



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2019 - Año de la Exportación

Resolución

Número:

Referencia: EX-2019-67311252- -APN-DDYGD#MECCYT,-SNCAD - Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina: 2019-2024

VISTO el EX-2019-67311252- -APN-DDYGD#MECCYT, la Resolución N° 901 del 14 de diciembre de 2010 del Registro del ex MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA y la RESOL-2019-705-APN-SGCTEIP#MECCYT del 6 de septiembre de 2019 de la SECRETARÍA DE GOBIERNO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA y,

CONSIDERANDO:

Que mediante la Resolución MINCYT N° 901/10 se creó el Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD), con el propósito de consolidar una red nacional de centros de Computación de Alto Desempeño (CAD) pertenecientes al sistema científico y académico interconectados, para satisfacer la creciente demanda de la comunidad científica y tecnológica en las áreas de almacenamiento, computación en malla, de alto desempeño y de alto rendimiento, de visualización y de otras tecnologías emergentes.

Que, asimismo, mediante la Resolución mencionada precedentemente, se creó el Consejo Asesor del SNCAD y se delegó en la SECRETARÍA DE ARTICULACIÓN CIENTIFICO TECNOLÓGICA la responsabilidad de ejecutar e instrumentar las acciones necesarias para el adecuado desarrollo del Sistema.

Que los integrantes del Consejo Asesor son representantes de los organismos del CONSEJO INTERINSTITUCIONAL DE CIENCIA y TECNOLOGÍA (CICYT) con injerencia y/o expertos en la materia, designados por la Secretaría de Gobierno.

Que el Consejo Asesor es el órgano inmediato de representación, discusión y coordinación de las actividades, proyectos y programas del SNCAD, así como de asesoramiento a esta Secretaría de Gobierno y al CICYT sobre políticas destinadas a la mejora permanente del funcionamiento del Sistema.

Que el SNCAD ha brindado hasta la fecha, apoyo económico a las instituciones adheridas al Sistema para el financiamiento de 18 proyectos dirigidos a la formación de recursos humanos y 20 para la adquisición de

equipamiento complementario y mejoras.

Que, a su vez, desde su creación el SNCAD ha colectado valiosa información que brinda una visión global del estado de desarrollo de las infraestructuras vinculadas a la Computación de Alto Desempeño (CAD) en Argentina, como así también las necesidades y falencias.

Que para continuar impulsando el desarrollo de la CAD en Argentina es indispensable poner en práctica un Plan Estratégico basado en un análisis de la información colectada por el SNCAD desde su creación, con una visión integradora que permita identificar nuevos desafíos y articular acciones concretas.

Que el Consejo Asesor del SNCAD elaboró un Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina para el período 2019-2024 que fue elevado al Secretario de Articulación Científico Tecnológica.

Que el mencionado Plan Estratégico consiste en una evaluación del estado de situación de la CAD en la Argentina y consecuentemente propone un conjunto de acciones concretas con la finalidad de fortalecer la red de CAD para beneficio del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

Que, en consecuencia, corresponde dictar el presente Acto Administrativo aprobando el Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina: 2019-2024, en el marco del Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD).

Que la DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS JURÍDICOS ha tomado la intervención de su competencia.

Que la presente medida se dicta en ejercicio de las facultades conferidas por el Decreto N° 174 del 2 de marzo de 2018, modificado por los Decretos N° 801 y N° 802 del 5 de septiembre de 2018 y la Resolución N° 901 del 14 de diciembre de 2010.

Por ello,

EL SECRETARIO DE ARTICULACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar, en el marco del Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD), el Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina: 2019-2024, conforme se detalla en el Anexo (IF-2019-97659159-APN-SSCI#MECCYT) que forma parte integrante de la presente Resolución.

ARTÍCULO 2°.- Se deja constancia que la presente Resolución no generará erogación alguna a esta Secretaría de Gobierno.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese, comuníquese a la SECRETARÍA DE ARTICULACIÓN CIENTÍFICO TECNOLÓGICA, a la SECRETARÍA DE PLANEAMIENTO Y POLÍTICAS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA, a la SUBSECRETARÍA DE COORDINACIÓN INSTITUCIONAL, a la SUBSECRETARÍA DE POLÍTICAS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA, a la AGENCIA NACIONAL DE PROMOCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, a la DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN DE RECURSOS FÍSICOS y a los organismos integrantes del CONSEJO INTERINSTITUCIONAL DE CIENCIA y TECNOLOGÍA y cumplido, archívese.

Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en Argentina



Plan Estratégico 2019-2024 (1.0)

Septiembre 2019

AUTORIDADES

Secretario de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Lino Salvador Barañao

Secretario de Articulación Científico Tecnológica

Agustín Campero

Subsecretaria de Coordinación Institucional

Paula Nahirñak

Directora Nacional de Planificación de Recursos Físicos

Julieta Cortina

COLABORADORES

Carolina Pérez

Francisco Monterubbianesi

Gabriela Gorjón

Gastón Mayada Fabbri

Nicolás Wolcoff

Sabrina Fischberg

Silvana Beltrán

Stella Maris Nigro

CONTENIDO

AUTORIDADES	2
COLABORADORES.....	2
CONTENIDO	3
RESUMEN EJECUTIVO.....	4
CONSEJO ASESOR	7
ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIACIONES.....	9
FIGURAS Y GRÁFICOS.....	11
CUADROS Y TABLAS.....	11
1. FUNDAMENTACIÓN: IMPORTANCIA DE LA COMPUTACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO PARA ARGENTINA	12
2. ESTADO DE SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DEL SNCAD	18
2.1. Iniciativa de Proyectos Acelerados de Cálculo (IPAC)	32
2.2. Análisis de situación de los Centros Integrales	34
2.3. Análisis de situación de los Centros de Cálculo.....	35
2.4. Análisis de situación de los Centros Grid	36
3. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN EL SNCAD.....	37
3.1 Fondos otorgados por el SNCAD para el área	37
3.2. Características de las acciones financiadas.....	38
3.3. Actividades de difusión	40
4. ACCIONES PROPUESTAS.....	40
4.1. Consolidación del Sistema Nacional.....	40
4.2. Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia y nuevas adquisiciones	43
4.3. Estandarización, uso de nuevas tecnologías y de soluciones de vacancia.....	46
4.4. Formación y capacitación de recursos humanos	49
4.5. Creación de un Centro Nacional de Supercómputo.....	51
5. CONCLUSIONES	53

RESUMEN EJECUTIVO

El Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD) fue creado en 2010 mediante Resolución Nro. 901/10 como una iniciativa conjunta del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) y el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT), enmarcada dentro del Programa de Grandes Instrumentos, Facilidades y Bases de Datos que funciona bajo la órbita de la Secretaría de Articulación Científico Tecnológica. El SNCAD ha colectado valiosa información que brinda una visión global del estado de desarrollo de la Computación de Alto Desempeño (CAD) en Argentina.

Desde su formación, el propósito del SNCAD ha sido conformar y consolidar una red nacional de centros de CAD pertenecientes al sistema científico-tecnológico, para articular esfuerzos y acciones de instituciones del sector y así satisfacer de manera más eficiente la creciente demanda de CAD, almacenamiento y análisis sistemático de grandes volúmenes de datos, visualización y otras tecnologías emergentes.

Al hablar de Computación de Alto Desempeño (CAD) nos referimos a la resolución de problemas matemáticos derivados de la modelización de sistemas y procesos complejos y/o de almacenamiento, al manejo y procesamiento de grandes volúmenes de datos a través del uso de cientos o miles de computadoras de última generación trabajando en paralelo con el fin de alcanzar máxima performance y a los problemas asociados que aparecen al desarrollar o mantener infraestructura que permita atacar estos problemas.

Es importante destacar que el uso de herramientas de CAD no sólo permite disminuir los tiempos de ejecución para la obtención de resultados, sino que torna factible la solución de problemas complejos que de otra manera sería simplemente imposible por el enorme requerimiento de memoria y/o capacidad de almacenamiento.

Actualmente el planeta es testigo de una carrera por lograr las mejores capacidades de CAD (como así también, de microscopía, rayos X, espectrometría de masas, citometría de flujo, resonancia magnética, magnetometría, micro y nano fabricación y láseres, entre otros). Un aspecto importante de la soberanía en el siglo XXI lo constituye la posibilidad de producir modelos matemáticos y contar con los medios materiales para resolverlos de manera eficiente y competitiva.

Por ello, hoy la CAD ocupa un lugar importante en las agendas políticas y diplomáticas de los países desarrollados o con aspiraciones de desarrollo sostenido. Además, dado el creciente rol que

el modelado numérico juega en la ciencia, la falta de infraestructura en CAD limita también fuertemente el desarrollo de investigación aplicada y de ciencia básica, donde el cálculo juega un rol cada vez más preponderante.

El SNCAD a agosto de 2019 cuenta con 28 centros adheridos en todo el país, los cuales agrupan un total de 50 grandes equipos de supercálculo a los cuales pueden tener acceso todos los miembros del sistema nacional de ciencia y tecnología a través de dos vías. Por un lado, los centros adheridos al SNCAD otorgan horas de cómputo a través de sus propios portales web y se comprometen a ofrecer al menos un 20% de sus horas de CPU a usuarios externos al centro.

Por otro lado, en octubre de 2016 el SNCAD creó la Iniciativa de Proyectos Acelerados de Cálculo (IPAC). La IPAC permite a los usuarios del sistema científico y tecnológico acceder a horas de cómputo en proyectos anuales a ejecutarse en los centros adheridos de mayor envergadura.

Además, desde su creación el MINCYT, a través del SNCAD, ha fomentado el desarrollo de actividades para la formación de recursos humanos en su área, tanto a nivel de la formación de técnicos y recursos humanos específicos para los centros, como en el nivel de la capacitación de los usuarios de la infraestructura instalada, a través de cursos, talleres y escuelas a lo largo de todo el país.

Para continuar impulsando el desarrollo de la CAD en Argentina es indispensable poner en práctica un Plan Estratégico basado en un análisis de los datos colectados por el SNCAD desde su creación, con una visión integradora que permita identificar nuevos desafíos y articular acciones concretas.

Se plantea como medida prioritaria el reemplazo de los equipos obsoletos por equipos de punta que permitan un salto cualitativo en los proyectos de investigación y desarrollo y en los servicios tecnológicos de alto nivel brindados al sector productivo, considerando que el período de obsolescencia de este tipo de equipos es aproximadamente de 4 o 5 años y que el 33% de los equipos en funcionamiento en el país han sido adquiridos antes del 2011 o no han tenido actualizaciones desde esa fecha. Esta acción debe ser acompañada de la formación de una masa crítica de recursos humanos, tanto técnicos como usuarios avanzados, que permita un máximo aprovechamiento de los equipos.

A su vez, este Plan Estratégico contempla la búsqueda de soluciones a los problemas de almacenamiento de datos con los que cuenta el SNCAD y otros Sistemas Nacionales, la formación y especialización de recursos humanos e impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías.

Un párrafo aparte merece el objetivo específico de crear y mantener actualizado en el tiempo un Centro Nacional de Supercómputo con una infraestructura suficiente para calificar dentro de los 500 equipos de CAD más poderosos del planeta como se han conseguido en algún momento todas las naciones del G20 excepto nuestro país. Esta facilidad nacional, se erigiría como la cabecera de la red nacional de CAD en nuestro país con capacidad de brindar servicios de CAD competitivos al menos a nivel de Sudamérica.

A modo de resumen, a continuación se enumeran las principales acciones que constituyen el eje del presente Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina, para el período 2019-2024:

- Acción 1: Consolidación del Sistema Nacional.
- Acción 2: Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia.
- Acción 3. Introducción de tecnologías y soluciones de vacancia.
- Acción 4: Formación y capacitación de recursos humanos.
- Acción 5: Creación de un Centro Nacional de Supercómputo.

CONSEJO ASESOR

El Consejo Asesor es el órgano inmediato de representación, discusión y coordinación de las actividades, proyectos y programas del Sistema Nacional de Computación de Alto (SNCAD), así como de asesoramiento a la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SGCTIP) y al Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT) sobre políticas destinadas a la mejora permanente del funcionamiento del Sistema.

Los integrantes del Consejo Asesor son representantes de los organismos del CICYT con injerencia y/o expertos en la materia, designados por la SGCTIP.

CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN)

- Dr. Pablo MININNI
- Dr. Horacio Daniel KUNA
- Dr. César Luis AVILA
- Dr. Guillermo SIMARI
- Dr. Mario Alberto STORTI
- Dr. Carlos GARCÍA GARINO
- Dr. Jorge Luis MARQUEZ
- Dra. Alicia Marcela PRINTISTA
- Dra. Patricia Alejandra PAREDES OLIVERA
- Lic. Gladis Marleni SEQUEIRA

SERVICIO GEOLOGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR)

- Sr. Germán GAREA

CONSEJO DE RECTORES DE UNIVERSIDADES PRIVADAS (CRUP)

- Sr. Mariano CURROS
- Dr. Mauricio Alejandro LÓPEZ

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (CNEA)

- Lic. Roberto BEVILACQUA
- Dr. Pablo FAINSTEIN

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INTI)

- Ing. Gustavo ELVIRA
- Ing. Aníbal FOTI

INSTITUTO ANTARTICO ARGENTINO (IAA)

- Lic. Diego GOMEZ IZQUIERDO

COMISION NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES (CONAE)

- Lic. Marcelo COLAZO

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)

- Dr. Vicente MACAGNO
- Dr. Sebastián UCHITEL

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA)

- Lic. Armando TAIE

Experto designado por la SECRETARÍA DE GOBIERNO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA

- Dr. Heriberto Fabio BUSNENGO

ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIACIONES

AFA: Asociación Física Argentina

ANPCyT: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica

CAB: Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica

CACIC: Congreso Argentino de Ciencias de la Computación

CAD: Computación de alto desempeño

CCAD UNC: Centro de Computación de Alto Desempeño de la Universidad Nacional de Córdoba

CCAD UNRC: Centro de Computación de Alto Desempeño de la Universidad Nacional de Río Cuarto

CECONEA: Centro de cómputos de alto desempeño del Nordeste Argentino

CFC/ GEMA: Centro de cálculo Grupo Fluidodinámica Computacional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata

CICYT: Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología

CIFICEN: Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires

CIMA: Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera

CIMEC: Centro de Investigación de Métodos Computacionales

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

CPA: Carrera de Personal de Apoyo

CSC: Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas

EDF: Électricité de France

ENIEF: Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones

FACET UNT: Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán

FCEyN UBA: Facultad de Ciencias, Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires

FIQ UNL: Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral

FIUNER: Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos

FLOPS: se refiere a un número de operaciones de punto flotante por segundo. FLOPS deriva de la expresión en inglés: *Floating Point Operations per Second* y es la unidad de medida usual para cuantificar la capacidad de cálculo de un sistema informático.

