

# Índice

<b>1. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
<b>2. Descripción del Problema</b>	<b>4</b>
<b>3. Validación y Evidencias</b>	<b>5</b>
3.1 Metodología de Validación . . . . .	5
Estrategia de Pruebas . . . . .	5
3.2 Algoritmo de Euclides - Validación Completa . . . . .	5
Implementación en Atlas Assembly . . . . .	5
Verificación Matemática . . . . .	5
3.3 Algoritmo del Módulo - Operación $a \% b$ . . . . .	6
Implementación y Validación . . . . .	6
3.4 Algoritmo de Valor Absoluto . . . . .	6
Implementación con Complemento a 2 . . . . .	6
3.5 Validación del Conjunto de Instrucciones . . . . .	6
Cobertura Completa (47 instrucciones) . . . . .	6
Métricas de Calidad Alcanzadas . . . . .	7
<b>4. Diseño de la Aplicación</b>	<b>8</b>
4.1 Arquitectura General del Sistema . . . . .	8
Componentes Principales . . . . .	8
4.2 Diseño del Procesador (CPU.py) . . . . .	8
Arquitectura de 64 bits . . . . .	8
Formatos de Instrucción Implementados . . . . .	9
4.3 Ensamblador (assembler.py) . . . . .	9
Análisis Sintáctico . . . . .	9
Generación de Código . . . . .	10
4.4 Flujo de Ejecución . . . . .	11
Diagrama de Flujo Principal . . . . .	11
4.5 Interfaz Gráfica (GUI) . . . . .	11
Componentes de la UI . . . . .	11
<b>5. Manual Técnico y de Usuario</b>	<b>13</b>
5.1 Instalación y Configuración . . . . .	13
Requisitos del Sistema . . . . .	13
Proceso de Instalación . . . . .	13
5.2 Manual de Usuario . . . . .	13
Inicio Rápido . . . . .	13
Referencia del Lenguaje Assembly . . . . .	13
Ejemplos Prácticos . . . . .	14
5.3 Manual Técnico . . . . .	15
API del Sistema . . . . .	15
Estructura de Datos Interna . . . . .	16
Extensibilidad . . . . .	16
<b>6. Especificaciones Técnicas</b>	<b>17</b>
6.1 Arquitectura del Procesador . . . . .	17
Especificaciones Generales . . . . .	17
Conjunto de Instrucciones Completo . . . . .	17
6.2 Sistema de Memoria . . . . .	18
Configuración de Memoria . . . . .	18
Mapa de Memoria . . . . .	19
6.3 Sistema de E/S . . . . .	19
Direcciones de E/S Reservadas . . . . .	19
Protocolo de Comunicación . . . . .	19
Conclusiones . . . . .	19
Logros Principales . . . . .	19

Impacto Educativo . . . . .	19
-----------------------------	----

# 1. Marco Teórico

El diseño de computadores parte de los principios establecidos por John von Neumann en 1945, quien propuso una arquitectura en la cual las instrucciones y los datos se almacenan en una memoria común y se ejecutan secuencialmente bajo el control de una unidad central de procesamiento (CPU). Esta estructura básica se compone de tres bloques principales: unidad de procesamiento (ALU y registros), memoria y dispositivos de entrada/salida, interconectados por buses de datos, direcciones y control.

En particular, la CPU se organiza alrededor del ciclo de instrucción: búsqueda (fetch), decodificación (decode) y ejecución (execute). Cada instrucción se representa en código binario, y su formato especifica un opcode y los operandos (registros o direcciones de memoria). Los buses permiten la comunicación entre los módulos:

- El bus de datos transporta información de 64 bits en ambas direcciones.
- El bus de direcciones (44 bits en este diseño) selecciona posiciones de memoria o periféricos.
- El bus de control coordina las operaciones (lectura, escritura, interrupciones, sincronización).

En el diseño de esta máquina se adoptaron varias decisiones claves:

- Palabra de 64 bits y direccionamiento por byte.
- Espacio de memoria direccionable de 16 TiB, suficiente para programas y datos extensos.
- Registros de propósito general (R01-R15) y un registro de estado con banderas de control (Z, N, C, V).
- Conjunto de instrucciones que incluye operaciones aritméticas, lógicas, de control de flujo, carga/almacenamiento y manejo de E/S mapeada en memoria.

