

INFORME TECNICO

TUTORIAL SOBRE SISTEMAS DE COMPUTO
DE LA QUINTA GENERACION
ADOLFO GUZMAN ARENAS*



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

APARTADO POSTAL: 14-740, MEXICO 14, D.F.
TEL. 754-02-00 EXT. 141; TELEX: 017-72-826 PPTME
AVE. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL 2508
ZACATENCO, 07000 MEXICO, D.F.



**TUTORIAL SOBRE SISTEMAS DE COMPUTO
DE LA QUINTA GENERACION**

ADOLFO GUZMAN ARENAS*

RESUMEN

Un sistema de cómputo de la quinta generación difiere (o diferiría cuando aparezcan en los 1990's) de los actuales:

- En su entrada y salida, porque la interacción con el usuario será a través de voz, lenguaje natural, imágenes, gráficas y movimientos.
- En su forma de procesar la información pues tendrá una arquitectura de flujo de datos.
- En su programación pues la manera de especificarle y describirle los trabajos o tareas que debe hacer será: (i) usando la inferencia y la lógica matemática, y (ii) a través de especificaciones de los resultados a los que se debe llegar en vez de decirle con detalle como debe calcularlos.
- En su memoria pues el almacenamiento de datos será en una base de datos Inteligente, donde los datos guardados se pueden deducir otros y donde el usuario no ve diferentes niveles de almacenamiento (memoria caché, memoria principal, discos, cintas) sino un solo nivel homogéneo.

Este artículo discute los propósitos detrás del diseño y construcción de la quinta generación de computadoras y las características de estas máquinas, contrastándolas con las computadoras actuales.

Con algún detalle el artículo expone la manera o metodología en que este ambicioso proyecto se está desarrollando y da cuenta de los principales avances a la fecha.

Finalmente se exponen algunos desarrollos que en México se llevan a cabo, relacionados con estos sistemas de cómputo.

* Jefe de la Sección de Computación. Departamento de Ingeniería Eléctrica.

I N D I C E

ABSTRACT

PAGINA N°

I.	DE LA PRIMERA A LA CUARTA GENERACION	1
II.	OBJETIVOS DEL PROYECTO DE LA QUINTA GENERACION	3
III.	CARACTERISTICAS DE UNA MAQUINA DE LA QUINTA GENERACION	6
IV.	METODOLOGIA Y METAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION	13
V.	AVANCES A LA FECHA	21
VI.	CONCLUSIONES	27
VII.	BIBLIOGRAFIA	28

ABSTRACT

A fifth generation computing system differs (or it will differ when appearing in the 1990's) from actual systems:

- In its input/output, since the man-machine interaction will be through voice, natural language, images, graphics and movement.
- In the way to process information, since the architecture of the computer will be of the data-flow type.
- In its programming, because the manner to specify and describe to it the tasks it has to do will be:
 - Using inference and mathematical logic, and
 - Through specifications of the desired results, instead of a detailed description about how to calculate them
- In its memory because data storage will be in an intelligent data base, where from the stored data, other data can be deduced, and where the user sees only a single storage level, and not a hierarchy (cache memory, main memory, disk, tape) of them.

I. DE LA PRIMERA A LA CUARTA GENERACION

La invención de las computadoras produjo cambios radicales en la manera de manejar y procesar información en nuestras instituciones, y el progreso de estas máquinas ha sido acelerado (Tabla I) desde su invención.

Desde su aparición, el diseño de las computadoras ha estado bastante estático, basado en un decodificador que analiza y ejecuta la instrucción que señala un contador de programa. Este es el diseño de Von Neumann, que comprende :

- * Una computadora conteniendo un procesador, memoria principal y las vías de comunicación necesarias;

- * Una memoria principal con organización uni-dimensional de palabras de longitud fija;

- * Un lenguaje de máquina de bajo nivel, cuyas instrucciones realizan operaciones sencillas sobre uno a tres operandos; y

- * Una entrada y salida simple o primitiva [Treleaven] (las citas entre paréntesis cuadrados se refieren a la bibliografía citada al final de éste artículo)

DEFICIENCIAS ACTUALES

Estas máquinas, inicialmente diseñadas para aplicaciones numéricas, tienen opciones de entrada y salida limitadas, lo que ha causado no pocas inconveniencias, sobre todo al extenderse el uso de las computadoras a procesamiento administrativo. Ha habido recientemente una necesidad fuerte de mejores (y más libres) formas de comunicación con la máquina, tales como voz o imágenes, formas que son naturales en la comunicación humana.

Por otra parte, las computadoras convencionales no son capaces de satisfacer las demandas en cuanto a desempeño de aplicaciones tales como la Inteligencia Artificial y el Procesamiento de Imágenes.

Otra diferencia: La computación descentralizada es cara y difícil de implementar, debido a la carencia de una arquitectura simple a la que se conforman todas las computadoras que toman parte.

El alto costo del hardware ha minimizado el número de funciones a él encomendadas, incrementando la dependencia sobre el software. Esto ha venido a provocar la "Crisis del Software" las arquitecturas de Computadoras se han vuelto rígidas e inflexibles debido a que la cantidad de software existente fuerza a los diseñadores a que las nuevas máquinas sean compatibles con las anteriores y así sucesivamente, lo que impide mejoras radicales en las arquitecturas.

AVANCES NOTABLES EN ELECTRONICA Y PROGRAMACION

Por otra parte, ha habido recientemente avances que pueden influir en la manera en que las procesadoras funcionan, en su tecnología e interacción con programadores y usuarios, a saber:

- * Tecnología VLSI para fabricar memorias de mayor capacidad, elementos de cómputo de mayor velocidad.
- * Arquitecturas de flujo de datos y heterárquicas.
- * Bases de datos, Lógica Matemática y sistemas que hacen inferencia y deducciones.

* Sistemas expertos [Marik], Sistemas de Inteligencia Artificial [Guzmán], Programación automática [Chapa], y Tecnología de Software [Guzmán] para aumentar la productividad del programador y producir programas a partir de especificaciones.

EL PROYECTO JAPONES DE LA 5a. GENERACION DE COMPUTADORAS

En el año de 1981, científicos y técnicos japoneses, junto con personalidades de su Gobierno e Industria, después de percatarse de las deficiencias actuales y avances recientes señaladas anteriormente, decidieron embarcarse en el proyecto de construir una computadora que tenga una fundamentación teórica diferente de las computadoras tradicionales.

II. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE LA 5a. GENERACION

Podemos definir [Moto-Oka] las computadoras de la 5a. Generación como "Sistemas de procesamiento de información y conocimientos basados en teorías innovadoras y en tecnologías capaces de ofrecer las funciones avanzadas que se esperan para la época de los años 1990, superando las limitaciones técnicas inherentes en las computadoras convencionales".

SIGNIFICANCIA DEL PROYECTO DE LA 5a. GENERACION

1. Japón está desarrollando un papel de guía mundial en el desarrollo de la tecnología de computadoras.
2. Además de mejorar y enriquecer a nuestra sociedad (en los 1990's), el proyecto influirá en otras áreas:

* Beneficiará en problemas tales como el problema de la energía.

* Ayudará a aquellas industrias con dificultades en mejorar su eficiencia y por ende su productividad.

3. Al permitir desarrollos en campos hasta ahora inexplorados, estas computadoras contribuirán al progreso de la humanidad entera.

ESPECIFICACIONES FUNCIONALES.

En los años noventas, las computadoras de ése entonces serán herramientas claves en todas las áreas de actividad social, científica y de negocios.

En forma global, se esperan de los sistemas de quinta generación las siguientes habilidades:

1. Mayor inteligencia y facilidad de uso, de tal suerte que podrán ayudar mejor al ser humano.
 - a) Entrada y salida de información vía voz, conversación, gráficas, imágenes, documentos y movimientos.
 - b) Capacidad de procesar la información convencionalmente, usando lenguaje natural.
 - c) La habilidad de usar efectivamente los conocimientos guardados. Esto es, las computadoras podrán entender los datos a ellas introducidos, y con ellos podrán resolver varios problemas de interés e importancia. Para esto, contarán con bases de conocimientos relacionados con los campos en los que se utilicen. Es al poner estos conocimientos en uso práctico, que las computadoras podrán servir como consultores o asesores en trabajos y especializaciones muy variadas.
 - d) Las funciones de aprender, asociar e inferir.