G20: Grupo de los 20

GTIC: Gerencia de Tecnología de la Información y las Comunicaciones de la Comisión Nacional de Energía Atómica

HPC Cluster Rosario: Centro de Cómputos de Alto Rendimiento Conicet Rosario

IAFE: Instituto de Astronomía y Física del Espacio

ICB-ITIC Mendoza: Centro de cálculo del Instituto de Ciencias Básicas (ICB) y el Instituto para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (ITIC) de la Universidad Nacional de Cuyo

IFISUR: Instituto de Física del Sur

IFLYSIB: Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos

IGEVET: Instituto de Genética Veterinaria

III LIDI: Instituto de Investigación en Informática LIDI
IMPaM: Instituto de Investigaciones en Microbiología y Parasitología Médica
INFAP: Instituto de Física Aplicada
INQUIMAE: Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía
IPAC: Iniciativa de Proyectos Acelerados de Cálculo
JAIIO: Jornadas Argentinas de Informática
JCC & Big Data: Jornadas de Cloud Computing & Big Data
LIDIC: Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales de la Universidad Nacional de San Luis
MECOM: Congreso Argentino de Mecánica Computacional
MINCYT: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
PADS: Proyectos de Avances Decisivos de Supercómputo
PBI: Producto Bruto Interno
PBI Ppp: Producto Bruto Interno per cápita
PDC: Proyectos de Cálculo
PME: Proyectos de Modernización de Equipamiento
SGCTIP: Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
SNCAD: Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño
SNCTI: Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
TIC's: Tecnologías de información y comunicación
UnCaFIQT: Unidad de Cálculo para Física y Química Teórica del Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas
WICC: Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación

FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1: Potencia de cálculo CAD vs Producto Bruto Interno de los países miembro del G20. Datos recolectados por el Dr. Dante Paz (IATE-CONICET).....	16
Figura 2: Distribución geográfica de los centros adheridos al SNCAD, por región y provincia.....	20
Figura 3: Distribución geográfica de los grandes equipos adheridos al SNCAD. A la derecha se muestra el período de adquisición más reciente para cada equipo (considerando mejoras y adquisición de equipamiento complementario financiadas por el SNCAD) y el estado de funcionamiento de los equipos.....	21
Figura 4: Tipos de centros adheridos al SNCAD distribuidos geográficamente.....	23
Figura 5: Evolución de la capacidad de cálculo instalada en Argentina.	26
Figura 6: Número de cores (CPUs) en los centros adheridos al SNCAD (sep-2019). Varios de los centros cuentan además con aceleradores de cálculo (GPUs o Xeon Phi), que no se muestran en este gráfico.	27
Figura 7: Evolución temporal del porcentaje de uso de CPU del equipamiento instalado en los centros CCAD-UNC, HPC Cluster Rosario y CSC (TUPAC).	29
Figura 8: Evolución del número de usuarios activos.....	30
Figura 9: Tiempo promedio es espera de los cálculos en cola de trabajo (expresado en horas).	31
Figura 10. Derecha: Porcentaje de proyectos grandes (PADS) y medianos (PDC) presentados por usuario en la convocatoria IPAC 2016. En total, se presentaron 52 proyectos correspondientes a un total de 304 usuarios. Izquierda: Distribución regional de las solicitudes.....	33

CUADROS Y TABLAS

Tabla 1: Lista de centros que proveyeron al SNCAD información sobre su número de usuarios.....	36
Tabla 2: Fondos otorgados por el SNCAD (hasta junio 2019).....	37
Tabla 3: Regiones geográficas usadas en el Capítulo 4 para describir las acciones del SNCAD a futuro. Estas regiones se corresponden con las utilizadas por la ANPCyT para la financiación de proyectos de investigación.....	45

1. FUNDAMENTACIÓN: IMPORTANCIA DE LA COMPUTACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO PARA ARGENTINA

Al hablar de **Computación de Alto Desempeño (CAD)** nos referimos a la resolución de problemas matemáticos derivados de la modelización de sistemas y procesos complejos y/o de almacenamiento, al manejo y procesamiento de grandes volúmenes de datos a través del uso de cientos o miles de computadoras de *última generación* trabajando en paralelo con el fin de alcanzar máxima performance así como también a los problemas asociados que aparecen al desarrollar o mantener infraestructura que permita atacar estos problemas. Gracias al trabajo en paralelo y a la conectividad de alto rendimiento, un modelo cuya resolución implicaría muchas horas de cálculo en una computadora hogareña, puede resolverse en un tiempo mucho más corto con equipos de CAD. En casos de modelos de extrema complejidad, el uso de herramientas de CAD no sólo permite disminuir los tiempos de ejecución para la obtención de resultados, sino que torna factible la solución de problemas que de otra manera sería simplemente imposible por el enorme requerimiento de memoria, poder de cómputo y/o capacidad de almacenamiento.

Dichas ganancias en la complejidad de problemas abordables, velocidad de ejecución y fiabilidad de los resultados de la modelización o simulación, pueden reducir significativamente los costos en cada una de las etapas de desarrollo de un producto manufacturado (ya sea en su diseño, optimización o validación) y potencialmente pueden afectar muchas áreas de aplicación industrial como en los sectores automotriz, aeroespacial, aeronáutico, energético y de transmisión eléctrica, químico y financiero.

También, el desarrollo de infraestructura para CAD es fundamental para el progreso en temas de punta como el estudio de nano-materiales, bio-medicina, desarrollo de nuevos fármacos, biogenética aplicada a la producción de alimentos, predicción confiable del tiempo y de eventos extremos en la atmósfera con mejor resolución espacial, análisis de los datos provenientes de secuenciadores, aceleradores de partículas, telescopios, análisis de grandes bases de datos (*big data*), modelización electromagnética, dinámica de fluidos y diseño de políticas públicas, etc.

Dada la diversidad de tipos de sistemas y procesos complejos de interés práctico en la actualidad, **la CAD resulta un pilar transversal fundamental** para el desarrollo de prácticamente todas las ramas de la ciencia y la tecnología moderna, incluyendo también el tratamiento sistemático y eficiente de la enorme cantidad de datos surgidos de la informatización creciente de nuestra sociedad. De este modo, la CAD representa una disciplina estratégica para que centros de

investigación, empresas, universidades y entes gubernamentales puedan generar nuevos conocimientos, susceptibles de convertirse en productos y servicios innovadores y competitivos a escala global. Tal es así que hoy en día la CAD está cambiando las reglas existentes en materia de competitividad económica y liderazgo científico y tecnológico a nivel mundial. Las industrias desarrolladas de los países centrales continúan ganando competitividad en el mercado global gracias a la introducción de saberes y conocimientos científicos, en los procesos de producción de bienes y/o servicios. Por este motivo, a menudo recurren de manera masiva a la simulación numérica con el fin de optimizar la cadena de valor de sus productos.

Un ejemplo concreto de optimización económica gracias al uso de simulación numérica lo constituye la empresa nacional de electricidad francesa, *Électricité de France (EDF)*. EDF opera actualmente 58 reactores nucleares que la convierten en la principal productora de electricidad a nivel europeo. La empresa emplea la simulación numérica para garantizar la seguridad, aumentar la vida útil y mejorar el rendimiento de las instalaciones nucleares e hidráulicas, como así también, para agilizar el transporte, la distribución y la facturación de la electricidad¹. El *cluster* GAIA de EDF tiene una potencia de cálculo de 3 Pflops Rpeak, 41400 cores, y está posición 127th en el Top500². Un ejemplo similar, a nivel nacional, está dado por el Servicio Meteorológico Nacional, que en el año 2018 adquirió un equipo de cómputo de 300 Teraflops para mejorar sus capacidades de pronóstico numérico y poder brindar nuevos servicios al público.

Los gobiernos de los países del G20 han comprendido esta dinámica y financian de manera intensa programas de adquisición y/o desarrollo de supercomputadoras y redes regionales de centros de CAD. Un ejemplo de ello lo constituye la reciente promoción por parte del gobierno de los Estados Unidos de la National Strategic Computing Initiative (NSCI)³ para el desarrollo acelerado de un sistema exaflópico (1.000.000 de Teraflops de capacidad⁴). Estados Unidos lideró sostenidamente a las potencias mundiales en CAD hasta junio de 2013, momento en el cual debido a sostenidas políticas de apoyo económico adoptadas por la República Popular de China la convirtieron

1 <https://sciencenode.org/feature/feature-hpc-adds-spark-edfs-computing-capacities.php>

2 <https://www.top500.org/system/179569>

3 http://science.energy.gov/~media/ascr/ascac/pdf/meetings/201512/Szulman_ASCAC_Briefing_120915.pdf

4 FLOPS se refiere a un número de operaciones de punto flotante por segundo. FLOPS deriva de la expresión en inglés: *Floating Point Operations per Second* y es la unidad de medida usual para cuantificar la capacidad de cálculo de un sistema informático.

temporalmente en el nuevo país líder del TOP500⁵, relegando a Estados Unidos al segundo lugar con el ~30 % de los equipos del TOP500 durante 3 años. Cabe destacar que en noviembre de 1996 la República Popular de China poseía una sola supercomputadora clasificada en la posición 298 del listado TOP500, mientras que en 2017 existían 202 supercomputadoras instaladas en territorio chino de las cuales 6 se ubicaban entre las primeras 100 posiciones, incluyendo el primer y el segundo puesto. Así, a partir de junio de 2016, la supercomputadora número uno del planeta pasó a ser Sunway TaihuLight. Esta supercomputadora representó un hito e inauguró una nueva era para la CAD, pues fue desarrollada integralmente en China, incluyendo los procesadores Sunway SW26010 260C. De hecho, es la primera vez que un país logra ejercer su soberanía tecnológica produciendo un sistema de esta magnitud de manera autónoma. Más recientemente Estados Unidos recuperó los primeros lugares. En junio de 2019, Estados Unidos contaba con dos supercomputadoras en los primeros lugares, seguidas por la supercomputadora China en el tercer lugar.

Lejos de resignarse a ceder espacio en esta competencia planetaria, Europa se ha organizado a través de consorcios internacionales para el avance de la CAD como PRACE⁶ - sigla proveniente del nombre en inglés, *Partnership for Advanced Computing in Europe* – con sede en Bruselas, fundado en abril de 2010 y que hoy posee 25 países miembros de la comunidad económica europea y asociados. PRACE cuenta hoy con 7 centros de CAD (todos dentro del TOP500): 1 en Suiza , 1 en Italia, 1 en España, 3 en Alemania y 1 en Francia. Además, varios países europeos poseen sistemas nacionales de CAD como es el caso de la Red Española de Supercomputación (RES): un consorcio de centros con equipos de variada envergadura que provee servicios a todo el sistema científico tecnológico español.

A pesar de las dificultades derivadas de economías menos poderosas, también existen notables esfuerzos de países de Latinoamérica como México y Brasil por insertarse en el grupo de naciones con recursos de CAD. Recientemente se inauguró el primer Laboratorio Nacional de Supercómputo (LNS) del Sureste de México, en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Esta unidad especializada es un refuerzo para la infraestructura y equipamiento para el desarrollo

5 TOP500 es un listado que existe desde el año 1993 (se actualiza 2 veces al año en Junio y Noviembre), en el cual se listan los 500 equipos de CAD más poderosos del mundo, y se dan detalles precisos sobre las principales características de los mismos: performance (Teraflops), cantidad total y tipo de núcleos CPU de cálculo (*cores*), disponibilidad de tarjetas aceleradoras (GPUs o Xeon Phi), velocidad y latencia de su conectividad interna, etc. Sitio web: <https://www.top500.org/>.

6 <http://www.prace-ri.eu/>

científico y la innovación. Esta supercomputadora se ubica entre las 5 más poderosas de América Latina y a nivel mundial entre las 125 más importantes de las que poseen instituciones de educación superior. Toda esta capacidad será aprovechada para dar apoyo a proyectos e investigaciones en medicina, ciencias naturales, física, química, economía, educación, finanzas y gobierno, entre otros. Brasil, por su parte, también cuenta con un sistema nacional de CAD, denominado SINAPAD⁷, que está compuesto actualmente por diez centros localizados en Río de Janeiro (3), San Pablo (2), Porto Alegre (1), Belo Horizonte (1), Fortaleza (1), Recife (1) y Manaus (1), entre los que se destaca el *Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)* donde funciona la supercomputadora Santos Dumont que desde su puesta en marcha formó parte del listado TOP500 hasta Noviembre de 2017.

La posición relativa actual de nuestro país en lo inherente al equipamiento de CAD queda claramente en evidencia en la Figura 1 donde se representa (en un gráfico logarítmico) la capacidad computacional de los países miembros de G20 versus su producto bruto interno (PBI) per cápita. Lo más importante a notar en esta figura es que incluso países que tienen un nivel de PBI per cápita similar, tienen una capacidad de cómputo CAD que es entre uno a tres órdenes de magnitud superior. Esto muestra la situación actual, y el desafío al que nos enfrentamos, y nos plantea metas de crecimiento en CAD a alcanzar de manera urgente para poder acompañar y potenciar desde este ámbito el desarrollo integral de nuestro país. Para enfrentar este desafío entre todas las instituciones de Ciencia y Tecnología es que nos proponemos este Plan Estratégico.

⁷ <https://www.lncc.br/sinapad/>

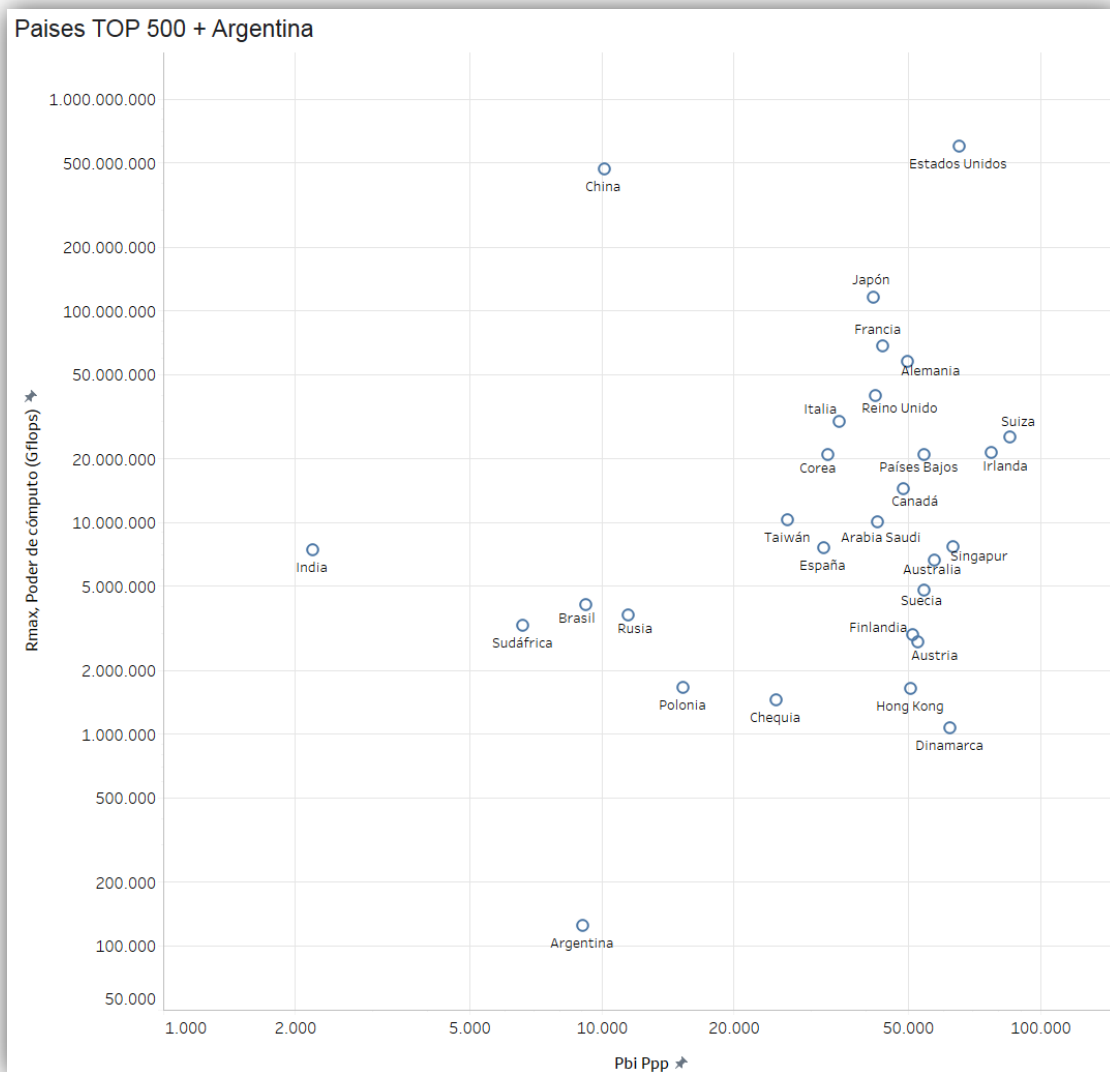


Figura 1: Potencia de cálculo CAD vs Producto Bruto Interno de los países miembro del G20. Datos recolectados por el Dr. Dante Paz (IATE-CONICET).

