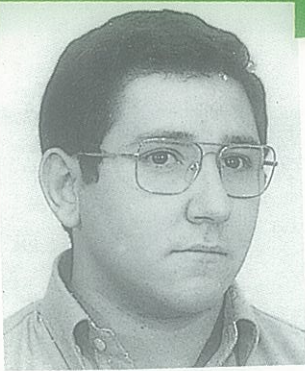




José Luis OCAÑA MORENO es doctor ingeniero industrial por la ETSII de Madrid. Es profesor titular de Ingeniería Nuclear (desde 1984) en esta Escuela, donde comenzó su actividad docente e investigadora en 1979. Investigador adscrito al Instituto de Fusión Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid desde su constitución, su principal área de trabajo ha sido la simulación por computador de procesos físicos en Fusión por Confinamiento Inercial (láseres o haces de iones), siendo el responsable del área experimental (en conexión con otros laboratorios extranjeros) en el mismo. Son áreas concretas en las que ha investigado el análisis del transporte de energía por partículas y radiación en dichos sistemas y el estudio de procesos nucleares en los mismos, y son materias de su especialidad docente la Física Nuclear, la Fusión Nuclear y la Teoría del Transporte de Partículas y su aplicación al cálculo de reactores nucleares mediante computador.

UN BREVE ANALISIS

LOS SUPERCOMPUTADORES EN LA INVESTIGACION Y EN LA INDUSTRIA

J. L. OCAÑA MORENO

Prescindiendo, por razón de brevedad, de un análisis sistemático de las capacidades de los supercomputadores hoy día existentes en el mercado, se pretende en este artículo ofrecer sólo una perspectiva muy general sobre las potenciales aplicaciones de dichas capacidades en su conjunto a la investigación y la industria, esbozando, al mismo tiempo, algunos criterios sobre la plausibilidad y limitaciones de dicha incorporación, todo ello con el ánimo de proporcionar una visión orientativa a directivos y técnicos con interés en el tema desde el punto de vista del usuario de computadores para el cálculo científico, a la vez apasionado por las enormes posibilidades ofrecidas por tales sistemas y preocupado por una apropiada selección del sistema óptimo para sus aplicaciones concretas.

INTRODUCCION

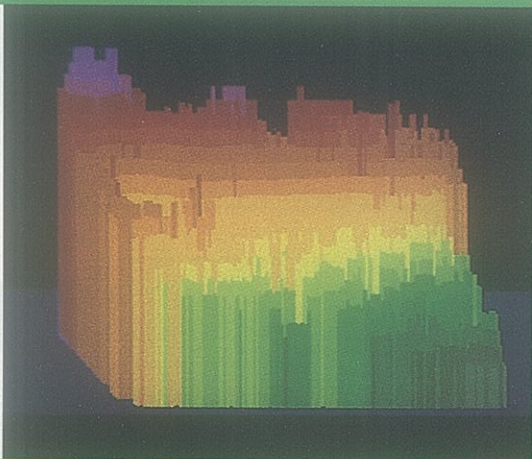
Una definición comúnmente utilizada por los fabricantes de supercomputadores presenta a estas máquinas como

las de mayor potencia de cálculo disponibles en cualquier tiempo, entendiéndose por potencia de cálculo la resultante de la combinación de tres factores básicos como son velocidad de procesamiento (número de operaciones realizables por unidad de tiempo), capacidad de memoria y precisión (número máximo de cifras significativas en cada variable).

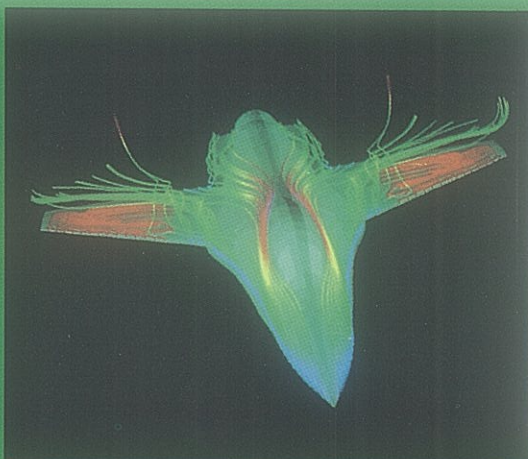
Aunque tal definición es, en efecto, de un carácter altamente relativo, resulta, no obstante, apropiada si con la palabra supercomputador se trata de designar aquel tipo de instrumentos de cálculo de capacidad notablemente superior a la hasta un momento dado en uso y cuya utilización empieza a generalizarse por este motivo.

De acuerdo con esto, en el mundo siempre en evolución del diseño, construcción y utilización de nuevos computadores, las máquinas que en nuestros días han de recibir la citada denominación son aquellas basadas en arquitecturas de tipo avanzado con procesadores vectoriales o paralelos de alta eficacia que además incorporan las últimas mejoras resultantes de la inves-

Representación tridimensional de datos sísmicos



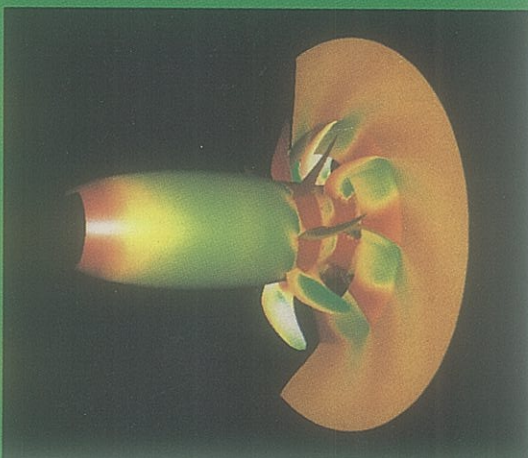
Líneas de flujo en una configuración de F-16 modificada



Mapa de contorno de la carga electrónica alrededor de átomos en un superconductor



Alabe. (Fotos cortesía de Cray Research)



tigación en los campos de los semiconductores, sus integrantes básicos, y de la integración de circuitos a gran escala, siendo, no obstante, esta catalogación esencialmente cambiante con la aparición de nuevos avances en el tema. Las máquinas actualmente en el mercado fabricadas por las firmas CRAY, ETA, NEC, IBM, FUJITSU, HITACHI, CONVEX y otras con tal tipo de características son, por tanto, los supercomputadores a considerar en el momento presente.

