$  que tiene una media  $M$  y varianza  $VAR$ , se puede normalizar y obtener una imagen  $G(x, y)$  que tenga una media y varianza deseadas,  $M_0$  y  $VAR_0$ , respectivamente. Dicha normalización puede ser calculada de la forma presentada en la ecuación (3.13).

$$G(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0[(I(x, y) - M)^2]}{VAR}} & \text{si } I(x, y) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0[(I(x, y) - M)^2]}{VAR}} & \text{si no} \end{cases} \quad (3.13)$$

La operación de normalización no clarifica las estructuras cresta-valle, sino que reduce las variaciones en los valores de nivel de gris a lo largo de crestas y valles, lo que facilita los pasos de procesamiento posteriores. En la implementación se escogió una media de 0 y una varianza de 1, con esto se logra eliminar parte de la raíz cuadrada y la operación de suma o resta.

### 3.2.2.2. Imagen de Orientación

La imagen de orientación  $O$ , se define como una imagen del mismo tamaño que la imagen original ( $M \cdot N$ ), donde  $O(x, y)$  representa la orientación local de cada surco en un determinado píxel  $(x, y)$ . En realidad tiene mayor sentido tratar con orientaciones en bloques o zonas en lugar de píxeles, debido que las crestas de la huella digital son mejor representados por bloques de tamaño mayor a un píxel. La siguiente estimación está basada en mínimos cuadrados y los pasos para su obtención son los siguientes:

- Dividir la imagen normalizada  $G(x, y)$  en bloques de tamaño  $w \times w$ .
- Calcular los gradientes  $\partial_x(x, y)$  y  $\partial_y(x, y)$  en cada píxel. El gradiente de una imagen esta definido por la ecuación 3.14.

$$\nabla I = \sqrt{\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}^2 + \frac{\partial I(x, y)}{\partial y}^2} \quad (3.14)$$

- Estimar la orientación local de cada bloque centrado en el píxel  $(i, j)$  usando las siguientes ecuaciones:

$$V_x(x, y) = \sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} 2\partial_x(i, j)\partial_y(i, j) \quad (3.15)$$

$$V_y(x, y) = \sum_{i=x-w/2}^{x+w/2} \sum_{j=y-w/2}^{y+w/2} [(\partial_x(i, j))^2 - (\partial_y(i, j))^2] \quad (3.16)$$

$$\theta(x, y) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{V_x(x, y)}{V_y(x, y)} \right) \quad (3.17)$$

Donde  $\theta(x, y)$  es el mínimo cuadrado estimado de la orientación local de cada bloque centrado en el píxel  $(x, y)$ .

- Debido a la presencia de ruido y estructuras cresta-valle alteradas en la imagen de entrada, la orientación local estimada de crestas ( $\theta(x, y)$ ) no es siempre correcta. Debido a que la orientación local varía lentamente en zonas sin puntos singulares, se puede utilizar un filtro paso-bajas para modificar las orientaciones locales incorrectas. Para desarrollar el filtraje paso-bajas, la imagen de orientación necesita ser convertida a campos de vector continuo, definidos como:

$$\Phi_x(x, y) = \cos[2\theta(x, y)] \quad (3.18)$$

$$\Phi_y(x, y) = \sin[2\theta(x, y)] \quad (3.19)$$

Donde  $\Phi_x$  y  $\Phi_y$  son los componentes en x e y del campo del vector, respectivamente.

- Aplicar un filtro gaussiano paso-bajas a cada uno de los componentes descritos en el punto anterior.

$$\Phi'_x(x, y) = \sum_{i=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{j=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} W(i, j) \Phi_x(x - iw, y - jw) \quad (3.20)$$

$$\Phi'_y(x, y) = \sum_{i=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{j=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} W(i, j) \Phi_y(x - iw, y - jw) \quad (3.21)$$

donde  $W$  es un filtro paso-bajas bidimensional, y  $w_\Phi \cdot w_\Phi$  denota el tamaño del filtro.

- Calcular la orientación local de las crestas en cada píxel  $(x, y)$  usando

$$O(x, y) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{\Phi'_y(x, y)}{\Phi'_x(x, y)} \right) \quad (3.22)$$

En el cuarto paso se menciona el campo de vector continuo para poder aplicar el filtro paso-bajas, en la implementación en lugar de calcularlo por bloques se hizo píxel a píxel por lo que se pueden reescribir las ecuaciones (3.15) y (3.16), en las formas (3.23) y (3.24), respectivamente[21].

$$V_x(x, y) = 2\partial_x(x, y)\partial_y(x, y) \quad (3.23)$$

$$V_y(x, y) = \partial_x^2(x, y) - \partial_y^2(x, y) \quad (3.24)$$

El estimado de la orientación local  $\theta(x, y)$  permanece igual a la expresión 3.17. Las expresiones para  $\Phi_x$  y  $\Phi_y$  también permanecen iguales, pero pueden escribirse como funciones de  $V_x$  y  $V_y$ . Sin embargo, resulta conveniente hacer algunas definiciones para facilitar la presentación de  $\Phi_x$  y  $\Phi_y$ . Redefiniendo los productos del gradiente que aparecen en las ecuaciones 3.15 y 3.16, establecemos las siguientes igualdades:

$$G_{xx} = (\partial_x)^2 \quad (3.25)$$

$$G_{xy} = 2\partial_x\partial_y \quad (3.26)$$

$$G_{yy} = (\partial_y)^2 \quad (3.27)$$

$\Phi_x$  y  $\Phi_y$  se calculan usando las expresiones 3.25, 3.26 y 3.27, sustituyéndolas en las ecuaciones 3.23, 3.24 y 3.17.

$$\begin{aligned} \Phi_x &= \cos[2\theta(x, y)] \\ &= \frac{V_y}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}} \\ &= \frac{G_x^2 - G_y^2}{\sqrt{(2G_xG_y)^2 + (G_x^2 - G_y^2)^2}} \\ &= \frac{G_{xx} - G_{yy}}{\sqrt{G_{xy}^2 + (G_{xx} - G_{yy})^2}} \end{aligned} \quad (3.28)$$

$$\begin{aligned} \Phi_y &= \sin[2\theta(x, y)] \\ &= \frac{V_x}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2G_x G_y}{\sqrt{(2G_x G_y)^2 + (G_x^2 - G_y^2)^2}} \\
&= \frac{G_{xy}}{\sqrt{G_{xy}^2 + (G_{xx} - G_{yy})^2}}
\end{aligned} \tag{3.29}$$

### 3.2.2.3. Imagen de Frecuencia

En una vecindad local, en donde no aparecen minucias ni puntos singulares, los niveles de gris a lo largo de las crestas y valles pueden ser modelados como una onda de forma senoidal que va en una dirección normal a la de la orientación de las crestas. La frecuencia local de las crestas es otra propiedad intrínseca de las huellas digitales. Sea  $G$  la imagen normalizada y  $O$  sea la imagen de orientación, los pasos que conforman el algoritmo propuesto por [16], para la estimación de la frecuencia local de las crestas es como sigue:

- Se divide  $G$  (imagen normalizada) en bloques de tamaño  $W \times W$  (16x16).

Para cada uno de esos bloques centrados en el píxel  $(x,y)$ , se calcula la ventana orientada de tamaño  $l \times W$  (32x16), que se define en el sistema coordenado de crestas.

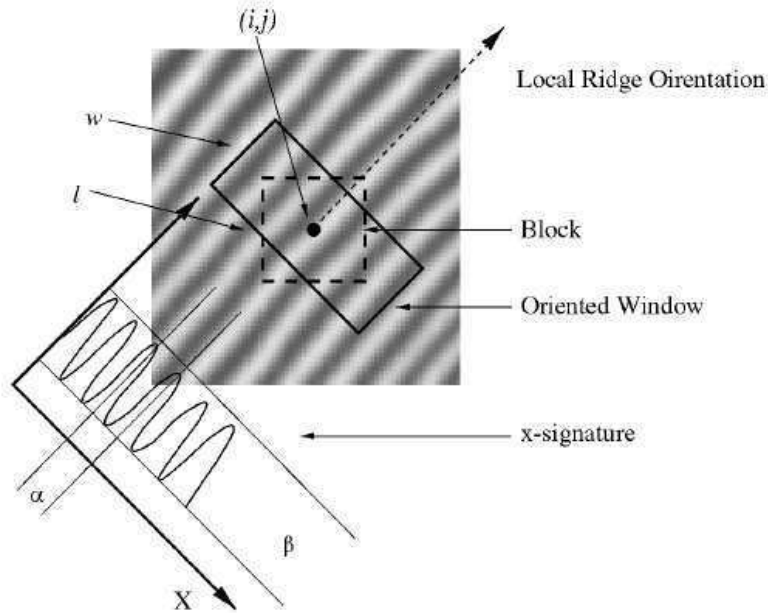


Figura 3.4: Ventana de Orientación [16]

Para cada bloque centrado en el píxel (x,y), se calculan las rúbricas  $X[0], X[1], \dots, X[l-1]$ , de las crestas y valles dentro de la ventana de orientación, en donde

$$\begin{aligned} X[k] &= \frac{1}{w} \sum_{d=0}^{w-1} G(u, v), k = 0, 1, \dots, l-1 \\ u &= x + \left(d - \frac{w}{2}\right) \cos O(x, y) + \left(k - \frac{l}{2}\right) \sin O(x, y) \\ v &= y + \left(d - \frac{w}{2}\right) \sin O(x, y) + \left(\frac{l}{2} - k\right) \cos O(x, y) \end{aligned}$$

- Si en la ventana orientada W no aparecen minucias o puntos particulares entonces las rúbricas X forman una onda de forma senoidal discreta, la cual tiene la misma frecuencia que aquella que tienen las crestas y valles en la ventana orientada. De esta forma, la frecuencia de las crestas y valles puede ser estimada con la ayuda de las rúbricas X. Si dejamos que  $T(x,y)$  sea el número promedio de píxeles entre dos picos (máximos) en las rúbricas X, entonces la frecuencia  $\Omega(x, y)$  se calcula como  $\Omega(x, y) = 1/T(x, y)$ . Si no fuera posible detectar picos consecutivos desde las rúbricas X, entonces a la frecuencia se le asigna un valor de -1 para diferenciarlo de los valores válidos de frecuencia.
- Para la imagen de la huella digital escaneada de una resolución fija, el valor de la frecuencia de las crestas y valles en una vecindad local cae en un cierto rango. Para imágenes estándar de acuerdo al FBI (500 dpi "puntos por pulgada"), éste rango es  $\frac{1}{3}, \frac{1}{25}$ . Por consiguiente, si el valor estimado de frecuencia no se encuentra en este rango, entonces a la frecuencia se le asigna un valor de -1 para indicar que no se pudo obtener un valor adecuado.
- Los bloques en los cuales aparecen las minucias y/o las crestas y valles están corrompidos son bloques que no forman una onda de forma senoidal bien definida. Los valores de frecuencia para estos bloques necesitan ser interpolados de la frecuencia de los bloques vecinos que sí constituyeron una onda senoidal bien definida. La interpolación se realiza de la siguiente manera:

(1) Para cada bloque centrado en (x,y),

$$\Omega'(x, y) = \begin{cases} \Omega(x, y) & \text{si } \Omega(x, y) \neq -1 \\ \frac{\sum_{u=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} \sum_{v=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} W_g(u, v) \mu(\Omega(x-uw, y-vw))}{\sum_{u=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} \sum_{v=-\frac{w}{2}}^{\frac{w}{2}} W_g(u, v) \delta(\Omega(x-uw, y-vw)+1)} & \text{otro valor} \end{cases}$$

Donde

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ x & \text{otro valor} \end{cases} \quad (3.30)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 0 \\ 1 & \text{otro valor} \end{cases} \quad (3.31)$$

$W_g$  es un kernel Gaussiano discreto con media y varianza de cero y nueve, respectivamente, y el tamaño del kernel es  $w_\Omega = 7$ .

(2) Si existge al menos un bloque con el valor de frecuencia -1, entonces se intercambian  $\Omega$  y  $\Omega'$ , y se regresa al paso anterior (1).

- Las distancias entre crestas cambian lentamente dentro de una pequeña vecindad. Un filtro pasa bajas puede ser usado para eliminar cierto ruido en  $f'$ :

$$F(x, y) = \sum_{u=-\frac{w_\Omega}{2}}^{\frac{w_l}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Omega}{2}}^{\frac{w_l}{2}} W_l(u, v) \mu(\Omega'(x - uw, y - vw)) \quad (3.32)$$

Donde  $W_l$  es un filtro pasa bajas de dos dimensiones con integral unitaria.

### 3.3. Filtrado Espacial

El filtrado con banco de filtros no conviene realizarse en el dominio de la frecuencia por lo que se tienen que implementar en el dominio espacial. El filtrado involucra a la imagen original y al filtro. El filtro, también llamado máscara, kernel o ventana, es una subimagen de tamaño  $m \times n$  generalmente mucho más pequeño que el tamaño de la imagen a filtrar. Los valores del filtro se denominan coeficientes, mientras que los valores de la imagen se denominan píxeles.

Se tiene una imagen de tamaño  $M \times N$  y un filtro de tamaño  $m \times n$  para realizar el filtrado, este filtro se desplaza punto por punto a través de toda la imagen y en cada punto  $(x, y)$  la respuesta a esa máscara esta dada por la suma del producto de los coeficientes del filtro y los píxeles de la imagen correspondientes al área donde se aplicó el filtro. Para el caso de la Figura 3.5 la respuesta  $R$ , en un punto  $(x, y)$  es la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} R = & \omega(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + \omega(-1, 0)f(x - 1, y) + \omega(-1, 1)f(x - 1, y + 1) + \\ & + \omega(0, -1)f(x, y - 1) + \omega(0, 0)f(x, y) + \omega(0, 1)f(x, y + 1) + \\ & + \omega(1, -1)f(x + 1, y - 1) + \omega(1, 0)f(x + 1, y) + \omega(1, 1)f(x + 1, y + 1) \end{aligned} \quad (3.33)$$

Se puede notar que el coeficiente  $\omega(0, 0)$  coincide con el valor de la imagen  $f(x, y)$ , lo que nos indica que el filtro está centrado en  $(x, y)$ .

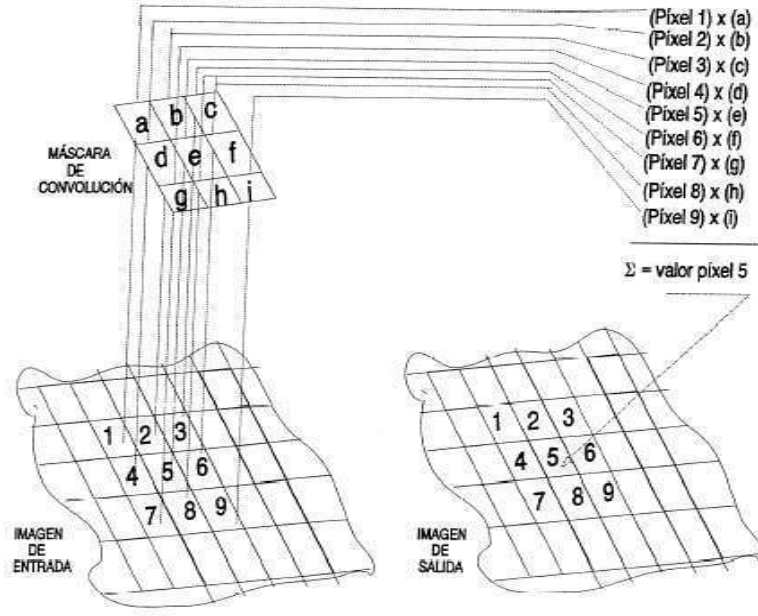


Figura 3.5: Aplicación de un filtro a una imagen

De manera general se puede expresar el filtrado de una imagen de  $M \times N$  por un filtro de  $m \times n$  por la siguiente expresión:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b \omega(s, t) f(x + s, y + t) \quad (3.34)$$

donde  $a = (m - 1)/2$  y  $b = (n - 1)/2$ . Para filtrar toda la imagen esta ecuación debe aplicarse para  $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$  y  $y = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ .

Cuando el filtro se acerca a un borde de la imagen, llega un momento en el que parte del filtro queda fuera de la imagen. Lo que se puede hacer en estos casos es limitar los valores de  $x$  y  $y$ , como se muestra en 3.35 y 3.36, o bien se puede considerar que los valores fuera de la imagen son 0 o algún valor determinado y realizar las multiplicaciones con estos valores, el caso en el que son 0 es equivalente a realizar las operaciones solamente de los elementos que se encuentran dentro de la imagen ya que no es necesario realizar la multiplicación por 0, este caso es el que se realizó a la hora de la implementación.

$$(m - 1)/2 \leq x \leq M - (m - 1)/2 \quad (3.35)$$

$$(n - 1)/2 \leq y \leq N - (n - 1)/2 \quad (3.36)$$





## Capítulo 4

### Diseño del Filtro de Gabor

Se observó que el filtrado de Gabor, la obtención de la imagen de orientación y la aplicación de los demás filtros, son muy similares en las operaciones que realizan. El costo extra de realizar solamente el filtrado de Gabor en hardware o realizar todo el sistema de mejoramiento en hardware es muy poco ya que las funciones utilizan los mismos recursos. La ventaja de poner todo el sistema en hardware es que el ahorro de tiempo perdido en la interfaz software-hardware. De esta manera tenemos un algoritmo en software 100 % y un algoritmo en hardware 100 %, con el objetivo de comparar el rendimiento de ambos.

#### 4.1. Algoritmo Implementado

El algoritmo que se implemento tanto en software como en hardware es el descrito en el capítulo anterior. Se normaliza la imagen, se calcula su imagen de orientación y se aplica el filtro. El método supone que la imagen no contiene minucias y se puede obtener una frecuencia muy real, pero en los bloques donde existen las minucias el método ya no es tan preciso. Debido a esto se optó por no implementar el cálculo de la imagen de frecuencias. En [23] y en [21] se propone utilizar una frecuencia constante para toda la imagen, en [5] se propone un método diferente para el cálculo de la frecuencia. Se hicieron pruebas en Matlab con varias imágenes de huellas y se determinó utilizar una frecuencia de .1 constante para todas las imágenes. Los demás módulos permanecieron intactos y con esto nuestro sistema se puede representar por medio del diagrama a bloques de la Figura 4.1.

#### 4.2. Módulo de Software

El módulo en software está codificado en C y utiliza una función por módulo, la primer función es la de normalizar. Aquí se calcula la media y varianza de la imagen, para luego normalizar la imagen mediante la fórmula 3.13. La segunda función calcula los gradientes en  $x$  y  $y$  aplicando los filtros  $F_x$  y  $F_y$ . La tercer función suaviza los

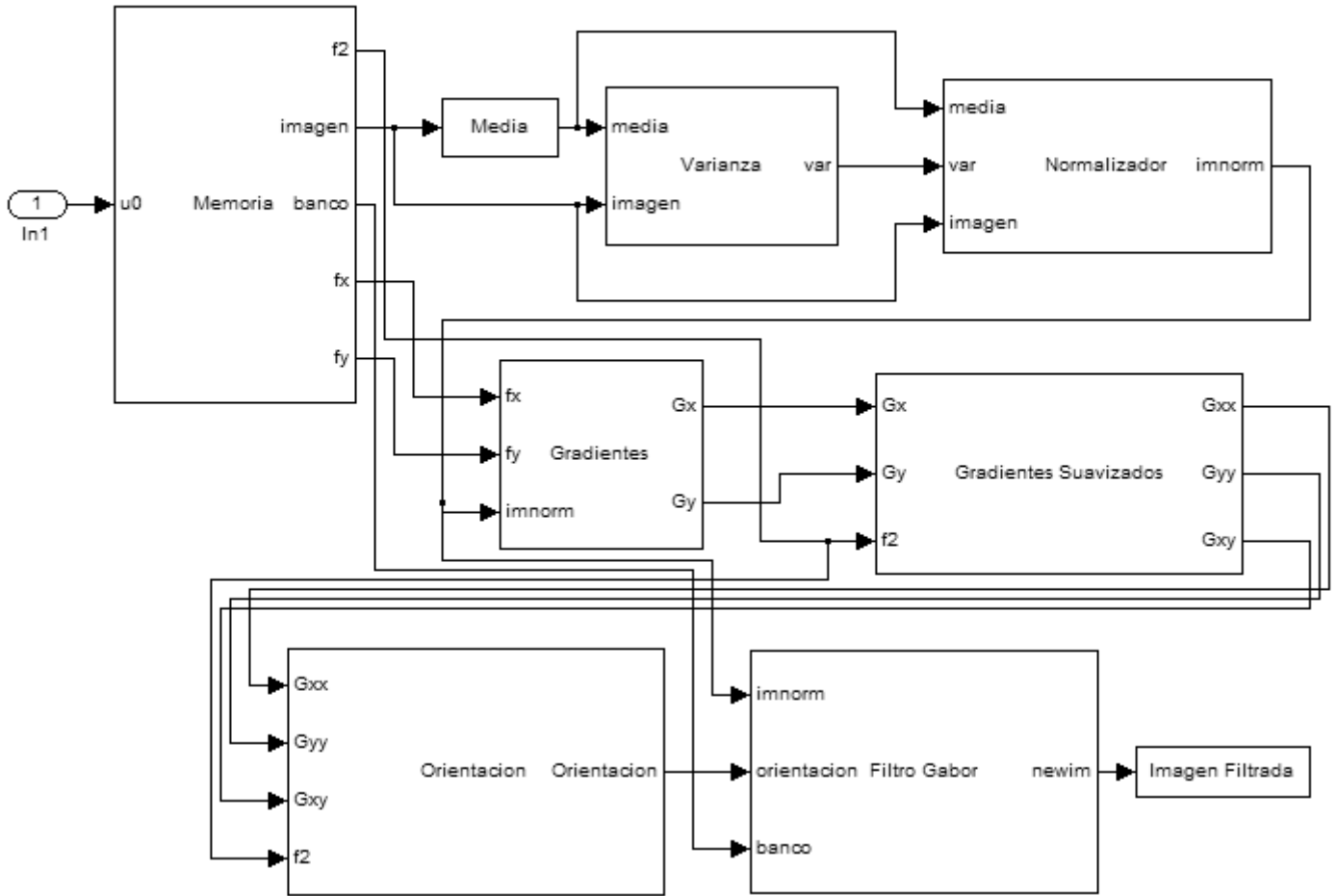


Figura 4.1: Diagrama a Bloques del Sistema

gradientes calculados para luego pasar a la cuarta función que calcula la orientación de la imagen según la fórmula 3.22. Por último se realiza el filtrado de Gabor y se genera la imagen ya filtrada.

### 4.3. Módulo de Hardware

El módulo en hardware es más complejo debido a que no se utiliza un lenguaje de alto nivel como C, sus componentes principales son los siguientes bloques:

1. Máquina de Estados Principal
2. Máquina de Estados de Filtrado
3. Cálculo de Media y Varianza
4. Control de Direcciones

5. Control de Datos a Multiplicar
6. Unidad de Multiplicación-Acumulación (MAC)
7. Control de Filtrado
8. Control de Ciclos
9. Operaciones Matemáticas
10. Memoria

#### 4.3.1. Máquina de Estados Principal

La máquina de estados principal se encarga de controlar y unir todos los demás bloques, en S1 barre la imagen para calcular la media, de S3 a S5 barre la imagen para calcular la varianza, de S7 a S10 controla la normalización de la imagen y de S11 a S19 manda llamar a la segunda máquina de estados, indicándole cual de los cuatro filtros aplicar. La máquina recibe como entradas *RESET*, *ImDone* y *Done* y entrega como salidas *Enable*, *Rst*, *Selector*, *Multiplica* y *We*.

- **RESET** - Le indica a la máquina que ha habido un reset del sistema y se pasa al estado0.
- **ImDone** - Variable que se prende cada que se ha terminado de barrer toda la imagen.
- **Done** - Variable que se prende cada que se ha terminado alguna operacion como la multiplicación, división o la raiz cuadrada.
- **Enable** - Le indica al contador y a los acumuladores que realicen su operación.
- **Rst** - Pone los valores del contador y los acumuladores en 0.
- **Selector** - Variable que va a los multiplexores y selecciona que datos deben leerse y escribirse a la memoria.
- **Multiplica** - Le indica a los multiplicadores que ya pueden hacer su operación.
- **We** - Le indica a la memoria cuando debe leer y cuando escribir.

En la Figura 4.2 se muestra el diagrama de la máquina de estados y su tabla de estados en la Figura 4.3.

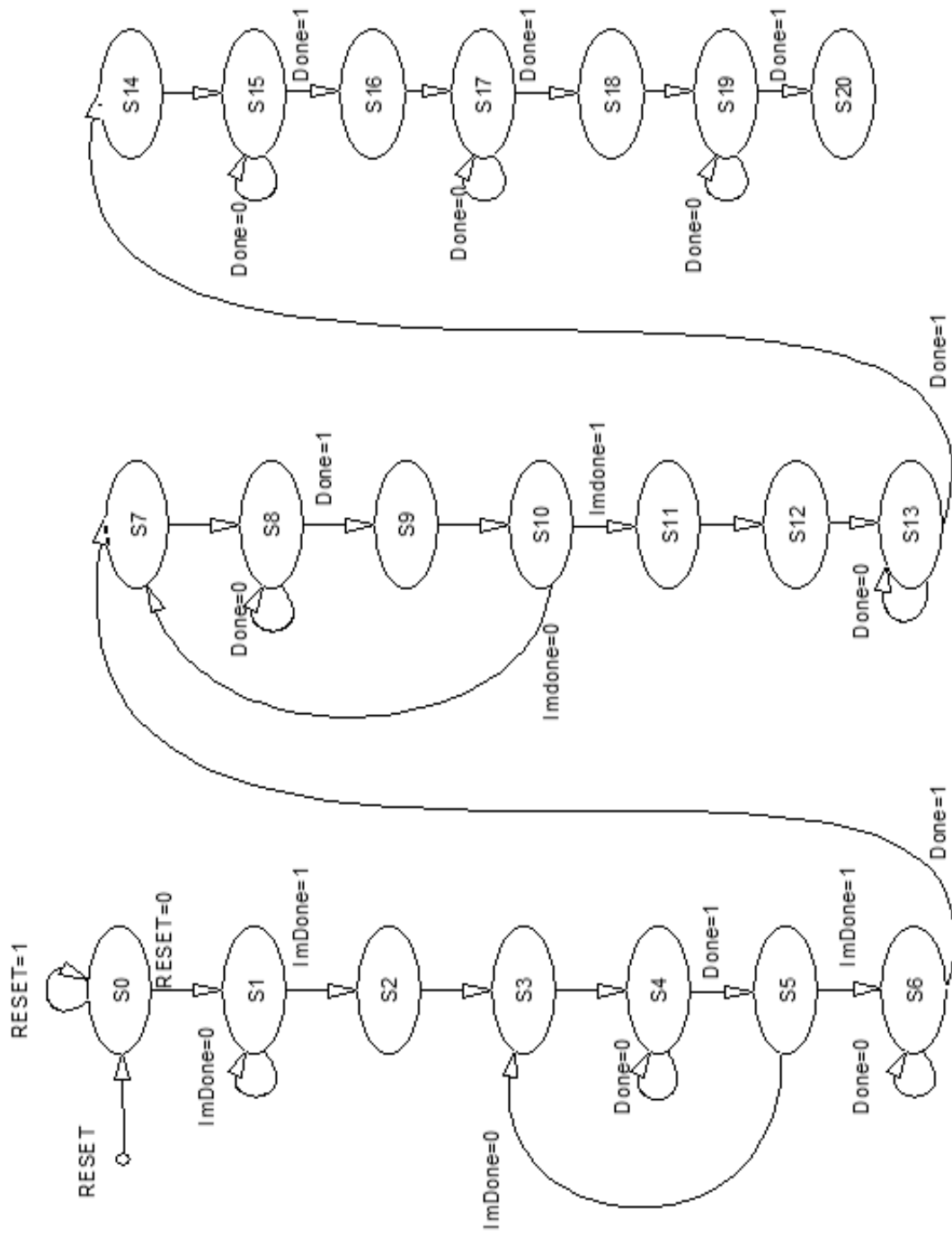


Figura 4.2: Diagrama de la Máquina de Estados Principal

Estado Presente	Estado Siguiente					Salidas				
	Reset=0 ImDone=X Done=X	Reset=1 ImDone=0 Done=0	Reset=1 ImDone=0 Done=1	Reset=1 ImDone=1 Done=0	Reset=1 ImDone=1 Done=1	Enable	Rst	Sel	Mult	WE
S0	S0	S1	S1	S1	S1	0	1	0	0	0
S1	S0	S1	S1	S2	S2	1	0	0	0	0
S2	S0	S3	S3	S3	S3	0	1	0	0	0
S3	S0	S4	S4	S4	S4	0	0	1	1	0
S4	S0	S4	S5	S4	S5	0	0	1	0	0
S5	S0	S3	S3	S6	S6	1	0	1	0	0
S6	S0	S6	S7	S6	S7	0	1	0	1	0
S7	S0	S8	S8	S8	S8	0	0	0	1	0
S8	S0	S8	S9	S8	S9	0	0	1	0	0
S9	S0	S10	S10	S10	S10	0	0	0	0	1
S10	S0	S7	S7	S11	S11	1	0	0	0	0
S11	S0	S12	S12	S12	S12	0	1	1	0	0
S12	S0	S13	S13	S13	S13	0	0	1	1	0
S13	S0	S13	S14	S13	S14	0	0	1	0	0
S14	S0	S15	S15	S15	S15	0	1	1	1	0
S15	S0	S15	S16	S15	S16	0	1	1	0	0
S16	S0	S17	S17	S17	S17	1	0	1	1	0
S17	S0	S17	S18	S17	S18	1	0	1	0	0
S18	S0	S19	S19	S19	S19	1	1	1	1	0
S19	S0	S19	S20	S19	S20	1	1	1	0	0
S20	S0	S20	S20	S20	S20	0	0	1	0	0

Figura 4.3: Tabla de Estados de la Máquina de Estados Principal

#### 4.3.2. Máquina de Estados de Filtrado

Esta máquina de estados esta encargada de aplicar el filtro a una imagen, el filtro a utilizar y la imagen a la que se le aplica el filtro son parámetros que le manda la máquina de estados principal. En S0 espera a que la máquina de estados principal le indique que puede empezar con los cálculos. De S1 a S4, hace la lectura a memoria de los coeficientes del filtro y el pixel de la imagen. En S6 espera a que el control de filtrado le indique que ya están listos los datos. De S7 a S9 realiza la multiplicación y acumulación de los datos. S10 y S12 forman los ciclos para el barrido del filtro. Una vez que se termina el filtrado de un pixel, se manda al control de filtrado que realiza las operaciones previas a la escritura. De S15 a S17 se escriben los resultados. Finalmente se tienen los ciclos para el barrido de la imagen, representados por S18 y S20. Al finalizar de aplicar el filtro a toda la imagen se regresa S0 y le indica a la máquina de estados principal que se ha finalizado la operación. La máquina recibe como entradas *Convolucion* y *Done* y entrega como salidas *ConvDone*, *Parametros*, *Multiplifica*, *Enable*, *We*, *Dir0*, *Dir1* y *Dir2*.

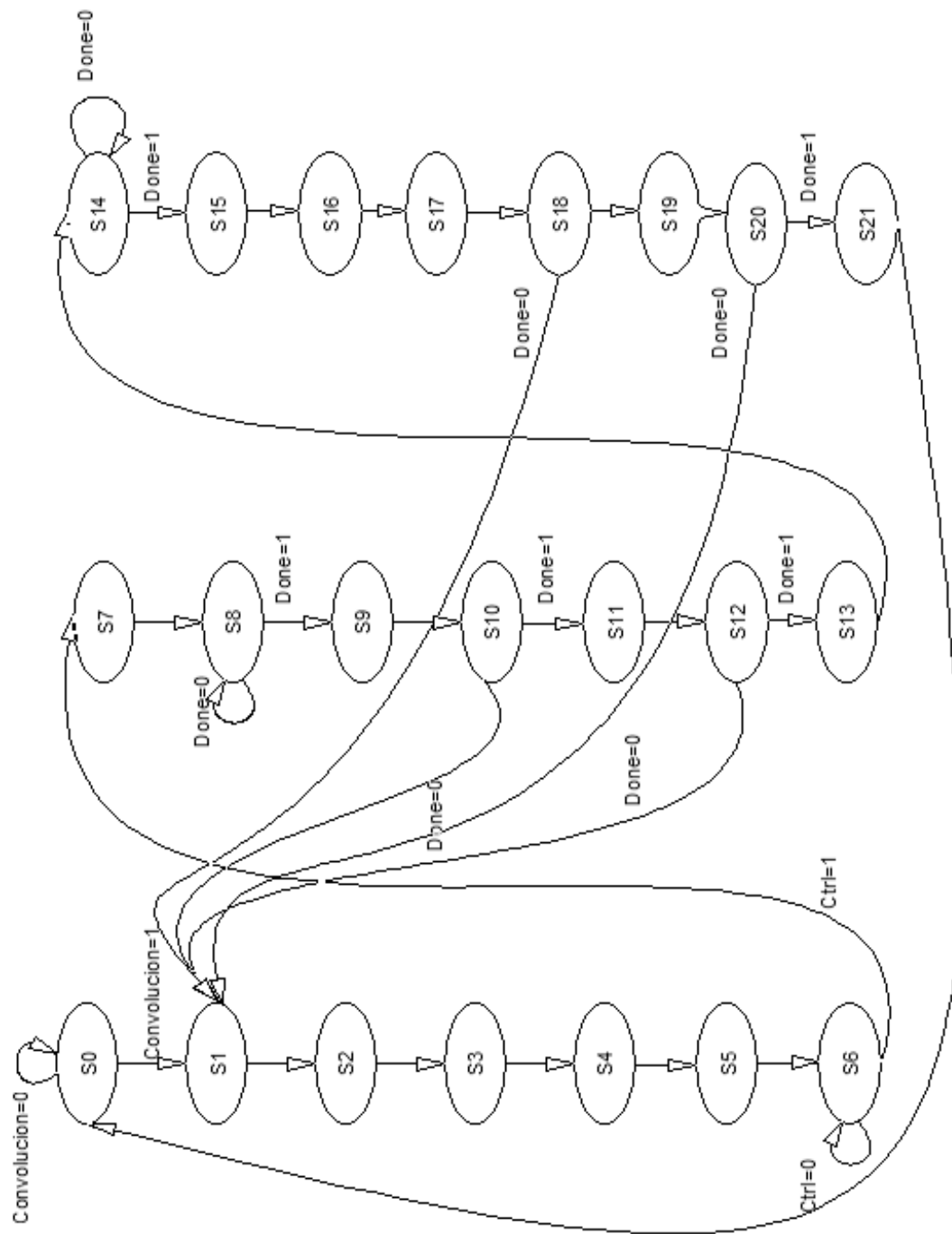


Figura 4.4: Diagrama de la Máquina de Estados de Filtrado

Estado Presente	Estado Siguiente				Salidas							
	Conv=0 Done=0	Conv=0 Done=1	Conv=1 Done=0	Conv=1 Done=1	ConvDo	Par	Mult	En	We	Dir0	Dir1	Dir2
S0	S0	S0	S1	S1	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	S2	S2	S2	S2	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	S3	S3	S3	S3	0	0	0	0	0	0	0	1
S3	S4	S4	S4	S4	0	0	0	0	0	0	1	0
S4	S5	S5	S5	S5	0	0	0	0	0	0	1	1
S5	S6	S6	S6	S6	0	1	0	0	0	0	1	1
S6	S6	S7	S6	S7	0	0	0	0	0	0	1	1
S7	S8	S8	S8	S8	0	0	1	0	0	0	1	1
S8	S8	S9	S8	S9	0	0	0	0	0	0	1	1
S9	S10	S10	S10	S10	0	0	0	1	0	0	1	1
S10	S1	S11	S1	S11	0	0	0	0	0	0	1	1
S11	S12	S12	S12	S12	0	0	0	0	0	0	1	1
S12	S1	S13	S1	S13	0	0	0	0	0	0	1	1
S13	S14	S14	S14	S14	0	0	1	0	0	1	0	0
S14	S14	S15	S14	S15	0	0	0	0	0	1	0	0
S15	S16	S16	S16	S16	0	0	0	0	1	1	0	0
S16	S17	S17	S17	S17	0	0	0	0	1	1	0	1
S17	S18	S18	S18	S18	0	0	0	0	1	1	1	0
S18	S1	S19	S1	S19	0	0	0	0	0	0	0	0
S19	S20	S20	S20	S20	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	S1	S21	S1	S21	0	0	0	0	0	0	0	0
S21	S0	S0	S0	S0	1	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.5: Tabla de Estados de la Máquina de Estados de Filtrado

- **Convolucion** - Le indica a la máquina que puede comenzar.
- **Done** - Variable que se prende cada que se ha terminado alguna operación como la multiplicación, división o la raíz cuadrada.
- **ConvDone** - Le indica a la máquina principal que ha terminado con el filtrado.
- **Mult** - Le indica al controlador de filtrado que ya puede realizar sus operaciones.
- **Parametro** - Le indica a los multiplicadores que ya pueden hacer su operación.
- **Enable** - Le indica al contador y a los acumuladores que pueden realizar su operación.
- **We** - Le indica a la memoria cuando debe leer y cuando escribir.
- **Dir0-Dir2** - Bus de direcciones que entran al controlador de direcciones.

En la Figura 4.4 se muestra el diagrama de la máquina de estados y su tabla de estados en la Figura 4.5.

### 4.3.3. Cálculo de Media y Varianza

Este módulo calcula la media y la varianza de la imagen original, según las fórmulas 3.11 y 3.12. Recibe como entrada el valor de la imagen original, pasa por un acumulador y una vez que se haya terminado de recibir todos los valores de la imagen se divide por el número de píxeles de la imagen. La Figura 4.6 muestra el diagrama de bloque del cálculo de media y Varianza y la Figura 4.7 muestra su diagrama interno.