Sin dudas, actualmente somos testigos de una carrera por lograr las mejores capacidades de cálculo tanto entre las superpotencias, como así también, entre las economías emergentes y, en general, entre todos los países con intenciones de ejercer su desarrollo científico-tecnológico. Un aspecto importante de la soberanía en el siglo XXI lo constituye la posibilidad de producir modelos matemáticos y contar con los medios materiales para resolverlos de manera eficiente y competitiva. Por ello, **hoy la CAD ocupa un lugar importante en las agendas políticas y**

diplomáticas de los países desarrollados o con aspiraciones de desarrollo sostenido. Un país que no posea la capacidad de cálculo necesaria para resolver sus propios problemas, no tendrá más alternativa que adquirir las soluciones que otros le provean y ser por lo tanto tecnológicamente dependiente. Además, dado el creciente rol que el modelado numérico juega en la ciencia, la falta de infraestructura en CAD limita también fuertemente el desarrollo independiente de investigación aplicada y de ciencia básica, donde el cálculo juega un rol cada vez más preponderante.

Atendiendo esta necesidad, en diciembre de 2010 se creó en Argentina el **Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD)** como una iniciativa conjunta entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT), enmarcado dentro del Programa de Grandes Instrumentos, Facilidades y Bases de Datos. Desde su formación, el propósito del SNCAD ha sido conformar y consolidar una red nacional de centros de CAD pertenecientes al sistema científico-tecnológico, con el fin de articular esfuerzos y acciones de instituciones del sector y así satisfacer de manera más eficiente la creciente demanda de CAD, almacenamiento y análisis sistemático de grandes volúmenes de datos, visualización y otras tecnologías emergentes. Entre sus objetivos, el SNCAD busca promover iniciativas tendientes a maximizar y optimizar el uso del equipamiento disponible en dichas instituciones, contribuir a la gestión eficiente de los recursos disponibles y la consecución de la financiación pública y privada para la mejora de la red de prestación de servicios, brindar facilidades para la adquisición de nuevo equipamiento y mejora de los existentes y promover la formación de recursos humanos a través de programas comunes.

Siendo la CAD un pilar transversal fundamental para el desarrollo de prácticamente todas las ramas de la ciencia y la tecnología moderna, los objetivos del SNCAD desde su creación y reafirmados en el presente documento, están en total concordancia con los del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en el cual se establecen los lineamientos de la política científica, tecnológica y de innovación en nuestro país a corto y mediano plazo⁸. En particular, la CAD es fundamental para el desarrollo sostenido y sustentable de nuestro país en áreas de conocimiento y Tecnologías de Propósito General como son la Nanotecnología, la Biotecnología y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), y para la articulación con los sectores productivos de bienes y servicios prioritarios para nuestro país. Finalmente, la CAD y la infraestructura provista

⁸ <http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar>

por el SNCAD resultan centrales para nuevas iniciativas en Argentina como el desarrollo de métodos de inteligencia artificial (*Big Data, Deep Learning* y otros) articulado actualmente por el Plan Nacional de Inteligencia Artificial que está siendo impulsado por la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SGCTIP) y que forma parte de la Agenda Digital 2030 del Gobierno Nacional.

Para impulsar el desarrollo de la CAD en Argentina es indispensable poner en práctica un **Plan Estratégico** basado en un análisis de los datos colectados por el SNCAD desde su creación, con una visión integradora que permita identificar nuevos desafíos y articular acciones concretas. Este plan contempla el reemplazo de los equipos que han quedado obsoletos (el 33% de los equipos en funcionamiento han sido adquiridos antes del 2011 o no han tenido actualizaciones desde esa fecha), la compra de equipos de punta que permitan un salto cualitativo en los proyectos de investigación y desarrollo y en los servicios tecnológicos de alto nivel brindados al sector productivo y la formación de una masa crítica de recursos humanos que permita un máximo aprovechamiento de los equipos, incluyendo dentro de este grupo a técnicos y a usuarios avanzados. Además, el Plan Estratégico contempla la búsqueda de soluciones a los problemas de almacenamiento de datos con los que cuenta el SNCAD y otros Sistemas Nacionales, la creación de un Centro Nacional de Supercómputo y el desarrollo de nuevas tecnologías. A partir del diagnóstico realizado se han definido seis acciones principales:

- **Acción 1:** Consolidación del Sistema Nacional.
- **Acción 2:** Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia.
- **Acción 3.** Introducción de tecnologías y soluciones de vacancia.
- **Acción 4:** Formación y capacitación de recursos humanos.
- **Acción 5:** Creación de un Centro Nacional de Supercómputo.

A continuación presentamos un relevamiento de la situación de la CAD en Argentina, para luego discutir las acciones a futuro.

2. ESTADO DE SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DEL SNCAD

El SNCAD hoy cuenta con 26 centros adheridos que agrupan un total de 48 grandes equipos (ver figura 2). Desde el inicio de las adhesiones al Sistema Nacional en 2011, el SNCAD creció

rápidamente hasta alcanzar 14 centros adheridos a fines de 2012 y luego continuó creciendo en forma sostenida a una tasa promedio de 2,8 nuevos centros adheridos por año. Desde su creación y a junio 2019 se aprobaron 20 proyectos de mejoras y adquisición de equipamiento complementario, por un total de \$ 4.997.144. Junto con fondos complementarios conseguidos por los centros (las “contrapartes”), este desembolso permitió la actualización parcial del equipamiento e infraestructura instalada. Desde 2011 (año en que comienzan las adhesiones y financiación del SNCAD), los 20 proyectos financiados permitieron que el 66% de los grandes equipamientos instalados tuvieran actualizaciones. Como resultado, el porcentaje de equipos que no se encuentra en funcionamiento es bajo (cerca al 8%, ver Figura 2), y es justificable considerando el tiempo de obsolescencia en computación de alto desempeño que en general es de no más de 5 años. En este marco, es destacable también el trabajo que realizaron diversas instituciones e individuos en el área para mantener la infraestructura en funcionamiento y brindar servicios abiertos a la comunidad.

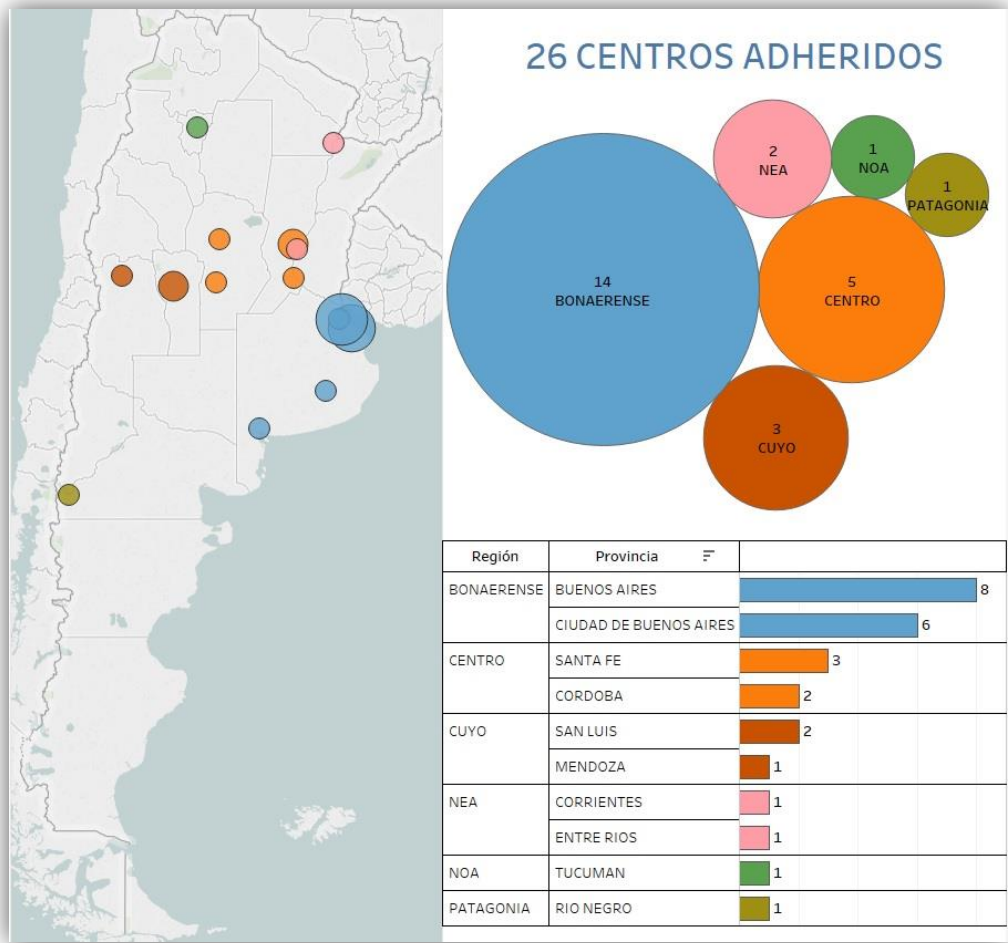


Figura 2: Distribución geográfica de los centros adheridos al SNCAD, por región y provincia.

Los centros adheridos se encuentran distribuidos mayormente en las regiones de la Ciudad de Buenos Aires (8 centros), Provincia de Buenos Aires (6 centros) y la región Centro del país (6 centros). Además, hay tres centros adheridos en la región de Cuyo, un centro en Patagonia, un centro en el Noreste argentino y otro centro en el Noroeste del país. La distribución geográfica del equipamiento es similar, con 14 equipos en Provincia de Buenos Aires, 8 en Ciudad de Buenos Aires, 7 en Santa Fe, 5 en Córdoba, 5 en Río Negro y los restantes en las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Tucumán, Mendoza y San Luis. Como veremos más adelante, esta distribución también refleja la densidad y demanda actual de usuarios, que se encuentran concentrados en las regiones que poseen equipamiento. Esto tiene dos causas. Por un lado, el establecimiento de los primeros centros de computación de alto desempeño en Argentina tuvo lugar en instituciones en las que los usuarios tenían experiencia previa en el área o una necesidad de recursos computacionales para

poder realizar sus tareas de investigación. Por otro lado, una vez establecidos los centros, la disponibilidad de equipamiento permitió la formación de nuevos recursos humanos prioritariamente en las regiones con acceso directo a los recursos y el desarrollo de temas de investigación relacionados con la CAD o que hacen uso de la misma para el modelado numérico y el análisis masivo de datos.

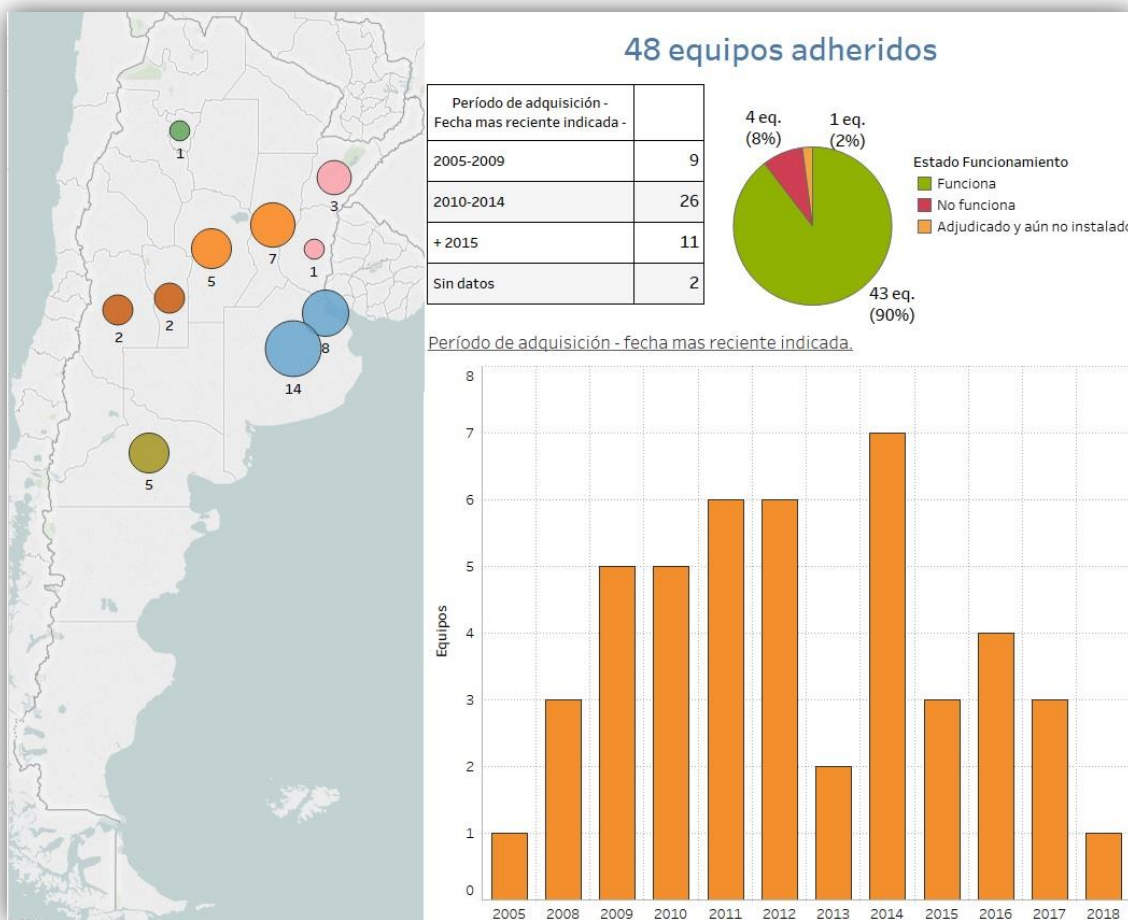


Figura 3: Distribución geográfica de los grandes equipos adheridos al SNCAD. A la derecha se muestra el período de adquisición más reciente para cada equipo (considerando mejoras y adquisición de equipamiento complementario financiadas por el SNCAD) y el estado de funcionamiento de los equipos.