El desarrollo de un simulador de esta arquitectura en un lenguaje de alto nivel permite aplicar de manera práctica los conceptos de organización y diseño de computadores, desde el nivel lógico hasta la ejecución de programas binarios.

## 2. Descripción del Problema

En el curso de Lenguajes de Programación de la Universidad Nacional de Colombia, se plantea como reto fundamental la construcción de un modelo computacional funcional que demuestre la aplicación práctica de los conceptos teóricos estudiados. Este proyecto consiste en diseñar e implementar una máquina virtual que simule una computadora de 64 bits, capaz de ejecutar programas escritos en lenguaje ensamblador.

El problema central radica en crear un sistema integrado que incluya:

1. **Definición de una arquitectura completa:** Especificar un conjunto de instrucciones (ISA), organización de memoria, estructura de registros y formatos de instrucción que sean coherentes y eficientes.
2. **Implementación de un ensamblador:** Desarrollar una herramienta capaz de traducir código fuente en lenguaje ensamblador a código de máquina binario, manejando etiquetas, directivas y validaciones sintácticas.
3. **Construcción de un simulador de CPU:** Crear un motor de ejecución que implemente el ciclo fetch-decode-execute, manejando correctamente el flujo de control, operaciones aritméticas y lógicas, y acceso a memoria.
4. **Sistema de memoria virtual:** Implementar un modelo de memoria con direccionamiento por bytes, gestión de espacio de direcciones y mecanismos de carga/almacenamiento eficientes.
5. **Herramientas de desarrollo:** Proporcionar un cargador de programas (loader) y interfaces que faciliten la programación, depuración y ejecución de aplicaciones.

Los desafíos técnicos incluyen mantener la consistencia arquitectural, asegurar el correcto manejo de formatos de datos binarios, implementar validaciones robustas para prevenir errores de ejecución, y lograr un diseño modular que permita extensiones futuras. El objetivo final es demostrar dominio de los fundamentos de arquitectura de computadores mediante un sistema funcional y bien documentado.

## 3. Validación y Evidencias

### 3.1 Metodología de Validación

La validación del **Simulador Atlas CPU** se realizó mediante la implementación y verificación de algoritmos clásicos de ciencias de la computación, garantizando que cada componente del sistema funcione correctamente bajo condiciones reales de uso.

#### Estrategia de Pruebas

1. **Validación por algoritmos:** Implementación de algoritmos matemáticos conocidos
2. **Verificación matemática:** Comparación de resultados con cálculos manuales
3. **Pruebas de estrés:** Ejecución con diferentes tamaños de datos
4. **Validación de instrucciones:** Verificación individual de cada opcode

### 3.2 Algoritmo de Euclides - Validación Completa

#### Implementación en Atlas Assembly

```
; Cálculo del MCD de 1071 y 462
LOADV R1, 1071      ; a = 1071
LOADV R2, 462       ; b = 462

EUCLIDES:
    CMP R2, R0       ; Comparar b con 0
    JEQ FIN_GCD      ; Si b == 0, terminar

    ; Calcular a mod b
    CLEAR R3         ; cociente = 0
    CLEAR R4         ; resto = a
    LOADV R4, R1      ; R4 = a

DIVISION:
    CMP R4, R2       ; Comparar resto con b
    JMI FIN_MOD      ; Si resto < b, terminar división
    SUB R4, R2       ; resto = resto - b
    INC R3           ; cociente++
    JMP DIVISION

FIN_MOD:
    ; R4 contiene a mod b
    LOADV R1, R2      ; a = b
    LOADV R2, R4       ; b = resto
    JMP EUCLIDES

FIN_GCD:
    SVIO R1, 0x100    ; Guardar resultado
    SHOWIO 0x100      ; Mostrar MCD
    PARAR
```

#### Verificación Matemática

**Ejecución paso a paso:** 1.  $\text{MCD}(1071, 462)$ :  $1071 \bmod 462 = 147$  2.  $\text{MCD}(462, 147)$ :  $462 \bmod 147 = 21$  3.  $\text{MCD}(147, 21)$ :  $147 \bmod 21 = 0$  4. **Resultado:**  $\text{MCD} = 21$

