Diseño de Compiladores

Descripción y Documentación Técnica Compilador

Mayka

Guillermo Enrique Valles Villegas – A01561722

25 Noviembre 2020

Índice

a) Descripción del Proyecto.

a.1) Propósito y Alcance.

Propósito:

El propósito de este proyecto es crear un compilador de lenguaje funcional poniendo en practica los conocimientos vistos en la materia de Diseño de Compiladores, cumpliendo con ciertas características propias del proyecto.

Alcance:

Crear un compilador que cumpla con los requerimientos del proyecto, poniendo en practica lo que se ha ido aprendiendo previamente en la carrera, así como lo nuevo que se ira aprendiendo a lo largo del semestre. El proyecto incluirá su Lexer, Parser y Maquina Virtual, que leerá los cuádruplos generados, así como un output grafico.

a.2) Análisis de Requerimientos y Casos de Uso generales.

1. Poder declarar variables de tipos (Enteras, Flotantes y Caracteres).
2. Expresiones aritméticas en orden de prioridad correcto.
3. Uso de ciclos.
4. Uso de condicionales.
5. Crear funciones y que se puedan llamar desde el main.
6. Entrada y Salida de Datos.
7. Uso de Herramienta Grafica.
8. Cubo Semántico para validación de tipos.
9. Lexer para los tokens y palabras reservadas.
10. Parser para la estructura del lenguaje.
11. Cuádruplos para las instrucciones del lenguaje.
12. Maquina virtual que pueda leer los cuádruplos,
13. Uso apropiado de memoria.

a.3) Descripción de los principales Test Cases.

Prueba	Descripción
Cálculo Factorial	Calcular el factorial de un numero con ciclos. Sirve para validar las expresiones, entradas, salidas, ciclos, uso de funciones, parámetros y decisiones.
Serie de Fibonacci	Calcular la serie de Fibonacci con ciclos. Sirve para validar las expresiones, entradas, salidas, ciclos, uso de funciones, parámetros y decisiones.
Cálculo Factorial	Calcular el factorial de un numero con recursión.

	Sirve para validar las expresiones, entradas, salidas, ciclos, uso de funciones, parámetros y decisiones.
Serie de Fibonacci	Calcular la serie de Fibonacci con recursión. Sirve para validar las expresiones, entradas, salidas, ciclos, uso de funciones, parámetros y decisiones.
Sort	Ordenar un arreglo. Valida que los arreglos se hayan implementado y que funcionen correctamente.
Find	Encontrar el índice de un valor dentro de un arreglo. Valida que los arreglos se hayan implementado y que funcionen correctamente.
Multiplicación de Matrices	Multiplicar dos matrices. Valida el uso correcto de matrices y que hayan sido implementadas.
Pruebas Especificas	Mostrar el funcionamiento del output grafico y tipos de resultados que se pueden obtener con el.

a.4) Bitácora y Reflexión

Bitácora:

AVANCE 1 – 8 de Octubre 2020

Código de la sintaxis y gramática.

Me marca errores aun y no corre, pero ya tiene el cuerpo que necesita, solo es cuestión de checar esos errores y arreglarlos.

AVANCE 2 – 14 de Octubre 2020

Código de Semántica.

Arreglar los errores previos del avance 1, para que funcionara bien la sintaxis.

Se agregó el Cubo semántico funcional, la tabla de variables y la tabla de funciones.

AVANCE 3 – 24 de Octubre 2020

Se finalizaron de hacer las tablas de variables y funciones, y su construcción.

Falta investigar como acceder al valor de los TOKENS.

Clase para los stacks creada.

AVANCE 4 – 30 de Octubre 2020

Agregada la clase para los Cuádruplos.

Pendiente crear excepciones de PRINT, GOTO, etc.

Investigación de uso de diccionarios por medio de un curso para Python. Que me permitirá poder utilizar de mejor manera mis estructuras.

AVANCE 5 – 6 de Noviembre 2020

Diseño de la arquitectura.

Se creo la clase para los stacks.

Las tablas de funciones y variables ya se llenan con lo que lee.

AVANCE 6 – 13 de Noviembre 2020

Tabla Variables Funcional.

Tabla Funciones Funcional.

Cuádruplos Estatutos Funcionales.

Cuádruplos Funciones Especiales.

Cuádruplos Aritméticos Funcionales.

Los cuádruplos ya casi están listos. Faltan algunas modificaciones para verificar que funcionen bien.

Se eliminó el error en el que no se podían tener varios estatutos seguidos.

Los cuádruplos fueron arreglados.

No se pueden agregar valores de funciones a variables.

AVANCE 7 – 21 de Noviembre 2020

Maquina Virtual - Funcional Para Cuádruplos Simples.

Maquina Virtual - Funcional Para Cuádruplos De Funciones.

Maquina Virtual - Funcional Para Cuádruplos Condicionales.

Maquina Virtual - Ejecuta Código Grafico.

Maquina Virtual - Funciones Recursivas.

Estructura de Arreglos de Variables.

Cuádruplos de Arreglos de Variables.

Maquina Virtual – Arreglos.

La maquina virtual ya analiza los cuádruplos y toma decisiones para ejecutarlos.

Solo falta que ejecute funciones.

Se arreglo el problema donde no se podían hacer restas ni imprimir letreros.

La estructura de los arreglos ya es aceptada, tanto para declararlos como para llamar a un valor dentro de uno.

Las "tablas" de dimensiones de arreglos ya se crea con resultados (M1, M2, R).

Faltan los cuádruplos para los arreglos.

Cuádruplos de los arreglos listos y funcionales.

25 de Noviembre 2020

Documentación completada y entrega de proyecto.

Reflexión:

Desde que me platicaron en primer semestre sobre esta materia, que es la más difícil de la carrera, la idea de llevarla me daba mucho pánico. Estuve con esa mentalidad tres años hasta que llegó la hora de meterla en mi carga académica.

Definitivamente nunca había considerado terminar de esta manera este semestre. No solo disfruté mucho llevar la materia, que ya por si sola es bastante interesante, si no que el hecho de crear proyecto se fue convirtiendo poco a poco en mi parte favorita del semestre.

Me gustó mucho como este proyecto me retó y demostró lo mucho que mis habilidades han mejorado desde que era ese yo asustado de primer semestre apenas entrando en el mundo de las tecnologías computacionales. Crear algo tan complejo desde cero definitivamente será una de mis mejores experiencias lo largo de la carrera.

Me siento muy orgulloso de mi al entregar este proyecto y quiero agradecer mucho a mis profesores de esta clase por hacer este semestre tan interesante y una muy buena experiencia.

b) Descripción del Lenguaje.

b.1) El nombre de este lenguaje es ***Mayka***.

b.2) Descripción Genérica del lenguaje.

Mayka permite hacer cálculos y mostrar resultados con un output grafico. Los cálculos pueden ser bastantes variados, Mayka permite el uso de ciclos, funciones y cálculos con variables simples y de dimensiones (arreglos sencillos y matrices).

b.3) Errores que pueden ocurrir dentro del programa:

- ERROR: ARRAY INDEX OUT OF BOUNDS

Sucede cuando el valor para la dirección de un arreglo es mayor o igual que con el valor que fue declarado.

- ERROR: VARIABLE *NAME* NOT DECLARED

Sucede cuando una variable que se quiere utilizar no fue declarada al inicio del programa o dentro de alguna función.

- ERROR: TYPE MISMATCH

Sucede cuando el tipo de los datos que se quieren usar no son compatibles a lo que el sistema necesita.

- ERROR: CANNOT ASSING VALUE *TYPE* TO *TYPE*

Al igual que el anterior, este error ocurre cuando hay un error de tipos en asignaciones.

- ERROR: FUNCTION *NAME* NOT DECLARED

Sucede cuando se quiere llamar a una función que no fue declarada.

- ERROR: WRONG NUMBER OF PARAMETERS. EXPECTED: *NUM*

Sucede cuando se esta llamando una función, pero la cantidad de parámetros dada es incorrecta a como se declaro la función.

- ERROR: PARAM TYPE. EXPECTED: *TYPE* GIVEN: *TYPE*

Sucede cuando alguno de los parámetros que se dan para llamar a una función son de tipos diferentes a lo que se declararon que necesita la función.

- ERROR: VAR *NAME* NOT DECLARED AS ARRAY

Sucede cuando una variable que si existe es llamada como arreglo pero que no fue declarada como una variable dimensionada.

- ERROR: *NAME* VARIABLE IS ALREADY DECLARED

Sucede cuando se quiere volver a declarar una variable que ya fue declarada previamente.

c) Descripción del Compilador.

c.1) Equipo de Computo, lenguaje y herramientas.

El compilador fue creado con VisualStudioCode para MacOS. Esta programado con el lenguaje de Python.

La librería especial utilizada para el Compilador fue:

- **Sly**: Es la librería que auxilia en el proceso de análisis de semántica y sintaxis (Lexer y Parser).

c.2) Descripción del Análisis de Léxico.