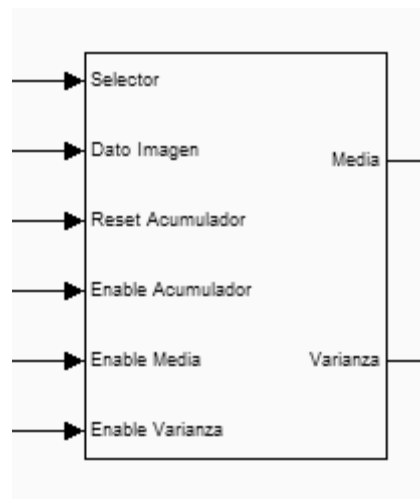


Figura 4.6: Bloque para el Cálculo de la Media y Varianza

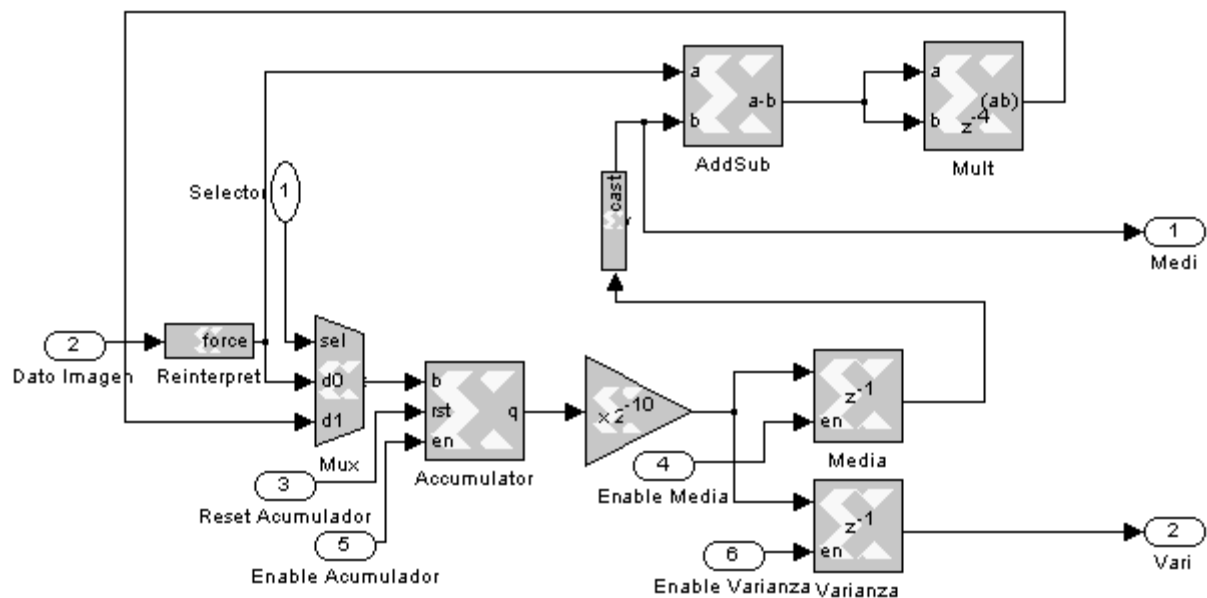


Figura 4.7: Diagrama Interno del Bloque para el Cálculo de la Media y Varianza



#### 4.3.4. Control de Direcciones

Este módulo se encarga de proporcionar la dirección de memoria a la que se va a leer o escribir. La dirección de memoria se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Direccion = DireccionInicial + Desplazamiento \quad (4.1)$$

Donde *DireccionInicial* es la localidad de memoria del primer elemento de la variable y *Desplazamiento* es el número del elemento de la variable que queremos acceder. La localidad de memoria del primer elemento ya está determinada por los tamaños de las variables y se muestra en la Figura 4.21. El desplazamiento es una función de los contadores  $i$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $h$  y del tamaño de la imagen, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Desplazamiento = \begin{cases} (m - k - 1) * n + (n - h - 1) & \text{Para el Filtro} \\ (i - k) * N + (j - h) & \text{Para la Imagen} \end{cases} \quad (4.2)$$

Donde  $m$  es el largo del filtro,  $n$  es el ancho del filtro,  $N$  es el ancho de la imagen y  $i$ ,  $j$ ,  $k$ ,  $h$  son los contadores. Para el cálculo de cuál de los 9 filtros del banco tenemos que seleccionar, se lee el valor de la orientación en ese pixel y se compara contra unas constantes separadas  $\pi/9$  y dependiendo el rango en el que se encuentre la orientación, es el número de filtro que tenemos que usar. La Figura 4.8 muestra el diagrama de bloque de control de direcciones, la Figura 4.9 y 4.10 muestra su diagrama interno y la Figura 4.11 muestra el diagrama interno para la selección del banco de filtros.

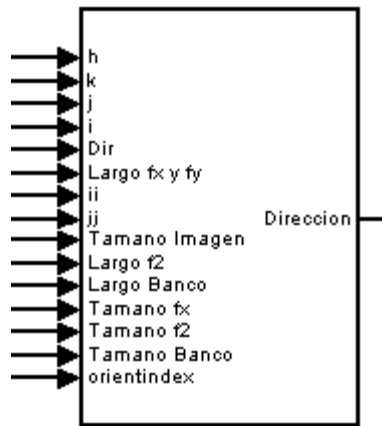


Figura 4.8: Bloque del Control de Direcciones

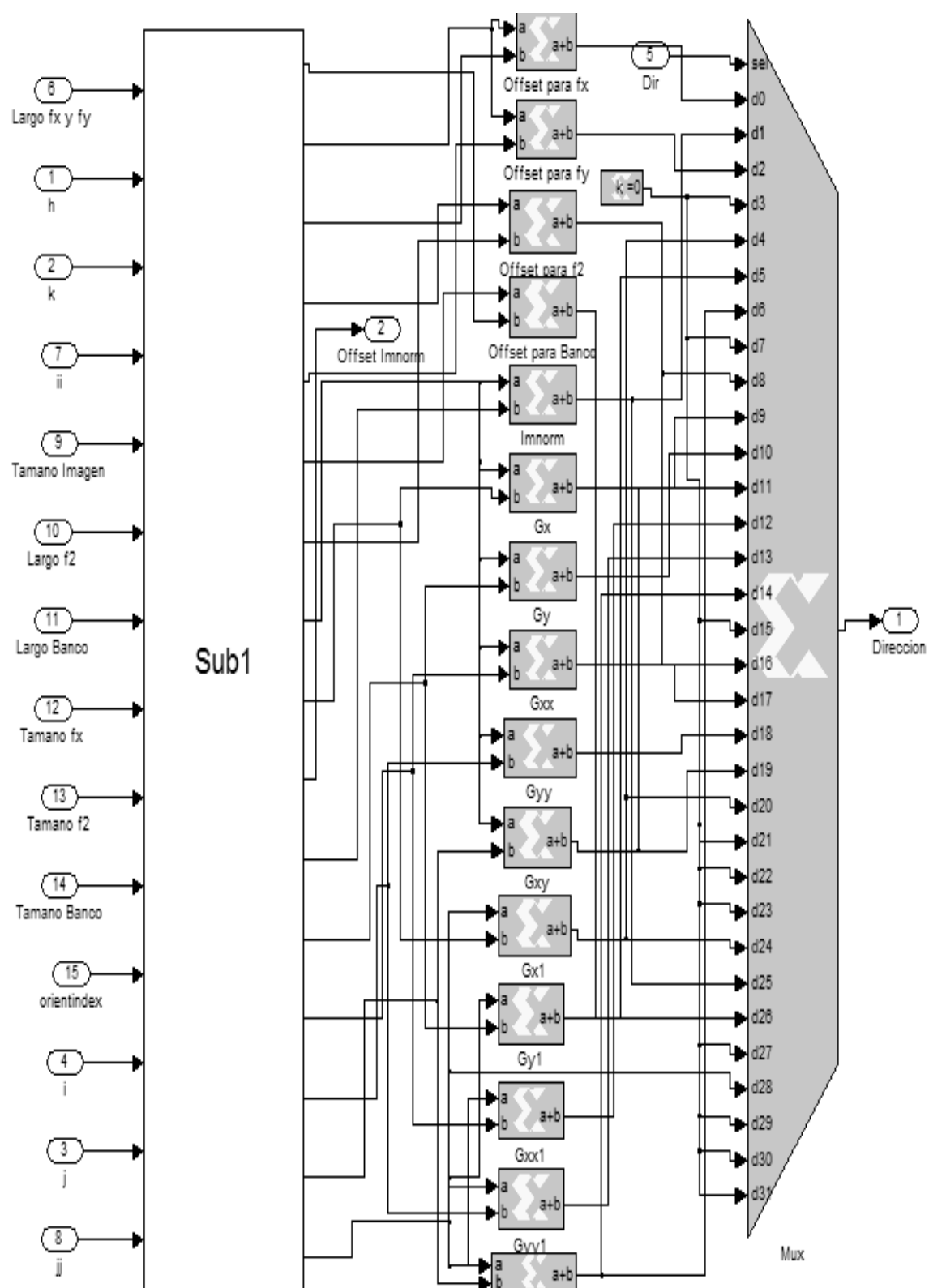
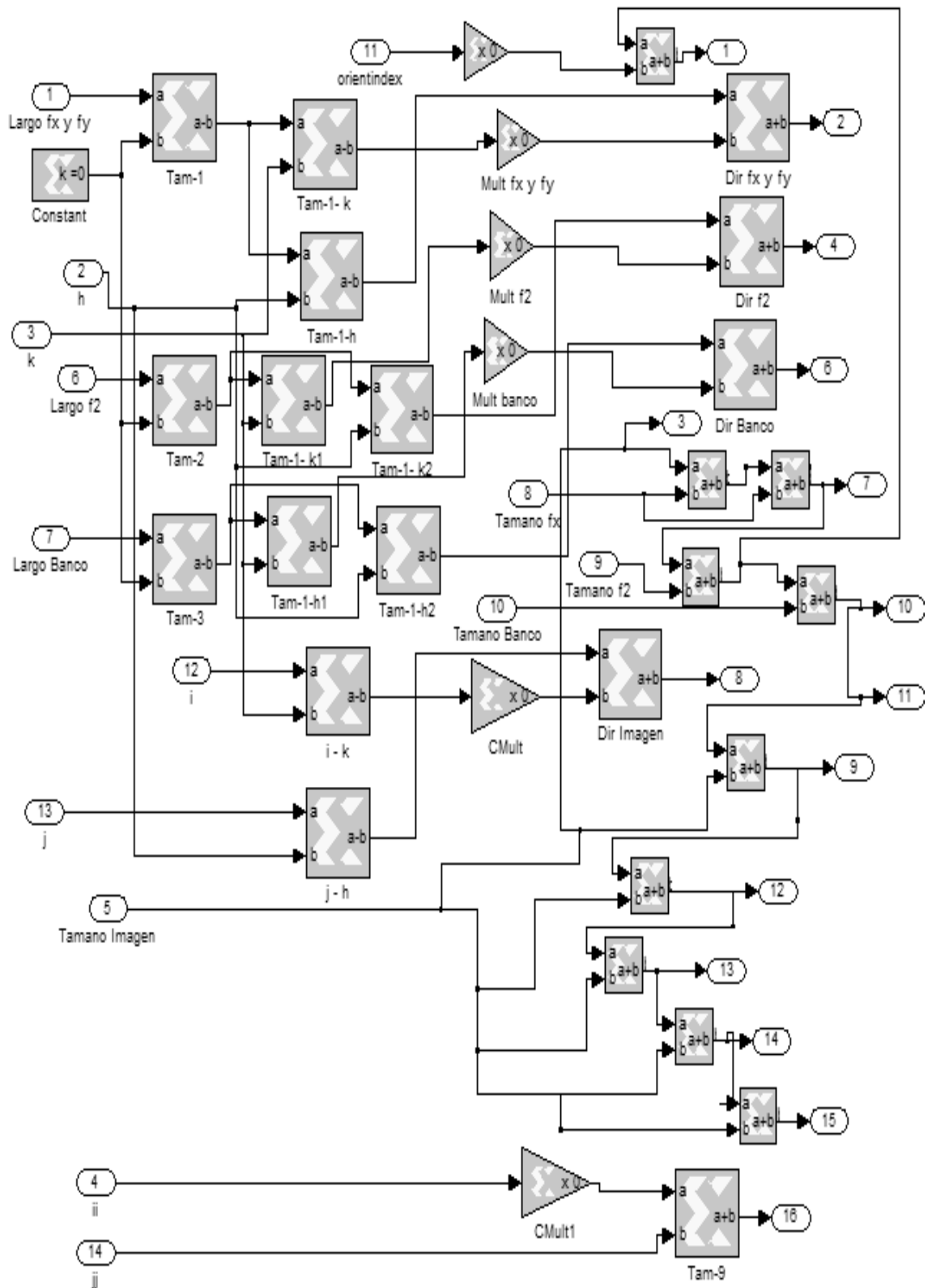


Figura 4.9: Diagrama Interno del Control de Direcciones



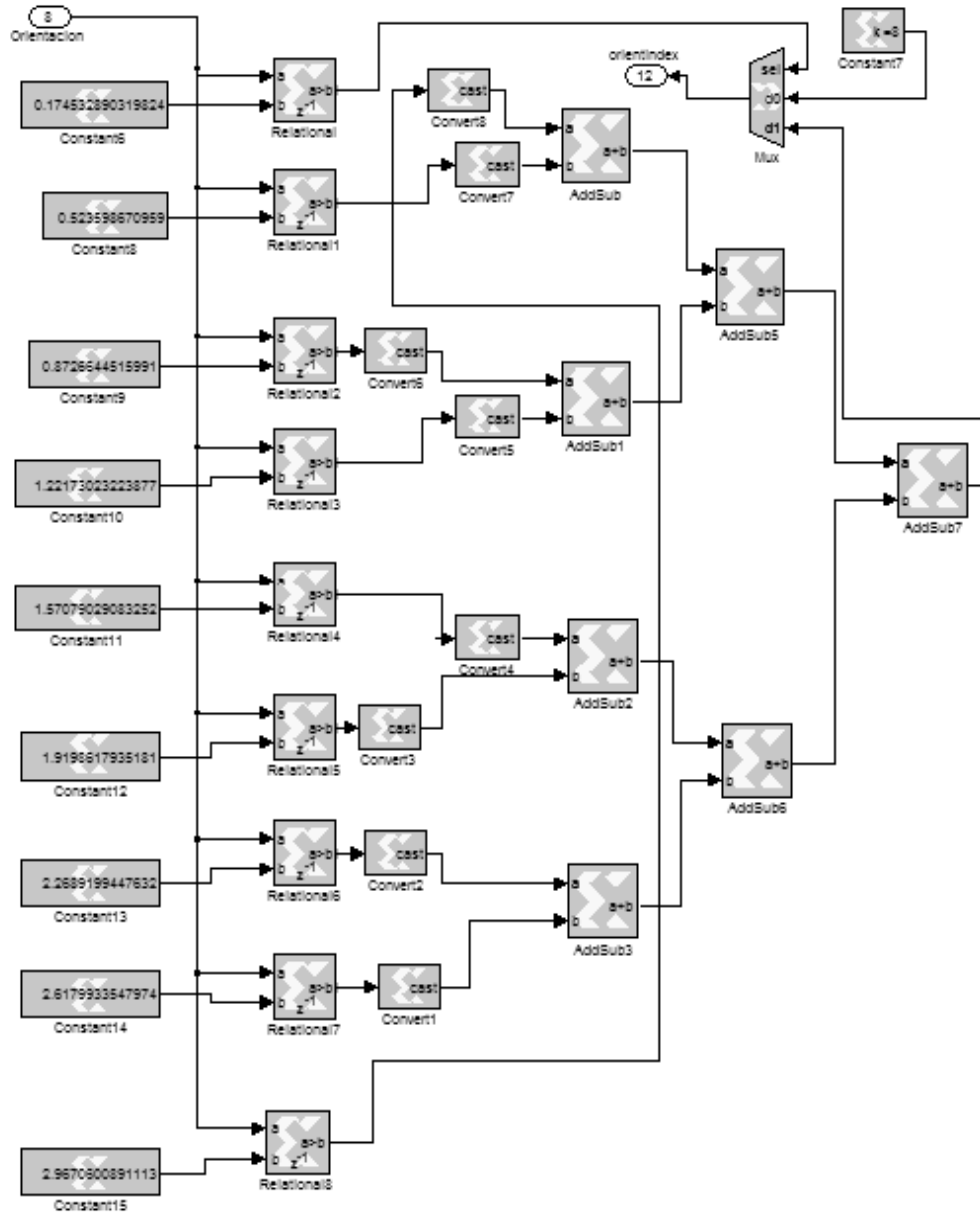


Figura 4.11: Diagrama Interno para la Selección del Banco de Filtros

#### 4.3.5. Control de Datos a Multiplicar

Este módulo se encarga de pasar a los 3 multiplicadores los datos que tiene que multiplicar. Tiene como entradas los 4 datos que se leen de la memoria y dependiendo el filtrado que se esté realizando, es el número de multiplicador al que va cada dato. Se utilizaron 3 multiplicadores debido a que es el máximo de multiplicaciones que se pueden realizar al mismo tiempo en la etapa del filtrado. El utilizar menos sería desaprovechar el paralelismo que nos ofrece el hardware y nos costaría tiempo, ya que se tendría que esperar a que se realice una multiplicación más. El utilizar más multiplicadores sería un desperdicio de área, ya que no se utilizaría en ningún momento.

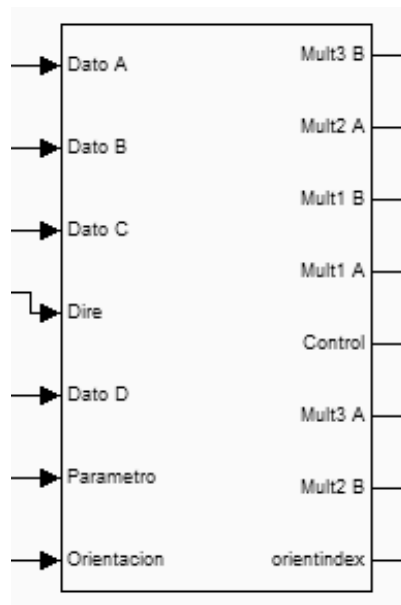


Figura 4.12: Bloque del Control de Datos a Multiplicar

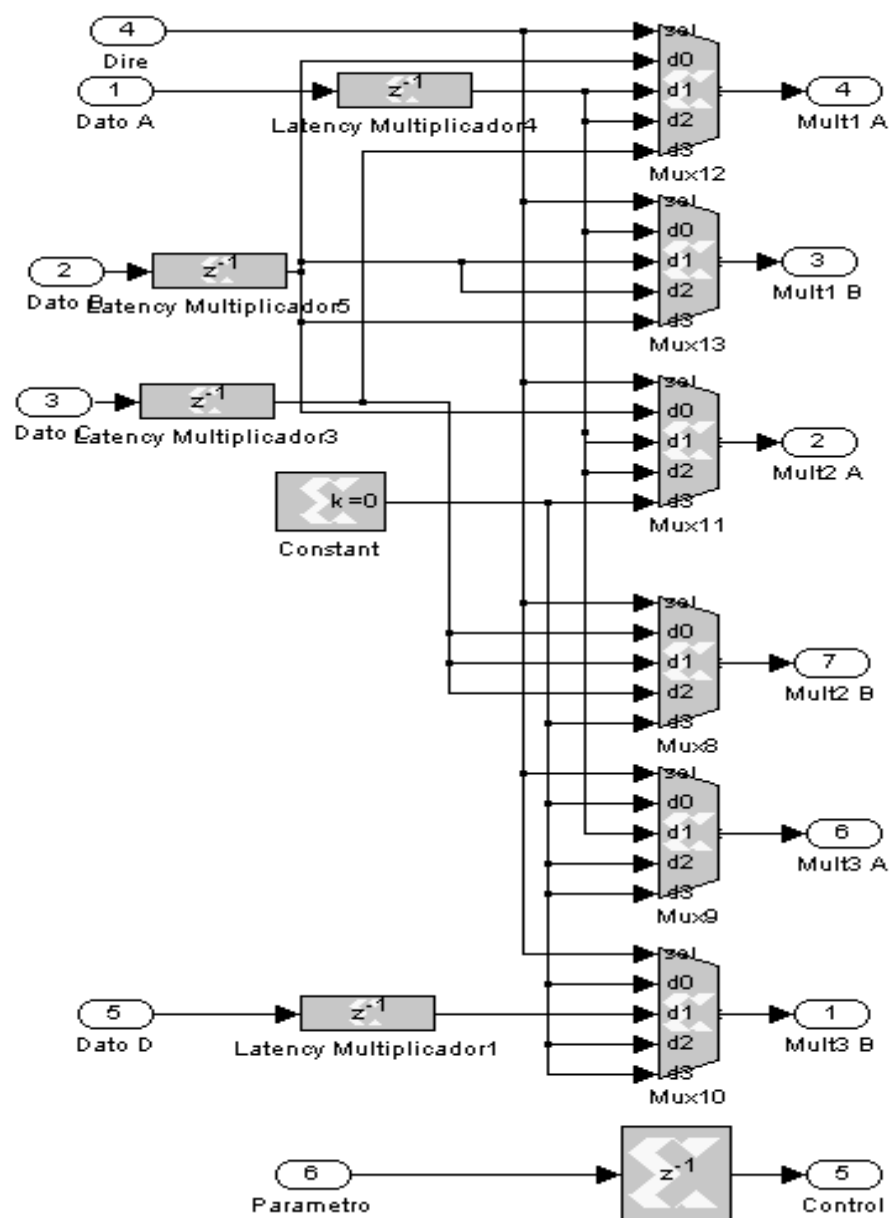


Figura 4.13: Diagrama Interno del Control de Datos a Multiplicar

### 4.3.6. Unidad de Multiplicación-Acumulación

Este módulo es la unidad central del filtrado. Realiza las operaciones de multiplicación y acumulación. En la Figura 4.14 se ilustra el bloque de la unidad y en la Figura 4.15 su diagrama interno.

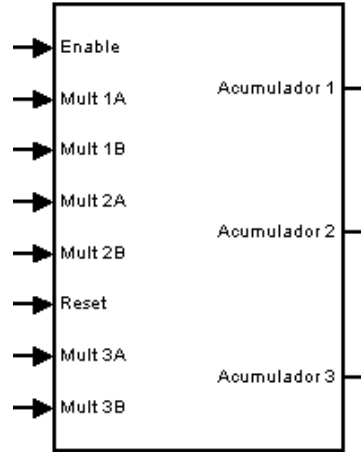


Figura 4.14: Bloque de la Unidad de Multiplicación-Acumulación

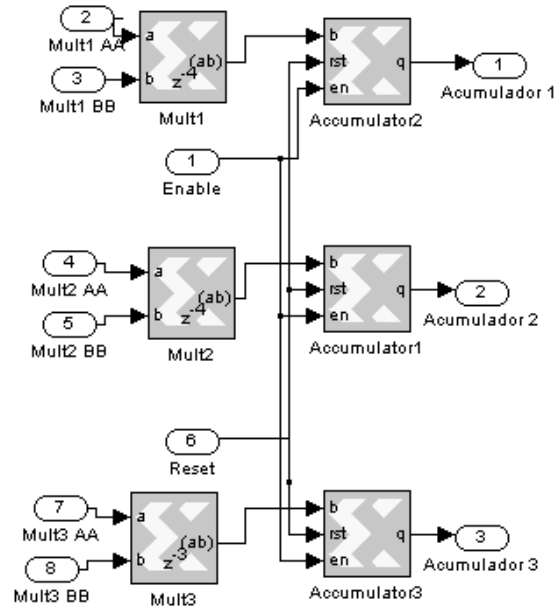


Figura 4.15: Diagrama Interno de la Unidad de Multiplicación-Acumulación

### 4.3.7. Control del Filtrado

Este módulo es el que se encarga de hacer las operaciones previas a la escritura. Dependiendo de que filtrado estemos haciendo es la operación que tiene que hacer, esto se controla mediante selectores de datos. Este bloque recibe como entradas la salida de los acumuladores y la señal que le indica que ya están los datos. Genera como salidas los datos que van a la memoria y la señal que le indica a la máquina que ya están los datos disponibles. Como cada operación requiere de un tiempo diferente para su cálculo es necesario contar con una señal de “Control” que tenga un retraso equivalente al de las operaciones realizadas y de esta manera saber cuando se tiene el resultado correcto. Estos retrasos se logran mediante los bloques que contienen un  $Z^x$  donde  $x$  es el valor del retraso. En la Figura 4.16 se ilustra el bloque de control del filtrado y su diagrama interno en la Figura 4.17.

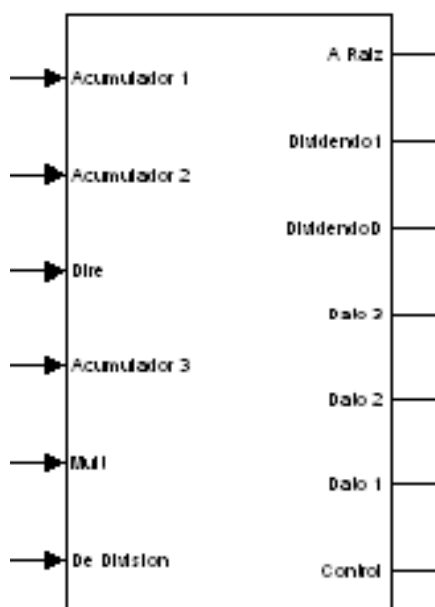


Figura 4.16: Bloque del Control del Filtrado





### 4.3.8. Control de Ciclos

Este módulo se encarga de hacer los barridos tanto del filtro, como de la imagen. Esta conformado por 4 contadores  $i$ ,  $j$ ,  $k$  y  $h$ . El ciclo grande que esta formado por los contadores  $i$  y  $j$  siempre va de 0 a  $M - 1$  y de 0 a  $N - 1$  respectivamente, donde  $M$  es el largo de la imagen y  $N$  es el ancho de la imagen. Los contadores  $h$  y  $k$  forman el ciclo pequeño para la convolución y es variable, depende del tamaño del filtro y de la posición del barrido. En la Figura 4.18 se ilustra el bloque de control de ciclos y su diagrama interno en la Figura 4.20.

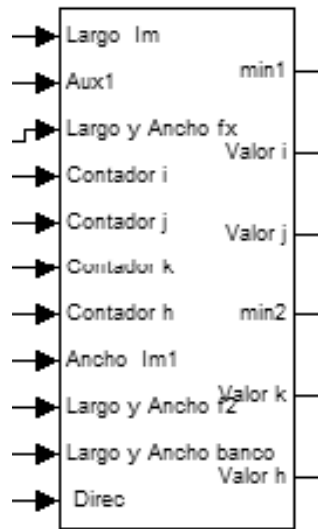


Figura 4.18: Bloque del Control de Ciclos

### 4.3.9. Operaciones Matemáticas

Se utilizó un módulo de raíz cuadrada, un módulo de división, un módulo para la tangente inversa (atan) y varios multiplicadores y sumadores. Los módulos de raíz cuadra, división y arcotangente que se utilizaron provienen de la librería corelib de Xilinx. Estos módulos se utilizan igual que cualquier otro bloque.

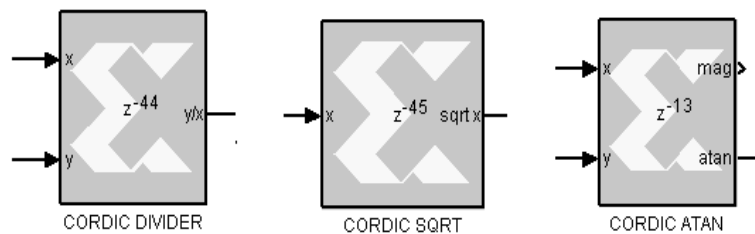


Figura 4.19: Bloques de las Operaciones División, Raíz Cuadrada y ArcoTangente

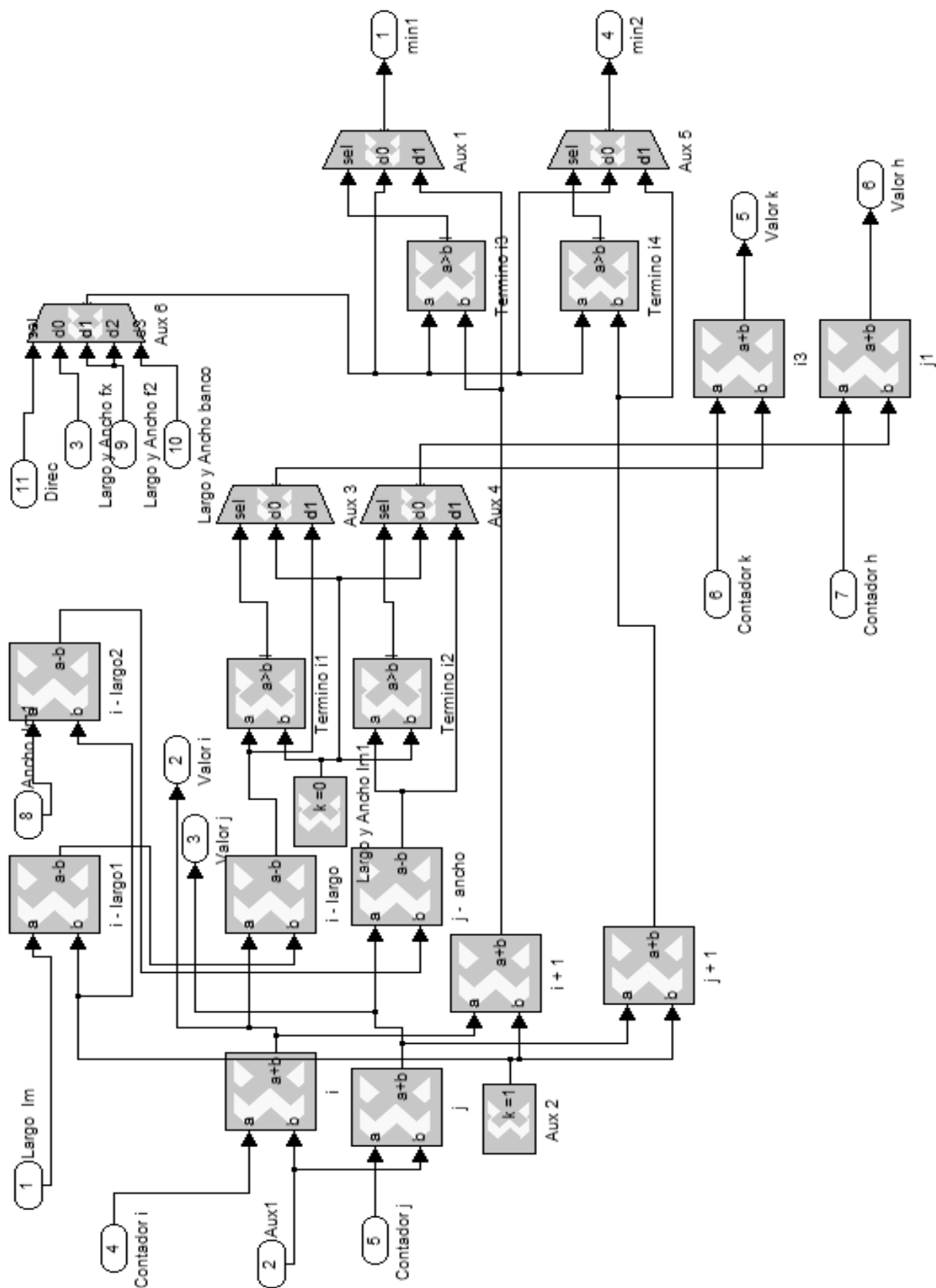


Figura 4.20: Diagrama Interno del Control de Ciclos

### 4.3.10. Memoria

La memoria que se utilizó fue una BRAM interna del FPGA y aquí se almacenan la imagen original, los coeficientes de los filtros, las variables intermedias y la imagen final. El ancho de palabra es de 24 bits. Para ahorrar memoria dos imágenes se escribieron en localidades ya ocupadas, la imagen de orientación se escribe en la misma localidad de la variable intermedia  $Gx$  y la imagen Filtrada se escribe en la misma localidad que la variable intermedia  $Gy$ . En la Figura 4.21 se muestra el mapa de memoria con las direcciones iniciales de cada una de las variables para una imagen de tamaño  $32 \times 32$ .

0	Imagen Original
1024	$Fx$
1073	$Fy$
1122	Filtro Suavizador
1483	Banco de Filtros
10132	Imagen Normalizada
11156	$Gx$ / Imagen de Orientación
12180	$Gy$ / Imagen Filtrada
13204	$G_{xx}$
14228	$G_{yy}$
15252	$G_{xy}$
16275	

Figura 4.21: Mapa de Memoria para una Imagen de Tamaño  $32 \times 32$

## Capítulo 5

### Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos, tanto de la implementación en software, como de la implementación en hardware. Y al final se hará una comparación entre ambos.

#### 5.1. Contexto Experimental

Los diseños propuestos en el capítulo 4, fueron implementados en la tarjeta de desarrollo Xilinx University Program Virtex-II Pro Development System(XUPV2P)[43]. La simulación y la cosimulación se llevaron a cabo con System Generator de Matlab. Para la síntesis y el perfil de desempeño se utilizaron los programas Embedded Development Kit (EDK) y Software Development Kit (SDK) de Xilinx[42]. El tamaño de la imagen con la que se trabajó es de tamaño  $32 \times 32$ , esta medida se debió a las limitaciones de memoria con las que se contaba. El tamaño de los filtros para las etapas intermedias y para el filtrado se muestran en la Tabla 5.1

Tabla 5.1: Tamaño de los Filtros Utilizados

Filtro	Tamaño
Fx	$7 \times 7$
Fy	$7 \times 7$
Filtro Suavizador	$19 \times 19$
Filtro de Gabor	$31 \times 31$

Fx representa el filtro para obtener el gradiente en  $x$  y Fy representa el filtro para obtener el gradiente en  $y$ . El banco de filtros que se utilizó fue de 9, esto quiere decir que existen 9 posibles filtros de Gabor de tamaño  $31 \times 31$ , cada uno con una diferencia de 20 grados en su orientación. Las imágenes de huellas digitales con las que se trabajó fueron obtenidas de [1]. La visualización de las imágenes así como la lectura de éstas, se hizo con Matlab.

### 5.1.1. Hardware

La implementación en hardware se hizo mediante System Generator, la programación en System Generator se realiza mediante bloques, una vez hecho el diseño, System Generator genera el código en VHDL. La cosimulación también se hizo a través de System Generator. De esta manera cargamos la imagen en la memoria BRAM del FPGA y éste nos regresa los resultados que pueden ser visualizados y salvados en Matlab. El diagrama a bloques se muestra en la Figura 5.1

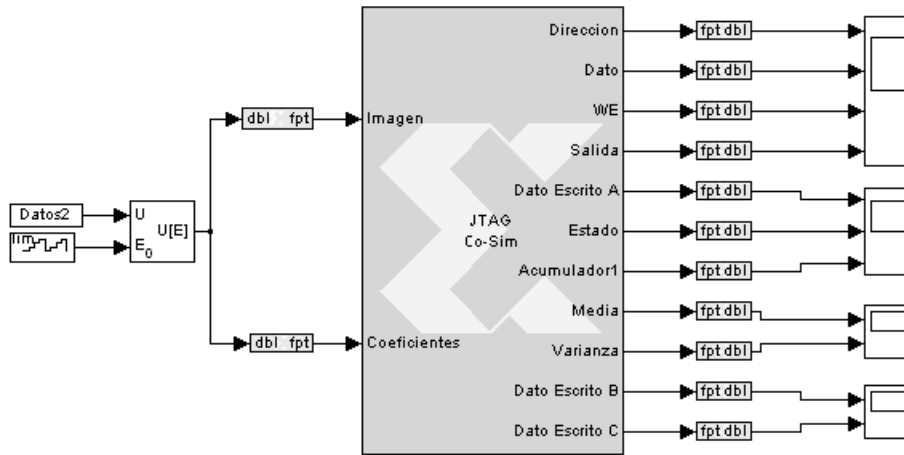


Figura 5.1: Diagrama a Bloques del Hardware

#### 5.1.1.1. Descripción de la Arquitectura de la Tarjeta de Desarrollo

La implementación se hizo en la tarjeta de desarrollo XUPV2P que cuenta con un FPGA Virtex-II Pro XC2VP30 y dos procesadores PowerPC 405 [41]. El FPGA cuenta con 136 multiplicadores de  $18 \times 18$ bits, 2448 Kb de memoria BRAM, 3 relojes internos de 100Mhz, 75Mhz y 32Mhz y memoria externa SDRAM de hasta 2GB, entre otras características.

### 5.1.2. Software

La implementación en software se realizó primero en Matlab. Se basó en el algoritmo propuesto en [21], después se pasó a código en C. Aquí se utilizó Visual C para su compilación y comprobación de resultados. Una vez que el código en C quedó listo, se transfirió al procesador PowerPC de la tarjeta de desarrollo XUPV2P. El programa se carga mediante el EDK, el procesador calcula los resultados y los envía por medio del puerto serial a Matlab. El diagrama a bloques se muestra en la Figura 5.2

Debido a las limitaciones de memoria que tuvimos, el tamaño de la imagen se recortó a  $32 \times 32$  y en base a los resultados de esta imagen se comparó la implementación tanto en software como en hardware. Debido a que los resultados intermedios no representan una imagen, no se pueden verificar mediante imágenes, por lo que se decidió a pasar los resultados de forma matricial a forma vectorial. Una vez que se tienen los datos en forma vectorial se pueden graficar como una función de su localidad de memoria y con esto resulta más fácil su verificación. Las Figuras 5.4 y 5.5 muestran los resultados obtenidos.

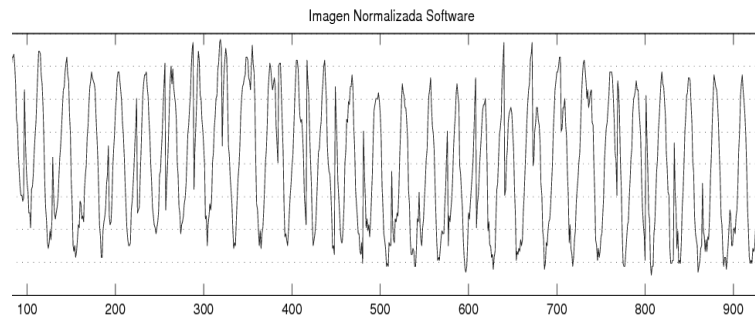


Figura 5.4: Imagen Normalizada en Software

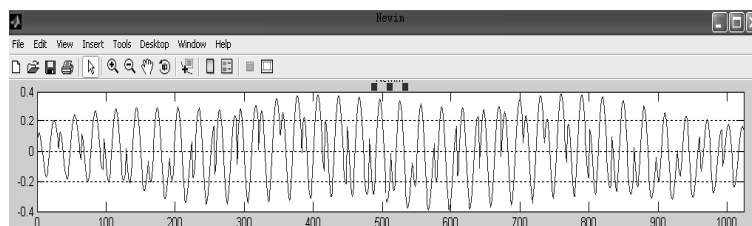


Figura 5.5: Imagen Filtrada en Software

Se realizó el perfil de rendimiento en Visual C y en EDK. El perfil que nos genera el SDK nos permite obtener el tiempo total que emplea el procesador PowerPC en ejecutar el programa. El perfil de rendimiento en Visual C, nos da el tiempo empleado de cada función y su porcentaje con respecto al tiempo total. Si bien es cierto que el tiempo total de ejecución entre la computadora y el PowerPC son muy diferentes, el porcentaje de cada función debe permanecer casi constante. Tomando esta consideración, el tiempo de cada función en el PowerPC se calculó mediante los porcentajes que arroja el perfil de Visual C y el tiempo total de ejecución que arroja el EDK. Las Figuras 5.6, 5.7 y 5.8 muestran los perfiles de rendimiento obtenidos.

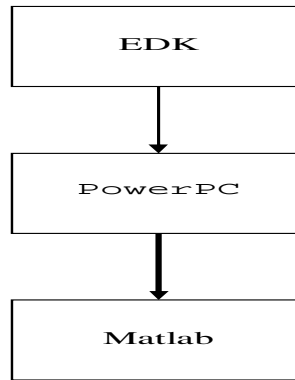


Figura 5.2: Diagrama a Bloques del Software

## 5.2. Resultados de la Implementación Software/- Software

Los resultados obtenidos mediante el software fueron verificados visualmente con Matlab, la matriz de la imagen filtrada se pasa a Matlab, donde se puede desplegar la nueva imagen. De esta manera se puede comparar contra la imagen de entrada. En la Figura 5.3 se muestra una de las pruebas, del lado izquierdo se encuentra la imagen de entrada, mientras que del lado derecho se encuentra la imagen ya filtrada y binarizada.