Sin embargo, además de la citada definición, la catalogación como superordenadores de las máquinas del tipo citado no habría sido adecuada si en todo ello no hubiera existido un elemento de carácter más absoluto que la simple comparación cuantitativa de prestaciones con relación a las máquinas precedentes.

En efecto, las mejoras aportadas por los computadores de la última generación (nuestros supercomputadores) sobre los grandes computadores utilizados para el cálculo científico y de ingeniería durante los veinte años precedentes no suponen solamente una mejora puramente cuantitativa sobre las ya considerables prestaciones de aquéllos, sino, más bien, un salto

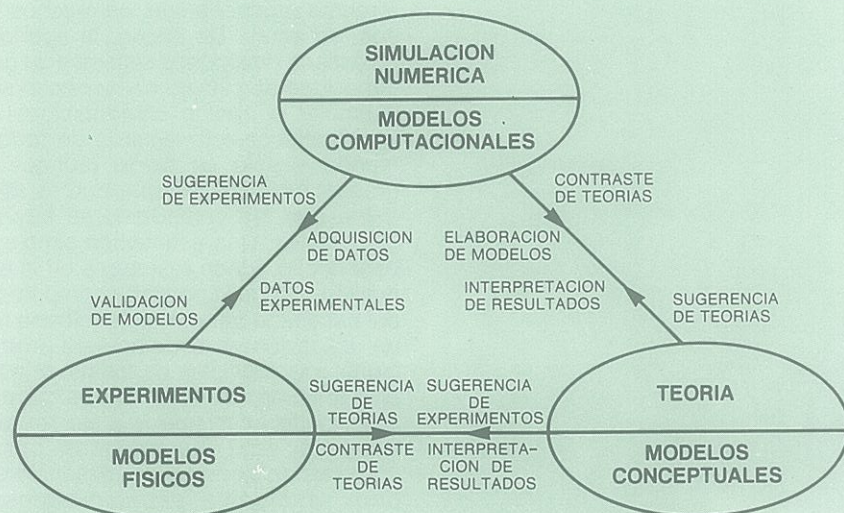
cualitativamente importante que ha abierto nuevas e impresionantes perspectivas para el devenir del cálculo científico y su aplicación al modelado y diseño de procesos y experimentos físicos. Así, por ejemplo, el computador CRAY II, construido quince años más tarde que el CDC 7600, uno de los primeros prototipos de computador con arquitectura avanzada, presenta una capacidad de almacenamiento en memoria 512 veces mayor que éste (256 millones de palabras de 64 bits) y una velocidad media de proceso varias decenas de veces mayor. En los últimos años, la potencia computacional de los equipos ofertados por las compañías más importantes fabricantes de supercomputadores ha crecido significativamente y esta capacidad añadida ha servido para encender la chispa imaginativa de científicos e ingenieros, muchos de los cuales piensan ya en experimentos computacionales que requerirían potencias de cálculo dos o incluso tres órdenes de magnitud superiores a las hoy día disponibles. La potencia ofrecida por los grandes computadores permite hoy día a los científicos e ingenieros el empleo de modelos de gran complejidad que de otra forma serían difícilmente

empleables, así como el estudio de fenómenos difícilmente caracterizables por vía experimental.

USO DE SUPERCOMPUTADORES EN LA SIMULACION NUMERICA DE PROCESOS FISICOS Y DISEÑO EN INGENIERIA

A lo largo de los pasados cuarenta años, un gran número de empresas y otras organizaciones que tradicionalmente no habrían considerado las ventajas ofrecidas por los computadores y sus atrayentes capacidades de cálculo y diseño, los están incorporando a sus procesos productivos a un ritmo rápidamente creciente, y hoy en día es difícil ya pensar en cualquier tipo de actividad científica o industrial que no se vea beneficiada del uso de dichos instrumentos.

Las áreas de aplicación de los supercomputadores en particular incluyen hoy día temas tan diversos como predicción meteorológica, criptografía y otras aplicaciones en defensa, modelado de procesos físicos y químicos a nivel microscópico, procesamiento de imágenes en comunicaciones, ingeniería mecánica y de fabricación, diseño elec-



FI Modelo básico de la ciencia e ingeniería modernas basadas en el empleo de la simulación por computador
Fuente: K. V. Roberts, "Computer and Physics", 1972.

trónico de microcomponentes, aero y fluidodinámica, estimación de reservas de combustibles fósiles y, cómo no, análisis y diseño de plantas nucleares, entre otros. Sin embargo, entre esta aparente diversidad subyace un importante e interesante punto en común: la mayoría de dichas aplicaciones implica la sustitución y en algunos casos la mejora de un importante número de actividades de análisis experimental y modelado teórico por las correspondientes simulaciones de los procesos físicos involucrados mediante computador.

Los beneficios obtenidos mediante tal tipo de simulación varían ampliamente de disciplina a disciplina y en algunos casos el modelado mediante computador es simplemente la solución de mejor relación coste/beneficio o, incluso, la única posible. En algunos casos, la simulación por computador proporciona la posibilidad de evaluar los resultados de experimentos peligrosos o destructivos. En la mayoría de los casos, dicha simulación ahorra tiempo al conjunto de actividades de evaluación y permite una mejor optimización de los diseños al ser posible la consideración

de un más amplio rango de alternativas que en el caso de los métodos tradicionales. En otros casos, la simulación por computador es el único camino para el estudio de fenómenos físicos complejos: Algunos de éstos, tales como, por ejemplo, las colisiones atómicas y nucleares, tienen lugar a una escala tan sumamente pequeña y a velocidades tan sumamente elevadas que una observación directa de los mismos es prácticamente imposible, aun con el uso de los más modernos avances en microscopía, y sólo son posibles para los mismos de acuerdo con los métodos tradicionales, descripciones de tipo macroscópico. Otras veces los procesos tienen lugar a tan gran escala o a tan inaccesibles distancias, o tienen lugar a ritmo tan lento, que su estudio directo resulta asimismo impracticable. Considérese como ejemplo a este respecto el estudio del desarrollo de reservas petrolíferas en el planeta.