- Patrones de Construcción:

```
CTEFLOAT  = r'([0-9]+)(\.)([0-9]+)?'
CTEINT    = r'[0-9]+'
LETRERO   = r'[\"]([a-zA-Z]*)+[\"]'
CTECHAR   = r'\'[a-zA-Z_]\''
ID        = r'[a-zA-Z]([a-zA-Z]|[0-9_])*'
MINUS     = r'[\-]'
PLUS      = r'[\+]'
TIMES     = r'[\*]'
DIVIDE    = r'[\/]'
RELOP     = r'(!=)|(==)|(<=)|(>=)|(<)|(>)'
ASSIGN    = r'='
LOGICOS   = r'(\|)|(\&)'
```

- Tokens del lenguaje:

LITERALS = **; : ( ) { } [ ] ,"**

PROGRAM	VAR	MODULE	VOID	INT
ELSE	FOR	TO	THEN	DO
READ	MINUS	TIMES	DIVIDE	CTEINT
LINE	POINT	CIRCLE	ARC	PENUP
FLOAT	ASSIGN	CHAR	RELOP	IF
WHILE	RETURN	PLUS	MAIN	WRITE
CTEFLOAT	CTECHAR	LETRERO	ID	LOGICOS
PENDOWN	COLOR	SIZE	CLEAR	CALL

c.3) Descripción del Análisis de Sintaxis.

PROGRAM → program id ; PROGRAM2 PROGRAM3 PROGRAM4
PROGRAM2 → VARS program2 | ε
PROGRAM3 → FUNCS | ε
PROGRAM4→ main ( ) { ESTATUTOS }

FUNCS → FUNCS2 | ε
FUNCS2 → FUNCV FUNCS | FUNCR FUNCS

FUNCV → void module id (PARAMETROS) ; VARS { ESTATUTOS } | ε

FUNCR → TIPOV module id (PARAMETROS) ; VARS { ESTATUTOS RETURN0 } | ε

LECTURA → read (id LECUTRA2) ;
LECUTRA2 → , id LECUTRA2 | ε

ESCRITURA → write (ESCRITURA2) ;
ESCRITURA2 → PRINTE | ESCRITURA3
ESCRITURA3 → , ESCRITURA2 | ε

PRINTE → letrero PRINTE2 | EXP PRINTE2
PRINTE2 → , letrero PRINTE2 | , EXP PRINTE2 | ε

DECISION → if (EXP) then DECISION2 DECISION3
DECISION2 → { ESTATUTOS }
DECISION3 → else { ESTATUTOS } | ε

REPETICIONDO → while (EXPRESION) do { ESTATUTOS }

REPETICIONFOR → for id = EXP to EXP do { ESTATUTOS }

ESTATUTOS → ESTATUTO ESTATUTOS | ε

ESTATUTO → FUNCIONC | ASIGNACION | LECTURA | ESCRITURA | DECISION |
REPETICIONDO | REPETICIONFOR | EXP | ESPECIALES

FUNCIONC → call id (FUNCIONC2) ;
FUNCIONC2 → EXP FUNCION3 | ε
FUNCIONC3 → , FUNCIONC2 | ε

ASIGNACION → ARRAY = EXP ; | ARRAY = FUNCIOND ; | id = EXP ; | id = FUNCIOND

FUNCIOND → id (FUNCIOND2) ;
FUNCIOND2→ EXP FUNCIOND3 | ε
FUNCIOND3→ , FUNCIOND2 | ε

ESPECIALES → LINE | POINT | CIRCLE | ARC | PENUP | PENDOWN | COLOR | SIZE | CLEAR

LINE → line (EXP ,) ;

POINT → point ( ) ;

CIRCLE → circle (EXP) ;

ARC → arc (EXP) ;

PENUP → penup ( ) ;

PENDOWN → pendown ( ) ;

COLOR → color (EXP, EXP, EXP) ;

SIZE → size (EXP) ;

CLEAR → clear ( ) ;

EXPRESION → COMPARAR logicos COMPARAR | COMPARAR

COMPARAR → EXP relop EXP

RETURN → return (EXP) ;

EXP → TERMINO EXP2
EXP2 → plus EXP | minus EXP | ε

TERMINO → FACTOR TERMINO2
TERMINO2 → times TERMINO | divide TERMINO | ε

FACT → (EXP) | FACT2
FACT2 → FACT3 | FACT4
FACT3 → + FACT4 | - FACT4
FACT4 → VARCTE

PARAMETROS → TIPOV id PARAMETROS2 | ε
PARAMETROS2 → , TIPOV id PARAMETROS2 | ε

FACTOR → (EXP) | plus VARCTE | minus VARCTE | VARCTE

VARCTE → FUNCIOND | ARRAY | id | ctei | ctef | ctechar | letrero

ARRAY → id [EXP]
ARRAY2 → , EXP | ε

VARS → VARSN | VARSD

VARSN → var TIPOV : id VARSN2 ; | ε
VARSN2 → , id VARSN2 | ε

VARSD → var TIPOV : id [cteint VARSD2] ;
VARSD2 → , cteint | ε

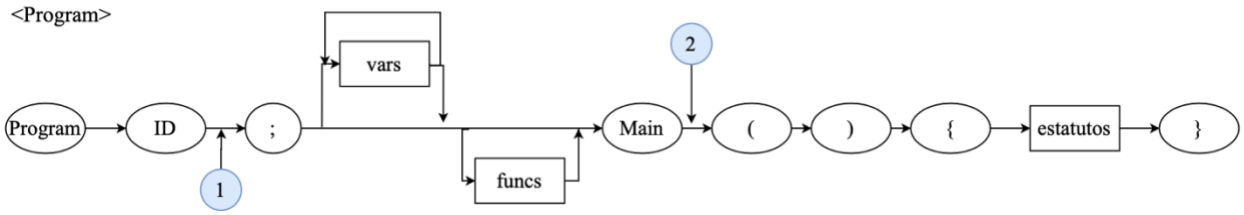
TIPOV → int | float | char

c.4) Descripción de Generación de Código Intermedio y Análisis Semántico.

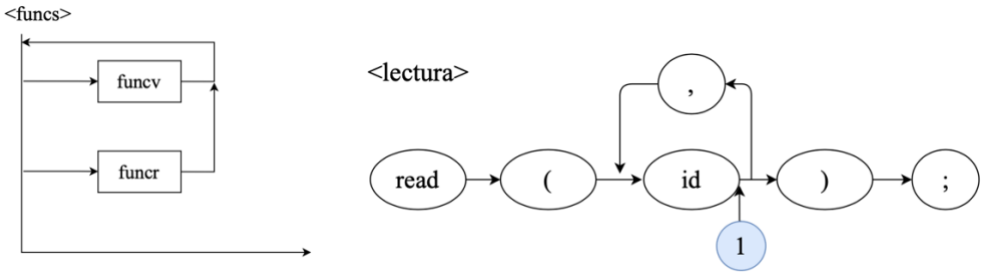
- **Direcciones Virtuales**

Tipo	Base	Dirección Global	Dirección Local	Total
Enteros	10000	10000 - 10999	11000 - 14999	4999
Flotantes	15000	15000 - 15999	16000 - 17999	2999
Caracteres	18000	18000 - 18999	19000 - 19999	1999
Temporales	20000	20000 - 20999	21000 - 21999	1999
Constantes	22000	22000	23999	1999

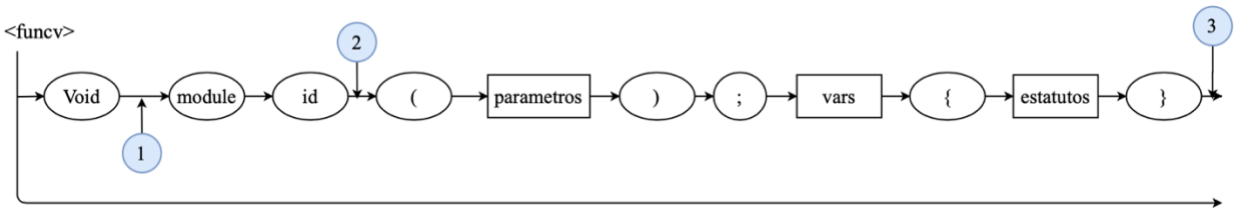
- **Diagramas de Sintaxis y Puntos Neurálgicos**



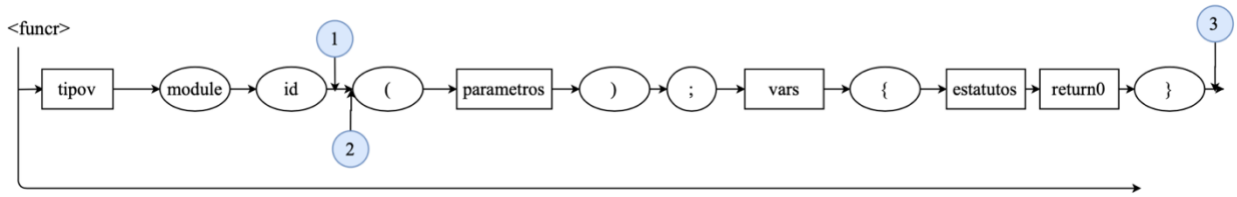
Punto Neurálgico	Descripción
1	Crea el directorio de funciones, agregando el ID del programa. Crea cuádruplo GOTO y hace push a la Pila de Saltos.
2	Pop a la pila de Saltos. Actualiza el GOTO con el contador para ir al main.