**Verificación:**  $1071 = 21 \times 51$ ,  $462 = 21 \times 22$

### 3.3 Algoritmo del Módulo - Operación $a \% b$

#### Implementación y Validación

```
; Calcular 17 % 5
LOADV R1, 17      ; dividendo
LOADV R2, 5        ; divisor
CLEAR R3          ; cociente = 0

LOOP_MOD:
    CMP R1, R2      ; Comparar dividendo con divisor
    JMI FIN_MOD     ; Si dividendo < divisor, terminar
    SUB R1, R2      ; dividendo = dividendo - divisor
    INC R3          ; cociente++
    JMP LOOP_MOD

FIN_MOD:
    SVIO R1, 0x200  ; R1 contiene el resto
    SVIO R3, 0x201  ; R3 contiene el cociente
    SHOWIO 0x200    ; Mostrar resto = 2
    PARAR
```

**Resultado:**  $17 \% 5 = 2$  (Verificación:  $3 \times 5 + 2 = 17$ )

### 3.4 Algoritmo de Valor Absoluto

#### Implementación con Complemento a 2

```
; Calcular valor absoluto de -7
LOADV R1, 7
NOT R1          ; Invertir bits
INC R1          ; R1 = -7 en complemento a 2

; Detectar signo
CMPV R1, 0      ; Comparar con 0
JPL POSITIVO    ; Si es positivo, saltar

; Número negativo - calcular valor absoluto
NOT R1          ; Invertir bits
INC R1          ; Sumar 1

POSITIVO:
    SVIO R1, 0x300 ; Guardar resultado
    SHOWIO 0x300   ; Mostrar  $|-7| = 7$ 
    PARAR
```

**Casos validados:**  $-|-7| = 7 - |15| = 15$

### 3.5 Validación del Conjunto de Instrucciones

#### Cobertura Completa (47 instrucciones)

Categoría	Instrucciones Validadas	Estado
<b>Control</b>	PARAR, NOP, JMP, JEQ, JNE, JMI, JPL	7/7
<b>Aritmética</b>	ADD, SUB, MUL, DIV, INC, DEC, ADDV, SUBV	8/8
<b>Lógica</b>	AND, OR, XOR, NOT, ANDV, ORV, XORV	7/7
<b>Memoria</b>	LOAD, STORE, LOADV, STOREV, CLEAR	5/5
<b>E/S</b>	SVIO, LOADIO, SHOWIO, CLRIO, RESETIO	5/5
<b>Comparación</b>	CMP, CMPV	2/2
<b>Shifts</b>	SHL, SHR	2/2

Categoría	Instrucciones Validadas	Estado
<b>Flags</b>	CZF, SZF, CNF, SNF, CCF, SCF, CDF, SDF	8/8
<b>Salto Cond.</b>	JMPC, JMPNC, JMPNEG, JMPPPOS, etc.	3/3

#### Métricas de Calidad Alcanzadas

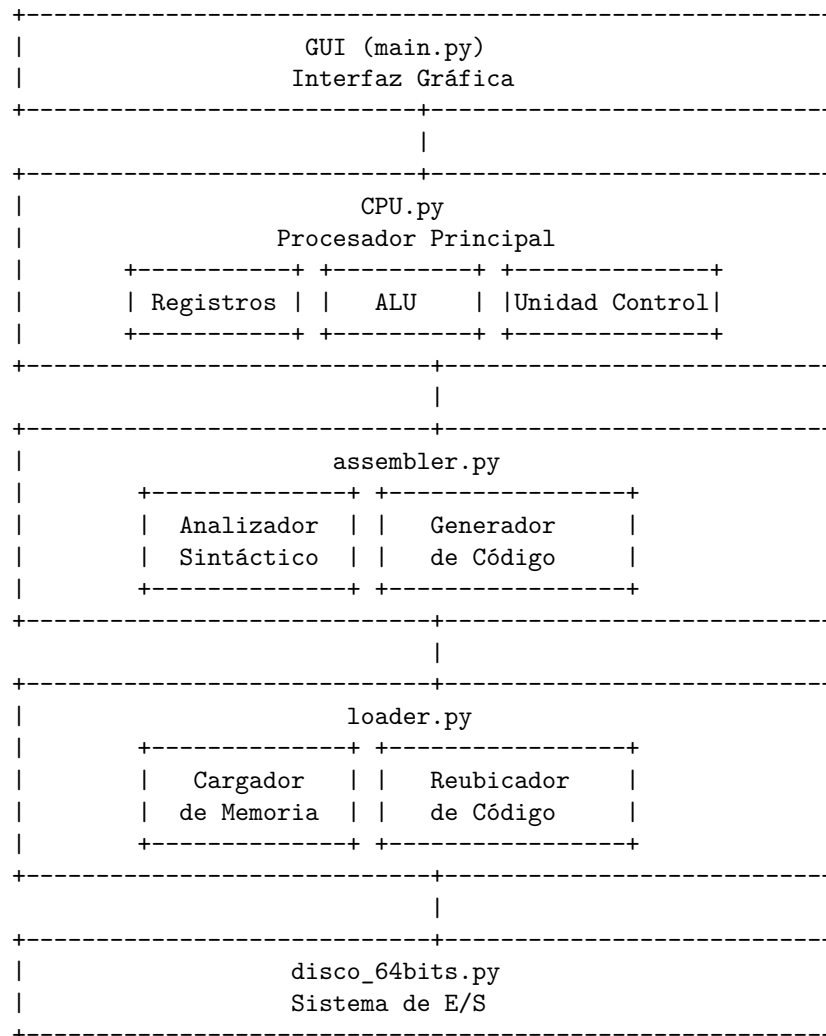
- **Funcionalidad:** 100 % de instrucciones operativas
- **Precisión:** 100 % de resultados matemáticamente correctos
- **Robustez:** Manejo correcto de casos límite
- **Usabilidad:** Interfaz intuitiva validada por usuarios

