



OFERTA DE SERVICIOS CCAD

Prestaciones profesionales, tarifas y honorarios

Russo, Antonio J. (antonio.russo@unc.edu.ar)¹, Bederián, Carlos S. (bc@famaf.unc.edu.ar)¹,
Wolovick, Nicolás (nicolasw@famaf.unc.edu.ar)¹ y Reula, Oscar (oreula@unc.edu.ar)¹

¹Centro de Computación de Alto Desempeño - Universidad Nacional de Córdoba

31 de Enero de 2016

Índice general

1	Introducción	5
1.1	Computación de Alto Desempeño	5
1.2	Las ventajas de poseer un cluster computacional	6
1.3	El CCAD-UNC	7
2	Propuesta de servicios	9
2.1	Áreas de competencia	9
2.2	Fase de licitación	10
2.2.1	Servicios CCAD-UNC	11
2.2.2	Referencias CCAD-UNC	11
2.3	Alojamiento	12
2.3.1	Servicios CCAD-UNC	12
2.4	Fase de instalación	13
2.4.1	Servicios CCAD-UNC	15
2.5	Administración y gobernanza del cluster	16
2.5.1	Gestión de modificaciones y trazabilidad	19
2.5.2	Vigilancia de las infraestructuras	20
2.5.3	Redundancia y alta disponibilidad	23
2.5.4	Supervisión de la utilización de los recursos	24
2.5.5	Tratamiento de incidentes	26
2.5.6	Gestión de problemas	28
2.5.7	Servicios avanzados para los usuarios	28

2.6	Desmantelamiento	30
3	Tarifas y honorarios	32
3.1	Método de cálculo	32
3.2	Honorarios en la fase de licitación	33
3.3	Tarifas en la fase de instalación	34
3.3.1	Bloque SERVICES	34
3.3.2	Bloque STORAGE	34
3.3.3	Bloque USER SPACE	35
3.4	Tarifas en la fase de administración	35
3.4.1	Administración de sistema	35
3.4.2	Capacitación de personal técnico	37
3.4.3	Capacitación de usuarios	37
3.4.4	Honorarios por prestaciones específicas	37
3.5	Tarifas en la fase de desmantelamiento	37
	Bibliografía	38
	Abreviaturas	40

Índice de figuras

2.1 Estructuración de la arquitectura software	14
2.2 Diagrama de actividades de un fallo	17
2.3 Esquema temporal de los parámetros usados para evaluar la calidad global del servicio . .	18
2.4 Bloques funcionales	22
2.5 Funcionamiento de HPC-Stats	25
2.6 Matriz de calificación de incidentes	27

Capítulo 1

Introducción

1.1 Computación de Alto Desempeño

El término Computación de Alto Desempeño (CAD) del inglés *High Performance Computing* (HPC) no posee, al momento de la redacción del presente documento, una definición universalmente aceptada en el ámbito académico. A menudo, los actores que conforman la disciplina de la computación moderna tienen la tendencia a utilizar la sigla CAD ya sea para referirse a ciertas prácticas en ingeniería de software que para hablar de algunos tipos de infraestructuras hardware.

El Profesor Jack Dongarra de la Universidad de Tennessee (USA), considerado como uno de los referentes a nivel mundial en la materia, nos propone la siguiente definición: «*High-performance computing most generally refers to the practice of aggregating computing power in a way that delivers much higher performance than one could get out of a typical desktop computer or workstation in order to solve large problems in science, engineering, or business*» [1].

Sin embargo, una definición mas precisa de CAD debería incluir todas las tecnologías de procesamiento en paralelo de un gran volumen de información, de manera rápida y fiable.

Completando la definición de Dongarra, podemos afirmar que el termino CAD es una práctica que consiste en concebir, desarrollar e instalar sistemas de computación dedicados al tratamiento de problemas industriales o académicos complejos que poseen la capacidad de :

- realizar varios miles de millones de operaciones de coma flotante por segundo - *FLloating-Point Operations Per Second* (FLOPS);
- almacenar varios terabytes de datos, pudiendo acceder a los mismos en todo momento con un rendimiento cercano al de un dispositivo de memoria masiva de un ordenador personal;
- paralelizar las tareas entre los procesadores disponibles y comunicar los cambios de estado en

tiempo real de manera eficiente en términos de escalabilidad;

- opcionalmente, visualizar una representación tridimensional de los resultados obtenidos a partir de los cálculos efectuados.

Un **cluster computacional (o de cálculo)** es una infraestructura que posee las capacidades listadas anteriormente. De manera simplificada, es posible representar un cluster computacional como una red de ordenadores que trabajan conjuntamente y en paralelo con el objetivo de resolver problemas complejos. Los ordenadores que forman parte de esta red, se denominan nodos de cómputo y pueden comunicar entre sí a gran velocidad como así también acceder a un espacio de almacenamiento de datos compartido.

1.2 Las ventajas de poseer un cluster computacional

Los avances tecnológicos y el desarrollo continuo de casi todas las áreas de la ciencia y la ingeniería, requieren el diseño de nuevas soluciones para el procesamiento de grandes cantidades de datos con el objetivo de poder resolver un número elevado de problemas complejos en un plazo razonable.

La computación científica es la disciplina que se ocupa de diseño de modelos matemáticos y métodos numéricos para resolver de manera eficiente estos problemas complejos mediante el uso de computadoras. Debido a los requisitos en términos de capacidad de cálculo y de memoria, los problemas abordados por la computación científica serían inmanejables sin recurrir a la utilización de computadoras paralelas.

El paralelismo es una consecuencia de la limitación física que presupone el aumento continuo de la velocidad de reloj del procesador: como la disipación de energía aumenta cuadráticamente respecto a la velocidad del reloj, los chips tienden a calentarse de sobremanera y fundirse si la velocidad del reloj alcanza un umbral determinado. Con el fin de superar esta limitación y poder realizar más operaciones por segundo, los fabricantes de chips producen procesadores que incorporan múltiples núcleos de procesamiento. Siguiendo el mismo principio, los fabricantes de computadoras producen máquinas paralelas mediante la integración de varios servidores.

Los clusters computacionales son máquinas paralelas, que además de disponer de una gran capacidad de cálculo, también poseen las tecnologías necesarias para compilar y ejecutar aplicaciones capaces de explotar, de manera transparente para los usuarios, ciertos mecanismos estandarizados de paralelización adaptables a diferentes arquitecturas de hardware.

En concreto, se utiliza la CAD para modelar fenómenos complejos a través de la implementación de modelos matemáticos cuyos resultados se obtienen gracias a la utilización paralela de varios miles de procesadores. Por ejemplo, un modelo cuya resolución implique 24 horas de cálculo en una computadora hogareña, tomaría sólo unos pocos segundos en un cluster computacional. O bien, se podría resolver en menos de 24 horas el mismo modelo, con un caso de base 12.000 veces mayor testeando la sensibilidad sobre más de 5.000 parámetros.

Estas ganancias de tiempo (o de fiabilidad) pueden reducir los costos en cada una de las etapas de desarrollo de un producto (diseño, optimización, validación) y potencialmente afectan muchas áreas de aplicación industrial como los sectores automotriz y aeroespacial, energético, químico, financiero o sectores de punta como el estudio de los nano-materiales, la biomedicina o la bio-genética aplicada a la producción de alimentos.

En sectores como el aeroespacial y el automotriz, las principales empresas a escala internacional están invirtiendo masivamente en el uso de clusters computacionales para mejorar los métodos de diseño de sus productos. Estas industrias se están moviendo hacia una metodología de prototipos virtuales, mediante la cual automóviles o aviones están siendo completamente simulados antes de ser construidos. De la misma manera la industria energética realiza simulaciones en prototipos de turbinas eólicas o bien modeliza el comportamiento de las capas geológicas antes de realizar una perforación. La simulación numérica ayuda a mejorar la competitividad de los sectores a través del aumento de la productividad y de la reducción de los costos, puesto que los prototipos reales son muchos más costosos que las infraestructuras de cálculo que los reemplazan.

1.3 EI CCAD-UNC

El Centro de Computación de Alto Desempeño de la Universidad Nacional de Córdoba (CCAD-UNC) es un organismo dependiente del área central de la Universidad Nacional de Córdoba que tiene, entre otros, los siguientes objetivos:

- desarrollar y proveer recursos transversales en el área de la computación de alto desempeño y otras tecnologías emergentes asociadas;
- contribuir a la formación de recursos humanos altamente calificados;
- asistir a los investigadores en la utilización y el desarrollo de programas de simulación computacio-

nal de alto desempeño, en adecuación con las infraestructuras de cálculo disponibles;

- participar en los sistemas nacionales de computación de alto desempeño promoviendo la utilización de estándares que faciliten las colaboraciones interdisciplinarias a nivel regional e internacional.