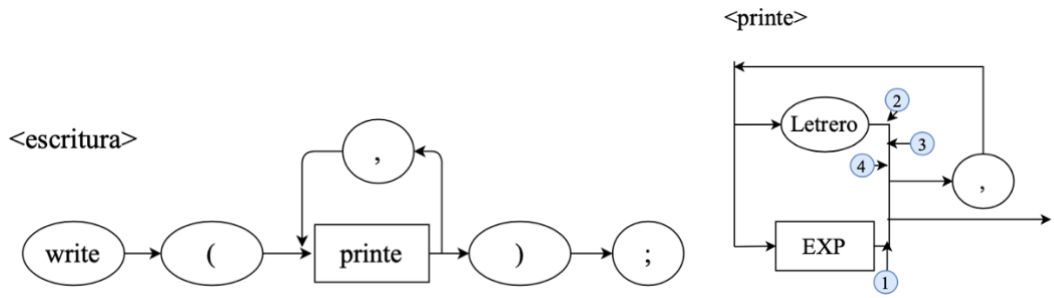
Punto Neurálgico	Descripción
1	Luego de verificar que la variable exista, crea el cuadruplo READ.



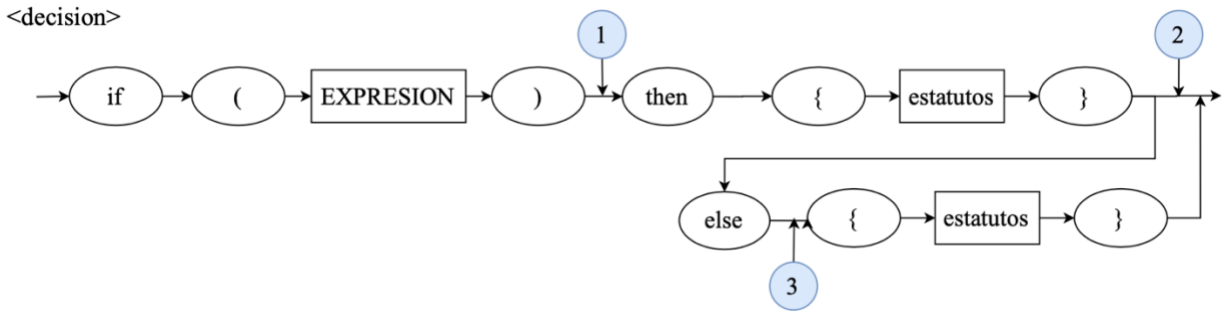
Punto Neurálgico	Descripción
1	Push PTypes void.
2	Agrega modulo al Directorio de funciones.
3	Agrega cuádruplo de end y reinicia los contadores de variables



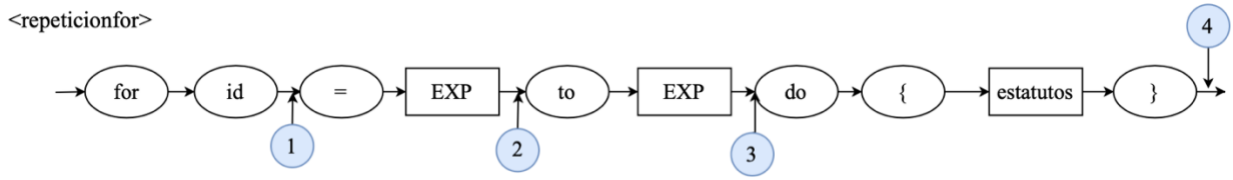
Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega modulo al Directorio de funciones.
2	Agrega la variable constante que tendra el valor de retorno del modulo
3	Agrega cuádruplo de end y reinicia los contadores de variables



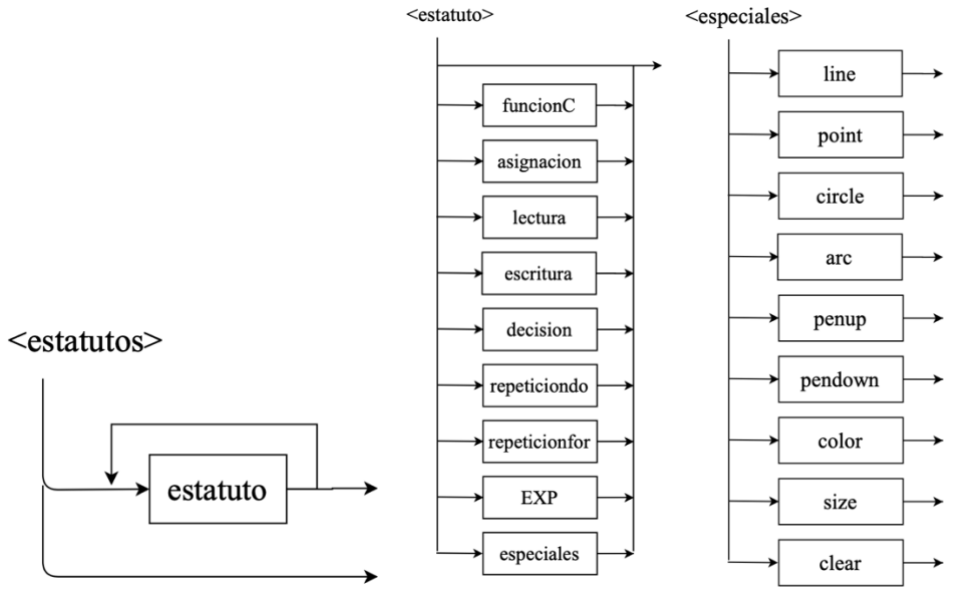
Punto Neurálgico	Descripción
1	Crea el cuádruplo Write con expresión.
2	Agrega constante letrero a la tabla.
3	Hace push a los stacks con letreros.
4	Crea el cuádruplo Write con letrero.

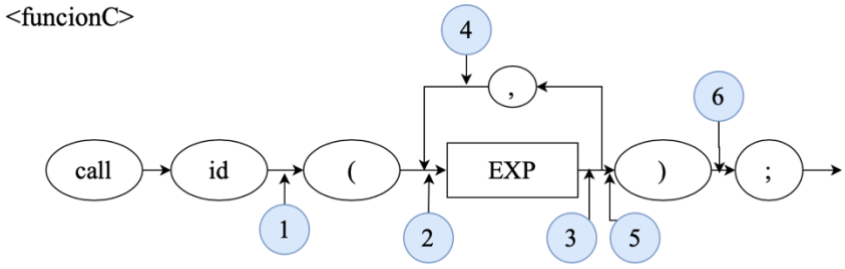


Punto Neurálgico	Descripción
1	Con base si el tipo es correcto, agrega el cuádruplo con gotof y hace un push a la pila de saltos. Comienza el if.
2	Actualiza el cuádruplo de gotof. Final del if.
3	Hace el cuádruplo goto. Comienza el else.