Figura 5.3: Imagen Original e Imagen Filtrada



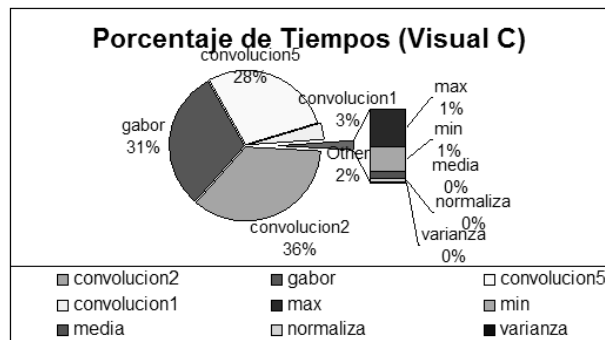


Figura 5.6: Perfil de Rendimiento del Código en Visual C

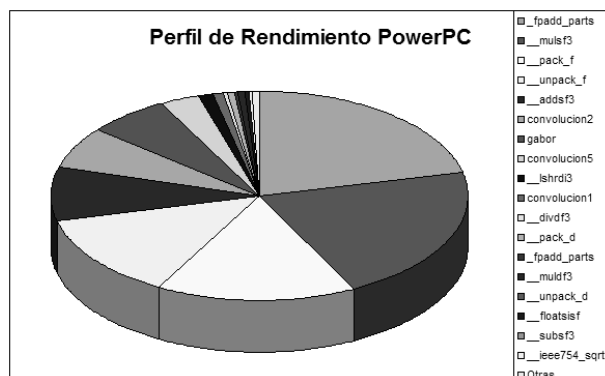


Figura 5.7: Tamaño Imagen =32x32,Tiempo Total=87.9s

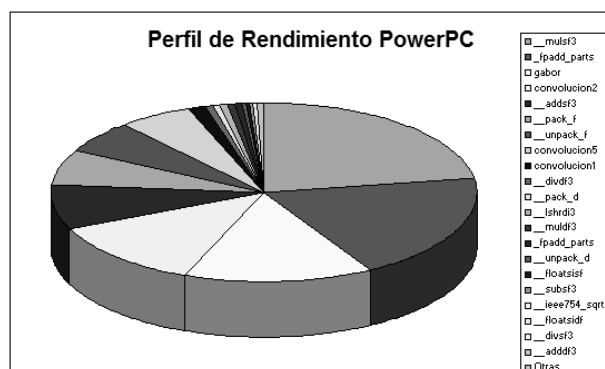


Figura 5.8: Tamaño Imagen =256x256,Tiempo Total=3868s

Como se puede observar de las gráficas, el 98 % del tiempo es ocupado en alguna de las 4 convoluciones. La diferencia entre estas 4 convoluciones radica en el número de parámetros que reciben, sin embargo su estructura principal que son los 4 *for* anidados es exactamente la misma. Esto nos sugiere que la convolución debe ser implementada en hardware y así acelerar la ejecución y disminuir el tiempo total.

### 5.3. Resultados de la Implementación Hardware/Hardware

Los resultados obtenidos mediante la implementación en hardware se obtuvieron mediante la cosimulación de System Generator. La ventaja que nos da esto, es que los resultados pueden ser desplegados en forma gráfica durante la ejecución del programa. Además de que la base de tiempo es un ciclo de reloj. Con esto podemos determinar el número de ciclos que tardó el programa.

Como los resultados se guardan en la memoria interna del FPGA, al finalizar la ejecución del programa se hace un barrido de la memoria y los datos obtenidos se salvan en un archivo, para después ser graficados en Matlab de la misma manera en que se graficaron los resultados de software.

Las Figuras 5.9, 5.10, 5.11 y 5.12 muestran los resultados obtenidos.



Figura 5.9: Imagen de Entrada Vs Imagen de Salida

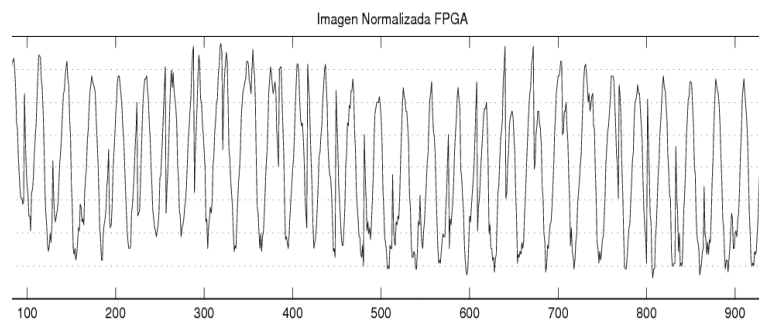


Figura 5.10: Imagen Normalizada en Hardware

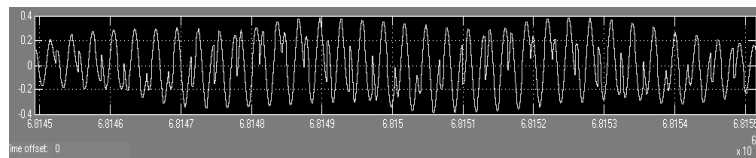


Figura 5.11: Imagen Filtrada en Hardware

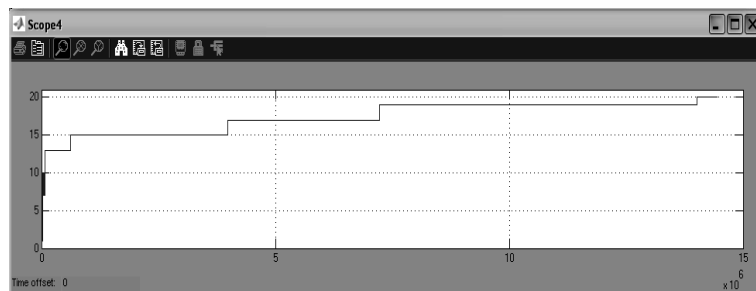


Figura 5.12: Estados de la Maquina Principal

Debido a que todo el sistema en hardware esta controlado por una máquina de estados es relativamente fácil calcular los ciclos de reloj que se tarda en cada función y en su totalidad. El número de multiplicaciones en el filtrado de una imagen, depende del tamaño del filtro y del tamaño de la imagen. En nuestra implementación los tamaños, tanto de la imagen como de los filtros son cuadrados, así podemos considerar una imagen de tamaño  $N \times N$  y un filtro de tamaño  $n \times n$ . El número de multiplicaciones para este caso estaría dado por la siguiente ecuación:

$$R = N^2n^2 - 2Nn^2d + 2Nnd^2 + n^2d^2 - 2nd^3 + d^4 \quad (5.1)$$

Donde  $R$  es el número de multiplicaciones y  $d$  es el redondeo de  $\frac{(n-1)}{2}$ . Sabiendo el número de multiplicaciones y el tiempo que tarda la máquina de estados en realizar cada multiplicación, se puede obtener el número total de ciclos de reloj. La Figura 5.13 muestra una gráfica de los ciclos de reloj necesarios dependiendo el tamaño de la imagen a filtrar.

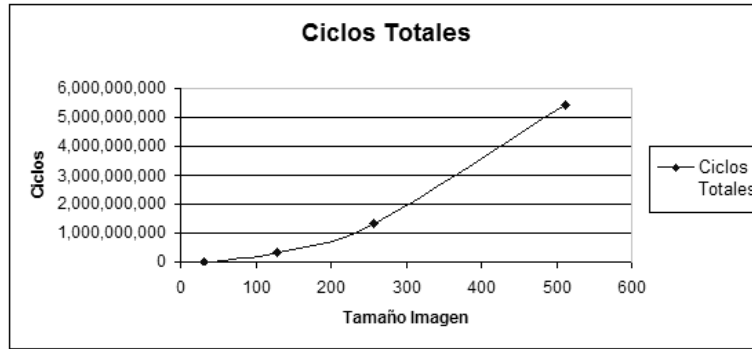


Figura 5.13: Ciclos Totales de Ejecución para un Tamaño Dado

Si dividimos estos ciclos de reloj por la frecuencia de operación del circuito, nos da el tiempo total de ejecución del programa. La frecuencia máxima a la que puede operar el sistema depende del retardo máximo que se genera en el FPGA. En la Tabla 5.14 se muestran los recursos utilizados por el FPGA, así como el retardo máximo generado. Se puede observar que la frecuencia máxima de operación es de  $23Mhz$ , por

Tabla 5.2: Recursos Utilizados y Retraso Máximo

Recurso	# Utilizado	# Disponible	Porcentaje
Flip-Flops	8597	27392	31.39 %
LUTs	11052	27392	40.3 %
Slices	6594	13696	48.15 %
BRAMs	90	136	66.18 %
MULT18X18s	23	136	16.91 %
Retraso Máximo			42.69ns

lo tanto los tiempos de ejecución dependiendo el tamaño de la imagen, se muestran en la Figura 5.14.

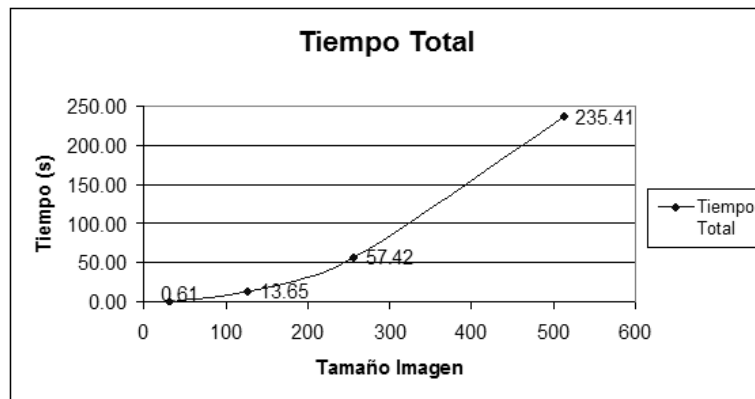


Figura 5.14: Tiempo Total de Ejecución Dependiendo el Tamaño de la Imagen

## 5.4. Comparación y Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos mediante software fueron prácticamente los mismos que obtenidos mediante hardware. La única diferencia que hubo fue debido al módulo de la raíz cuadrada que no es tan exacto como el modulo en software. Este pequeño error no afecta en los resultados debido a que la imagen una vez filtrada se binariza eliminando así cualquier pequeño error que hubiera en la magnitud. Las Figuras 5.15, 5.16 y 5.17 muestran las comparaciones con los resultados obtenidos mediante software y hardware.

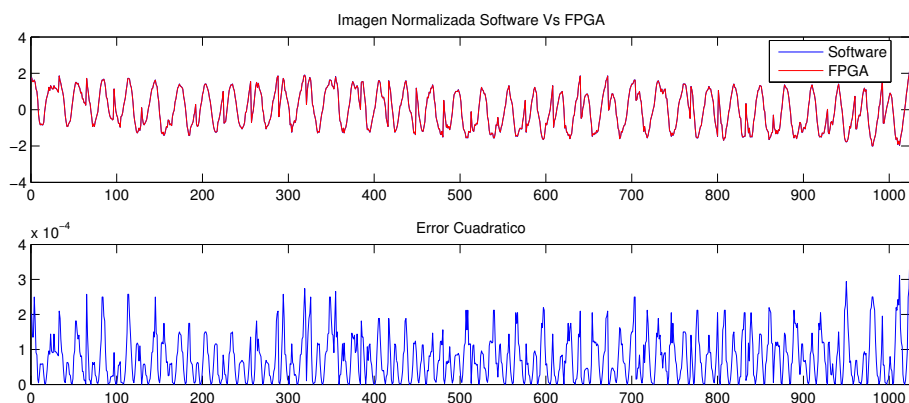


Figura 5.15: Imagen Normalizada en Hardware y Software

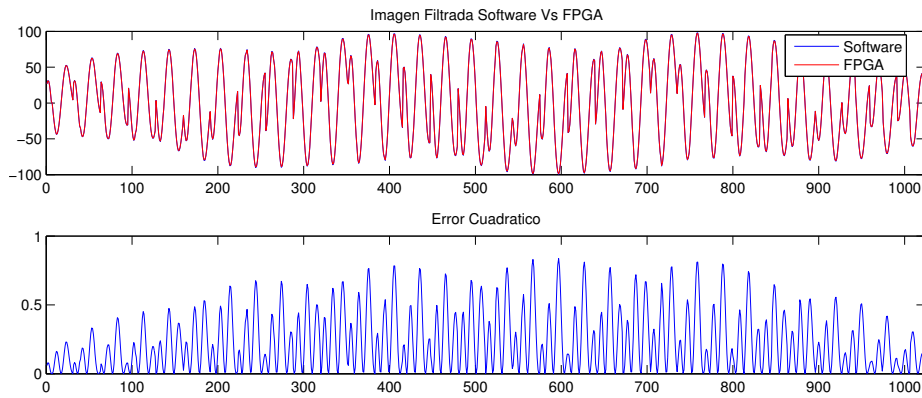


Figura 5.16: Imagen Filtrada en Hardware y Software

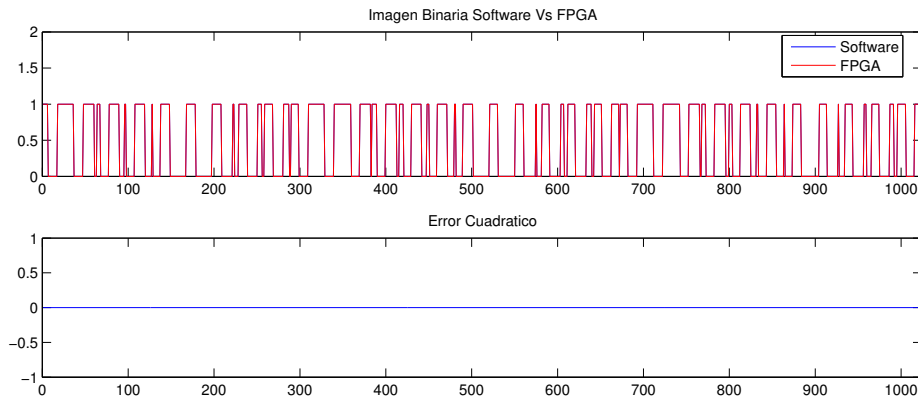


Figura 5.17: Imagen Filtrada Binarizada en Hardware y Software

Los resultados en cuanto a tiempo de operación fueron como se esperaban y la implementación en hardware aceleró al sistema en más de 60. Los resultados en hardware para los tamaños de imágenes mayores a 32 se calcularon en base a los ciclos de reloj que tarda la máquina de estados en generar los resultados. Los tiempos en software se calcularon mediante el perfil de rendimiento que se realizó. La Tabla 5.3 muestra una comparación de los tiempos.

Los resultados en la potencia consumida se calcularon mediante XPower en el FPGA y mediante fórmula en el PowerPC. Para el FPGA se generó el archivo del diseño en System Generator y en base a este archivo XPower calcula la potencia estática consumida. Para la potencia dinámica es necesario introducirle información acerca de las transiciones de las señales y de la frecuencia de operación. La frecuencia de operación es la frecuencia máxima que ya habíamos calculado y es de 23 Mhz, para la información

Tabla 5.3: Tabla Comparativa de Tiempos en Hardware y Software

Tamaño de la Imagen	Tiempo en Software	Tiempo en Hardware	Aceleración
$32 \times 32$	87.9s	0.61s	143.1
$128 \times 128$	1616s	13.65s	118.38
$256 \times 256$	3868s	57.42s	67.36

de las transiciones se utilizó el peor caso, esto significa que se utilizó una razón de actividad de 50 %. Para la potencia consumida por el procesador se calculó en base a [6], donde nos indica que el procesador PowerPC 405LP tiene valores entre 1.0 y 3.9 MIPS/mW, para voltajes de alimentación entre 1.95 y .9V. Nuestra tarjeta de desarrollo está alimentada con 1.5V y sabemos que la potencia depende del cuadrado del voltaje de alimentación, por lo que nos da un valor de:

$$\frac{1.9^2}{1.5^2} = 1.6 \text{ MIPS/mW}$$

Conociendo este dato y el tiempo total de ejecución, se puede calcular la potencia consumida de la siguiente forma:

$$P_{micro} = \frac{f}{1.6 \text{ MIPS/mW}}$$

$$P_{micro} = \frac{100000000}{1600000 \text{ /mW}} = 62.5 \text{ mW}$$

Para calcular la energía se multiplica potencia por el tiempo de ejecución y se obtiene:

$$E_{micro} = t * P_{micro}$$

Los resultados obtenidos al evaluar la energía consumida por cada implementación se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Consumo de Energía

Diseño	Potencia Consumida	Tiempo de Ejecución	Energía Consumida
Software	62.5mW	87.9s	5493.75mJ
Hardware	1888.55mW	.61s	1152mJ





## Capítulo 6

### Conclusiones y Trabajo Futuro

En esta tesis se investigó a cerca del consumo de potencia en los FPGAs y se discutieron algunas técnicas que hoy en día se están utilizando para la disminución del consumo de potencia. Se implementó un algoritmo para el filtrado de huellas digitales en software y en hardware, se realizaron las mediciones de desempeño en ambos módulos y se comparó su rendimiento. Los resultados obtenidos de esta comparación fueron satisfactorios, se justificó la utilización de hardware para el aceleramiento y la disminución de potencia en sistemas donde se tiene una alta demanda de cómputo. El módulo implementado en hardware es capaz de entregar los mismos resultados que el modulo de software, pero con una aceleración del tiempo de ejecución mayor a 60 y una disminución en el consumo de energía arriba del 60 %.

Como trabajo futuro se puede mejorar el módulo en hardware que tuvo limitantes en cuanto a la memoria disponible, este problema puede ser solucionado utilizando la memoria externa de la tarjeta de desarrollo. El módulo de la raíz cuadrada es un poco inexacto, este puede ser mejorado mediante el sacrificio de ciclos de reloj, ya se vió que la aceleración es muy grande por lo que perder algunos ciclos en el cálculo de la raíz cuadrada, no nos afectaría en el tiempo de ejecución y si nos beneficiaría en los resultados obtenidos. Tambien se propone hacer la integración de este módulo, con el módulo de un reconocedor de huellas digitales. En la misma tarjeta de desarrollo se puede implementar el reconocedor en el procesador PowerPC y dejar que el módulo aquí presentado actúe como un coprocesador. El cálculo de la potencia consumida fue una estimación por lo que se propone medir la potencia consumida de manera experimental y de esta manera verificar si los valores estimados son congruentes con los valores reales.



## Apéndice A

### Listado de Código en Software

A continuación se agregan los códigos utilizados para la programación del algoritmo en C y Matlab. La inicialización de las matrices con los valores de los filtros y la imagen de prueba es muy extensa por lo que en el código se inicializan en 0. Los valores de estos filtros se encuentran en el Anexo B.

#### A.1. Código en C

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#define ancho 32 // óDefinición de tamaños de filtros e imagen
#define largo 32
#define tam_gabor 31
#define tam_grad 19
#define tam_grad2 7
#define limite .1

float media2, var, sqvar=0;
int N2;
float innorm[largo][ancho]={0,0}; //óinicialización de matrices
float Gx[largo][ancho]={0,0};
float Gxx[largo][ancho]={0,0};
float Gxy[largo][ancho]={0,0};
float Gyy[largo][ancho]={0,0};
float Gy[largo][ancho]={0,0};
float freq[largo][ancho]={0,0};
float newim[largo][ancho]={0,0};
float fx[tam_grad2][tam_grad2]=0;
float fy[tam_grad2][tam_grad2]=0;
float f2[tam_grad][tam_grad]=0;
float banco[279][tam_gabor]=0;
float imagen[largo][ancho]=0;

media()
{
```

```

int i,j;
for ( i=0; i<largo; i++)
    for ( j=0; j<ancho; j++)
        media2=media2+imagen[i][j];
media2=media2/N2;
}
varianza()
{
int i,j;
for ( i=0; i<largo; i++)
    for ( j=0; j<ancho; j++)
        var=var+(imagen[i][j]-media2)*(imagen[i][j]-media2);
var=var/(N2-1);
}
normaliza()
{
int i,j;
sqvar=sqrt(var);
for ( i=0; i<largo; i++)
    for ( j=0; j<ancho; j++)
        if (imagen[i][j]>media2)
            imnorm[i][j]=abs(imagen[i][j]-media2)/sqvar;
        else
            imnorm[i][j]=-abs(imagen[i][j]-media2)/sqvar;
}
int max(int a, float b)
{
if (a>b)
    return a;
else
    return b;
}
int min(int a, int b)
{
if (a>b)
    return b;
else
    return a;
}
convolucion1()
{
int i,j,k,h,aux1,aux2,aux3,min1,min2,aux4=0;
float aux20,aux21,aux22,Gx2,Gy2;
aux1=floor(tam_grad2/2);
aux2=floor(tam_grad2/2);
for (i=aux1; i<aux1+largo; i++)
    for (j=aux2; j<aux2+ancho; j++)
    {

```

```

aux3=max(0,i-largo);
aux4=max(0,j-ancho);
min1=min(tam_grad2,i+1);
min2=min(tam_grad2,j+1);
for (k=aux3;k<min1;k++)
    for (h=aux4;h<min2;h++)
    {
        aux20=fx[tam_grad2-k-1][tam_grad2-h-1];
        aux22=fy[tam_grad2-k-1][tam_grad2-h-1];
        aux21=imnorm[i-k][j-h];
        Gx[i-aux1][j-aux2]=Gx[i-aux1][j-aux2]+aux20*aux21;
        Gy[i-aux1][j-aux2]=Gy[i-aux1][j-aux2]+aux22*aux21;
    };
    Gx2=Gx[i-aux1][j-aux2];
    Gy2=Gy[i-aux1][j-aux2];
    Gx[i-aux1][j-aux2]=Gx2*Gx2;
    Gy[i-aux1][j-aux2]=Gy2*Gy2;
    imagen[i-aux1][j-aux2]=2*Gx2*Gy2;
};
}
convolucion2()
{
    int i,j,k,h,aux1,aux2,aux3,min1,min2,aux4=0;
    float aux20,aux21,aux22,aux23,aux6,Gxx2,Gyy2,Gxy2,Gx2Gy2;
    aux1=floor(tam_grad/2);
    aux2=floor(tam_grad/2);
    for (i=aux1;i<aux1+largo;i++)
        for (j=aux2;j<aux2+ancho;j++)
        {
            aux3=max(0,i-largo);
            aux4=max(0,j-ancho);
            min1=min(tam_grad,i+1);
            min2=min(tam_grad,j+1);
            for (k=aux3;k<min1;k++)
            {
                for (h=aux4;h<min2;h++)
                {
                    aux20=f2[tam_grad-k-1][tam_grad-h-1];
                    aux21=Gx[i-k][j-h];
                    aux22=Gy[i-k][j-h];
                    aux23=imagen[i-k][j-h];
                    Gxx[i-aux1][j-aux2]=Gxx[i-aux1][j-aux2]+aux20*aux21;
                    Gyy[i-aux1][j-aux2]=Gyy[i-aux1][j-aux2]+aux20*aux22;
                    Gxy[i-aux1][j-aux2]=Gxy[i-aux1][j-aux2]+aux20*aux23;
                };
            };
            Gxx2=Gxx[i-aux1][j-aux2];

```

```

    Gyy2=Gyy[i-aux1][j-aux2];
    Gx2Gy2=Gxx2-Gyy2;
    Gxy2=Gxy[i-aux1][j-aux2];
    aux6=(sqrt(Gxy2*Gxy2 + Gx2Gy2*Gx2Gy2));
    Gxx[i-aux1][j-aux2]=Gx2Gy2;
    Gyy[i-aux1][j-aux2]=Gx2Gy2/aux6;
    Gxy[i-aux1][j-aux2]=Gxy2/aux6;
};

}

convolucion5()
{

int i,j,k,h,aux1,aux2,aux3,min1,min2,aux4=0;
float aux20,aux21,aux5,aux6,aux22,seno,coseno;
aux1=floor(tam_grad/2);
aux2=floor(tam_grad/2);
for (i=aux1;i<aux1+largo;i++)
    for (j=aux2;j<aux2+ancho;j++)
    {
        aux3=max(0,i-largo);
        aux4=max(0,j-ancho);
        seno=0;
        coseno=0;
        min1=min(tam_grad,i+1);
        min2=min(tam_grad,j+1);
        for (k=aux3;k<min1;k++)
        {
            for (h=aux4;h<min2;h++)
            {
                aux20=f2[tam_grad-k-1][tam_grad-h-1];
                aux21=Gxy[i-k][j-h];
                aux22=Gyy[i-k][j-k];
                seno=seno+aux20*aux21;
                coseno=coseno+aux20*aux22;
            };
        };
        Gx[i-aux1][j-aux2]= 3.141592/2 + atan2(seno,coseno)/2;
    };
};

}

gabor()
{
int i,j,k,h,orientindex,min1,min2,aux2,aux1,aux3,aux4;
float aux20,aux21;
int angleInc=20;
aux1=floor(tam_gabor/2);
aux2=floor(tam_gabor/2);

```

```

for ( i=aux1;i<aux1+largo;i++)
    for ( j=aux2;j<aux2+ancho;j++)
    {
        orientindex=floor ((Gx[i-aux1][j-aux2]*180/(3.141592*angleInc))+.5);
        if ( orientindex==0)
            orientindex=180/angleInc;
        aux3=max(0,i-largo);
        aux4=max(0,j-ancho);
        min1=min(tam_gabor,i+1);
        min2=min(tam_gabor,j+1);
        for ( k=aux3;k<min1;k++)
        {
            for ( h=aux4;h<min2;h++)
            {
                aux20=banco[-k-1+((orientindex)*tam_gabor)][tam_gabor-h-1];
                aux21=imnorm[i-k][j-h];
                newim[i-aux1][j-aux2]=newim[i-aux1][j-aux2]+aux20*aux21;
            }
        }
    }
}

main()
{
    int i,j;
    FILE *archivo,*archivo2,*archivo3,*archivo4,*archivo5,*archivo6;
    archivo=fopen("c:\\imagen2.txt","w");
    archivo2=fopen("c:\\Gy.txt","w");
    archivo3=fopen("c:\\Gxx.txt","w");
    archivo4=fopen("c:\\Gyy.txt","w");
    archivo5=fopen("c:\\Gxy.txt","w");
    archivo6=fopen("c:\\Gx.txt","w");
    N2=largo*ancho;
    media();
    varianza();
    normaliza();
    convolucion1();
    convolucion2();
    convolucion5();
    gabor();

    /*-----
    Escritura de las matrices en archivos para poder ser visualizadas
    y comprobar sus resultados
    -----*/

    for ( i=0;i<largo;i++)
    {
        for ( j=0;j<ancho;j++)
        {

```

```

        if (j==ancho-1)
        {
            fprintf(archivo,"%f",newim[i][j]);
            fprintf(archivo2,"%f",Gy[i][j]);
            fprintf(archivo3,"%f",Gxx[i][j]);
            fprintf(archivo4,"%f",Gyy[i][j]);
            fprintf(archivo5,"%f",Gxy[i][j]);
        }
        else
        {
            fprintf(archivo,"%f,",newim[i][j]);
            fprintf(archivo2,"%f,",Gy[i][j]);
            fprintf(archivo3,"%f,",Gxx[i][j]);
            fprintf(archivo4,"%f,",Gyy[i][j]);
            fprintf(archivo5,"%f,",Gxy[i][j]);
        }
    }
    fprintf(archivo,"\n");
    fprintf(archivo2,"\n");
    fprintf(archivo3,"\n");
    fprintf(archivo4,"\n");
    fprintf(archivo5,"\n");
}
fclose(archivo);
fclose(archivo2);
fclose(archivo3);
fclose(archivo4);
fclose(archivo5);
fclose(archivo6);

}

```

## A.2. Código en Matlab

```

function [newim] = PruebaGabor(im)
load banco.mat
load mascaras.mat
f = fspecial('gaussian',19,5);
M=mean(im(:))
Var=var(im(:));
a=size(im);
s=0;
for i=1:a(1)
    for j=1:a(2)
        if im(i,j)>M
            imnorm(i,j)=sqrt(((im(i,j)-M)^2)/Var);
        else
            imnorm(i,j)=-sqrt(((im(i,j)-M)^2)/Var);
        end
    end
end

```



```

        end
    end
end
    Gx = convolucion(fx, immnorm); % Gradientes de la imagen
    Gy = convolucion(fy, immnorm);
    Gxx2 = Gx.^2;
    Gxy2 = Gx.*Gy;
    Gyy2 = Gy.^2;
    Gxx = convolucion(f, Gxx2);
    Gxy = 2*convolucion(f, Gxy2);
    Gyy = convolucion(f, Gyy2);
    denom = sqrt(Gxy.^2 + (Gxx - Gyy).^2) + eps;
    sin2theta2 = Gxy./denom;
    cos2theta2 = (Gxx-Gyy)./denom;
    cos2theta = convolucion(f, cos2theta2);
    sin2theta = convolucion(f, sin2theta2);
    orientim = pi/2 + atan2(sin2theta,cos2theta)/2;
freq=.1;
angleInc=20;
    maxorientindex = round(180/angleInc);
    orientindex = round(orientim/pi*180/angleInc);
    i = find(orientindex < 1);
    orientindex(i) = orientindex(i)+maxorientindex;
    i = find(orientindex > maxorientindex);
    orientindex(i) = orientindex(i)-maxorientindex;
    for r=16:a(1)-16
        for c=16:a(2)-16
            filterindex =1;
            s = 15;
            imaux=immnorm(r-s:r+s, c-s:c+s).*filter{1,orientindex(r,c)};
            newim(r,c) = sum(sum(imaux));
        end
    end
end
    binim = newim > 0;

function y=convolucion(a,b)
N=size(a);
aux1=floor(N(1)/2);
aux2=floor(N(2)/2);
M=size(b);
y=zeros(M(1),M(2));
for i=aux1+1:aux1+M(1)
    for j=aux2+1:aux2+M(2)
        if (i-aux1==1)&&(j-aux2==16)
            i;
        end
        aux3=max(0,i-M(1));

```