2. Hacer menos pesado el trabajo de generar programas.

- a) Procesamiento automático y generación automática de programas basados en especificaciones de sus funciones, entradas y salidas; es decir, habrá que decir que es lo que se espera que el programa haga, en vez de detallar (como ahora) como lo va a hacer.
- b) Desarrollo de un lenguaje que permita la verificación (automática) de un programa. Diseño de la arquitectura de máquina correspondiente.
- c) Desarrollo de interfases inteligentes.
- d) Utilización de los sistemas de desarrollo de software y herramientas para hacer programas, que ya existen actualmente.

3. Funciones y desempeño mejorados substancialmente.

- a) Mejor relación de costo/beneficio.
- b) Computadoras ligeras y compactas.
- c) Computadoras de alta velocidad y gran capacidad de almacenamiento.
- d) Gran diversificación y adaptabilidad. Tanto los subsistemas electrónicos como los de programación deberán tener sus componentes básicos modularizados, para mejor adaptabilidad y rearrreglos capaces de satisfacer una gran variedad de propósitos.
- e) Funciones altamente confiables
- f) Funciones sofisticadas para la protección de secretos.

Los sistemas de cómputo de la quinta generación formarán una familia de computadoras ligada por un lenguaje de programación común, aún cuando algunos sistemas específicos estén diseñados para aplicaciones especiales, por lo que tendrán incrementada una o más de sus funciones básicas.

A nivel macroscópico (Treleaven), estos sistemas estarán ligados entre sí como teléfonos en una red telefónica, pero al nivel microscópico, cada nodo en esta red de procesamiento será un sistema de cómputo que consiste de computadoras especializadas o generales conectadas por redes locales. Esta combinación de programación y electrónica proveerá tres funciones básicas: la interfaz inteligente, la administración de la base de conocimientos, y las funciones de inferencia y solución de problemas.

III. CARACTERISTICAS DE UNA MAQUINA DE LA QUINTA GENERACION

FUNCIONES PRINCIPALES

Las computadoras de la quinta generación tendrán los siguientes cuatro componentes funcionales principales :

Interfaz Inteligente

La función de interfaz inteligente servirá para comunicarse con la computadora, y es por tanto análoga a los canales tradicionales de entrada y salida y sus dispositivos o periféricos. Tales comunicaciones tendrán la forma de voz, conversación en lenguaje natural, gráficas, imágenes, movimiento, diagramas, etc. Todas estas formas están encauzadas a hacer más fácil el uso de estas máquinas por el ser humano. Ver Figura "Sistemas de Cómputo de la Quinta Generación"

Función de inferencia y solución de problemas

Esta función realiza trabajos similares a la unidad central de

procesamiento en una computadora actual; trabajará bajo el esquema de máquina heterárquica [Norkin and Guzmán] o de flujo de datos, y desempeñará la labor de resolver problemas con ayuda de la lógica matemática, y de inferir situaciones o datos a partir de los ya existentes.

El máximo desempeño para esta labor de procesamiento se sitúa entre cien y mil millones de inferencias lógicas por segundo. Una inferencia lógica por segundo es aproximadamente de 100 a 1000 instrucciones por segundo de una computadora convencional.

Programación

Para una máquina de la quinta generación, su programación tendrá una de las dos formas siguientes (o posiblemente alguna combinación de las mismas) :

* Uso de sistemas de programación automática o semiautomática basados en un lenguaje de lógica matemática (Por ejemplo, PROLOG) para desarrollar y dirigir las funciones de inferencia de la máquina; o

*Programación por especificaciones. Empleo de herramientas de programación (Guzmán) para generar programas objeto a partir de especificaciones de lo que se espera que tales programas hagan. A partir de los requerimientos y especificaciones funcionales del trabajo que se desea automatizar, estas herramientas desarrollarán tal trabajo (es el concepto de intérprete), o producirán código (en Prolog, por ejemplo) para que este código desarrolle tal trabajo. (Es el concepto de compilador)

En ambos casos, será fácil y automático verificar que los programas construidos en efecto satisfacen las especificaciones que los originaron.

Administración de la base de conocimientos

Esta función es equivalente a una integración de memoria caché, memoria principal, memoria virtual (apoyada en discos y discos-ram) y un sistema de archivos. Se espera que en unos cuantos segundos este subsistema accese una base de conocimientos que se requiera para hacer inferencia. Se espera que su capacidad sea de cien a mil Gigabytes.

Será transparente para el usuario en cual tipo o jerarquía de memoria (memoria principal, disco, cinta) están los datos que él desea manipular. La memoria o base de conocimientos se verá como de un solo nivel. Por ende, desaparecerán las funciones de lectura y escritura. También desaparecerán de los lenguajes de programación las llamadas explícitas a bases de datos, los conceptos de navegación, llave, etc.

Los archivos serán no solamente colecciones de palabras de longitud fija, sino podrán ser colecciones de objetos-dato, incluyendo quizá otros archivos. Desaparecerá el concepto tradicional de archivo, y quizá el nombre mismo.

Estas funciones estarán combinadas en un sistema de cómputo de propósitos generales, configurado tal vez para poder resolver problemas en una variedad de campos de aplicación. Tal sistema se ilustra en la figura "Sistema de Cómputo de la Quinta Generación".

EJEMPLO DE APLICACION

Una computadora de la quinta generación podrá hacer los siguientes trabajos, con referencia a un ambiente de automatización de oficina:

- * Procesar lenguajes naturales tales como el japonés y el inglés;

- * Manejo libre de datos no numéricos tales como documentos, gráficas, imágenes, diagramas, y voz, incluyendo la formación de bases de conocimientos de objetos-dato mezclados (texto, imágenes y voz, por ejemplo);
- * Consultoría, consejo y sistemas expertos que tengan mecanismos propios de inferencia, aprendizaje y extrapolación, capaces de proporcionar tanto conocimientos como metodologías cuando se les requiera;
- * Varias bases de datos para proveer la información de alto nivel necesaria para la toma de decisiones; y
- * Interfaces entre hombre y máquina diseñadas ergonómicamente, soportadas por la tecnología de la inteligencia artificial, para hacer fácil y placentero el trabajo con estas computadoras.

El área principal de aplicación en los años noventas se espera que serán los sistemas expertos soportados en bases de conocimientos. Ejemplos de tales aplicaciones son : Sistemas de diseño e Ingeniería "inteligentes" ayudados por computadora; instrucción inteligente ayudada por computadora; automatización de las oficinas; robótica. Estas aplicaciones abrirán campos totalmente nuevos en el uso de las computadoras.

PROCESAMIENTO DE UNA APLICACION

Todos los sistemas de aplicación estarán compuestos de subsistemas de interacción o interfaz con el usuario; de procesamiento; y de administración de conocimientos (Ver figura "Estructura de un sistema de aplicación"), aunque la proporción de estos subsistemas variará según la aplicación.

El usuario expondrá lo que desea hacer a la interfaz inteli-

gente; ésta procesará la "conversación" (que pudo haber sido voz, o el señalamiento de ciertas zonas en la pantalla o tablero) y producirá una descripción de la misma. Esta descripción será generalmente incompleta, por ejemplo "Hazlo otra vez pero con más detalle".

Usando una base de datos semántica que contenga los perfiles, costumbres y terminología del usuario en cuestión, la pregunta u orden se completará y habrá a continuación una traducción al lenguaje de inferencia o al manejador del sistema experto correspondiente, según el caso.

