

# ALTA PRODUCTIVIDAD EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Joyanes A. Luis\*  
Cuesta M. Albeiro\*\*  
López T. Marcelo\*\*\*



## Resumen

A pesar de los constantes avances en el campo de la computación, de los grandes esfuerzos por mejorar el rendimiento de los componentes del *hardware*, especialmente la capacidad de procesamiento y el acceso a memoria, y la construcción o desarrollo de *software* cada vez más especializado, existen sistemas de información que requieren una enorme capacidad de procesamiento de información, que la tecnología existente en la actualidad no está en la capacidad de satisfacer completamente sus necesidades, es por lo anterior que proyectos como HPCS<sup>1</sup> se convierten en la esperanza de la comunidad informática para atender eficazmente las necesidades de computación.

**Palabras clave:** Alta productividad, HPCS, supercomputación.

## HIGH PRODUCTIVITY IN COMPUTING SYSTEMS

### Abstract

In spite of the constant advances in the field of computing, the great efforts to improve the performance of the hardware components, especially the processing capacity and memory access, and the construction or software development more and more specialized. There are information systems that require an enormous capacity to process information, the current existent technology is not capable of satisfying their necessities completely. Due to the above-mentioned reasons, projects such as HPCS have become the hope of the computer community to efficiently assist computer necessities.

**Key Words:** High Productivity, HPCS, supercomputing.

## Introducción

Investigadores están explorando el abismo entre la alta productividad de computación en la tecnología de sistemas y la promesa de la informática cuántica. La informática de alto rendimiento se encuentra en un momento coyuntural.

Durante las últimas tres décadas, esta importante área de tecnología ha mantenido la capacidad computacional superior, definitiva para muchas de las aplicaciones de seguridad nacional importantes en USA.

\* Doctor Ingeniero en Informática Universidad de Oviedo. Catedrático Universidad Pontificia de Salamanca. E-mail: joyanes@gmail.com

\*\* Doctor (c) Ingeniería del Software, Universidad Pontificia de Salamanca. Catedrático Universidad Autónoma de Manizales. E-mail: albeirocuesta@hotmail.com

\*\*\* Doctor (c) Sociedad de la Información y del Conocimiento, Universidad Pontificia de Salamanca. Profesor Asociado Facultad de Ingeniería Universidad de Caldas. E-mail: mlopez@ucaldas.edu.co

<sup>1</sup> High Productivity in Computing Systems.

La investigación gubernamental, incluyendo al Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD), ha realizado importantes inversiones, que han permitido adelantos significativos en cuanto a computación se refiere, contribuyendo así al predominio norteamericano del mercado de la computación a nivel mundial. Infortunadamente, las tendencias comerciales actuales en alto rendimiento de computación, requieren cambios en las tecnologías de los elementos semiconductores, los cuales se convierten en amenaza para conservar la superioridad norteamericana en las aplicaciones de seguridad nacional.

El objetivo global del programa High Productivity in Computing Systems (HPCS) es proporcionar las soluciones para satisfacer las necesidades de tecnología de alta computación en el camino definido por el Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD), acorde a las misiones de seguridad nacionales que existirán a finales de esta década. Los investigadores deberán identificar prontamente los requerimientos de las aplicaciones que utilizan tecnología de alta computación, las mediciones o métricas, y la predicción de productividad con herramientas a lo largo del programa para evaluar ambos aspectos, el técnico y el progreso de los cronogramas de actividades. El último objetivo del programa a largo plazo es proporcionar los sistemas de HPCS preliminares a finales de esta década.

## El programa HPCS

Los recientes estudios del Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD), indican un requisito de seguridad nacional para HPCS. Sin la investigación y desarrollo (R&D) del gobierno, y participación del mismo, las aplicaciones que utilizan tecnología de alta computación sólo estarán disponibles principalmente a través de fabricantes de esta tecnología, enfocados en el mercadeo masivo a consumidores y necesidades específicas de negocio. Esta solución es ineficaz para el Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD) y para las aplicaciones de seguridad nacional.

Para el Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD), el cambio revolucionario en HPCS significa poder obtener y fabricar los recursos de supercomputación más fácilmente, para de esta forma poder usarlos. Esto significa acceso a grandes almacenes de datos localizados alrededor del mundo y fusionando la informática científica con la informática profunda en un solo campo de batalla. Esto requiere tener siempre presente la seguridad de multinivel, dirección de los sistemas autónomos, y la aplicación de requisitos del mundo real a los cambios de HPCS para hacer todo tipo de trabajo.