Para poder efectuar las tareas requeridas para el cumplimiento de dichos objetivos el CCAD-UNC cuenta con un equipo de expertos, en su mayoría científicos y tecnólogos repatriados, y recursos económicos provenientes de fuentes de financiamiento institucionales (Universidades u otros organismos) o de actividades de consultoría externa a empresas industriales privadas o públicas.

Actualmente el CCAD-UNC administra 2 clusters computacionales, que fueron los de mayor poder de cálculo en Argentina al momento de entrar en producción ¹. Todos los miembros del equipo técnico, habiendo participado en proyectos internacionales, poseen sólidos conocimientos de administración de sistemas en clusters computacionales con altos requerimientos de disponibilidad y fiabilidad.

En la actualidad el CCAD-UNC brinda servicios computacionales a más de 10 Universidades Nacionales y más de 50 grupos de investigación de todo el país. El CCAD-UNC ha desarrollado además un amplio programa de vinculación internacional que incluye intercambios con organismos estatales como el *Laboratório Nacional de Computação Científica* (LNCC) en Brasil, el *Barcelona Supercomputing Center* (BSC) en España y el *Centro Svizzero di Calcolo Scientifico* (CSCS) en Suiza.

A nivel industrial se establecieron protocolos de colaboración con el *Centre de Compétences National sur le Calcul Haut Performance* (CCN-HPC) de la empresa estatal de electricidad francesa (EDF SA) y con el equipo de desarrollo del Sistema de Adquisición y Diseminación de Imágenes (SADI) de la empresa INVAP SE.

¹En el año 2010 el cluster Cristina (https://es.wikipedia.org/wiki/Cristina_%28supercomputador%29) y en el año 2014 el cluster Mendieta (<http://lartop50.org/en/>)

Capítulo 2

Propuesta de servicios

2.1 Áreas de competencia

Por medio del presente documento, el CCAD-UNC se propone como Centro de Competencias de CAD y formaliza su oferta de servicios, con el fin de ofrecer a las entidades y/o empresas interesadas un conjunto de informaciones necesarias en el proceso de decisión inherente a la adquisición de un cluster computacional.

El CCAD-UNC cuenta actualmente con 3 áreas de competencia, necesarias para cubrir la vida útil de un cluster de cálculo o visualización. Estas áreas son:

1. Arquitecturas y procesos de calidad de software para sistemas de CAD.
2. Desarrollo y optimización de software de computación científica.
3. Desarrollo y administración de sistemas operativos orientados a la CAD.

Las diferentes competencias de cada miembro del equipo son puestas a disposición de todo el personal del CCAD-UNC a través de una base documental interna y un intercambio regular de información. Esto significa que estamos en condiciones de garantizar la versatilidad de todos los perfiles manteniendo en todo momento la calidad del servicio. El director del CCAD-UNC garantiza la consistencia de la base documental como así también el mantenimiento de esta dinámica de intercambios. Esta organización asegura a nuestros usuarios la continuidad de los servicios ofrecidos aun en caso de ausencias prolongadas.

2.2 Fase de licitación

El proceso de preparación y redacción del pliego de licitación para la compra de un cluster computacional es una fase crucial que condiciona todas las etapas posteriores. Un pliego de licitación con omisiones se traduce en una infraestructura de bajo rendimiento, pues las multinacionales que proveen este tipo de tecnología son propensas a proponer materiales de segunda o tercera generación a los nuevos clientes, reservando las novedades para sus clientes habituales. Por el contrario, un pliego de licitación con demasiados requisitos y/o restricciones implica automáticamente una ausencia de los principales proveedores y en consecuencia un aumento de los costos debido a la falta de competencia en términos mercantiles.

A su vez, es importante establecer criterios de participación formales y objetivos ya que muchos actores carecen de competencias para formular una oferta coherente, desconocen la normativa y los procedimientos aduaneros y no poseen la capacidad logística para instalar los equipos en tiempo y forma.

Una práctica muy difundida actualmente en los países en desarrollo es la propuesta por parte de los proveedores de sistemas de CAD «llave en mano». Este tipo de soluciones, que a priori pueden parecer interesantes, deben ser evitadas ya que no implican una transferencia tecnológica real sino ciertos derechos de utilización. **Un sistema de CAD «llave en mano» relega el sistema científico y tecnológico de nuestro país al rol de mero consumidor, cercena nuestra soberanía económica y disminuye nuestro potencial de crecimiento mediante el dominio de las tecnologías de punta.**

Existen además una serie de variables técnicas que inciden fuertemente sobre la conformación del precio de compra o dicho en otros términos la relación precio/TFLOPS efectivo. En efecto, el precio del TFLOPS en una supercomputadora determinada depende de diferentes factores, a saber:

- la sincronización del calendario de la licitación con la hoja de ruta (*road-map*) de los fabricantes de procesadores a fin de obtener la última generación de chips a un precio razonable;
- la densidad y la potencia de los procesadores que determinan el número de nodos de cálculo necesarios para obtener 1 TFLOPS;
- la relación entre el número de nodos de cálculo y el número de conmutadores de la red de interconexión rápida;
- La capacidad de lectura y escritura de datos del sistema de archivos paralelos que dependerá del número de nodos y de las capacidades de la red de interconexión rápida en términos de ancho de

banda y latencia.

Otros aspectos importantes que determinan el *Total Cost of Ownership* (TCO) de un cluster computacional además de la compra del hardware y los servicios asociados (instalación de los componentes, reemplazo de piezas defectuosas, garantía de rendimiento, etc.) son los servicios que permiten su normal funcionamiento. Estos servicios pueden agruparse por categorías:

- Alojamiento de la infraestructura.
- Instalación del software y puesta en marcha.
- Administración del sistema.
- Desmantelamiento de la infraestructura.

Una parte importante de los costos asociados a los servicios descritos anteriormente es influenciada por las decisiones que se toman en la fase de licitación.

2.2.1 Servicios CCAD-UNC

En esta fase, el CCAD-UNC ofrece un servicio de soporte técnico integral que comprende:

- redacción de estudios de factibilidad del proyecto y análisis de las necesidades de los diferentes grupos de investigación, futuros usuarios del cluster;
- elaboración de escenarios de configuración material posibles basados en las disponibilidades financieras y en estado de las diferentes tecnologías que incluyen un análisis de impacto en términos de TCO;
- elaboración de las especificaciones técnicas y de la batería de pruebas para verificar su cumplimiento;
- asistencia en el proceso de redacción del pliego de condiciones de la licitación;
- asistencia en el proceso de selección del proveedor incluyendo las reuniones de presentación de las propuestas de los participantes a la licitación.

2.2.2 Referencias CCAD-UNC

El CCAD-UNC tiene más de 6 años de experiencia en todo el proceso de puesta en marcha de clusters de alto desempeño, desde el diseño de los pliegos de licitación, hasta la instalación y puesta a punto del software pasando por todas las etapas intermedias.

Cristina, su primer cluster, fue licitado en 2009, entregado en Diciembre de 2009 y puesto en marcha en Marzo de 2010. Esta instalación implicó durante el año 2009 el armado de la sala de servidores con todos los requerimientos especiales de alimentación eléctrica, piso técnico y enfriamiento.

Por su parte, el cluster Mendieta se armó en dos fases. La primera fase tuvo una demora desde el llamado de licitación hasta la puesta en marcha de un año y dos meses. La segunda fase tuvo una demora de un año y un mes, con un tiempo de puesta en funcionamiento desde la entrega de una semana. Estos plazos muestran la eficiencia del Centro en la ejecución de los fondos, y por lo tanto en el uso del presupuesto.

2.3 Alojamiento

El CCAD-UNC posee un datacenter propio ubicado en el edificio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales situado en Ciudad Universitaria de la ciudad de Córdoba. Esta sala permite el alojamiento de clusters de pequeña dimensión con bajos requerimientos en términos de disponibilidad.

Gracias a un acuerdo de colaboración en curso de aprobación, a partir de 2016 el CCAD-UNC tendrá acceso a las salas del datacenter de ARSAT situado en la localidad de Benavidez, Provincia de Buenos Aires.

El datacenter de ARSAT, es el único edificio de este tipo ubicado en el territorio nacional (y uno de los pocos de Latinoamérica) que posee las certificaciones *Tier III* del *Uptime Institute*, la principal autoridad en la materia. Esto implica una disponibilidad de la infraestructura electromecánica del 99,982 % y la garantía de funcionamiento ininterrumpido de la infraestructura informática que, en función de tener redundancia N+1, puede ser sometida a mantenimientos preventivos y programados, sin cortes en la operación.

El datacenter cuenta con cuatro salas dedicadas a la prestación de servicios y posee una capacidad total para el alojamiento de infraestructura tecnológica de 600 racks.