```

aux4=max(0,j-M(2));
min1=min(N(1)-1,i-1);
min2=min(N(2)-1,j-1);
for k=aux3:min1
    for h=aux4:min2
        aux20=a(N(1)-k,N(2)-h);
        aux21=b(i-k,j-h);
        y(i-aux1,j-aux2)=y(i-aux1,j-aux2)+aux20*aux21;
    end
end
end
end

```

## Apéndice B

### Diagrama a Bloques del Hardware

A continuación se agregan los diagramas a bloques realizados en System Generator, el diagrama interno del bloque principal y el diagrama interno del bloque 2 se partieron en dos partes a y b para su mejor visualización.

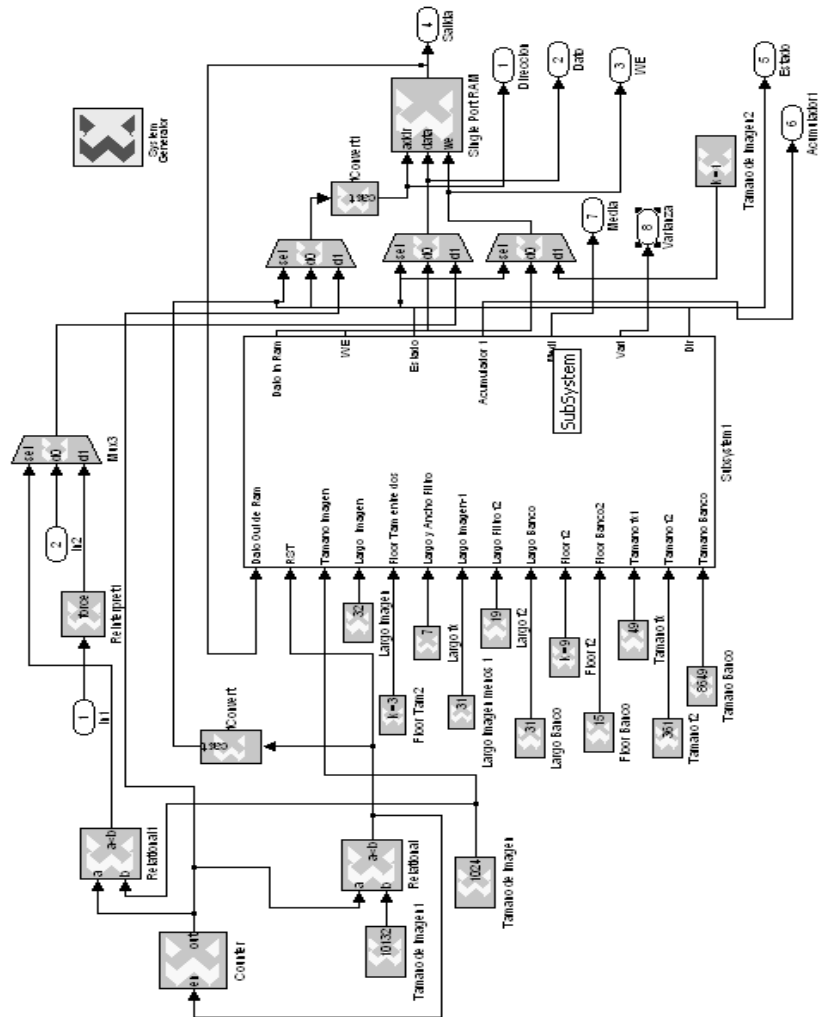


Figura B.1: Bloque Principal

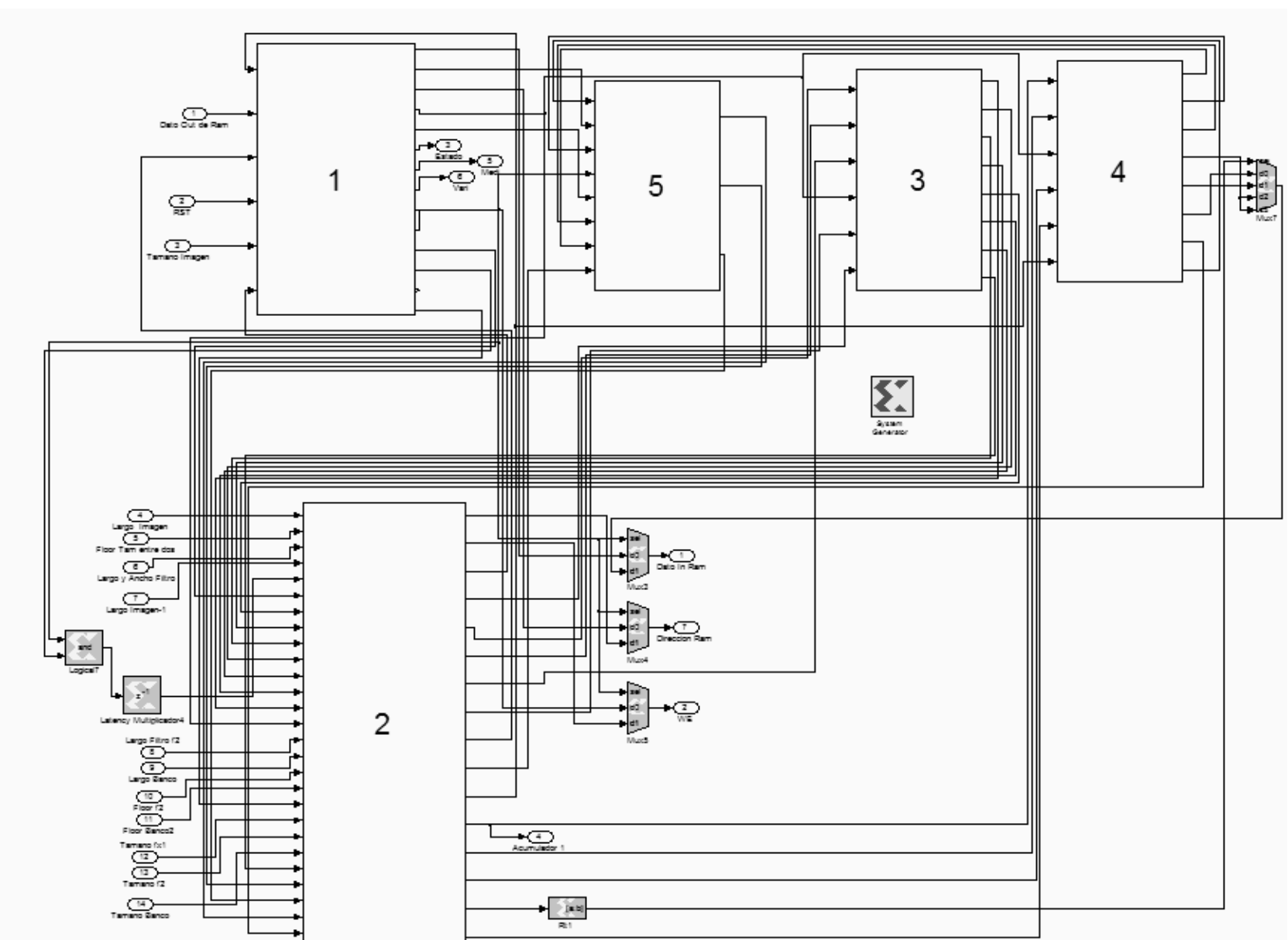


Figura B.2: Diagrama Interno del Bloque Principal

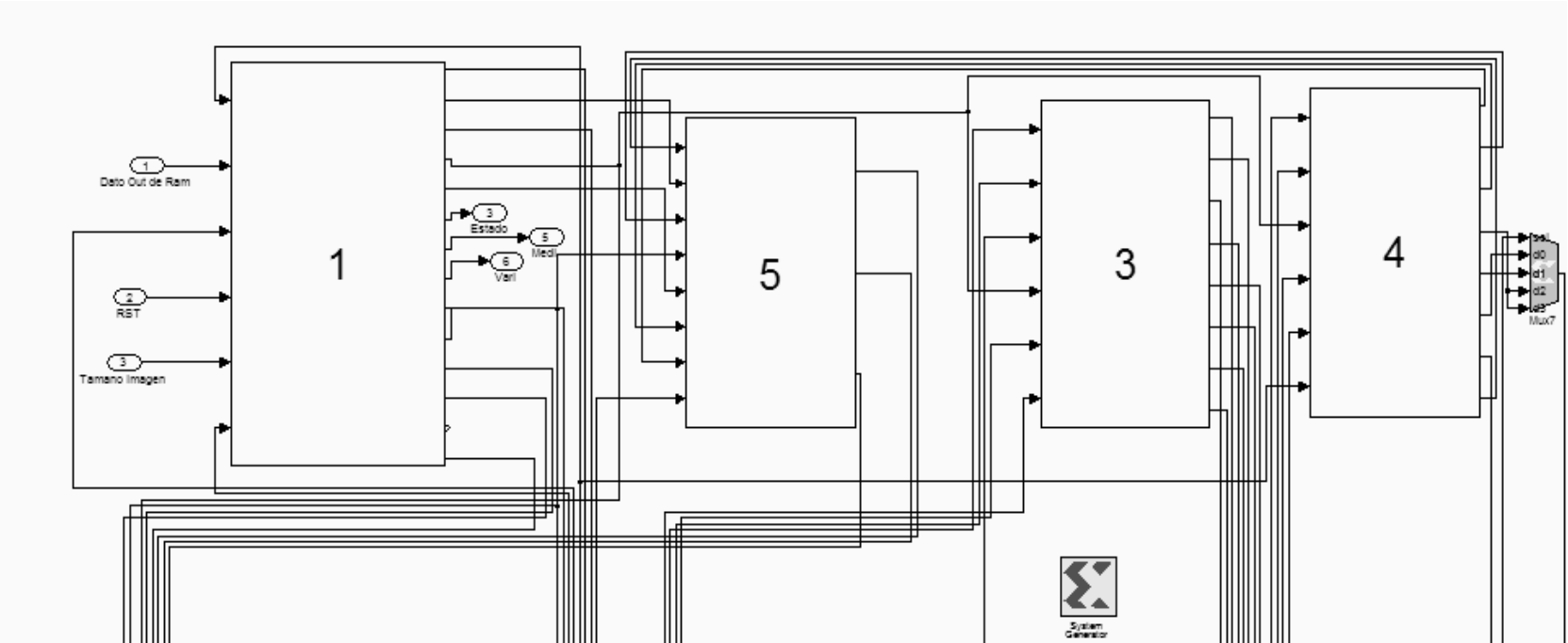


Figura B.3: Parte A del Diagrama Interno del Bloque Principal

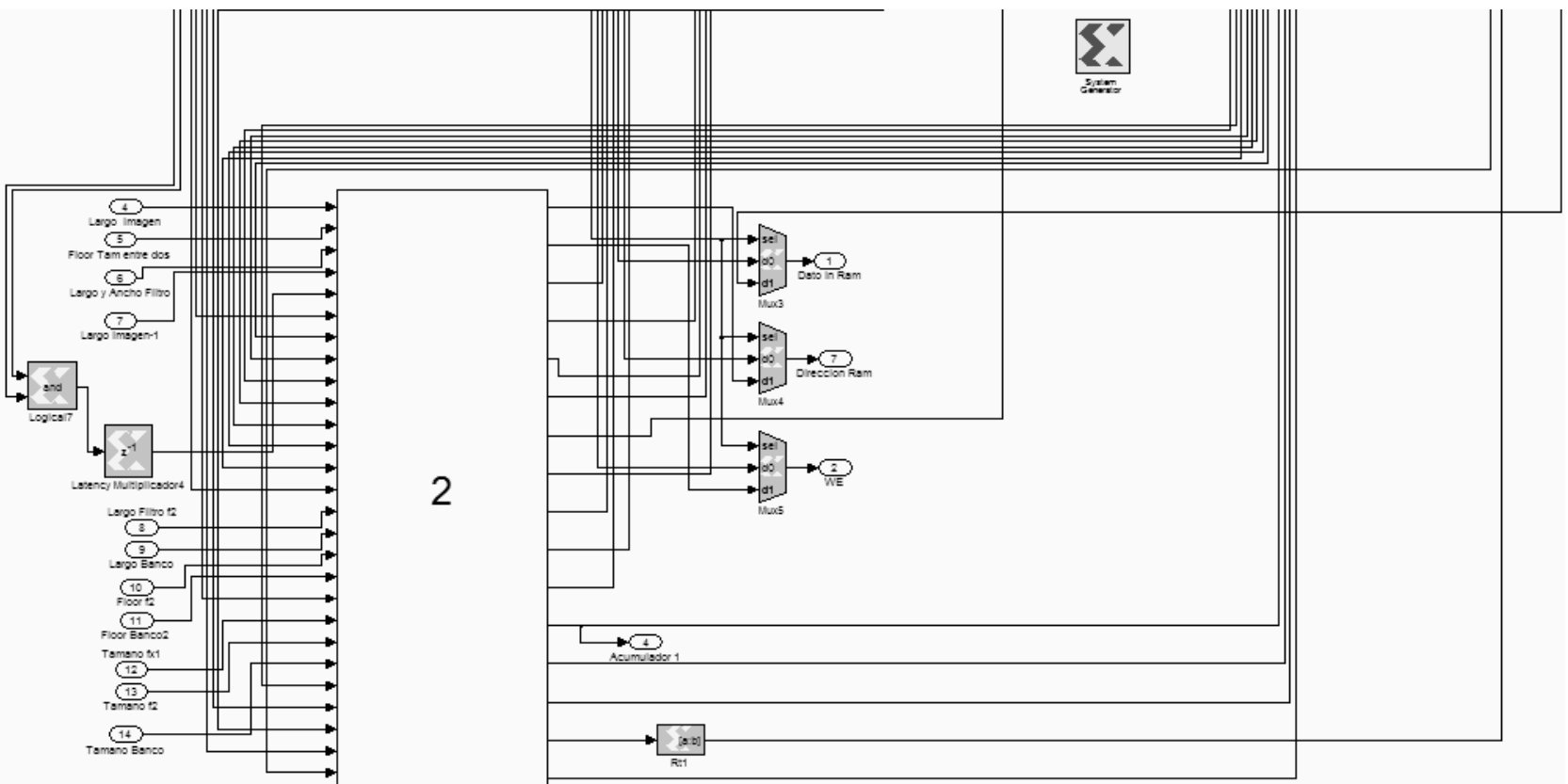


Figura B.4: Parte B del Diagrama Interno del Bloque Principal  
78

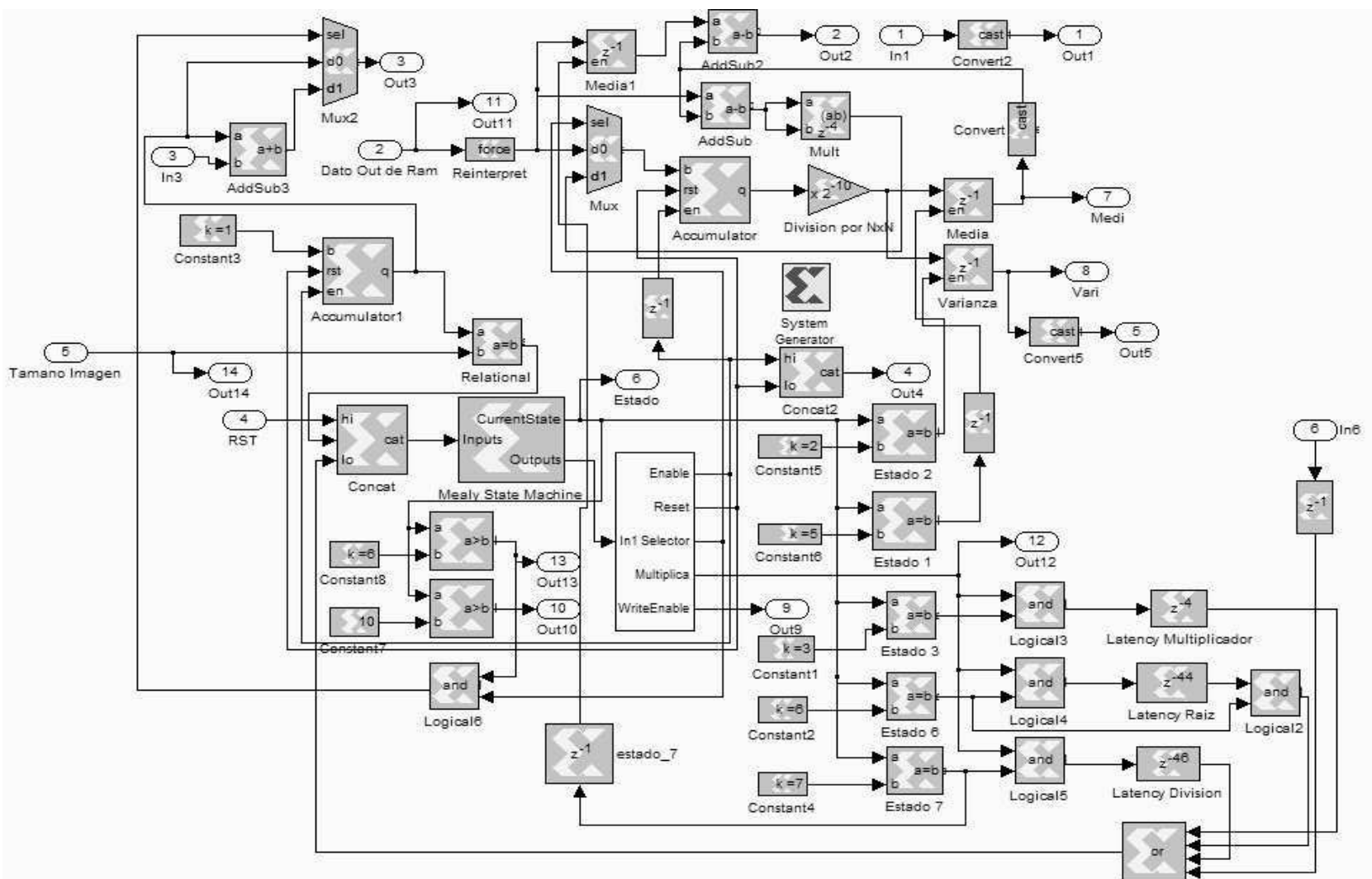


Figura B.5: Diagrama Interno del Bloque 1



Figura B.6: Diagrama Interno del Bloque 2



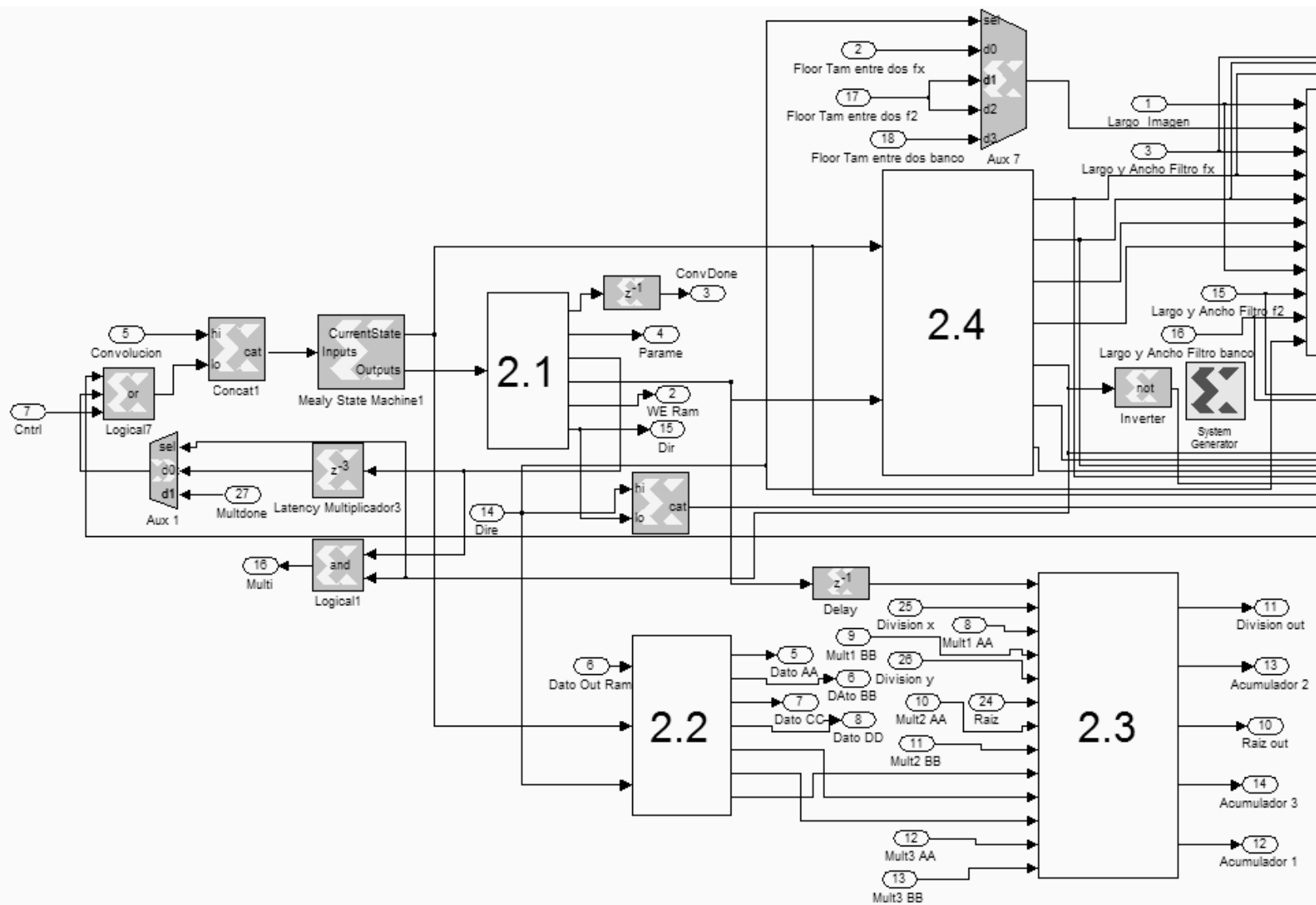


Figura B.7: Parte A del Diagrama Interno del Bloque 2



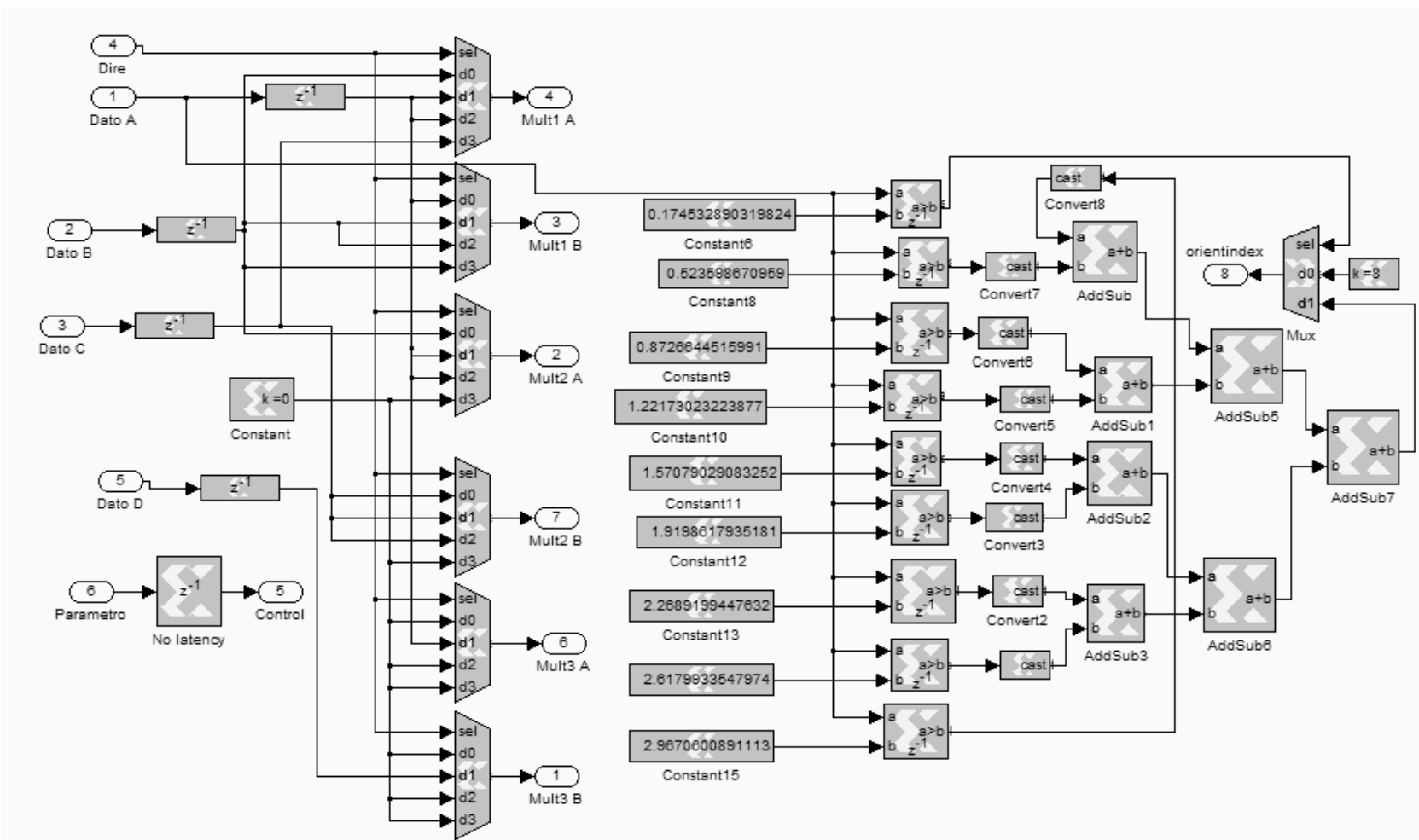


Figura B.9: Diagrama Interno del Bloque 3

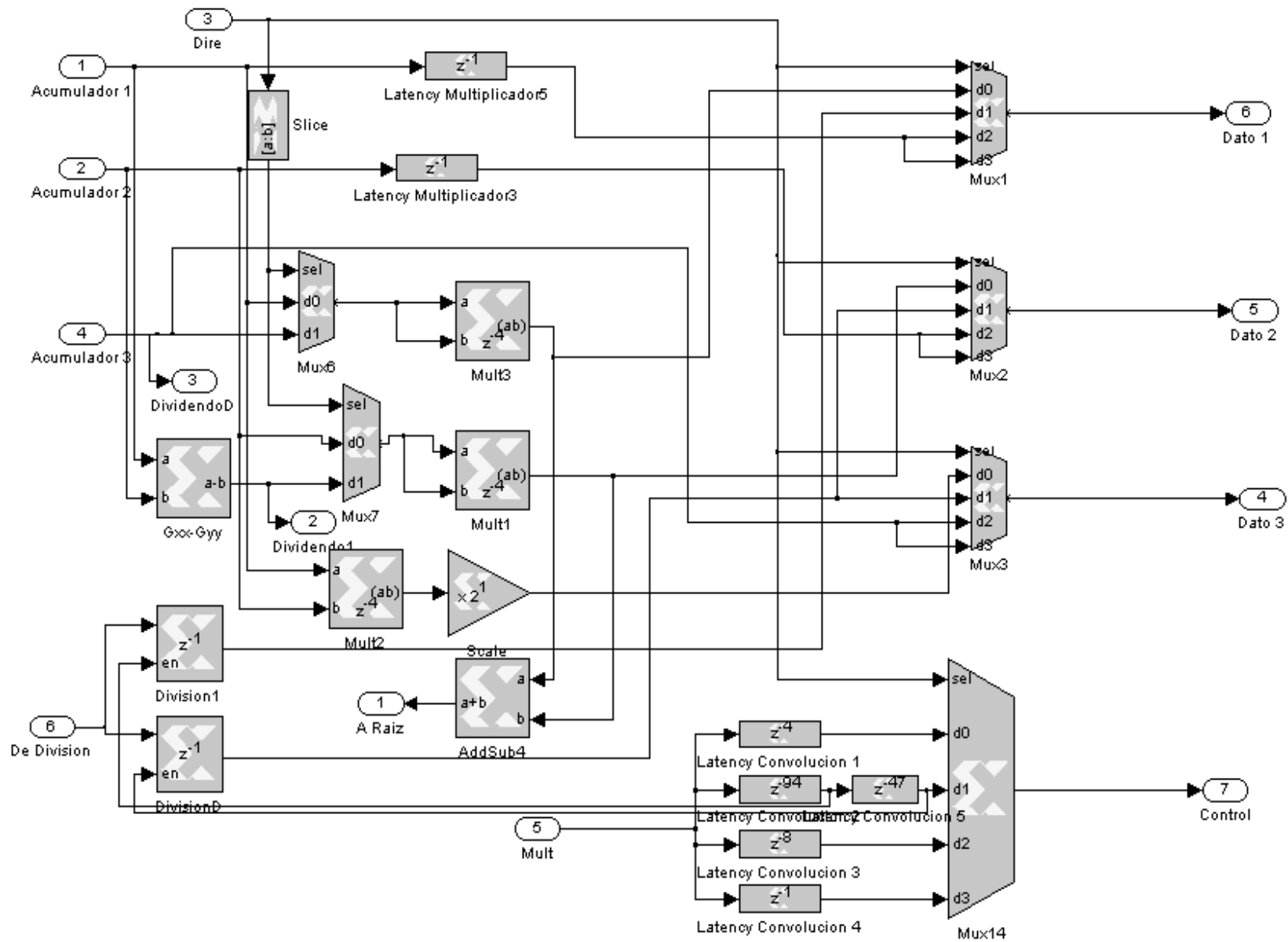


Figura B.10: Diagrama Interno del Bloque 4

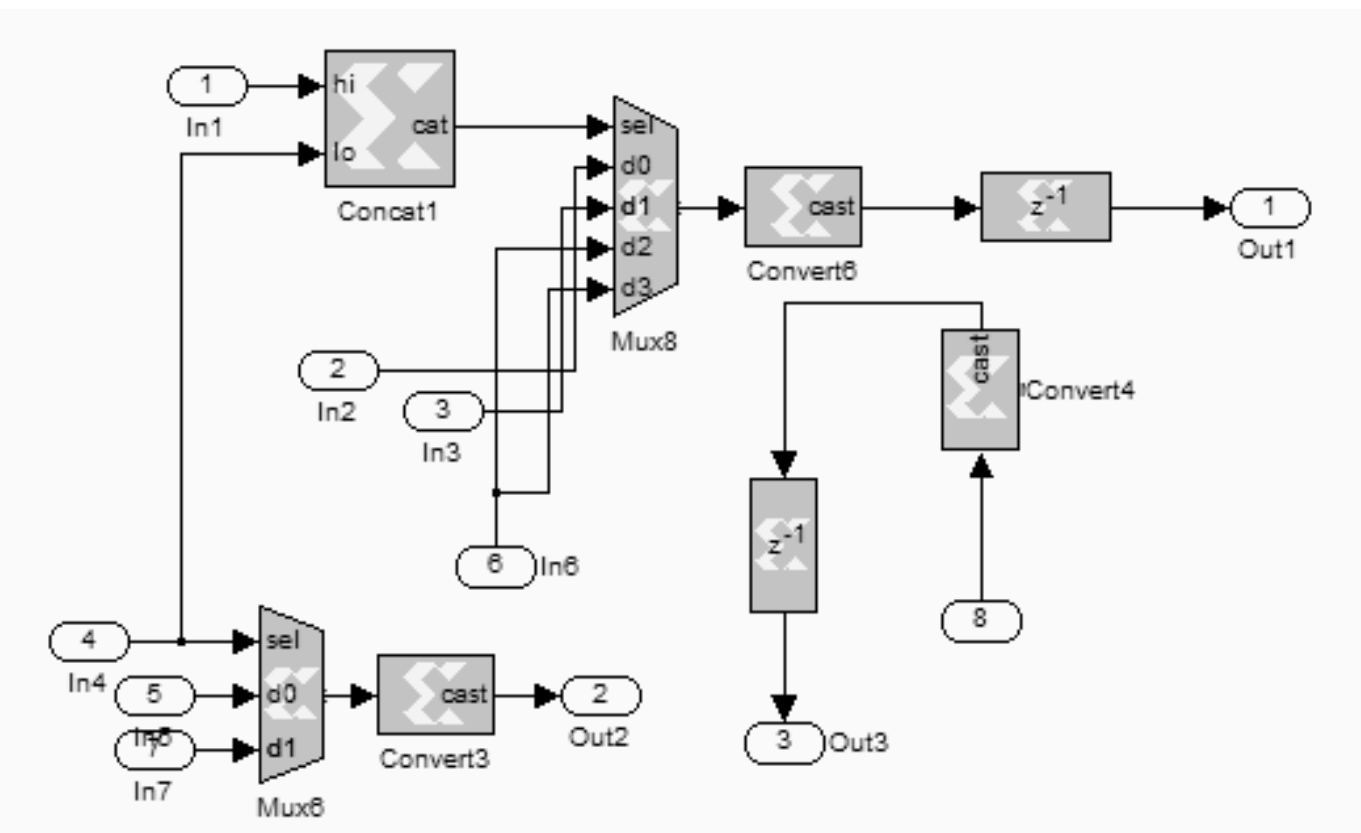


Figura B.11: Diagrama Interno del Bloque 5

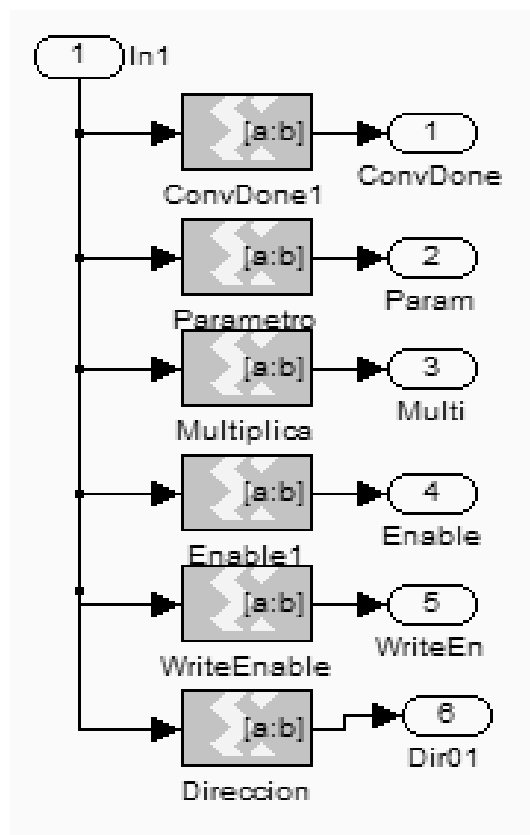


Figura B.12: Diagrama Interno del Bloque 2.1

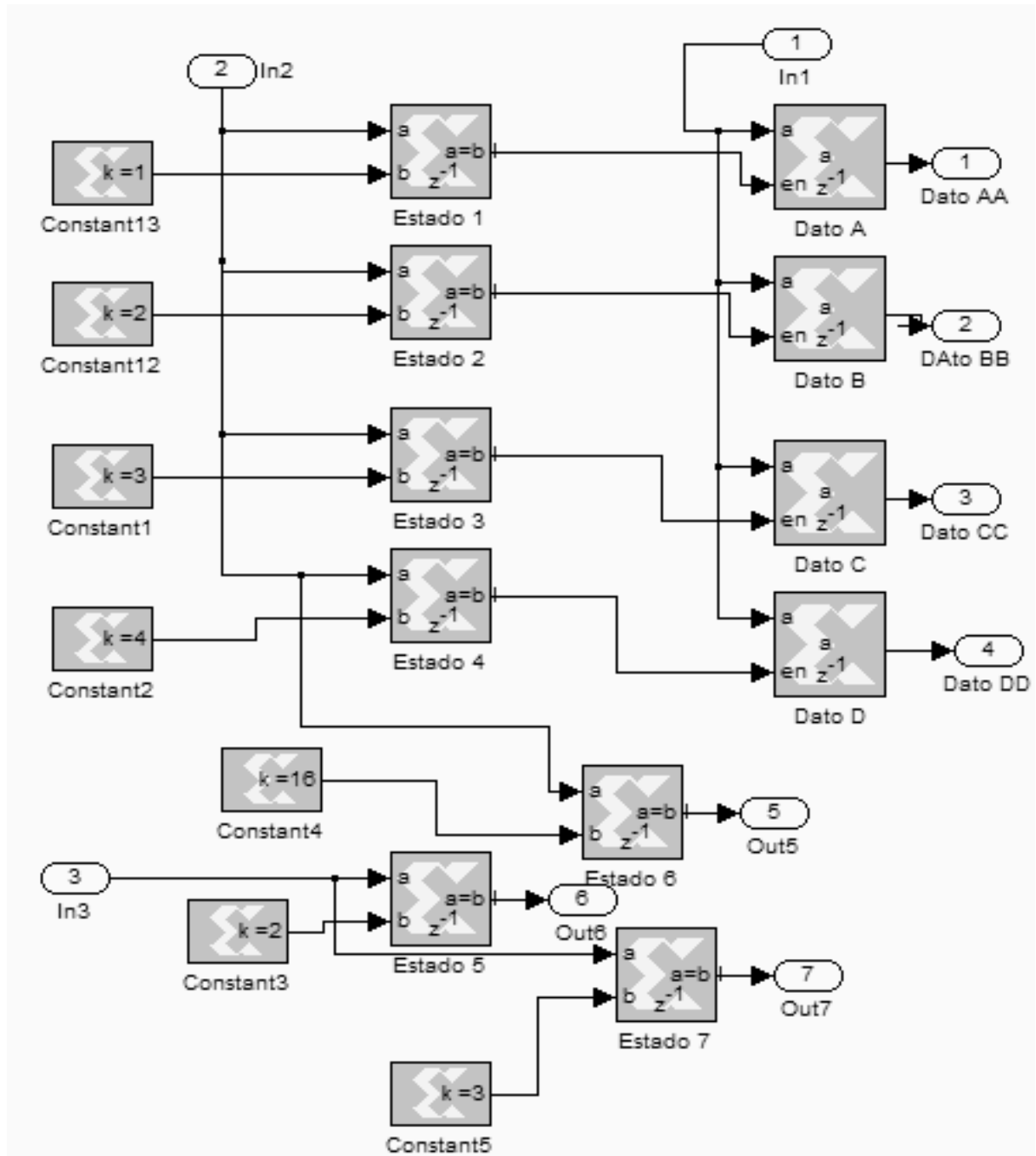


Figura B.13: Diagrama Interno del Bloque 2.2

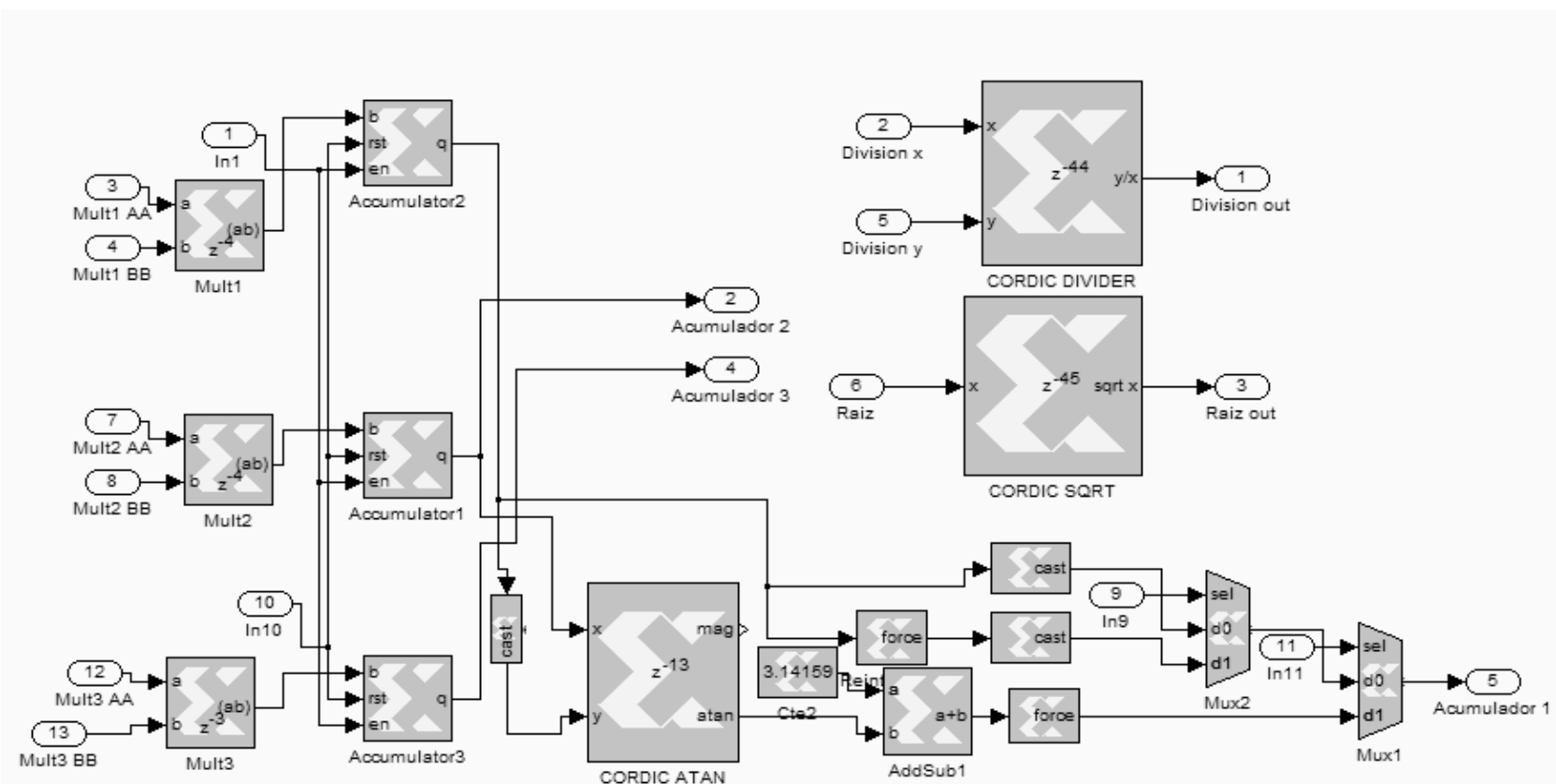


Figura B.14: Diagrama Interno del Bloque 2.3



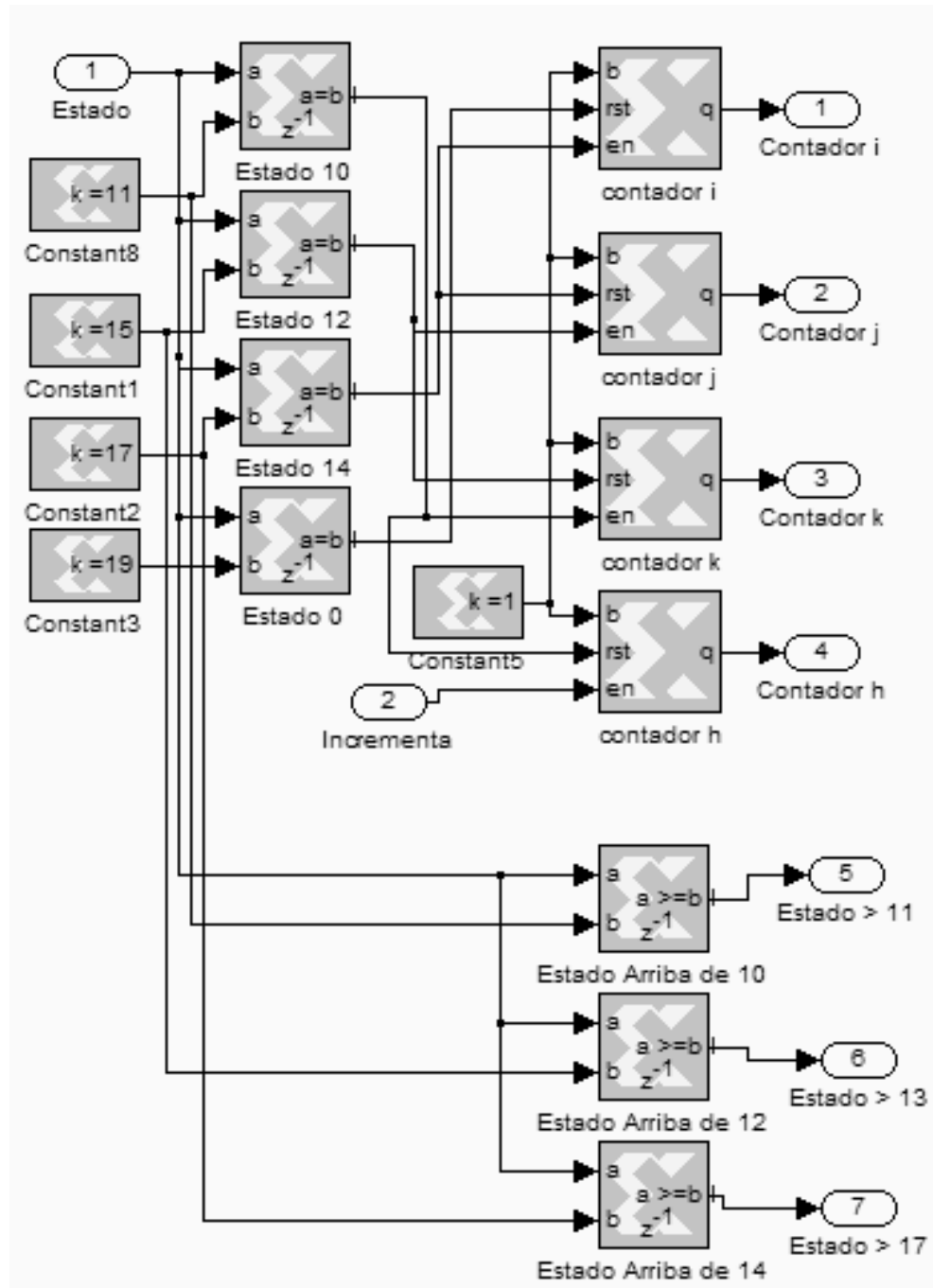


Figura B.15: Diagrama Interno del Bloque 2.4

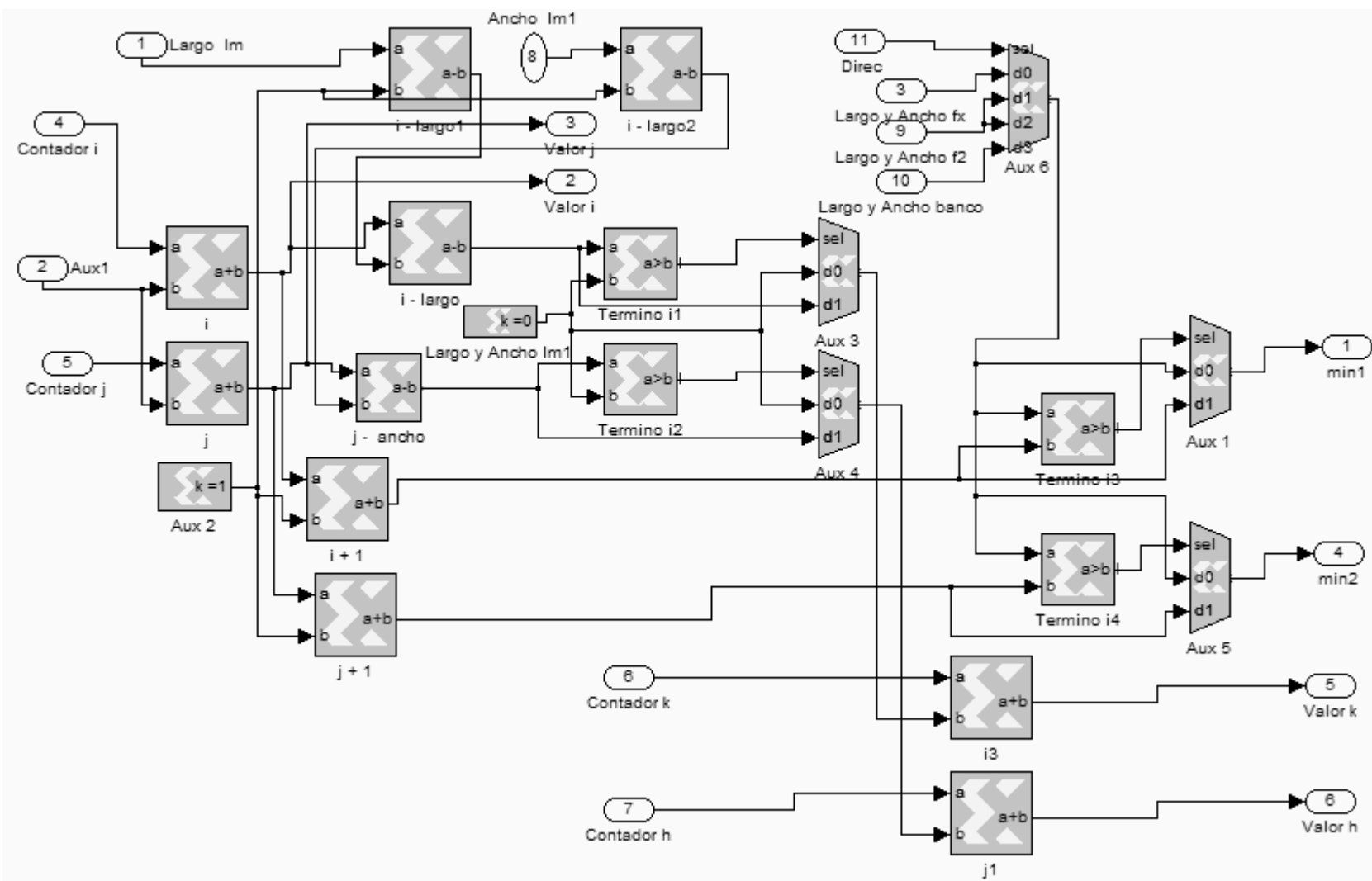


Figura B.16: Diagrama Interno del Bloque 2.5

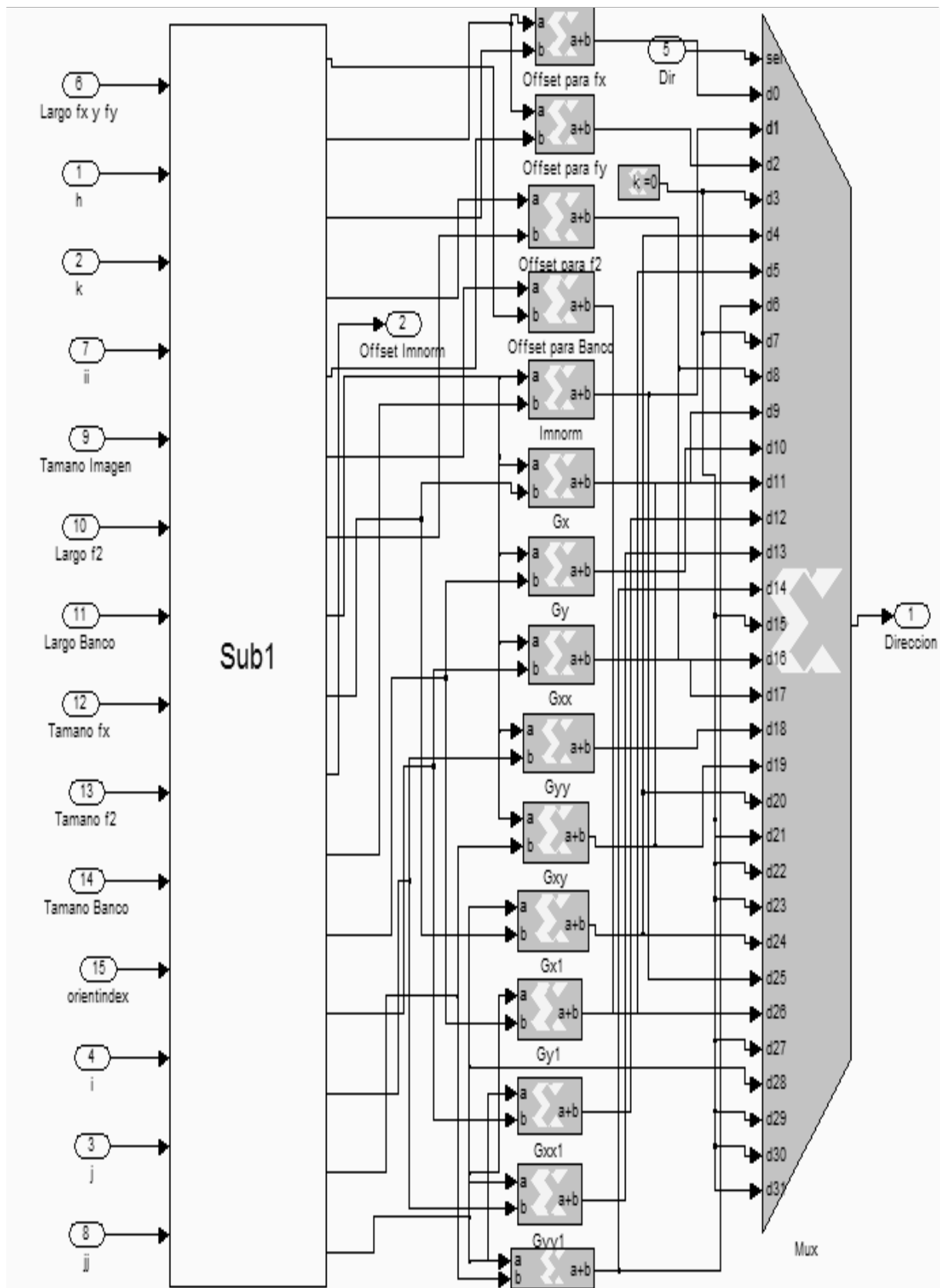


Figura B.17: Diagrama Interno del Bloque 2.6

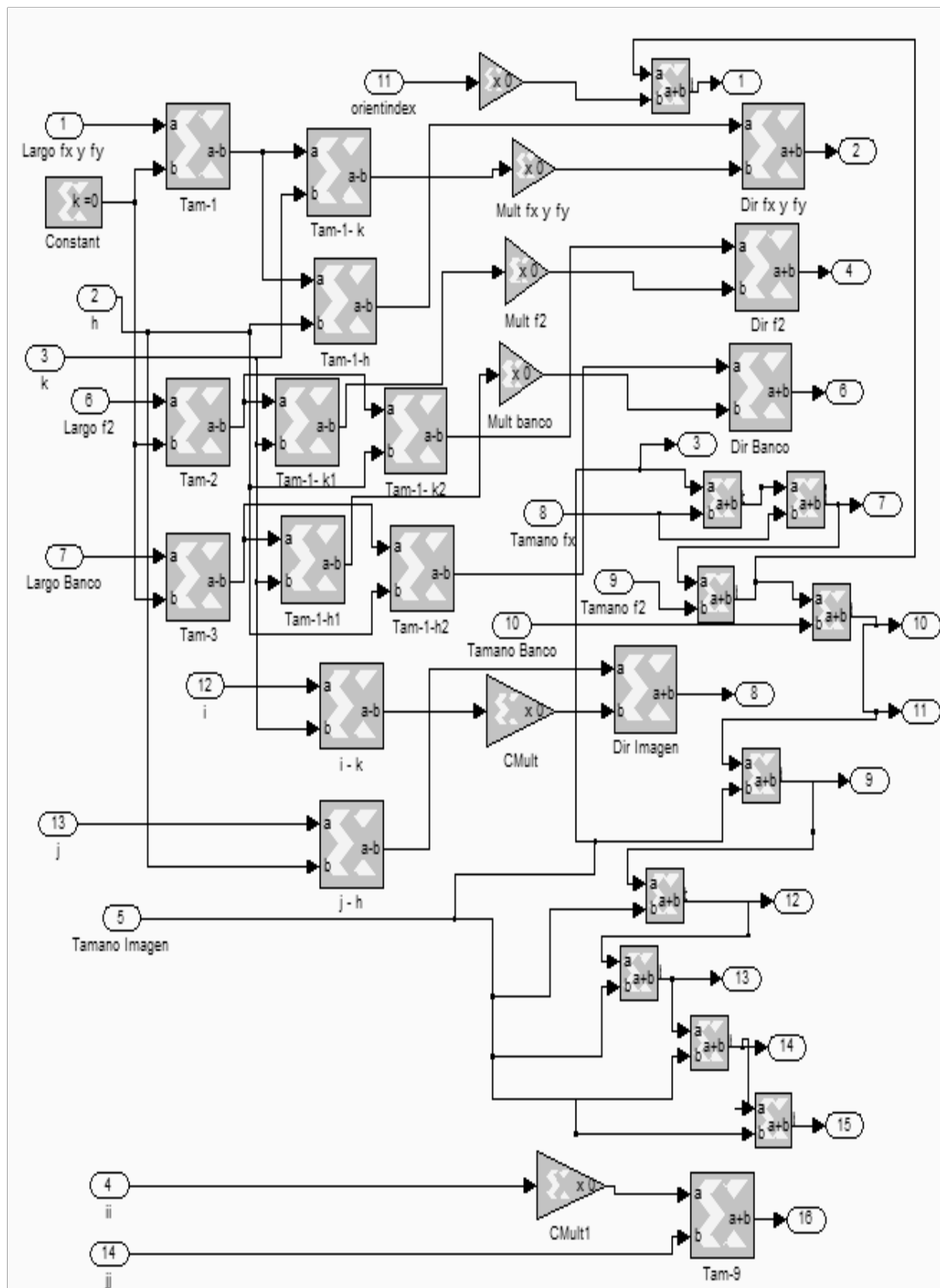


Figura B.18: Diagrama Interno del Bloque Sub

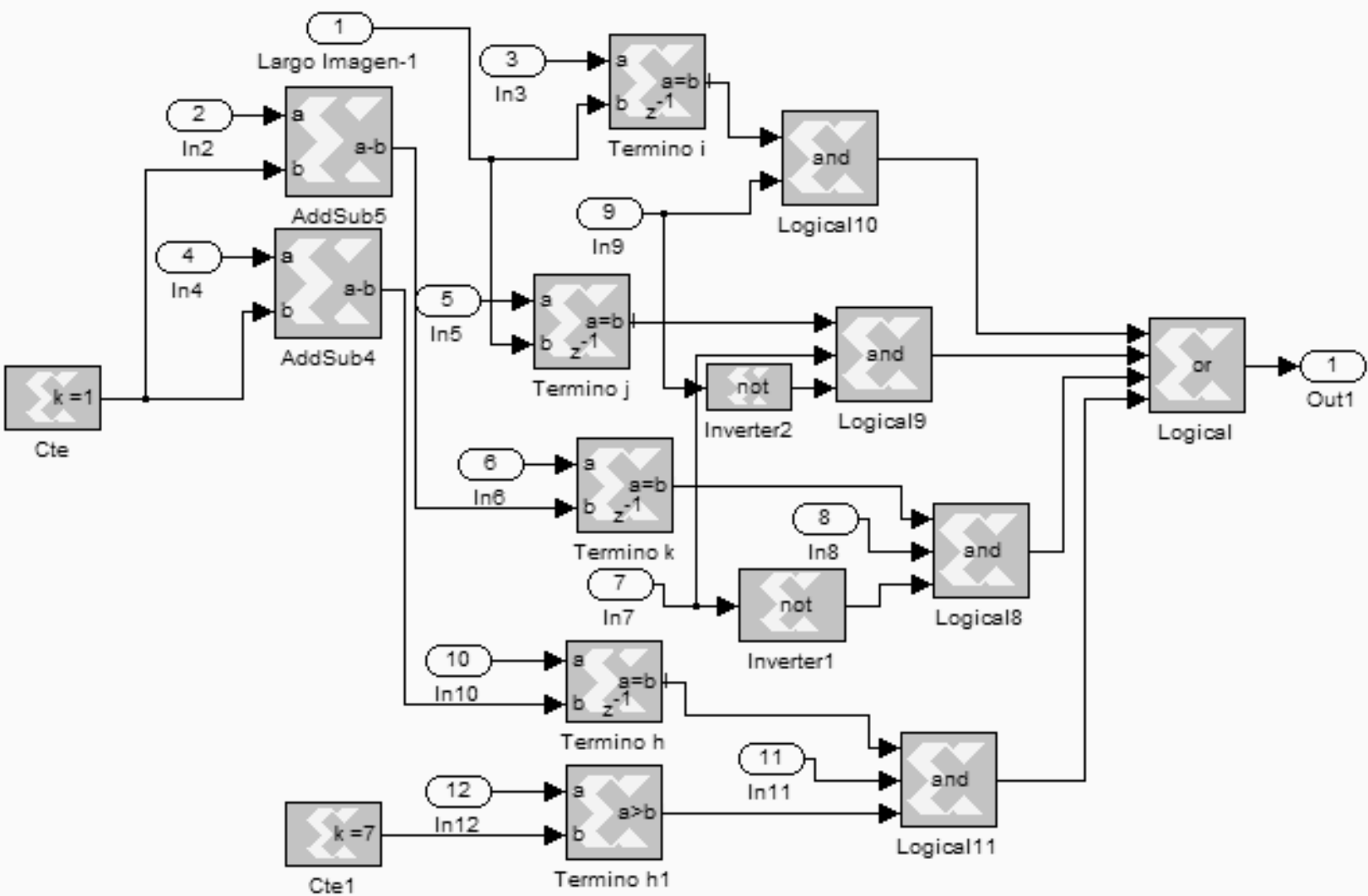


Figura B.19: Diagrama Interno del Bloque 2.7

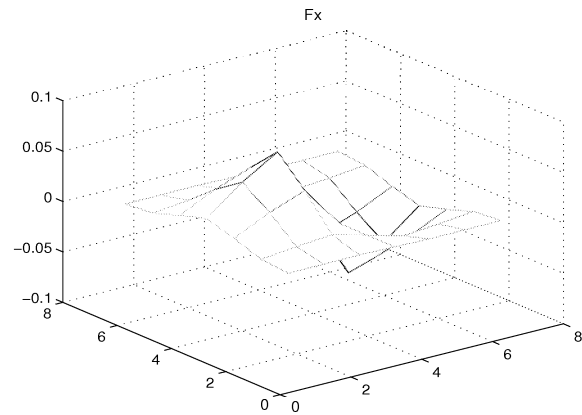


# Apéndice C

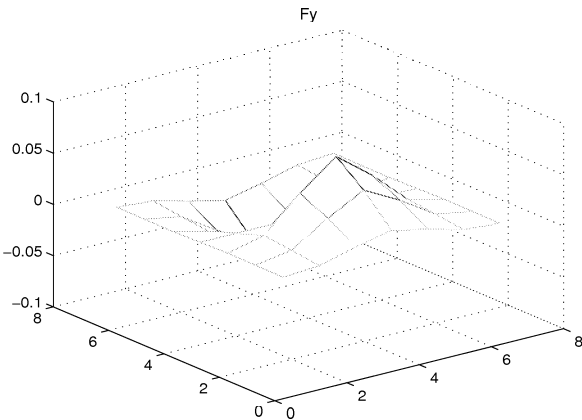
## Filtros

A continuación se muestran los coeficientes de los filtros utilizados:

Fx						
2.2E-04	5.3E-04	7.6E-04	0	-7.6E-04	-5.3E-04	-2.2E-04
2.7E-03	6.4E-03	9.3E-03	0	-9.3E-03	-6.4E-03	-2.7E-03
1.2E-02	2.9E-02	4.2E-02	0	-4.2E-02	-2.9E-02	-1.2E-02
2.0E-02	4.7E-02	6.9E-02	0	-6.9E-02	-4.7E-02	-2.0E-02
1.2E-02	2.9E-02	4.2E-02	0	-4.2E-02	-2.9E-02	-1.2E-02
2.7E-03	6.4E-03	9.3E-03	0	-9.3E-03	-6.4E-03	-2.7E-03
2.2E-04	5.3E-04	7.6E-04	0	-7.6E-04	-5.3E-04	-2.2E-04



Fy						
2.2E-04	2.7E-03	1.2E-02	2.0E-02	1.2E-02	2.7E-03	2.2E-04
5.3E-04	6.4E-03	2.9E-02	4.7E-02	2.9E-02	6.4E-03	5.3E-04
7.6E-04	9.3E-03	4.2E-02	6.9E-02	4.2E-02	9.3E-03	7.6E-04
0	0	0	0	0	0	0
-7.6E-04	-9.3E-03	-4.2E-02	-6.9E-02	-4.2E-02	-9.3E-03	-7.6E-04
-5.3E-04	-6.4E-03	-2.9E-02	-4.7E-02	-2.9E-02	-6.4E-03	-5.3E-04
-2.2E-04	-2.7E-03	-1.2E-02	-2.0E-02	-1.2E-02	-2.7E-03	-2.2E-04



### Filtro de Gabor a 20 grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-04	1.4E-03	1.8E-03	2.2E-03	2.2E-03	1.6E-03	9.7E-04	-6.0E-04	-3.1E-03	-4.8E-03	-7.0E-03	-9.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-03	2.6E-03	4.0E-03	5.4E-03	6.7E-03	7.7E-03	8.0E-03	6.8E-03	4.3E-03	1.7E-03	-2.8E-03	-7.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-04	1.6E-03	3.2E-03	5.7E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.0E-02	2.1E-02	2.2E-02	1.9E-02	1.4E-02	7.6E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.6E-04	-1.9E-04	1.5E-03	4.4E-03	8.6E-03	1.6E-02	2.3E-02	3.1E-02	4.0E-02	4.6E-02	4.8E-02	4.6E-02	4.1E-02
0.0E+00	0.0E+00	-1.0E-04	-3.5E-03	-4.4E-03	-4.4E-03	-3.3E-03	4.2E-04	8.9E-03	1.8E-02	3.2E-02	5.1E-02	6.4E-02	7.6E-02	8.7E-02	8.6E-02
0.0E+00	0.0E+00	-2.4E-03	-7.5E-03	-1.1E-02	-1.5E-02	-1.8E-02	-1.9E-02	-1.6E-02	-9.0E-03	6.1E-03	3.2E-02	5.2E-02	7.9E-02	1.1E-01	1.2E-01
0.0E+00	0.0E+00	-4.6E-03	-1.0E-02	-1.7E-02	-2.7E-02	-3.8E-02	-4.9E-02	-5.9E-02	-6.2E-02	-5.6E-02	-3.9E-02	-1.4E-02	2.5E-02	6.8E-02	9.9E-02
0.0E+00	-1.3E-04	-3.2E-03	-7.8E-03	-1.7E-02	-3.1E-02	-4.9E-02	-7.4E-02	-1.0E-01	-1.3E-01	-1.4E-01	-1.5E-01	-1.4E-01	-1.1E-01	-6.1E-02	-9.9E-03
0.0E+00	3.5E-04	3.1E-03	6.8E-04	-6.3E-03	-2.0E-02	-4.1E-02	-7.5E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-2.2E-01	-2.6E-01	-2.8E-01	-2.9E-01	-2.6E-01	-2.1E-01
0.0E+00	7.3E-03	1.2E-02	1.5E-02	1.7E-02	1.2E-02	-2.1E-03	-3.3E-02	-7.7E-02	-1.4E-01	-2.3E-01	-3.0E-01	-3.7E-01	-4.4E-01	-4.5E-01	-4.3E-01
2.0E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.0E-02	4.4E-02	5.6E-02	6.1E-02	5.6E-02	3.1E-02	-2.3E-02	-1.1E-01	-2.0E-01	-3.2E-01	-4.5E-01	-5.1E-01	-5.6E-01
3.6E-03	1.2E-02	2.2E-02	3.9E-02	6.6E-02	9.3E-02	1.3E-01	1.6E-01	1.7E-01	1.6E-01	1.2E-01	4.3E-02	-7.9E-02	-2.3E-01	-3.5E-01	-4.9E-01
1.1E-03	5.5E-03	1.5E-02	3.2E-02	6.2E-02	1.0E-01	1.6E-01	2.3E-01	2.9E-01	3.5E-01	3.8E-01	3.6E-01	2.9E-01	1.8E-01	2.4E-02	-1.6E-01
-4.4E-03	-4.6E-03	-3.2E-03	8.9E-03	3.0E-02	6.8E-02	1.3E-01	2.2E-01	3.1E-01	4.3E-01	5.4E-01	6.0E-01	6.4E-01	6.1E-01	4.9E-01	3.4E-01
-9.5E-03	-1.5E-02	-1.9E-02	-2.1E-02	-1.7E-02	3.7E-03	4.5E-02	1.1E-01	2.2E-01	3.6E-01	5.1E-01	6.5E-01	8.0E-01	8.6E-01	8.4E-01	8.0E-01
-1.1E-02	-1.9E-02	-3.1E-02	-4.7E-02	-6.1E-02	-6.9E-02	-6.9E-02	-3.7E-02	3.0E-02	1.4E-01	2.8E-01	4.6E-01	6.6E-01	8.0E-01	9.1E-01	1.0E+00
-8.7E-03	-1.7E-02	-3.2E-02	-5.5E-02	-8.2E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-1.7E-01	-1.7E-01	-1.4E-01	-4.6E-02	9.3E-02	2.7E-01	4.5E-01	6.4E-01	8.0E-01
-3.2E-03	-9.5E-03	-2.2E-02	-4.3E-02	-7.4E-02	-1.2E-01	-1.8E-01	-2.4E-01	-3.0E-01	-3.5E-01	-3.3E-01	-2.8E-01	-1.9E-01	-2.0E-02	1.6E-01	3.4E-01
2.5E-03	3.5E-04	-5.2E-03	-1.7E-02	-4.1E-02	-8.1E-02	-1.4E-01	-2.1E-01	-3.9E-01	-4.6E-01	-5.1E-01	-5.0E-01	-5.1E-01	-5.0E-01	-3.1E-01	-1.6E-01
6.1E-03	8.0E-03	9.7E-03	8.2E-03	-2.2E-03	-2.2E-02	-5.9E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-3.0E-01	-4.1E-01	-5.2E-01	-5.7E-01	-5.9E-01	-5.8E-01	-4.9E-01
6.6E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.4E-02	2.7E-02	2.9E-02	1.6E-02	-1.4E-02	-6.1E-02	-1.4E-01	-2.3E-01	-3.4E-01	-4.4E-01	-5.2E-01	-5.9E-01	-5.6E-01
4.8E-03	9.3E-03	1.7E-02	2.6E-02	3.8E-02	5.4E-02	6.1E-02	6.3E-02	5.9E-02	1.8E-02	-4.0E-02	-1.1E-01	-2.1E-01	-3.0E-01	-3.9E-01	-4.8E-01
2.2E-03	5.2E-03	1.0E-02	1.9E-02	3.2E-02	5.1E-02	6.9E-02	9.0E-02	1.1E-01	1.1E-01	9.6E-02	7.2E-02	5.9E-03	-6.2E-02	-1.3E-01	-2.1E-01
-5.5E-05	1.0E-03	9.2E-03	8.9E-03	1.8E-02	3.1E-02	5.1E-02	7.5E-02	1.0E-01	1.2E-01	1.4E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.9E-02	5.4E-02	-9.9E-03
-1.2E-03	-1.6E-03	-1.5E-03	4.5E-04	3.9E-03	1.1E-02	2.4E-02	4.1E-02	6.4E-02	9.0E-02	1.2E-01	1.4E-01	1.5E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.9E-02
-1.4E-03	-2.3E-03	-3.3E-03	-3.9E-03	-4.4E-03	-2.7E-03	2.5E-03	9.7E-03	2.4E-02	4.3E-02	6.4E-02	8.6E-02	1.1E-01	1.2E-01	1.2E-01	1.2E-01
-7.1E-04	-1.7E-03	-2.9E-03	-4.5E-03	-6.6E-03	-7.8E-03	-8.2E-03	8.2E-03	2.6E-03	6.1E-03	1.6E-02	3.3E-02	5.1E-02	6.6E-02	7.9E-02	8.6E-02
0.0E+00	0.0E+00	-8.3E-04	-2.5E-03	-4.9E-03	-7.2E-03	-9.8E-03	-1.3E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-1.0E-02	-6.1E-04	8.6E-03	1.8E-02	3.1E-02	4.1E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.2E-04	-2.5E-03	-5.7E-03	-9.4E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-1.6E-02	-1.4E-02	-1.1E-02	-6.8E-03	1.4E-03	7.6E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.0E-03	-4.7E-03	-8.7E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-1.4E-02	-1.3E-02	-9.9E-03	-7.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-2.1E-03	-5.7E-03	-8.7E-03	-9.8E-03	-9.2E-03

### Filtro de Gabor a 20 grados (Columnas 17-31)

-9.8E-03	-9.9E-03	-8.7E-03	-5.7E-03	-2.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-9.9E-03	-1.3E-02	-1.4E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-8.7E-03	-4.7E-03	-1.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.4E-03	-6.8E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-1.6E-02	-1.4E-02	-1.2E-02	-9.4E-03	-5.7E-03	-2.5E-03	-1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3.1E-02	1.8E-02	8.6E-03	6.1E-04	-1.0E-02	-1.2E-02	-1.3E-02	-9.8E-03	-7.2E-03	-4.9E-03	-2.5E-03	-8.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
7.9E-02	6.6E-02	5.1E-02	3.3E-02	1.6E-02	6.1E-03	-2.6E-03	-8.2E-03	-8.2E-03	-7.8E-03	-6.6E-03	-4.5E-03	-2.9E-03	-1.7E-03	-7.1E-04	-1.2E-04
1.2E-01	1.2E-01	1.1E-01	8.6E-02	6.4E-02	4.3E-02	2.4E-02	9.7E-03	2.5E-03	-2.7E-03	-4.4E-03	-3.9E-03	-3.3E-03	-2.3E-03	-1.4E-03	-1.4E-03
1.3E-01	1.5E-01	1.5E-01	1.4E-01	1.2E-01	9.0E-02	6.4E-02	4.1E-02	2.4E-02	1.1E-02	3.9E-03	4.5E-04	-1.5E-03	-1.6E-03	-1.2E-03	-1.2E-03
5.4E-02	9.9E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.4E-01	1.2E-01	1.0E-01	7.5E-02	5.1E-02	3.1E-02	1.8E-02	8.9E-03	3.2E-03	1.0E-03	-5.5E-05	-5.5E-05
-1.3E-01	-6.2E-02	5.9E-03	7.2E-02	9.6E-02	1.1E-01	1.1E-01	9.0E-02	6.9E-02	5.1E-02	3.2E-02	1.9E-02	1.0E-02	5.2E-03	2.2E-03	2.2E-03
-3.9E-01	-3.0E-01	-2.1E-01	-1.1E-01	-4.0E-02	1.8E-02	5.9E-02	6.3E-02	6.1E-02	5.4E-02	3.8E-02	2.6E-02	1.7E-02	9.3E-03	4.8E-03	4.8E-03
-5.9E-01	-5.2E-01	-4.4E-01	-3.4E-01	-2.3E-01	-1.4E-01	-6.1E-02	-1.4E-02	1.6E-02	2.9E-02	2.7E-02	2.4E-02	1.8E-02	1.1E-02	6.6E-03	6.6E-03
-5.8E-01	-5.9E-01	-5.7E-01	-5.2E-01	-4.1E-01	-3.0E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	-5.9E-02	-2.2E-02	-2.2E-03	8.2E-03	9.7E-03	8.0E-03	6.1E-03	6.1E-03
-3.1E-01	-4.2E-01	-5.0E-01	-5.1E-01	-4.6E-01	-3.9E-01	-3.0E-01	-2.1E-01	-1.4E-01	-8.1E-02	-4.1E-02	-1.7E-02	-5.2E-03	3.5E-04	2.5E-03	2.5E-03
1.6E-01	-2.0E-02	-1.9E-01	-2.8E-01	-3.3E-01	-3.5E-01	-3.0E-01	-2.4E-01	-1.8E-01	-1.2E-01	-7.4E-02	-4.3E-02	-2.2E-02	-9.5E-03	-3.2E-03	-3.2E-03
6.4E-01	4.5E-01	2.7E-01	9.3E-02	-4.6E-02	-1.4E-01	-1.7E-01	-1.7E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-8.2E-02	-5.5E-02	-3.2E-02	-1.7E-02	-8.7E-03	-8.7E-03
9.1E-01	8.0E-01	6.6E-01	4.6E-01	2.8E-01	1.4E-01	3.0E-02	-3.7E-02	-6.9E-02	-6.9E-02	-6.1E-02	-4.7E-02	-3.1E-02	-1.9E-02	-1.1E-02	-1.1E-02
8.4E-01	8.6E-01	8.0E-01	6.5E-01	5.1E-01	3.6E-01	2.2E-01	1.1E-01	4.5E-02	3.7E-03	-1.7E-02	-2.1E-02	-1.9E-02	-1.5E-02	-9.5E-03	-9.5E-03
4.9E-01	6.1E-01	6.4E-01	6.0E-01	5.4E-01	4.3E-01	3.1E-01	2.2E-01	1.3E-01	6.8E-02	3.0E-02	9.4E-03	-8.3E-04	-4.6E-03	-4.4E-03	-4.4E-03
2.4E-02	1.8E-01	2.9E-01	3.6E-01	3.8E-01	3.5E-01	2.9E-01	2.3E-01	1.6E-01	1.0E-01	6.2E-02	3.2E-02	1.5E-02	5.5E-03	1.1E-03	1.1E-03
-3.5E-01	-2.3E-01	-7.9E-02	4.3E-02	1.2E-01	1.6E-01	1.7E-01	1.6E-01	1.3E-01	9.3E-02	6.6E-02	3.9E-02	2.2E-02	1.2E-02	3.6E-03	3.6E-03
-5.1E-01	-4.5E-01	-3.2E-01	-2.0E-01	-1.1E-01	-2.3E-02	3.1E-02	5.6E-02	6.1E-02	5.6E-02	4.4E-02	3.0E-02	2.0E-02	1.2E-02	2.0E-03	2.0E-03
-4.5E-01	-4.4E-01	-3.7E-01	-3.0E-01	-2.3E-01	-1.4E-01	-7.7E-02	-3.3E-02	-2.1E-03	1.2E-02	1.7E-02	1.5E-02	1.2E-02	7.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.6E-01	-2.9E-01	-2.8E-01	-2.6E-01	-2.2E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-7.5E-02	-4.1E-02	-2.0E-02	-6.3E-03	6.8E-04	3.1E-03	2.0E-03	0.0E+00	0.0E+00
-6.1E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	-1.5E-01	-1.4E-01	-1.3E-01	-1.0E-01	-7.4E-02	-4.9E-02	-3.1E-02	-1.7E-02	-7.8E-03	-3.2E-03	-1.3E-04	0.0E+00	0.0E+00
6.8E-02	2.5E-02	-1.4E-02	-3.9E-02	-5.6E-02	-6.2E-02	-5.9E-02	-4.9E-02	-3.8E-02	-2.7E-02	-1.7E-02	-1.0E-02	-4.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.1E-01	7.9E-02	5.2E-02	3.2E-02	6.1E-03	-9.0E-03	-1.6E-02	-1.9E-02	-1.8E-02	-1.5E-02	-1.1E-02	-7.5E-03	-2.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
8.7E-02	7.6E-02	6.4E-02	5.1E-02	3.2E-02	1.8E-02	8.9E-03	4.2E-04	-3.3E-03	-4.4E-03	-4.4E-03	-3.5E-03	-1.0E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
4.6E-02	4.8E-02	4.6E-02	4.0E-02	3.1E-02	2.3E-02	1.6E-02	8.6E-03	4.4E-03	1.5E-03	-1.9E-04	-5.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.4E-02	1.9E-02	2.2E-02	2.1E-02	2.0E-02	1.6E-02	1.2E-02	8.5E-03	5.7E-03	3.2E-03	1.6E-03	2.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.8E-03	1.7E-03	4.3E-03	6.8E-03	8.0E-03	7.7E-03	6.7E-03	5.4E-03	4.0E-03	2.6E-03	1.5E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-7.0E-03	-4.8E-03	-3.1E-03	-6.0E-04	9.7E-04	1.6E-03	2.2E-03	2.2E-03	1.8E-03	1.4E-03	6.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00





### Filtro de Gabor a 60 Grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-05	-1.8E-03	-6.6E-03	-9.4E-03	-8.9E-03	-5.9E-03	-5.1E-04
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-03	3.7E-03	-1.1E-03	-8.2E-03	-1.5E-02	-1.8E-02	-1.5E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-03	7.5E-03	1.2E-02	1.1E-02	4.5E-03	-8.2E-03	-2.2E-02	-3.0E-02	-3.0E-02	-2.1E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.2E-04	-5.0E-04	4.7E-03	1.3E-02	2.1E-02	2.4E-02	1.6E-02	-2.8E-04	-2.3E-02	-4.5E-02	-5.4E-02	-4.6E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-3.2E-03	-6.4E-03	-4.7E-03	2.5E-03	1.5E-02	3.0E-02	4.2E-02	3.9E-02	1.9E-02	-1.8E-02	-5.7E-02	-8.0E-02	-8.3E-02	
0.0E+00	-3.4E-04	-3.0E-03	-7.4E-03	-1.1E-02	-1.2E-02	-4.6E-03	1.3E-02	4.0E-02	6.5E-02	7.2E-02	5.5E-02	8.6E-03	-5.4E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	
9.6E-04	1.3E-04	-3.2E-03	-9.5E-03	-1.8E-02	-2.3E-02	-1.8E-02	3.3E-03	4.0E-02	8.4E-02	1.2E-01	1.1E-01	6.0E-02	-2.8E-02	-1.2E-01	-1.8E-01	
2.6E-03	2.0E-03	-1.8E-03	-1.0E-02	-2.3E-02	-3.5E-02	-3.9E-02	-2.0E-02	2.9E-02	9.7E-02	1.6E-01	1.8E-01	1.4E-01	4.0E-02	-1.0E-01	-2.3E-01	
3.9E-03	4.4E-03	1.6E-03	-8.0E-03	-2.7E-02	-5.0E-02	-6.5E-02	-5.3E-02	-3.3E-03	8.5E-02	1.9E-01	2.7E-01	2.6E-01	1.5E-01	-2.5E-02	-2.0E-01	
5.5E-03	8.1E-03	6.9E-03	-3.0E-03	-2.6E-02	-5.9E-02	-9.3E-02	-1.0E-01	-6.2E-02	4.7E-02	1.9E-01	3.2E-01	3.8E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.5E-01	
6.4E-03	1.1E-02	1.4E-02	7.7E-03	-1.6E-02	-6.2E-02	-1.2E-01	-1.5E-01	-1.3E-01	-3.2E-02	1.5E-01	3.6E-01	5.0E-01	4.8E-01	3.0E-01	9.3E-03	
6.6E-03	1.5E-02	2.1E-02	1.9E-02	-2.0E-03	-5.1E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-2.2E-01	-1.4E-01	5.2E-02	3.1E-01	5.4E-01	6.3E-01	5.3E-01	2.2E-01	
5.9E-03	1.5E-02	2.7E-02	3.5E-02	2.4E-02	-2.7E-02	-1.1E-01	-2.2E-01	-2.8E-01	-9.9E-02	2.0E-01	5.3E-01	7.3E-01	7.2E-01	7.2E-01	4.7E-01	
3.3E-03	1.4E-02	3.1E-02	4.6E-02	4.4E-02	7.0E-03	-8.0E-02	-2.1E-01	-3.4E-01	-3.8E-01	-2.6E-01	2.5E-02	4.0E-01	7.3E-01	8.8E-01	7.4E-01	
9.2E-04	1.1E-02	3.0E-02	5.4E-02	7.1E-02	4.9E-02	-3.2E-02	-1.7E-01	-3.3E-01	-4.5E-01	-4.2E-01	-2.0E-01	2.1E-01	6.3E-01	8.9E-01	8.8E-01	
-3.3E-03	5.2E-03	2.5E-02	5.4E-02	8.0E-02	8.2E-02	3.0E-02	-9.9E-02	-2.9E-01	-4.7E-01	-5.2E-01	-3.8E-01	-3.8E-02	4.1E-01	8.1E-01	1.0E+00	
-5.5E-03	-2.5E-05	1.6E-02	4.7E-02	8.7E-02	1.1E-01	8.3E-02	-2.4E-02	-2.1E-01	-4.2E-01	-5.7E-01	-5.6E-01	-2.9E-01	1.6E-01	6.0E-01	8.8E-01	
-8.2E-03	-6.4E-03	6.4E-03	3.5E-02	7.7E-02	1.2E-01	1.2E-01	6.4E-02	-9.7E-02	-3.3E-01	-5.3E-01	-5.9E-01	-4.5E-01	-1.1E-01	3.4E-01	7.4E-01	
-8.4E-03	-9.5E-03	-2.8E-03	1.8E-02	5.9E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	-2.4E-03	-2.0E-01	-4.3E-01	-6.0E-01	-5.7E-01	-3.2E-01	7.9E-02	4.7E-01	
-8.1E-03	-1.2E-02	-9.9E-03	5.6E-03	4.0E-02	8.9E-02	1.4E-01	1.5E-01	9.0E-02	-7.6E-02	-3.0E-01	-4.8E-01	-5.5E-01	-4.4E-01	-1.6E-01	2.2E-01	
-4.6E-03	-1.1E-02	-1.3E-02	-7.1E-03	1.6E-02	6.2E-02	1.2E-01	1.5E-01	1.3E-01	2.4E-02	-1.5E-01	-3.6E-01	-5.0E-01	-4.7E-01	-1.8E-01	9.3E-03	
-9.6E-05	-9.1E-03	-1.4E-02	-1.2E-02	2.7E-03	3.6E-02	8.4E-02	1.3E-01	1.5E-01	9.1E-02	-4.3E-02	-2.2E-01	-3.6E-01	-4.2E-01	-3.5E-01	-1.5E-01	
0.0E+00	-4.1E-03	-1.2E-02	-1.5E-02	-1.1E-02	1.3E-02	5.3E-02	9.9E-02	1.3E-01	1.1E-01	4.0E-02	-9.1E-02	-2.4E-01	-3.3E-01	-3.2E-01	-2.0E-01	
0.0E+00	0.0E+00	-8.2E-03	-1.4E-02	-1.3E-02	-9.8E-04	2.5E-02	6.4E-02	1.0E-01	1.1E-01	7.5E-02	-1.4E-02	-1.3E-01	-2.2E-01	-2.7E-01	-2.3E-01	
0.0E+00	0.0E+00	-2.6E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-9.7E-03	7.3E-03	3.6E-02	6.9E-02	9.0E-02	8.4E-02	4.0E-02	-4.4E-02	-1.3E-01	-1.8E-01	-1.8E-01	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.8E-03	-1.1E-02	-1.1E-02	-3.4E-03	1.4E-02	4.0E-02	6.5E-02	7.1E-02	5.0E-02	1.7E-03	-5.9E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-9.3E-04	-7.8E-03	-1.0E-02	-7.3E-03	2.9E-03	2.0E-02	3.9E-02	5.2E-02	5.1E-02	2.6E-02	-1.6E-02	-5.7E-02	-8.3E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-3.3E-03	-7.2E-03	-7.5E-03	-3.8E-03	6.0E-03	2.1E-02	3.3E-02	3.7E-02	2.7E-02	5.5E-03	-2.2E-02	-4.6E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-4.3E-03	-5.9E-03	-4.5E-03	5.1E-04	8.7E-03	1.8E-02	2.5E-02	2.4E-02	1.3E-02	-4.2E-03	-2.1E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.4E-03	-3.8E-03	-4.2E-03	-2.5E-03	2.3E-03	8.6E-03	1.4E-02	1.5E-02	1.2E-02	4.0E-03	-6.2E-03	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.9E-03	-2.8E-03	-2.3E-03	-2.8E-04	3.0E-03	6.6E-03	9.4E-03	8.7E-03	5.1E-03	-5.1E-04	

### Filtro de Gabor a 60 Grados (Columnas 17-31)

5.1E-03	8.7E-03	9.4E-03	6.6E-03	3.0E-03	-2.8E-04	-2.3E-03	-2.8E-03	-1.9E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
