

CLUSTERS LINUX.

UNA MIRADA AL ALTO RENDIMIENTO, A LA ALTA DISPONIBILIDAD Y A LA ALTA CARGA DE TRABAJO

Enrique Cruz Martínez

La complejidad de los fenómenos de la naturaleza y aquellos derivados de la tecnología nos han llevado a usar cada vez más poder de cómputo. Te presentamos una breve revisión de la evolución de las computadoras más veloces, hasta llegar a los clusters como la etapa actual de equipos de alto rendimiento

Algo de historia

La fabricación de aparatos para conteo y realización de diversas operaciones aritméticas es muy antigua; desde las primeras civilizaciones se han inventado ingeniosos mecanismos de cálculo. Máquinas como el ábaco de cuentas siguen utilizándose para desarrollar habilidades algorítmico-aritméticas y en actividades comerciales cotidianas.

Las computadoras son los ábacos de nuestra era. Las primeras computadoras modernas se construyeron en la década de los 40, durante la Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, fueron hechas para el desciframiento de mensajes militares y el cálculo de trayectorias de misiles balísticos, y pronto su uso se amplió conforme se fueron mejorando y diversificando.

Los primeros equipos, ahora piezas de museo, eran unos verdaderos armatostes y ocupaban grandes salones para alojar todos los aditamentos como válvulas electrónicas y cableado eléctrico. Un equipo emblemático de esa época es la ENIAC (Computador e Integrador Numérico Electrónico, por sus siglas en inglés). Pero, en la historia de las computadoras, la más destacada por su penetración en la sociedad, es la computadora personal o PC, la cual aparece en la segunda mitad de la década de los 70 y fue la que permitió que las computadoras llegaran a la oficina, a la escuela y a la casa.

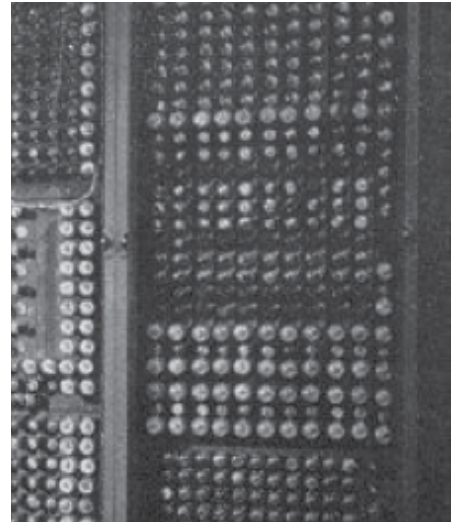
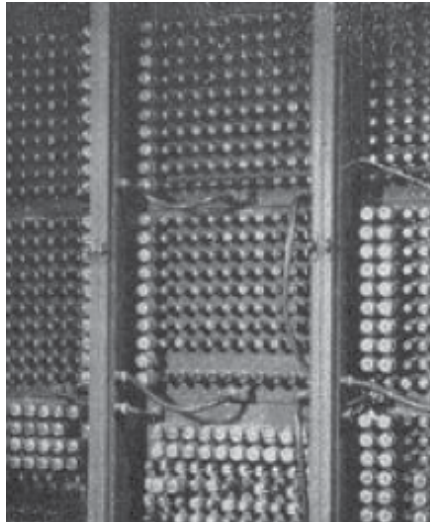
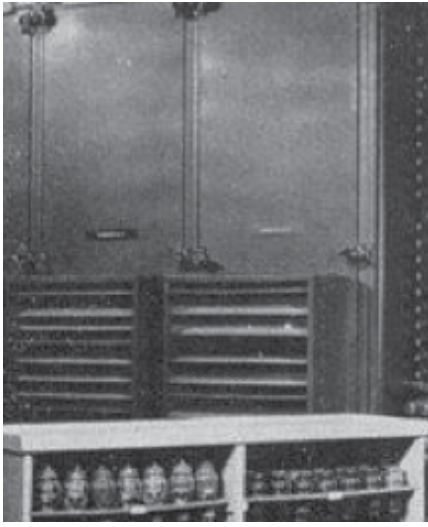
A principios de la década de los 80 comenzaron a surgir computadoras de dos o más procesadores y fueron apareciendo muchas arquitecturas con diferentes formas de interconectar estos CPU

con la memoria. Las más exitosas fueron las computadoras vectoriales. Estas máquinas agrupaban varios procesadores trabajando en paralelo, con una sola memoria principal, los cuales compartían datos para lograr una mayor velocidad de acceso y de procesamiento.