La simulación de experimentos y sucesos de alto riesgo es, sin duda, otra de las más importantes aplicaciones de la simulación numérica y de los supercomputadores cuando el número de parámetros a manejar se hace minimamente elevado. Un ejemplo claro a este respecto es la simulación de la dinámica de una central nuclear ante variaciones en las condiciones de funcionamiento debidas a accidentes. Obviamente, y supuestamente bien establecidas la fiabilidad y precisión del modelo de simulación a emplear, las ventajas de dicha simulación son más que evidentes, aparte de ser este procedimiento el único viable en la práctica. Adicionalmente, mediante este método queda permitido el análisis detallado de las distintas etapas del proceso analizado y, por tanto, la extracción de conclusiones más amplias y precisas.

El conjunto de puntos básicos sobre los cuales fundamentar la conveniencia y/o necesidad de la aplicación de supercomputadores a los distintos campos de la ciencia y la ingeniería son, en síntesis: la capacidad para la resolución de problemas de otro modo insolubles; la posibilidad para resolver problemas a un menor costo en comparación con otros ordenadores o con experimentación física (considérese a este respecto la facilidad de amortización de la inversión mediante la sustitución de experimentos reales por simulaciones); la capacidad para resolver problemas complejos en tiempos aceptables; la capacidad para la investigación de rangos más amplios de posibilidades y, por tanto, para una mayor fiabilidad y calidad de los resultados, y la mejora derivada para los procesos globales de producción debida a una mayor facilidad de obtención de resultados y diseños. En virtud de todo ello, el camino hacia la mejora de la

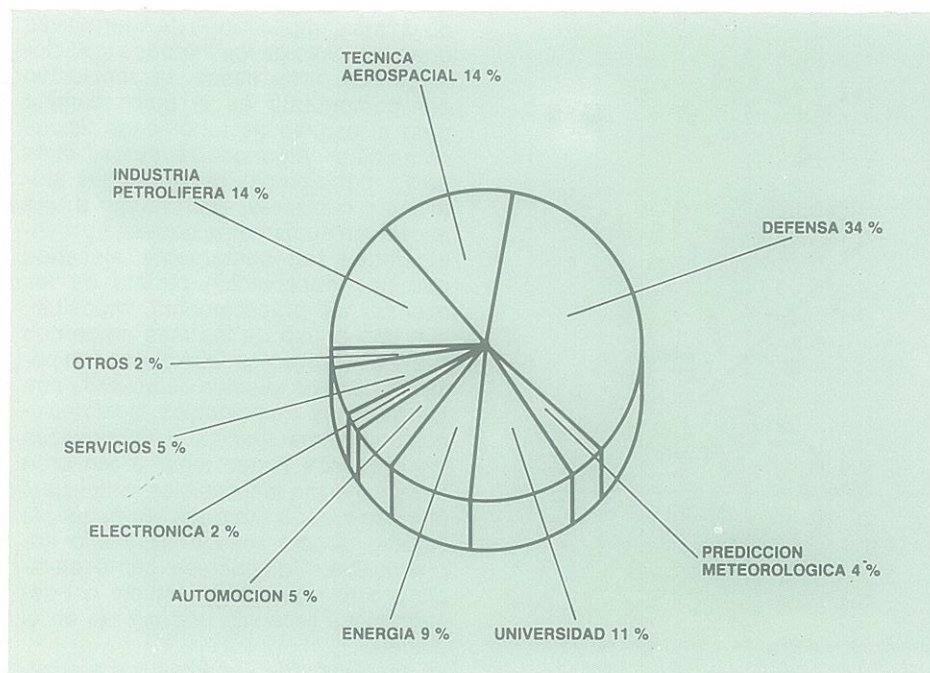
T I RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE ALGUNOS SUPERCOMPUTADORES

COMPUTADOR	N.º DE PROCESADORES	CICLO (ns)	MEMORIA PRINCIPAL (MB)	RENDIMIENTO VECTORIAL MAXIMO* (MFLOPS)
CDC CYBER-205	1-2	20,0	128	200
CDC ETA-10	1-8	7,0	16-256	570**
CRAY 1	1	12,5	32	160
CRAY XMP	1-4	8,5	8-128	920
CRAY 2	2-4	4,1	128-256	1.670
FUJITSU VP50	1	7,5	32-128	140
FUJITSU VP400	1	7,5	64-256	1.140
HITACHI S810/10	1	14,0	64-128	315
HITACHI S810/70	1	14,0	128-256	630
NEC SX1	1	7,0	64-128	570
NEC SX2	1	6,0	128-256	1.300

* Los rendimientos vectoriales efectivos varían con el tipo de aplicación.

** Valores anunciados de rendimiento vectorial por procesador.

Fuente: COMPUTERWORLD OCT'86 e información de fabricantes.



F II Distribución porcentual de las aplicaciones presentes de los hipercomputadores en el caso de una firma fabricante
Fuente: CRAY RESEARCH INC.

competitividad de la industria en campos típicos como la aeronáutica, la automoción, la química y farmacia, la industria petrolífera, los procesos de manufactura, etc., queda ciertamente abierto y son previsible adelantos significativos en ciencias básicas como la física, la química y la medicina, y áreas con una marcada componente científica como la energía nuclear y la inteligencia artificial. Todo ello aparte de las consabidas aplicaciones en el campo de la fabricación de armamentos y diseño de sistemas estratégicos de defensa.