2.3.1 Servicios CCAD-UNC

El CCAD-UNC posee las competencias necesarias para evaluar la mejor solución de alojamiento y producir un informe objetivo basado en los siguientes criterios:

-
- **Características técnicas.** Redundancia de los equipos de alimentación energética y refrigeración, ancho de banda y estabilidad de las conexiones, aislamiento térmico y sellado de las salas, optimización de los flujos de aire, dispositivos o soluciones propuestas para la protección de las vibraciones, presencia de jaulas de aislación electromagnética.
 - **Seguridad y servicios in-situ.** Sistema de protección anti-incendio, control de acceso al edificio y a las salas, sistemas de videovigilancia y alarmas en caso de intrusión, sistemas de monitoreo, disponibilidad y capacidades técnicas de los operadores, adecuación a las normas de seguridad laboral.
 - **Localización geográfica.** Accesibilidad por medios terrestres y aéreos, servicios de proximidad (hotelería, restaurantes, hospitales, fuerzas de seguridad), conectividad a la Red de Interconexión Universitaria (RIU), latencia media entre los centros neurálgicos de usuarios y la supercomputadora, zona climática en la cual está situado, grado de peligrosidad sísmica y/o la proximidad a fuentes de vibraciones (vías férreas, implantes industriales, etc).
 - **Eficiencia económica.** Métodos de cálculo usados para calcular el índice de *Power Usage Effectiveness* (PUE), impacto del servicio de alojamiento en la amortización del cluster, existencia de costos encubiertos, claridad y simplicidad de los métodos de facturación, compatibilidad de los procesos contables con las exigencias de la Administración Pública.

2.4 Fase de instalación

La instalación de un cluster computacional constituye un proyecto en sí mismo debido a la gran cantidad de tareas que deben ser coordinadas entre los diferentes actores que participan. La instalación física de los componentes materiales es una parte importante del proyecto, pero el verdadero desafío lo constituye la instalación del software.

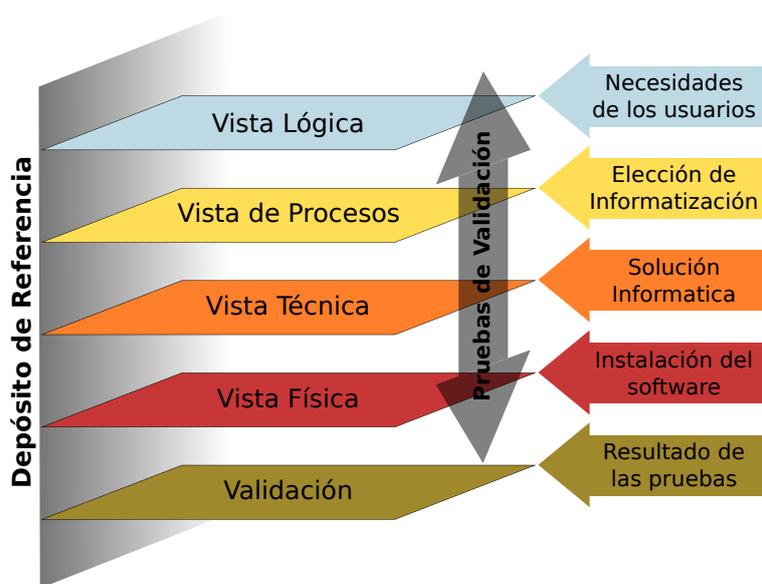
Instalar (y administrar) nodos de supercomputación es una tarea que requiere un método industrial riguroso. El sistema operativo en cada nodo de cálculo debe ser idéntico en lo que respecta a los programas binarios, mientras que al mismo tiempo se personalizan los archivos de configuración a fin de mantener la coherencia del conjunto. La menor desviación entre los sistemas operativos de cada nodo o un archivo de configuración incorrecto pueden provocar una interrupción total o parcial del cluster.

Por este motivo, es que en el CCAD-UNC dedicamos una parte importante de nuestro tiempo en concebir arquitecturas software modulares con métodos de instalación rápidos, reproducibles y estables.

La participación activa en la fase de licitación nos permite elaborar anticipadamente una arquitectura software adaptable y evolutiva capaz, no solo de instalar el sistema operativo y el software necesario para ejecutar correctamente las aplicaciones científicas, sino también de optimizar la fase de administración del cluster computacional.

Nuestra arquitectura se estructura alrededor de un repositorio de referencia que contiene la configuración de cada uno de los servicios que componen los bloques funcionales del cluster. Dicha arquitectura se formaliza a través de un documento único que describe todos los aspectos de la solución adaptando el modelo de Philippe Kruchten [2] originalmente pensado para aplicaciones. La siguiente figura ilustra la esencia de nuestra arquitectura software:

Figura 2.1: Estructuración de la arquitectura software



El repositorio de referencia contiene el código fuente capaz de generar automáticamente todos los elementos de configuración de un nodo, como por ejemplo los paquetes software que deberán ser instalados, los archivos de texto que deberán ser creados, suprimidos o modificados, los servicios que deberán ser activados, etc. Este código está organizado en módulos evolutivos capaces de proveer un conjunto coherente de funcionalidades. Conjuntamente, se crean las pruebas que validan las funcionalidades definidas en cada módulo. Las vistas plasmadas en el documento único describen los módulos focalizando la atención en diferentes ángulos.

En práctica, los cambios se realizan en el documento, a continuación en las pruebas y, finalmente, en

el código que representa el estado actual de la tecnología según los conocimientos de nuestros equipos técnicos.

Nuestra solución de instalación y configuración automática para supercomputadoras (equipadas de nodos con o sin disco duro local), desarrollada en colaboración con nuestros centros asociados, garantiza un control total de los sistemas operativos instalados. Esta solución es adaptable a todo tipo de clusters «*Beowulf*» y gracias al soporte del protocolo *BitTorrent* su escalabilidad aumenta con el número de instancias, pudiendo instalar en pocos minutos supercomputadoras de más de 2.000 nodos de cálculo.

Gracias a la trazabilidad de todos los módulos que componen la arquitectura, en caso de una crisis mayor, es posible reinstalar completamente un cluster presente en nuestra base de datos **en menos de una hora**.

2.4.1 Servicios CCAD-UNC

El CCAD-UNC es en la actualidad el único Centro del país en grado de ofrecer conjuntamente los siguientes servicios en la fase de instalación de un cluster computacional:

- **Identificación automática de nodos.** Nuestro sistema de instalación cuenta con un mecanismo de descubrimiento de nodos que localiza las direcciones *Media Access Control* (MAC) de las tarjetas de red y genera automáticamente la configuración del servidor DHCP.
- **Soporte multi-sistema y multi-versión.** En la actualidad soportamos la instalación de las versiones 6 y 7 del sistema operativo *Red Hat Enterprise Linux* (RHEL) (o CentOS) y las versiones 7 y 8 del sistema operativo Debian (o Ubuntu).
- **Soporte multi-dispositivo.** Los sistemas operativos soportados pueden ser instalados en dispositivo de memoria masiva (discos magnéticos, unidades de estado sólido, etc.) o en dispositivos de memoria volátil (microchips de *Random Access Memory* (RAM)). Las instalaciones en RAM son configurables en caliente y gracias a la utilización de un sistema de archivos UNION los archivos binarios se distribuyen en un formato comprimido utilizando un espacio mínimo.
- **Distribución por imágenes o por paquetes.** Las instalaciones se perfeccionan en los nodos mediante la distribución de imágenes pre-generadas automáticamente o bien mediante la distribución de paquetes software que permiten la personalización de cada nodo del cluster.
- **Distribución multi-protocolo.** El mecanismo de distribución de imágenes soporta los protocolos

TFTP, HTTP y BitTorrent, permitiendo una escalabilidad en adecuación con la cantidad de nodos a instalar.

- **Acoplamiento del gestor de configuración.** El sistema de instalación se acopla perfectamente con el gestor de configuración centralizado, permitiendo de esta manera reducir considerablemente el tiempo de instalación como así también la posibilidad de errores manuales.

2.5 Administración y gobernanza del cluster

La administración del sistema de un cluster computacional posee varios puntos en común con la administración clásica de una red de ordenadores o de un parque de servidores. Sin embargo, una diferencia fundamental que determina la complejidad de las tareas relacionadas con la administración del sistema de un cluster es la experiencia vivencial del usuario.