Entra ahora a trabajar "más a fondo" el sistema de procesamiento de datos, el que hace unificaciones, elimina variables, etc. Para esto, este sistema hace uso del sistema de administración de los conocimientos, el que accesa objetos - dato y los entrega al flujo de procesamiento de la máquina de flujo de datos (parte central del sistema de procesamiento).

Si la petición del usuario involucra alteración de la base de conocimientos, el sistema de procesamiento instruye al sistema de administración de información a hacer esta actualización.

Finalmente, la respuesta a la pregunta, orden o petición del usuario se obtiene (por el sistema de procesamiento), pero está en una forma "interna" o compacta, por ejemplo como lista de nodos cada uno representando un objeto-dato más primitivo. Es la interfaz inteligente la que convierte esta representación a la forma en que el usuario desea interactuar, por ejemplo a una cadena de sonidos que forma una respuesta audible (voz).

CONSTITUYENTES DE LOS PROGRAMAS

Nos referiremos a la figura "Configuración del sistema de programas de una computadora de quinta generación". Los componentes o capas son :

Sistema de programas básicos

Es el núcleo del sistema de programas, y consiste de los subsistemas (de programas) de solución de problemas e inferencia, subsistema de manejo de la base de conocimientos y subsistema para la interfaz inteligente. Son los programas más cercanos al hardware de la computadora.

Sistema de utilerías inteligentes

Funciones que permiten un uso fácil del sistema total y lo hacen altamente confiable. Incluyen la portabilidad de programas y bases de datos que vienen de otras máquinas, guías y ayudas para el usuario, inspección automática y funciones de reparación para la detección de fallas y el mantenimiento de la electrónica.

Base de conocimientos básicos

Soporta la operación del sistema mismo. Contiene conocimiento universal (acumulado) válido y necesario para el usuario. Ayuda al entendimiento de los lenguajes naturales, y contiene el conocimiento relacionado con el sistema mismo y conoce las características, alcances y propiedades de las diferentes aplicaciones contenidas en el sistema.

Sistema básico de aplicaciones

Son las aplicaciones más comunes, y el sistema ya las traerá consigo. Entre otras están :

- * Sistema de traducción de un lenguaje a otro
- * Sistema para contestar preguntas
- * Sistema de entendimiento del lenguaje usado en un campo de aplicación. (Técnicismos, siglas, significados especializados, etc.)

- * Sistema aplicado de entendimiento de imágenes y fotografías.
- * Sistema aplicado para la solución de problemas.

Sistemas de aplicaciones

Son todas aquellas que el usuario desarrollará o adquirirá de proveedores de programas. No vendrán con el sistema básico. Entre otras están :

- * Sistema inteligente de diseño e ingeniería (circuitos eléctricos) ayudado por computadora.
- * Sistema inteligente de instrucción ayudada por computadora.
- * Sistema inteligente para la automatización de la oficina.
- * Robot inteligente.

ARQUITECTURA DEL HARDWARE

Los diferentes tipos de computadoras de la quinta generación (del pequeño al grande) tendrán tres clases de máquinas componentes, según la Figura "Arquitectura de una computadora de quinta generación".

Las máquinas de inferencia y solución de problemas estarán basadas en una máquina de programación lógica con un mecanismo de ejecución basado en flujo de datos.

Las máquinas que manejan las bases de conocimientos estarán basadas en una integración de una máquina para bases de datos relacionales y una máquina de álgebra relacional.

Las máquinas para interfaces inteligentes están basadas en procesadores VLSI de propósito especial para uso exclusivo en procesamiento de voz y de señales.

IV. METODOLOGIA Y METAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.

El Proyecto de la Quinta Generación de Sistemas de Cómputo comenzó en Abril de 1982, con tres etapas, cada una de tres años de duración aproximada.

Metas generales por etapa

- * La primera etapa tiene como meta general la construcción de una primera versión del lenguaje central de la quinta generación, así como una computadora personal lógica del tipo "estación de trabajo" llamada Sistema 5G.
- * La meta de la etapa intermedia es la construcción del prototipo inicial de una computadora;
- * La meta de la etapa final es la construcción de un prototipo terminado.

En la figura "Sistemas de investigación y desarrollo para la quinta generación de computadoras" podemos identificar siete grupos de proyectos de investigación. Dos de estos grupos son grupos de soporte, y los otros cinco identifican la estructura de los sistemas de cómputo.

TECNOLOGIA DE SISTEMATIZACION

Se relaciona con el desarrollo e integración de componentes de software y hardware. Contiene, por ahora, los siguientes temas de investigación :

- * Sistema de programación inteligentes. Desarrollo de un programa que toma y aplica algoritmos a partir de un banco de algoritmos, a partir de las necesidades del usuario, y sintetiza programas a partir de partes de los mismos.

Verificación de que el programa sintetizado cumple con los requisitos pedidos.

- * Sistema de diseño de base de conocimientos. Es un sistema que contiene de manera orgánica una base de conocimiento básico. La meta es manejar 20,000 reglas.
- * Tecnología de sistematización para arquitectura de computadoras. Técnicas de sistematización relacionadas con arquitectura, que permitan completar una computadora de la quinta generación. Desarrollo de técnicas para construir sistemas virtuales y reales, su optimización y balanceo de cargas, diseño y desarrollo de sistemas grandes, y técnicas para gran confiabilidad.
- * Sistemas de bases de datos centralizadas y distribuidas. Desarrollo de una base de datos para la quinta generación de computadoras; técnicas de integración y utilización de dos o más sistemas de bases de datos; integración de sistemas de bases de conocimientos.

TECNOLOGIA DE SOPORTE DEL DESARROLLO

La idea de este tema es investigar y soportar el desarrollo del hardware y del software, así como del sistema en su conjunto. La construcción, en una etapa temprana, de un sistema de diseño de circuitos VLSI ayudado por computadora; computadoras personales; redes de computadoras; sistemas para soportar el desarrollo de bases de software y de conocimientos.

TECNOLOGIA DE VLSI

El desarrollo de arquitecturas que hagan una utilización cabal de VLSI y procesamiento para los dispositivos y componentes de las

nuevas computadoras.

- * Arquitectura VLSI. Desarrollo de arquitecturas en VLSI caracterizadas por cerca de diez millones de transistores por pastilla.
- * Sistema inteligente de diseño de VLSI ayudado por computadora. Será capaz de almacenar habilidades y trucos de diseño que aumenten la efectividad del circuito. Con el sistema, un diseñador de aplicaciones deberá ser capaz de diseñar una máscara para VLSI con un millón de transistores por pastilla en un mes, y la pastilla misma debe estar disponible en tres meses.

ARQUITECTURAS AVANZADAS

Investigaciones encaminadas a permitir que las arquitecturas de la quinta generación satisfagan los requisitos de procesamiento de datos y de conocimientos.

- * Máquina de programación lógica. Estudio y desarrollo de las arquitecturas necesarias para soportar inferencias y un modelo computacional basado en lógica de predicados, con un poder de expresión que se aproxime a los lenguajes naturales. Para la máquina base, la meta es 0.1 mega ilps (instrucciones lógicas por segundo). Para la máquina personal de programación lógica, la meta es 0.1 a 1 mega ilps. Para la máquina de programación lógica en paralelo, la meta es de 50 a mil mega ilps.
- * Máquina funcional. Desarrollo de arquitecturas que soporten un modelo funcional y el lenguaje de programación adecuado para manipulación simbólica, ambos basados en la teoría. Hay aquí tres metas:

- * Máquina personal de Lisp. Dos a tres veces el desempeño de una computadora de propósitos generales (4 MIPS), en su capacidad de procesamiento de listas.
- * Máquina de reducción en paralelo. Diez veces la capacidad de una computadora de propósitos generales, en cuanto al procesamiento de listas.
- * Máquina de flujo de datos para funciones. De varios cientos a varios miles de veces la velocidad de una computadora de propósitos generales.
- * Máquina de álgebra relacional. Investigación para desarrollar arquitecturas que manejen, por ejemplo, operaciones sobre conjuntos, o información no cuantificable, usando álgebra relacional como el lenguaje de interfaz.
- * Máquina para tipos de datos abstractos. Con el objeto de modularizar el software del futuro, vasto y complejo. La meta es desarrollar una máquina que soporte cerca de mil tipos de datos abstractos en paralelo, del tipo no-de-Von Neumann.
- * Máquina de flujo de datos. Arquitecturas basadas en el modelo de flujo de datos, orientadas hacia procesamiento en paralelo y capaces de obtener procesamiento sofisticado en paralelo. La meta final es una máquina de flujo de datos conteniendo entre mil y diez mil procesadores, con una memoria de 1 a 10 Gigabytes y una velocidad de 1 a 10 billones de instrucciones por segundo. También se desarrollarán máquinas personales de flujo de datos con 32 procesadores, 10 Mbytes y 10 MIPS.
- * Máquina de Von Neumann con innovaciones. Desarrollo de una arquitectura convencional que retenga las ventajas originales, pero con VLSI sofisticado.