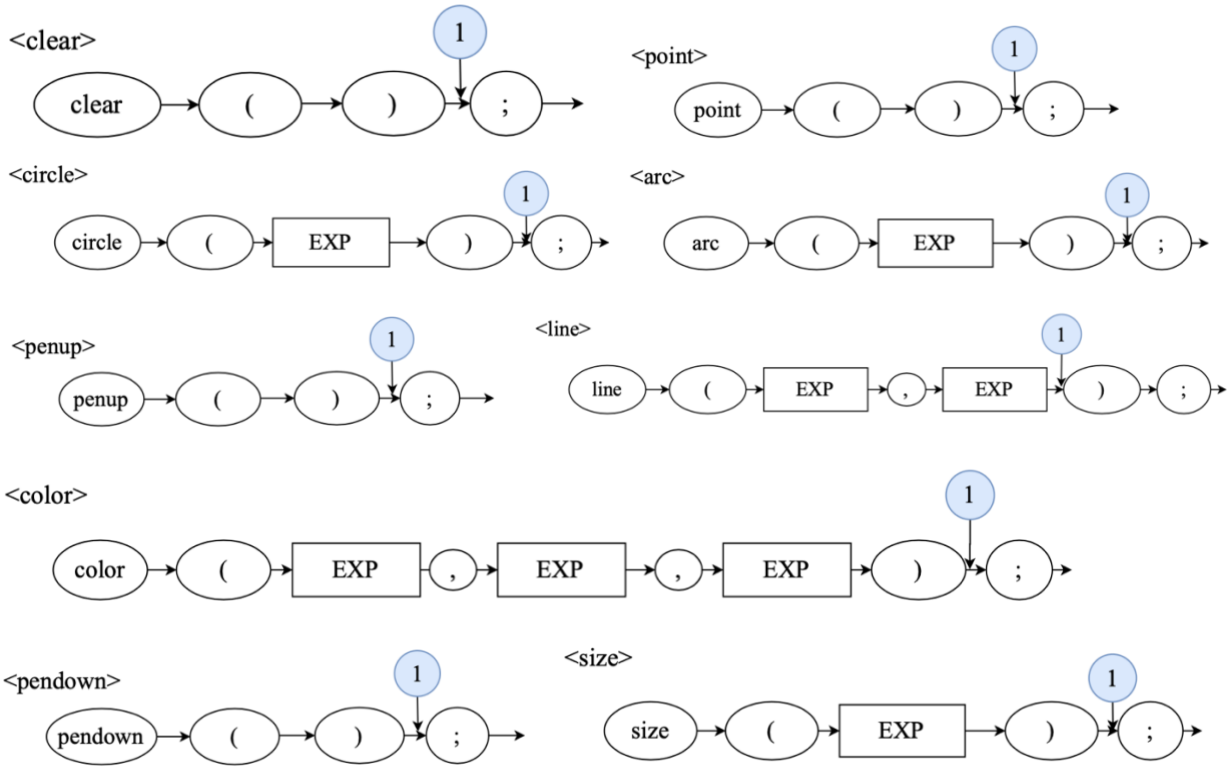


Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega el id a la pila de ID.
2	Crea cuádruplo para asignarle el valor al ID.
3	Crea cuádruplo para verificar que ID sea menor que el valor cada vez. Crea el gotof y hace Push a la pila de saltos.
4	Crea cuádruplo para sumarle 1 al ID. Actualiza el cuádruplo de gotof y hace un cuádruplo goto con pop de para volver al do.



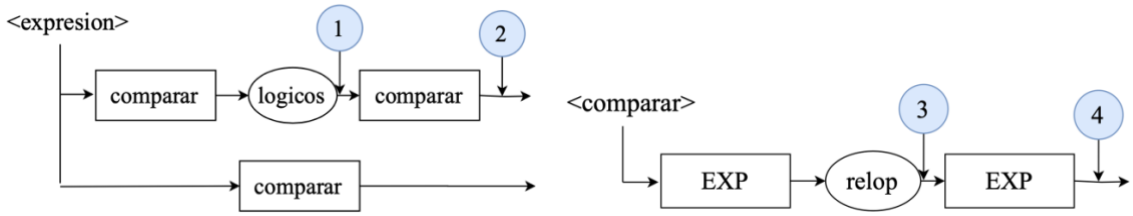


Punto Neurálgico	Descripción
1	Verifica que la funcion haya sido declarada previamente.
2	Crea cuádruplo ERA.
3	Verifica que el tipo de parametro dado concuerde con el que se declaro y crea el cuádruplo PARAM.
4	Aumenta el counter de parametros y regresa error si se excede el numero de parametros.
5	Regresa error si no se esperaban parámetros.
6	Crea cuádruplo GOSUB.

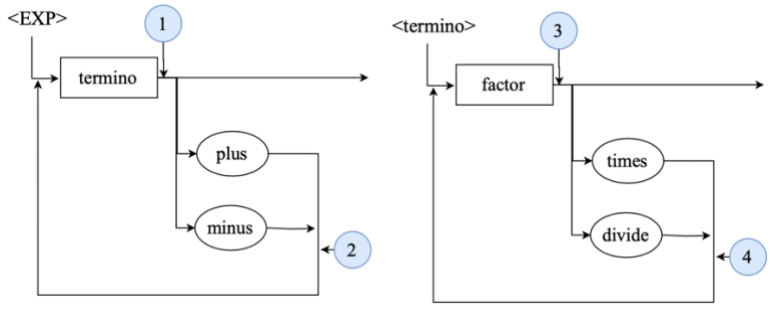


Punto Neurálgico	Descripción
1	Crea el cuádruplo con el token inicial

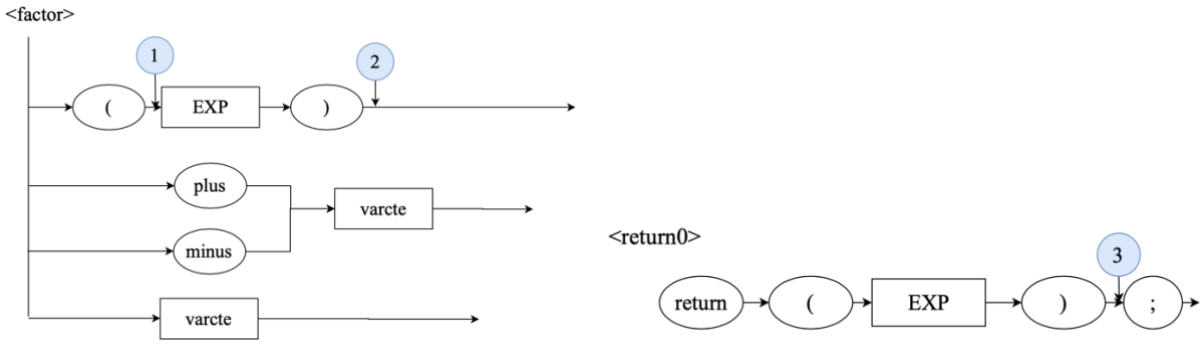
Aplica para todas las funciones especiales.



Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega & o | a la Pila de Operandos
2	Crea cuádruplo con & o |
3	Agrega Relops a la pila de operandos (!=)|(==)|(<=)|(>=)|(<)|(>)
4	Crea el cuádruplo con Relops (!=)|(==)|(<=)|(>=)|(<)|(>)

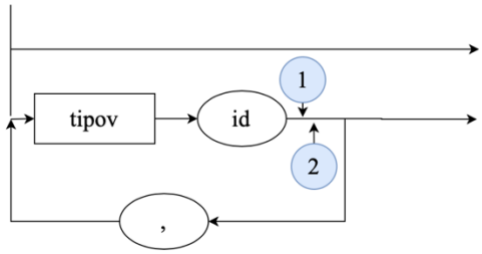


Punto Neurálgico	Descripción
1	Crea el cuádruplo si hay un + o – en la pila de operandos
2	Agrega + o – a la pila de operandos
3	Crea el cuádruplo si hay un * o / en la pila de operandos
4	Agrega * o / a la pila de operandos

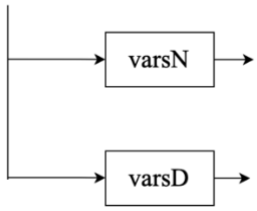


Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega fondo falso a la Pila de operandos
2	Saca el fondo falso de la Pila de Operandos
3	Crea cuádruplo para asignar el valor de EXP a la variable global del return de la función

<parametros>

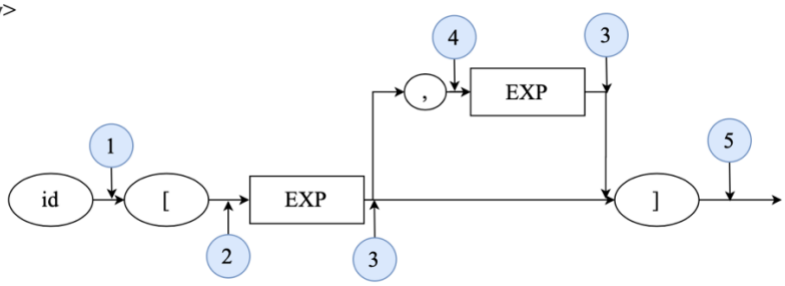


<vars>

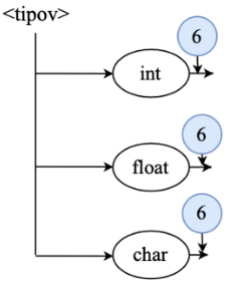


Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega variable a la tabla de la función
2	Agrega parámetros al modulo

<array>

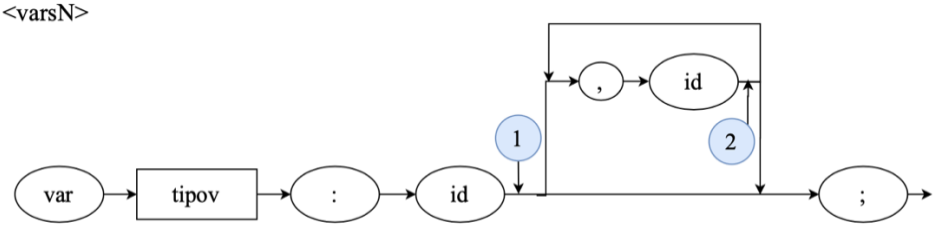


<tipov>

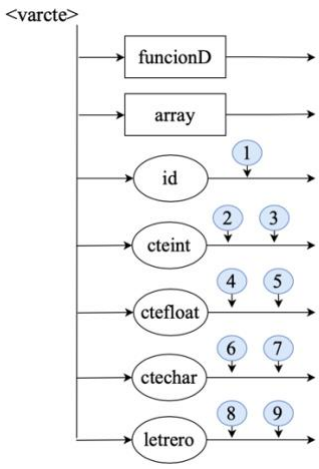


Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega el ID a la Pila de ID y su tipo a la pila tipos.
2	Agrega ID y DIM a la pila de Dimensiones. Agrega fondo falso a la pila de operandos. LIM1 = True. LIM2 = False
3	Crea el cuádruplo para verificar que el valor de la expresión este dentro del rango del arreglo. Con LIM1 y LIM2 sabe de cual rango.
4	LIM1 = False. LIM2 = True
5	Crea cuádruplo para sumar el valor de F a la Dirección del arreglo.
6	Agregar tipo a la Pila de Tipos