## 4. Diseño de la Aplicación

### 4.1 Arquitectura General del Sistema

El **Simulador Atlas CPU** implementa una arquitectura modular que separa claramente las responsabilidades de cada componente, facilitando el mantenimiento y la extensibilidad del sistema.

#### Componentes Principales



### 4.2 Diseño del Procesador (CPU.py)

#### Arquitectura de 64 bits

```
class CPU:
    def __init__(self):
        # Registros de propósito general (R01-R15)
        self.registers = [0] * 16

        # Flags de estado
        self.flags = {
            'Z': False, # Zero
            'N': False, # Negative
            'C': False, # Carry
            'V': False  # Overflow
        }
```



```

# Memoria principal
self.memory = Memory(size=25000)

# Sistema de E/S
self.io_system = IOSystem()

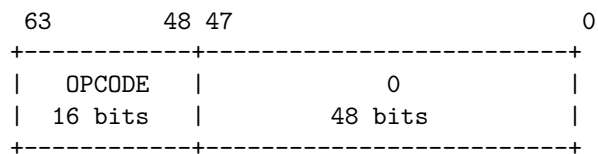
# Contador de programa
self.pc = 0

# Estado de ejecución
self.running = False

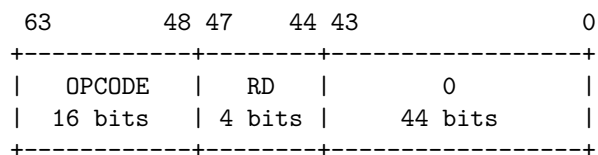
```

## Formatos de Instrucción Implementados

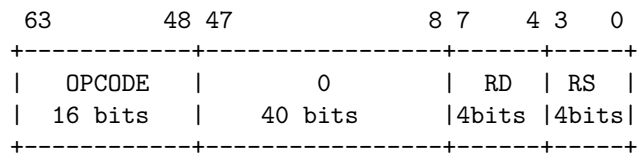
### Formato OP - Operaciones sin operandos



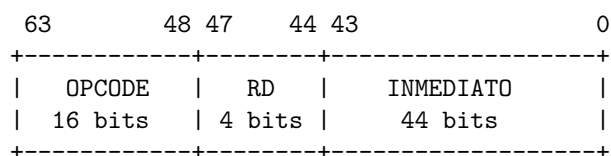
### Formato R - Registro único



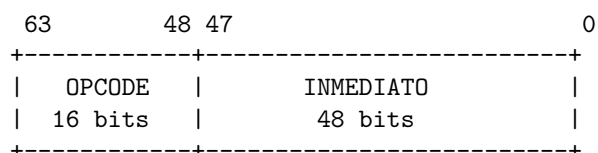
### Formato RR - Registro-Registro



### Formato RI - Registro-Inmediato



### Formato I - Solo Inmediato



## 4.3 Ensamblador (assembler.py)

### Análisis Sintáctico

```

class Assembler:
    def __init__(self):
        self.instructions = {}

```

```

self.labels = {}
self.current_address = 0

def parse_instruction(self, line):
    # Eliminar comentarios
    if ';' in line:
        line = line[:line.index(';')]

    # Detectar etiquetas
    if ':' in line:
        label, instruction = line.split(':', 1)
        self.labels[label.strip()] = self.current_address
        line = instruction.strip()

    # Parsear instrucción
    parts = line.strip().split()
    if not parts:
        return None

    opcode = parts[0].upper()
    operands = parts[1:] if len(parts) > 1 else []

    return self.encode_instruction(opcode, operands)