En principio, la simulación por computador puede ser aplicada a cualquier fenómeno natural para el que los principios físicos y matemáticos, así como las correspondientes técnicas computacionales, se hallen suficientemente establecidos. En la figura 1 se ilustran esquemáticamente estos elementos y su interrelación en el marco de la ciencia e ingeniería modernas.

Los principios físicos y matemáticos de la mayoría de los problemas más importantes de la ciencia y la técnica actuales fueron establecidos varios años atrás. Así, por ejemplo, las ecuaciones de Navier-Stokes, utilizadas en problemas de aero y fluidodinámica y consideradas como la representación física fundamental en problemas de flujo generalizado (dinámica gaseosa, física de la materia densa y caliente, etc.), fueron establecidas en 1827, y las ecuaciones básicas para el estudio de los procesos básicos de física atómica, molecular y nuclear fueron establecidas en la primera mitad del presente

siglo. En algunos casos (física de partículas elementales, astrofísica, etc.), sin embargo, tales principios están aún incompletos.

Por su parte, los métodos numéricos de necesaria aplicación para la solución de los problemas relativos a la descripción de los fenómenos físicos se conocen desde hace décadas. Sin embargo, la complejidad de las ecuaciones definitorias de los mismos hacía que la simulación numérica no fuera práctica en muchos casos a causa del gran esfuerzo que suponía su ejecución. Con el advenimiento de computadores de gran potencia de cálculo, la resolución de tales ecuaciones incluso en elevadísimo número ha dejado de ser un problema para la practicidad citada.

Claramente, la simulación por computador es compleja y son muchas las dificultades a salvar a la hora de que un proceso real sea correctamente representado a través de un conjunto de ecuaciones en cuya solución influye la variación de un gran número de parámetros. Por tanto, los resultados de la mayor parte de "experimentos computacionales" significativos han de ser validados frente a los resultados de los correspondientes experimentos reales. Pero, una vez que la técnica y el método de simulación han sido establecidos, la simulación por computador puede ser utilizada para analizar de forma sistemática y precisa los rangos completos de variación de los citados parámetros.

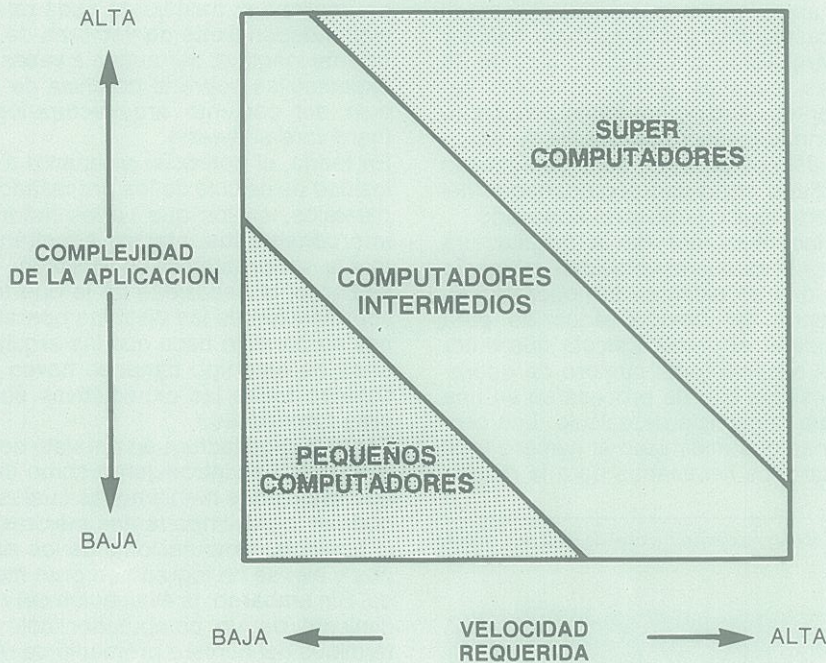
Desde un punto de vista práctico, las

necesidades para la aplicación de métodos de simulación numérica a los diferentes procesos son, en muchos casos, enormes. De hecho, la aparición en escena de algunos sistemas de gran capacidad de cálculo no ha hecho sino estimular el apetito computacional de los científicos e ingenieros de todo el mundo y sólo un cierto (aunque ya grande) grado de complejidad es abordable con los computadores hoy día disponibles. Una estimación simple de este hecho puede resumirse en la afirmación de que la potencia computacional necesaria para un determinado tipo de aplicación es directamente proporcional a la precisión de los modelos físico-matemáticos disponibles para el estudio de la misma y a su "escala" computacional (determinada por la complejidad geométrica, dimensionalidad, resolución espacio-temporal requerida y otros factores). Como consecuencia de esto, el científico o ingeniero debe seguir sacrificando, como tradicionalmente, bien complejidad en el modelo, bien exactitud matemática en el experimento de simulación.

Como citábamos antes, en los últimos años la potencia computacional de los equipos ofertados por las compañías más importantes fabricantes de supercomputadores ha crecido significativamente (ver la Tabla I, donde se muestran las características más significativas en cuanto a velocidad y capacidad de memoria de algunos de los supercomputadores existentes en el mercado). Y, sin embargo, tal capacidad añadida puede incluso ser considerada insuficiente al ser la demanda de mayores capacidades de cálculo para modelado y análisis más insaciable cada día. Ello, aparte del desarrollo de cada vez más avanzados sistemas electrónicos encargados de dotar de mayor velocidad a los circuitos de los sistemas en sí, impulsa de manera creciente el desarrollo de métodos numéricos también más avanzados y algoritmos más eficientes para la resolución de las fórmulas físico-matemáticas. Paralelamente, la investigación en matemáticas, física y química ha de proporcionar aproximaciones más exactas y menos costosas para la representación matemática de los fenómenos físicos. Con todo ello se espera que la precisión de los experimentos numéricos pueda alcanzar las cotas deseadas en cada caso particular.