ARQUITECTURA PARA FUNCIONES DISTRIBUIDAS

Estas investigaciones abarcan un desarrollo que combina arquitecturas clásicas de VLSI con otras más avanzadas. Los temas son:

- * Arquitecturas distribuidas. Arquitectura que asegure alta eficiencia y confiabilidad, facilidad en el uso y construcción, adaptabilidad fácil a mejoras tecnológicas y a los diferentes niveles de sistema y máquina, así como funciones sofisticadas.
- * Arquitectura de redes. Acoplamiento débil entre sistemas de cómputo geográficamente dispersos. Desarrollo de las técnicas para combinar sistemas con una red global y construir un sistema de información distribuida basado en la red local de alta velocidad disponible a la computadora de quinta generación.
- * Máquina para base de datos. Desarrollo de una máquina de propósito especial con una arquitectura capaz de procesar bases de datos y de obtener accesos a alta velocidad a bases de datos de gran capacidad. La meta es una máquina con una capacidad de mil Gigabytes, 10,000 transacciones/seg y del tipo relacional.
- * Máquina de procesamiento numérico de alta velocidad. Máquina de propósitos generales para cómputo científico y técnico de alta velocidad, con la finalidad de, por ejemplo, reemplazar experimentos a través de la simulación numérica. La meta es desarrollar elementos de 40 a 100 Mflops, y la capacidad de operar mil de esos procesos en paralelo.
- * Sistema de comunicación hombre-máquina de alto nivel. Capaz de entrada y salida de caracteres, voz, fotografías, imágenes, diagramas, mapas, movimiento. Capaz de interactuar

inteligentemente con el usuario. Metas: en caracteres, capacidad de desplegar de tres a cuatro mil caracteres (incluyendo caracteres chinos) en cuatro o cinco tipos diferentes. Capacidad de entrada de caracteres chinos, junto con entrada de voz. Para imágenes, entrada de imágenes de 10,000 por 10,000 pixels. Para entrada y salida de voz: capacidad de entender mil palabras; comprensión parcial del lenguaje natural.

SISTEMAS DE SOFTWARE BASICO

Este es el núcleo de los sistemas de cómputo de la quinta generación. Estos módulos corresponden a las funciones básicas del procesamiento de la información. Los temas son :

- * Sistema de manejo de bases de conocimientos. Capaces de usar el conocimiento almacenado, para resolver efectivamente problemas. Capacidad de deducción e inferencia. Metas : Almacenamiento y manejo de 20,000 reglas y cien millones de objetos-dato (100 Gigabytes).
- * Sistema de solución de problemas e inferencias. Este será el núcleo de las funciones de procesamiento en las computadoras de la quinta generación. Meta: Entre cien y mil mega ilps.
- * Sistema de interfaz inteligente : Voz y lenguaje natural Desarrollo de una técnica para funciones conversacionales flexibles y para eliminación de la brecha de lenguaje (incluyendo lenguajes naturales, voz e imágenes) entre el usuario y su computadora. Metas :
- * Una técnica de comunicación hombre-máquina basado en lenguaje natural o datos de voz, que provee una interfaz inteligente.

- * El sistema de lenguaje natural y voz tendrá un vocabulario que cubrirá la terminología tecnológica, la de computadoras, y la de una determinada rama de la ciencia. También incluirá términos especializados y otros de uso frecuente. El sistema debe adaptarse a los interlocutores y comunicarse con usuarios desconocidos. El sistema debe generar salida en forma de voz en japonés e inglés. El sistema debe identificar las señales de voz casi en tiempo real.

* Sistema de interfaz inteligente: imágenes y fotografías.

Desarrollo de procesadores de imágenes, de técnicas de construcción y generación de imágenes. Las metas son :

- * Desarrollo de programas y electrónica que permitan una interacción fluida entre el usuario y su máquina, a través del medio pictórico y de fotos.
- * Las imágenes a manejarse tendrán una complejidad de dibujos pequeños hechos en el graficador mecánico, y de fotografías para usos médicos.
- * Procesamiento de imágenes de alta velocidad, para permitir una interacción fluida.

SISTEMAS PARA APLICACIONES BASICAS

Estos sistemas desarrollarán funciones como oír, hablar, ver, dibujar, pensar, y resolver problemas. Los temas a investigar y desarrollar son :

- * Sistema de traducción mecánica de un lenguaje a otro.
Usarán técnicas de inteligencia artificial. Metas : Manejar cien mil palabras; precisión del 90 por ciento. Costos de traducción de 30% o menos que en forma manual.

- * Sistema de preguntas/respuestas. Para varios campos especializados, incluyendo los sistemas inteligentes de diseño e ingeniería asistidos por computadora, sistemas para soporte de decisiones, y robots inteligentes. Metas : cinco mil palabras, diez mil reglas de inferencia.

- * Sistema para entender conversaciones sobre una aplicación.
Identificación de interlocutores. Sistema de propósito general para responder voz, a ser usado como entrada y salida en la traducción de lenguajes por computadora. Máquina de escribir fonética (se le dicta en vez de usar el teclado). Sistema de preguntas por teléfono. Las metas son las siguientes:
 - * Máquina de escribir fonética: Manejar diez mil palabras, simultáneamente con análisis del significado. Corrección automática de errores durante el reconocimiento de voz. Generación de oraciones globalmente comprensibles.

 - * Sistema para responder voz: Manejar 10,000 palabras, entender el significado de las preguntas a contestar, y desarrollo de una estructura sofisticada para permitir conversación natural.

 - * Sistema de identificación de interlocutores (usuarios):
Identificación de varios cientos de usuarios en un intervalo razonable de tiempo.

- * Sistema de entendimiento fotografías referentes a alguna aplicación. Entrada, manejo, almacenamiento y despliegue de estas imágenes, junto con el entendimiento de ellas.

- * Sistema de resolución de problemas sobre cierta aplicación. Desarrollo de un sistema que entiende fórmulas, y que genera una "respuesta" cuando se le somete como entrada un "problema", de esta forma resolviendo problemas generales avanzados.

V. AVANCES A LA FECHA

En la actualidad (1985) podemos citar varias áreas de la computación que están teniendo [Uchida] avances significativos:

- * Tecnología VLSI. Incluye nuevos dispositivos que usan Arseniuro de Galio y Juntas Josephson. Incluye sistemas de diseño de VLSI ayudados por computadora, así como métodos nuevos para diseño semiautomático de circuitos lógicos.
- * Arquitecturas de computadoras. Máquinas heterárquicas [Norkin y Guzmán] y de flujo de datos [IEEE]; redes de computadoras; computación distribuida; arquitecturas paralelas que proporcionan altas velocidades de cómputo numérico; arquitecturas VLSI que usan totalmente el potencial de esta tecnología.
- * Programación automática. Ingeniería de software. Nuevos lenguajes y modelos computacionales. Generadores de programas, de reportes, de aplicaciones; captadores de datos [Guzmán], transformadores de archivos. Ambientes de programación tales como los existentes en UNIX.
- * Inteligencia Artificial. Metodologías para expresar "conocimientos", almacenarlos e inferirlos a partir de conocimientos ya almacenados, como ocurre en los sistemas expertos [Chapa; Marik] actuales. Entradas y salidas ergonómicas, tales como lenguaje natural y procesamiento de imágenes [Bribiesca y Guzmán].