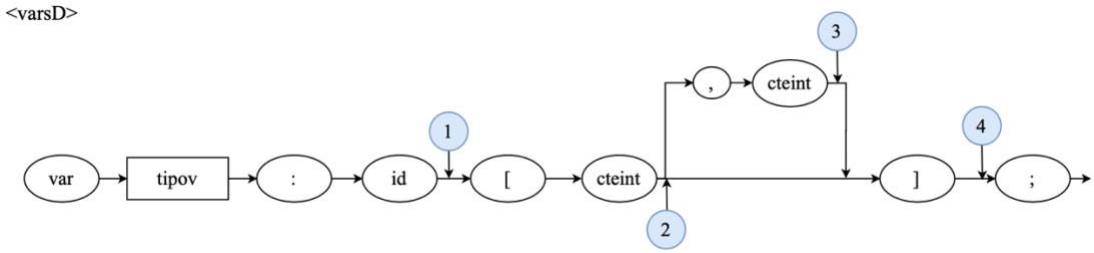
<varsN>



Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega variable a la tabla de la función
2	Agrega variable a la tabla de la función sin hacer pop de la pila de tipos



Punto Neurálgico	Descripción
1	Hace push a la pila de ID con la variable y a la Pila de tipos el tipo de la var.
2	Agrega Variable entera a la tabla
3	Agrega a la pila de ID con el entero y a la pila de tipos int
4	Agrega Variable flotante a la tabla
5	Agrega a la pila de ID con el flotante y a la pila de tipos float
6	Agrega Variable de Carácter a la tabla
7	Agrega a la pila de ID con el carácter y a la pila de tipos char
8	Agrega Variable Letrero a la tabla
9	Agrega a la pila de ID con el Letrero y a la pila de tipos letrero



Punto Neurálgico	Descripción
1	Agrega el tipo a la pila de tipos
2	Consigue el valor de LIM1 de cteint. R = LIM1 + 1
3	Consigue el valor de LIM2 de cteint. R = R*(LIM2+1)
4	M1 = R/(LIM1 +1). Si M1 es diferente de 1: M2 = M1/(LIM2+1). Size = LIM1*LIM2. Agrega la variable a la tabla, adicionalmente con sus valores de M1, M2, LIM1, LIM2 y Size.

- **Tabla de consideraciones Semánticas**

Tipo Uno	Tipo Dos	Operador	Tipo de Resultado
Int	Int	+	**Int**
Float	Float	+	**Float**
Int	Float	+	**Float**
Float	Int	+	**Float**
Int	Int	-	**Int**
Float	Float	-	**Float**
Int	Float	-	**Float**
Float	Int	-	**Float**
Int	Int	*	**Int**
Float	Float	*	**Float**
Int	Float	*	**Float**
Float	Int	*	**Float**
Int	Int	/	**Int**
Float	Float	/	**Float**
Int	Float	/	**Float**
Float	Int	/	**Float**
Int	Int	*	**Int**
Float	Float	*	**Float**
Int	Float	*	**Float**
Float	Int	*	**Float**
Int	Int	!=	**Int**
Float	Float	!=	**Int**
Int	Float	!=	**Int**
Float	Int	!=	**Int**
Int	Int	==	**Int**
Float	Float	==	**Int**
Int	Float	==	**Int**
Float	Int	==	**Int**
Int	Int	<=	**Int**
Float	Float	<=	**Int**
Int	Float	<=	**Int**
Float	Int	<=	**Int**
Int	Int	>=	**Int**
Float	Float	>=	**Int**
Int	Float	>=	**Int**
Float	Int	>=	**Int**
Int	Int	<	**Int**
Float	Float	<	**Int**
Int	Float	<	**Int**
Float	Int	<	**Int**
Int	Int	>	**Int**
Float	Float	>	**Int**

Int	Float	>	**Int**
Float	Int	>	**Int**
Int	Int	=	**Int**
Float	Float	=	**Int**
Char	Char	=	**Int**
Int	Int	&	**Int**
Int	Int	|	**Int**
Int	Int	LINE	**Int**
Int	_	CIRCLE	**Int**
Float	_	CIRCLE	**Float**
Int	_	ARC	**Int**
Float	_	ARC	**Float**
Int	_	SIZE	**Int**
Float	_	SIZE	**Int**

Cualquier combinación que no este en la tabla genera como resultado ‘error’.

c.5) Descripción detallada del proceso de Administración de Memoria usado en la compilación.

- **Directorio de Funciones**

El directorio de funciones es una estructura de datos de diccionario. Al momento de dar de alta una nueva función, se crean dentro otros dos diccionarios, uno que es la tabla de variables y otra la tabla de parámetros. La *cantidad* es un arreglo que contiene cuantas variables de tipo enteras, flotantes, caracteres y temporales utiliza, esto para el manejo de memoria posterior.

Función ID	Tipo	Scope	Cantidad de Cuádruplos	Variables	Parámetros	Cantidad
Fibonacci	Int	global	20	Tabla de Variables	Tabla de Parámetros	[2,0,0,0]

- **Tabla de Variables**

La estructura de la tabla de variables es de diccionario, pero en este caso, se guardan con diferente parametrización, ya que para las variables dimensionadas se requieren guardar datos extras.

ID	Tipo	Memoria
X	float	15000

ID	Tipo	Memoria	Tamaño	M1	M2	L1	L2
Arr	Int	10000	9	9	1	0	9

- **Tabla de Parámetros**

La tabla de Parámetros es también un diccionario, donde se guardan en base a su numero y al tipo.

Numero de Parámetro	Tipo
1	INT

- **Cuádruplos**

Los cuádruplos son creados con un diccionario donde se van guardando en base a la iteración.

Iteración	Operador	Termino 1	Termino 2	Asignar
1	+	A	B	T1

- **Pilas**

Para las pilas, hay una clase Stack que se inicializa con un arreglo vacío, la clase contiene definida la funciones para las acciones que se requieren hacer con los arreglos.

Pila ID	Descripción
POper	Pila de Operaciones. Aquí van los +, -, /, etc.
PID	Pila de Variables. Aquí se guardan las variables que se van llamando.
PPar	Pila de Parámetros. Stack para hacer push cuando se lean parámetros en la llamada de una función.
PQPar	Pila de tipos para los cuádruplos de los Parámetros.
PSaltos	Pila de Saltos para ir guardando los cuádruplos donde se necesita editar el GOTO
PTypes	Pila de tipos. Se guarda el tipo de variable cuando se declara.
PQTypes	Pila de tipos para los cuádruplos. Se guardan los tipos para ir haciendo cuádruplos.
PDim	Pila de dimensiones, se guarda que dimensión es la que se esta usando en el arreglo.

d) Descripción de la Maquina Virtual.

d.1) Equipo de Computo, lenguaje y herramientas.

El compilador fue creado con VisualStudioCode para MacOS. Esta programado con el lenguaje de Python.

La librería especial utilizada para la Maquina Virtual fue:

- **Turtle**: Librería que se utiliza para el output grafico de las funciones especiales.

d.2) Descripción detallada del proceso de Administración de Memoria en ejecución.

- **Diccionario de funciones.**

Cuando lee un ERA, se manda a llamar a la función para pasar las cantidades de datos de la función al diccionario de funciones. Por cada tipo de dato, se tiene un arreglo que se va llenando con un push para tener la cantidad de espacios que se necesitan.

Función	Enteros	Flotantes	Caracteres	Temporales
1	[0,0,0,0]	[0,0]	[]	[0,0,0,0,0]

- **Direcciones Virtuales**

Enteros	10000 10999
Enteros Funciones	11000 14999
Flotantes	15000 15999
Flotantes Funciones	16000 17999
Caracteres	18000 18999
Caracteres Funciones	19000 19999
Temporales	20000 20999
Temporales Funciones	21000 21999
Constantes	22000 23999

e) Pruebas del Funcionamiento del Lenguaje.