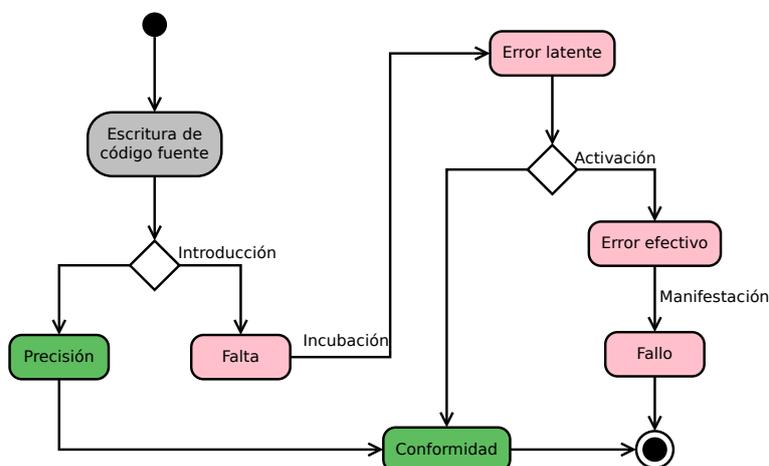
En una red de ordenadores la experiencia del usuario se verá afectada en el caso que su propio equipo (o los servidores de la red) registre algún problema, mientras que en un cluster computacional los problemas de un simple nodo pueden afectar la integridad de todo el sistema e impactar fuertemente sobre los resultados esperados.

El mantenimiento de la coherencia del sistema global en relación con cada una de sus instancias respetando las especificaciones definidas por la arquitectura software constituye el objetivo principal de los administradores de un cluster de cálculo.

La experiencia de los usuarios se ve afectada cada vez que se constata un fallo en el sistema, es decir cuando el servicio prestado no se ajusta a las especificaciones funcionales. La ocurrencia de un fallo se explica mediante la activación de un error presente en el sistema. En este ámbito, un error se define como un estado del sistema, diferente de lo que debería ser, y por lo tanto incapaz de cumplir su misión conforme a las expectativas de los usuarios. En otras palabras, un error es una desviación del estado real o interno del sistema en relación con el estado ideal o lógico. La causa fenomenológica de un error se llama fallo de sistema.

Una falta siempre resulta en un error, sin embargo, el fallo está definido por las interacciones que se producen entre el sistema del cluster y el resto del mundo (usuarios directos e indirectos y otros sistemas). Por esta razón un error permanece latente hasta que se activa. La figura a continuación, ilustra un caso práctico de fallo causado por una falta permanente:

Figura 2.2: Diagrama de actividades de un fallo



En una supercomputadora (como en la mayoría de los sistemas complejos) las faltas se pueden clasificar en 3 categorías:

1. **Transitorias.** Se deben a fenómenos externos de interferencia tales como los errores humanos (apagado involuntario de un nodo de servicio, detención errónea de un servicio, etc.), el electromagnetismo, las variaciones intempestivas de la tensión eléctrica, etc. Su probabilidad es difícil de calcular y desaparecen después de la finalización del fenómeno que las ocasionó.
2. **Aleatorias.** Desperfectos de hardware causados por el desgaste prematuro o el envejecimiento de los componentes. Este tipo de faltas están ausentes en la concepción de la arquitectura de software y ocurren al azar con una probabilidad más o menos conocida. Las faltas aleatorias pueden pasar por una etapa intermitente antes de convertirse en permanentes.
3. **Permanentes.** Están presentes en el diseño y/o en la implementación de la arquitectura de hardware (errores de interconexión de los componentes, subestimación de la carga de trabajo, etc.) o de la arquitectura de software (errores de programación, interpretación equivocada de las especificaciones funcionales y/o técnicas , etc.). Las faltas permanentes tienen dos características: permanecen en el sistema hasta su corrección y su corrección puede implicar la generación de nuevas faltas.

La manifestación de un error provoca un fallo y éste altera la tasa de disponibilidad del sistema, definida como el porcentaje de tiempo que el sistema en cuestión se encuentra en funcionamiento y responde a las especificaciones funcionales.

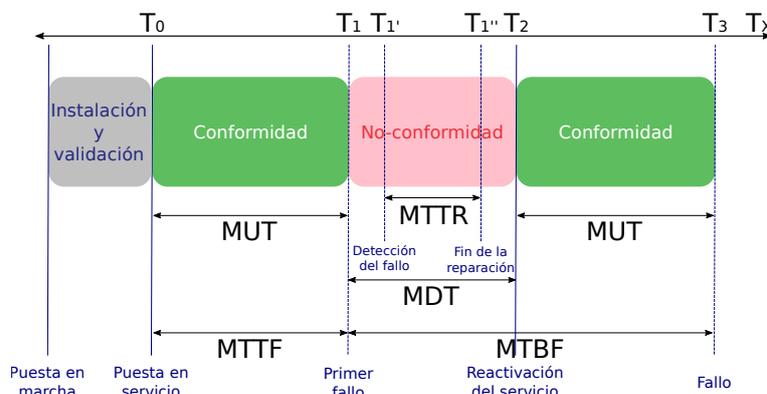
La disponibilidad (D) del sistema se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

MUT, MDT, así también como los otros parámetros presentados a continuación son útiles para establecer una métrica de la calidad global del servicio de administración del sistema. Se trata de valores medios (en el sentido estadístico) de la variable aleatoria T a partir de T_0 (puesta en servicio), a saber:

- *Mean Time To Failure* (MTTF): tiempo promedio de funcionamiento antes del primer fallo.
- *Mean Time To Repair* (MTTR): tiempo promedio de reparación.
- *Mean Up Time* (MUT): tiempo promedio de funcionamiento o conformidad del sistema de acuerdo a las especificaciones después de una reparación.
- *Mean Down Time* (MDT): tiempo promedio de interrupción o de no-conformidad del sistema de acuerdo a las especificaciones.
- *Mean Time Between Failure* (MTBF): tiempo promedio entre dos fallos de sistema.

Figura 2.3: Esquema temporal de los parámetros usados para evaluar la calidad global del servicio



Por las razones hasta aquí expuestas, en el CCAD-UNC definimos la administración del sistema de un cluster computacional en relación a los siguientes objetivos puntuales:

1. Mantener la tasa de disponibilidad del sistema en conformidad con los valores pre-acordados con los organismos de gobierno, en relación a las exigencias de los usuarios y a los recursos financieros disponibles.
2. Reducir la diferencia entre los parámetros MDT y MTTR, es decir detectar rápidamente los fallos y

poseer la capacidad de reactivar el servicio en el menor tiempo posible.

3. Establecer estrategias de redundancia e implementar técnicas de alta disponibilidad a fin de evitar los fallos o al menos reducir el tiempo promedio de reparación.
4. Establecer estrategias de prueba y control de componentes para detectar los errores latentes del sistema, evitando de este modo la activación de los mismos.
5. Poseer la capacidad de medición y evaluación de estos parámetros de calidad.

Para poder alcanzar los objetivos propuestos, el CCAD-UNC ha establecido una serie de prácticas que serán presentadas en los siguientes párrafos. Ellas no deben considerarse de manera exhaustiva sino como un muestreo de nuestra modalidad operativa.

2.5.1 Gestión de modificaciones y trazabilidad

Gracias a su organización modular, la vista técnica del documento único de arquitectura describe de manera estructurada cada uno de los componentes software presentes en el sistema instalado. Este formalismo en la documentación está basado en modelos estandarizados y pone a disposición de todos los integrantes del equipo técnico un lenguaje común y preciso, de gran utilidad a la hora de tomar ciertas decisiones operativas.

La mayoría de los módulos que componen la vista técnica se implementan utilizando un gestor de configuración centralizado. La totalidad de estos módulos conforman el repositorio de referencia de la configuración. La implementación de dichos módulos se concretiza mediante el uso de un lenguaje formal que describe el estado ideal de la configuración de cada uno de los nodos en relación al estado general del sistema del cluster.

Cada uno de los módulos que conforman el repositorio, representa una unidad coherente en relación a las funcionalidades ofrecidas (elemento arquitectónico del proceso de integración) y puede ser compilado de manera independiente.

El catálogo, resultante de la compilación de uno o varios nodos, es aplicado en cada uno de los nodos que conforman el cluster. En este proceso, el gestor de configuración se asegura que el estado real de los nodos corresponda con el estado ideal descrito, realizando las modificaciones necesarias en caso de no-conformidad.

El repositorio ha sido concebido siguiendo la lógica evolutiva de la arquitectura de software, es decir pudiéndose adaptar a los cambios de las especificaciones que generen una modificación de los requeri-

mientos funcionales o no-funcionales.

Servicios CCAD-UNC

Gracias a la utilización de un repositorio de configuración de referencia el CCAD-UNC es capaz de garantizar:

- la trazabilidad completa de todas las modificaciones efectuadas, su asociación con un incidente en particular y los cambios producidos a nivel del sistema;
- el dominio de todos los componentes de la arquitectura de software con una granularidad muy refinada, pudiendo identificar rápidamente las fuentes probables que ocasionan un fallo en el sistema;
- la posibilidad de efectuar un *rollback* del sistema en caso de problemas, pudiendo volver rápidamente a una versión estable, minimizando de esta manera las interrupciones de sistema debidas a un error humano;
- la automatización de más del 80 % de las tareas de administración del sistema, limitando de este modo los errores humanos;
- la escalabilidad y evolución de los sistemas CAD manteniendo constante el número de recursos humanos necesarios para su administración.