OTROS PROYECTOS DE LA QUINTA GENERACION.

Una vez montado el proyecto japonés de la quinta generación, otros países, notablemente los Estados Unidos de Norteamérica y Gran Bretaña, iniciaron proyectos similares, aunque probablemente menos ambiciosos.

Después de un par de años de trabajo en estos proyectos, este capítulo analiza los avances a la fecha, y señala dos enfoques o acercamientos hacia el diseño de los sistemas de quinta generación. Estos enfoques parecen empezar a perfilarse, y serán expuestos a continuación.

Computadora lógica de procesamiento en paralelo.

Como ya se vió anteriormente, son necesarios tres items claves para el desarrollo de una computadora lógica capaz de procesar en paralelo a alta velocidad:

- * Un lenguaje lógico de programación en paralelo;
- * Una arquitectura de computadora que procese lógica en forma paralela;
- * Una máquina capaz de efectuar manipulación de símbolos.

Estas tres áreas [Treleaven] están en la actualidad desarrollándose como sigue:

- * Como lenguaje de programación tenemos a Prolog [Kowalski].
- * Como arquitectura de cómputo tenemos :
 - * El intérprete de Prolog de Edinburgo [Warren], escrito en lenguaje ensamblador para una PDP 10, y
 - * SIM, la máquina de inferencia secuencial [Uchida , Uchida et.al,] basada en el intérprete de Prolog anterior, y que actualmente está siendo desarrollada por el proyecto

japonés. Esta máquina es una computadora personal diseñada para soportar una versión extendida de PROLOG. SIM consta de tres módulos de hardware: un módulo procesador, otro de memoria, y otro más de entrada y salida. El procesador es microprogramable y contiene hardware para soportar unificación y resolución lógica. La memoria es con palabras etiquetadas. Se espera que SIM alcance 20-30 k ilps. Esta máquina de PROLOG es a la programación lógica lo que las máquinas de LISP son para la programación funcional.

El enfoque de programación lógica se basa en las siguientes su posiciones:

- * Los sistemas expertos basados en conocimientos serán una importante área de aplicación en los años noventas.
- * La programación lógica es el lenguaje de máquina más efectivo para los sistemas expertos.
- * El procesamiento en paralelo de alta velocidad es esencial para procesar conocimientos; y
- * La computación de la quinta generación será diferente (no traslapará) a la computación convencional.

Enfoque de flujo de control.

Aquí los grupos de investigación se han dedicado al diseño de arquitecturas para procesamiento descentralizado, extendiendo la arquitectura tradicional de Von Neumann. Esto está basado en los siguientes principios:

- * Organización anidada de celdas de memoria de tamaño variable.
- * Espacio de direccionamiento de celdas basado en contexto.

- * Control de computación en paralelo y descentralizado.
- * El sistema de cómputo es una red de computadoras.

Los trabajos a mencionar son :

- * La proposición para la Máquina Recursiva [Wilner], donde la información se representa en cadenas anidadas de longitud variable. El direccionamiento se basa en un espacio contextual de direcciones.
- * La Conexión de Newcastle [Brownbridge] para conectar entre sí varios sistemas UNIX permite ensayar diferentes esquemas de computación distribuida.

Resumiendo, este enfoque está basado en las suposiciones siguientes :

- * La comunicación y cooperación entre procesadores heterogéneos será una tarea de las más importantes en los años noventa;
- * La estructuración recursiva de los sistemas de cómputo es esencial para procesamiento descentralizado;
- * El flujo de control es una forma muy primitiva y general de computación;
- * Las computadoras de la quinta generación volverán de las computadoras actuales.

ALGUNOS DESARROLLOS EN MEXICO EN ESTE SENTIDO

Aunque en México no se está desarrollando ningún proyecto "formal" de diseño de sistemas de quinta generación, es conveniente

mencionar algunos proyectos de investigación cuyos resultados pudie-
ren influir o ser usados en un sistema de quinta generación. Simi-
larmente, en Latinoamérica, notablemente en Brasil, existen proyec-
tos análogos.

Visión : Números de Forma. Un avance importante en Reconoci-
miento de Formas es una teoría y los algoritmos correspondientes
[Bribiesca y Guzmán; Bribiesca] para medir el grado de similitud o
parecido entre dos formas bidimensionales (siluetas, sombras) o de
dimensiones superiores. Esta técnica está basada en asociar a cada
forma un número, llamado número de forma, obtenido de tal suerte
que este número es independiente del tamaño, rotación y posición de
la imagen, por lo que este número de hecho representa la forma de
la misma. A partir del número de forma las imágenes pueden ser re-
construidas, con una precisión determinada por el orden del número
de forma. Pero, lo que es más importante, los números de formas
permiten una comparación cuantitativa entre dos formas, midiéndose
así su grado de parecido.

Hardware de flujo de datos: Máquina AHR. En el Instituto de
Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Uni-
versidad Nacional Autónoma de México, se diseñó, simuló y construyó
un multi-microprocesador que maneja LISP como lenguaje principal, y
permite la ejecución en paralelo de un solo programa [Guzmán], me-
diante la descomposición automática de éste en una pluralidad de
subprogramas, cada uno de los cuales es ejecutado por un microproce-
sador (que en el caso de la máquina AHR eran microprocesadores Z80).
El programador escribe sus programas en LISP puro (un lenguaje apli-
cativo), y no especifica que partes de su programa se van a ejecutar
en cuales microprocesadores. El programador usuario no necesita sa-
ber cuantos microprocesadores contiene la máquina AHR en determinado
momento.

La máquina AHR estuvo operacional a fines de 1981. Posterior-
mente, en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV)
del Instituto Politécnico Nacional, donde el autor se encuentra

actualmente, se está llevando a cabo la construcción de un segundo prototipo de la máquina AMR, con la diferencia fuerte de que el nuevo modelo será distribuido: las microcomputadoras (que ahora serán de 16 bits) estarán dispersas en un edificio, conectadas entre sí por vías de alta velocidad.

Programación : Consultador de archivos. En la Sección de Computación del CINVESTAV se han desarrollado herramientas que ayudan a aumentar la productividad de un programador. Ellas son [Guzmán] las siguientes:

- * Un consultador de archivos, que permite contestar preguntas arbitrarias a archivos generales, ya existentes (con anterioridad a la introducción de la herramienta) o nuevos, de formato bastante arbitrario;
- * Un captador de pantallas;
- * Un generador de reportes de salida;
- * Un transformador de archivos.

Basadas en las herramientas anteriores, uno de nuestros alumnos de doctorado, Sergio Chapa [Chapa] está desarrollando un compilador de flujogramas, que le permitirá generar código objeto (para aplicaciones administrativas) a partir del diagrama gráfico (flujograma) que describe un proceso cuya automatización se desea.

Otra herramienta próxima a desarrollarse es un documentador, que tratará de generar la documentación de un programa a partir, ya bien sea del programa fuente, ya bien sea de las especificaciones formales de tal programa.

Estas herramientas forman parte de los campos de "Tecnología de Software" o "Programación automática".

VI. CONCLUSIONES

El tamaño y alcances de este Proyecto aseguran que, aún si los estimados y metas iniciales no se alcanzan, se podrán identificar claramente los sistemas de cómputo de quinta generación. Estos tendrán un impacto notable sobre la manera que el ser humano utiliza sus recursos de procesamiento de datos, y sobre la forma de interactuar con los mismos.

El proyecto japonés también invita a otras naciones a participar y compartir los resultados de la investigación y desarrollo de este proyecto; por esto mismo, se espera que esta colaboración internacional promueva avances adicionales en la tecnología de la información.

Se espera también que este proyecto tan estimulante generará numerosos productos y resultados laterales de alta innovación.