- **Factorial de 10**

```
program factorial;
var int : a,f,j;

int module fact(int i);
var int : resultado;
{
    resultado = 1;
    i = i+1;
    for j = 1 to i do{
        resultado = resultado*j;
    }
    return(resultado);
}

main(){
    write("Factorial");
    read(a);
    if(a < 0) then{
        write("ERROR");
    }
    else{
    f = fact(a);
    write("Result",f);
    }
}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 15]	10 ['=', 21003, 0, 11001]	9 ['WRITE', 0, 0, 22004]
2 ['=', 22001, 0, 11001]	11 ['+', 10002, 22001, 10002]	20 ['GOTO', 0, 0, 27]
3 ['+', 11000, 22001, 21000]	12 ['GOTO', 0, 0, 6]	21 ['ERA', 0, 0, 'fact']
4 ['=', 21000, 0, 11000]	13 ['=', 11001, 0, 22000]	22 ['PARAM', 10000, 1, 20001]
5 ['=', 22001, 0, 10002]	14 ['END', 0, 0, 0]	23 ['GOSUB', 'fact', 0, 2]
6 ['=', 11000, 0, 21001]	15 ['WRITE', 0, 0, 22002]	24 ['=', 22000, 0, 10001]
7 ['<', 10002, 21001, 21002]	16 ['READ', 0, 0, 10000]	25 ['WRITE', 0, 0, 22005]
8 ['GOTOF', 21002, 0, 13]	17 ['<', 10000, 22003, 20000]	26 ['WRITE', 0, 0, 10001]
9 ['*', 11001, 10002, 21003]	18 ['GOTOF', 20000, 0, 21]	

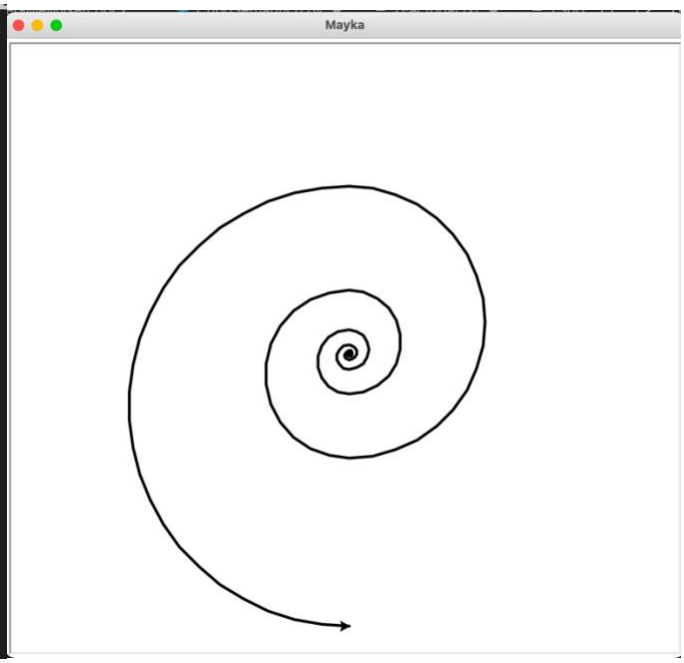
```
Factorial
10
Result
3628800
```

- **Fibonacci de 14 (Con output grafico) Recursión Cíclica**

```
program fibonacci;
var int : n, first,second,next,c,s;
main(){
    first = 0;
    second = 1;
    n = 14;
    for c = 0 to n do {
        if(c<=1) then{
            next = c;
        }else{
            next = first + second;
            first = second;
            second = next;
        }
        size(3);
        write(next);
        arc(next);
    }
}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 2]	8 ['GOTOF', 20001, 0, 21]	15 ['=', 10002, 0, 10001]
2 ['=', 22000, 0, 10001]	9 ['<=', 10004, 22001, 20002]	16 ['=', 10003, 0, 10002]
3 ['=', 22001, 0, 10002]	10 ['GOTOF', 20002, 0, 13]	17 ['SIZE', 0, 0, 22003]
4 ['=', 22002, 0, 10000]	11 ['=', 10004, 0, 10003]	18 ['ARC', 0, 0, 10003]
5 ['=', 22000, 0, 10004]	12 ['GOTO', 0, 0, 17]	19 ['+', 10004, 22001, 10004]
6 ['=', 10000, 0, 20000]	13 ['+', 10001, 10002, 20003]	20 ['GOTO', 0, 0, 6]
7 ['<', 10004, 20000, 20001]	14 ['=', 20003, 0, 10003]	

```
0
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
89
144
233
```



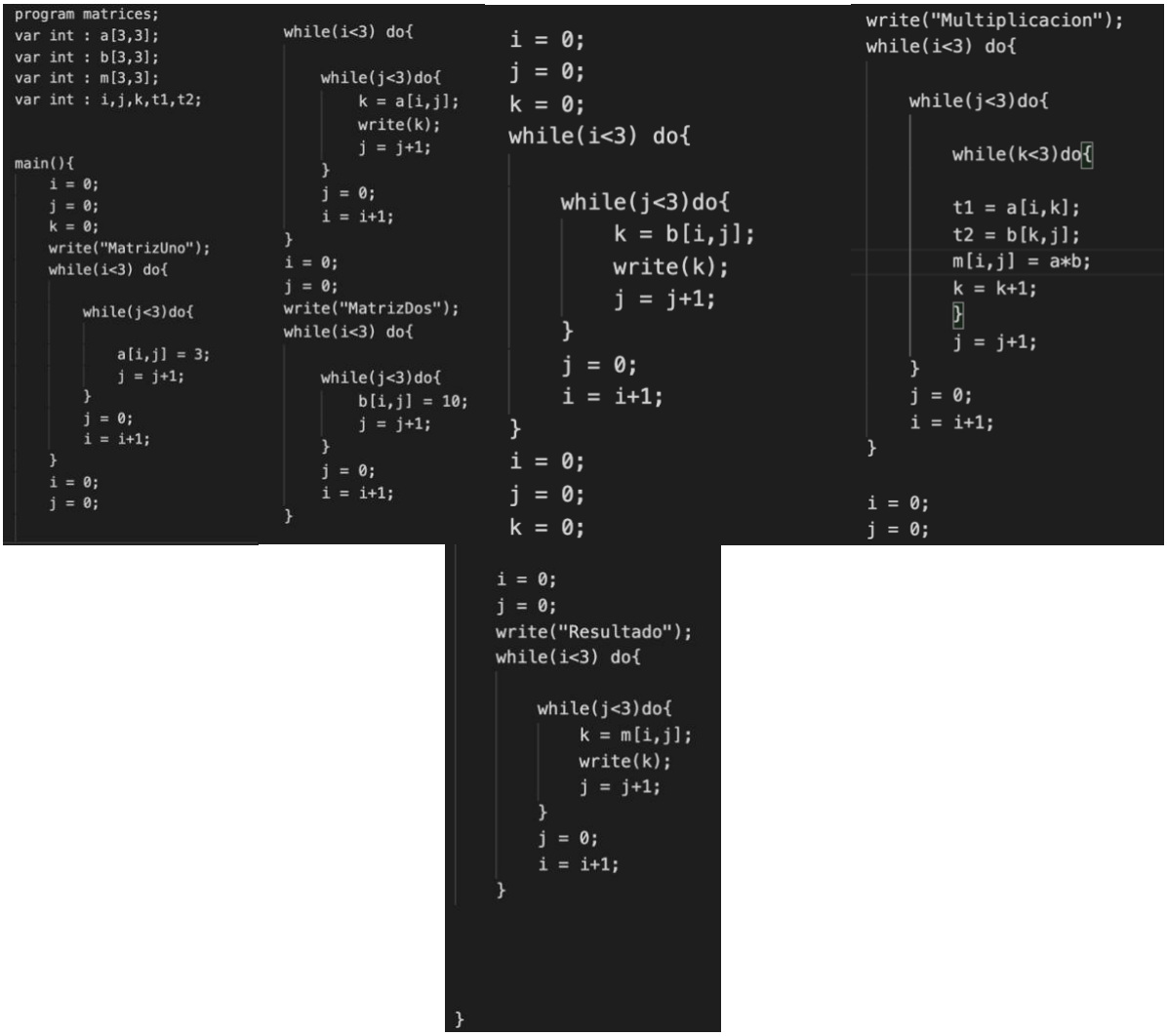
- **Find**

```
program find;
    var int : a,b;
    var int : arr[7];

main(){
    arr[0] = 7;
    arr[1] = 2;
    arr[2] = 43;
    arr[3] = -1;
    arr[4] = -3;
    arr[5] = 10;
    arr[6] = 15;

    write("Buscando");
    for a = 0 to 7 do{
        b = arr[a];
        if(b == 43) then{
            write("Posicion", a);
        }
    }
}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 2]	0 ['VERIFY', 22003, 0, 7]	19 ['*T', 22007, 1, 20012]	28 ['+T', 20018, 10002, 20019]	37 ['+T', 20023, 10002, 20024]
2 ['VERIFY', 22000, 0, 7]	11 ['*T', 22003, 1, 20006]	20 ['+T', 20012, 10002, 20013]	29 ['=', 22012, 0, 20019]	38 ['=', 20024, 0, 10001]
3 ['*T', 22000, 1, 20000]	12 ['+T', 20006, 10002, 20007]	21 ['=', 22008, 0, 20013]	30 ['WRITE', 0, 0, 22013]	39 ['==', 10001, 22004, 20026]
4 ['+T', 20000, 10002, 20001]	13 ['=', 22004, 0, 20007]	22 ['VERIFY', 22009, 0, 7]	31 ['=', 22000, 0, 10000]	40 ['GOTOF', 20026, 0, 43]
5 ['=', 22001, 0, 20001]	14 ['VERIFY', 22005, 0, 7]	23 ['*T', 22009, 1, 20015]	32 ['=', 22001, 0, 20021]	41 ['WRITE', 0, 0, 22014]
6 ['VERIFY', 22002, 0, 7]	15 ['*T', 22005, 1, 20009]	24 ['+T', 20015, 10002, 20016]	33 ['<', 10000, 20021, 20022]	42 ['WRITE', 0, 0, 10000]
7 ['*T', 22002, 1, 20003]	16 ['+T', 20009, 10002, 20010]	25 ['=', 22010, 0, 20016]	34 ['GOTOF', 20022, 0, 45]	43 ['+', 10000, 22002, 10000]
8 ['+T', 20003, 10002, 20004]	17 ['=', 22006, 0, 20010]	26 ['VERIFY', 22011, 0, 7]	35 ['VERIFY', 10000, 0, 7]	44 ['GOTO', 0, 0, 32]
9 ['=', 22003, 0, 20004]	18 ['VERIFY', 22007, 0, 7]	27 ['*T', 22011, 1, 20018]	36 ['*T', 10000, 1, 20023]	