2.5.2 Vigilancia de las infraestructuras

La vigilancia y el monitoreo de los componentes de hardware y software de un cluster computacional tienen tres objetivos principales:

1. encontrar en su fase de intermitencia los errores aleatorios para evitar que se conviertan en errores permanentes.
2. Detectar los fallos en el menor tiempo posible y de manera ideal antes de que un usuario los pueda percibir.
3. Limitar el alcance de un fallo mediante el aislamiento del componente sobre el cual se detectaron los problemas.

En general, las técnicas de vigilancia tienen un impacto en el rendimiento nominal de los servicios. Sin embargo, en el sector de CAD, los usuarios no están dispuestos a hacer concesiones en el rendimiento debido a que las fallas ocurren raramente mientras que las aplicaciones científicas funcionan las 24

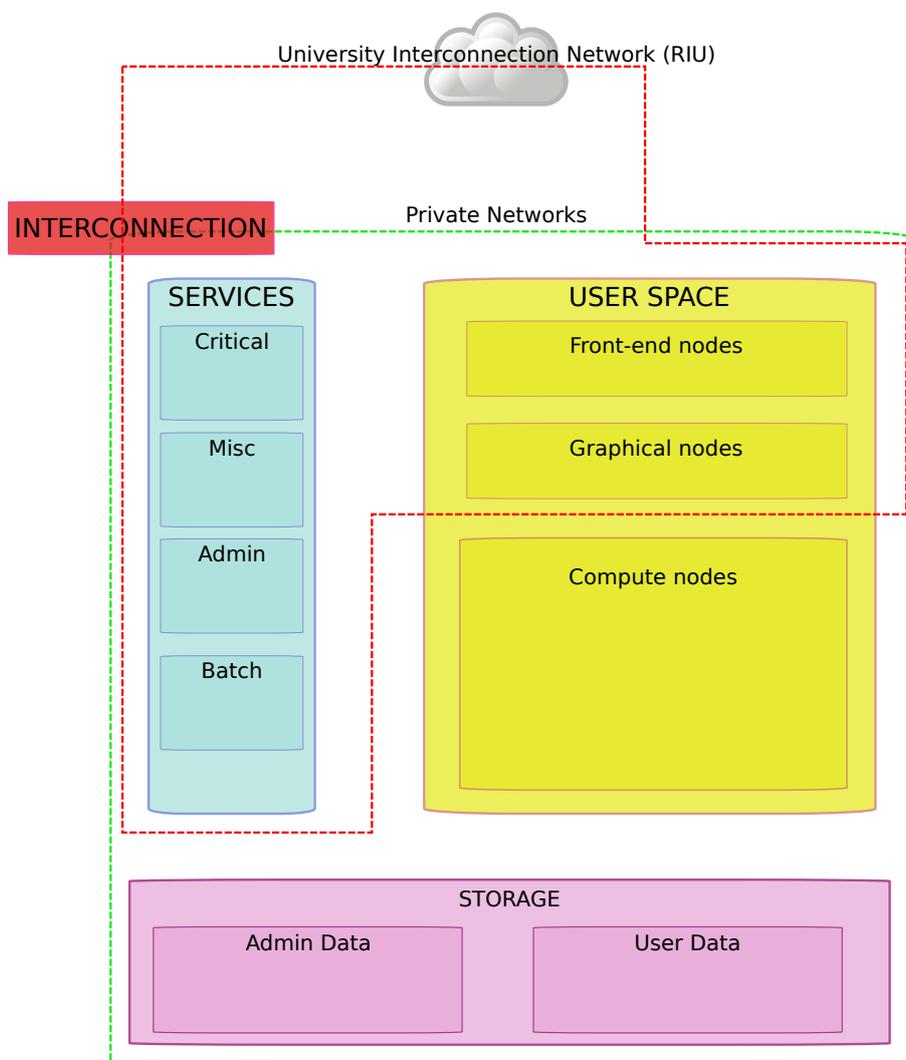
horas los 365 días del año. Teniendo en cuenta estos imperativos, nuestro sistema de vigilancia se basa en dos métodos que poseen diferentes grados de intrusión de acuerdo con las técnicas de monitoreo usadas.

Estos dos métodos de vigilancia se distribuyen en relación a la pertenencia del nodo monitoreado a uno de los siguientes bloques de funcionalidades:

- **User Space.** Contiene las funcionalidades necesarias para garantizar que los usuarios puedan conectarse a la supercomputadora, compilar y ejecutar los programas científicos y acceder a sus propios datos.
- **Storage.** Provee las funcionalidades que permiten el almacenamiento de los datos de los usuarios, como así también los programas y el código fuente utilizado por los administradores para instalar y configurar el sistema.
- **Services.** Este bloque proporciona todos los servicios requeridos por los usuarios (funcionales) o por los administradores (no funcionales) que permiten la coherencia del sistema global en relación con cada una de sus instancias, respetando las especificaciones definidas por la arquitectura software.
- **Interconnection.** Todos los componentes hardware de los bloques anteriores están interconectados a través de varias redes internas (Infiniband, Ethernet). Algunos componentes de la supercomputadora están conectados a la RIU. Con el fin de simplificar la arquitectura, todas las redes se agrupan en este bloque.

La siguiente figura nos proporciona un visión bidimensional de la división por bloques funcionales:

Figura 2.4: Bloques funcionales



En términos de vigilancia, la división por bloques implica que en los bloques *Storage*, *Interconnection* y *Services* se utilice un método que realiza controles periódicos con un espaciamiento temporal reducido a fin de detectar los fallos en el menor lapso de tiempo posible. Los recursos solicitados por este método no tienen ningún impacto en el rendimiento de un nodo de servicio, un nodo de almacenamiento o un conmutador de red. Sin embargo estas perturbaciones regulares pueden tener un impacto significativo en un nodo de cómputo. Por ésta razón, los nodos del bloque funcional *User Space* se controlan con una herramienta menos invasiva, y las pruebas de integridad se activan únicamente entre el fin de un trabajo y el comienzo de una nueva reserva.

Servicios CCAD-UNC

Gracias a la utilización de una arquitectura racional dividida por bloques y distintos métodos de vigilancia el CCAD-UNC es capaz de garantizar:

- la puesta a disposición, para todos los actores implicados, de un flujo de información continuo sobre el estado general del cluster y cada uno de sus componentes esenciales;
- la limitación de daños causados por fallos mediante la exclusión automática de los nodos que no respetan las especificaciones;
- un sistema de notificación automático a los administradores en caso de fallo.

2.5.3 Redundancia y alta disponibilidad

Para limitar el impacto causado por un fallo técnico sea en términos de nivel de servicio percibido por los usuarios sea en términos de disponibilidad real de la infraestructura, algunos servicios de los bloques funcionales *Storage*, *Service* y *User Space* se configuran de manera redundante.

Para ello, se determinan en la fase de licitación los puntos únicos de fallo, es decir los componentes del sistema cuyo fallo provoca la interrupción del cluster computacional. Este análisis es de suma importancia ya que la eficacia de las técnicas de redundancia dependen siempre de la buena combinación entre el hardware y el software.

En general, las técnicas de tolerancia a fallos o alta disponibilidad tienen un impacto positivo en el nivel de servicios ofrecidos pero al mismo tiempo pueden implicar una pérdida en la seguridad general de la supercomputadora. Este impacto negativo concierne los aspectos relacionados con el resguardo o la coherencia de los datos que necesariamente serán replicados en algún punto. Teniendo en cuenta estos principios, las técnicas de redundancia implementadas en nuestra arquitectura de software intentan mantener el equilibrio entre la seguridad y la disponibilidad, y pueden ser clasificadas según 3 criterios:

1. Alta disponibilidad física.
2. Alta disponibilidad lógica integrada.
3. Alta disponibilidad lógica externa.

El objetivo principal de éstas técnicas es la prolongación del tiempo promedio de funcionamiento o conformidad del sistema de acuerdo a las especificaciones (MUT) y su utilización se encuentra condicionada en parte por las limitaciones financieras (a veces asegurar la redundancia completa cuesta

mucho más que perder el servicio) y en parte por los problemas de ingeniería relativos a la integridad y consistencia de los datos durante una conmutación de servicio.

Servicios CCAD-UNC

Nuestro conocimiento de las diferentes técnicas de redundancia y tolerancia a fallos nos permiten:

- concebir sistemas de alta disponibilidad simples que reduzcan los cortes de servicio sin introducir nuevos problemas ligados a la complejidad de la arquitectura o a la seguridad y la coherencia de los datos;
- implementar soluciones efectivas de tolerancia a fallos con un impacto financiero reducido basado en un cálculo racional de beneficios y pérdidas;
- discernir en cada caso cuál es el mejor sistema de alta disponibilidad (equilibrio de carga, estatuto por voto o diferencial) de acuerdo con la problemática a resolver.

