

Pontificia Universidad  
Católica del Perú

*Escuela de Graduados*



Un Intérprete para Modelos  
en Dinámica de Sistemas

*Tesis para optar el Grado de*  
**MAGISTER EN INFORMATICA**

**José Luis Segovia Juárez**

*Lima . Perú*

1 9 9 1

## AGRADECIMIENTOS

A Maynard Kong Ph.D. por haber asesorado esta Tesis y por sus enseñanzas a lo largo de mi carrera.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por haberme apoyado con una beca para estudios de Post-Grado.

A la Pontificia Universidad Católica del Perú - Escuela de Graduados por haberme apoyado con una semibeca de estudios.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la culminación de este trabajo.

A MI MADRE ERNESTINA JUAREZ TRELLES DE SEGOVIA

# C O N T E N I D O

	Pág.
1. INTRODUCCION. . . . .	1
2. LA CONSTRUCCION DE MODELOS DINAMICOS. . . . .	2
3. DISEÑO DEL INTERPRETE. . . . .	4
3.1. DESCRIPCION GENERAL DEL INTERPRETE QENQO. . . . .	4
3.1.1. TIPOS DE DATOS. . . . .	4
3.1.2. CONSTANTES Y PARAMETROS DE CONTROL. . . . .	4
3.1.2.1. CONSTANTES.	
3.1.2.2. PARAMETROS DE CONTROL.	
3.1.3. OPERACIONES. . . . .	4
3.1.3.1. OPERACIONES CON VARIABLES DE NIVEL.	
3.1.3.2. OPERACIONES CON VARIABLES DE FLUJO Y AUXILIARES.	
3.1.3.3. OPERACIONES CON TABLAS.	
3.1.5. FUNCIONES. . . . .	5
3.1.6. BIFURCACIONES. . . . .	6
3.1.7. ITERACIONES. . . . .	6
3.1.8. ORDENES PREDEFINIDAS. . . . .	6
3.2. IMPLEMENTACION DEL LENGUAJE QENQO. . . . .	6
3.2.1. GENERALIDADES. . . . .	6
3.2.2.1. DEFINICIONES Y DECLARACIONES.	
3.2.2.2. EXPRESIONES.	
3.2.2.3. PROPOSICIONES	
3.2.2.4. DEFINICION E INVOCACION A FUNCIONES Y SUBSISTEMAS.	
3.2.2.5. ASIGNACIONES.	
3.2.3. GRAMATICA. . . . .	9
3.2.4. EL LENGUAJE. . . . .	9
3.2.5. DIAGRAMAS DE CONWAY. . . . .	12
3.2.6. ADMINISTRACION DE LA MEMORIA. . . . .	18
3.2.6.1. LA TABLA DE SIMBOLOS.	
3.2.6.2. LA TABLA DE CODIGO INTERMEDIO.	
3.2.6.3. OTRAS TABLAS.	
3.2.7. FUNCIONES. . . . .	19
3.2.8. SUBSISTEMAS. . . . .	19
3.2.9. AMBITO DE LAS VARIABLES. . . . .	20
3.2.10. DEFINICION Y PASO DE PARAMETROS. . . . .	21
3.3. ANALISIS LEXICOGRAFICO. . . . .	22
3.4. ANALIZADOR SINTACTICO. . . . .	22
3.5. CODIGO INTERMEDIO. . . . .	23
3.6. TRATAMIENTO DE ERRORES. . . . .	24
3.6.1. ERRORES LEXICOGRAFICOS. . . . .	24
3.6.2. ERRORES SINTACTICOS. . . . .	24
3.6.3. ERRORES EN TIEMPO DE EJECUCION. . . . .	24

	Pág.
3.7. EJECUCION DEL CODIGO INTERMEDIO. . . . .	25
3.7.1. OPERACIONES BASICAS. . . . .	25
3.7.2. LLAMADAS A SUBROUTINAS . . . . .	26
3.7.3. CREACION DE ARCHIVOS INTERMEDIOS. . . . .	26
3.8. GENERACION DE RESULTADOS. . . . .	27
3.9. ORDENES PREDEFINIDAS. . . . .	27
3.10. INTEGRACION DEL SISTEMA. . . . .	28
3.10.1. ADMINISTRADOR DE ARCHIVOS. . . . .	28
3.10.2. EDITOR. . . . .	28
3.10.3. COMPILADOR. . . . .	28
3.10.4. EJECUTOR. . . . .	28
3.10.5. UNIDAD GRAFICA. . . . .	28
3.10.6. UNIDAD DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD. . . . .	28
4. DESCRIPCION DE LOS MODULOS. . . . .	30
4.1. ADMINISTRADOR DEL SISTEMA. . . . .	30
4.2. ANALIZADOR LEXICOGRAFICO. . . . .	30
4.3. ANALIZADOR SINTACTICO. . . . .	31
4.3.1. EJEMPLO. . . . .	34
4.4. EJECUTANDO EL CODIGO INTERMEDIO. . . . .	36
4.5. UNIDAD GRAFICA. . . . .	36
5. PERSPECTIVAS DE DESARROLLO FUTURO. . . . .	37
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	38
7. APENDICES. . . . .	39
7.1. LISTADO DEL CODIGO EN LENGUAJE PASCUAL. . . . .	39
7.2. MANUAL DEL USUARIO. . . . .	93
7.2.1. INTRODUCCION. . . . .	93
7.2.2. AMBIENTE INTEGRADO. . . . .	93
7.2.3. FUNCIONES DISPONIBLES. . . . .	95
7.2.4. DEFINICION DE FUNCIONES PROPIAS DEL USUARIO. . . . .	99
7.2.5. PROPOSICIONES. . . . .	99
7.2.6. DEFINICION DE SUBSISTEMAS. . . . .	102
7.3. ALGUNOS EJEMPLOS. . . . .	102
7.3.1. MODELO DE CINETICA. . . . .	102
7.3.2. MODELO FIEBRE AMARILLA. . . . .	105
8. BIBLIOGRAFIA. . . . .	108