Como muestra de la aplicación de supercomputadores a diversos campos de la ciencia y la técnica, se describirán a continuación algunas de las muchas facetas en las que el uso de supercomputadores se ha revelado como de gran utilidad.

Sin duda, el área del análisis estructural es el que, por su indudable incidencia en la mayoría de los procesos de



F III Esquema orientativo sobre la evaluación de necesidades de computación

fabricación, se ha visto beneficiado desde el principio del uso de las máquinas tratadas. Los distintos programas, mayormente basados en el empleo del método de elementos finitos, para el estudio de la integridad de estructuras en ingeniería aeroespacial, automotriz y de la construcción, han encontrado en el empleo de los supercomputadores la vía para producir resultados en tiempos razonables y con un elevado grado de precisión, quedando permitido al ingeniero el análisis rápido (prácticamente interactivo) de la respuesta de la estructura bajo análisis (ala, carrocería, puente) a una gran variedad de cargas y otros condicionantes en el conjunto del proceso de diseño. Con ello se ven indudablemente mejoradas la eficiencia ingenieril en el proyecto y la calidad global de los productos.

Otra importante área en la que los supercomputadores han conducido a mejoras significativas es el diseño de perfiles aero y fluidodinámicos. Durante años, los ingenieros aeronáuticos han confiado en el empleo de túneles aerodinámicos para la evaluación de los elementos de las naves, procedimiento costoso y de limitada aplicabilidad. Con el advenimiento de máquinas de elevada capacidad de cálculo, el ingeniero puede ahora tener una estimación precisa de flujos, presiones, etc., alrededor de cada elemento, o bien de toda la nave en su conjunto, lo cual le permite directamente la optimización y abaratamiento de su diseño.

El diseño de componentes electrónicos y, particularmente, de circuitos de alta escala de integración es otro de los campos para cuyo desarrollo (diseño y manufactura) ha resultado fundamental el empleo de supercomputadores mediante el uso de técnicas CAD/CAM. El punto clave para ello ha sido la capacidad resultante, para el diseñador, de concebir y probar los componentes modelando los mismos en vez de construirlos, lo cual, ciertamente, supone una mejora esencial.

En el campo de la física y química a escala microscópica, las ventajas ofrecidas por los supercomputadores son evidentes; la posibilidad de simular en tiempos razonables procesos fundamentales mediante la aplicación de modelos altamente sofisticados en aras de una excelente precisión ha de contribuir, sin duda, a la mejora del conocimiento básico en estas áreas y, por supuesto, a la exploración de situaciones en otro tiempo impensables desde el punto de vista de la simulación y totalmente inaccesibles desde el punto de vista experimental. La instalación de supercomputadores en las universidades se muestra, pues, como un punto decisivo para el avance general del conocimiento científico y su posterior aplicación a la industria.

En el campo de la energía nuclear, la evaluación de la seguridad de las centrales con la máxima precisión posible a partir del estudio detallado de flujos, tensiones, temperaturas, etc., junto con la posibilidad de control automáti-

co en tiempo real de las mismas, son la pieza clave que permitirá la reducción de su riesgo asociado hasta valores prácticamente insignificantes, además de su diseño realmente optimizado. Sólo los supercomputadores permiten la simulación en detalle de los procesos de flujo fluido, transmisión de calor, procesos neutrónicos, activación, etc., fundamentales en el funcionamiento de las centrales, así como el establecimiento preciso de consecuencias de virtuales accidentes por vía distinta de la estadística.

Todo ello, unido a las potencialidades ofrecidas en otros muchos campos como medicina, meteorología, procesamiento de imágenes, etc., hace que los supercomputadores ofrezcan hoy día un elevado atractivo a la ciencia y la técnica que sólo se ve empañado por la magnitud de las inversiones necesarias para su aplicación. En la figura II se da a este respecto la distribución relativa de actividades en las que se han empleado supercomputadores en el caso de uno de los fabricantes mencionados.

ALGUNOS CRITERIOS Y FACTORES DEFINITORIOS DE LA APLICABILIDAD DE LOS SUPERCOMPUTADORES A LA INVESTIGACIÓN Y LA INDUSTRIA

El primer factor a tener en cuenta a la hora de decidir sobre la propiedad de la aplicación de un supercomputador a una determinada actividad industrial o de investigación es, obviamente, la evaluación conjunta de la complejidad de la tarea a encomendar a la máquina, el grado de rapidez necesaria para la obtención de resultados, el coste de la inversión y el ahorro en los costes de la actividad global obtenible mediante el uso de la misma, factor este último responsable fundamental del atractivo ofrecido por los equipos tratados. Evidentemente no requerirán el empleo de supercomputadores aquellas actividades que, con independencia de consideraciones económicas o de prestigio, no requieran la realización de tareas excesivamente complejas para los computadores convencionales o una rápida obtención de resultados para su integración en un proceso productivo más general. Ello proporcionará la primera selección importante en cuanto al tipo de aplicaciones para las que los supercomputadores pueden ser aplicados con mayor ventaja. La figura III proporcionará un esquema lógico simplificado para la evaluación de este punto.

Entrando en un análisis de estos últimos supuestos, la obligada consideración a realizar es que los supercompu-

tadores se desarrollaron para resolver complejos problemas numéricos. Por ello, la velocidad a la que operan constituye un parámetro fundamental definitorio de su potencia de cálculo. Como también indicábamos, otra de las definiciones de "supercomputador" es aquella que lo presenta como una máquina de elevada potencia de cálculo lograda a base de una arquitectura avanzada. De hecho, la abismal diferencia entre las potencias características de los supercomputadores y los computadores hasta hoy convencionales responde a la arquitectura vectorial o de paralelismo que configura el soporte físico de aquéllos.