2.5.4 Supervisión de la utilización de los recursos

La vigilancia y el monitoreo de las infraestructuras se utilizan para informar sobre la aparición de un fallo en tiempo real a los equipos encargados de la administración del cluster. El objetivo principal en este caso es intervenir rápidamente para restablecer el servicio. Sin embargo, la vigilancia no proporciona una métrica precisa sobre el uso de las infraestructuras, la frecuencia con la cual se producen ciertos acontecimientos y el grado de interrupción del servicio (interrupción total o servicio degradado).

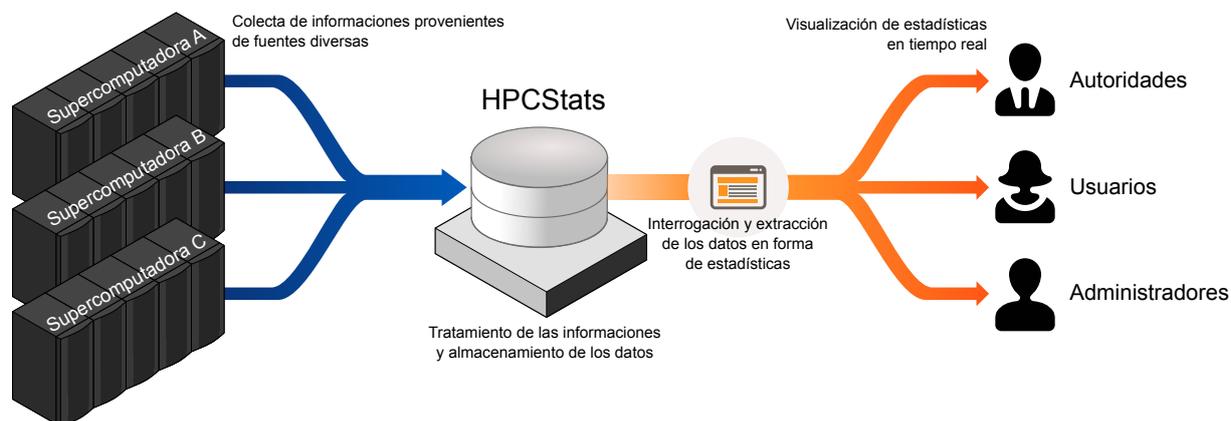
Además, las autoridades a cargo del financiamiento y la gobernanza del cluster necesitan información fiable y precisa sobre la distribución de los recursos computacionales y de su utilización por parte de los distintos grupos de investigación o departamentos. Este tipo de información es esencial en el caso de una apertura hacia otros actores económicos públicos o privados ya que se necesita conocer con precisión la utilización efectiva a fin de establecer la facturación correspondiente.

Para satisfacer estas necesidades, el CCAD-UNC en colaboración con el *Centre de Compétences National sur le Calcul Haut Performance*, desarrollan activamente el programa HPC-Stats, un software que recopila información de diferentes fuentes y genera estadísticas sobre el uso y la disponibilidad de los recursos en clusters de cálculo y/o visualización.

El programa se ejecuta en forma de demonio en un servidor central e importa de manera incremental

los datos proporcionados por los agentes instalados en cada cluster.

Figura 2.5: Funcionamiento de HPC-Stats



Los agentes instalados en los clusters son capaces de proporcionar diferentes informaciones provenientes de fuentes diversas, tales como gestores de recursos (SLURM, torque, LSF, etc.), planificadores de trabajo (Maui, SLURM, etc.), directorios de usuarios (OpenLDAP) o herramientas de monitoreo (Centreon, Nagios, etc.). El servidor procesa la información y almacena los datos de manera estructurada en una base de datos relacional. El programa HPC-Stats proporciona también una interfaz web para extraer estadísticas en tiempo real mediante interrogaciones de la base de datos.

Servicios CCAD-UNC

Gracias a la utilización de HPC-STAT el CCAD-UNC es capaz de proveer las siguientes informaciones:

- Tasa de ocupación del cluster en tiempo real y utilización de los recursos de cálculo con diferentes focos de atención (nodos de cálculo, procesadores, espacio de almacenamiento distribuido, etc.).
- Características de los trabajos de cálculo ejecutados por usuario o por cola.
- Consumo de los recursos por usuario, por grupo de pertenencia o por proyecto.
- Tasa de disponibilidad global y parcial, como así también las métricas relacionadas con la calidad de servicio.
- Desempeño global del cluster, tiempos de espera de las colas y tiempos promedio de ejecución.

Cualquier tipo de información deseada por las autoridades o los usuarios que no se encuentre dispo-

nible en la versión actual, puede ser generada gracias a un sistema de *plugins* que permite la implementación de nuevas estadísticas con un esfuerzo de programación relativamente bajo.

2.5.5 Tratamiento de incidentes

La norma ISO/IEC 20000 define un incidente como «any event which is not part of the standard operation of a service and which causes or may cause an interruption to, or a reduction in, the quality of that service». En términos de ingeniería de software e infraestructuras se puede definir un incidente como la constatación de un fallo en el sistema, es decir cuando el servicio prestado no se ajusta a las especificaciones funcionales.

Las técnicas presentadas en las secciones precedentes (trazabilidad, vigilancia y alta disponibilidad) tienden a disminuir el número de incidentes y mejorar de este modo la percepción de los usuarios con respecto a los servicios ofrecidos por el cluster computacional. No obstante, todos los esfuerzos dedicados en implementar estas técnicas pueden resultar en vano si no se posee un tratamiento adecuado de los incidentes.

El tratamiento de los incidentes representa la reactividad de la organización en el momento más crítico, es decir cuando el usuario constata un problema que le impide de proseguir con su trabajo.

En el CCAD-UNC los incidentes son tratados siguiendo una grilla de prioridades basada en dos ejes: la severidad de los mismos de acuerdo al impacto sobre las necesidades de los usuarios o la seguridad de la infraestructura y la criticidad de acuerdo a las exigencias de producción. La calificación de prioridad determina la urgencia con la cual es tratado el incidente como así también la cantidad de recursos asignados al mismo. Dos incidentes con el mismo nivel de prioridad son procesados por orden de aparición (primera entrada primera salida).

Los incidentes pueden ser reclasificados por las autoridades de gobernanza del cluster, ya sea por un error de calificación inicial o por un cambio en las exigencias de producción.

La severidad se define de acuerdo a 3 niveles:

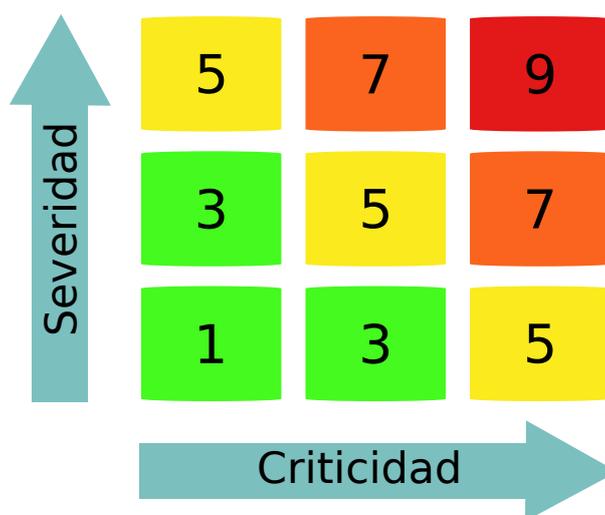
1. Interrupción total o parcial del servicio que afecta a más del 20 % de los usuarios del sistema (5 puntos).
2. Interrupción total o parcial del servicio que afecta a menos del 20 % de los usuarios del sistema (3 puntos).

3. Problema que representa una baja de productividad sin implicar una interrupción del servicio (1 punto).

La criticidad se define también de acuerdo a 3 niveles que consideran el impacto del incidente en la organización del trabajo y el cumplimiento de los objetivos por parte de los usuarios de la supercomputadora:

1. Alta: el incidente acarrea un retraso que compromete la imagen del organismo hacia el exterior (4 puntos).
2. Media: el incidente acarrea un retraso que compromete la organización del equipo de trabajo o su relación con otros grupos en caso de un trabajo interdisciplinario o colaborativo (2 puntos).
3. Baja: el incidente impacta únicamente en el trabajo del usuario directamente implicado (0 puntos).

Figura 2.6: Matriz de calificación de incidentes



Los usuarios pueden seguir el desarrollo del tratamiento a través de una plataforma web que contiene la descripción del incidente, la manera en la cual ha sido calificado y las respuestas aportadas por cada uno de los técnicos que intervienen en su resolución. Así mismo, tienen la posibilidad de intervenir en todo momento para aportar nuevos elementos, participar en la fila de discusión del tratamiento o manifestar su desacuerdo con la calificación del incidente.

2.5.6 Gestión de problemas

En el CCAD-UNC consideramos que la gestión de problemas es la piedra angular de nuestro plan permanente de mejora de la calidad de los servicios ofrecidos.