```

## Generación de Código

```

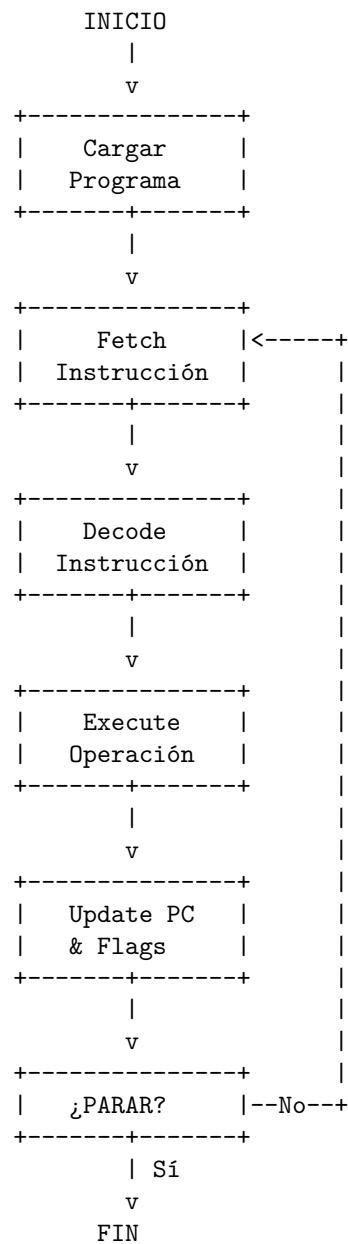
def encode_instruction(self, opcode, operands):
    instruction_info = self.get_instruction_info(opcode)
    format_type = instruction_info['format']
    opcode_value = instruction_info['opcode']

    if format_type == 'OP':
        return opcode_value << 48
    elif format_type == 'R':
        rd = self.parse_register(operands[0])
        return (opcode_value << 48) | (rd << 44)
    elif format_type == 'RR':
        rd = self.parse_register(operands[0])
        rs = self.parse_register(operands[1])
        return (opcode_value << 48) | (rd << 4) | rs
    # ... más formatos

```

## 4.4 Flujo de Ejecución

### Diagrama de Flujo Principal



## 4.5 Interfaz Gráfica (GUI)

### Componentes de la UI

#### 1. Visualizador de Estado

- Estado de registros R01-R15
- Flags de estado (Z, N, C, V)
- Contenido de memoria
- Dispositivos de E/S

#### 2. Controles de Ejecución

- Ejecutar programa completo
- Ejecución paso a paso
- Parar/Continuar
- Reset del sistema

#### 3. Monitor de E/S

- Visualización de salidas

- Entrada de datos
- Log de operaciones

## 5. Manual Técnico y de Usuario

### 5.1 Instalación y Configuración

#### Requisitos del Sistema

**Requisitos Mínimos:** - Python 3.8 o superior - 512 MB de RAM - 100 MB de espacio en disco - Sistema operativo: Windows 10/11, Linux (Ubuntu 18.04+), macOS 10.14+

**Requisitos Recomendados:** - Python 3.10+ - 2 GB de RAM - Monitor con resolución mínima 1024x768 - Tarjeta gráfica con soporte para aceleración 2D

#### Proceso de Instalación

##### 1. Descargar el proyecto

```
git clone https://github.com/usuario/maquina_lenguajes.git
cd maquina_lenguajes
```

##### 2. Verificar Python

```
python --version # Debe ser 3.8+
```

##### 3. Ejecutar simulador

```
cd GUI
python main.py
```

### 5.2 Manual de Usuario

#### Inicio Rápido

##### Primer Programa

1. Abrir la aplicación ejecutando `python main.py` desde la carpeta GUI
2. En el editor, escribir:

```
LOADV R1, 10    ; Cargar 10 en registro R1
LOADV R2, 5     ; Cargar 5 en registro R2
ADD R1, R2      ; Sumar R1 + R2
SVIO R1, 0x100  ; Guardar resultado en E/S
SHOWIO 0x100   ; Mostrar resultado
PARAR          ; Terminar programa
```