El programa de HPCS le proporcionará tecnología significativa y avances en la capacidad al Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD), para la seguridad nacional y las comunidades de industriales, llenando el vacío que existe en el HPCS de hoy, basado en la tardía tecnología de los 80, y con la promesa de la computación cuántica. Estos nuevos sistemas se soportan en desafíos técnicos continuados que confrontan desarrollo y uso de sistemas de alto rendimiento; cada aplicación considera la productividad, el rendimiento, la portabilidad, el escalabilidad, la tolerancia a fallos, y la resistencia. El producto final será económicamente viable para los sistemas de computación, escalable y de mucha utilidad para la seguridad nacional así como para las comunidades industriales.

El programa de HPCS es actualmente un programa tres fases, cuyas metas se fijaron para ser alcanzadas al fin de esta década. La fase actual, es decir la Fase 1, incluye tareas orientadas a lo siguiente:

a) *La industria R&D.* Los estudios de HPCS producirán las recomendaciones para la Fase 2, basada en las arquitecturas. La ejecución exitosa de esta tarea depende de la habilidad de desarrollar una solución integral a ser incorporada a las aplicaciones HPCS fundamentada en los requerimientos de usuario final; el desarrollo de una productividad escalable soportado en valoraciones reales a través de las métricas; la identificación de las tecnologías críticas; y los seguimientos a los esfuerzos de las investigaciones realizadas

por las universidades, laboratorios de investigación, y el trabajo que las agencias gubernamentales realizan actualmente. El desafío consiste en desarrollar los conceptos para un sistema productivo con la habilidad de evaluarse cada 18 meses con la intención de superar la meta hasta en un 100% con respecto a la anterior. A lo largo de esta tarea, el esquema operacional del Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD) y las aplicaciones de investigación de *software* servirán como los conductores de los requisitos para la arquitectura e investigación del *software* y valoración de los sistemas. Investigadores de industria, que visionan la adopción de las arquitecturas como una estrategia central para garantizar una relación costo-beneficio de las soluciones disponibles a la seguridad nacional general.

**b)** *El componente de tecnología.* Las áreas de tecnología que requieren mayor apoyo para su desarrollo en la próxima generación en cuanto a sistemas de productividad son:

- a. Arquitectura de los sistemas.
- b. Modelos de programación.
- c. Tecnología de *software*.
- d. Tecnología de *hardware*.

Esta tarea exige una perspectiva de sistema global de industria. Los Investigadores esperan mayor tecnología en la industria, desarrollos en la misma, y más investigación de la agencia gubernamental.

**c)** *El análisis de la aplicación y el componente de valoración de desempeño.* El código al R&D es lo nuevo de HPCS, es la habilidad para medir y entender las características del desempeño crítico para todo el sistema (ambos, *hardware* y *software*). La habilidad de caracterizar y predecir el rendimiento o desempeño, podría dar una visión más clara del futuro de los requerimientos de *hardware* y de *software*, y proporcionar servicios fundamentales para la evaluación y desarrollo de sistemas de alto rendimiento. Por consiguiente, es vital que investigadores analicen un espectro amplio del potencial de las aplicaciones HPCS para extraer el código HPCS y las características importantes de su diseño, parámetros, y ambientes de programación. En la actualidad, los investigadores están estudiando aplicaciones que incluyen operaciones con el clima y seguimiento detallado del océano; planeando ejercicios relacionados al análisis de la dispersión de contaminantes aerotransportados; análisis criptográficos; análisis de plataformas militares; diseños de supervivencia y salud; manufactura virtual de aeronaves, naves, estructuras; biotecnología emergente; mandos, controles y telecomunicaciones (C3), aplicaciones.

La fase de desarrollo creará nuevas generaciones de ambientes avanzados de programación de alto nivel, herramientas del *software*, arquitecturas, y componentes de *hardware* para comprender una nueva visión de HPCS. Se consideran los problemas de baja eficacia, la escalabilidad, herramientas de *software* y ambientes de desarrollo, y un crecimiento físico acorde a cada medida, calor, y poder. En general, se espera que aumente y se refuerce el interés académico, y la inversión de industria en los productos para HPCS.