```
Buscando
Posicion
2
Program ended with code 0;
```

- **Multiplicación de Matrices (Resultado Incorrecto, pero si genera cuádruplos)**

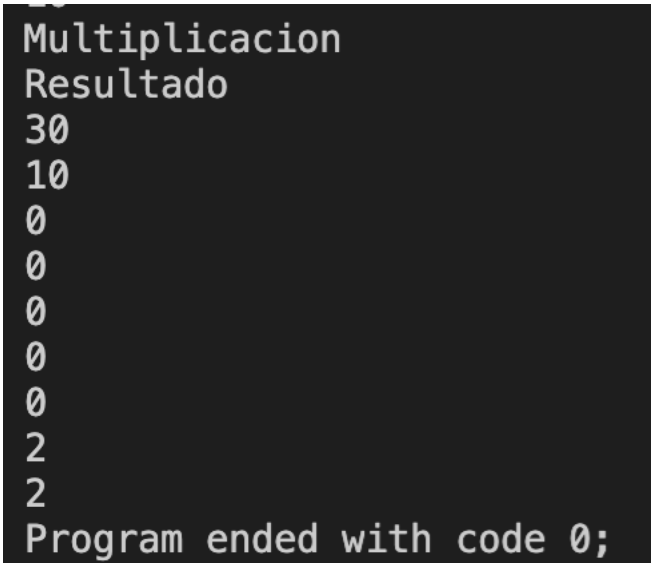


```
program matrices;
var int : a[3,3];
var int : b[3,3];
var int : m[3,3];
var int : i,j,k,t1,t2;


main(){
    i = 0;
    j = 0;
    k = 0;
    write("MatrizUno");
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{

            a[i,j] = 3;
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }
    i = 0;
    j = 0;
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{
            k = a[i,j];
            write(k);
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }
    i = 0;
    j = 0;
    write("MatrizDos");
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{
            b[i,j] = 10;
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }
    i = 0;
    j = 0;
    k = 0;
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{
            k = b[i,j];
            write(k);
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }
    i = 0;
    j = 0;
    k = 0;
    write("Multiplicacion");
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{

            while(k<3)do{

            t1 = a[i,k];
            t2 = b[k,j];
            m[i,j] = a*b;
            k = k+1;
            }
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }

    i = 0;
    j = 0;
    write("Resultado");
    while(i<3) do{

        while(j<3)do{
            k = m[i,j];
            write(k);
            j = j+1;
        }
        j = 0;
        i = i+1;
    }


}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 2]	25 ['<', 10027, 22002, 20008]	49 ['GOTOF', 20017, 0, 59]	73 ['+T2', 20026, 10028, 20027]	97 ['+T2', 20035, 10029, 20036]	121 ['=', 20050, 0, 10027]
2 ['=', 22000, 0, 10027]	26 ['GOTOF', 20008, 0, 43]	50 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	74 ['+T', 20027, 10009, 20028]	98 ['+T', 20036, 10000, 20037]	122 ['GOTO', 0, 0, 88]
3 ['=', 22000, 0, 10028]	27 ['<', 10028, 22002, 20009]	51 ['*T', 10027, 4, 20018]	75 ['=', 20028, 0, 10029]	99 ['=', 20037, 0, 10030]	123 ['=', 22000, 0, 10027]

4 ['=', 22000, 0, 10029]	28 ['GOTOF', 20009, 0, 39]	52 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	76 ['WRITE', 0, 0, 10029]	100 ['VERIFY', 10029, 0, 3]	124 ['=', 22000, 0, 10028]
5 ['WRITE', 0, 0, 22001]	29 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	53 ['+T2', 20018, 10028, 20019]	77 ['+', 10028, 22003, 20030]	101 ['*T', 10029, 4, 20039]	125 ['WRITE', 0, 0, 22007]
6 ['<', 10027, 22002, 20000]	30 ['*T', 10027, 4, 20010]	54 ['+T', 20019, 10009, 20020]	78 ['=', 20030, 0, 10028]	102 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	126 ['<', 10027, 22002, 20051]
7 ['GOTOF', 20000, 0, 23]	31 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	55 ['=', 22005, 0, 20020]	79 ['GOTO', 0, 0, 68]	103 ['+T2', 20039, 10028, 20040]	127 ['GOTOF', 20051, 0, 144]
8 ['<', 10028, 22002, 20001]	32 ['+T2', 20010, 10028, 20011]	56 ['+', 10028, 22003, 20022]	80 ['=', 22000, 0, 10028]	104 ['+T', 20040, 10009, 20041]	128 ['<', 10028, 22002, 20052]
9 ['GOTOF', 20001, 0, 19]	33 ['+T', 20011, 10000, 20012]	57 ['=', 20022, 0, 10028]	81 ['+', 10027, 22003, 20031]	105 ['=', 20041, 0, 10031]	129 ['GOTOF', 20052, 0, 140]
10 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	34 ['=', 20012, 0, 10029]	58 ['GOTO', 0, 0, 48]	82 ['=', 20031, 0, 10027]	106 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	130 ['VERIFY', 10027, 0, 3]
11 ['*T', 10027, 4, 20002]	35 ['WRITE', 0, 0, 10029]	59 ['=', 22000, 0, 10028]	83 ['GOTO', 0, 0, 66]	107 ['*T', 10027, 4, 20043]	131 ['*T', 10027, 4, 20053]
12 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	36 ['+', 10028, 22003, 20014]	60 ['+', 10027, 22003, 20023]	84 ['=', 22000, 0, 10027]	108 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	132 ['VERIFY', 10028, 0, 3]
13 ['+T2', 20002, 10028, 20003]	37 ['=', 20014, 0, 10028]	61 ['=', 20023, 0, 10027]	85 ['=', 22000, 0, 10028]	109 ['+T2', 20043, 10028, 20044]	133 ['+T2', 20053, 10028, 20054]
14 ['+T', 20003, 10000, 20004]	38 ['GOTO', 0, 0, 27]	62 ['GOTO', 0, 0, 46]	86 ['=', 22000, 0, 10029]	110 ['+T', 20044, 10018, 20045]	134 ['+T', 20054, 10018, 20055]
15 ['=', 22002, 0, 20004]	39 ['=', 22000, 0, 10028]	63 ['=', 22000, 0, 10027]	87 ['WRITE', 0, 0, 22006]	111 ['*', 10000, 10009, 20047]	135 ['=', 20055, 0, 10029]