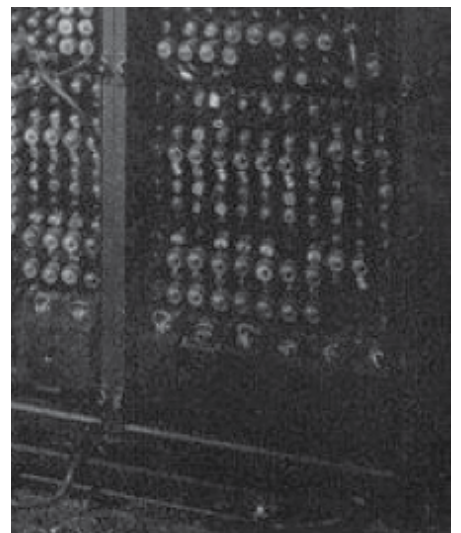
Es costumbre referirse a la capacidad de cómputo en términos del número de operaciones aritméticas de punto flotante —números con parte entera y parte fraccionaria— por segundo (Flop/s). Mientras que las PC realizaban miles de operaciones (kFlop/s) y las grandes computadoras ejecutaban millones (MFlop/s), ¡las supercomputadoras vectoriales alcanzaban los miles de millones de operaciones (GFlop/s)!

Muchos logros se alcanzaron usando esas grandes máquinas, conocidas en el mundo de los *hackers* como *big iron*. De la época de las supercomputadoras clásicas las más exitosas fueron las Cray, las cuales sirvieron para resolver problemas tales como: dispersión de contaminantes en zonas urbanas, contaminación de mantos freáticos, evolución de galaxias, aerodinámica de la siguiente generación de transbordadores espaciales, exploración petrolera, choques de autos, entre otros.

Su gran inconveniente, el costo —decenas de millones de dólares— y su mantenimiento —decenas de miles de dólares anuales—, por lo que sólo fueron usadas en las grandes universidades, laboratorios, industrias y agencias gubernamentales, principalmente en Europa, Japón, y los Estados Unidos de América.



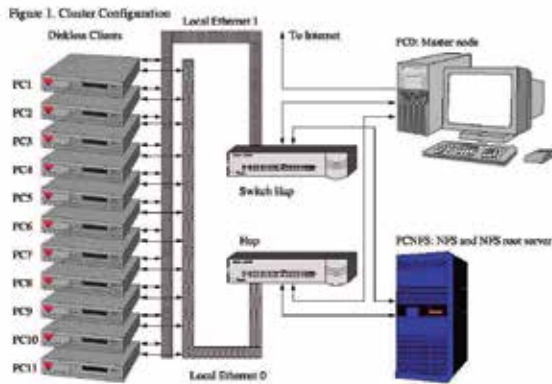
■ ENIAC se construyó en la Universidad de Pennsylvania en 1947, tenía la capacidad de realizar cinco mil operaciones aritméticas en un segundo.



■ Cray SV1, 1998, alcanzaba una velocidad pico de 32GFlop/s



■ La Cray 1 fue instalada en el Laboratorio de Los Alamos in 1976. Alcanzaba una velocidad record de 160 MFlop/S



■ Diagrama básico de un cluster Linux.