HPCS impactará en el desempeño, la productividad, la portabilidad, y robustez. El desempeño (realmente no estará en la cima) involucra la mejora de la eficacia computacional de aplicaciones críticas de seguridad nacionales, como análisis criptográficos, el análisis de plataformas militares, etc., a un factor de 10 a 40 veces. La productividad, o el tiempo en las soluciones, involucra la reducción de costos de desarrollo, de operación, y de mantenimiento de las aplicaciones HPCS. La portabilidad requiere la diferenciación entre la investigación y la operación específica de las aplicaciones de *software* para HPCS, pero con eficiencia de ejecución en diferentes arquitecturas. Por último, la robustez requiere el desarrollo de técnicas especiales para protección contra los ataques externos, fallas del *hardware*, y programación de errores, reduciendo el riesgo de actividades malévolas intencionales e involuntarias.

El rendimiento o desempeño crítico, de computación basado en aplicaciones del Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norte América (DoD) involucran cambios o transformaciones computacionales de gran configuración de datos. La habilidad de mover los datos, desde y hacia las unidades de cómputo, se

convierten en el factor limitante a pesar del aumento incesante en el caudal de procesamiento y el poder y aumento de sistemas de memoria. Las dos razones obvias para esta limitación son:

- la memoria ha escalado en el tamaño pero no en el tiempo de acceso, y
- la velocidad de los interconectores físicos son limitados por las mismas leyes de física.

HPCS será equilibrado, y de arquitecturas escalables. Tendrán un muy alto rendimiento en el trabajo de datos. Apoyarán las aplicaciones emergentes. Serán sistemas muy robustos que estarán en capacidad de identificar y recuperar las fallas del *hardware* y errores de *software*, reiniciando el sistema en caso de ser necesario. Tendrán la habilidad para identificar y resistir los ataques de intrusión mal intencionados, proporcionando altos niveles de calidad en el servicio.

Científicos e ingenieros están realizando investigaciones a nivel del procesador, de la memoria, en la red, y en la interconexión de las tecnologías. Estas tecnologías se insertarán en los sistemas futuros superando los problemas descritos a nivel de memoria, para disminuir el tema de sobre calentamiento, extendiendo la Ley de Moore en la próxima década. Además, incluye desarrollos de *software* en ambientes de programación para aumentar la productividad del programador, facilitando el desempeño en modelación, métricas, y predicción.

Este proyecto producirá las soluciones de HPCS viables para llenar el vacío existente entre la tecnología de hoy y la promesa de informática cuántica.

El valor de los sistemas de HPCS para un usuario incluyen muchos factores, como por ejemplo: tiempo de la ejecución que se convierte en el problema más particular, el tiempo de desarrollo de *software*, y ambos están relacionados con costos directos e indirectos. El DARPA<sup>2</sup> HPCS, está enfocado en proporcionar una nueva generación de computación de alta productividad y económicamente viable para los sistemas de seguridad nacional y los usuarios de la comunidad industrial para el período comprendido entre 2007-2010. La meta es proporcionar sistemas que doblen su productividad (o valor) cada 18 meses. Este programa ha comenzado una reevaluación fundamental de cómo nosotros definimos y medimos el rendimiento, la programación, la portabilidad, la robustez y finalmente la productividad en los sistemas de HPCS.

Para poder describir los esfuerzos para desarrollar un Modelo de valoración de productividad (ver Figura No. 1), se debe caracterizar mediante un flujo de procesos de HPCS.

El programa de HPCS busca crear sistemas de “trans-Petaflop” de un alto valor para la comunidad gubernamental en primera instancia. El valor real se determinará evaluando muchos factores adicionales más allá de cuantificar los fracasos teóricos. Finalmente, la meta es disminuir el tiempo de solución que significa disminuir los tiempos de ejecución y los tiempos de desarrollo de nuevas aplicaciones en un sistema particular. Evaluando las capacidades de un sistema con respecto a estas metas, requiere un proceso de valoración diferente. La meta de las actividades de investigación de HPCS es proporcionar un prototipo y sembrar la línea base en procesos que pueden ser transferidos a la comunidad para el año 2010.

La principal actividad de valoración será el esfuerzo al medir y predecir la facilidad o dificultad de desarrollar las aplicaciones HPCS. No hay ninguna metodología cuantitativa actualmente, que permita comparar el impacto en el tiempo de desarrollo de varios HPCS. Para lograr esta meta, se pretende utilizar una variedad de herramientas, incluyendo las siguientes:

- La aplicación de métricas del código en los HPCS existentes.
- Desarrollar prototipos de los modelos analíticos para el tiempo de desarrollo.