4.0E-03	1.2E-02	1.5E-02	1.4E-02	8.6E-03	2.3E-03	-2.5E-03	-4.2E-03	-3.8E-03	-1.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-4.2E-03	1.3E-02	2.4E-02	2.5E-02	1.8E-02	8.7E-03	5.1E-04	-4.5E-03	-5.9E-03	-4.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.2E-02	5.5E-03	2.7E-02	3.7E-02	3.3E-02	2.1E-02	6.0E-03	-3.8E-03	-7.5E-03	-7.2E-03	-3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-5.7E-02	-1.6E-02	2.6E-02	5.1E-02	5.2E-02	3.9E-02	2.0E-02	2.9E-03	-7.3E-03	-1.0E-02	-7.8E-03	-9.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.1E-01	-5.9E-02	1.7E-03	5.0E-02	7.1E-02	6.5E-02	4.0E-02	1.4E-02	-3.4E-03	-1.1E-02	-1.1E-02	-5.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.8E-01	-1.3E-01	-4.4E-02	4.0E-02	8.4E-02	9.0E-02	6.9E-02	3.6E-02	7.3E-03	-9.7E-03	-1.4E-02	-1.1E-02	-2.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.7E-01	-2.2E-01	-1.3E-01	-1.4E-02	7.5E-02	1.1E-01	1.0E-01	6.4E-02	2.5E-02	-9.8E-04	-1.3E-02	-1.4E-02	-8.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-3.2E-01	-3.3E-01	-2.4E-01	-9.1E-02	4.0E-02	1.1E-01	1.3E-01	9.9E-02	5.3E-02	1.3E-02	-1.1E-02	-1.5E-02	-1.2E-02	-4.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-3.5E-01	-4.2E-01	-3.6E-01	-2.2E-01	-4.3E-02	9.1E-02	1.5E-01	1.3E-01	8.4E-02	3.6E-02	2.7E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-9.1E-03	-9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00
-2.8E-01	-4.7E-01	-5.0E-01	-3.6E-01	-1.5E-01	2.4E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	6.2E-02	1.6E-02	-7.1E-03	-1.3E-02	-1.1E-02	-4.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.6E-01	-4.4E-01	-5.5E-01	-4.8E-01	-3.0E-01	-7.6E-02	9.0E-02	1.5E-01	1.4E-01	8.9E-02	4.0E-02	5.6E-03	-9.9E-03	-1.2E-02	-8.1E-03	0.0E+00	0.0E+00
7.9E-02	-3.2E-01	-5.7E-01	-6.0E-01	-4.3E-01	-2.0E-01	-2.4E-03	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.9E-02	1.8E-02	-2.8E-03	-9.5E-03	-8.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
3.4E-01	-1.1E-01	-4.5E-01	-5.9E-01	-5.3E-01	-3.3E-01	-9.7E-02	6.4E-02	1.2E-01	1.2E-01	7.7E-02	3.5E-02	6.4E-03	-6.4E-03	-8.2E-03	0.0E+00	0.0E+00
6.0E-01	1.6E-01	-2.9E-01	-5.6E-01	-5.7E-01	-4.2E-01	-2.1E-01	-2.4E-02	8.3E-02	1.1E-01	8.7E-02	4.7E-02	1.6E-02	-2.5E-05	-5.5E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.1E-01	4.1E-01	-3.8E-02	-3.8E-01	-5.2E-01	-4.7E-01	-2.9E-01	-9.9E-02	3.0E-02	8.2E-02	8.0E-02	5.4E-02	2.5E-02	5.2E-03	-3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.9E-01	6.3E-01	2.1E-01	-2.0E-01	-4.2E-01	-4.5E-01	-3.3E-01	-1.7E-01	-3.2E-02	4.9E-02	7.1E-02	5.4E-02	3.0E-02	1.1E-02	9.2E-04	0.0E+00	0.0E+00
8.8E-01	7.3E-01	4.0E-01	2.5E-02	-2.6E-01	-3.8E-01	-3.4E-01	-2.1E-01	-8.0E-02	7.0E-03	4.4E-02	4.6E-02	3.1E-02	1.4E-02	3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
7.2E-01	7.3E-01	5.3E-01	2.0E-01	-9.9E-02	-2.6E-01	-2.8E-01	-2.2E-01	-1.1E-01	-2.7E-02	2.4E-02	3.5E-02	2.7E-02	1.5E-02	5.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
5.3E-01	6.3E-01	5.4E-01	3.1E-01	5.2E-02	-1.4E-01	-2.2E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	-5.1E-02	-2.0E-03	1.9E-02	2.1E-02	1.5E-02	6.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
3.0E-01	4.8E-01	5.0E-01	3.6E-01	1.5E-01	-3.2E-02	-1.3E-01	-1.5E-01	-1.2E-01	-6.2E-02	-1.6E-02	7.7E-03	1.4E-02	1.1E-02	6.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
1.1E-01	3.1E-01	3.8E-01	3.2E-01	1.9E-01	4.7E-02	-6.2E-02	-1.0E-01	-9.3E-02	-5.9E-02	-2.6E-02	-3.0E-03	6.9E-03	8.1E-03	5.5E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.5E-02	1.5E-01	2.6E-01	2.7E-01	1.9E-01	8.5E-02	-3.3E-03	-5.3E-02	-6.5E-02	-5.0E-02	-2.7E-02	-8.0E-03	1.6E-03	4.4E-03	3.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.0E-01	4.0E-02	1.4E-01	1.8E-01	1.6E-01	9.7E-02	2.9E-02	-2.0E-02	-3.9E-02	-3.5E-02	-2.3E-02	-1.0E-02	-1.8E-03	2.0E-03	2.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.2E-01	-2.8E-02	6.0E-02	1.1E-01	1.2E-01	8.4E-02	4.0E-02	3.3E-03	-1.8E-02	-2.3E-02	-1.8E-02	-9.5E-03	-3.2E-03	1.3E-04	9.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.1E-01	-5.4E-02	8.6E-03	5.5E-02	7.2E-02	6.5E-02	4.0E-02	1.3E-02	-4.6E-03	-1.2E-02	-1.1E-02	-7.4E-03	-3.0E-03	-3.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-8.0E-02	-5.7E-02	-1.8E-02	1.9E-02	3.9E-02	4.2E-02	3.0E-02	1.5E-02	2.5E-03	-4.7E-03	-6.4E-03	-3.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-5.4E-02	-4.5E-02	-2.3E-02	-2.8E-04	1.6E-02	2.4E-02	2.1E-02	1.3E-02	4.7E-03	-5.0E-04	-5.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-3.0E-02	-3.0E-02	-2.2E-02	-8.2E-03	4.5E-03	1.1E-02	1.2E-02	7.5E-03	7.7E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.5E-02	-1.8E-02	-1.5E-02	-8.2E-03	-1.1E-03	3.7E-03	3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-5.9E-03	-8.9E-03	-9.4E-03	-6.8E-03	-1.8E-03	1.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

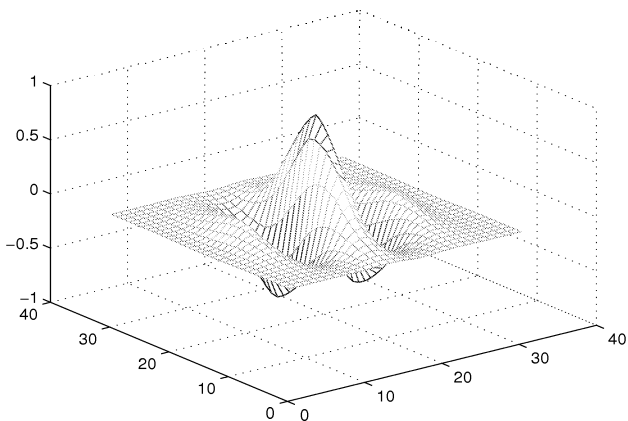
### Filtro de Gabor a 80 grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-8.1E-05	-7.4E-04	4.5E-04	3.7E-03	7.3E-03	8.5E-03	5.5E-03	-5.7E-04
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-04	3.9E-04	-1.7E-04	-2.0E-03	-4.7E-03	-6.6E-03	-5.2E-03	2.5E-04	8.4E-03	1.5E-02	1.7E-02	1.2E-02	1.2E-03
2.0E-05	3.7E-04	1.1E-03	1.8E-03	1.8E-03	5.0E-05	-3.8E-03	-8.6E-03	-1.2E-02	-1.0E-02	-1.9E-03	1.2E-02	2.5E-02	3.0E-02	2.3E-02	5.6E-03
-3.0E-05	5.9E-04	1.7E-03	3.0E-03	3.4E-03	1.0E-03	-5.1E-03	-1.4E-02	-2.0E-02	-2.0E-02	-7.0E-03	1.6E-02	4.0E-02	5.1E-02	4.2E-02	1.5E-02
-1.9E-04	7.3E-04	2.6E-03	4.9E-03	6.1E-03	3.2E-03	-6.1E-03	-2.1E-02	-3.9E-02	-3.5E-02	-1.7E-02	1.9E-02	6.0E-02	8.2E-02	7.2E-02	3.2E-02
-4.9E-04	8.0E-04	3.7E-03	7.6E-03	1.0E-02	6.6E-03	-6.8E-03	-2.9E-02	-5.0E-02	-5.6E-02	-3.3E-02	1.9E-02	8.1E-02	1.2E-01	1.1E-01	6.1E-02
-8.6E-04	8.8E-04	5.0E-03	1.1E-02	1.5E-02	1.2E-02	-6.4E-03	-3.8E-02	-7.1E-02	-8.4E-02	-5.7E-02	1.3E-02	1.0E-01	1.7E-01	1.7E-01	1.1E-01
-1.4E-03	7.6E-04	6.4E-03	1.5E-02	2.2E-02	1.9E-02	-3.5E-03	-4.7E-02	-9.6E-02	-1.2E-01	-9.5E-02	-3.2E-03	1.2E-01	2.3E-01	2.5E-01	1.7E-01
-2.3E-03	2.5E-04	7.5E-03	1.9E-02	3.1E-02	3.0E-02	3.6E-03	-5.4E-02	-1.2E-01	-1.7E-01	-1.5E-01	-3.4E-02	1.4E-01	3.0E-01	3.5E-01	2.6E-01
-3.4E-03	-8.6E-04	8.1E-03	2.4E-02	4.2E-02	4.6E-02	1.6E-02	-5.6E-02	-1.5E-01	-2.3E-01	-2.2E-01	-8.5E-02	1.4E-01	3.7E-01	4.7E-01	3.8E-01
-5.0E-03	-2.8E-03	7.5E-03	2.8E-02	5.4E-02	6.6E-02	3.7E-02	-5.1E-02	-1.8E-01	-2.9E-01	-3.0E-01	-1.5E-01	1.3E-01	4.3E-01	5.8E-01	5.0E-01
-6.7E-03	-4.9E-03	6.7E-03	3.2E-02	6.4E-02	8.2E-02	5.4E-02	-4.5E-02	-2.0E-01	-3.4E-01	-3.7E-01	-2.2E-01	9.7E-02	4.5E-01	6.7E-01	6.3E-01
-8.0E-03	-6.7E-03	5.5E-03	3.4E-02	7.2E-02	9.8E-02	7.4E-02	-3.0E-02	-2.0E-01	-3.8E-01	-4.4E-01	-3.0E-01	3.9E-02	4.5E-01	7.4E-01	7.5E-01
-9.2E-03	-8.8E-03	3.3E-03	3.3E-02	7.7E-02	1.1E-01	9.7E-02	-7.0E-03	-2.0E-01	-4.1E-01	-5.1E-01	-3.9E-01	-3.9E-02	4.3E-01	7.9E-01	8.6E-01
-1.0E-02	-1.1E-02	-1.4E-04	3.0E-02	7.9E-02	1.2E-01	1.2E-01	2.3E-02	-1.5E-01	-4.1E-01	-5.6E-01	-4.8E-01	-1.3E-01	3.7E-01	8.1E-01	9.5E-01
-1.1E-02	-1.3E-02	-4.5E-03	2.5E-02	7.7E-02	1.3E-01	1.4E-01	5.9E-02	-1.4E-01	-4.0E-01	-5.9E-01	-5.6E-01	-2.3E-01	3.0E-01	7.9E-01	1.0E+00
-1.1E-02	-1.5E-02	-9.5E-03	1.7E-02	7.0E-02	1.3E-01	1.6E-01	8.9E-02	-1.0E-01	-3.7E-01	-5.8E-01	-5.9E-01	-3.0E-01	2.0E-01	7.0E-01	9.5E-01
-9.7E-03	-1.5E-02	-1.1E-02	1.3E-02	6.2E-02	1.2E-01	1.5E-01	1.0E-01	-6.6E-02	-3.2E-01	-5.3E-01	-5.7E-01	-3.4E-01	1.1E-01	5.8E-01	8.6E-01
-7.8E-03	-1.4E-02	-1.2E-02	7.8E-03	5.1E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	-3.0E-02	-2.5E-01	-4.7E-01	-5.4E-01	-3.7E-01	1.6E-02	4.6E-01	7.5E-01
-5.7E-03	-1.3E-02	-1.2E-02	2.9E-03	4.0E-02	9.1E-02	1.3E-01	1.1E-01	2.4E-03	-1.9E-01	-3.9E-01	-4.8E-01	-3.7E-01	-5.8E-02	3.4E-01	6.3E-01
-3.6E-03	-1.1E-02	-1.2E-02	-1.5E-03	2.8E-02	7.3E-02	1.1E-01	1.1E-01	2.9E-02	-1.3E-01	-3.2E-01	-4.2E-01	-3.6E-01	-1.1E-01	2.3E-01	5.0E-01
-1.7E-03	-9.4E-03	-1.2E-02	-4.9E-03	1.8E-02	5.6E-02	9.4E-02	1.0E-01	4.7E-02	-8.1E-02	-2.4E-01	-3.5E-01	-3.3E-01	-1.4E-01	1.4E-01	3.8E-01
-9.5E-05	-7.4E-03	-1.0E-02	-6.7E-03	9.7E-03	4.0E-02	7.4E-02	8.6E-02	4.9E-02	-4.6E-02	-1.7E-01	-2.7E-01	-2.6E-01	-1.4E-01	7.2E-02	2.6E-01
0.0E+00	-5.1E-03	-8.0E-03	-6.0E-03	5.5E-03	2.8E-02	5.4E-02	6.6E-02	4.4E-02	-2.2E-02	-1.1E-01	-1.9E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	2.5E-02	1.7E-01
0.0E+00	-3.2E-03	-6.0E-03	-5.0E-03	2.4E-03	1.8E-02	3.7E-02	4.9E-02	3.7E-02	-6.1E-03	-7.2E-02	-1.3E-01	-1.5E-01	-1.0E-01	-2.7E-03	1.1E-01
0.0E+00	-1.8E-03	-4.3E-03	-4.1E-03	4.2E-04	1.1E-02	2.5E-02	3.5E-02	3.0E-02	3.1E-03	-4.2E-02	-8.7E-02	-1.1E-01	-8.2E-02	-1.7E-02	6.1E-02
0.0E+00	-8.3E-04	-2.9E-03	-3.2E-03	-6.9E-04	5.9E-03	1.6E-02	2.4E-02	2.3E-02	7.3E-03	-2.2E-02	-5.5E-02	-7.3E-02	-6.2E-02	-2.1E-02	3.2E-02
0.0E+00	-2.5E-04	-1.9E-03	-2.4E-03	-1.2E-03	2.8E-03	9.3E-03	1.6E-02	1.7E-02	8.4E-03	-1.0E-02	-3.3E-02	-4.7E-02	-4.3E-02	-1.9E-02	1.5E-02
0.0E+00	0.0E+00	-1.1E-03	-1.6E-03	-1.0E-03	1.2E-03	5.3E-03	9.6E-03	1.1E-02	6.3E-03	-4.6E-03	-1.8E-02	-2.8E-02	-2.7E-02	-1.4E-02	5.6E-03
0.0E+00	0.0E+00	-6.1E-04	-9.8E-04	-7.2E-04	5.3E-04	2.9E-03	5.5E-03	6.6E-03	4.4E-03	-1.6E-03	-9.5E-03	-1.6E-02	-1.7E-02	-1.0E-02	1.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	-2.9E-04	-5.7E-04	-4.8E-04	1.6E-04	1.4E-03	3.0E-03	3.9E-03	2.9E-03	-2.0E-04	-4.7E-03	-8.6E-03	-9.7E-03	-6.6E-03	-5.7E-04

### Filtro de Gabor a 80 Grados (Columnas 17-31)

-6.6E-03	-9.7E-03	-8.6E-03	-4.7E-03	-2.0E-04	2.9E-03	3.9E-03	3.0E-03	1.4E-03	1.6E-04	-4.8E-04	-5.7E-04	-2.9E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.0E-02	-1.7E-02	-1.6E-02	-9.5E-03	-1.6E-03	4.4E-03	6.6E-03	5.5E-03	2.9E-03	5.3E-04	-7.2E-04	-9.8E-04	-6.1E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.4E-02	-2.7E-02	-2.8E-02	-1.8E-02	-4.6E-03	6.3E-03	1.1E-02	9.6E-03	5.3E-03	1.2E-03	-1.0E-03	-1.6E-03	-1.1E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.9E-02	-4.3E-02	-4.7E-02	-3.3E-02	-1.0E-02	8.4E-03	1.7E-02	1.6E-02	9.3E-03	2.8E-03	-1.2E-03	-2.4E-03	-1.9E-03	-2.5E-04	0.0E+00
-2.1E-02	-6.2E-02	-7.3E-02	-5.5E-02	-2.2E-02	7.3E-03	2.3E-02	2.4E-02	1.6E-02	5.9E-03	-6.9E-04	-3.2E-03	-2.9E-03	-8.3E-04	0.0E+00
-1.7E-02	-8.2E-02	-1.1E-01	-8.7E-02	-4.2E-02	3.1E-03	3.0E-02	3.5E-02	2.5E-02	1.1E-02	4.2E-04	-4.1E-03	-4.3E-03	-1.8E-03	0.0E+00
-2.7E-03	-1.0E-01	-1.5E-01	-1.3E-01	-7.2E-02	-6.1E-03	3.7E-02	4.9E-02	3.7E-02	1.8E-02	2.4E-03	-5.0E-03	-6.0E-03	-3.2E-03	0.0E+00
2.5E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-1.9E-01	-1.1E-01	-2.2E-02	4.4E-02	6.6E-02	5.4E-02	2.8E-02	5.5E-03	-6.0E-03	-8.0E-03	-5.1E-03	0.0E+00
7.2E-02	-1.4E-01	-2.6E-01	-2.7E-01	-1.7E-01	-4.6E-02	4.9E-02	8.6E-02	7.4E-02	4.0E-02	9.7E-03	-6.7E-03	-1.0E-02	-7.4E-03	-9.5E-05
1.4E-01	-1.4E-01	-3.3E-01	-3.5E-01	-2.4E-01	-8.1E-02	4.7E-02	1.0E-01	9.4E-02	5.6E-02	1.8E-02	-4.9E-03	-1.2E-02	-9.4E-03	-1.7E-03
2.3E-01	-1.1E-01	-3.6E-01	-4.2E-01	-3.2E-01	-1.3E-01	2.9E-02	1.1E-01	1.1E-01	7.3E-02	2.8E-02	-1.5E-03	-1.2E-02	-1.1E-02	-3.6E-03
3.4E-01	-5.8E-02	-3.7E-01	-4.8E-01	-3.9E-01	-1.9E-01	2.4E-03	1.1E-01	1.3E-01	9.1E-02	4.0E-02	2.9E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-5.7E-03
4.6E-01	1.6E-02	-3.7E-01	-5.4E-01	-4.7E-01	-2.5E-01	-3.0E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.1E-02	7.8E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-7.8E-03
5.8E-01	1.1E-01	-3.4E-01	-5.7E-01	-5.3E-01	-3.2E-01	-6.6E-02	1.0E-01	1.5E-01	1.2E-01	6.2E-02	1.3E-02	-1.1E-02	-1.5E-02	-9.7E-03
7.0E-01	2.0E-01	-3.0E-01	-5.9E-01	-5.8E-01	-3.7E-01	-1.0E-01	8.9E-02	1.6E-01	1.3E-01	7.0E-02	1.7E-02	-9.5E-03	-1.5E-02	-1.1E-02
7.9E-01	3.0E-01	-2.3E-01	-5.6E-01	-5.9E-01	-4.0E-01	-1.4E-01	5.9E-02	1.4E-01	1.3E-01	7.7E-02	2.5E-02	-4.5E-03	-1.3E-02	-1.1E-02
8.1E-01	3.7E-01	-1.3E-01	-4.8E-01	-5.6E-01	-4.1E-01	-1.8E-01	2.3E-02	1.2E-01	1.2E-01	7.9E-02	3.0E-02	-1.4E-04	-1.1E-02	-1.0E-02
7.9E-01	4.3E-01	-3.9E-02	-3.9E-01	-5.1E-01	-4.1E-01	-2.0E-01	-7.0E-03	9.7E-02	1.1E-01	7.7E-02	3.3E-02	3.3E-03	-8.8E-03	-9.2E-03
7.4E-01	4.5E-01	3.9E-02	-3.0E-01	-4.4E-01	-3.8E-01	-2.0E-01	-3.0E-02	7.4E-02	9.8E-02	7.2E-02	3.4E-02	5.5E-03	-6.7E-03	-8.0E-03
6.7E-01	4.5E-01	9.7E-02	-2.2E-01	-3.7E-01	-3.4E-01	-2.0E-01	-4.5E-02	5.4E-02	8.2E-02	6.4E-02	3.2E-02	6.7E-03	-4.9E-03	-6.7E-03
5.8E-01	4.3E-01	1.3E-01	-1.5E-01	-3.0E-01	-2.9E-01	-1.8E-01	-5.1E-02	3.7E-02	6.6E-02	5.4E-02	2.8E-02	7.5E-03	-2.8E-03	-5.0E-03
4.7E-01	3.7E-01	1.4E-01	-8.5E-02	-2.2E-01	-2.3E-01	-1.5E-01	-5.6E-02	1.6E-02	4.6E-02	4.2E-02	2.4E-02	8.1E-03	-8.6E-04	-3.4E-03
3.5E-01	3.0E-01	1.4E-01	-3.4E-02	-1.5E-01	-1.7E-01	-1.2E-01	-5.4E-02	3.6E-03	3.0E-02	3.1E-02	1.9E-02	7.5E-03	2.5E-04	-2.3E-03
2.5E-01	2.3E-01	1.2E-01	-3.2E-03	-9.5E-02	-1.2E-01	-9.6E-02	-4.7E-02	-3.5E-03	1.9E-02	2.2E-02	1.5E-02	6.4E-03	7.6E-04	-1.4E-03
1.7E-01	1.7E-01	1.0E-01	1.3E-02	-5.7E-02	-8.4E-02	-7.1E-02	-3.8E-02	-6.4E-03	1.2E-02	1.5E-02	1.1E-02	5.0E-03	8.8E-04	-8.6E-04
1.1E-01	1.2E-01	8.1E-02	1.9E-02	-3.3E-02	-5.6E-02	-5.0E-02	-2.9E-02	-6.8E-03	6.6E-03	1.0E-02	7.6E-03	3.7E-03	8.0E-04	-4.9E-04
7.2E-02	8.2E-02	6.0E-02	1.9E-02	-1.7E-02	-3.5E-02	-3.3E-02	-2.1E-02	-6.1E-03	3.2E-03	6.1E-03	4.9E-03	2.6E-03	7.3E-04	-1.9E-04
4.2E-02	5.1E-02	4.0E-02	1.6E-02	-7.0E-03	-2.0E-02	-2.0E-02	-1.4E-02	-5.1E-03	1.0E-03	3.4E-03	3.0E-03	1.7E-03	5.9E-04	-3.0E-05
2.3E-02	3.0E-02	2.5E-02	1.2E-02	-1.9E-03	-1.0E-02	-1.2E-02	-8.6E-03	-3.8E-03	5.0E-05	1.8E-03	1.8E-03	1.1E-03	3.7E-04	-2.0E-05
1.2E-02	1.7E-02	1.5E-02	8.4E-03	2.5E-04	-5.2E-03	-6.6E-03	-4.7E-03	-2.0E-03	-1.7E-04	3.9E-04	2.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
5.5E-03	8.5E-03	7.3E-03	3.7E-03	4.5E-04	-7.4E-04	-8.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Filtro de Gabor a 80°



### Filtro de Gabor a 100 Grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	-2.9E-04	-5.7E-04	-4.8E-04	1.6E-04	1.4E-03	3.0E-03	3.9E-03	2.9E-03	-2.0E-04	-4.7E-03	-8.6E-03	-9.7E-03	-6.6E-03	-5.7E-04
0.0E+00	0.0E+00	-6.1E-04	-9.8E-04	-7.2E-04	5.3E-04	2.9E-03	5.5E-03	6.6E-03	4.4E-03	-1.6E-03	-9.5E-03	-1.6E-02	-1.7E-02	-1.0E-02	1.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	-1.1E-03	-1.6E-03	-1.0E-03	1.2E-03	5.3E-03	9.6E-03	1.1E-02	6.3E-03	-4.6E-03	-1.8E-02	-2.8E-02	-2.7E-02	-1.4E-02	5.6E-03
0.0E+00	-2.5E-04	-1.9E-03	-2.4E-03	-1.2E-03	2.8E-03	9.3E-03	1.6E-02	1.7E-02	8.4E-03	-1.0E-02	-3.3E-02	-4.7E-02	-4.3E-02	-1.9E-02	1.5E-02
0.0E+00	-8.3E-04	-2.9E-03	-3.2E-03	-6.9E-04	5.9E-03	1.6E-02	2.4E-02	2.3E-02	7.3E-03	-2.2E-02	-5.5E-02	-7.3E-02	-6.2E-02	-2.1E-02	3.2E-02
0.0E+00	-1.8E-03	-4.3E-03	-4.1E-03	4.2E-04	1.1E-02	2.5E-02	3.5E-02	3.0E-02	3.1E-03	-4.2E-02	-8.7E-02	-1.1E-01	-8.2E-02	-1.7E-02	6.1E-02
0.0E+00	-3.2E-03	-6.0E-03	-5.0E-03	2.4E-03	1.8E-02	3.7E-02	4.9E-02	3.7E-02	-6.1E-03	-7.2E-02	-1.3E-01	-1.5E-01	-1.0E-01	-2.7E-03	1.1E-01
0.0E+00	-5.1E-03	-8.0E-03	-6.0E-03	5.5E-03	2.8E-02	5.4E-02	6.6E-02	4.4E-02	-2.2E-02	-1.1E-01	-1.9E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	2.5E-02	1.7E-01
-9.5E-05	-7.4E-03	-1.0E-02	-6.7E-03	9.7E-03	4.0E-02	7.4E-02	8.6E-02	4.9E-02	-4.6E-02	-1.7E-01	-2.7E-01	-2.6E-01	-1.4E-01	7.2E-02	2.6E-01
-1.7E-03	-9.4E-03	-1.2E-02	-4.9E-03	1.8E-02	5.6E-02	9.4E-02	1.0E-01	4.7E-02	-8.1E-02	-2.4E-01	-3.5E-01	-3.3E-01	-1.4E-01	1.4E-01	3.8E-01
-3.6E-03	-1.1E-02	-1.2E-02	-1.5E-03	2.8E-02	7.3E-02	1.1E-01	1.1E-01	2.9E-02	-1.3E-01	-3.2E-01	-4.2E-01	-3.6E-01	-1.1E-01	2.3E-01	5.0E-01
-5.7E-03	-1.3E-02	-1.2E-02	2.9E-03	4.0E-02	9.1E-02	1.3E-01	1.1E-01	2.4E-03	-1.9E-01	-3.9E-01	-4.8E-01	-3.7E-01	-5.8E-02	3.4E-01	6.3E-01
-7.8E-03	-1.4E-02	-1.2E-02	7.8E-03	5.1E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	-3.0E-02	-2.5E-01	-4.7E-01	-5.4E-01	-3.7E-01	1.6E-02	4.6E-01	7.5E-01
-9.7E-03	-1.5E-02	-1.1E-02	1.3E-02	6.2E-02	1.2E-01	1.5E-01	1.0E-01	-3.2E-01	-5.3E-01	-5.7E-01	-3.4E-01	-3.4E-01	1.1E-01	5.8E-01	8.6E-01
-1.1E-02	-1.5E-02	-9.5E-03	1.7E-02	7.0E-02	1.3E-01	1.6E-01	8.9E-02	-1.0E-01	-3.7E-01	-5.8E-01	-5.9E-01	-3.0E-01	2.0E-01	7.0E-01	9.5E-01
-1.1E-02	-1.3E-02	-4.5E-03	2.5E-02	7.7E-02	1.3E-01	1.4E-01	5.9E-02	-1.4E-01	-4.0E-01	-5.9E-01	-5.6E-01	-2.3E-01	3.0E-01	7.9E-01	1.0E+00
-1.0E-02	-1.1E-02	-1.4E-04	3.0E-02	7.9E-02	1.2E-01	1.2E-01	2.3E-02	-1.8E-01	-4.1E-01	-5.6E-01	-4.8E-01	-1.3E-01	3.7E-01	8.1E-01	9.5E-01
-9.2E-03	-8.8E-03	3.3E-03	3.3E-02	7.7E-02	1.1E-01	9.7E-02	-7.0E-03	-2.0E-01	-4.1E-01	-5.1E-01	-3.9E-01	-3.9E-02	4.3E-01	7.9E-01	8.6E-01
-8.0E-03	-6.7E-03	5.5E-03	3.4E-02	7.2E-02	9.8E-02	7.4E-02	-3.0E-02	-2.9E-01	-3.8E-01	-4.4E-01	-3.0E-01	3.9E-02	4.5E-01	7.4E-01	7.5E-01
-6.7E-03	-4.9E-03	6.7E-03	3.2E-02	6.4E-02	8.2E-02	5.4E-02	-4.5E-02	-2.0E-01	-3.4E-01	-3.7E-01	-2.2E-01	9.7E-02	4.5E-01	6.7E-01	6.3E-01
-5.0E-03	-2.8E-03	2.8E-02	5.4E-02	6.6E-02	3.7E-02	1.1E-01	-5.1E-02	-2.9E-01	-3.0E-01	-1.5E-01	1.3E-01	4.3E-01	5.5E-01	5.0E-01	5.0E-01
-3.4E-03	-8.6E-04	8.1E-03	2.4E-02	4.2E-02	4.6E-02	1.6E-02	-5.6E-02	-1.5E-01	-2.3E-01	-2.2E-01	-8.5E-02	1.4E-01	3.7E-01	4.7E-01	3.8E-01
-2.3E-03	2.5E-04	7.5E-03	1.9E-02	3.1E-02	3.0E-02	3.6E-03	-5.4E-02	-1.2E-01	-1.7E-01	-1.5E-01	-3.4E-02	1.4E-01	3.0E-01	3.5E-01	2.6E-01
-1.4E-03	7.6E-04	6.4E-03	1.5E-02	2.2E-02	1.9E-02	-3.5E-03	-4.7E-02	-9.6E-02	-1.2E-01	-9.5E-02	-3.2E-03	1.2E-01	2.3E-01	2.5E-01	1.7E-01
-8.6E-04	8.8E-04	5.0E-03	1.1E-02	1.5E-02	1.2E-02	-6.4E-03	-3.8E-02	-7.1E-02	-8.4E-02	-5.7E-02	1.3E-02	1.0E-01	1.7E-01	1.7E-01	1.1E-01
-4.9E-04	8.0E-04	3.7E-03	7.6E-03	1.0E-02	6.6E-03	-6.8E-03	-2.9E-02	-5.0E-02	-5.6E-02	-3.3E-02	1.9E-02	8.1E-02	1.2E-01	1.1E-01	6.1E-02
-1.9E-04	7.3E-04	2.6E-03	4.9E-03	6.1E-03	3.2E-03	-6.1E-03	-2.1E-02	-3.3E-02	-3.5E-02	-1.7E-02	1.9E-02	6.0E-02	8.2E-02	7.2E-02	3.2E-02
-3.0E-05	5.9E-04	1.7E-03	3.0E-03	3.4E-03	1.0E-03	-5.1E-03	-1.4E-02	-2.0E-02	-2.0E-02	-7.0E-03	1.6E-02	4.0E-02	5.1E-02	4.2E-02	1.5E-02