Las nociones de arquitectura vectorial y arquitectura paralela son relativamente nuevas en el campo de las cien-

cias de la computación y se basan en dos aproximaciones características: el procesamiento escalonado de datos y el paralelismo o trabajo simultáneo de varias unidades computacionales semejantes. Ambos enfoques proporcionan notables incrementos de la velocidad del computador, pero dan escaso resultado si no van acompañados del soporte lógico (software) adecuado.

Un inconveniente de la arquitectura vectorial es que la velocidad promedio a la que se ejecutan las operaciones depende del tiempo requerido para completar el primer cálculo que entra en el sistema y del número de operaciones que han de procesarse en una misma secuencia de cálculo. Los programas que minimizan el número total de cálculos necesarios para la resolu-

ción de un determinado problema, pero no implican el manejo en cada operación independiente de vectores de suficiente longitud, defraudan a veces las expectativas sobre la potencia de cálculo del conjunto arquitectura-lógica (hardware-software).

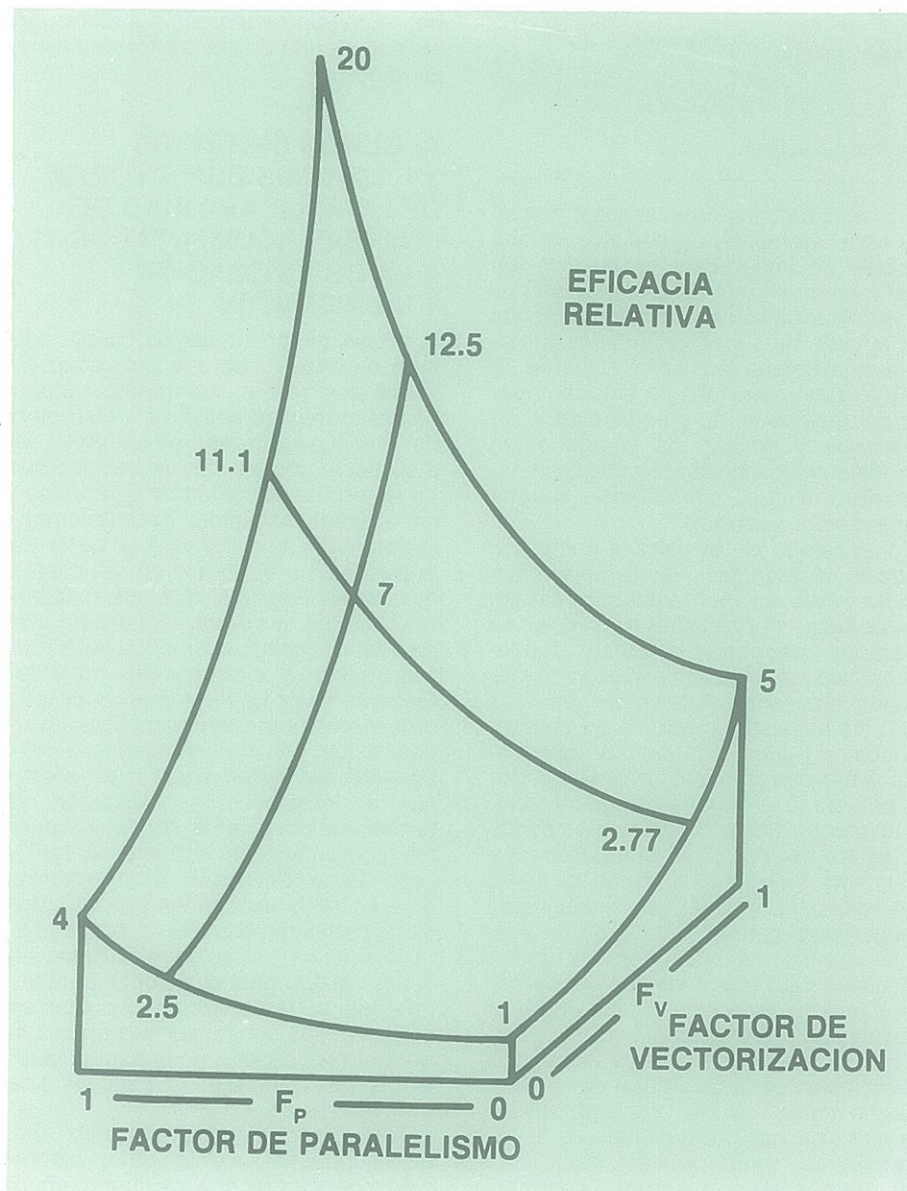
En teoría, el potencial en cuanto a velocidad de cálculo de los procesadores paralelos, en los que varios módulos interconectados atacan simultáneamente un problema, es ilimitado. Sin embargo, la necesidad de la oportuna coordinación de las distintas operaciones en paralelo hace que las arquitecturas de este tipo tampoco hayan satisfecho todas las expectativas sobre ellas formuladas.

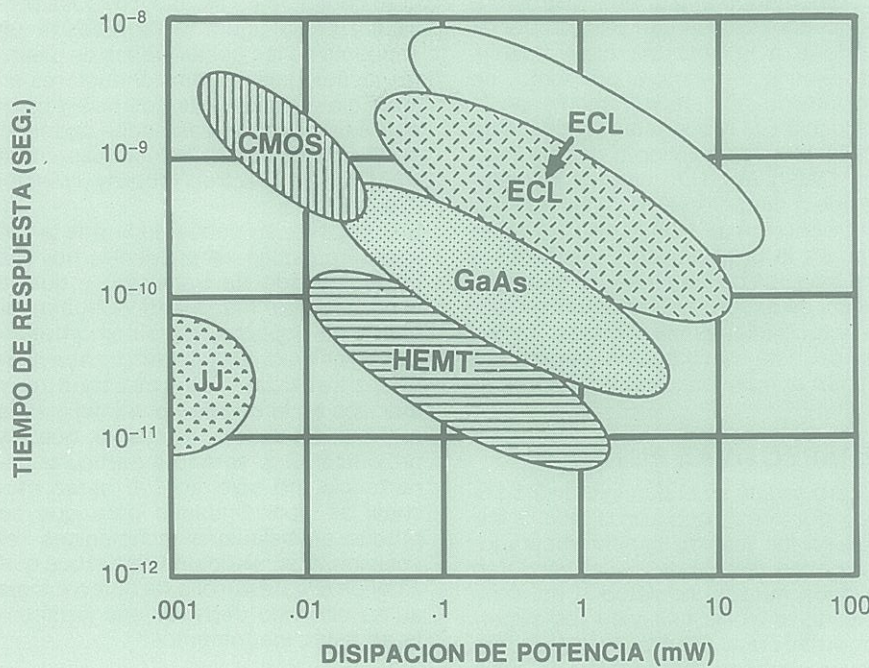
Tanto la arquitectura en paralelo como la vectorial se introdujeron como diseños avanzados mediante los cuales se podrían lograr importantes mejoras en la potencia computacional de los equipos y ello se ha logrado en gran medida. Sin embargo, la evaluación del rendimiento de un computador sólo en términos del número promedio de operaciones por unidad de tiempo que es capaz de realizar es, en cierta forma, incompleta.