Los centros adheridos al SNCAD se encuentran organizados en tres categorías, según el tamaño del equipamiento y la misión del centro. Las mismas corresponden a “Centros Grid”, “Centros de Cálculo” y “Centros Integrales”. Para poder adherir en cualquiera de estas categorías, un centro

debe contar con recursos específicamente diseñados para el cómputo de alto desempeño e instalados exclusivamente para tal fin y cumplir con los estándares de calidad y técnicos necesarios para proveer un servicio continuado y sostenido a un gran número de usuarios. La financiación que los centros pueden obtener del SNCAD depende de la categoría a la que pertenecen. Además, el SNCAD permite la adhesión de “Centros en Formación”, para generar nuevos centros en regiones de interés.

Actualmente el SNCAD tiene 23 equipos adheridos en 7 Centros Integrales, 20 equipos en 17 Centros de Cálculo y 5 equipos en 2 Centros Grid (ver la Figura 6). Estos últimos, que corresponden a los centros más pequeños, se encuentran en la Ciudad de Buenos Aires, la Provincia de Buenos Aires y la región Centro de nuestro país, mientras que los otros dos tipos de centro (Integral y De Cálculo) se encuentran distribuidos en forma más homogénea entre todas las regiones con centros adheridos al SNCAD.

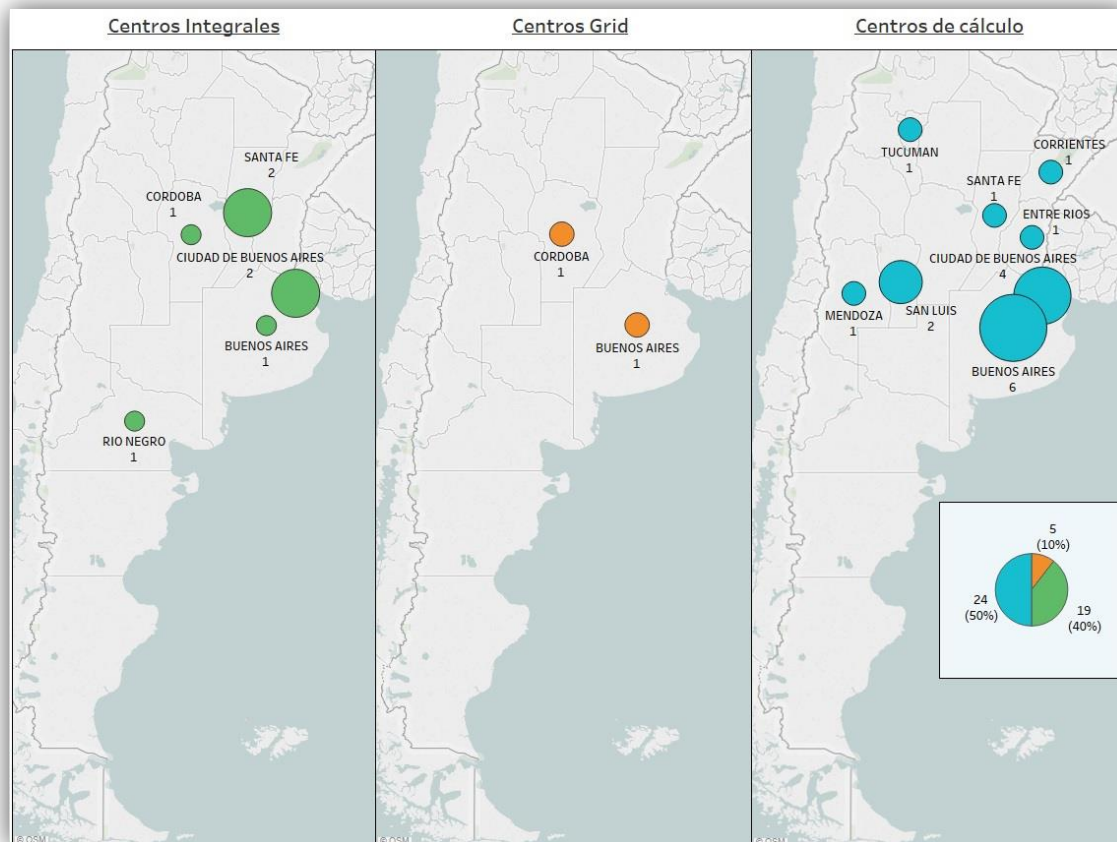


Figura 4: Tipos de centros adheridos al SNCAD distribuidos geográficamente.

Solo un centro cuenta con equipamiento homogéneo con más de 3000 núcleos (o cores) en CPUs, seis centros cuentan con entre 500 y 2000 núcleos (en general de diferentes tipos) y los demás centros tienen equipamiento con menos de 500 núcleos (ver la Figura 6). En este punto es importante destacar que el carácter homogéneo de un equipo destinado a CAD es de indispensable para la realización eficiente de tareas que se ejecutan sincronizadamente y en simultaneo entre muchos procesadores tal como requieren las aplicaciones más demandantes por ejemplo para predicción del clima, modelización de procesos para aprovechamiento de energías renovables, diseño de nuevos materiales, etc.

Además, varios de estos centros cuentan con aceleradores de cálculo (GPUs o Xeon Phi)⁹, que tienen un número creciente de usuarios, aún cuando algunas de estas soluciones han entrado en período de obsolescencia. La arquitectura y configuración de los equipos es muy diversa, aunque la mayoría de los más grandes cuenta con redes de baja latencia (Infiniband). En cambio, los equipos más pequeños suelen usar redes de 1 Gbps y en muchos casos corresponden a *clusters* heterogéneos que mezclan nodos de cálculo con diferentes tipos de procesadores y configuración de memoria.

El equipamiento homogéneo con mayor cantidad de cores instalado hasta el momento en el país (dentro de la red del SNCAD), TUPAC, es un cluster con red Infiniband QDR¹⁰, 4096 núcleos en CPUs, y 32 GPUs. Es razonable estimar que el equipo cuenta con una capacidad de cómputo máxima (pico) de 50 TFLOP/s (CPUs) y de 20 TFLOP/s (GPUs). En base a las mismas estimaciones, la capacidad total de cómputo instalada en todo el país y adherida al SNCAD es cercana a los 200 TFLOPs.

En la Figura 5, el panel superior muestra la evolución de la capacidad de cálculo instalada de cuatro centros integrales testigo adheridos al SNCAD desde la creación del mismo. Los saltos en las curvas se corresponden con la adquisición de nuevo equipamiento. En el panel inferior, se muestra la evolución de la potencia de cálculo del centro de mayor capacidad de procesamiento del SNCAD en la actualidad (de equipamiento heterogéneo), comparada con la de la última computadora listada en el ranking TOP500. Se puede observar la divergencia entre la curva de crecimiento nacional e internacional, que aumenta a lo largo del período de tiempo registrado, indicando una

9 En CAD, además del uso de los microprocesadores convencionales conocidos como CPU (por su sigla en inglés de Central Processing Unit), también se están utilizando placas aceleradoras de dos tipos: GPUs (por su sigla en inglés de Graphic Processing Unit) o Xeon Phi (fabricados por Intel, actualmente discontinuados). Las placas aceleradoras son particularmente eficientes para ciertos tipos de cálculos específicos y es por ello que muchas supercomputadoras son hoy en día híbridos en el sentido que combinan CPUs y placas aceleradoras, que se pueden usar simultáneamente o no por múltiples aplicaciones. Se prevé un número cada vez mayor de supercomputadoras de tipo híbrido como es el caso de tres de las cinco computadoras que actualmente lideran el TOP500 [3]: Tianhe-2 que utiliza Xeon Phi (puesto 2 del TOP500, China), Piz Daint que utiliza GPUs marca NVIDIA (puesto 3 del TOP500, Suiza), y Titan que también utiliza GPUs marca NVIDIA (puesto 5 del TOP500, EE.UU.). Otras tecnologías que están emergiendo en esta área incluyen también la aparición de procesadores ARM para reemplazar o complementar los CPUs tradicionales usados para CAD.

10 Infiniband es una vía de comunicaciones serie de alta velocidad, baja latencia y de baja sobrecarga de CPU, diseñada tanto para conexiones internas como externas. Sus especificaciones son desarrolladas y mantenidas por la Infiniband Trade Association (IBTA). Es uno de los sistemas de comunicación de alta performance más utilizados en equipamiento de CAD que permiten la paralelización eficiente entre CPUs y/o placas aceleradoras. Recientemente, ha aparecido en el mercado otra red rápida con características similares, Omnipath.

alarmante tendencia de retraso de nuestro país respecto al resto del mundo desarrollado, en materia de CAD.

En perspectiva, la computadora más grande del TOP500 en noviembre del 2017 tenía una capacidad pico cercana a 125.000 TFLOP/s, la menos potente en el mismo listado (ubicada en la posición 500 a nivel mundial) tenía una capacidad pico de 710 TFLOP/s (3,5 veces más que todas las máquinas del sistema en nuestro país). Sudáfrica (al cual varios indicadores de desarrollo y volumen de producción científica y tecnológica lo ubican en una situación comparable a la Argentina) intenta mantener desde hace más de 10 años 1 equipo de computación de alto desempeño en el listado TOP 500 y otros países de Latinoamérica cuentan o contaron con equipos listados en este ranking en los últimos años. México regularmente tiene equipos inscriptos en este listado y cuenta con 1 equipo en la actualidad y Brasil contaba con 2 equipos en el listado de junio de 2017 y llegó a contar con 6 equipos en noviembre de 2015. Esto claramente ilustra que la capacidad de cálculo disponible en Argentina (que nunca ha contado con equipos de envergadura suficiente para ingresar en este listado) está significativamente por debajo de la de otros países del continente (incluso excluyendo las potencias de América del Norte, caracterizadas por un grado de desarrollo general mucho mayor) y de otras naciones con niveles de desarrollo comparable.

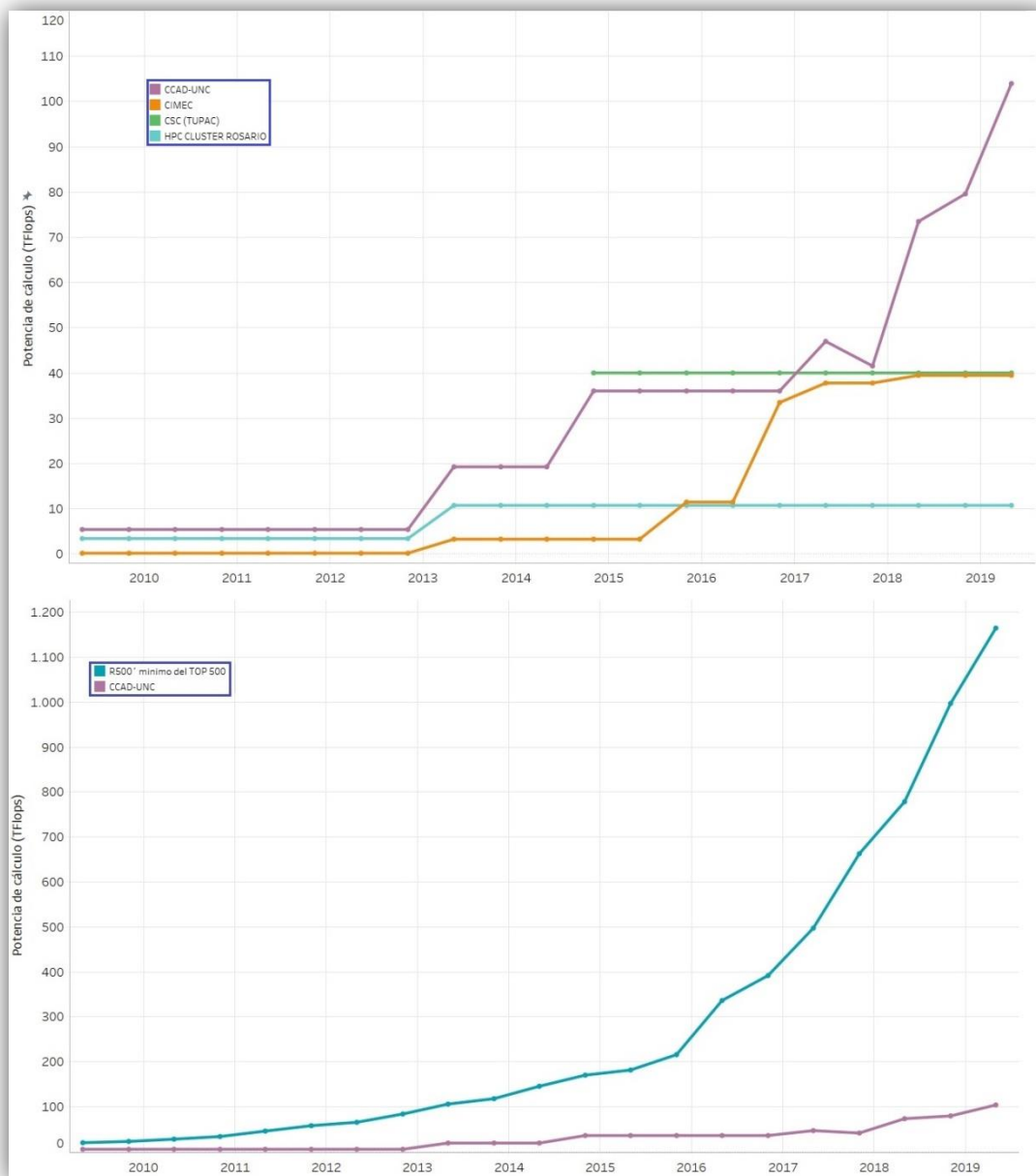


Figura 5: Evolución de la capacidad de cálculo instalada en Argentina.

La capacidad de cálculo de nuestro país resulta además insuficiente para las necesidades del sistema científico-tecnológico local (ver más abajo los datos sobre las horas de cálculo solicitadas y ofrecidas por el SNCAD en los concursos realizados recientemente). La única excepción a esta regla la constituyen algunos equipos instalados con fines específicos (como el equipamiento mencionado previamente del Servicio Meteorológico Nacional, con una capacidad de 300

TFLOP/s), pero que no son de uso abierto y que se enfrentan a dificultades a la hora de contratar recursos humanos ya que las instituciones asociadas al SNCAD no pueden proveer experiencia en dicha escala de capacidad de cálculo.