Computadoras vectoriales vs. cúmulos o *clusters* de PC

Con la evolución tecnológica, las PC y las supercomputadoras originalmente separadas por una amplia brecha en cuanto a velocidad de procesamiento y de transferencia de datos, se fueron acercando. Anteriormente, los procesadores se podían clasificar en dos categorías: los tipo RISC (Conjunto Reducido de Instrucciones, por sus siglas en inglés) eran los usados para máquinas vectoriales y paralelas, mientras que los CISC (Conjunto Complejo de Instrucciones por sus siglas en inglés) eran los usados para las computadoras de escritorio. Con el tiempo, la diferencia entre CISC o RISC casi ha perdido relevancia por la complejidad de los procesadores en las máquinas modernas.

Por esta razón, en la década de los 90 surgió la idea de construir una máquina paralela barata, integrada por PC unidas por una red de baja o alta velocidad para realizar lo que antes sólo las supercomputadoras podían hacer. Y comenzó la competencia...

A finales de 1993 los científicos y profesores universitarios Donald Becker y Thomas Sterling iniciaron la construcción de un *cluster* o cúmulo de PC como alternativa para hacer los cálculos que se hacían en las supercomputadoras de la NASA. El objetivo principal fue demostrar la viabilidad de construir una máquina que pudiera realizar cálculos científicos con una fracción del costo de una supercomputadora. Así nació el proyecto *Beowulf*, cuyo nombre fue tomado de un guerrero de la literatura sajona que venció a monstruos poderosos que asolaban las aldeas.

El primer prototipo aparece formalmente en 1994 y consistió de 16 computadoras con procesador DX4 —el antecesor al Pentium— conectadas en red a una velocidad de transmisión de 10MBit/s —rendimiento estándar para red rápida—. Se le considera el primer *cluster* de PC exitoso en el medio

académico. Algunos factores importantes que influyeron en su rápida adopción fueron:

- Costos bajos en prácticamente todos sus componentes electrónicos tales como microprocesadores, tarjetas madre, discos, memorias, tarjetas de red, de video, etcétera.
- La disponibilidad de un arsenal de *software* libre gratuito, en particular el sistema operativo Linux/GNU y compiladores de GNU para lenguajes de cómputo científico basados en C y Fortran.
- Los primeros fabricantes de máquinas paralelas desarrollaron sus propias bibliotecas para comunicación entre procesadores, el inconveniente fue que no eran portables a máquinas de otros fabricantes. Con el tiempo se desarrollaron herramientas de programación paralela de dominio público, como bibliotecas de envío de mensajes, analizadores de código, herramientas para análisis de rendimiento y administración de tareas. Esto permitió la portabilidad a los *clusters* Linux con un mínimo de esfuerzo.

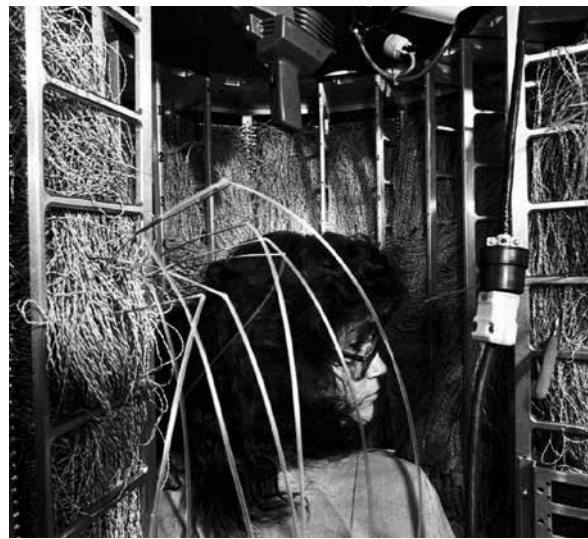
Los *clusters* de PC permitieron resolver problemas de gran reto con una fracción del costo de las supercomputadoras —alrededor del 10%—. Un artículo publicado en 1997 por el equipo de Becker y Sterling señala: «Recientemente, un [*cluster*] *Beowulf* de 16 procesadores, que costó menos de 50 mil dólares, sostuvo 1.25 GFlop/s». Actualmente los *clusters* de las grandes instalaciones llegan a costar decenas o cientos de millones de dólares, pero con una gran cantidad de poder de cómputo: del orden de cientos de miles de procesadores, y rendimientos de billones de operaciones por segundo (PFlop/s).