La capacidad de un computador debe evaluarse sobre la base de la consideración de varios factores tales como tamaño de memoria, capacidad para el manejo de pequeños vectores, velocidad de procesamiento de datos individuales (velocidad de cálculo escalar) y las capacidades propias del "software" con el que es compatible, aparte de la propia velocidad punta en cálculo con vectores de gran longitud o en cálculos altamente paralelizables. Además, la velocidad con la que los datos pueden moverse desde la memoria hasta el procesador central o viceversa y el llamado tiempo de reconocimiento ("overhead") son factores clave a la hora de evaluación práctica del rendimiento citado. Normalmente, las arquitecturas capaces de dar un gran rendimiento en el caso de manejo de grandes vectores no son capaces de realizar de forma eficiente cálculos en los que la componente de paralelismo es importante. En la figura IV se muestra, a título de orientación, una gráfica de las posibilidades de mejora del rendimiento global del computador cuando los grados de paralelismo y vectorización de las arquitecturas y programas son compatibles y cómo dicho rendimiento cae sensiblemente cuando tal compatibilización no es posible. Habida cuenta de que en la mayoría de los problemas científicos y técnicos ambos tipos de cálculos se hacen necesarios, pervive el reto para los diseñadores de encontrar arquitecturas polivalentes con alto grado de efectividad y, a pesar de que han sido desarrollados importantes prototipos (máquinas de conexión, es-

F IV Efecto de la combinación de paralelismo y vectorización sobre el rendimiento global de un supercomputador

Fuente: CRAY RESEARCH INC.





F V Resumen de potencialidades presentes o futuras de las más importantes tecnologías avanzadas de semiconductores

estructuras hipercúbicas, procesadores vectoriales con micropartición de tareas y otras), el problema no se halla aún resuelto a nivel comercial.

La memoria es un factor determinante a la hora de evaluar el rendimiento global de un ordenador. La velocidad a la que se realizan los cálculos frecuentemente depende del tamaño de ciertos bancos de memoria de la máquina. Los cuellos de botella suelen deberse al propio volumen de datos en manipulación. De hecho, el movimiento de grandes cantidades de datos desde un almacenamiento secundario hacia la memoria, y viceversa, puede convertirse en el proceso que consuma más tiempo en cualquier problema de computación y, pese a que el tamaño de la memoria de los superordenadores crece a un ritmo comparable al de la potencia de cálculo, en algunos casos las disponibilidades resultan aún insuficientes. Sin embargo, al incrementarse la complejidad de los cálculos, pueden resultar insuficientes memorias de varios miles de millones de palabras para las necesidades futuras, requiriendo cambios radicales en el diseño de los programas.

Un aspecto de la máxima importancia es el acoplamiento de la capacidad de un computador cualquiera a las necesidades de su usuario. En muchos casos prácticos de ingeniería, por ejemplo, no importa demasiado la velocidad máxima de la máquina, sino la velocidad con la que el investigador o ingeniero puede crear y modificar los

modelos matemáticos apropiados y someterlos a contraste. Por ello, la rapidez con que el ordenador es capaz de resolver un problema complejo en el que intervienen muchas variables y parámetros importa más, en muchas ocasiones, que la velocidad con que es capaz de procesar un determinado conjunto ordenado de números. En cualquier caso, el número de cálculos necesarios en la mayoría de los campos de la ciencia y la técnica para la simulación y análisis de los procesos físicos involucrados requiere claramente, hoy día, el empleo de las capacidades de cálculo típicas de los supercomputadores.

Otro aspecto importante de las aplicaciones de los supercomputadores es el desarrollo paralelo, por parte de los fabricantes, de avanzadas y potentes estaciones de trabajo capaces de convertir la compleja información resultante de los cálculos en imágenes gráficas, desarrollo necesario ya que sin él resultaría virtualmente imposible interpretar la ingente cantidad de datos producidos. En algunos casos, tales desarrollos permiten la interconexión de diferentes gráficos correspondientes a distintas etapas de las simulaciones, formando una secuencia visualizable en forma de película animada correspondiente a la evolución simulada del proceso real, lo cual permite manejar de una forma interactiva el desarrollo del mismo, incidiendo sobre los parámetros adecuados, y obteniendo de esta forma las pautas para la modifica-

ción de la dinámica del citado proceso real si ésta es requerida.

El punto quizá más importante para el desarrollo efectivo de las aplicaciones científicas e industriales sobre las atractivas posibilidades ofrecidas por los supercomputadores es la disponibilidad en cada caso del soporte lógico (software) apropiado. En efecto, modificar o rehacer los programas tradicionalmente empleados en computadores convencionales para su operación en supercomputadores puede ser una tarea especialmente ardua. En la mayoría de las aplicaciones industriales, el tiempo necesario para la evaluación de nuevos programas en lo relativo a su fiabilidad y precisión resulta prohibitivo. Por ello, interesa que el soporte lógico de un computador posibilite la transición de un tipo de arquitectura de computador a otro, lo cual en la práctica no siempre resulta viable, tanto más cuando el éxito obtenido en el desarrollo de herramientas informáticas para la realización de tal tarea ha sido ciertamente limitado.