---

<sup>2</sup> The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).

- La caracterización de interfaces (por ejemplo el idioma, modelo paralelo, modelo de memoria).
- Pruebas y comparación de desempeño y eficiencia de programación.
- Experimentos de ingeniería de *software* desde el aula.
- Demostraciones validadas por humanos.

Estas herramientas pueden ofrecer los datos básicos necesarios, el desarrollo en tiempo de modelado, y permitirán que las nuevas tecnologías desarrolladas bajo HPCS puedan ser evaluadas cuantitativamente.

La fase de tiempo de ejecución de la actividad de valoración, proporciona una fuerte influencia en los HPCS en el desempeño del modelamiento a la comunidad. Esto incluirá el análisis, el código fuente, y herramientas ejecutables basadas en análisis de desempeño para las aplicaciones concurrentes, la próxima generación y los diseños de HPCS. El tiempo de ejecución y las actividades de tiempo de desarrollo se acoplarán fuertemente para proporcionar un cuadro claro a la comunidad de los intercambios que existen entre ambos.

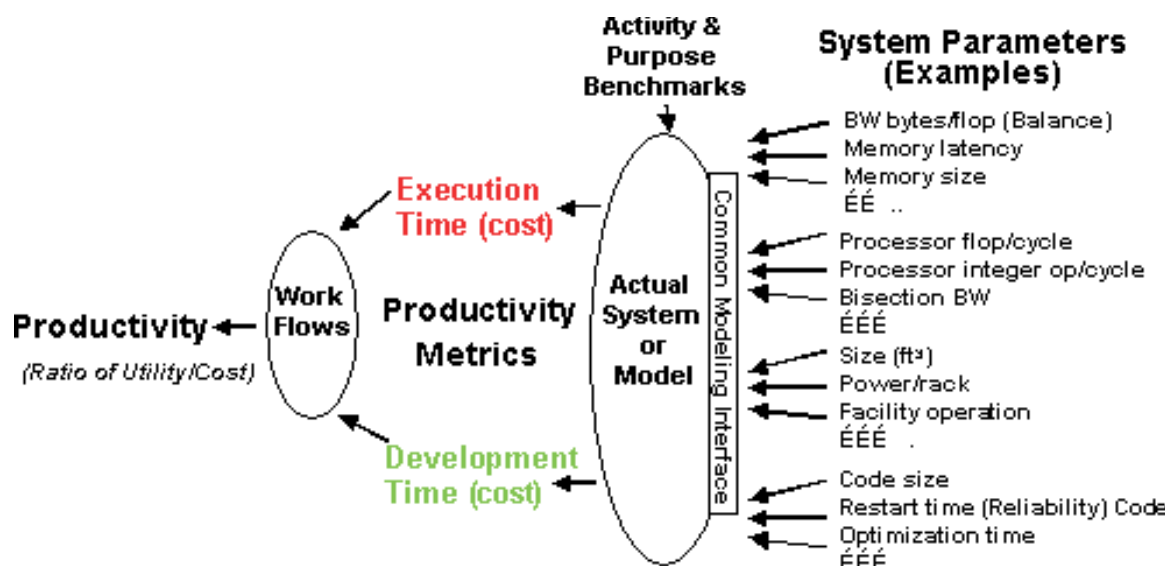


Figura No. 1. Modelo de Valoración de Productividad. Imagen tomada del Paper de los Doctores Jeremy Kepner y David Koaster.

HPCS se usa para el desarrollo de *software* para una gran variedad de temas que requieren mucha capacidad de procesamiento, como por ejemplo: física nuclear, simulación de la caída, procesamiento de datos satelitales, fluidos dinámicos, modelamiento y predicción del clima, bioinformática, y modelos financieros.

El *website* de TOP500 lista los 500 supercomputadores que existen en el mundo, ubicando su lugar de origen y describiendo sus características técnicas; hoy en día esos supercomputadores son los encargados de procesar la información requerida en los temas descritos anteriormente. Los diferentes gobiernos, las organizaciones científicas y comerciales, presentan en esta lista el predominio creciente e impacto de aplicaciones de HPCS en la sociedad moderna.

Las recientes iniciativas en la comunidad de HPCS, como el DARPA y el Work Shop realizado en St. Louis, Missouri en el año 2005, reconocen ese aumento dramático en las referencias de HPCS, además identifican las limitaciones actuales en la velocidad del procesador y en los tiempos de acceso de memoria.