2.0E-05	3.7E-04	1.1E-03	1.8E-03	1.8E-03	5.0E-05	-3.8E-03	-8.6E-03	-1.2E-02	-1.0E-02	-1.9E-03	1.2E-02	2.5E-02	3.0E-02	2.3E-02	5.6E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-04	3.9E-04	-1.7E-04	-2.0E-03	-4.7E-03	-6.6E-03	-5.2E-03	2.5E-04	8.4E-03	1.5E-02	1.7E-02	1.2E-02	1.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-8.1E-05	-7.4E-04	4.5E-04	3.7E-03	7.3E-03	8.5E-03	5.5E-03	-5.7E-04

### Filtro de Gabor a 100 Grados (Columnas 17-31)

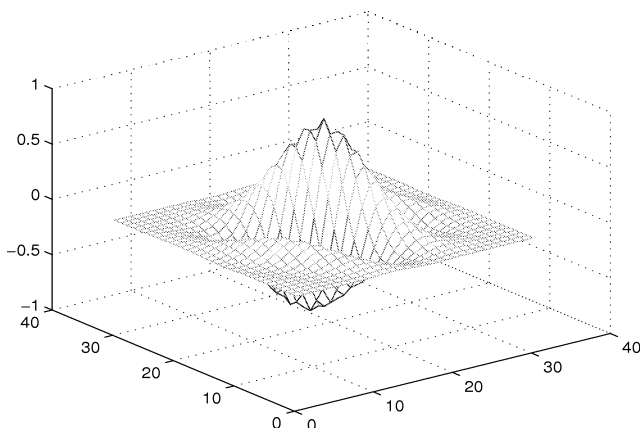
5.5E-03	8.5E-03	7.3E-03	3.7E-03	4.5E-04	-7.4E-04	-8.1E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.2E-02	1.7E-02	1.5E-02	8.4E-03	2.5E-04	-5.2E-03	-6.6E-03	-4.7E-03	-2.0E-03	-1.7E-04	3.9E-04	2.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
2.3E-02	3.0E-02	2.5E-02	1.2E-02	-1.9E-03	-1.0E-02	-1.2E-02	-8.6E-03	-3.8E-03	5.0E-05	1.8E-03	1.8E-03	1.1E-03	3.7E-04	2.0E-05	2.0E-05
4.2E-02	5.1E-02	4.0E-02	1.6E-02	-7.0E-03	-2.0E-02	-2.0E-02	-1.4E-02	-5.1E-03	1.0E-03	3.4E-03	3.0E-03	1.7E-03	5.9E-04	-3.0E-05	-3.0E-05
7.2E-02	8.2E-02	6.0E-02	1.9E-02	-1.7E-02	-3.5E-02	-3.3E-02	-2.1E-02	-6.1E-03	3.2E-03	6.1E-03	4.9E-03	2.6E-03	7.3E-04	-1.9E-04	-1.9E-04
1.1E-01	1.2E-01	8.1E-02	1.9E-02	-3.3E-02	-5.6E-02	-5.0E-02	-2.9E-02	-6.8E-03	6.6E-03	1.0E-02	7.6E-03	3.7E-03	8.0E-04	-4.9E-04	-4.9E-04
1.7E-01	1.7E-01	1.0E-01	1.3E-02	-5.7E-02	-8.4E-02	-7.1E-02	-3.8E-02	-6.4E-03	1.2E-02	1.5E-02	1.1E-02	5.0E-03	8.8E-04	-8.6E-04	-8.6E-04
2.5E-01	2.3E-01	1.2E-01	-3.2E-03	-9.5E-02	-1.2E-01	-9.6E-02	-4.7E-02	-3.5E-03	1.9E-02	2.2E-02	1.5E-02	6.4E-03	7.6E-04	-1.4E-03	-1.4E-03
3.5E-01	3.0E-01	1.4E-01	-3.4E-02	-1.5E-01	-1.7E-01	-1.2E-01	-5.4E-02	3.6E-03	3.0E-02	3.1E-02	1.9E-02	7.5E-03	2.5E-04	-2.3E-03	-2.3E-03
4.7E-01	3.7E-01	1.4E-01	-8.5E-02	-2.2E-01	-2.3E-01	-1.5E-01	-5.6E-02	1.6E-02	4.6E-02	4.2E-02	2.4E-02	8.1E-03	-8.6E-04	-3.4E-03	-3.4E-03
5.8E-01	4.3E-01	1.3E-01	-1.5E-01	-3.0E-01	-2.9E-01	-1.8E-01	-5.1E-02	3.7E-02	6.6E-02	5.4E-02	2.8E-02	7.5E-03	-2.8E-03	-5.0E-03	-5.0E-03
6.7E-01	4.5E-01	9.7E-02	-2.2E-01	-3.7E-01	-3.4E-01	-2.0E-01	-4.5E-02	5.4E-02	8.2E-02	6.4E-02	3.2E-02	6.7E-03	-4.9E-03	-6.7E-03	-6.7E-03
7.4E-01	4.5E-01	3.9E-02	-3.0E-01	-4.4E-01	-3.8E-01	-2.0E-01	-3.0E-02	7.4E-02	9.8E-02	7.2E-02	3.4E-02	5.5E-03	-6.7E-03	-8.0E-03	-8.0E-03
7.9E-01	4.3E-01	-3.9E-02	-3.9E-01	-5.1E-01	-4.1E-01	-2.0E-01	-7.0E-03	9.7E-02	1.1E-01	7.7E-02	3.3E-02	3.3E-03	-8.8E-03	-9.2E-03	-9.2E-03
8.1E-01	3.7E-01	-1.3E-01	-4.8E-01	-5.6E-01	-4.1E-01	-1.8E-01	2.3E-02	1.2E-01	1.2E-01	7.9E-02	3.0E-02	-1.4E-04	-1.1E-02	-1.0E-02	-1.0E-02
7.9E-01	3.0E-01	-2.3E-01	-5.6E-01	-5.9E-01	-4.0E-01	-1.4E-01	5.9E-02	1.4E-01	1.3E-01	7.7E-02	2.5E-02	-4.5E-03	-1.3E-02	-1.1E-02	-1.1E-02
7.0E-01	2.0E-01	-3.0E-01	-5.9E-01	-5.8E-01	-3.7E-01	-1.0E-01	8.9E-02	1.6E-01	1.3E-01	7.0E-02	1.7E-02	-9.5E-03	-1.5E-02	-1.1E-02	-1.1E-02
5.8E-01	1.1E-01	-3.4E-01	-5.7E-01	-5.3E-01	-3.2E-01	-6.6E-02	1.0E-01	1.5E-01	1.2E-01	6.2E-02	1.3E-02	-1.1E-02	-1.5E-02	-9.7E-03	-9.7E-03
4.6E-01	1.6E-02	-3.7E-01	-5.4E-01	-4.7E-01	-2.5E-01	-3.0E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.1E-02	7.8E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-7.8E-03	-7.8E-03
3.4E-01	-5.8E-02	-3.7E-01	-4.8E-01	-3.9E-01	-1.9E-01	2.4E-03	1.1E-01	1.3E-01	9.1E-02	4.0E-02	2.9E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-5.7E-03	-5.7E-03
2.3E-01	-1.1E-01	-3.6E-01	-4.2E-01	-3.2E-01	-1.3E-01	2.9E-02	1.1E-01	1.1E-01	7.3E-02	2.8E-02	-1.5E-03	-1.2E-02	-1.1E-02	-3.6E-03	-3.6E-03
1.4E-01	-1.4E-01	-3.3E-01	-3.5E-01	-2.4E-01	-8.1E-02	4.7E-02	1.0E-01	9.4E-02	5.6E-02	1.8E-02	-4.9E-03	-1.2E-02	-9.4E-03	-1.7E-03	-1.7E-03
7.2E-02	-1.4E-01	-2.6E-01	-2.7E-01	-1.7E-01	-4.6E-02	4.9E-02	8.6E-02	7.4E-02	4.0E-02	9.7E-03	-6.7E-03	-1.0E-02	-7.4E-03	-9.5E-05	-9.5E-05
2.5E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-1.9E-01	-1.1E-01	-2.2E-02	4.4E-02	6.6E-02	5.4E-02	2.8E-02	5.5E-03	-6.0E-03	-8.0E-03	-5.1E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.7E-03	-1.0E-01	-1.5E-01	-1.3E-01	-7.2E-02	-6.1E-03	3.7E-02	4.9E-02	3.7E-02	1.8E-02	2.4E-03	-5.0E-03	-6.0E-03	-3.2E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.7E-02	-8.2E-02	-1.1E-01	-8.7E-02	-4.2E-02	3.1E-03	3.0E-02	3.5E-02	2.5E-02	1.1E-02	4.2E-04	-4.1E-03	-4.3E-03	-1.8E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.1E-02	-6.2E-02	-7.3E-02	-5.5E-02	-2.2E-02	7.3E-03	2.3E-02	2.4E-02	1.6E-02	5.9E-03	-6.9E-04	-3.2E-03	-2.9E-03	-8.3E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.9E-02	-4.3E-02	-4.7E-02	-3.3E-02	-1.0E-02	8.4E-03	1.7E-02	1.6E-02	9.3E-03	2.8E-03	-1.2E-03	-2.4E-03	-1.9E-03	-2.5E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.4E-02	-2.7E-02	-2.8E-02	-1.8E-02	-4.6E-03	6.3E-03	1.1E-02	9.6E-03	5.3E-03	1.2E-03	-1.0E-03	-1.6E-03	-1.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.0E-02	-1.7E-02	-1.6E-02	-9.5E-03	-1.6E-03	4.4E-03	6.6E-03	5.5E-03	2.9E-03	5.3E-04	-7.2E-04	-9.8E-04	-6.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-6.6E-03	-9.7E-03	-8.6E-03	-4.7E-03	-2.0E-04	2.9E-03	3.9E-03	3.0E-03	1.4E-03	1.6E-04	-4.8E-04	-5.7E-04	-2.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

### Filtro de Gabor a 120 Grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.9E-03	-2.8E-03	-2.3E-03	-2.8E-04	3.0E-03	6.6E-03	9.4E-03	8.7E-03	5.1E-03	-5.1E-04
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.4E-03	-3.8E-03	-4.2E-03	-2.5E-03	2.3E-03	8.6E-03	1.4E-02	1.5E-02	1.2E-02	4.0E-03	-6.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-4.3E-03	-5.9E-03	-4.5E-03	5.1E-04	8.7E-03	1.8E-02	2.5E-02	2.4E-02	1.3E-02	-4.2E-03	-2.1E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-3.3E-03	-7.2E-03	-7.5E-03	-3.8E-03	6.0E-03	2.1E-02	3.3E-02	3.7E-02	2.7E-02	5.5E-03	-2.2E-02	-4.6E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-9.3E-04	-7.8E-03	-1.0E-02	-7.3E-03	2.9E-03	2.0E-02	3.9E-02	5.2E-02	5.1E-02	2.6E-02	-1.6E-02	-5.7E-02	-8.3E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.8E-03	-1.1E-02	-1.1E-02	-3.4E-03	1.4E-02	4.0E-02	6.5E-02	7.1E-02	5.0E-02	1.7E-03	-5.9E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	
0.0E+00	0.0E+00	-2.6E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-9.7E-03	7.3E-03	3.6E-02	6.9E-02	9.0E-02	8.4E-02	4.0E-02	-4.4E-02	-1.3E-01	-1.8E-01	-1.8E-01	
0.0E+00	0.0E+00	-8.2E-03	-1.4E-02	-1.3E-02	-9.8E-04	2.5E-02	6.4E-02	1.0E-01	1.1E-01	7.5E-02	-1.4E-02	-1.3E-01	-2.2E-01	-2.7E-01	-2.3E-01	
0.0E+00	-4.1E-03	-1.2E-02	-1.5E-02	-1.1E-02	1.3E-02	5.3E-02	9.9E-02	1.3E-01	1.1E-01	4.0E-02	-9.1E-02	-2.4E-01	-3.3E-01	-3.2E-01	-2.0E-01	
-9.6E-05	-9.1E-03	-1.4E-02	-1.2E-02	2.7E-03	3.6E-02	8.4E-02	1.3E-01	1.5E-01	9.1E-02	-4.3E-02	-2.2E-01	-3.6E-01	-4.2E-01	-3.5E-01	-1.5E-01	
-4.6E-03	-1.1E-02	-1.3E-02	-7.1E-03	1.6E-02	6.2E-02	1.2E-01	1.5E-01	1.3E-01	2.4E-02	-1.5E-01	-3.6E-01	-5.0E-01	-4.7E-01	-2.8E-01	9.3E-03	
-8.1E-03	-1.2E-02	-9.9E-03	5.6E-03	4.0E-02	8.9E-04	1.4E-01	1.5E-01	9.0E-02	-7.6E-02	-3.0E-01	-4.8E-01	-5.0E-01	-4.4E-01	-1.6E-01	2.2E-01	
-8.4E-03	-9.5E-03	-2.8E-03	1.8E-02	5.9E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	-2.4E-03	-2.0E-01	-4.3E-01	-6.0E-01	-5.7E-01	-3.2E-01	7.9E-02	7.4E-01	
-8.2E-03	-6.4E-03	6.4E-03	3.5E-02	7.7E-02	1.2E-01	1.2E-01	6.4E-02	-9.7E-02	-3.3E-01	-5.3E-01	-5.9E-01	-4.5E-01	-1.1E-01	3.4E-01	7.7E-01	
-5.5E-03	-2.5E-05	1.6E-02	4.7E-02	8.7E-02	1.1E-01	8.3E-02	-2.4E-02	-2.1E-01	-4.2E-01	-5.7E-01	-5.6E-01	-2.9E-01	1.6E-01	6.0E-01	8.8E-01	
-3.3E-03	5.2E-03	2.5E-02	5.4E-02	8.0E-02	8.2E-02	3.0E-02	-9.9E-02	-2.9E-01	-4.7E-01	-5.2E-01	-3.8E-01	-3.8E-02	4.1E-01	8.1E-01	1.0E+00	
9.2E-04	1.1E-02	3.0E-02	5.4E-02	7.1E-02	4.9E-02	-3.2E-02	-1.7E-01	-3.3E-01	-4.5E-01	-4.2E-01	-2.0E-01	2.1E-01	6.3E-01	8.9E-01	8.8E-01	
3.3E-03	1.4E-02	3.1E-02	4.6E-02	4.4E-02	7.0E-03	-8.0E-02	-2.1E-01	-3.4E-01	-3.8E-01	-2.6E-01	2.5E-02	4.0E-01	7.3E-01	8.8E-01	7.4E-01	
5.9E-03	1.5E-02	2.7E-02	3.5E-02	2.4E-02	-2.7E-02	-1.1E-01	-2.2E-01	-2.8E-01	-2.6E-01	-9.9E-02	2.0E-01	5.3E-01	7.3E-01	7.2E-01	4.7E-01	
6.6E-03	1.5E-02	2.1E-02	1.9E-02	-2.0E-03	-5.1E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-2.2E-01	-1.4E-01	5.2E-02	3.1E-01	5.4E-01	6.3E-01	5.3E-01	2.2E-01	
6.4E-03	1.1E-02	1.4E-02	7.7E-03	-1.6E-02	-6.2E-02	-1.2E-01	-1.5E-01	-1.3E-01	-3.2E-02	1.5E-01	3.6E-01	5.0E-01	4.8E-01	3.0E-01	9.3E-03	
5.5E-03	8.1E-03	6.9E-03	-3.0E-03	-2.6E-02	-5.9E-02	-9.3E-02	-1.0E-01	-6.2E-02	4.7E-02	1.9E-01	3.2E-01	3.8E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.5E-01	
3.9E-03	4.4E-03	1.6E-03	-8.0E-03	-2.7E-02	-5.0E-02	-6.5E-02	-5.3E-02	-3.3E-03	8.5E-02	1.9E-01	2.7E-01	2.6E-01	1.5E-01	-2.5E-02	-2.0E-01	
2.6E-03	2.0E-03	-1.8E-03	-1.0E-02	-2.3E-02	-3.5E-02	-3.9E-02	-2.0E-02	2.9E-02	9.7E-02	1.6E-01	1.8E-01	1.4E-01	4.0E-02	-1.0E-01	-2.3E-01	
9.6E-04	1.3E-04	-3.2E-03	-9.5E-03	-1.8E-02	-2.3E-02	-1.8E-02	3.3E-03	4.0E-02	8.4E-02	1.2E-01	1.1E-01	6.0E-02	-2.8E-02	-1.2E-01	-1.8E-01	
0.0E+00	-3.4E-04	-3.0E-03	-7.4E-03	-1.1E-02	-1.2E-02	-4.6E-03	1.3E-02	4.0E-02	6.5E-02	7.2E-02	5.5E-02	8.6E-03	-5.4E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-3.2E-03	-6.4E-03	-4.7E-03	2.5E-03	1.5E-02	3.0E-02	4.2E-02	3.9E-02	1.9E-02	-1.8E-02	-5.7E-02	-8.0E-02	-8.3E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.2E-04	-5.0E-04	4.7E-03	1.3E-02	2.1E-02	2.4E-02	1.6E-02	-2.8E-04	-2.3E-02	-4.5E-02	-5.4E-02	-4.6E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-03	7.5E-03	1.2E-02	1.1E-02	4.5E-03	-8.2E-03	-2.2E-02	-3.0E-02	-3.0E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-03	3.7E-03	-1.1E-03	-8.2E-03	-1.5E-02	-1.8E-02	-1.5E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-05	-1.8E-03	-6.6E-03	-9.4E-03	-8.9E-03	-5.9E-03	-5.1E-04	

### Filtro de Gabor a 120 Grados (Columnas 17-31)

-5.9E-03	8.9E-03	-9.4E-03	-6.6E-03	-1.8E-03	1.3E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.5E-02	-1.8E-02	-1.5E-02	-8.2E-03	-1.1E-03	3.7E-03	3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-3.0E-02	-3.0E-02	-2.2E-02	-8.2E-03	4.5E-03	1.1E-02	1.2E-02	7.5E-03	1.7E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-5.4E-02	-4.5E-02	-2.3E-02	-2.8E-04	1.6E-02	2.4E-02	2.1E-02	1.3E-02	4.7E-03	-5.0E-04	-5.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-8.0E-02	-5.7E-02	-1.8E-02	1.9E-02	3.9E-02	4.2E-02	3.0E-02	1.5E-02	2.5E-03	-4.7E-03	-6.4E-03	-3.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.1E-01	-5.4E-02	8.6E-03	5.5E-02	7.2E-02	6.5E-02	4.0E-02	1.3E-02	-4.6E-03	-1.2E-02	-1.1E-02	-7.4E-03	-3.0E-03	-3.4E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.2E-01	-2.8E-02	6.0E-02	1.1E-01	1.2E-01	8.4E-02	4.0E-02	3.3E-03	-1.8E-02	-2.3E-02	-1.8E-02	-9.5E-03	-3.2E-03	-1.3E-04	9.6E-04	0.0E+00	0.0E+00
-1.0E-01	4.0E-02	1.4E-01	1.8E-01	1.6E-01	9.7E-02	2.9E-02	-2.0E-02	-3.9E-02	-3.5E-02	-2.3E-02	-1.0E-02	-1.8E-03	2.0E-03	2.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.5E-02	1.5E-01	2.6E-01	2.7E-01	1.9E-01	8.5E-02	-3.3E-03	-5.3E-02	-6.5E-02	-5.0E-02	-2.7E-02	-8.0E-03	1.6E-04	4.4E-03	3.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
1.1E-01	3.1E-01	3.8E-01	3.2E-01	1.9E-01	4.7E-02	-6.2E-02	-1.0E-01	-9.3E-02	-5.9E-02	-2.6E-02	-3.0E-03	6.9E-03	8.1E-03	5.5E-03	0.0E+00	0.0E+00
3.0E-01	4.8E-01	5.0E-01	3.6E-01	1.5E-01	-3.2E-02	-1.3E-01	-1.5E-01	-1.2E-01	-6.2E-02	-1.6E-02	7.7E-03	1.4E-02	1.1E-02	6.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
5.3E-01	6.3E-01	5.4E-01	3.1E-01	5.2E-02	-1.4E-01	-2.2E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	-5.1E-02	-2.0E-03	1.9E-02	2.1E-02	1.5E-02	6.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
7.2E-01	7.3E-01	5.3E-01	2.0E-01	-9.9E-02	-2.6E-01	-2.8E-01	-2.2E-01	-1.1E-01	-2.7E-02	2.4E-02	3.5E-02	2.7E-02	1.5E-02	5.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.8E-01	7.3E-01	4.0E-01	2.5E-02	-2.6E-01	-3.8E-01	-3.4E-01	-2.1E-01	-8.0E-02	7.0E-03	4.4E-02	6.8E-02	3.1E-02	1.4E-02	3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.9E-01	6.3E-01	2.1E-01	-2.0E-01	-4.2E-01	-4.5E-01	-3.3E-01	-1.7E-01	-3.2E-02	4.9E-02	7.1E-02	5.4E-02	3.0E-02	1.1E-02	9.2E-04	0.0E+00	0.0E+00
6.1E-01	4.1E-01	-3.8E-02	-3.8E-01	-5.2E-01	-4.7E-01	-2.9E-01	-9.9E-02	3.0E-02	8.2E-02	8.0E-02	5.4E-02	2.5E-02	5.2E-03	-3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.0E-01	1.6E-01	-2.9E-01	-5.6E-01	-5.7E-01	-4.2E-01	-2.1E-01	-2.4E-02	8.3E-02	1.1E-01	8.7E-02	4.7E-02	1.6E-02	2.5E-05	-5.5E-03	0.0E+00	0.0E+00
3.4E-01	-1.1E-01	-4.5E-01	-5.9E-01	-5.3E-01	-3.3E-01	-9.7E-02	6.4E-02	1.2E-01	1.2E-01	7.7E-02	3.5E-02	6.4E-03	-6.4E-03	-8.2E-03	0.0E+00	0.0E+00
7.9E-02	-3.2E-01	-5.7E-01	-6.0E-01	-4.3E-01	-2.0E-01	-2.4E-03	1.1E-01	1.4E-01	1.1E-01	5.9E-02	1.8E-02	-2.8E-03	-9.5E-03	-8.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.6E-01	-4.4E-01	-5.5E-01	-4.8E-01	-3.0E-01	-7.6E-02	9.0E-02	1.5E-01	1.4E-01	8.9E-02	4.0E-02	5.6E-03	-9.9E-03	-1.2E-02	-8.1E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.8E-01	-4.7E-01	-5.0E-01	-3.6E-01	-1.5E-01	2.4E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	6.8E-02	1.6E-02	-7.1E-03	-1.3E-02	-1.1E-02	-4.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
-3.5E-01	-4.2E-01	-3.6E-01	-2.2E-01	-4.3E-02	9.1E-02	1.5E-01	1.3E-01	8.4E-02	3.6E-02	2.7E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-9.1E-03	-9.6E-05	0.0E+00	0.0E+00
-3.2E-01	-3.3E-01	-2.4E-01	-9.1E-02	4.0E-02	1.1E-01	1.3E-01	9.9E-02	5.3E-02	1.3E-02	-1.1E-02	-1.5E-02	-1.2E-02	-4.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.7E-01	-2.2E-01	-1.3E-01	-1.4E-02	7.5E-02	1.1E-01	1.0E-01	6.4E-02	2.5E-02	-9.8E-04	-1.3E-04	-1.4E-02	-8.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.8E-01	-1.3E-01	-4.4E-02	4.0E-02	8.4E-02	9.0E-02	6.9E-02	3.6E-02	7.3E-03	-9.7E-03	-1.4E-02	-1.1E-02	-2.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.1E-01	-5.9E-02	1.7E-03	5.0E-02	7.1E-02	6.5E-02	4.0E-02	1.4E-02	-3.4E-03	-1.1E-02	-1.1E-02	-5.8E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-5.7E-02	-1.6E-02	2.6E-02	5.1E-02	5.2E-02	3.9E-02	2.0E-02	2.9E-03	-7.3E-03	-1.0E-02	-7.8E-03	-9.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.2E-02	5.5E-03	2.7E-02	3.7E-02	3.3E-02	2.1E-02	6.0E-03	-3.8E-03	-7.5E-03	-7.2E-03	-3.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-4.2E-03	1.3E-02	2.4E-02	2.5E-02	1.8E-02	8.7E-03	5.1E-04	-4.5E-03	-5.9E-03	-4.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
4.0E-03	1.2E-02	1.5E-04	1.4E-02	8.6E-03	2.3E-03	-2.5E-03	-4.2E-03	-3.8E-03	-1.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
5.1E-03	8.7E-03	9.4E-03	6.6E-03	3.0E-03	-2.8E-04	-2.3E-03	-2.8E-03	-1.9E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Filtro de Gabor a  $120^\circ$ 

### Filtro de Gabor a 140 Grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-7.6E-05	-4.4E-03	-6.4E-03	-6.7E-03	-4.4E-03	-1.2E-03	2.8E-03	7.1E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.3E-03	-6.6E-03	-8.9E-03	-9.2E-03	-6.0E-03	-3.5E-04	5.6E-03	1.3E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-2.7E-03	-9.0E-03	-1.2E-02	-1.1E-02	-7.6E-03	1.5E-03	1.1E-02	2.3E-02	3.1E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-4.2E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-1.3E-02	-8.9E-03	4.4E-03	2.0E-02	3.6E-02	4.9E-02	4.8E-02
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.4E-03	-1.2E-02	-1.5E-02	-1.3E-02	-7.9E-03	8.3E-03	3.0E-02	5.2E-02	7.2E-02	7.7E-02	7.2E-02	4.3E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-6.0E-03	-1.1E-02	-1.5E-02	-1.3E-02	-5.0E-03	1.3E-02	4.1E-02	7.0E-02	9.6E-02	1.0E-01	9.7E-02	5.7E-02	7.6E-03	
0.0E+00	-7.3E-04	-5.9E-03	-1.0E-02	-1.4E-02	-1.1E-02	-1.5E-03	1.6E-02	5.0E-02	8.5E-02	1.2E-01	1.3E-01	1.1E-01	6.9E-02	-4.5E-03	-7.4E-02	
-1.1E-03	-5.2E-03	-8.6E-03	-1.1E-02	-9.3E-03	1.6E-03	2.1E-02	5.6E-02	9.5E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.3E-01	7.7E-02	-2.5E-02	-1.2E-01	-2.1E-01	
-4.2E-03	-6.6E-03	-8.0E-03	-7.0E-03	3.9E-03	2.4E-02	5.7E-02	9.8E-02	1.4E-01	1.5E-01	1.3E-01	6.9E-02	-5.2E-02	-1.8E-01	-3.0E-01	-3.5E-01	
-4.7E-03	-5.4E-03	-4.4E-03	4.9E-03	2.3E-02	5.3E-02	9.2E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	4.8E-02	-8.1E-02	-2.4E-01	-3.7E-01	-4.6E-01	-4.4E-01	
-3.4E-03	-1.9E-03	4.9E-03	2.1E-02	4.5E-02	8.0E-02	1.1E-01	1.3E-01	1.0E-01	2.2E-02	-1.1E-01	-2.8E-01	-4.4E-01	-5.5E-01	-5.3E-01	-4.3E-01	
-4.8E-04	4.1E-03	1.7E-02	3.6E-02	6.4E-02	8.8E-02	1.0E-01	7.8E-02	-1.9E-03	-1.3E-01	-3.1E-01	-4.7E-01	-6.0E-01	-5.8E-01	-4.6E-01	-2.4E-01	
3.4E-03	1.2E-02	2.6E-02	4.7E-02	6.5E-02	7.3E-02	5.6E-02	-1.9E-02	-1.4E-01	-3.0E-01	-4.6E-01	-5.9E-01	-5.9E-01	-4.5E-01	-2.2E-01	1.1E-01	
7.9E-03	1.7E-02	3.1E-02	4.4E-02	4.7E-02	3.5E-02	-2.8E-02	-1.3E-01	-2.8E-01	-4.2E-01	-5.3E-01	-5.5E-01	-4.0E-01	-1.6E-01	1.9E-01	5.0E-01	
1.1E-02	1.9E-02	2.8E-02	2.8E-02	1.6E-02	-2.9E-02	-1.1E-01	-2.3E-01	-3.5E-01	-4.4E-01	-4.7E-01	-3.3E-01	-8.7E-02	2.5E-01	5.8E-01	8.3E-01	
1.1E-02	1.6E-02	1.5E-02	5.2E-03	-2.5E-02	-8.6E-02	-1.7E-01	-2.7E-01	-3.4E-01	-3.5E-01	-2.4E-01	-2.1E-02	2.9E-01	6.2E-01	8.5E-01	1.0E+00	
8.0E-03	7.9E-03	3.4E-04	-1.9E-02	-6.0E-02	-1.2E-01	-1.9E-01	-2.4E-01	-2.6E-01	-1.7E-01	2.8E-02	2.9E-01	6.0E-01	8.1E-01	9.3E-01	8.3E-01	
3.7E-03	-1.2E-03	-1.3E-02	-3.9E-02	-7.5E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-1.5E-01	-1.0E-01	5.5E-02	2.6E-01	5.3E-01	7.1E-01	8.1E-01	7.5E-01	5.0E-01	
-1.3E-03	-8.3E-03	-2.3E-02	-4.4E-02	-7.2E-02	-9.5E-02	-8.9E-02	-9.4E-02	-1.2E-01	2.2E-01	4.2E-01	5.7E-01	6.5E-01	6.2E-01	4.0E-01	1.1E-01	
-4.5E-03	-1.2E-02	-2.4E-02	-3.8E-02	-5.2E-02	-4.7E-02	-1.8E-02	5.4E-02	1.6E-01	3.0E-01	4.3E-01	4.8E-01	4.5E-01	2.8E-01	4.5E-02	-2.4E-01	
-5.9E-03	-1.2E-02	-1.9E-02	-2.2E-02	-2.3E-02	-3.7E-03	4.0E-02	1.1E-01	2.0E-01	2.9E-01	3.2E-01	3.0E-01	1.8E-01	-6.8E-03	-2.3E-01	-4.3E-01	