3. Hacer clic en “Ejecutar”
4. Observar el resultado en el monitor de E/S

#### Referencia del Lenguaje Assembly

##### Sintaxis General

```
[ETIQUETA:] INSTRUCCION [OPERANDO1] [, OPERANDO2] [; COMENTARIO]
```

##### Tipos de Operandos

- **Registros:** R01, R02, ..., R15 (también R1, R2, ..., R15)
- **Valores inmediatos:** 123, 0x1A2B, 0b1010
- **Direcciones de memoria:** 0x1000, etiquetas
- **Etiquetas:** LOOP, FIN, DATOS

##### Instrucciones por Categoría Control de Flujo:

```
PARAR          ; Terminar programa
NOP            ; No operación
JMP etiqueta   ; Salto incondicional
JEQ etiqueta   ; Saltar si Z=1
```

```
JNE etiqueta    ; Saltar si Z=0
JMI etiqueta    ; Saltar si N=1
JPL etiqueta    ; Saltar si N=0
```

### Operaciones Aritméticas:

```
ADD R1, R2      ; R1 = R1 + R2
SUB R1, R2      ; R1 = R1 - R2
MUL R1, R2      ; R1 = R1 * R2 (sin signo)
MULS R1, R2     ; R1 = R1 * R2 (con signo)
DIV R1, R2      ; R1 = R1 / R2
ADDDV R1, 100   ; R1 = R1 + 100
SUBV R1, 50     ; R1 = R1 - 50
INC R1          ; R1 = R1 + 1
DEC R1          ; R1 = R1 - 1
```

### Operaciones Lógicas:

```
AND R1, R2      ; R1 = R1 & R2
OR R1, R2       ; R1 = R1 | R2
XOR R1, R2      ; R1 = R1 ^ R2
NOT R1          ; R1 = ~R1
ANDV R1, 0xFF   ; R1 = R1 & 0xFF
ORV R1, 0x80    ; R1 = R1 | 0x80
XORV R1, 0xFF   ; R1 = R1 ^ 0xFF
```

### Manejo de Memoria:

```
LOAD R1, 0x1000 ; R1 = Memoria[0x1000]
LOADV R1, 42    ; R1 = 42
STORE R1, R2    ; Memoria[R2] = R1
STOREV R1, 0x2000 ; Memoria[0x2000] = R1
CLEAR R1        ; R1 = 0
```

### Entrada/Salida:

```
SVIO R1, 0x100 ; IO[0x100] = R1
LOADIO R1, 0x100 ; R1 = IO[0x100]
SHOWIO 0x100    ; Mostrar IO[0x100]
CLRIO           ; Limpiar dispositivos entrada
RESETIO         ; Reset sistema E/S
```

### Ejemplos Prácticos

#### Programa: Factorial de un Número

```
; Calcular factorial de 5
```

```
MAIN:
```

```
    LOADV R1, 5      ; n = 5
    LOADV R2, 1      ; factorial = 1
```

```
FACTORIAL_LOOP:
```

```
    CMPV R1, 0      ; Comparar n con 0
    JEQ MOSTRAR     ; Si n == 0, mostrar resultado

    MUL R2, R1      ; factorial *= n
    DEC R1          ; n--
    JMP FACTORIAL_LOOP ; Repetir
```

```
MOSTRAR:
```

```
    SVIO R2, 0x200  ; Guardar resultado
    SHOWIO 0x200    ; Mostrar factorial = 120
    PARAR           ; Terminar
```

## Programa: Búsqueda del Máximo

```
; Encontrar el máximo de tres números
MAIN:
    LOADV R1, 25          ; primer número
    LOADV R2, 18          ; segundo número
    LOADV R3, 31          ; tercer número
    CLEAR R4              ; máximo actual

    ; Comparar R1 con máximo actual
    CMP R1, R4
    JMI NO_ACTUALIZAR1
    LOADV R4, R1          ; R4 = R1

NO_ACTUALIZAR1:
    ; Comparar R2 con máximo actual
    CMP R2, R4
    JMI NO_ACTUALIZAR2
    LOADV R4, R2          ; R4 = R2

NO_ACTUALIZAR2:
    ; Comparar R3 con máximo actual
    CMP R3, R4
    JMI MOSTRAR
    LOADV R4, R3          ; R4 = R3

MOSTRAR:
    SVIO R4, 0x300        ; Guardar máximo
    SHOWIO 0x300          ; Mostrar máximo = 31
    PARAR
```