Los problemas son vistos como parte del proceso de generación de nuevos conocimientos. Por este motivo, inspirados en las prácticas de los proyectos de desarrollo de software libre, compartimos la información disponible con nuestros usuarios y divulgamos cada una de las etapas hasta la resolución de los mismos.

A diferencia de la gestión de incidentes, la gestión de problemas es un análisis de eventos pasados que permiten comprender los errores latentes o activos que se encuentran en los programas, los comportamientos recurrentes de los usuarios en el uso cotidiano del cluster y las probabilidades de que se produzcan nuevos incidentes. Esta anticipación de incidentes futuros nos permite aportar las correcciones necesarias de manera permanente, actualizar el documento de arquitectura, el repositorio de referencia de la configuración y la batería de tests.

El proceso de administración de problemas se estructura en torno a 5 actividades principales:

1. Análisis retrospectivo del incidente y de los caminos de ejecución que llevaron a la activación del error.
2. Identificación de los módulos relacionados con el incidente, corrección de los mismos y adecuación de la documentación y de la batería de tests.
3. Identificación de incidentes potenciales ligados a la activación de errores latentes o a la introducción de nuevos errores.
4. Adecuación de los sistemas de vigilancia para prevenir o disminuir el impacto de futuros incidentes.
5. Comunicación de los procesos y capitalización de los nuevos conocimientos.

Este proceso tiene como objetivos principales la reducción del número de incidentes en producción y los tiempos de resolución de los mismos, la mejora de las propiedades de la arquitectura de software (robustez y evolutividad) y el progreso de los usuarios en el uso de las tecnologías disponibles.

2.5.7 Servicios avanzados para los usuarios

Además de los servicios de administración del sistema informático y soporte a los usuarios en caso de incidente, el CCAD-UNC ofrece una plataforma de asistencia integral a los equipos de investigación

que desean utilizar una infraestructura de simulación de gran envergadura.

Esta plataforma de servicios avanzados ha sido organizada a través de 3 módulos específicos cuyo contenido se detalla a continuación:

- **Soporte aplicativo.** Este modulo ha sido pensado para ofrecer asistencia a los investigadores en la elección de aplicaciones científicas adaptadas a las diferentes etapas del procesamiento de datos de acuerdo al problema a resolver. Partiendo de la experiencia previa de los usuarios en el uso de aplicaciones específicas, se busca orientar a los mismos hacia la utilización de programas que, realizando las mismas tareas, son más apropiados en sistemas de gran magnitud. Dichos programas implementan estrategias avanzadas de paralelismo y ofrecen un mejor rendimiento en términos de eficiencia (aprovechamiento de los recursos) y escalabilidad (resolución del problema en un tiempo menor). Considerando también la necesidad de autonomía tecnológica y la escasez de divisas a la cual nos enfrentamos, ponemos un énfasis particular en la diseminación de aplicaciones distribuidas bajo licencias libres u *open source*.
- **Optimización de código.** Este modulo tiene como objetivo principal el apoyo y la incentivación al desarrollo de códigos científicos por parte de los usuarios. Estos programas, no sólo aumentan nuestra independencia tecnológica sino que también nos posicionan en el contexto mundial como productores de conocimiento. Para ello, ofrecemos un servicio integral basado en métodos ágiles para incrementar la eficiencia de los programas utilizando conocimientos precisos de la arquitectura de los sistemas instalados. También realizamos la gestión de grandes proyectos de desarrollo o de modificación de código, ocupándonos de todos los aspectos técnicos (elaboración de documentos de especificaciones, estrategias y métodos de desarrollo, etc.) y de organización (compulsas para determinar precios y capacidades, gestión de servicios tercerizados, etc.).
- **Adaptación al hardware.** Ofrecemos un servicio de adaptación de códigos a las arquitecturas de hardware optimizadas para el tratamiento del problema a resolver. El CCAD-UNC es el único Centro Oficial de Investigación de *Compute Unified Device Architecture* (CUDA) de la República Argentina ¹. CUDA es un conjunto de herramientas de desarrollo creado por la empresa NVIDIA que permiten el desarrollo de códigos científicos capaces de correr en una tarjeta gráfica, aprovechando las unidades aritméticas y lógicas de las mismas.

Creemos que la existencia de este servicio de avanzada es imprescindible para asegurar el éxito de un proyecto estratégico como la puesta en servicio de una supercomputadora. La falta de disponibilidad

¹<https://developer.nvidia.com/academia/centers?type=5033®ion=5029&country=ar>

en el país de un sistema de éstas características implica la casi completa inexistencia de equipos de trabajo con los conocimientos necesarios para poder servirse del mismo de manera inmediata.

2.6 Desmantelamiento

El desmantelamiento de las infraestructuras de cálculo científico es un proyecto en sí mismo de la misma manera que la instalación del sistema. Durante esta fase se deben tener en cuenta varios aspectos, comenzando por una evaluación objetiva de costos y beneficios para determinar la fecha del desmantelamiento. En otras palabras, en qué momento es más costoso mantener un cluster que reemplazarlo por uno nuevo.

El desmantelamiento implica la gestión de diversas problemáticas de tipo logístico, medioambiental y de seguridad de datos. Por este motivo es necesario comenzar a reflexionar sobre las consecuencias de esta etapa en el momento de la licitación. Algunos contratos de compra incluyen la delegación del desmantelamiento al proveedor del cluster al cabo de un número predeterminado de años, mientras que en otros casos se decide realizar directamente una licitación por el alquiler del cluster con opción de compra (leasing) con el fin de evitar directamente el proceso de desmantelamiento.

Desde nuestro punto de vista, existen además de las mencionadas otras opciones como la segunda vida de los nodos de cálculo en servicios que impliquen una solicitud menos intensiva de los recursos materiales o bien la partición del cluster en pequeñas infraestructuras que podrían ser usadas en el futuro a fines didácticos para formar ingenieros y programadores orientados al HPC. Es claro, que todas las opciones de desmantelamiento deben ser consensuadas previamente a la elaboración del pliego de condiciones de la licitación.

Cada una de estas elecciones implica un impacto medioambiental diferente que debe necesariamente incluirse entre los elementos a tener en cuenta. Del mismo modo, es necesaria una reflexión sobre la continuidad de los datos.

En la actualidad, la gran mayoría de las supercomputadoras en producción poseen una infraestructura local con una capacidad de varios Petabytes (10^{15} bytes) de almacenamiento de datos. Este tipo de arquitecturas ofrece una excelente calidad de servicio en términos de velocidad de lectoescritura pero representa al mismo tiempo un desafío técnico para conservar y transportar esa gran masa de datos, ya que el desmantelamiento de la supercomputadora implica el desmantelamiento del espacio de almace-

namiento de datos. En el CCAD-UNC estamos reflexionando de manera activa en soluciones técnicas que permitan separar la parte de cálculo con la parte de entrada y salida de datos conservando un nivel de calidad aceptable en términos de disponibilidad y rendimiento. De esta manera, se ahorrarían importantes recursos financieros relacionados con la amortización y el desmantelamiento de las infraestructuras de almacenamiento de datos, ya que la vida útil de las mismas es muy superior a la vida útil de los nodos de cálculo.

Servicios CCAD-UNC

Gracias a los conocimientos adquiridos sobre los ciclos de vida de las grandes infraestructuras de cálculo mediante el intercambio de experiencias con nuestros socios extranjeros, en el CCAD-UNC podemos proponer los siguientes servicios:

- redacción de análisis de costos directos e indirectos de la fase de desmantelamiento de acuerdo a los diferentes escenarios de configuración material posibles;
- estudio de las necesidades de los usuarios en relación a la conservación temporal de los datos producto de los resultados de cálculos efectuados en la supercomputadora;
- elaboración de un plan estratégico de «segunda vida» de las infraestructuras de cálculo, teniendo en cuenta los posibles avances tecnológicos en un horizonte de 3 años.

Capítulo 3

Tarifas y honorarios

3.1 Método de cálculo

El método de cálculo para el establecimiento de las tarifas y honorarios está basado en un sistema de puntos que toma en consideración diferentes criterios:

- El número de usuarios del cluster y el método de autenticación al sistema.
- La complejidad de la arquitectura de software del cluster de cálculo.
- La complejidad de la arquitectura de hardware y el nivel de soporte del proveedor.
- El lugar de alojamiento y la facilidad de acceso a los equipos.
- El tiempo transcurrido desde la instalación del cluster.

Dicho sistema ofrece a las autoridades a cargo del financiamiento y la gobernanza del cluster un instrumento transparente para determinar los costos de mantenimiento y administración de la infraestructura de cálculo.

El valor de base del punto corresponde al 4% de un salario mínimo, vital y móvil mensual previsto por el artículo 116 del Régimen de Contrato de Trabajo aprobado por la Ley N. 20.744 (t.o. 1976).