Para los países que no estén involucrados directamente en estos proyectos, pero que sigan con atención su desarrollo y resultados, habrá el beneficio de saber que productos y lenguajes vienen, como y cuando vienen, y estar preparados para recibirlos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Las publicaciones del Depto. de Ing. Eléctrica del CINVESTAV-IPN pueden obtenerse escribiendo a: Ofna. de Publicaciones Técnicas, CINVESTAV-IPN/Ing. Eléctrica, Apdo. 14-740, 07000 México, D. F.
- Bribiesca, E. Arithmetic operations among shapes using shape numbers. Pattern Recognition 13, 2, 123-137. 1981.
- Bribiesca, E., and Guzmán, A. How to describe pure form and how to measure differences in shapes using shape numbers. Pattern Recognition 12, 2, 1980. 101-112.
- Brownbridge, D., et.al. The Newcastle connection or UNIXes of the world unite! Software-Practice and experience. Vol 12. Dec. 1982.
- Chapa, Sergio. Arquitectura de sistemas expertos. Informe Técnico AM 14, Depto. Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN. México 1984.
- Chapa, Sergio. Herramientas para consulta y captura basadas en el descriptor de archivos. Informe técnico AM 15, Depto. Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN. México 1985.
- Guzmán, A., Lyons, L., et.al. La computadora AHR: construcción de un procesador con Lisp como lenguaje principal. Comunicación Técnica AHR-80-10, IIMAS-Univ. Nal. Autónoma de Mexico, 1980.
- Guzmán, Adolfo. The file descriptor: use of a descriptive tool to retrieve general queries to files. Proceedings of the Third International ACM Conference on Systems Documentation. SYSDOC 84. Mexico City. May 1984.
- Guzmán, Adolfo. Applied artificial intelligence: an emerging technology of widespread use. Technical Report AM 2 (AHR-83-27), Electr. Eng. Dept., CINVESTAV-IPN. Mexico. 1984.
- Guzmán, Adolfo. The file descriptor: use of a descriptive tool to retrieve general queries to files. Technical Report AM 16, Dept. of Elect. Eng., CINVESTAV-IPN. Mexico 1984.
- IEEE. Special issue on data flow systems. IEEE Computer, 15, 2, Feb82.
- Kowalski, R. Logic for Problem Solving. Elsevier-North Holland. 1979.
- Marik, V., Zdrahal, Z., and Raymundo, A. An skeleton for expert systems: MEXEXP 1.0. Technical Report AM 11 (Report AHR-84-29), Electr. Eng. Dept., CINVESTAV-IPN. México 1984.
- Moto-Oka, T. (ed). Fifth Generation Computer Systems. North Holland 1982.

- Norkin, K., and Guzmán, A. The design and construction of a parallel heterarchical machine: final report of the AHR project. Technical report AHR-82-21, AHR Laboratory, IIMAS, National Univ. of Mex. 1982
- Saldaña, Héctor. Un sistema gráfico interactivo basado en lenguajes de alto nivel. Informe técnico AM 12, Depto. Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN. México 1984.
- Saldaña, Héctor. Un preprocesador de Fortran para el manejo de memoria virtual. Informe técnico AM 13, Depto. Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN. México 1984.
- Saldaña, Héctor. Sistema de búsqueda selectiva usando lenguaje natural restringido. Informe técnico AM 17, Depto. Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN. México 1984.
- Treleaven, P. C., and Lima, I. G. Japan's fifth generation computer systems. IEEE Computer 15, 8, Aug. 1982. 79-88.
- Uchida, S. Towards a new generation computer architecture. Tech. Rep. TR/A-001, Institute for New Generation Computer Technology. Jul 82.
- Uchida, S., et al. The personal sequential inference machine. Tech. Report TM-002, Institute for New Gen. Computer Technology. Nov 82.
- Warren, D. H. Logic programming and compiler writing. Dept. of Artificial Intelligence, Univ. of Edinburgh, Research Report. No. 44. Sept. 1977.
- Wilner, W. T. Recursive machines. Xerox Palo Alto Research Center. Internal Report. 1980.

TABLA 1. DE LA PRIMERA A LA CUARTA GENERACION DE COMPUTADORES.

CLASIF. GENERAL	EJEMPLOS	TECNOLOGIAS	MEMORIA PRINCIPAL	ENTRADA/SALIDA	VELOCIDAD DE:		OPERATIVO SISTEMA	ADELANTOS EN:	
					PROCESADOR (C.P.U.)	MEMORIA		ELECTRONICA (HARDWARE)	PROGRAMACION (SOFTWARE)
1ª	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 303 • ENIAC 	<ul style="list-style-type: none"> • BULBOS • RELES 	<ul style="list-style-type: none"> • 16 KBY • MAGNETICOS • INCLTOS 	<ul style="list-style-type: none"> • TAMBORES MAGNETICOS • TARJETAS DE PAPER • CINTA DE PAPER 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 MFLPS • 0.01 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 ms. 	<ul style="list-style-type: none"> • NO 	<ul style="list-style-type: none"> • LECTORES DE TARJETAS • PROGRAMAS • CONTADORES DE DE VOT MEMORIAS • ABRONTECTURA 	<ul style="list-style-type: none"> • FORTRAN, COBOL • SUBRUTINAS • VIRGENANDO • PROGRAMAS
2ª	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 303 • IBM 303 • IBM 303 	<ul style="list-style-type: none"> • TRANSISTORES 	<ul style="list-style-type: none"> • 64 KBY • MAGNETICOS • INCLTOS 	<ul style="list-style-type: none"> • CINTA MAGNETICA 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 MFLPS • 0.1 	<ul style="list-style-type: none"> • 1ms. 	<ul style="list-style-type: none"> • MONITOR 	<ul style="list-style-type: none"> • CAMERAS DE EYES • PROCESADOR DE INSTRUCCIONES 	<ul style="list-style-type: none"> • VIOL
3ª	<ul style="list-style-type: none"> • VAXTE • IBM 330 • DEC PDP11 	<ul style="list-style-type: none"> • INTEGRADOS • CIRCUITOS 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 MBY • CMOS 	<ul style="list-style-type: none"> • ESTACIONES DE TRABAJO • DISCO • COMPUTADORAS PERSONALES • TERMINALES • MOBIT • CABEZA DE DISCO 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 MFLPS 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.3 ms 	<ul style="list-style-type: none"> • REDES • CION • TIPOGRAMA • PARTIDO • TIEMPO COM- 	<ul style="list-style-type: none"> • PUNTO FLOTANTE • PROCESADOR DE ACCELERADOR (CO- • MEMORIA VIRTUAL 	<ul style="list-style-type: none"> • SIMULA • CIRCUITOS • LENGUAJES COM- • BASES DE DATOS
4ª		<ul style="list-style-type: none"> • DATOS • BASES DE DATOS • MONITORES • MULTICA- 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 MBY • CMOS 	<ul style="list-style-type: none"> • DISCO • RAM • MINICOMPUTER • DISCO 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 MFLPS 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 ns 	<ul style="list-style-type: none"> • REDES • CION • TIPOGRAMA • PARTIDO • TIEMPO COM- 	<ul style="list-style-type: none"> • MEMORIA • CACHE 	<ul style="list-style-type: none"> • DISTIBUIDOS • BASES DE DATOS
5ª		<ul style="list-style-type: none"> • DATOS • BASES DE DATOS • MONITORES • MULTICA- 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 MBY • CMOS 	<ul style="list-style-type: none"> • DISCO • RAM • MINICOMPUTER • DISCO 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 MFLPS 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 ns 	<ul style="list-style-type: none"> • REDES • CION • TIPOGRAMA • PARTIDO • TIEMPO COM- 	<ul style="list-style-type: none"> • MEMORIA • CACHE 	<ul style="list-style-type: none"> • DISTIBUIDOS • BASES DE DATOS