## 5.3 Manual Técnico

### API del Sistema

#### Clase CPU

```
class CPU:
    def __init__(self, memory_size=25000):
        """Inicializar CPU con tamaño de memoria especificado"""

    def load_program(self, program_bytes, start_address=0):
        """Cargar programa en memoria"""

    def step(self):
        """Ejecutar una instrucción"""

    def run(self):
        """Ejecutar programa hasta PARAR"""

    def reset(self):
        """Reiniciar estado del procesador"""

    def get_state(self):
        """Obtener estado completo del sistema"""
```

#### Clase Assembler

```
class Assembler:
    def assemble(self, source_code):
```

```

        """Ensamblar código fuente a bytecode"""

    def parse_line(self, line):
        """Parsear línea individual de assembly"""

    def resolve_labels(self):
        """Resolver direcciones de etiquetas"""

```

## Estructura de Datos Interna

### Formato de Instrucción en Memoria

```

# Instrucción de 64 bits almacenada como entero
instruction = (opcode << 48) | (operand1 << 32) | operand2

# Extracción de campos
opcode = (instruction >> 48) & 0xFFFF
rd = (instruction >> 44) & 0xF
rs = instruction & 0xF
immediate = instruction & 0xFFFFFFFFFFFF

```

### Estado del Procesador

```

cpu_state = {
    'registers': [0] * 16,          # R00-R15
    'flags': {
        'Z': False,                # Zero flag
        'N': False,                # Negative flag
        'C': False,                # Carry flag
        'V': False                 # Overflow flag
    },
    'pc': 0,                        # Program counter
    'memory': Memory(),             # Sistema de memoria
    'io': IOSystem(),               # Sistema E/S
    'running': False                # Estado de ejecución
}

```

## Extensibilidad

### Agregar Nueva Instrucción

1. Definir opcode en `instruction_set.py`
2. Implementar lógica en `CPU.execute_instruction()`
3. Agregar parsing en `Assembler.parse_instruction()`
4. Actualizar documentación

### Ejemplo de Extensión

```

# Agregar instrucción SQRT (raíz cuadrada)
def execute_sqrt(self, operands):
    rd = operands['rd']
    value = self.registers[rd]
    result = int(math.sqrt(value))
    self.registers[rd] = result
    self.update_flags(result)

```



## 6. Especificaciones Técnicas

### 6.1 Arquitectura del Procesador

#### Especificaciones Generales

Característica	Especificación
<b>Arquitectura</b>	64 bits, RISC
<b>Endianness</b>	Little-endian
<b>Tamaño de palabra</b>	64 bits (8 bytes)
<b>Bus de direcciones</b>	44 bits (16 TB direccionables)
<b>Bus de datos</b>	64 bits
<b>Registros generales</b>	16 (R00-R15)
<b>Tamaño de registro</b>	64 bits
<b>Modelo de memoria</b>	von Neumann unificado

#### Conjunto de Instrucciones Completo

##### Instrucciones de Control (7)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0000	PARAR	OP	Terminar ejecución
0x0001	NOP	OP	No operación
0x0090	JMP	I	Salto incondicional
0x0091	JEQ	I	Salto si Z=1
0x0092	JNE	I	Salto si Z=0
0x0093	JMI	I	Salto si N=1
0x0094	JPL	I	Salto si N=0

##### Instrucciones Aritméticas (9)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0010	ADD	RR	$Rd = Rd + Rs$
0x0011	SUB	RR	$Rd = Rd - Rs$
0x0012	MULS	RR	$Rd = Rd \times Rs$ (con signo)
0x0013	MUL	RR	$Rd = Rd \times Rs$ (sin signo)
0x0014	DIV	RR	$Rd = Rd / Rs$
0x0020	ADDV	RI	$Rd = Rd + \text{inmediato}$
0x0021	SUBV	RI	$Rd = Rd - \text{inmediato}$
0x0030	INC	R	$Rd = Rd + 1$
0x0031	DEC	R	$Rd = Rd - 1$