-4.3E-03	-8.8E-03	-1.1E-02	-9.6E-03	1.4E-03	2.7E-02	7.0E-02	1.2E-01	1.8E-01	2.0E-01	1.8E-01	1.0E-01	-3.6E-02	-1.0E-01	-3.7E-01	-4.4E-01	
-6.5E-05	-4.0E-03	-4.0E-03	2.3E-03	1.5E-02	4.0E-02	6.9E-02	1.0E-01	1.2E-01	1.0E-01	5.1E-02	-4.6E-02	-1.6E-01	-2.8E-01	-3.5E-01	-3.5E-01	
0.0E+00	-2.8E-04	1.6E-03	8.4E-03	2.1E-02	3.6E-02	5.1E-02	6.4E-02	5.3E-02	2.1E-02	-4.2E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-2.5E-01	-2.5E-01	-2.1E-01	
0.0E+00	0.0E+00	1.6E-03	9.4E-03	1.7E-02	2.5E-02	3.0E-02	2.4E-02	5.9E-03	-3.2E-02	-7.7E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-1.6E-01	-1.4E-01	-7.4E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.2E-03	1.1E-02	1.3E-02	1.0E-02	1.6E-04	-2.0E-02	-4.6E-02	-7.4E-02	-9.8E-02	-9.9E-02	-8.2E-02	-4.0E-02	7.6E-03	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-03	3.8E-03	-1.3E-03	-1.1E-02	-2.6E-02	-4.0E-02	-5.5E-02	-4.5E-02	-2.0E-02	-2.0E-02	1.2E-02	4.3E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-9.1E-04	-5.7E-03	-1.3E-02	-2.0E-02	-2.6E-02	-2.8E-02	-2.2E-02	-8.4E-03	1.2E-02	3.0E-02	4.8E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-4.9E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-9.7E-03	-2.8E-03	9.3E-03	1.9E-02	2.9E-02	3.4E-02		
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-7.2E-04	-4.7E-03	-5.5E-03	-3.9E-03	-4.9E-04	5.3E-03	1.1E-02	1.7E-02	2.0E-02	1.8E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-7.6E-04	-1.3E-03	2.1E-04	2.9E-03	6.2E-03	8.5E-03	1.0E-02	9.5E-03	7.1E-03	

### Filtro de Gabor a 140 Grados (Columnas 17-31)

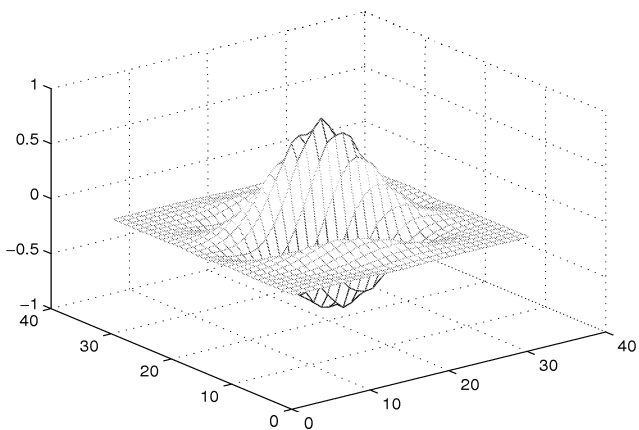
9.5E-03	1.0E-02	8.5E-03	6.2E-03	2.9E-03	2.1E-04	-1.3E-03	-7.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
2.0E-02	1.7E-02	1.1E-02	5.3E-03	-4.9E-04	-3.9E-03	-5.5E-03	-4.7E-03	-7.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
2.9E-02	1.9E-02	9.3E-03	-2.8E-03	-9.7E-03	-1.3E-02	-1.2E-02	-9.4E-03	-4.9E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3.0E-02	1.2E-02	-8.4E-03	-2.2E-02	-2.8E-02	-2.6E-02	-2.0E-02	-1.3E-02	-5.7E-03	-9.1E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.2E-02	-2.0E-02	-4.5E-02	-5.5E-02	-5.2E-02	-4.0E-02	-2.6E-02	-1.1E-02	-1.3E-03	3.8E-03	3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-4.0E-02	-8.2E-02	-9.9E-02	-9.8E-02	-7.4E-02	-4.6E-02	-2.0E-02	1.6E-04	1.0E-02	1.3E-02	1.1E-02	4.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-1.4E-01	-1.6E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-7.7E-02	-3.2E-02	5.9E-03	2.4E-02	3.0E-02	2.5E-02	1.7E-02	9.4E-03	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.5E-01	-2.5E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	-4.2E-02	2.1E-02	5.3E-02	6.4E-02	5.1E-02	3.6E-02	2.1E-02	8.4E-03	1.6E-03	-2.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-3.5E-01	-2.8E-01	-1.6E-01	-4.6E-02	5.1E-02	1.0E-01	1.2E-01	1.0E-01	6.9E-02	4.0E-02	1.5E-02	2.3E-03	-4.0E-03	-4.0E-03	-6.5E-05	0.0E+00	0.0E+00
-3.7E-01	-2.0E-01	-3.6E-02	1.0E-01	1.8E-01	2.0E-01	1.8E-01	1.2E-01	7.0E-02	2.7E-02	1.4E-03	-9.9E-03	-1.1E-02	-8.8E-03	-4.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.3E-01	-6.8E-03	1.8E-01	3.0E-01	3.2E-01	2.9E-01	2.0E-01	1.1E-01	4.0E-02	-3.7E-03	-2.3E-02	-2.6E-02	-1.9E-02	-1.2E-02	-5.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
4.5E-02	2.8E-01	4.5E-01	4.8E-01	4.3E-01	3.0E-01	1.6E-01	5.4E-02	-1.8E-02	-4.7E-02	-5.2E-02	-3.8E-02	-2.4E-02	-1.2E-02	-4.5E-03	0.0E+00	0.0E+00
4.0E-01	6.2E-01	6.5E-01	5.7E-01	4.2E-01	2.2E-01	6.1E-02	-4.7E-02	-8.9E-02	-9.5E-02	-7.2E-02	-4.4E-02	-2.3E-02	-8.3E-03	-1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00
7.5E-01	8.1E-01	7.1E-01	5.3E-01	2.6E-01	5.5E-02	-1.0E-01	-1.5E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-7.5E-02	-3.9E-02	-1.3E-02	-1.2E-03	3.7E-03	0.0E+00	0.0E+00
9.3E-01	8.1E-01	6.0E-01	2.9E-01	2.8E-02	-1.7E-01	-2.4E-01	-2.4E-01	-1.9E-01	-1.2E-01	-6.0E-02	-1.9E-02	3.4E-04	7.9E-03	8.0E-03	0.0E+00	0.0E+00
8.5E-01	6.2E-01	2.9E-01	-2.1E-02	-2.4E-01	-3.5E-01	-3.4E-01	-2.7E-01	-1.7E-01	-8.6E-02	-2.5E-02	5.2E-03	1.5E-02	1.6E-02	1.1E-02	0.0E+00	0.0E+00
5.8E-01	2.5E-01	-8.7E-02	-3.3E-01	-4.7E-01	-4.4E-01	-3.5E-01	-2.3E-01	-1.1E-01	-2.9E-02	1.6E-02	2.8E-02	2.8E-02	1.9E-02	1.1E-02	0.0E+00	0.0E+00
1.9E-01	-1.6E-01	-4.0E-01	-5.5E-01	-5.3E-01	-4.2E-01	-2.8E-01	-1.3E-01	-2.8E-02	3.5E-02	4.7E-02	4.4E-02	3.1E-02	1.7E-02	7.9E-03	0.0E+00	0.0E+00
-2.2E-01	-4.5E-01	-5.9E-01	-5.9E-01	-4.6E-01	-3.0E-01	-1.4E-01	-1.9E-02	5.6E-02	7.3E-02	6.5E-02	4.7E-02	2.6E-02	1.2E-02	3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
-4.6E-01	-5.8E-01	-6.0E-01	-4.7E-01	-3.1E-01	-1.3E-01	-1.9E-03	7.8E-02	1.0E-01	8.8E-02	6.4E-02	3.6E-02	1.7E-02	4.1E-03	-4.8E-04	0.0E+00	0.0E+00
-5.3E-01	-5.5E-01	-4.4E-01	-2.8E-01	-1.1E-01	2.2E-02	1.0E-01	1.3E-01	1.1E-01	8.0E-02	4.5E-02	2.1E-02	4.9E-03	-1.9E-03	-3.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
-4.6E-01	-3.7E-01	-2.4E-01	-8.1E-02	4.8E-02	1.2E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.2E-02	5.3E-02	2.3E-02	4.9E-03	-4.4E-03	-5.4E-03	-4.7E-03	0.0E+00	0.0E+00
-3.0E-01	-1.8E-01	-5.2E-02	6.9E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.4E-01	9.8E-02	5.7E-02	2.4E-02	3.9E-03	-7.0E-03	-8.0E-03	-6.6E-03	-4.2E-03	0.0E+00	0.0E+00
-1.2E-01	-2.5E-02	7.7E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.5E-02	5.6E-02	2.1E-02	1.6E-03	-9.3E-03	-1.1E-02	-8.6E-03	-5.2E-03	-1.1E-03	0.0E+00	0.0E+00
-4.5E-03	6.9E-02	1.1E-01	1.3E-01	1.2E-01	8.5E-02	5.0E-02	1.6E-02	-1.5E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-1.0E-02	-5.9E-03	-7.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
5.7E-02	9.7E-02	1.0E-01	9.6E-02	7.0E-02	4.1E-02	1.3E-02	-5.0E-03	-1.3E-02	-1.5E-02	-1.1E-02	-6.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
7.2E-02	7.7E-02	7.2E-02	5.2E-02	3.0E-02	8.3E-03	-7.9E-03	-1.3E-02	-1.5E-02	-1.2E-02	-5.4E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
5.3E-02	4.9E-02	3.6E-02	2.0E-02	4.4E-03	-8.9E-03	-1.3E-02	-1.4E-02	-1.1E-02	-4.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
3.1E-02	2.3E-02	1.1E-02	1.5E-03	-7.6E-03	-1.1E-02	-1.2E-02	-9.0E-03	-2.7E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.3E-02	5.6E-03	-3.5E-04	-6.0E-03	-9.2E-03	-8.9E-03	-6.6E-03	-1.3E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
2.8E-03	-1.2E-03	-4.4E-03	-6.7E-03	-6.4E-03	-4.4E-03	-7.6E-05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

### Filtro de Gabor a 160 Grados (Columnas 1-16)

0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-2.1E-03	-5.7E-03	-8.7E-03	-9.9E-03	-9.8E-03	-9.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.0E-03	-4.7E-03	-8.7E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-1.4E-02	-1.3E-02	-1.3E-02	-9.9E-03	-7.2E-03
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-1.2E-04	-2.5E-03	-5.7E-03	-9.4E-03	-1.2E-02	-1.4E-02	-1.6E-02	-1.4E-02	-1.1E-02	-6.8E-03	1.4E-03	7.6E-03	
0.0E+00	0.0E+00	-8.3E-04	-2.5E-03	-4.9E-03	-7.2E-03	-9.8E-03	-1.3E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-1.0E-02	-6.1E-04	8.6E-03	1.8E-02	3.1E-02	4.1E-02	
-7.1E-04	-1.7E-03	-2.9E-03	-4.5E-03	-6.6E-03	-7.8E-03	-8.2E-03	-8.2E-03	-2.6E-03	6.1E-03	1.6E-02	3.9E-02	5.1E-02	6.6E-02	7.9E-02	8.6E-02	
-1.4E-03	-2.3E-03	-1.3E-03	-3.9E-03	-4.4E-03	-2.7E-03	2.5E-03	9.7E-03	2.4E-02	4.3E-02	6.4E-02	8.6E-02	1.1E-01	1.2E-01	1.2E-01	1.2E-01	
-1.2E-03	-1.6E-03	-1.5E-03	4.5E-04	3.9E-03	1.1E-02	2.4E-02	4.1E-02	6.4E-02	9.0E-02	1.2E-01	1.4E-01	1.5E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.9E-02	
-5.5E-05	1.0E-03	3.2E-03	8.9E-03	1.8E-02	3.1E-02	5.1E-02	7.5E-02	1.0E-01	1.2E-01	1.4E-01	1.5E-01	1.3E-01	9.9E-02	5.4E-02	-9.9E-03	
2.2E-03	5.2E-03	1.0E-02	1.9E-02	3.2E-02	5.1E-02	6.9E-02	9.0E-02	1.1E-01	1.1E-01	9.6E-02	7.2E-02	5.9E-03	-6.2E-02	-1.3E-01	-2.1E-01	
4.8E-03	9.3E-03	1.7E-02	2.6E-02	3.8E-02	5.4E-02	6.1E-02	6.3E-02	5.9E-02	1.8E-02	-4.0E-02	-1.1E-01	-2.1E-01	-3.0E-01	-3.9E-01	-4.3E-01	
6.6E-03	1.1E-02	1.8E-02	2.4E-02	2.7E-02	2.9E-02	1.6E-02	-1.4E-02	-6.1E-02	-1.4E-01	-2.3E-01	-3.4E-01	-4.4E-01	-5.2E-01	-5.9E-01	-5.6E-01	
6.1E-03	8.0E-03	9.7E-03	8.2E-03	-2.2E-03	-2.2E-02	-5.9E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-3.0E-01	-4.1E-01	-5.2E-01	-5.7E-01	-5.9E-01	-5.8E-01	-4.9E-01	
2.5E-03	3.5E-04	-5.2E-03	-1.7E-02	-4.1E-02	-8.1E-02	-1.4E-01	-2.1E-01	-3.0E-01	-3.9E-01	-4.6E-01	-5.1E-01	-5.0E-01	-4.2E-01	-3.1E-01	-1.6E-01	
-3.2E-03	-9.5E-03	-2.2E-02	-4.3E-02	-7.4E-02	-1.2E-01	-1.8E-01	-2.4E-01	-3.0E-01	-3.5E-01	-3.3E-01	-2.8E-01	-1.9E-01	-2.0E-02	1.6E-01	3.4E-01	
-8.7E-03	-1.7E-02	-3.2E-02	-5.5E-02	-8.2E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-1.7E-01	-1.7E-01	-1.4E-01	-4.6E-02	9.3E-02	2.7E-01	4.5E-01	6.4E-01	8.0E-01	
-1.1E-02	-1.9E-02	-3.1E-02	-4.7E-02	-6.1E-02	-6.9E-02	-6.9E-02	-3.7E-02	3.0E-02	1.4E-01	2.8E-01	4.6E-01	6.6E-01	8.0E-01	9.1E-01	1.0E-01	
-9.5E-03	-1.5E-02	-1.9E-02	-2.1E-02	-1.7E-02	3.7E-03	4.5E-02	1.1E-01	2.2E-01	3.6E-01	5.1E-01	6.5E-01	8.0E-01	8.6E-01	8.4E-01	8.0E-01	
-4.4E-03	-4.6E-03	-8.3E-04	9.4E-03	3.0E-02	6.8E-02	1.3E-01	2.2E-01	3.1E-01	4.3E-01	5.4E-01	6.0E-01	6.4E-01	6.1E-01	4.9E-01	3.4E-01	
1.1E-03	5.5E-03	1.5E-02	3.2E-02	6.2E-02	1.0E-01	1.6E-01	2.3E-01	2.9E-01	3.5E-01	3.8E-01	3.6E-01	2.9E-01	1.8E-01	2.4E-02	-1.6E-01	
3.6E-03	1.2E-02	2.2E-02	3.9E-02	6.6E-02	9.3E-02	1.3E-01	1.6E-01	1.7E-01	1.6E-01	1.1E-01	4.3E-02	-7.9E-02	-2.3E-01	-3.5E-01	-4.9E-01	
2.0E-03	1.2E-02	2.0E-02	3.0E-02	4.4E-02	5.6E-02	6.1E-02	5.6E-02	3.1E-02	-2.3E-02	-1.2E-01	-2.0E-01	-3.2E-01	-4.5E-01	-5.1E-01	-5.6E-01	
0.0E+00	7.3E-03	1.2E-02	1.5E-02	1.7E-02	1.2E-02	-2.1E-03	-3.3E-02	-7.7E-02	-1.4E-01	-2.3E-01	-3.0E-01	-3.7E-01	-4.4E-01	-4.5E-01	-4.3E-01	
0.0E+00	2.0E-03	3.1E-03	6.8E-04	-6.3E-03	-2.0E-02	-4.1E-02	-7.5E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-2.2E-01	-2.8E-01	-2.8E-01	-2.9E-01	-2.6E-01	-2.1E-01	
0.0E+00	-1.3E-04	-3.2E-03	-7.8E-03	-1.7E-02	-3.1E-02	-4.9E-02	-7.4E-02	-1.0E-01	-1.3E-01	-1.4E-01	-1.5E-01	-1.4E-01	-1.1E-01	-6.1E-02	-9.9E-03	
0.0E+00	0.0E+00	-4.6E-03	-1.0E-02	-1.7E-02	-2.7E-02	-3.8E-02	-4.9E-02	-5.9E-02	-6.2E-02	-5.6E-02	-3.9E-02	-1.4E-02	2.5E-02	6.8E-02	9.9E-02	
0.0E+00	0.0E+00	-2.4E-03	-7.5E-03	-1.1E-02	-1.5E-02	-1.8E-02	-1.9E-02	-1.6E-02	-9.0E-03	6.1E-03	3.2E-02	5.2E-02	7.9E-02	1.1E-01	1.2E-01	
0.0E+00	0.0E+00	-1.0E-04	-3.5E-03	-4.4E-03	-4.4E-03	-3.3E-03	4.2E-04	8.9E-03	1.8E-02	3.2E-02	5.1E-02	6.4E-02	7.6E-02	8.7E-02	8.6E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	-5.6E-04	-1.9E-04	1.5E-03	4.4E-03	8.6E-03	1.6E-02	2.3E-02	3.1E-02	4.0E-02	4.6E-02	4.8E-02	4.6E-02	4.1E-02	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-04	1.6E-03	3.2E-03	5.7E-03	8.5E-03	1.2E-02	1.6E-02	2.0E-02	2.1E-02	2.2E-02	1.9E-02	1.4E-02	7.6E-03	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-03	2.6E-03	4.0E-03	5.4E-03	6.7E-03	7.7E-03	8.0E-03	6.8E-03	4.3E-03	1.7E-03	-2.8E-03	-7.2E-03	
0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-04	1.4E-03	1.8E-03	2.2E-02	2.2E-03	1.6E-03	9.7E-04	6.0E-04	-3.1E-04	-4.8E-03	-7.0E-03	-9.2E-03	

### Filtro de Gabor a 160 Grados (Columnas 17-31)

-7.0E-03	-4.8E-03	-3.1E-03	-6.0E-04	9.7E-04	1.6E-03	2.2E-03	2.2E-03	1.8E-03	1.4E-03	6.8E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-2.8E-03	1.7E-03	4.3E-03	6.8E-03	8.0E-03	7.7E-03	6.7E-03	5.4E-03	4.0E-03	2.6E-03	1.5E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
1.4E-02	1.9E-02	2.2E-02	2.1E-02	2.0E-02	1.6E-02	1.2E-02	8.5E-03	5.7E-03	3.2E-03	1.6E-03	2.9E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
4.6E-02	4.8E-02	4.6E-02	4.0E-02	3.1E-02	2.3E-02	1.6E-02	8.6E-03	4.4E-03	1.5E-03	-1.9E-04	-5.6E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
8.7E-02	7.6E-02	6.4E-02	5.1E-02	3.2E-02	1.8E-02	8.9E-03	4.2E-04	-3.3E-03	-4.4E-03	-4.4E-03	-3.5E-03	-1.0E-04	0.0E+00	0.0E+00
1.1E-01	7.9E-02	5.2E-02	3.2E-02	6.1E-03	-9.0E-03	-1.6E-02	-1.9E-02	-1.8E-02	-1.5E-02	-1.1E-02	-7.5E-03	-2.4E-03	0.0E+00	0.0E+00
6.8E-02	2.5E-02	-1.4E-02	-3.9E-02	-5.6E-02	-6.2E-02	-5.9E-02	-4.9E-02	-3.8E-02	-2.7E-02	-1.7E-02	-1.0E-02	-6.6E-03	0.0E+00	0.0E+00
-6.1E-02	-1.1E-01	-1.4E-01	-1.5E-01	-1.4E-01	-1.3E-01	-1.0E-01	-7.4E-02	-4.9E-02	-3.1E-02	-1.7E-02	-7.8E-03	-3.2E-03	-1.3E-04	0.0E+00
-2.6E-01	-2.9E-01	-2.8E-01	-2.6E-01	-2.2E-01	-1.6E-01	-1.7E-01	-7.5E-02	-4.1E-02	-2.0E-02	-6.3E-03	6.8E-04	3.1E-03	2.0E-03	0.0E+00
-4.5E-01	-4.4E-01	-3.7E-01	-3.0E-01	-2.3E-01	-1.4E-01	-1.2E-02	-3.3E-02	-2.1E-03	1.2E-02	1.7E-02	1.5E-02	1.2E-02	7.3E-03	0.0E+00
-5.1E-01	-4.5E-01	-3.2E-01	-2.0E-01	-1.1E-01	-2.3E-02	3.1E-02	5.6E-02	6.1E-02	5.6E-02	4.4E-02	3.0E-02	2.0E-02	1.2E-02	2.0E-03
-3.5E-01	-2.3E-01	-7.9E-02	4.3E-02	1.2E-01	1.6E-01	1.7E-01	1.6E-01	1.3E-01	9.3E-02	6.6E-02	3.9E-02	2.2E-02	1.2E-02	3.6E-03
2.4E-02	1.8E-01	2.9E-01	3.6E-01	3.8E-01	3.5E-01	2.9E-01	2.3E-01	1.6E-01	1.0E-01	6.2E-02	3.2E-02	1.5E-02	5.5E-03	1.1E-03
4.9E-01	6.1E-01	6.4E-01	6.0E-01	5.4E-01	4.3E-01	3.1E-01	2.2E-01	1.3E-01	6.8E-02	3.0E-02	9.4E-03	-8.3E-04	-4.6E-03	-4.4E-03
8.4E-01	8.6E-01	8.0E-01	6.5E-01	5.1E-01	3.6E-01	2.2E-01	1.1E-01	4.5E-02	3.7E-03	-1.7E-02	-2.1E-02	-1.9E-02	-1.5E-02	-9.5E-03
9.1E-01	8.0E-01	6.6E-01	4.6E-01	2.8E-01	1.4E-01	1.0E-02	-3.7E-02	-6.9E-02	-6.9E-02	-6.1E-02	-4.7E-02	-3.1E-02	-1.9E-02	-1.1E-02
6.4E-01	4.5E-01	2.7E-01	9.3E-02	-4.6E-02	-1.4E-01	-3.7E-01	-1.7E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-8.2E-02	-5.5E-02	-3.2E-02	-1.7E-02	-8.7E-03
1.6E-01	-2.0E-02	-1.9E-01	-2.8E-01	-3.3E-01	-3.5E-01	-3.0E-01	-2.4E-01	-1.8E-01	-1.2E-01	-7.4E-02	-4.3E-02	-2.2E-02	-9.5E-03	-3.2E-03
-3.1E-01	-4.2E-01	-5.0E-01	-5.1E-01	-4.6E-01	-3.9E-01	-3.0E-01	-2.1E-01	-1.4E-01	-8.1E-02	-4.1E-02	-1.7E-02	-5.2E-03	-3.5E-04	2.5E-03
-5.8E-01	-5.9E-01	-5.7E-01	-5.2E-01	-4.1E-01	-3.0E-01	-2.0E-01	-1.2E-01	-5.9E-02	-2.2E-02	-2.2E-03	8.2E-03	9.7E-03	8.0E-03	6.1E-03
-5.9E-01	-5.2E-01	-4.4E-01	-3.4E-01	-2.3E-01	-1.4E-01	-6.1E-02	-1.4E-02	1.6E-02	2.9E-02	2.7E-02	2.4E-02	1.8E-02	1.1E-02	6.6E-03
-3.9E-01	-3.0E-01	-2.1E-01	-1.1E-01	-4.0E-02	1.8E-02	5.9E-02	6.3E-02	6.1E-02	5.4E-02	3.8E-02	2.6E-02	1.7E-02	9.3E-03	4.8E-03
-1.3E-01	-6.2E-02	5.9E-03	7.2E-02	9.6E-02	1.1E-01	1.1E-01	9.0E-02	6.9E-02	5.1E-02	3.2E-02	1.9E-02	1.0E-02	5.2E-03	2.2E-03
5.4E-02	9.9E-02	1.3E-01	1.5E-01	1.4E-01	1.2E-01	1.0E-01	7.5E-02	5.1E-02	3.1E-02	1.8E-02	8.9E-03	3.2E-03	1.0E-03	-5.5E-05
1.3E-01	1.5E-01	1.5E-01	1.4E-01	1.2E-01	9.0E-02	6.4E-02	4.1E-02	2.4E-02	1.1E-02	3.9E-03	4.5E-04	-1.5E-03	-1.6E-03	-1.2E-03
1.2E-01	1.2E-01	1.1E-01	8.6E-02	6.4E-02	4.3E-02	2.4E-02	9.7E-03	2.5E-03	-2.7E-03	-4.4E-03	-3.9E-03	-3.3E-03	-2.3E-03	-1.4E-03
7.9E-02	6.6E-02	5.1E-02	3.3E-02	1.6E-02	6.1E-03	-2.6E-03	-8.2E-03	-8.2E-03	-7.8E-03	-6.6E-03	-4.5E-03	-2.9E-03	-1.7E-03	-7.1E-04
3.1E-02	1.8E-02	8.6E-03	-6.1E-04	-1.0E-02	-1.2E-02	-1.3E-02	-1.3E-02	-9.8E-03	-7.2E-03	-4.9E-03	-2.5E-03	-8.3E-04	0.0E+00	0.0E+00
1.4E-03	-6.8E-03	-1.1E-02	-1.4E-02	-1.6E-02	-1.4E-02	-1.2E-02	-9.4E-03	-5.7E-03	-2.5E-03	-1.2E-04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-9.9E-03	-1.3E-02	-1.4E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-8.7E-03	-4.7E-03	-1.0E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
-9.8E-03	-9.9E-03	-8.7E-03	-5.7E-03	-2.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Filtro de Gabor a  $160^\circ$ 

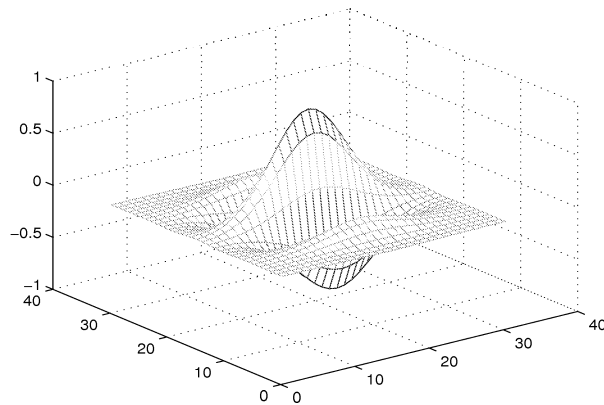
### Filtro de Gabor a 0 Grados (Columnas 1-16)

-1.2E-04	-2.2E-04	-3.8E-04	-6.2E-04	-9.9E-04	-1.5E-03	-2.2E-03	-3.1E-03	-4.2E-03	-5.4E-03	-6.7E-03	-8.1E-03	-9.3E-03	-1.0E-02	-1.1E-02	-1.1E-02
-1.8E-04	-3.2E-04	-5.5E-04	-9.0E-04	-1.4E-03	-2.2E-03	-3.2E-03	-4.5E-03	-6.0E-03	-7.8E-03	-9.7E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-1.5E-02	-1.6E-02	-1.6E-02
-1.2E-04	-2.1E-04	-3.6E-04	-5.9E-04	-9.4E-04	-1.4E-03	-2.1E-03	-2.9E-03	-3.9E-03	-5.1E-03	-6.4E-03	-7.6E-03	-8.8E-03	-9.7E-03	-1.0E-02	-1.1E-02
1.9E-04	3.4E-04	5.9E-04	9.7E-04	1.5E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.8E-03	6.5E-03	8.4E-03	1.1E-02	1.3E-02	1.4E-02	1.6E-02	1.7E-02	1.7E-02
8.0E-04	1.4E-03	2.4E-03	4.0E-03	6.4E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.0E-02	2.7E-02	3.5E-02	4.4E-02	5.2E-02	6.0E-02	6.6E-02	7.1E-02	7.2E-02
1.5E-03	2.7E-03	4.6E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.7E-02	3.8E-02	5.1E-02	6.6E-02	8.2E-02	9.8E-02	1.1E-01	1.2E-01	1.3E-01	1.4E-01
1.8E-03	3.2E-03	5.5E-03	9.0E-03	1.4E-02	2.2E-02	3.2E-02	4.5E-02	6.0E-02	7.8E-02	9.7E-02	1.2E-01	1.3E-01	1.5E-01	1.6E-01	1.6E-01
9.5E-04	1.7E-03	2.9E-03	4.8E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.4E-02	3.2E-02	4.2E-02	5.2E-02	6.2E-02	7.2E-02	7.9E-02	8.4E-02	8.6E-02
-1.3E-03	-2.3E-03	-3.8E-03	-6.5E-03	-1.0E-02	-1.6E-02	-2.3E-02	-3.2E-02	-4.4E-02	-5.6E-02	-7.0E-02	-8.4E-02	-9.7E-02	-1.1E-01	-1.1E-01	-1.2E-01
-4.4E-03	-7.8E-03	-1.3E-02	-2.2E-02	-3.5E-02	-5.3E-02	-7.8E-02	-1.1E-01	-1.5E-01	-1.9E-01	-2.4E-01	-2.9E-01	-3.3E-01	-3.6E-01	-3.9E-01	-3.9E-01
-6.7E-03	-1.2E-02	-2.1E-02	-3.4E-02	-5.4E-02	-8.2E-02	-1.2E-01	-1.7E-01	-2.3E-01	-3.0E-01	-3.7E-01	-4.4E-01	-5.1E-01	-5.6E-01	-5.9E-01	-6.1E-01
-6.5E-03	-1.2E-02	-2.0E-02	-3.3E-02	-5.2E-02	-8.0E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-2.2E-01	-2.9E-01	-3.6E-01	-4.3E-01	-4.9E-01	-5.4E-01	-5.8E-01	-5.9E-01
-2.9E-03	-5.1E-03	-8.8E-03	-1.4E-02	-2.3E-02	-3.5E-02	-5.1E-02	-7.2E-02	-9.7E-02	-1.3E-01	-1.6E-01	-1.9E-01	-2.2E-01	-2.4E-01	-2.5E-01	-2.6E-01