Mientras las máquinas están siendo mucho más rápidas, el esfuerzo del diseñador es aprovechado ya que hoy en día es una gran limitante. Hay un movimiento surgiendo dentro de la comunidad de HPCS, el cual busca definir nuevas maneras de medir los elementos de la supercomputación, maneras que no sólo tienen en cuenta los componentes del *hardware* además consideran los costos de productividad asociados con la producción de las aplicaciones de HPCS. Este movimiento crea una oportunidad para la comunidad de ingenieros de *software*, para que apliquen nuevas técnicas y conocimiento a esta realidad.

Además, el diseño, la implementación, la implantación, y el mantenimiento de *software* en sistemas HPCS pueden diferir ostensiblemente de los sistemas y el desarrollo que realizan los ingenieros de *software* típicamente.

Los requisitos incluyen a menudo de modelos matemáticos sofisticados. De hecho, los requisitos pueden tomar a menudo varios modelos que deben ejecutarse en un sistema matemático, y la aplicación involucra gran procesamiento para los HPCS.

El desarrollo de *software* para proceso, conocido como “workflow”, para aplicaciones de desarrollo en HPCS puede diferir profundamente del *software* tradicional para procesos que diseñan los ingenieros de *software*.

La “usabilidad” en el contexto de aplicaciones de desarrollo en HPCS, puede aportar alrededor de la optimización en arquitectura de la máquina, para que los cómputos se terminen en una cantidad razonable de tiempo. El esfuerzo y recursos involucrados en tal optimización pueden exceder el desarrollo inicial del algoritmo.

## Conclusiones

El IPTO de DARPA creará una nueva generación de sistemas computacionales de información que poseen las capacidades que superan ampliamente las características de los mismos en la actualidad. Estos sistemas cognoscitivos –sistemas que saben lo que están haciendo–, pueden razonar, mientras están usando cantidades sustanciales de conocimiento en forma apropiada; aprenden de sus experiencias y mejoran su actuación con el tiempo; serán capaces de explicarse y tomar la dirección naturalmente expresada de los humanos; serán conscientes de ellos mismos y capaces para reflejar su propia conducta; y podrán responder eficazmente a las adversidades sorpresivas, de una manera muy normal. Sus objetivos son:

- La actuación (realmente no la cima): mejorar las aplicaciones de seguridad nacionales críticas.
- Programación: reducir el costo y tiempo de desarrollar las aplicaciones HPCS.
- La portabilidad (la transparencia): aislar la investigación y el *software* de la aplicación operacional en temas específicos del sistema.
- La robustez (la fiabilidad): desarrollar las técnicas para proteger contra los ataques externos, las faltas del *hardware*.
- Fortalecer el interés de la academia y de las investigaciones de la industria en los temas referentes a HPCS.

Y su metas:

- Proporcionar una nueva generación de alta productividad, económicamente viable que satisfaga las necesidades de los sistemas para la seguridad nacional y la comunidad del usuario industrial (2010).
- Llevar a cabo un acercamiento holístico a las arquitecturas superiores con herramientas del *software* y ambientes de desarrollo.

- La direccionar los problemas técnicos de programación, portabilidad, y robustez. Establecer métricas de productividad que ayudarán a los usuarios a determinar el valor de un sistema por una área particular.
- Fortalecer la investigación en la comunidad de HPCS durante la próxima década.

## Bibliografía

Kennedy, K., Koelbel, C. and Schreiber, R. (2004). *International Journal of High Performance Computing and Applications: Special Issue on HPC Productivity*. (Editor: Kepner), Volume 18, Number 4, Winter.

*Proceedings of the Second International Workshop on Software Engineering For High Performance Computing, System Applications*. (May 2005). St. Louis, Missouri, USA.

*HPC Productivity: An Overarching View*. (2003). Dr. Jeremy Kepner, MIT Lincoln Laboratory.

*A Framework for Measuring Supercomputer Productivity*. Marc Snir, David A. Bader.

“High Productivity Computing Systems (HPCS) Program”.  
[www.darpa.mil/ipto/Programs/hpcs/index.htm](http://www.darpa.mil/ipto/Programs/hpcs/index.htm)

“HPC Challenge Benchmark”. <http://icl.cs.utk.edu/hpcc/index.html>

“TOP500 Supercomputer Sites”. [www.top500.org](http://www.top500.org)

“The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)”. [www.darpa.mil/](http://www.darpa.mil/)

The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).