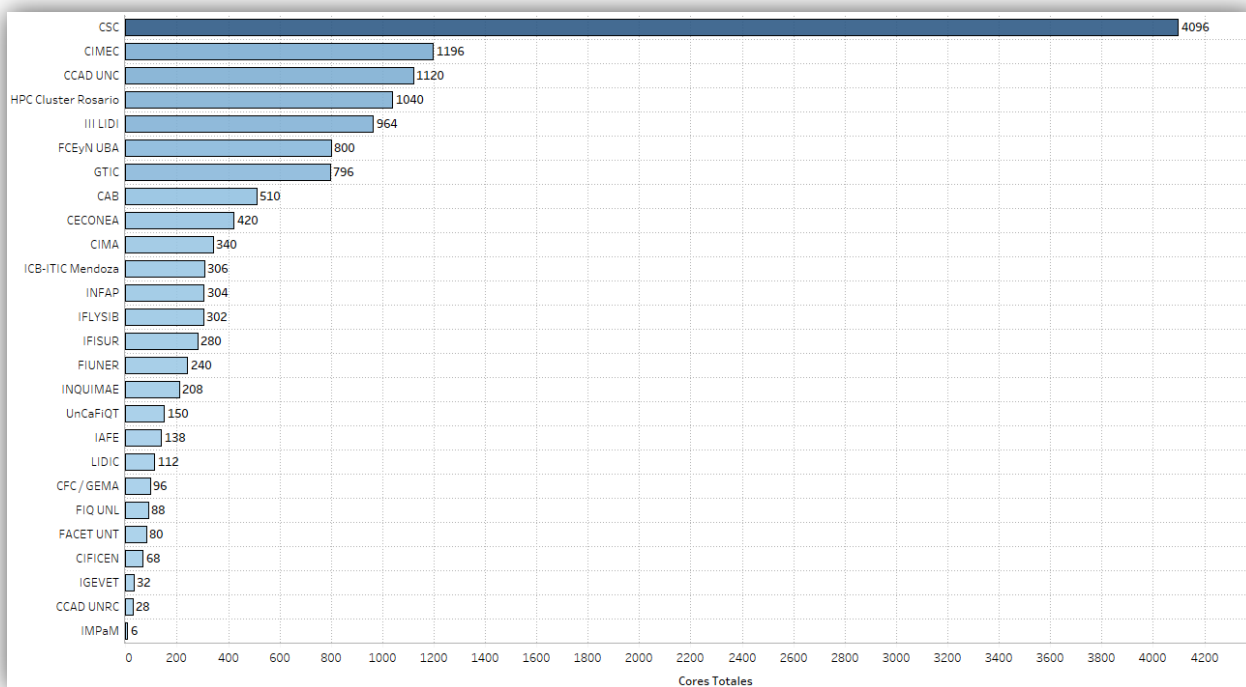


Figura 6: Número de cores (CPUs) en los centros adheridos al SNCAD (sep-2019). Varios de los centros cuentan además con aceleradores de cálculo (GPUs o Xeon Phi), que no se muestran en este gráfico.

El porcentaje de explotación de la capacidad de cálculo instalada es muy alto (cerca al 80%), tal como se ilustra en la Figura 7 donde se muestran datos estadísticos de tres centros integrales testigo del SNCAD durante los últimos años. Vale la pena aclarar que porcentajes de explotación ideales (cerca al 100%) son prácticamente imposibles de alcanzar debido a que siempre existen equipos que requieren actividades de mantenimiento (tanto más cuando se van volviendo obsoletos) o están afectados a pruebas asociadas a desarrollos y/o implementación de nuevos softwares, además de las inevitables limitaciones propias de los mecanismos de gestión de "colas de trabajos" para sistemas con muchos usuarios y tipos de cálculo muy diversos.

La Figura 8 ilustra de manera clara que i) la inversión en el equipamiento de los centros, ii) la política de uso abierto de los mismos y iii) las acciones destinadas a la formación de recursos humanos en CAD impulsadas por el SNCAD desde su creación, han facilitado un aumento

sostenido del número de usuarios activos¹¹ en los centros adheridos. Esta demanda de recursos de CAD en aumento, y el crecimiento limitado de la capacidad instalada, acarrea a su vez un significativo aumento en los tiempos promedio de espera en cola de los trabajos demandados por los usuarios, tal como muestra la Figura 9. Esto último pone de manifiesto cómo la demanda de los usuarios supera a la oferta.

¹¹ En la Figura 7 se han considerado "usuarios activos" durante un cierto período de tiempo, a aquellos que han realizado al menos un cálculo en dicho período. El número de usuarios registrados es en general muy superior al número de usuarios activos al considerarse períodos breves porque no todos los usuarios registrados necesitan usar todo el tiempo los equipos.

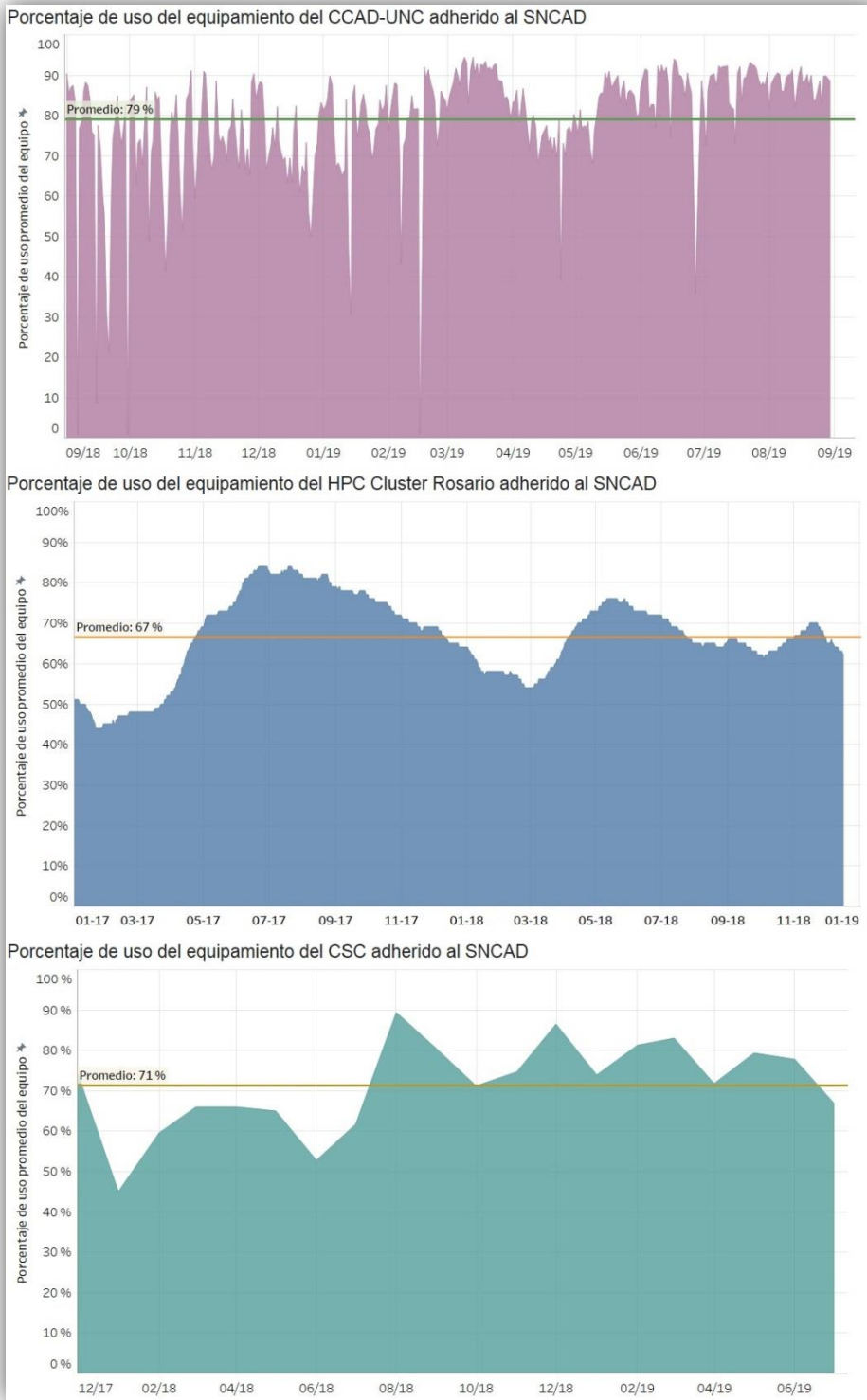


Figura 7: Evolución temporal del porcentaje de uso de CPU del equipamiento instalado en los centros CCAD-UNC, HPC Cluster Rosario y CSC (TUPAC).

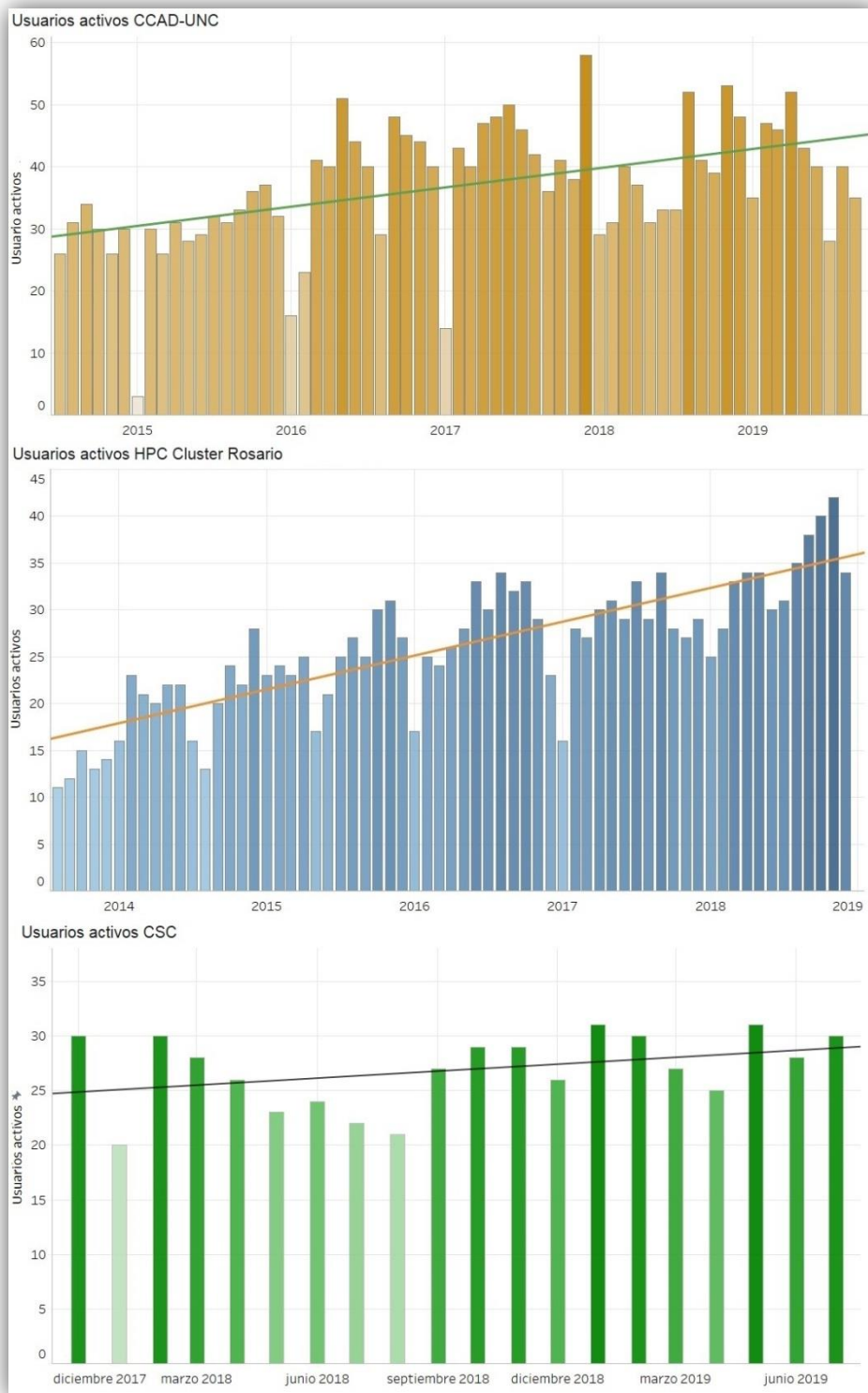


Figura 8: Evolución del número de usuarios activos.

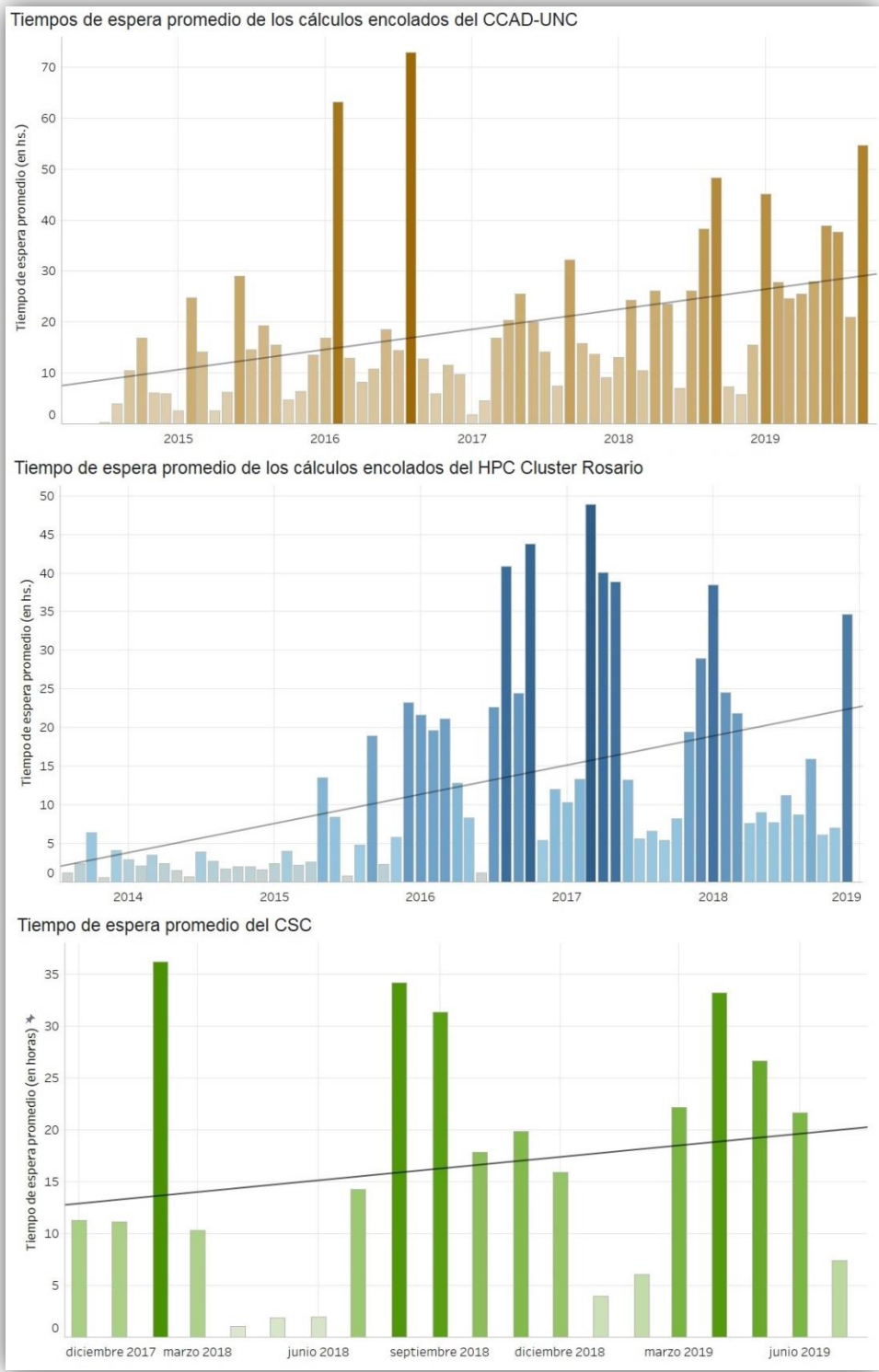


Figura 9: Tiempo promedio es espera de los cálculos en cola de trabajo (expresado en horas).