De acuerdo con la opinión de un gran número de especialistas, la única solución al problema consistiría en redactar programas en un nuevo lenguaje específicamente diseñado para máquinas vectoriales o de proceso en paralelo, reemplazando los lenguajes tradicionales, como el FORTRAN, soporte básico de la programación científica durante los últimos veinte años, por lenguajes más adecuados a la nueva tecnología de arquitectura. Sin embargo, el intervalo que separa el desarrollo de un nuevo lenguaje y su aplicación por parte de los fabricantes y usuarios que, al final, deben reescribir, verificar y validar todos los programas resultantes de un gran esfuerzo precedente, resulta enorme si no absolutamente impracticable. Incluso los cambios menores en lenguajes de programación son asimilados con lentitud (considérese el caso del FORTRAN), estimándose, por todo ello, que el problema considerado permanecerá durante algún tiempo abierto a pesar de los crecientes esfuerzos realizados por ciertos fabricantes.

Frente a la potencia y el enorme crecimiento de los supercomputadores, otro obstáculo que entorpece su adopción generalizada es la dificultad de integración de tres elementos fundamentales como usuario, estación de trabajo y supercomputador en sí. En efecto, los computadores tradicionales suelen conectarse con sus usuarios a través de líneas telefónicas que transmiten datos a una velocidad relativamente baja, ya que por cable no pueden transmitirse a grandes distancias elevadas cantidades de datos con suficiente rapidez. En la actualidad, las conexiones de larga distancia están

capacitadas para transmitir del orden de 50.000 bits por segundo, pero incluso a esa velocidad resultan demasiado lentas para los supercomputadores, motivo por el cual se está invirtiendo esfuerzo en el diseño de nuevos sistemas capaces de transmitir al menos del orden de millones de bits por segundo, lo cual supondría una notable mejora. Otro aspecto importante en la citada integración es la consideración de que el incremento de la productividad no se centra en los supercomputadores en sí, sino en las estaciones de trabajo, lugares en los que el científico o el ingeniero trabajan con un ordenador personal o un terminal gráfico utilizando programas de aplicaciones comunes encargadas de toda la gestión de las comunicaciones con el supercomputador mediante la utilización de un soporte lógico que se comunica con el usuario en el lenguaje de su aplicación, siendo, en principio, indiferente al usuario si su trabajo se ejecuta en uno u otro tipo de computador. En la mayoría de las aplicaciones, la utilización de programas relativamente cómodos para el usuario choca con la lentitud de la red de comunicaciones y con la escasa potencia de los computadores personales.

Por estas razones y otras varias, la integración considerada no ha tenido

aún lugar a la escala deseable. Los supercomputadores son aún instrumentos novedosos que han pasado del laboratorio a la industria hace apenas una decena de años y, por tanto, no han influido aún decisivamente en la producción, al requerir los procesos de diseño el establecimiento de una relación CAD/CAM suficientemente estable que a menudo se ve dificultada por la introducción de modificaciones y mejoras en la programación tendentes a la optimización de los procesos globales, si bien, de acuerdo con las más recientes informaciones disponibles, tal situación está rápidamente cambiando en todo el mundo industrializado.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Los progresos en el dominio de los semiconductores y quizá en la técnica basada en los nuevos supercomputadores a altas temperaturas, promoverán sin duda nuevas inquietudes en el diseño del soporte físico de los supercomputadores. Habrá seguramente nuevas máquinas híbridas cuyas interconexiones ópticas enlazarán procesadores digitales de alta velocidad, siendo aún más atractiva la posibilidad de computación enteramente óptica, que permitiría computaciones analógicas rápidas de distintos algoritmos que hoy

sólo se realizan en forma digital con gran consumo de tiempo y dudosa precisión. En la figura V se muestra un esquema de las posibilidades de distintas tecnologías de semiconductores en cuanto a disipación de potencia y tiempo de respuesta, pudiéndose observar el alto potencial de tecnologías como HEMT (High Electron Mobility Transistors) y Ga As.

En conjunto, se puede decir que la supercomputación se encuentra hoy día en un período de transición y que la evolución se manifiesta simultáneamente en aspectos tales como potencia de cálculo, arquitectura, capacidades analíticas, competitividad y avances en el campo de la inteligencia artificial. Se estima, asimismo, que los próximos años serán de particular importancia, no sólo porque serán muchas las oportunidades para que se produzcan hallazgos tecnológicos revolucionarios, sino también porque quizá el propio desarrollo de la tecnología en su conjunto dependa esencialmente de estos instrumentos.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece la información suministrada por diversas firmas fabricantes de computadores utilizada en la elaboración de este artículo.

La Técnica de la Microfilmación

- Microfilm convencional: técnico y administrativo
- 16 mm, 35 mm, 105 mm
- Sistema CAR
- Copias: 16 mm, 35 mm, 105 mm
- Reproducciones
- Tratamiento de la documentación
- Consulting y asesoramiento de equipos
- Distribuidores de Kodak



Servicio de Microfilmación-Consumibles.

Orense, 36 - 10.º C. 28020 MADRID. Teléfs. (91) 597 21 54 • 597 27 60

REFERENCIAS

Central Nuclear Almaraz • Central Nuclear Ascó • Central Nuclear Trillo • Central Nuclear Valdecaballeros • Construcciones y Contratas • Dragados y Construcciones • Empresa Nacional Electricidad • Empresa Nacional del Uranio • Empresarios Agrupados SAE • Hidroeléctrica Española • Initec • Intecsa • Técnicas Reunidas • Unión Eléctrica Fenosa • etc.