## 1. INTRODUCCION.

Los sistemas están conformados por elementos interrelacionados que conforman estructuras funcionales isomórficas que se encuentran en los diferentes niveles jerárquicos de la naturaleza. Por esto es fundamentalmente posible utilizar una misma metodología para modelar los sistemas en el tiempo; por ejemplo los sistemas químicos, ecológicos, industriales, económicos, etc.

Una metodología que estudia el comportamiento de las relaciones de realimentación entre las variables de un sistema en el tiempo, fué desarrollado por Jay Forrester en la década de los '50 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, denominándose Dinámica de Sistemas [2,5,6]. Este método en última instancia halla una solución a un sistema de ecuaciones de primer orden.

Para describir las relaciones entre las variables y obtener resultados de las simulaciones del modelo en un computador, se construyó en la década de los '60 un compilador llamado Dynamo, con un lenguaje sin estructura y algo confuso para el usuario. Por esto, se hace necesario construir un intérprete con una sintaxis más asequible a una persona de nivel superior con la finalidad de modelar y simular los sistemas que muchas veces son difíciles de experimentar.

El presente trabajo desarrolla un intérprete para modelos en Dinámica de Sistemas mediante un lenguaje diseñado en base a la filosofía del Dynamo pero con estructura y funcionalidad modernos. Se construye un intérprete que dispone funciones fundamentales, una interface adecuada con el usuario y módulos gráficos. Adicionalmente se discuten perspectivas de desarrollo futuro.

Al intérprete en referencia se ha denominado Qenqo que en quechua significa sinuoso-zigzagante-curvo, que es

una característica de las gráficas obtenidas con modelos dinámicos.

## 2. LA CONSTRUCCION DE MODELOS DINAMICOS.

En esta parte presentamos elementos de la metodología para construir modelos en Dinámica de Sistemas (MDS).

Un modelo se inicia conceptualizando los componentes relevantes a un problema componiendo sus relaciones en un diagrama causal [2], [9]; luego se clasifican las variables según la metodología, se construye un diagrama dinámico, se describen las relaciones en lenguaje y se proyecta el modelo en el tiempo bajo ciertas condiciones iniciales dadas.

Las variables en un modelo dinámico se clasifican en :

Variables de Nivel: Son medidas que se van acumulando según pasa el tiempo. Por ejemplo el número de individuos de una población.

Variables de Flujo: Afectan al comportamiento de las variables de nivel haciendo que aumenten o disminuyan. Solamente pueden ser medidas en determinados intervalos de tiempo  $DT$ , o determinado por algunos de los niveles del sistema.

Variables Auxiliares: Ayudan a explicar las variables de flujo; por ejemplo pasos intermedios que influyen en el cálculo de una variable de flujo, entre dos momentos de tiempo. Pueden ser exógenas.

Constantes o Parámetros: Datos que influyen en las variables auxiliares o de flujo, que son constantes durante todo el tiempo.

Demoras: Es un elemento que simula retrasos en la transmisión de la información o de materia.

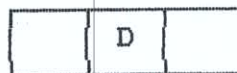
La representación de las variables en un diagrama de Dinámica de Sistemas son:



Niveles



Flujos



Demoras



Auxil. Ctes

Las relaciones entre las variables se representan con flechas, debiéndose diferenciar dos canales en el sistema: Los canales de materia y los de información. La materia fluye solamente entre variables de nivel y se representa con flechas continuas. Los canales de información, que comunican valores de variables, se representan con flechas discontinuas.



Canal de Materia



Canal de Información.



Nube: Fuente o Sumidero

Se pueden encontrar relaciones no lineales entre variables, representándose estos por su función matemática o por su forma en forma de tabla.

Un modelo MDS, se puede apreciar como un sistema de tanques (variables de nivel) y llaves (variables de flujo) que regulan el ingreso y salida de los tanques. En estos tanques se acumula materia o energía. El valor de la apertura de una llave (sea de salida o de entrada), puede depender de los niveles, parámetros externos o incluso de valores aleatorios.

La programación de las relaciones entre las variables en un computador debe de hacerse de preferencia en un lenguaje basado en la metodología MDS para mejorar la productividad del investigador.