2.1. Iniciativa de Proyectos Acelerados de Cálculo (IPAC)

Los miembros del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) pueden acceder a los recursos computacionales adheridos al SNCAD por dos vías. Por un lado, los centros adheridos al SNCAD otorgan horas de cómputo a través de sus propios portales web y se comprometen a ofrecer al menos un 20% de sus horas de CPU (u horas núcleo) a usuarios externos al centro. Por otro lado, en octubre de 2016 el MINCYT, a través del SNCAD, lanzó la **Iniciativa de Proyectos Acelerados de Cálculo (IPAC)**. La IPAC permite a los usuarios del SNCTI acceder a horas de cómputo en proyectos anuales a ejecutarse en los Centros Integrales adheridos. Los proyectos pertenecen a dos categorías: Proyectos de Avances Decisivos con Supercómputo (PADS), de 1.000.000 de horas de CPU, y Proyectos De Cálculo (PDC), de entre 300.000 y 500.000 horas de CPU.

La IPAC nos brinda una medida complementaria del número de usuarios del Sistema (investigadores, tecnólogos y becarios doctorales) y de las necesidades de recursos computacionales (ver Figura 10). En el llamado realizado durante octubre de 2016 se presentaron 52 proyectos, que nuclearon a un total de 304 usuarios. De los 52 proyectos, el 42% corresponden a PADS, es decir, a usuarios que requieren un número significativo de horas de cómputo para realizar sus investigaciones, de una magnitud tal que sólo pueden ser provistas por un equipamiento de 4000 núcleos o más. El 58% restante fueron proyectos (30) que en su mayoría solicitaron 500.000 horas de cálculo (horas núcleo) cada uno. En dicho llamado, los investigadores del SNCTI solicitaron al SNCAD 36 millones de horas de cálculo en proyectos de alto nivel y avalados por la aprobación y financiación recibida en la mayoría de los casos de parte de organismos como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Con los recursos disponibles se pudieron otorgar 6 millones de horas: el 16% de lo solicitado. Ello evidencia una necesidad actual de nuestro sistema científico tecnológico que definitivamente está lejos de poder ser satisfecha por el SNCAD por falta de recursos.

Respecto a la distribución geográfica de los usuarios, en el llamado IPAC 2016 el 46% de los pedidos fueron de la Ciudad de Buenos Aires y la Provincia de Buenos Aires, 42% de las provincias de Córdoba y Santa Fe), 6% de la región Patagónica, 4% de Cuyo y 2% del Litoral (ver Figura 10). Se observa una correlación entre las regiones que ya poseen infraestructura de cómputo de alto desempeño -y que recibieron financiación del SNCAD a partir del 2011- y las solicitudes de horas

de cálculo por parte de los usuarios. Ello, pone de manifiesto la importancia de la capacitación de los usuarios para que puedan utilizar el equipamiento disponible y del rol que juegan los centros adheridos al SNCAD en la formación de recursos humanos en cada una de sus regiones.

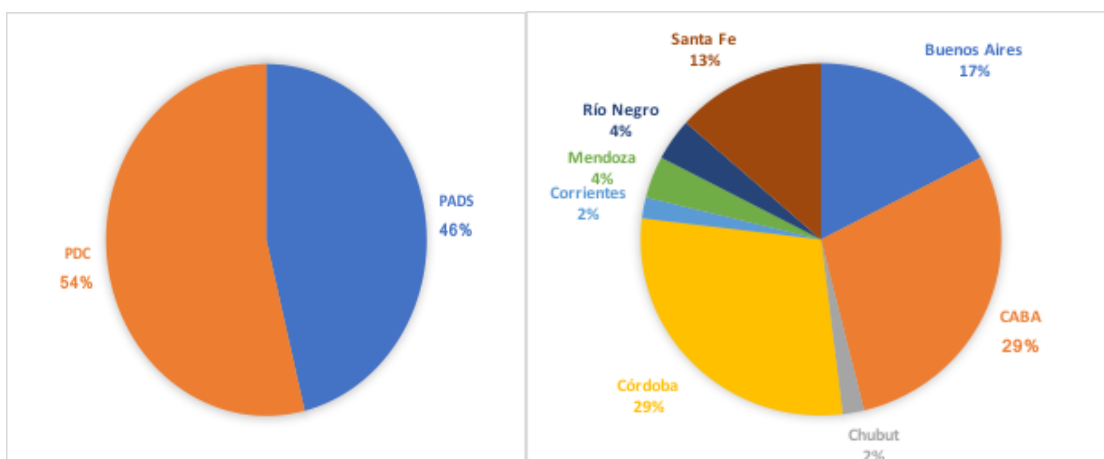


Figura 10. Derecha: Porcentaje de proyectos grandes (PADS) y medianos (PDC) presentados por usuario en la convocatoria IPAC 2016. En total, se presentaron 52 proyectos correspondientes a un total de 304 usuarios. **Izquierda:** Distribución regional de las solicitudes.

Por otro lado, el correcto funcionamiento de los centros adheridos al SNCAD requiere de personal técnico de apoyo que realice la administración de los sistemas, tareas de ayuda y servicio a los usuarios y mantenimiento de los equipos. Previo a la conformación del Sistema Nacional, los grupos de investigación con equipamiento de cómputo realizaban estas tareas con tiempo parcial de personal de apoyo de sus instituciones, o suplían la falta de personal dedicando parte de su tiempo a la administración y mantenimiento de los equipos. Desde el año 2014, el SNCAD convocó a las unidades integrantes de la red institucional del CONICET adheridas al Sistema Nacional, a solicitar cargos para la Carrera de Personal de Apoyo (CPA) del CONICET, en el marco del Convenio N° 076/13 firmado entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) y el CONICET. Los CPAs otorgados en el marco de este convenio pueden dedicarse completamente a la tarea de administración y mantenimiento de los grandes equipamientos, mejorando así el servicio que proveen los centros. Ello, ha tenido un impacto significativo en las capacidades de los centros y contribuyó enormemente a la posibilidad de avanzar hacia una profesionalización de los servicios brindados a los usuarios internos y externos por parte de los centros adheridos. Sin

personal técnico especializado dedicado al mantenimiento y administración de los equipos, sería prácticamente imposible implementar y sostener la IPAC lanzada por primera vez en el año 2016.

En resumen, tanto la promoción y el aumento del número de usuarios del equipamiento adherido al SNCAD, como la capacitación del personal técnico de apoyo, requieren de tareas activas para la formación de recursos humanos. Estos recursos humanos forman parte de la infraestructura de CAD y juegan un rol tan importante como el equipamiento instalado. Ambos, el equipamiento y la formación de recursos humanos, son parte de la infraestructura de supercómputo de un país, y requieren **inversión sostenida** en el tiempo para su desarrollo.

2.2. Análisis de situación de los Centros Integrales

El SNCAD tiene un total de 7 Centros Integrales. La mayoría de ellos se adhirió al momento de la creación del SNCAD con el equipo con el que contaban en ese momento, adquirido mayoritariamente mediante Proyectos de Modernización de Equipamiento (PME) financiados por FONCyT. Los mismos se encuentran hoy vetustos o fuera de servicio. El equipamiento actual de estos centros fue adquirido con aportes del SNCAD o financiación propia de las instituciones. El SNCAD jugó un rol importante en el mantenimiento de dichos centros. Sin embargo, algunos cuentan todavía con serias falencias de infraestructura (eléctrica, de refrigeración y de almacenamiento) que deben ser corregidas para permitir la instalación de equipamiento de mayor porte.

Los Centros Integrales adheridos al SNCAD (junio/2019) son los siguientes:

- **Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas, CABA:** Ubicado en el Polo Tecnológico Giol, tiene el equipamiento homogéneo de adquisición más reciente, adherido al sistema en julio de 2015. Cuenta con el cluster TUPAC, con red Infiniband y con 4096 procesadores AMD, además de contar con aceleradores gráficos GPU.
- **Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Santa Fe:** Dependiente de la Universidad Nacional del Litoral y el CONICET, se adhirió al SNCAD en noviembre de 2013. Cuenta con cinco equipos, conectados con red Infiniband y con experiencia en

actividades de transferencia al sector industrial. El total agregado de cores es de 1196 cores.

- **CCAD, Universidad Nacional de Córdoba:** Adherido en agosto de 2011, cuenta con diversos clusters con procesadores Intel y aceleradores gráficos conectados mediante red Infiniband. A la fecha reporta en el SNCAD un total agregado entre todo su equipamiento de 1120 cores.
- **CECAR, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), Universidad de Buenos Aires:** Adherido en agosto de 2011, cuenta con equipamiento con 800 procesadores Intel y AMD y con aceleradores gráficos conectados mediante una red Infiniband.
- **HPC Cluster Rosario:** Dependiente del CONICET y la Universidad Nacional de Rosario, fue adherido al SNCAD en agosto de 2011. Cuenta con más de 1040 procesadores Intel y AMD y se encuentra en proceso de ampliación.
- **Gerencia de Tecnología de la Información y las Comunicaciones (GTIC), Comisión Nacional de Energía Atómica:** Ubicado en el Centro Atómico Constituyentes, en el Partido de San Martín de la Provincia de Buenos Aires. Se adhirió al SNCAD en mayo de 2012 y cuenta con dos equipamientos adheridos al Sistema, conectados con red Infiniband, con cerca de 800 cores agregados.
- **Centro Atómico Bariloche - Gerencia de Física (CAB-GF), Bariloche:** Dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, se adhirió al SNCAD en diciembre de 2012. Cuenta con cinco equipos muy heterogéneos, algunos en su límite de vida útil. El total de cores agregados es de 510.

2.3. Análisis de situación de los Centros de Cálculo

El SNCAD cuenta además con 16 Centros de Cálculo activos, algunos muy interdisciplinarios y que necesitan crecer. La tabla 1 presenta un resumen de su situación, para aquellos centros de los que se dispone información sobre su número de usuarios. En general los Centros de Cálculo corresponden a lugares con equipamiento de tamaño intermedio, que brindan servicios a la comunidad local de usuarios, sirviendo como centros de formación para que sus usuarios puedan desarrollar software, ejecutar procesos y llevar adelante proyectos de investigación de pequeña

envergadura y, en algunos casos, formarse para luego intentar competir por horas de cálculo en llamados competitivos como los IPAC. Estos centros han solicitado financiamiento en forma dispar -algunos centros nunca usaron las herramientas de financiación del SNCAD-. Los que accedieron a financiamiento del SNCAD (o de sus instituciones) pudieron mantener una infraestructura que cumple un rol central en la región en la que se encuentran.

Nombre del Centro	Dependencia	Categoría	Provincia	Ciudad	Usuarios	Locales	Externos
Unidad de Cálculo para Física y Química Teórica (UnCaFiQT)	CONICET	De Cálculo	Buenos Aires	La Plata	12	9	3
Instituto de Genética Veterinaria (IGEVET)	CONICET/UNLP	De Cálculo	Buenos Aires	La Plata	43	26	17
Cluster ICB-ITIC - Mendoza	Universidad Nacional de Cuyo	De Cálculo	Mendoza	Mendoza	23	19	4
IFLYSIB	CONICET/UNLP	De Cálculo	Buenos Aires	La Plata	30	25	5
Nodo Bioinformático IMPaM	CONICET/UBA	De Cálculo	CABA	CABA	34	29	5
Cluster Tucu FACET- UNT	Universidad Nacional de Tucumán	De Cálculo	Tucuman	San Miguel de Tucumán	25	15	10

Tabla 1: Lista de centros que proveyeron al SNCAD información sobre su número de usuarios.

2.4. Análisis de situación de los Centros Grid

Actualmente existen dos Centros Grid, ubicados en la ciudades de Río Cuarto y La Plata, que proveen mayormente servicios de cálculo para la comunidad científica y tecnológica de la institución en la que se encuentran y algunos Centros en Formación que aspiran a convertirse en

Centros Grid o de Cálculo en un futuro cercano, pero que también tienen como misión principal proveer capacidad de cálculo a la comunidad de investigadores locales.

Es claro que el área de computación Grid no tuvo un desarrollo fuerte en los últimos años en Argentina y que la aparición de otras tecnologías como computación en la nube generó una competencia en esta categoría de centros.

3. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN EL SNCAD

Desde su creación, el SNCAD se propuso formar recursos humanos en su área, tanto a nivel de la formación de técnicos y recursos humanos específicos para los centros adheridos, como así también, la capacitación de los usuarios de la infraestructura instalada.

3.1 Fondos otorgados por el SNCAD para el área

Los fondos dedicados a la formación de Recursos Humanos han sido una de las características distintivas del SNCAD. En la Tabla 2 se indica el dinero destinado a la formación de recursos humanos hasta junio de 2019, comparado con los fondos destinados a adquisición complementaria y mejoras del equipamiento principal.

Destino	Monto	Porcentaje
Adquisición y Mejoras	4.997.144	74%
Recursos Humanos	1.748.070	26%
Total	6.745.214	100%

Tabla 2: Fondos otorgados por el SNCAD (hasta junio 2019).

Además, el SNCAD o sus centros adheridos han contado con ayudas provenientes de otras fuentes (empresas, aportes de Universidades Nacionales y fondos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica) que reforzaron los fondos indicados en el rubro de formación de recursos humanos. En total se becaron 725 estudiantes con fondos del SNCAD y se estima que unos 954 alumnos en total participaron en las acciones financiadas por el sistema.

3.2. Características de las acciones financiadas

El SNCAD y sus centros adheridos dictaron cursos generales sobre programación con MPI, OpenMP, GPGPU, computación cloud, y aplicaciones, todos orientados a usuarios. En menor medida se dictaron cursos para la formación de administradores y técnicos a cargo de equipos de CAD. En particular, hasta el 2017 (inclusive) se financiaron 5 escuelas de capacitación de mayor envergadura en cuanto a su duración, cantidad de asistentes y número de cursos ofrecidos. También se llevó a cabo un workshop para analizar el estado del arte de la Computación de Alto Desempeño en el país y se realizaron diferentes cursos y talleres. Las actividades se describen a continuación indicando año, lugar, institución organizadora, cantidad de alumnos asistentes, cantidad y tipo de cursos ofrecidos, entre otros.