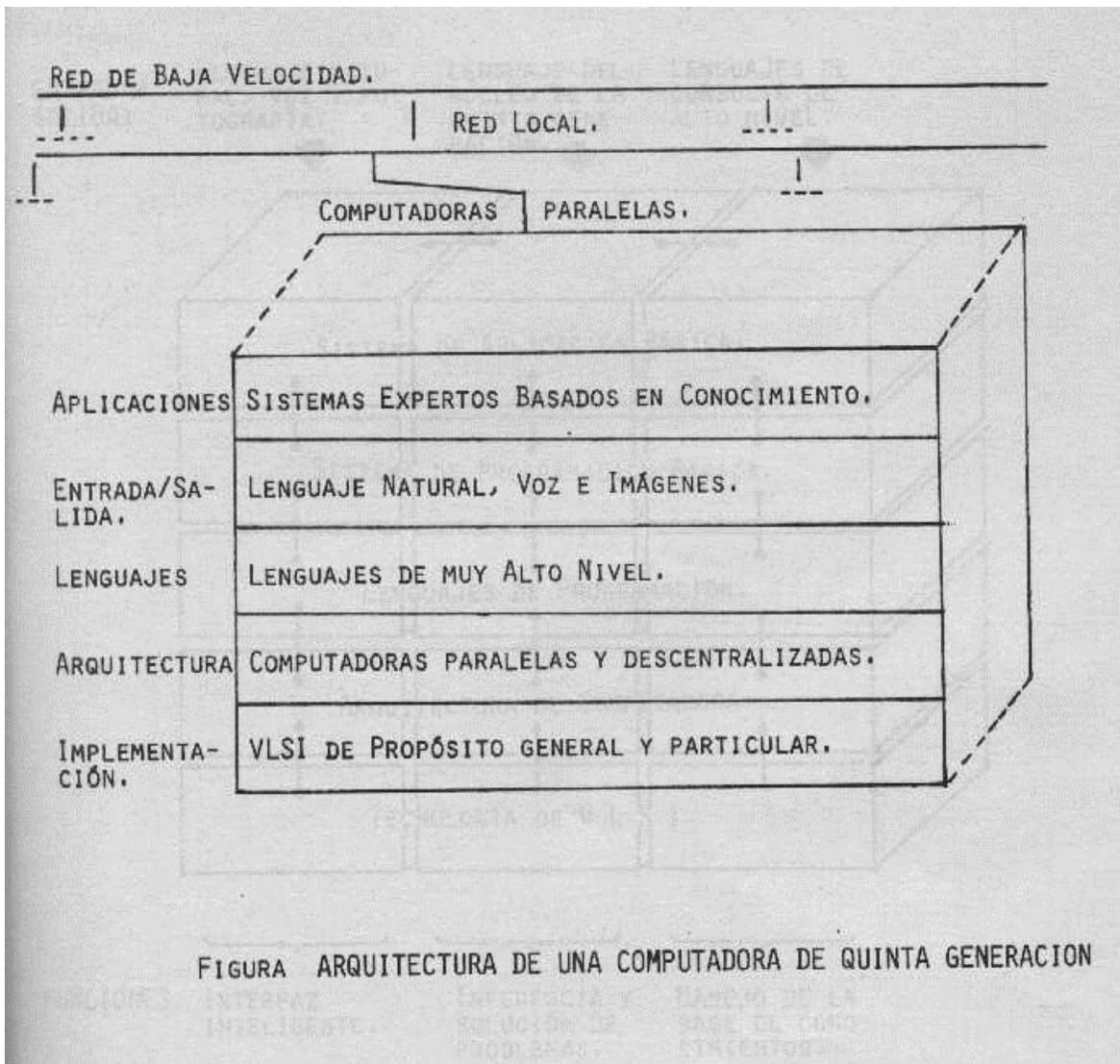


FIGURA ARQUITECTURA DE UNA COMPUTADORA DE QUINTA GENERACION

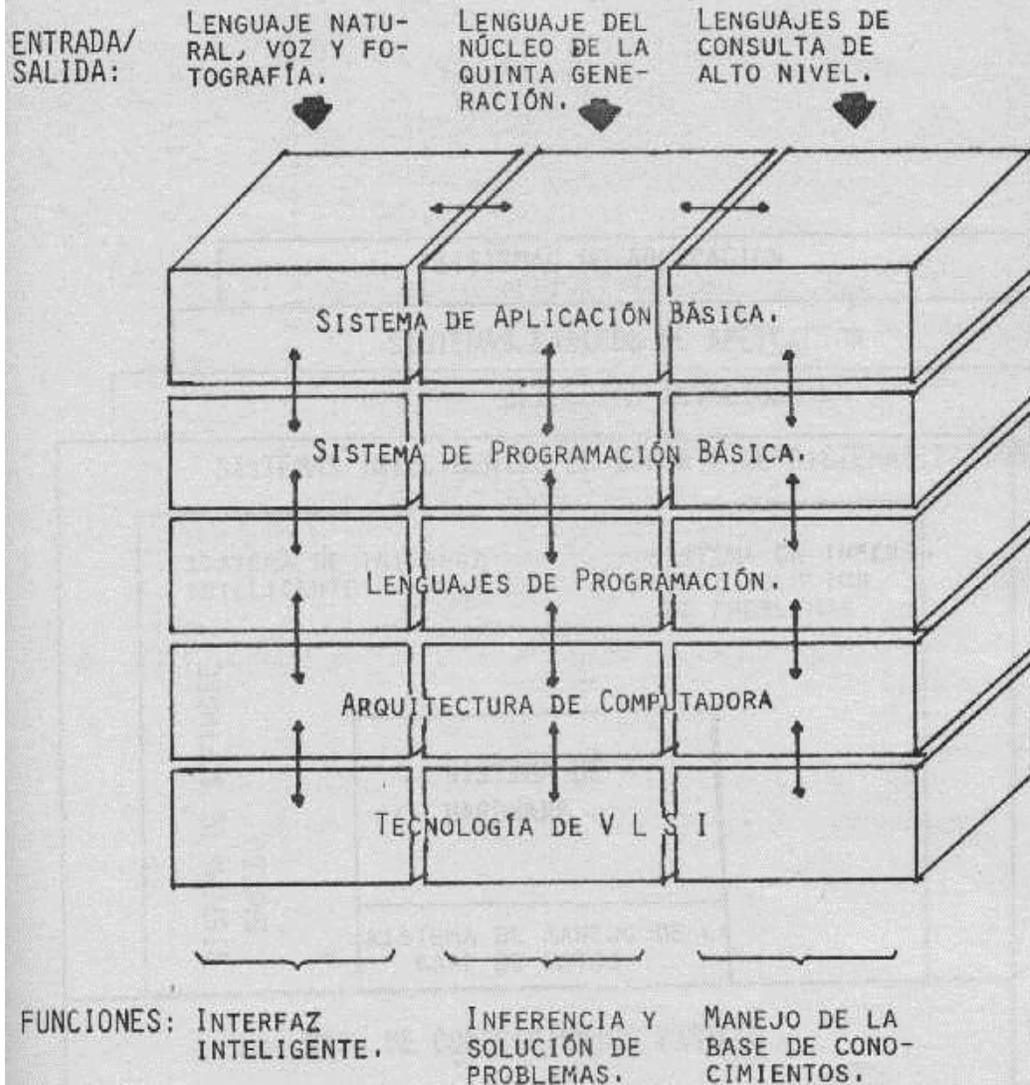


FIGURA: "SISTEMA DE COMPUTO DE LA QUINTA GENERACION"