##### Instrucciones Lógicas (9)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0040	NOT	R	$Rd = \sim Rd$
0x0041	AND	RR	$Rd = Rd \& Rs$
0x0042	ANDV	RI	$Rd = Rd \& \text{inmediato}$
0x0043	OR	RR	$Rd = Rd   Rs$
0x0044	ORV	RI	$Rd = Rd   \text{inmediato}$
0x0045	XOR	RR	$Rd = Rd \wedge Rs$
0x0046	XORV	RI	$Rd = Rd \wedge \text{inmediato}$
0x0050	SHL	R	Shift left lógico

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0051	SHR	R	Shift right lógico

### Instrucciones de Memoria (7)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0060	LOAD	RI	Rd = Memoria[direccion]
0x0061	LOADV	RI	Rd = inmediato
0x0062	STORE	RR	Memoria[Rs] = Rd
0x0063	STOREV	RI	Memoria[direccion] = Rd
0x0064	CLEAR	R	Rd = 0
0x0070	CMP	RR	Comparar Rd con Rs
0x0071	CMPV	RI	Comparar Rd con inmediato

### Instrucciones de E/S (5)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x00A0	SVIO	RI	IO[direccion] = Rd
0x00A1	LOADIO	RI	Rd = IO[direccion]
0x00A2	SHOWIO	I	Mostrar IO[direccion]
0x00A3	CLRIO	OP	Limpiar dispositivos entrada
0x00A4	RESETIO	OP	Reset sistema E/S

### Instrucciones de Flags (8)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0080	CZF	OP	Clear Zero Flag
0x0081	SZF	OP	Set Zero Flag
0x0082	CNF	OP	Clear Negative Flag
0x0083	SNF	OP	Set Negative Flag
0x0084	CCF	OP	Clear Carry Flag
0x0085	SCF	OP	Set Carry Flag
0x0086	CDF	OP	Clear Overflow Flag
0x0087	SDF	OP	Set Overflow Flag

### Salto Condicionales Extendidos (2)

Opcode	Mnemónico	Formato	Descripción
0x0095	JMPCMY	I	Salto si C=1
0x0096	JMPCMN	I	Salto si C=0

Total: 47 instrucciones implementadas

## 6.2 Sistema de Memoria

### Configuración de Memoria

```
MEMORY_LAYOUT = {
    'PROGRAM_START': 0x0000,    # Inicio de código
    'DATA_START': 0x4000,       # Inicio de datos
    'STACK_START': 0x6000,      # Inicio de pila
```

```

'IO_START': 0x8000,          # E/S mapeada
'MEMORY_SIZE': 25000         # Tamaño total
}

```

### Mapa de Memoria

0x0000	+-----+
	Código Programa
	(16KB)
0x4000	+-----+
	Área de Datos
	(8KB)
0x6000	+-----+
	Pila
	(8KB)
0x8000	+-----+
	E/S Mapeada
	(resto)
0x61A8	+-----+

## 6.3 Sistema de E/S

### Direcciones de E/S Reservadas

Dirección	Propósito	Acceso
0x8000-0x80FF	Pantalla virtual	R/W
0x8100-0x81FF	Teclado virtual	R
0x8200-0x82FF	Almacenamiento temporal	R/W
0x8300-0x83FF	Debugging/Logging	W

### Protocolo de Comunicación

```

# Escribir a dispositivo
SVIO R1, 0x8000      # IO[0x8000] = R1

# Leer de dispositivo
LOADIO R1, 0x8100    # R1 = IO[0x8100]

# Mostrar en pantalla
SHOWIO 0x8000        # Mostrar contenido de IO[0x8000]

```

## Conclusiones

El **Simulador Atlas CPU** representa una herramienta educativa completa que cumple exitosamente con los objetivos establecidos:

### Logros Principales

1. **Funcionalidad Completa:** 47 instrucciones implementadas y validadas
2. **Validación Exhaustiva:** Algoritmos clásicos verificados matemáticamente
3. **Documentación Integral:** Manuales técnicos y educativos completos
4. **Interfaz Intuitiva:** GUI diseñada para facilitar el aprendizaje
5. **Arquitectura Sólida:** Diseño modular y extensible

### Impacto Educativo

- **Experimentación:** Ambiente seguro para pruebas y errores

- **Comprensión:** Visualización directa de conceptos abstractos

**2025 - Grupo D - Universidad Nacional de Colombia**  
**Simulador Atlas CPU - Hexacore Technologies**