Escuelas y workshops:

- ECAR 2012, organizada en julio de 2012 en la Ciudad de Buenos Aires por FCEN, UBA. Participaron 47 alumnos. Se dictaron 4 cursos básicos y cursos de aplicación. Se realizó junto con HPCLatam 2012 y una reunión de un proyecto internacional. Ambas actividades fueron de 1 semana de duración cada una.
- ECAR 2013, organizada en julio de 2013 en la Ciudad de Mendoza por el ITIC y la FCEN de la Universidad Nacional de Cuyo. Participaron 55 alumnos. Se dictaron 1 curso general introductorio al cálculo paralelo y tres cursos básicos. Además se dictaron 3 cursos de aplicación. Se realizó junto con HPCLatam 2013. Tuvo una duración de 5 días.
- Segundo Encuentro Nacional de Computación de Alto Rendimiento. Se dictó en la Ciudad de Córdoba, en mayo de 2013, con una duración de 4 días. Asistieron 50 alumnos. Tuvieron lugar diferentes cursos, focalizados en la enseñanza pormenorizada de la utilización clusters de última generación.
- EAGPGPU3. Dictada del 5 al 9 de Mayo de 2014 en San Carlos de Bariloche en el Instituto Balseiro (Universidad Nacional de Cuyo y Comisión Nacional de Energía Atómica) con 120 alumnos. 1 semana de duración.
- Workshop en High Performance Computing 2014. Desarrollado en la Ciudad de Córdoba en Agosto de 2014, con dos días de duración y 34 asistentes.
- ECAR 2017, organizado en Septiembre 2017 en la Ciudad de Buenos Aires por CSC-CONICET. Participaron 20 alumnos. La HPC Admin Week se orientó a dar capacitación en temas específicos dentro del área de operaciones de equipos de cómputo de alto desempeño. Con dos semanas de duración.

Cursos y Talleres:

- Curso básico organizado en la Ciudad de Rosario por el CCT Rosario en Mayo 2012. Tuvo una semana de duración y 20 alumnos.
- Escuela Río 2013, organizada por la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Química y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, en Febrero de 2013, con 5 días de duración y 73 alumnos.
- Escuela Río 2014, organizada por la Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Química y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, en Febrero de 2014 con 5 días de duración y 40 alumnos.
- Curso de Administración de Recursos en Sistemas de Cómputo de Altas Prestaciones. Organizado en San Luis en el 2014 por la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSL. Participaron 19 alumnos.
- Jornadas de Cloud Computing & Big Data, tuvieron lugar anualmente desde 2014 hasta 2017, organizadas en junio de cada año por la Facultad de Informática de la UNLP. En total participaron 91 alumnos.
- CACIC2016, organizado por la UNSL y la Red UNCI en la ciudad de San Luis en Octubre de 2016, con cinco días de duración y 19 asistentes.
- Curso avanzado: "Cloud Computing y Aplicaciones Sociales", organizado por Facultad de Informática - UNLP, en la Ciudad de La Plata en junio de 2017 con participación de 27 alumnos.
- Curso de postgrado "Aceleración de algoritmos de machine learning desde un enfoque arquitectónico", organizado por el Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) de la UNLP, en la Ciudad de La Plata en junio de 2018, donde participaron 34 alumnos.

El SNCAD coordinó y participó también en otras actividades formativas y todas ellas contaron con docentes argentinos y extranjeros (provenientes mayormente de Brasil, Chile, Uruguay, Estados Unidos, Alemania, Italia y España). Es importante notar la cantidad de cursos orientados a formar usuarios en el uso de la infraestructura, con un énfasis en programación en GPUs y aceleradores, seguido por cursos de programación con MPI y OpenMP. Estos temas fueron mayormente propuestos por iniciativa de los investigadores de los centros adheridos y no respondieron a una política orientada desde el Consejo Asesor del SNCAD.

3.3. Actividades de difusión

El Consejo Asesor del SNCAD realizó en los últimos años diversas acciones para difundir el rol del Sistema Nacional dentro de la comunidad de CAD en Argentina. Así, diversos miembros del Consejo Asesor (o miembros de centros adheridos) difundieron las actividades del sistema en congresos y reuniones científicas de su especialidad.

Asimismo, miembros del SNCAD participaron del *workshop* “Sistemas Nacionales: Articulando Ciencia e Industria – FINTECH” realizado en abril de 2019. Un espacio de encuentro en el que empresarios del sector e investigadores hablaron acerca de la importancia de formar recursos humanos especializados y las posibilidades que ofrece la CAD, se presentaron líneas de trabajo y se expusieron las oportunidades y desafíos que presenta en el país el desarrollo de este sector.

4. ACCIONES PROPUESTAS

En base a la información relevada, este Plan Estratégico propone diversas acciones para sostener el rol del SNCAD en el desarrollo de la computación de alto desempeño en el país, aumentar el número de miembros de la comunidad científica y tecnológica que pueden acceder a la infraestructura instalada y aumentar la capacidad de cálculo para afrontar los desafíos que tiene la Argentina en esta área.

4.1. Consolidación del Sistema Nacional

El objetivo principal del Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño (SNCAD), iniciativa dependiente de la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SGCTIP), es promover las políticas y ordenar las adquisiciones que se realizan en esta área para brindar servicios a la comunidad científica y tecnológica. En tal sentido, con el fin de **consolidar el rol del SNCAD como responsable del área de CAD en Argentina**, este Plan Estratégico propone para los próximos 5 años las siguientes acciones:

4.1.1. Consolidar al Consejo Asesor del SNCAD como órgano asesor y de consulta del área

El crecimiento de los requerimientos en el área de CAD para el desarrollo científico y tecnológico en diferentes áreas resultó en los últimos años en diversas decisiones de política científica y de adquisición de equipamiento que, por las necesidades particulares de las instituciones o de los equipos, no se circunscriben a la órbita del SNCAD. Un ejemplo reciente de esto es la adquisición de equipamiento de supercómputo por parte del Servicio Meteorológico Nacional, en la que brindó asesoramiento un miembro del Consejo Asesor a pedido de la institución.

El Consejo Asesor del SNCAD debe **consolidarse como órgano de consulta y referencia para establecer políticas amplias en el área y para proveer asesoramiento técnico a la hora de realizar nuevas adquisiciones de equipamiento** tanto de sus centros adheridos, como a otras instituciones del sistema científico y tecnológico nacional que así lo requieran.

4.1.2. Reorganizar la estructura del SNCAD en tres niveles de centros de acuerdo a su capacidad de servicios

La organización actual, basada en las tecnologías que se esperaba que cada centro desarrollara, ha quedado obsoleta. Por un lado, los Centros Integrales se han visto obligados (frente a la falta de un centro nacional) a brindar capacidad de cálculo a nivel nacional, para un número creciente de usuarios y, en los últimos años, en forma competitiva a partir del llamado IPAC. Por otro, los Centros Grid han evolucionado hacia pequeños centros que cumplen un rol importante en la región o la institución en la que se encuentran, pero que no brindan necesariamente servicios específicos de un único tipo. Por ello, resulta oportuno reorganizar el sistema con la siguiente estructura:

- **Nivel 1** (centros de servicios a nivel nacional, engloban a los actuales centros integrales): Son centros con equipamiento grande (en la escala nacional), que pueden brindar servicios en forma competitiva (por ejemplo, en base a llamados IPAC) a una comunidad muy amplia y responder a la necesidad de usuarios a nivel nacional.

- **Nivel 2** (centro de servicios regionales, engloban a los actuales centros de cálculo): Estos son centros con capacidades intermedias, que pueden brindar servicios relevantes a nivel regional. Se espera que ayuden en la capacitación de los usuarios para que estos puedan usar centros Nivel 1 y participar en llamados competitivos por horas de cálculo.
- **Nivel 3** (centros de servicios institucionales o tendientes a satisfacer necesidades técnicas específicas, engloban a los antiguos centros grid y en formación): Esta categoría incluye a los centros más chicos, con capacidad para servir una institución e instituciones afines en una región. Estos centros pueden aspirar a crecer de categoría (Nivel 2) o brindar un servicio específico en una escala más reducida. En los últimos años se observa una necesidad creciente de demandas específicas, especialmente en áreas relacionadas a ciencias de la vida y grandes bases de datos, que a menudo requieren pequeños equipos y/o hardware de características específicas para satisfacer necesidades de economías regionales y/o locales. Los centros con infraestructura de este tipo corresponden a esta categoría.

Los llamados IPAC demuestran que las regiones que no cuentan con un centro de cómputos adherido al SNCAD tienen dificultades a la hora de utilizar cómputo de alto desempeño para la investigación científica y de realizar el salto a equipos de mayor envergadura. Es por lo tanto primordial la existencia de centros pequeños (Nivel 2 o Nivel 3), que cumplan con estándares adecuados a la CAD y ayuden a sus usuarios a nivel local a prepararse para dar un salto de calidad.

4.1.3. Consolidar al SNCAD como iniciativa de la SGCTIP responsable de la organización y administración del otorgamiento periódico de proyectos de horas de cálculo

Los llamados IPAC mostraron la conveniencia de otorgar horas de cálculo a los usuarios a través de concursos abiertos, hasta cubrir el total del 20% de recursos que cada centro integral adherido debe brindar a la comunidad científica que lo solicite. Con este fin, este plan estratégico propone:

- Ampliar y sostener en el tiempo los llamados **IPAC** por los próximos 5 años, aumentando el número de horas otorgadas en la medida en la que la capacidad de cálculo instalada en el SNCAD crezca y hasta alcanzar el 20% de la capacidad total instalada.
- Poner a punto y ampliar los servicios brindados por medio del **Sistema de Gestión de Turnos**, migrando la asignación del resto de las horas de cálculo de los centros a un sistema central dependiente del SNCAD, como ya utilizan otros Sistemas Nacionales para otorgar turnos.
- Mejorar y mantener la difusión de todas sus **convocatorias y el asesoramiento** ante dudas de los usuarios a la hora de redactar sus solicitudes, proyectos y pedidos de horas de cálculo.
- Perfeccionar y sistematizar el proceso de **evaluación de proyectos** y generar vías que permitan hacer llegar recomendaciones del Consejo Asesor a quienes no se les acreditan los proyectos solicitados, con el objetivo de que puedan mejorar sus propuestas para futuros llamados.
- Establecer y mejorar los **mecanismos de seguimiento periódico** de la correcta ejecución de los proyectos, evaluación del grado de satisfacción de los usuarios y sugerencias y comentarios por parte de los administradores de los centros.

4.2. Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia y nuevas adquisiciones

En este momento los grandes equipamientos que fueron adquiridos en la última década se encuentran en período de obsolescencia o cercanos a ella. Además, el crecimiento de la comunidad científica y tecnológica y los cambios en los temas de investigación han aumentado la demanda de cálculo, obligando al área de CAD a actualizarse y crecer en su infraestructura. Con estos fines, este Plan Estratégico propone:

4.2.1. Actualizar la infraestructura instalada

Actualmente nuestros centros adheridos cuentan con problemas por obsolescencia de los equipos instalados. Como referencia, en los dos primeros llamados IPAC, se pudieron otorgar apenas 12 millones de horas de cálculo, habiendo sido solicitadas 51 millones de horas (entre 79 proyectos). Para atender esta falencia se recomienda lo siguiente:

- **Mantener actualizada la capacidad instalada de los centros**, medida de acuerdo a su nivel (1, 2 o 3) y actualizada en el tiempo siguiendo la tasa a la que crece el sistema más pequeño en el TOP500.
- **Facilitar las adquisiciones de mejora y actualización** (realizadas en forma periódica cada no más de 4 años) apuntando a sostener la infraestructura instalada en los centros del SNCAD, manteniendo modernos y competitivos a nivel nacional e internacional los equipos de cada centro.
- **Brindar, a través del Consejo Asesor, asesoramiento a las instituciones del SNCTI para la redacción de las especificaciones técnicas adecuadas** para la solicitud de apoyo económico (como las herramientas PME de ANPCyT), facilitando la actualización de los centros.
- Promover la colaboración entre el Consejo Asesor y la SGCTIP en **la redacción de las bases de convocatoria para la financiación de proyectos y la vinculación con los actores privados**, favoreciendo el desarrollo del área de CAD.
- **Revisar los criterios de evaluación y priorización de los proyectos de financiamiento del SNCAD**, teniendo en cuenta:
 - ✓ Los pedidos de mejora y actualización de aquellos centros que no hayan actualizado sus equipos en los últimos 4 años, especialmente cuando los mismos hayan entrado en período de obsolescencia o se encuentren fuera de funcionamiento.
 - ✓ El sostenimiento de los centros de envergadura ya existentes en cada región (como se detallan en el punto 4.2.2 y en la Tabla 3) y valorar también, dentro de

los mismos, la actualización de los centros que hayan brindado mayor cantidad de horas y apoyo al programa IPAC.

Regiones	Jurisdicciones
Bonaerense	Buenos Aires y Ciudad de Buenos Aires
Centro	Santa Fe y Córdoba
Noroeste (NOA)	Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero
Noreste (NEA)	Chaco, Corrientes, Entre Ríos Misiones y Formosa
Cuyo	Mendoza, San Juan y San Luis
Patagónica	La Pampa, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz, Chubut y Tierra del Fuego

Tabla 3: Regiones geográficas usadas en el Capítulo 4 para describir las acciones del SNCAD a futuro. Estas regiones se corresponden con las utilizadas por la ANPCyT para la financiación de proyectos de investigación.

4.2.2. Ampliar la capacidad de cálculo existente y crear nuevos centros

Considerando, para los fines de las acciones propuestas, a nuestro país dividido en las cinco regiones detalladas en la Tabla 3, el SNCAD se propone:

- **Ampliar la capacidad de cálculo de los centros de Nivel 1** existentes, para que puedan ofrecer horas de cómputo para 3 proyectos de tipo PDC y 1 tipo PADS cada uno, en el llamado IPAC. Ello, implica que cada uno de los centros Nivel 1 debería crecer hasta alcanzar una capacidad instalada similar a la del equipo más grande existente en SNCAD a junio de 2019, actualizada al momento de la adquisición de estos nuevos equipos según la tasa de crecimiento del equipo más pequeño del TOP500.

- **Crear centros de Nivel 2 o Nivel 3** en regiones en las que actualmente se existe un déficit de equipamiento, con la consecuente falta de recursos humanos calificados tanto para la administración como en uso de equipamientos de alto desempeño. En particular, a partir de las convocatorias IPAC, se detectan como regiones geográficas de interés para la creación de centros como mínimo de Nivel 3 a la Patagonia (con desarrollo en temáticas de petróleo, ciencias de la vida y datos del mar), el NOA (donde posibles candidatos son las provincias de Tucumán y Jujuy con temáticas vinculadas al Litio y la provincia de Salta) y el NEA (donde un posible candidato es la provincia de Misiones, con necesidades de cálculo asociadas a secuenciadores, temas en ciencias de la vida, yerba mate y energía).
- Instalar o promover la **creación de al menos un nuevo centro de Nivel 1** en las regiones que aún no cuentan con centros adheridos de esta envergadura y ya cuentan con experiencia probada en un centro de Nivel 2 o 3.
- Estudiar la factibilidad de realizar convocatorias para la creación de estos nuevos centros, en regiones o temáticas de interés para los Sistemas Nacionales.