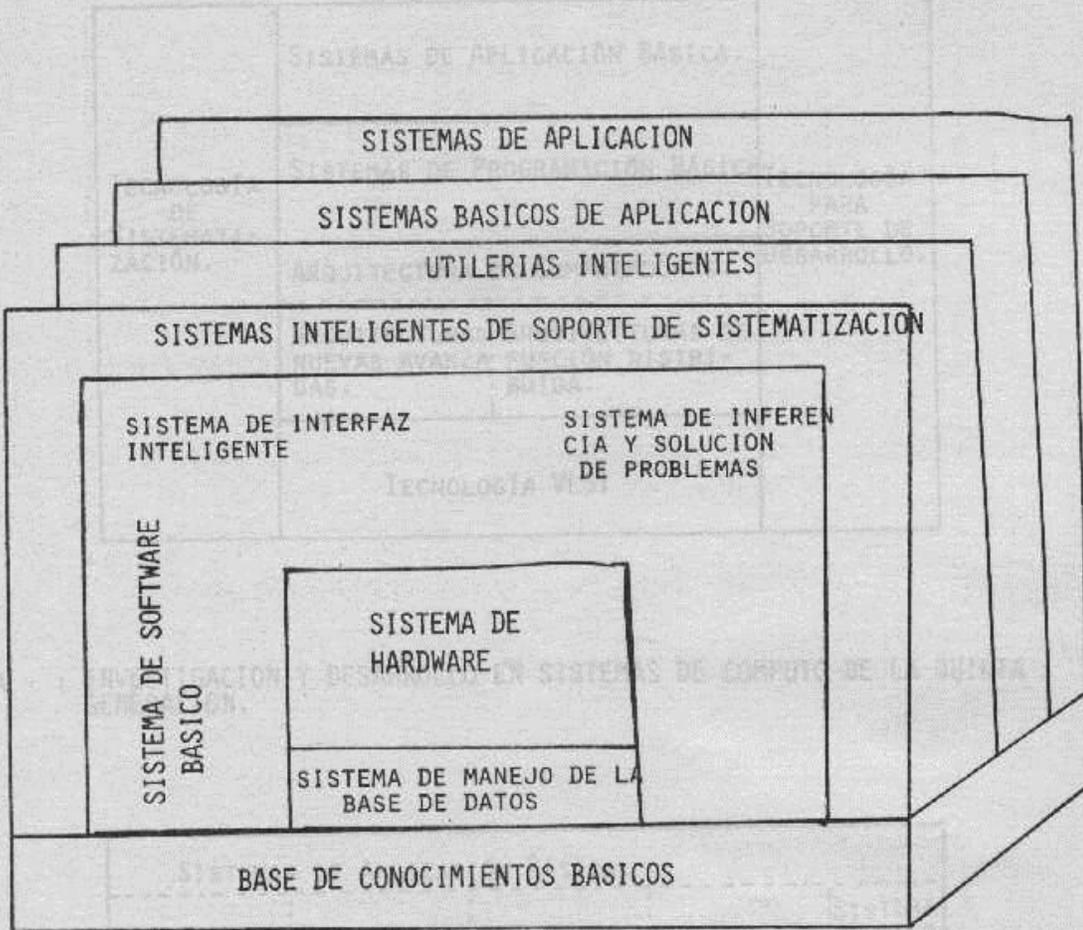


FIGURA "CONFIGURACION DEL SISTEMA DE PROGRAMAS DE UNA COMPUTADORA DE QUINTA GENERACION"

FIGURA: "PROYECTOS DE SISTEMAS BASICOS APLICADOS"



FIGURA : INVESTIGACION Y DESARROLLO EN SISTEMAS DE COMPUTO DE LA QUINTA GENERACION.

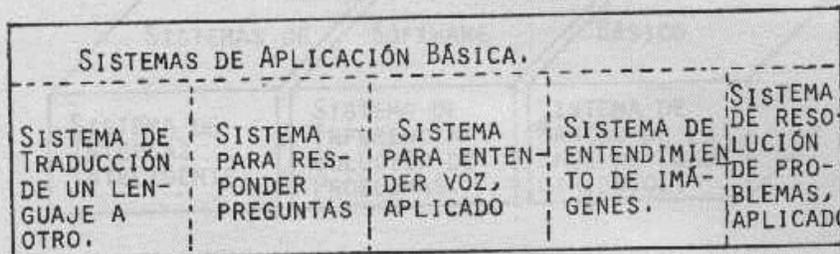


FIGURA: "PROYECTOS DE SISTEMAS BASICOS APLICADOS"

FE DE ERRATAS.

Pág. 29. Bajo el artículo de Treleaven, P. G., and Lima, I. G., faltó agregar este otro:

(mismos autores): Future Computers: Logic, Data Flow, ..., Control Flow?
IEEE COMPUTER 17, 3, 47-57. March 1984.

Páginas 30 y siguientes. Varias de las gráficas y dibujos fueron tomados de los dos artículos de los autores arriba citados.

NOTA: Este informe técnico AM 28 contiene las notas de mi plática presentada en la XI Conferencia Latinoamericana de Informática. Porto Alegre, Brasil, Julio 1985. Posteriormente fué editada y ampliada, con correcciones y modificaciones substanciales; desafortunadamente, la nueva copia se perdió a consecuencias del terremoto que sufrió la Ciudad de México en septiembre 1985, y solo se conservó la copia inicial.

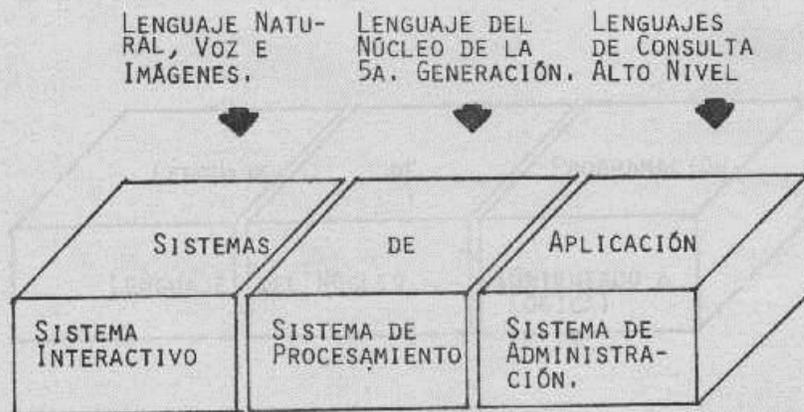


FIGURA: "ESTRUCTURA DE SISTEMAS DE APLICACION"



FIGURA: "ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE SOFTWARE BASICOS"

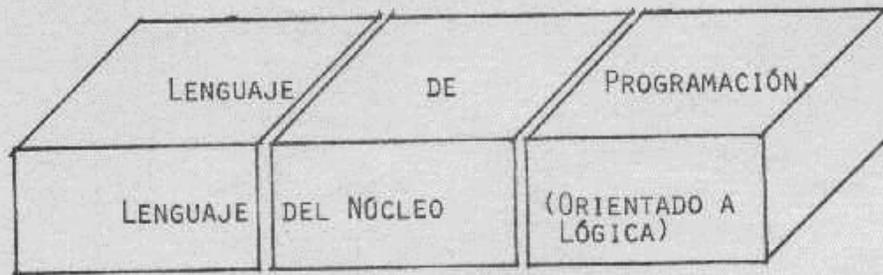


FIGURA: "ESTRUCTURA DEL LENGUAJE DE PROGRAMACION"

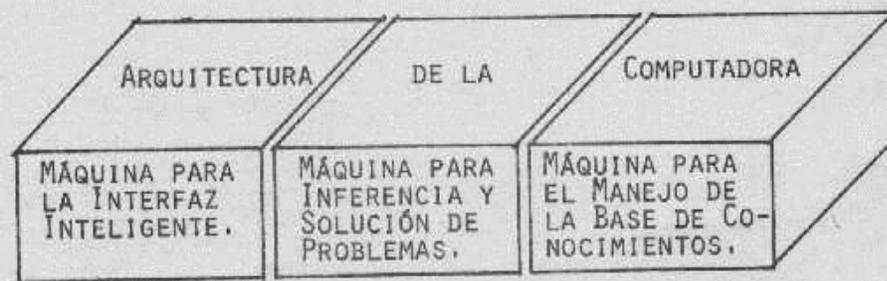


FIGURA: "ARQUITECTURA DE LA COMPUTADORA"