3.2E-03	5.7E-03	9.7E-03	1.6E-02	2.5E-02	3.9E-02	5.6E-02	7.9E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.7E-01	2.1E-01	2.4E-01	2.6E-01	2.8E-01	2.9E-01
8.8E-03	1.6E-02	2.7E-02	4.5E-02	7.1E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.2E-01	3.0E-01	3.9E-01	4.8E-01	5.8E-01	6.6E-01	7.3E-01	7.8E-01	7.9E-01
1.1E-02	2.0E-02	3.4E-02	5.6E-02	8.9E-02	1.4E-01	2.0E-01	2.8E-01	3.8E-01	4.9E-01	6.1E-01	7.3E-01	8.4E-01	9.2E-01	9.8E-01	1.0E+00
8.8E-03	1.6E-02	2.7E-02	4.5E-02	7.1E-02	1.1E-01	1.6E-01	2.2E-01	3.0E-01	3.9E-01	4.8E-01	5.8E-01	6.6E-01	7.3E-01	7.8E-01	7.9E-01
3.2E-03	5.7E-03	9.7E-03	1.6E-02	2.5E-02	3.9E-02	5.6E-02	7.9E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.7E-01	2.1E-01	2.4E-01	2.6E-01	2.8E-01	2.9E-01
-2.9E-03	-5.1E-03	-8.8E-03	-1.4E-02	-2.3E-02	-3.5E-02	-5.1E-02	-7.2E-02	-9.7E-02	-1.3E-01	-1.6E-01	-1.9E-01	-2.2E-01	-2.4E-01	-2.5E-01	-2.6E-01
-6.5E-03	-1.2E-02	-2.0E-02	-3.3E-02	-5.2E-02	-8.0E-02	-1.2E-01	-1.6E-01	-2.2E-01	-2.9E-01	-3.6E-01	-4.3E-01	-4.9E-01	-5.4E-01	-5.8E-01	-5.9E-01
-6.7E-03	-1.2E-02	-2.1E-02	-3.4E-02	-5.4E-02	-8.2E-02	-1.2E-01	-1.7E-01	-2.3E-01	-3.0E-01	-3.7E-01	-4.4E-01	-5.1E-01	-5.6E-01	-5.9E-01	-6.1E-01
-4.4E-03	-7.8E-03	-1.3E-02	-2.2E-02	-3.5E-02	-5.3E-02	-7.8E-02	-1.1E-01	-1.5E-01	-1.9E-01	-2.4E-01	-2.9E-01	-3.3E-01	-3.6E-01	-3.9E-01	-3.9E-01
-1.3E-03	-2.3E-03	-3.8E-03	-6.5E-03	-1.0E-02	-1.6E-02	-2.3E-02	-3.2E-02	-4.4E-02	-5.6E-02	-7.0E-02	-8.4E-02	-9.7E-02	-1.1E-01	-1.1E-01	-1.2E-01
9.5E-04	1.7E-03	2.9E-03	4.8E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.7E-02	2.4E-02	3.2E-02	4.2E-02	5.2E-02	6.2E-02	7.2E-02	7.9E-02	8.4E-02	8.6E-02
1.8E-03	3.2E-03	5.5E-03	9.0E-03	1.4E-02	2.2E-02	3.2E-02	4.5E-02	6.0E-02	7.8E-02	9.7E-02	1.2E-01	1.3E-01	1.5E-01	1.6E-01	1.6E-01
1.5E-03	2.7E-03	4.6E-03	7.6E-03	1.2E-02	1.8E-02	2.7E-02	3.8E-02	5.1E-02	6.6E-02	8.2E-02	9.8E-02	1.1E-01	1.2E-01	1.3E-01	1.4E-01
8.0E-04	1.4E-03	2.4E-03	4.0E-03	6.4E-03	9.7E-03	1.4E-02	2.0E-02	2.7E-02	3.5E-02	4.4E-02	5.2E-02	6.0E-02	6.6E-02	7.1E-02	7.2E-02
1.9E-04	3.4E-04	5.9E-04	9.7E-04	1.5E-03	2.3E-03	3.4E-03	4.8E-03	6.5E-03	8.4E-03	1.1E-02	1.3E-02	1.4E-02	1.6E-02	1.7E-02	1.7E-02
-1.2E-04	-2.1E-04	-3.6E-04	-5.9E-04	-9.4E-04	-1.4E-03	-2.1E-03	-2.9E-03	-3.9E-03	-5.1E-03	-6.4E-03	-7.6E-03	-8.8E-03	-9.7E-03	-1.0E-02	-1.1E-02
-1.8E-04	-3.2E-04	-5.5E-04	-9.0E-04	-1.4E-03	-2.2E-03	-3.2E-03	-4.5E-03	-6.0E-03	-7.8E-03	-9.7E-03	-1.2E-02	-1.3E-02	-1.5E-02	-1.6E-02	-1.6E-02
-1.2E-04	-2.2E-04	-3.8E-04	-6.2E-04	-9.9E-04	-1.5E-03	-2.2E-03	-3.1E-03	-4.2E-03	-5.4E-03	-6.7E-03	-8.1E-03	-9.3E-03	-1.0E-02	-1.1E-02	-1.1E-02

### Filtro de Gabor a 0 Grados (Columnas 17-31)

-1.1E-02	-1.0E-02	-9.3E-03	-8.1E-03	-6.7E-03	-5.4E-03	-4.2E-03	-3.1E-03	-2.2E-03	-1.5E-03	-9.9E-04	-6.2E-04	-3.8E-04	-2.2E-04	-1.2E-04
-1.6E-02	-1.5E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-9.7E-03	-7.8E-03	-6.0E-03	-4.5E-03	-3.2E-03	-2.2E-03	-1.4E-03	-9.0E-04	-5.5E-04	-3.2E-04	-1.8E-04
-1.0E-02	-9.7E-03	-8.8E-03	-7.6E-03	-6.4E-03	-5.1E-03	-3.9E-03	-2.9E-03	-2.1E-03	-1.4E-03	-9.4E-04	-5.9E-04	-3.6E-04	-2.1E-04	-1.2E-04
1.7E-02	1.6E-02	1.4E-02	1.3E-02	1.1E-02	8.4E-03	6.5E-03	4.8E-03	3.4E-03	2.3E-03	1.5E-03	9.7E-04	5.9E-04	3.4E-04	1.9E-04
7.1E-02	6.6E-02	6.0E-02	5.2E-02	4.4E-02	3.5E-02	2.7E-02	2.0E-02	1.4E-02	9.7E-03	6.4E-03	4.0E-03	2.4E-03	1.4E-03	8.0E-04
1.3E-01	1.2E-01	1.1E-01	9.8E-02	8.2E-02	6.6E-02	5.1E-02	3.8E-02	2.7E-02	1.8E-02	1.2E-02	7.6E-03	4.6E-03	2.7E-03	1.5E-03
1.6E-01	1.5E-01	1.3E-01	1.2E-01	9.7E-02	7.8E-02	6.0E-02	4.5E-02	3.2E-02	2.2E-02	1.4E-02	9.0E-03	5.5E-03	3.2E-03	1.8E-03
8.4E-02	7.9E-02	7.2E-02	6.2E-02	5.2E-02	4.2E-02	3.2E-02	2.4E-02	1.7E-02	1.2E-02	7.6E-03	4.8E-03	2.9E-03	1.7E-03	9.5E-04
-1.1E-01	-1.1E-01	-9.7E-02	-8.4E-02	-7.0E-02	-5.6E-02	-4.4E-02	-3.2E-02	-2.3E-02	-1.6E-02	-1.0E-02	-6.5E-03	-3.9E-03	-2.3E-03	-1.3E-03
-3.9E-01	-3.6E-01	-3.3E-01	-2.9E-01	-2.4E-01	-1.9E-01	-1.5E-01	-1.1E-01	-7.8E-02	-5.3E-02	-3.5E-02	-2.2E-02	-1.3E-02	-7.8E-03	-4.4E-03
-5.9E-01	-5.6E-01	-5.1E-01	-4.4E-01	-3.7E-01	-3.0E-01	-2.3E-01	-1.7E-01	-1.2E-01	-8.2E-02	-5.4E-02	-3.4E-02	-2.1E-02	-1.2E-02	-6.7E-03
-5.8E-01	-5.4E-01	-4.9E-01	-4.3E-01	-3.6E-01	-2.9E-01	-2.2E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-8.0E-02	-5.2E-02	-3.3E-02	-2.0E-02	-1.2E-02	-6.5E-03
-2.5E-01	-2.4E-01	-2.2E-01	-1.9E-01	-1.6E-01	-1.3E-01	-9.7E-02	-7.2E-02	-5.1E-02	-3.5E-02	-2.3E-02	-1.4E-02	-8.8E-03	-5.1E-03	-2.9E-03
2.8E-01	2.6E-01	2.4E-01	2.1E-01	1.7E-01	1.4E-01	1.1E-01	7.9E-02	5.6E-02	3.9E-02	2.5E-02	1.6E-02	9.7E-03	5.7E-03	3.2E-03
7.8E-01	7.3E-01	6.6E-01	5.8E-01	4.8E-01	3.9E-01	3.0E-01	2.2E-01	1.6E-01	1.1E-01	7.1E-02	4.5E-02	2.7E-02	1.6E-02	8.8E-03
9.8E-01	9.2E-01	8.4E-01	7.3E-01	6.1E-01	4.9E-01	3.8E-01	2.8E-01	2.0E-01	1.4E-01	8.9E-02	5.6E-02	3.4E-02	2.0E-02	1.1E-02
7.8E-01	7.3E-01	6.6E-01	5.8E-01	4.8E-01	3.9E-01	3.0E-01	2.2E-01	1.6E-01	1.1E-01	7.1E-02	4.5E-02	2.7E-02	1.6E-02	8.8E-03
2.8E-01	2.6E-01	2.4E-01	2.1E-01	1.7E-01	1.4E-01	1.1E-01	7.9E-02	5.6E-02	3.9E-02	2.5E-02	1.6E-02	9.7E-03	5.7E-03	3.2E-03
-2.5E-01	-2.4E-01	-2.2E-01	-1.9E-01	-1.6E-01	-1.3E-01	-9.7E-02	-7.2E-02	-5.1E-02	-3.5E-02	-2.3E-02	-1.4E-02	-8.8E-03	-5.1E-03	-2.9E-03
-5.8E-01	-5.4E-01	-4.9E-01	-4.3E-01	-3.6E-01	-2.9E-01	-2.2E-01	-1.6E-01	-1.2E-01	-8.0E-02	-5.2E-02	-3.3E-02	-2.0E-02	-1.2E-02	-6.5E-03
-5.9E-01	-5.6E-01	-5.1E-01	-4.4E-01	-3.7E-01	-3.0E-01	-2.3E-01	-1.7E-01	-1.2E-01	-8.2E-02	-5.4E-02	-3.4E-02	-2.1E-02	-1.2E-02	-6.7E-03
-3.9E-01	-3.6E-01	-3.3E-01	-2.9E-01	-2.4E-01	-1.9E-01	-1.5E-01	-1.1E-01	-7.8E-02	-5.3E-02	-3.5E-02	-2.2E-02	-1.3E-02	-7.8E-03	-4.4E-03
-1.1E-01	-1.1E-01	-9.7E-02	-8.4E-02	-7.0E-02	-5.6E-02	-4.4E-02	-3.2E-02	-2.3E-02	-1.6E-02	-1.0E-02	-6.5E-03	-3.9E-03	-2.3E-03	-1.3E-03
8.4E-02	7.9E-02	7.2E-02	6.2E-02	5.2E-02	4.2E-02	3.2E-02	2.4E-02	1.7E-02	1.2E-02	7.6E-03	4.8E-03	2.9E-03	1.7E-03	9.5E-04
1.6E-01	1.5E-01	1.3E-01	1.2E-01	9.7E-02	7.8E-02	6.0E-02	4.5E-02	3.2E-02	2.2E-02	1.4E-02	9.0E-03	5.5E-03	3.2E-03	1.8E-03
1.3E-01	1.2E-01	1.1E-01	9.8E-02	8.2E-02	6.6E-02	5.1E-02	3.8E-02	2.7E-02	1.8E-02	1.2E-02	7.6E-03	4.6E-03	2.7E-03	1.5E-03
7.1E-02	6.6E-02	6.0E-02	5.2E-02	4.4E-02	3.5E-02	2.7E-02	2.0E-02	1.4E-02	9.7E-03	6.4E-03	4.0E-03	2.4E-03	1.4E-03	8.0E-04
1.7E-02	1.6E-02	1.4E-02	1.3E-02	1.1E-02	8.4E-03	6.5E-03	4.8E-03	3.4E-03	2.3E-03	1.5E-03	9.7E-04	5.9E-04	3.4E-04	1.9E-04
-1.0E-02	-9.7E-03	-8.8E-03	-7.6E-03	-6.4E-03	-5.1E-03	-3.9E-03	-2.9E-03	-2.1E-03	-1.4E-03	-9.4E-04	-5.9E-04	-3.6E-04	-2.1E-04	-1.2E-04
-1.6E-02	-1.5E-02	-1.3E-02	-1.2E-02	-9.7E-03	-7.8E-03	-6.0E-03	-4.5E-03	-3.2E-03	-2.2E-03	-1.4E-03	-9.0E-04	-5.5E-04	-3.2E-04	-1.8E-04
-1.1E-02	-1.0E-02	-9.3E-03	-8.1E-03	-6.7E-03	-5.4E-03	-4.2E-03	-3.1E-03	-2.2E-03	-1.5E-03	-9.9E-04	-6.2E-04	-3.8E-04	-2.2E-04	-1.2E-04

Filtro de Gabor a 0°



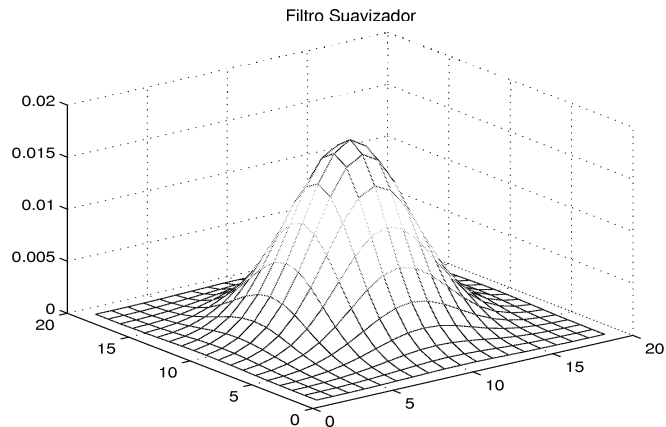


### Filtro Suavizador (Columnas 1-12)

2.2E-06	5.6E-06	1.3E-05	2.7E-05	4.9E-05	8.1E-05	1.2E-04	1.6E-04	1.9E-04	2.0E-04	1.9E-04	1.6E-04
5.6E-06	1.4E-05	3.3E-05	6.9E-05	1.3E-04	2.1E-04	3.1E-04	4.1E-04	4.8E-04	5.1E-04	4.8E-04	4.1E-04
1.3E-05	3.3E-05	7.7E-05	1.6E-04	2.9E-04	4.8E-04	7.1E-04	9.3E-04	1.1E-03	1.2E-03	1.1E-03	9.3E-04
2.7E-05	6.9E-05	1.6E-04	3.2E-04	6.0E-04	9.9E-04	1.5E-03	1.9E-03	2.3E-03	2.4E-03	2.3E-03	1.9E-03
4.9E-05	1.3E-04	2.9E-04	6.0E-04	1.1E-03	1.8E-03	2.7E-03	3.5E-03	4.2E-03	4.4E-03	4.2E-03	3.5E-03
8.1E-05	2.1E-04	4.8E-04	9.9E-04	1.8E-03	3.0E-03	4.4E-03	5.8E-03	6.9E-03	7.3E-03	6.9E-03	5.8E-03
1.2E-04	3.1E-04	7.1E-04	1.5E-03	2.7E-03	4.4E-03	6.5E-03	8.6E-03	1.0E-02	1.1E-02	1.0E-02	8.6E-03
1.6E-04	4.1E-04	9.3E-04	1.9E-03	3.5E-03	5.8E-03	8.6E-03	1.1E-02	1.3E-02	1.4E-02	1.3E-02	1.1E-02
1.9E-04	4.8E-04	1.1E-03	2.3E-03	4.2E-03	6.9E-03	1.0E-02	1.3E-02	1.6E-02	1.7E-02	1.6E-02	1.3E-02
2.0E-04	5.1E-04	1.2E-03	2.4E-03	4.4E-03	7.3E-03	1.1E-02	1.4E-02	1.7E-02	1.8E-02	1.7E-02	1.4E-02
1.9E-04	4.8E-04	1.1E-03	2.3E-03	4.2E-03	6.9E-03	1.0E-02	1.3E-02	1.6E-02	1.7E-02	1.6E-02	1.3E-02
1.6E-04	4.1E-04	9.3E-04	1.9E-03	3.5E-03	5.8E-03	8.6E-03	1.1E-02	1.3E-02	1.4E-02	1.3E-02	1.1E-02
1.2E-04	3.1E-04	7.1E-04	1.5E-03	2.7E-03	4.4E-03	6.5E-03	8.6E-03	1.0E-02	1.1E-02	1.0E-02	8.6E-03
8.1E-05	2.1E-04	4.8E-04	9.9E-04	1.8E-03	3.0E-03	4.4E-03	5.8E-03	6.9E-03	7.3E-03	6.9E-03	5.8E-03
4.9E-05	1.3E-04	2.9E-04	6.0E-04	1.1E-03	1.8E-03	2.7E-03	3.5E-03	4.2E-03	4.4E-03	4.2E-03	3.5E-03
2.7E-05	6.9E-05	1.6E-04	3.2E-04	6.0E-04	9.9E-04	1.5E-03	1.9E-03	2.3E-03	2.4E-03	2.3E-03	1.9E-03
1.3E-05	3.3E-05	7.7E-05	1.6E-04	2.9E-04	4.8E-04	7.1E-04	9.3E-04	1.1E-03	1.2E-03	1.1E-03	9.3E-04
5.6E-06	1.4E-05	3.3E-05	6.9E-05	1.3E-04	2.1E-04	3.1E-04	4.1E-04	4.8E-04	5.1E-04	4.8E-04	4.1E-04
2.2E-06	5.6E-06	1.3E-05	2.7E-05	4.9E-05	8.1E-05	1.2E-04	1.6E-04	1.9E-04	2.0E-04	1.9E-04	1.6E-04

### Filtro Suavizador (Columnas 13-19)

1.2E-04	8.1E-05	4.9E-05	2.7E-05	1.3E-05	5.6E-06	2.2E-06
3.1E-04	2.1E-04	1.3E-04	6.9E-05	3.3E-05	1.4E-05	5.6E-06
7.1E-04	4.8E-04	2.9E-04	1.6E-04	7.7E-05	3.3E-05	1.3E-05
1.5E-03	9.9E-04	6.0E-04	3.2E-04	1.6E-04	6.9E-05	2.7E-05
2.7E-03	1.8E-03	1.1E-03	6.0E-04	2.9E-04	1.3E-04	4.9E-05
4.4E-03	3.0E-03	1.8E-03	9.9E-04	4.8E-04	2.1E-04	8.1E-05
6.5E-03	4.4E-03	2.7E-03	1.5E-03	7.1E-04	3.1E-04	1.2E-04
8.6E-03	5.8E-03	3.5E-03	1.9E-03	9.3E-04	4.1E-04	1.6E-04
1.0E-02	6.9E-03	4.2E-03	2.3E-03	1.1E-03	4.8E-04	1.9E-04
1.1E-02	7.3E-03	4.4E-03	2.4E-03	1.2E-03	5.1E-04	2.0E-04
1.0E-02	6.9E-03	4.2E-03	2.3E-03	1.1E-03	4.8E-04	1.9E-04
8.6E-03	5.8E-03	3.5E-03	1.9E-03	9.3E-04	4.1E-04	1.6E-04
6.5E-03	4.4E-03	2.7E-03	1.5E-03	7.1E-04	3.1E-04	1.2E-04
4.4E-03	3.0E-03	1.8E-03	9.9E-04	4.8E-04	2.1E-04	8.1E-05
2.7E-03	1.8E-03	1.1E-03	6.0E-04	2.9E-04	1.3E-04	4.9E-05
1.5E-03	9.9E-04	6.0E-04	3.2E-04	1.6E-04	6.9E-05	2.7E-05
7.1E-04	4.8E-04	2.9E-04	1.6E-04	7.7E-05	3.3E-05	1.3E-05
3.1E-04	2.1E-04	1.3E-04	6.9E-05	3.3E-05	1.4E-05	5.6E-06
1.2E-04	8.1E-05	4.9E-05	2.7E-05	1.3E-05	5.6E-06	2.2E-06





## Bibliografía

- [1] Fingerprint Verification Competition 2002. <http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/databases.asp>.
- [2] Anish Alex, Jonathan Rose, Ruth Isserlin-Weinberger, and Christopher W. V. Hogue. Hardware accelerated novel protein identification. In Becker et al. [3], pages 13–22.
- [3] Jürgen Becker, Marco Platzner, and Serge Vernalde, editors. *Field Programmable Logic and Application, 14th International Conference , FPL 2004, Leuven, Belgium, August 30-September 1, 2004, Proceedings*, volume 3203 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2004.
- [4] I. Brynjolfson. Dynamic clock management for low power applications in fpgas. In *Custom Integrated Circuits Conference, IEEE*, 2000.
- [5] D. Nguyễn C. Khmanee. On the design of 2d gabor filtering of fingerprint images. In *Consumer Communications and Networking Conference, 2004*, pages 430–435. IEEE, 2004.
- [6] K. J. Nowka G. D. Carpenter and B. C. Brock. The design and application of the powerpc 405lp energy-efficient system-on-a-chip, 2002.
- [7] Celoxica. Survey of system design trends, December 2003.
- [8] Kuo-Ping Wu chih Jen Lee, Sheng-De Wang. Fingerprint recognition using principal gabor basis function. *Proceedings of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing*, 2001.
- [9] M. Horton P. Meenen R. Adhami P. Cox. The costs and benefits of using complex 2-d gabor filters in a filter-based fingerprint-matching system. *IEEE*, 2002.
- [10] Martyn Edwards. Software acceleration using programmable logic: is it worth the effort? In *CODES '97: Proceedings of the 5th International Workshop on Hardware/Software Co-Design*, page 135, Washington, DC, USA, 1997. IEEE Computer Society.
- [11] Hagen Gädke and Andreas Koch. Wavelet-based image compression on the reconfigurable computer ace-v. In Becker et al. [3], pages 1006–1010.

- [12] Andrés David García García. *Power Consumption and Optimization in Field Programmable Gate Arrays*. PhD thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, 2000.
- [13] Maya Gokhale, Janette Frigo, Christine Ahrens, Justin L. Tripp, and Ronald Minnich. Monte carlo radiative heat transfer simulation on a reconfigurable computer. In Becker et al. [3], pages 95–104.
- [14] Shlomo Greenberg, Mayer Aladjem, and Daniel Kogan. Fingerprint image enhancement using filtering techniques. *Real-Time Imaging*, 8(3):227–236, 2002.
- [15] Christian Hinkelbein, Andrei Khomich, Andreas Kugel, Reinhard Männer, and Matthias Müller. Using of fpga coprocessor for improving the execution speed of the pattern recognition algorithm for atlas - high energy physics experiment. In Becker et al. [3], pages 791–800.
- [16] Lin Hong, Yifei Wan, and Anil Jain. Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 20(8):777–789, 1998.
- [17] Andrew B. Kahng. The next implementation fabric: Issues and considerations. *FPGA journal*, 2004.
- [18] Nam Sung Kim, Todd Austin, David Blaauw, Trevor Mudge, Krisztián Flautner, Jie S. Hu, Mary Jane Irwin, Mahmut Kandemir, and Vijaykrishnan Narayanan. Leakage current: Moore’s law meets static power. *Computer*, 36(12):68–75, 2003.
- [19] Nam Sung Kim, Krisztian Flautner, David Blaauw, and Trevor Mudge. Circuit and microarchitectural techniques for reducing cache leakage power. *IEEE Trans. Very Large Scale Integr. Syst.*, 12(2):167–184, 2004.
- [20] Matt Klein. Static power and the importance of realistic junction temperature analysis. White Paper 221, Xilinx, March 2005.
- [21] Peter Kovesi. Matlab functions for computer vision and image analysis. School of Computer Science Software Engineering, 2000. Available from: <<http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/research/matlabfns/>>.
- [22] E. Kusse. Low-energy embedded fpga structures. In *ISLPED, ACM*, 1998.
- [23] S. Pankanti L. Hong AK Jain and R. Bolle. Fingerprint enhancement. In *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 1996.
- [24] Chih-Jen Lee and Sheng-De Wang. Fingerprint feature extraction using gabor filters. *Electronics Letters*, 35(4):288–290, 1999.

- [25] Celia López-Ongil, Raul Sánchez-Reillo, Judith Liu-Jimenez, Fernando Casado, Leslie Sánchez, and Luis Entrena. Fpga implementation of biometric authentication system based on hand geometry. In Becker et al. [3], pages 43–53.
- [26] J. Forrest M. D. Edwards. Software acceleration using programmable hardware devices. In *Computers and Digital Techniques, IEE Proceedings*, volume 143, pages 55–63, January 1996.
- [27] Kenneth J. Morgan. Design and analysis of four architectures for fpga-based cellular computing. Master’s thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, October 2004.
- [28] Kevin Morris. Power suddenly, we care. *FPGA and Programmable Logic Journal*, April 2005.
- [29] Karthik Natarajan, Heather Hanson, Stephen W. Keckler, Charles R. Moore, and Doug Burger. Microprocessor pipeline energy analysis. In *ISLPED ’03: Proceedings of the 2003 international symposium on Low power electronics and design*, pages 282–287, New York, NY, USA, 2003. ACM Press.
- [30] H. Blume H. T. Feldkamper H. Hubert T. G. Noll. Analyzing heterogeneous system architectures by means of cost functions: A comparative study for basic operations. In *Solid-State Circuits Conference, 2001. ESSCIRC 2001. Proceedings of the 27th*, pages 409–412, 2001.
- [31] Scott Thibault David Pellerin. *Practical FPGA Programming in C*. Prentice Hall, 2005.
- [32] Kara Ka Wing Poon. Power estimation for field programmable gate arrays. Master’s thesis, University of British Columbia, 1999.
- [33] Michael Powell, Se-Hyun Yang, Babak Falsafi, Kaushik Roy, and T.Ñ. Vijaykumar. Gated-vdd: a circuit technique to reduce leakage in deep-submicron cache memories. In *ISLPED ’00: Proceedings of the 2000 international symposium on Low power electronics and design*, pages 90–95, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.
- [34] Viktor K. Prasanna Seonil Choi Gokul Govindu Ju-Wook Jang. Energy-efficient and parameterized designs for fast fourier transform on fpgas. In *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP ’03). 2003 IEEE International Conference on*, volume 2, pages II– 521–4, April 2003.
- [35] Greg Stitt, Frank Vahid, and Shawn Nematbakhsh. Energy savings and speedups from partitioning critical software loops to hardware in embedded systems. *Trans. on Embedded Computing Sys.*, 3(1):218–232, 2004.

- [36] Muhammad Atif Tahir, Ahmed Bouridane, and Fatih Kurugollu. An fpga based coprocessor for the classification of tissue patterns in prostatic cancer. In Becker et al. [3], pages 771–780.
- [37] Anil Telikepalli. Power vs. performance: The 90 nm inflection point. White Paper 223, Xilinx, April 2005.
- [38] Anurag Tiwari. *Low Power FPGA Design Techniques for Embedded Systems*. PhD thesis, University of Cincinnati, 2005.
- [39] Nikolaus Voß and Bärbel Mertsching. Design and implementation of an accelerated gabor filter bank using parallel hardware. In *FPL*, pages 451–460, 2001.
- [40] Steven J. E. Wilton, Su-Shin Ang, and Wayne Luk. The impact of pipelining on energy per operation in field-programmable gate arrays. In Becker et al. [3], pages 719–728.
- [41] Xilinx. Powerpc processor reference guide, Septiembre 2003.
- [42] Xilinx. Platform studio user guide, Febrero 2005.
- [43] Xilinx. Xilinx university program virtex-ii pro development system, Marzo 2005.
- [44] Yoshiki Yamaguchi, Tsutomu Maruyama, and Akihiko Konagaya. Three-dimensional dynamic programming for homology search. In Becker et al. [3], pages 505–515.