Debido al éxito de estos proyectos surgió una nueva clasificación: Computadoras tipo *Cluster Beowulf* (BCC, por sus siglas en inglés), que ahora son el segmento con más rápido crecimiento en el mercado del cómputo de alto rendimiento y está vigente en todos los segmentos del cómputo moderno.

Toda la información sobre el proyecto *Beowulf* se encuentra disponible en www.beowulf.org, así como listas de discusión para diversos tipos de *hardware*, compiladores, bibliotecas, referencias a otros proyectos en el mundo; además de una distribución de Linux llamada Scild para instalar de manera rápida desde decenas a miles de nodos en un *cluster*. Otras distribuciones que surgieron fueron *Rocks Cluster*, OSCAR y OpenMosix, entre otras;



■ Cluster Linux.



■ Proceso de alambrado de la Cray I.

además de las hechas a la medida del *hardware* de las grandes empresas como Cray, IBM o HP.

Desde el año 2000, los equipos vectoriales y paralelos han sido desplazados de la lista de las 500 máquinas más veloces del mundo por *clusters* tipo *Beowulf*. Muchos detalles sobre estos poderosos equipos pueden consultarse en libros y en sitios públicos en internet, al igual que los diferentes *clusters* que se han construido hasta llegar a los *superclusters*, a tal grado que la diferencia entre BCC y supercomputadora prácticamente ha desaparecido.

Algunos proyectos en que se están utilizando los *clusters* modernos son: dinámica del campo magnético terrestre, ingeniería y física de reactores nucleares, aceleradores y choques de partículas, análisis de secuencias de genoma humano, animal y de plantas, diseño de proteínas, simulación de choques de autos, evolución de huracanes, análisis de datos cifrados y crudos. Y la última tendencia que es manejo de grandes volúmenes de información con una gran diversidad de datos, como Google, en lo que se conoce como *Big data*.

El futuro cercano

Los dispositivos móviles son ahora una tendencia para conectarse a grandes infraestructuras pero siguen siendo éstas las que hacen las tareas pesadas. Hay experimentos de *clusters* de dispositivos móviles pero su uso para servicios aún es incipiente. No sabemos si un día la infraestructura será totalmente móvil y reconfigurable o si siempre habrá grandes *clusters* y centros de datos anclados geográficamente. ☺

Enrique Cruz Martínez. Profesor-Investigador de la UACM de la academia de matemáticas y fundador del Laboratorio de Cómputo para la Enseñanza de las Ciencias (LACEC)

Glosario:

- **Bit/s.** Velocidad de transmisión de la información. Se utilizan los prefijos griegos kilo (k), mega (M), tera (T) y peta (P) para indicar miles, millones, miles de millones, o billones de estas unidades respectivamente.
- **Flop/s.** Número de operaciones aritméticas de punto flotante por segundo. Por ser computacionalmente más complicadas que las operaciones con enteros, se convirtieron en la medida estándar para referirse a la velocidad de procesamiento.
- **DX4.** Procesador Intel de la familia del 80486 de 100 MHz.

Para saber más:

- Becker, D. et al (1997), *Beowulf: Harnessing the Power of Parallelism in a Pile-of-PCS*. *Proceedings, IEEE Aerospace Conference*.
- Computer History Museum. <http://www.computerhistory.org/>
- Joshi, R. U. (22 de agosto de 2002) Procesamiento paralelo sobre Linux con PVM y MPI, traducción al español por Miguel Palomera. *La gaceta de Linux*. Recuperado de <http://www.gacetadelinux.com/es/1g/issue65/joshi.html>
- Proyecto *Beowulf*: <http://www.beowulf.org/>
- Supercomputadoras Cray: <http://cray.com/Home.aspx>
- Las máquinas más veloces del mundo: www.top500.org
- Thomas Sterling (2001) *Beowulf Cluster Computing with Linux*, USA: MIT Press.
- La evolución de las computadoras es muy interesante, te invito a visitar el museo virtual de la historia del cómputo en <http://www.computerhistory.org>.