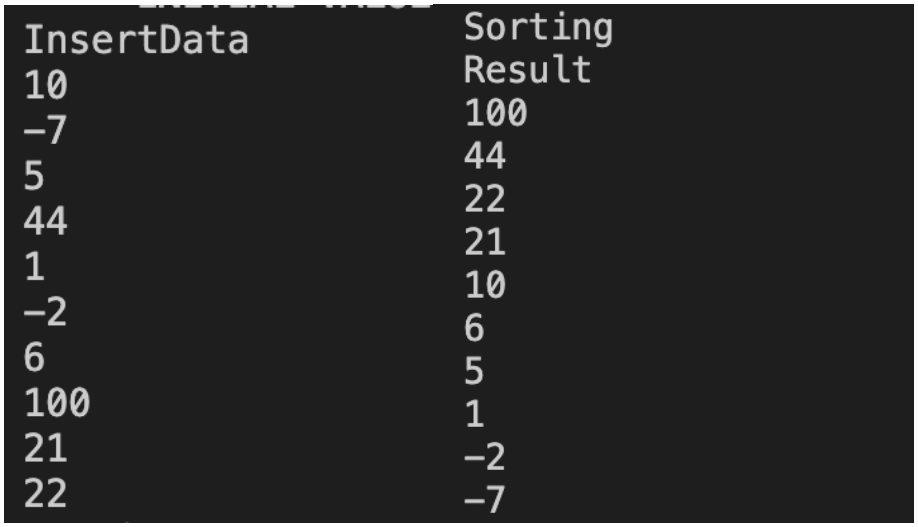
16 ['+', 10028, 22003, 20006]	40 ['+', 10027, 22003, 20015]	64 ['=', 22000, 0, 10028]	88 ['<', 10027, 22002, 20032]	112 ['=', 20047, 0, 20045]	136 ['WRITE', 0, 0, 10029]
17 ['=', 20006, 0, 10028]	41 ['=', 20015, 0, 10027]	65 ['=', 22000, 0, 10029]	89 ['GOTOF', 20032, 0, 123]	113 ['+', 10029, 22003, 20048]	137 ['+', 10028, 22003, 20057]
18 ['GOTO', 0, 0, 8]	42 ['GOTO', 0, 0, 25]	66 ['<', 10027, 22002, 20024]	90 ['<', 10028, 22002, 20033]	114 ['=', 20048, 0, 10029]	138 ['=', 20057, 0, 10028]
19 ['=', 22000, 0, 10028]	43 ['=', 22000, 0, 10027]	67 ['GOTOF', 20024, 0, 84]	91 ['GOTOF', 20033, 0, 119]	115 ['GOTO', 0, 0, 92]	139 ['GOTO', 0, 0, 128]
20 ['+', 10027, 22003, 20007]	44 ['=', 22000, 0, 10028]	68 ['<', 10028, 22002, 20025]	92 ['<', 10029, 22002, 20034]	116 ['+', 10028, 22003, 20049]	140 ['=', 22000, 0, 10028]
21 ['=', 20007, 0, 10027]	45 ['WRITE', 0, 0, 22004]	69 ['GOTOF', 20025, 0, 80]	93 ['GOTOF', 20034, 0, 116]	117 ['=', 20049, 0, 10028]	141 ['+', 10027, 22003, 20058]
22 ['GOTO', 0, 0, 6]	46 ['<', 10027, 22002, 20016]	70 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	94 ['VERIFY', 10027, 0, 3]	118 ['GOTO', 0, 0, 90]	142 ['=', 20058, 0, 10027]
23 ['=', 22000, 0, 10027]	47 ['GOTOF', 20016, 0, 63]	71 ['*T', 10027, 4, 20026]	95 ['*T', 10027, 4, 20035]	119 ['=', 22000, 0, 10028]	143 ['GOTO', 0, 0, 126]
24 ['=', 22000, 0, 10028]	48 ['<', 10028, 22002, 20017]	72 ['VERIFY', 10028, 0, 3]	96 ['VERIFY', 10029, 0, 3]	120 ['+', 10027, 22003, 20050]	


Multiplicacion
Resultado
30
10
0
0
0
0
0
2
2
Program ended with code 0;

- **Sort**

```
program sort;
var int : arr[10];
var int : i,j,k,l,m;
main(){
    i = 0;
    j = 0;
    k = 0;
    write("InsertData");
    while(i < 10)do{
        read(j);
        arr[i] = j;
        i = i+1;
    }
i = 0;
j = 0;
write("Sorting");
while(i < 10) do{
    while(j < 10) do{
        l = arr[i];
        m = arr[j];
        if(l>m)then{
            k = l;
            arr[i] = m;
            arr[j] = k;
        }
        j = j+1;
    }
j = 0;
i = i+1;
}
i = 0;
j = 0;
write("Result");
while(i < 10)do{
    j = arr[i];
    write(j);
    i = i+1;
}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 2]	16 ['=', 22000, 0, 10011]	31 ['>', 10014, 10015, 20013]	46 ['+', 10011, 22003, 20021]
2 ['=', 22000, 0, 10011]	17 ['=', 22000, 0, 10012]	32 ['GOTOF', 20013, 0, 42]	47 ['=', 20021, 0, 10011]
3 ['=', 22000, 0, 10012]	18 ['WRITE', 0, 0, 22004]	33 ['=', 10014, 0, 10013]	48 ['GOTO', 0, 0, 19]
4 ['=', 22000, 0, 10013]	19 ['<', 10011, 22002, 20005]	34 ['VERIFY', 10011, 0, 10]	49 ['=', 22000, 0, 10011]
5 ['WRITE', 0, 0, 22001]	20 ['GOTOF', 20005, 0, 49]	35 ['*T', 10011, 1, 20014]	50 ['=', 22000, 0, 10012]
6 ['<', 10011, 22002, 20000]	21 ['<', 10012, 22002, 20006]	36 ['+T', 20014, 10000, 20015]	51 ['WRITE', 0, 0, 22005]
7 ['GOTOF', 20000, 0, 16]	22 ['GOTOF', 20006, 0, 45]	37 ['=', 10015, 0, 20015]	52 ['<', 10011, 22002, 20022]
8 ['READ', 0, 0, 10012]	23 ['VERIFY', 10011, 0, 10]	38 ['VERIFY', 10012, 0, 10]	53 ['GOTOF', 20022, 0, 62]
9 ['VERIFY', 10011, 0, 10]	24 ['*T', 10011, 1, 20007]	39 ['*T', 10012, 1, 20017]	54 ['VERIFY', 10011, 0, 10]
10 ['*T', 10011, 1, 20001]	25 ['+T', 20007, 10000, 20008]	40 ['+T', 20017, 10000, 20018]	55 ['*T', 10011, 1, 20023]
11 ['+T', 20001, 10000, 20002]	26 ['=', 20008, 0, 10014]	41 ['=', 10013, 0, 20018]	56 ['+T', 20023, 10000, 20024]
12 ['=', 10012, 0, 20002]	27 ['VERIFY', 10012, 0, 10]	42 ['+', 10012, 22003, 20020]	57 ['=', 20024, 0, 10012]
13 ['+', 10011, 22003, 20004]	28 ['*T', 10012, 1, 20010]	43 ['=', 20020, 0, 10012]	58 ['WRITE', 0, 0, 10012]
14 ['=', 20004, 0, 10011]	29 ['+T', 20010, 10000, 20011]	44 ['GOTO', 0, 0, 21]	59 ['+', 10011, 22003, 20026]
15 ['GOTO', 0, 0, 6]	30 ['=', 20011, 0, 10015]	45 ['=', 22000, 0, 10012]	60 ['=', 20026, 0, 10011]
			61 ['GOTO', 0, 0, 52]


InsertData
10
-7
5
44
1
-2
6
100
21
22
Sorting
Result
100
44
22
21
10
6
5
1
-2
-7

- Dibujar Círculos

```
program sphere;
var int : x, j,i,k;

void module print();
var int : m;
{
    write("print");
    }

int module fact(int j);
{
    while(j<k)do{
        arc(j);
        j = j*j;
    }

    return(j);
}
```

```
main(){
    i = 0;
    j = 0;
    while(i <= 100) do{
        while(j <= 100)do{
            write(i,j);
            circle(i);
            j = j*-1;
            circle(j);
            j = j*-1;
            i = i+1;
            j = j+1;
        }
    }

}
```

1 ['GOTO', 0, 0, 12]	9 ['GOTO', 0, 0, 4]	17 ['GOTOF', 20001, 0, 31]	25 ['=', 20003, 0, 10001]
2 ['WRITE', 0, 0, 22000]	10 ['=', 10001, 0, 22001]	18 ['WRITE', 0, 0, 10002]	26 ['+', 10002, 22005, 20004]
3 ['END', 0, 0, 0]	11 ['END', 0, 0, 0]	19 ['WRITE', 0, 0, 10001]	27 ['=', 20004, 0, 10002]
4 ['<', 10001, 10003, 21000]	12 ['=', 22002, 0, 10002]	20 ['CIRCLE', 0, 0, 10002]	28 ['+', 10001, 22005, 20005]
5 ['GOTOF', 21000, 0, 10]	13 ['=', 22002, 0, 10001]	21 ['*', 10001, 22004, 20002]	29 ['=', 20005, 0, 10001]
6 ['ARC', 0, 0, 10001]	14 ['<=', 10002, 22003, 20000]	22 ['=', 20002, 0, 10001]	30 ['GOTO', 0, 0, 16]
7 ['*', 10001, 10001, 21001]	15 ['GOTOF', 20000, 0, 32]	23 ['CIRCLE', 0, 0, 10001]	31 ['GOTO', 0, 0, 14]
8 ['=', 21001, 0, 10001]	16 ['<=', 10001, 22003, 20001]	24 ['*', 10001, 22004, 20003]