Con la finalidad de respetar los lineamientos del sistema científico nacional en términos de prioridades sectoriales, el CCAD-UNC ha establecido un coeficiente de multiplicación aplicable a los diferentes actores que componen el tejido académico y productivo de nuestro país. Estos coeficientes modifican el valor del punto de base de acuerdo a la siguiente escala:

Sector	Coeficiente de multiplicación
Proyectos o actores considerados estratégicos para el desarrollo de las tecnologías de computación de alto desempeño aprobados por el director del CCAD-UNC	0.50 - 1.15
Universidades nacionales e institutos públicos de investigación con sede en la provincia de Córdoba	0.50
Universidades nacionales e institutos públicos de investigación con sede en otras provincias	0.75
Universidades nacionales e institutos públicos de investigación con sede en países limítrofes o miembros del Mercosur	1.10
Pequeñas y medianas empresas de capital privado definidas por la Autoridad de Aplicación según lo dispuesto en el Artículo 1 del Título I de la Ley N. 25.300	1.20
Empresas públicas (la mayoría del capital es propiedad del Estado Municipal, Provincial o Nacional)	1.00
Otras empresas u organizaciones privadas	1.60

3.2 Honorarios en la fase de licitación

Prestación	Número de puntos
Elaboración de escenarios potenciales de configuración de hardware basados en las necesidades relevadas de los usuarios y en el estado de las tecnologías	40
Redacción de especificaciones técnicas del pliego de condiciones de la licitación	40

Todo tipo de asistencia en el proceso de licitación, incluyendo la selección del proveedor y la participación a las reuniones de presentación de las propuestas se factura sobre la base de jornada laborable. Una jornada laborable de un experto del CCAD-UNC equivale a 8 puntos. Fuera de la ciudad de Córdoba y su área metropolitana, los viáticos se facturan aparte siguiendo la escala vigente para CONICET.

3.3 Tarifas en la fase de instalación

En la fase de instalación las tarifas han sido establecidas siguiendo la organización por bloques funcionales presentada en el capítulo 2. El presente cuadro tarifario presupone un orden de instalación pre-establecido, comenzando siempre por el bloque SERVICES. Las tarifas incluyen la redacción de la documentación técnica del cluster.

3.3.1 Bloque SERVICES

Prestación	Número de puntos
Instalación completa del primer servidor del bloque servicios	120 puntos
Instalación completa de servidores suplementarios	24 puntos
Configuración del servicio centralizado de autenticación o Configuración de una réplica del servicio centralizado de autenticación	12 puntos 40 puntos
Implementación y configuración de la redundancia de todos los servicios	80 puntos

3.3.2 Bloque STORAGE

Prestación	Número de puntos
Instalación y configuración de un sistema de ficheros de red NFS	40 puntos
Instalación y configuración de un sistema de ficheros distribuido GPFS	120 puntos
Instalación y configuración de un sistema de ficheros distribuido LUSTRE	160 puntos

3.3.3 Bloque USER SPACE

Prestación	Número de puntos
Instalación y configuración del primer nodo frontal	24 puntos
Instalación y configuración de nodos frontales suplementarios	8 puntos
Instalación y configuración del primer nodo de cálculo	24 puntos
Instalación y configuración de cada nodo de cálculo suplementario	2 puntos
Instalación y configuración del primer nodo de visualización	64 puntos
Instalación y configuración de cada nodo de visualización suplementario	3 puntos

3.4 Tarifas en la fase de administración

3.4.1 Administración de sistema

En la fase de administración las tarifas han sido establecidas siguiendo una lógica de adicionales según los niveles de servicio demandados, con la finalidad de responder a los requerimientos de calidad establecidos por cada organización. Las siguientes tarifas no incluyen viáticos. Eventuales desplazamientos fuera de la ciudad de Córdoba serán acordados previamente. Las tarifas incluyen la redacción de la documentación destinada a los usuarios del cluster.

Prestación	Nivel de servicio	Condiciones	Número de puntos mensuales
Administración de sistema (incluye vigilancia pro-activa, actualización de software de sistema, manutención del repositorio de paquetes y configuración).	Base		24 puntos
Administración de sistema y equipos (incluye vigilancia pro-activa, actualización de software de sistema, actualización de firmware, intervenciones en sala, manutención del repositorio de paquetes y configuración).	Hasta 50 nodos	Sala UNC	36 puntos
		Sala ARSAT	48 puntos
		Otras salas	72 puntos
	Cada 50 nodos suplementarios	Sala UNC	16 puntos
		Sala ARSAT	24 puntos
		Otras salas	32 puntos
Administración de usuarios (incluye creación, manutención y supresión de cuentas y grupos, creación de espacios comunes de almacenamiento de datos, gestión de cuotas, creación y modificación de políticas de ocupación de los recursos computacionales).	Hasta 50 usuarios		24 puntos
	Cada 50 usuarios suplementarios		16 puntos
Gestión y resolución de incidentes (incluye todos los incidentes de conexión a las cabeceras y/o nodos, compilación de fuentes, ausencia de servicios, ejecución de programas y acceso a los datos de parte de los usuarios del cluster)	Hasta 50 usuarios		40 puntos
	Cada 50 usuarios suplementarios	Mejor servicio posible (best effort)	32 puntos
	Hasta 50 usuarios		80 puntos
	Cada 50 usuarios suplementarios	Servicio dedicado	64 puntos

3.4.2 Capacitación de personal técnico

Las siguientes tarifas no incluyen viáticos. Eventuales desplazamientos fuera de la ciudad de Córdoba serán acordados previamente.

Prestación	Número de puntos
Curso inicial de administración de clusters de calculo (presencial de 3 días)	48 puntos
Curso avanzado de administración de clusters de calculo (presencial de 3 días)	48 puntos
Curso avanzado de administración de clusters de visualización (presencial de 1 día)	24 puntos

3.4.3 Capacitación de usuarios

Prestación	Número de puntos
Curso de utilización racional de los recursos computacionales (presencial de 2 días)	32 puntos

3.4.4 Honorarios por prestaciones específicas

Las prestaciones incluidas en los módulos **soporte aplicativo**, **optimización de código** y **adaptación al hardware** se realizan en modalidad proyecto. El equipo de ingenieros del CCAD-UNC analiza las demandas y elabora un diagrama de Gantt que ilustra las fases del proyecto, las diferentes tareas a realizar en cada fase y los honorarios expresados en puntos.

Una vez obtenido el aval del cliente y establecidas las penalidades en caso de incumplimiento, el CCAD-UNC pone a disposición los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

3.5 Tarifas en la fase de desmantelamiento

Las siguientes tarifas no incluyen viáticos, en caso de intervención en las salas situadas fuera de la *Universidad Nacional de Córdoba* (UNC) los mismos serán facturados siguiendo la escala vigente para

CONICET.

Prestación	Nivel de servicio	Condiciones	Número de puntos mensuales
Backup y transferencia de datos.	Hasta 50 nodos	Sala UNC	8 puntos
		Sala ARSAT	24 puntos
		Otras salas	32 puntos
Desmantelamiento del cluster y borrado seguro de discos.	Hasta 50 nodos	Sala UNC	40 puntos
		Sala ARSAT	80 puntos
		Otras salas	120 puntos
	Cada 50 nodos suplementarios	Sala UNC	12 puntos
		Sala ARSAT	20 puntos
		Otras salas	28 puntos

Bibliografía

- [1] D. Mrozek, *High-Performance Computational Solutions in Protein Bioinformatics*. Springer, 2014, foreword by Jack Dongarra.
- [2] P. Kruchten, "Planos arquitectónicos: El modelo de 4+ 1 vistas de la arquitectura del software," *IEEE Software*, vol. 12, no. 6, pp. 42–50, 1995.

Abreviaturas

BSC *Barcelona Supercomputing Center.*

CAD *Computación de Alto Desempeño.*

CCAD-UNC *Centro de Computación de Alto Desempeño de la Universidad Nacional de Córdoba.*

CCN-HPC *Centre de Compétences National sur le Calcul Haut Performance.*

CSCS *Centro Svizzero di Calcolo Scientifico.*

CUDA *Compute Unified Device Architecture.*

FLOPS *FLoating-Point Operations Per Second.*

HPC *High Performance Computing.*

LNCC *Laboratório Nacional de Computação Científica.*

MAC *Media Access Control.*

MDT *Mean Down Time.*

MTBF *Mean Time Between Failure.*

MTTF *Mean Time To Failure.*

MTTR *Mean Time To Repair.*

MUT *Mean Up Time.*

PUE *Power Usage Effectiveness.*

RAM *Random Access Memory.*

RHEL *Red Hat Enterprise Linux.*

RIU *Red de Interconexión Universitaria.*

SADI *Sistema de Adquisición y Diseminación de Imágenes.*

TCO *Total Cost of Ownership.*

UNC *Universidad Nacional de Córdoba.*