El Consejo Asesor buscará realizar estas actualizaciones mediante la solicitud de proyectos de financiación (como las herramientas PME de la ANPCyT) y la búsqueda de fondos para actualización de equipamiento en el marco del programa de Sistemas Nacionales.

4.3. Estandarización, uso de nuevas tecnologías y de soluciones de vacancia

Los llamados IPAC mostraron la necesidad de homogeneizar los usos y costumbres de los centros para que los usuarios puedan migrar con facilidad de uno a otro, de introducir buenas prácticas de uso y administración de los equipos y de fomentar la instalación en los centros de nuevas tecnologías o soluciones específicas para cubrir los requerimientos de los usuarios. Con estos fines este Plan Estratégico propone:

4.3.1. Coordinar acciones para homogeneizar y compatibilizar las prácticas de los centros adheridos

Hoy es necesario asegurar una mayor portabilidad para los usuarios, y al mismo tiempo, simplificar los procedimientos de administración y mantenimiento para los técnicos a cargo de la infraestructura de CAD. Todo esto debe hacerse generando estándares que sean dinámicos, considerando que la infraestructura y el software cambian en tiempos relativamente cortos. Con esta problemática en mente, se recomienda generar mecanismos para que el SNCAD pueda brindar asistencia y asesoramiento a los centros adheridos con los fines de:

- **Asegurar una mayor compatibilidad y homogeneidad entre los sistemas de cómputo instalados**, especialmente en los centros Nivel 1 y 2. El Consejo Asesor del SNCAD puede recomendar software y prácticas de configuración, que deberían ser revisadas cada dos años.
- **Recomendar estándares para la adquisición de equipamiento y requisitos mínimos** para que los mismos puedan ser incorporados al sistema, así como también, de las salas donde se instalan los equipos.
- **Recomendar mejoras generales** con el fin de lograr un servicio más eficiente y amplio a los usuarios.

El Consejo Asesor del SNCAD podrá estudiar diversos mecanismos para implementar estas recomendaciones, que a modo de ejemplo pueden incluir: 1) la creación de grupos de difusión para técnicos e investigadores a cargo de equipamiento; 2) el dictado de cursos específicos para administradores y personal técnico (ver la Acción N° 4); 3) la emisión periódica de documentos breves con recomendaciones técnicas; 4) la conformación de un panel técnico que brinde asesoramiento técnico y realice recomendaciones y/o 5) la selección de un técnico (preferentemente para un centro Nivel 1, e idealmente para el centro Nivel 0 (propuesto más adelante), que pueda servir como punto de contacto para los demás técnicos e investigadores responsables de equipos adheridos al SNCAD.

4.3.2. Introducir nuevas tecnologías y corregir deficiencias en la infraestructura existente

El funcionamiento del SNCAD desde su creación, y los proyectos IPAC en los últimos años, evidenciaron dos deficiencias del sistema actual. Por un lado, la conformación descoordinada de los centros (previa a la creación del SNCAD) resultó en una distribución desigual de los recursos computacionales, con centros que además buscaron priorizar el número de procesadores por encima de otras variables importantes para brindar un buen servicio a los usuarios. Así, muchos centros cuentan con espacio de almacenamiento insuficiente, con instalaciones eléctricas o de refrigeración subóptimas o con redes deficientes que generan problemas en la calidad del servicio prestado. Por otro lado, existe cierta falta de respuesta de los centros a las demandas de los usuarios que migran a nuevas tecnologías (a modo de ejemplo, mientras que la mayoría de los cursos apoyados por el SNCAD se centraron en el uso de aceleradores, solo en los últimos años algunos centros adoptaron esta tecnología). Así, es necesario hoy asegurar un crecimiento más equilibrado y orgánico de los centros a futuro y, de ser posible, empujar al sistema a una adquisición más rápida de nuevas tecnologías. Con estos fines se recomienda:

- En base a las necesidades observadas en la evaluación y seguimiento de los proyectos IPAC, **priorizar las adquisiciones de nuevos equipamientos e infraestructura que consideren las necesidades de cálculo de la comunidad de Ciencia y Tecnología y las nuevas tecnologías emergentes en el área de CAD.**
- **Impulsar el aumento de la capacidad de almacenamiento instalada** -especialmente en los centros Nivel 1- y otorgar mayor prioridad a los pedidos de financiación que resuelvan esta problemática o que adquieran nuevos equipamientos en los que la capacidad de cálculo y de almacenamiento esté correctamente balanceada.
- **Financiar, con fondos para adquisición complementaria y mejoras del SNCAD, la adquisición de equipamiento afín al CAD** que busque asegurar un mejor servicio a los usuarios. Dentro de esta categoría ingresan equipos de refrigeración o alimentación eléctrica específicos para CAD con calidad adecuada para un *datacenter*.

4.4. Formación y capacitación de recursos humanos

Si bien el SNCAD ha dado mucho apoyo a la formación de recursos humanos, sus actividades hasta ahora se centraron más en las necesidades de los usuarios que en la formación de personal técnico para la infraestructura instalada o a instalar. Este Plan Estratégico propone continuar con dichas tareas, mientras que pone un nuevo énfasis en la capacitación técnica de dicho personal y en otras acciones de formación y difusión que el Consejo Asesor y los centros adheridos al SNCAD pueden iniciar para alcanzar un mayor número de usuarios.

4.4.1. Ampliar la base de personal especializado asociado a equipamiento del SNCAD

En los últimos años los Centros Asociados al SNCAD se vieron favorecidos por una política del MINCYT que buscó en forma conjunta con el CONICET incorporar personal de apoyo para la administración, mantenimiento y operación de grandes equipamientos. **El Consejo Asesor del SNCAD debe asesorar sobre la política de recursos humanos con miras al sostenimiento y la renovación de esta iniciativa y la generación de programas similares con otras instituciones**, que mantengan y amplíen la base de personal especializado y permitan también formar nuevos recursos humanos.

4.4.2. Capacitar personal a cargo de infraestructura adherida al SNCAD

En los próximos años se debe buscar mejorar la capacitación del personal técnico y científico a cargo de centros adheridos. Especialmente, con el objetivo de generar buenas prácticas en los centros y que las mismas luego puedan ser transferidas a prácticas de uso común para los usuarios. Entre otras actividades se recomienda:

- **Aumentar la cantidad de encuentros periódicos entre los centros adheridos**, con el fin de discutir sus necesidades, compartir información, intercambiar experiencias y difundir nuevas tecnologías.
- **Impulsar el dictado de cursos y actividades relacionadas con la instalación, puesta en marcha y administración de infraestructura de CAD**. Estos cursos pueden incluir temas

como capacitación en temas de equipamiento específico, sistemas operativos, herramientas de administración, almacenamiento, instalación eléctrica y refrigeración de *datacenters*.

- **Impulsar el dictado de cursos sobre redes avanzadas y otras tecnologías de comunicación que aparezcan en el área de CAD.** Los centros Nivel 1 (o centros de menor nivel que cuenten con estas tecnologías) pueden ser impulsados para que realicen transferencia de conocimiento práctico a los demás centros en su región.

En el marco de estas actividades es probable que el Consejo Asesor del SNCAD deba buscar activamente centros adheridos que tengan interés en coordinar algunas de ellas. Hasta el momento, las actividades de formación de recursos humanos fueron financiadas en base a la demanda de cada uno de los centros, sin una planificación central. Brindar cursos para temas específicos requerirá seguir financiando actividades con esta modalidad, mientras una fracción de los recursos se destina a actividades que respondan a las necesidades detectadas por el Consejo Asesor o que emerjan en las reuniones de relevamiento con centros adheridos. Al mismo tiempo, esta modalidad permitirá complementar acciones orientadas a cubrir vacancias geográficas y, cuando corresponda, tratar necesidades tecnológicas para formar recursos humanos en temas que se dominan en otros centros con más experiencia. De esta forma, se podrá acompañar a los nuevos centros cuya creación se propone en este Plan Estratégico.

4.4.3. Organizar actividades de difusión y extensión

Las tareas de difusión permiten dar a conocer el SNCAD, promocionar sus actividades y visibilizar sus posibilidades tecnológicas. Con éste propósito se propone impulsar las siguientes actividades:

- **Mejorar la interacción con otros Sistemas Nacionales.** La aparición de CAD en otras áreas hace necesaria la coordinación para evitar la duplicidad de esfuerzos. Especialmente en temas como redes avanzadas, datos y en iniciativas de inteligencia artificial.
- **Promover actividades de difusión de la SACT para dar a conocer el trabajo del SNCAD en regiones donde no hay centros adheridos.** Es importante trabajar sobre ciertas zonas del

país (NEA, NOA y Patagonia) que presentan poca actividad relacionada con CAD, reforzando la difusión mediante talleres y seminarios a cargo de integrantes del Sistema.

- **Mantener presencia en reuniones profesionales en áreas afines.** Por ejemplo, la AFA¹² en el ámbito de la física, actividades relacionadas con informática y computación como los congresos CACIC¹³, WICC¹⁴, JCC & Big Data¹⁵, JAIIO¹⁶ y en el área de mecánica computacional como MECOM¹⁷ y ENIEF¹⁸. También, será importante ampliar estas actividades a congresos y conferencias de otras disciplinas como química y biología.

4.5. Creación de un Centro Nacional de Supercómputo

La experiencia internacional, y la información recabada por el SNCAD desde su creación en el ámbito nacional, muestra que satisfacer a las demandas crecientes de la comunidad científica y tecnológica requieren de una jerarquía de centros de CAD (institucionales, regionales y nacionales) y de al menos **una gran facilidad a nivel nacional que pueda brindar servicios a todo el país satisfaciendo las demandas más grandes de los usuarios**. La existencia de este tipo de facilidades no reemplaza los centros institucionales, regionales y nacionales, sino que los complementa, introduciendo nuevas tecnologías, generando buenas prácticas y ofreciendo una capacidad de cálculo que los demás actores en la jerarquía de centros de CAD no pueden ofrecer. Esta práctica, con una red de centros con diferentes niveles y roles, es hoy habitual en Estados Unidos, Europa y diversos países de la región tal como se discutió en el Capítulo 1.

El SNCAD se encuentra hoy con una red de centros consolidada, que este Plan Estratégico propone migrar a una estructura en niveles más parecida a la adoptada en otros países. Al mismo tiempo,

¹² Asociación Física Argentina.

¹³ Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

¹⁴ Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

¹⁵ Jornadas de *Cloud Computing & Big Data*.

¹⁶ Jornadas Argentinas de Informática.

¹⁷ Congreso Argentino de Mecánica Computacional.

¹⁸ Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones.

el llamado a proyectos IPAC evidenció la necesidad de capacidad de cálculo que tiene el sistema científico y tecnológico local, que los centros del SNCAD no pueden satisfacer. En particular, además del bajo número de proyectos que hoy se pueden otorgar en los llamados IPAC, el SNCAD no cuenta con un centro que pueda otorgar proyectos de más de 1 millón de horas de cálculo, ni existen centros Nivel 1 que puedan crecer en el corto plazo para satisfacer esta necesidad en base a los mecanismos de financiación existentes.

Es necesario crear un Centro Nacional de Nivel 0, con infraestructura capaz de calificar al TOP500, que se constituya como la cabecera de la red nacional, manteniendo y ampliando al mismo tiempo la red conformada por los centros de Nivel 1, 2 y 3 como se describió anteriormente. El centro Nivel 0 puede resultar de la ampliación de un centro Nivel 1 (evaluando en este caso los diversos centros según sus aportes al SNCAD, su capacidad de brindar servicios, conectividad, formación de recursos humanos y disponibilidad, entre otros factores) o ser un centro nuevo. Además, se deberá proveer al centro Nivel 0 con la infraestructura necesaria para que funcione en un *datacenter* adecuado a las dimensiones del equipo de CAD que se adquiera. Las experiencias de los centros Nivel 1 y de miembros de la comunidad de CAD que redactaron en la última década diversas propuestas para la conformación de un Centro Nacional para cálculo, serán importantes para que la planificación y la adquisición del equipamiento e infraestructura sean las correctas.

Este Plan Estratégico recomienda enfáticamente impulsar en forma continua y urgente la adquisición de un equipo para un centro Nivel 0. Dado que las características técnicas de dicho equipo cambian con el tiempo, **se aconseja que al momento de iniciar un proceso de licitación el Consejo Asesor del SNCAD coordine un panel que haga recomendaciones sobre:**

- Las características técnicas que debe tener el equipamiento para estar dentro del TOP500 (en el momento de su puesta en funcionamiento) y satisfacer las necesidades de cómputo de nuestro país.
- Las características técnicas que debe tener el lugar donde se instale dicho equipo y el personal técnico a cargo.
- La factibilidad de instalar el equipamiento en un centro Nivel 1 existente o en un centro nuevo diseñado para tal fin.

- Detalles técnicos respecto al pliego de licitación y las condiciones de compra.
- La duración del contrato (incluyendo los costos y mecanismos de mantenimiento del equipo), el tiempo de obsolescencia y sugerencias para su renovación a futuro.
- Otros temas asociados con la adquisición de equipamiento para un centro Nivel 0.

Dicho panel podrá estar conformado por miembros del Consejo Asesor y expertos en el área de CAD que el Consejo considere pertinente invitar.

5. CONCLUSIONES

El creciente uso de CAD por parte de la comunidad científica y tecnológica de Argentina genera nuevos desafíos para el SNCAD. En su primera década de existencia el MINCTY, a través del SNCAD, pudo organizar una red de centros que hoy satisface demandas locales, regionales y nacionales en diferentes niveles y que en los últimos años formalizó a través de los llamados competitivos por horas de cálculo IPAC.

Sin embargo, el tamaño actual de la infraestructura de CAD en nuestro país es insuficiente. Por un lado, los centros existentes no pudieron renovar y mantener sus equipamientos en los últimos años, poniendo muchos de estos equipos al borde de la obsolescencia. Por otro lado, el tamaño de los equipos instalados es demasiado pequeño para las necesidades de cada región. Finalmente, la falta de una gran facilidad a nivel nacional obliga a muchos científicos a suspender líneas de investigación o realizarlas en el extranjero, dado que ningún centro del SNCAD puede satisfacer sus necesidades.

Este plan propone entonces 5 acciones concretas para mejorar la situación de la Argentina en CAD. Sin un orden jerárquico particular, primero se propone consolidar al Sistema Nacional y a su Consejo Asesor como órgano asesor y de consulta del área, reorganizando la estructura de sus centros y tomando acciones que generen una mayor sinergia entre los mismos. Segundo, se propone reemplazar los equipos que están en riesgo de obsolescencia y realizar nuevas adquisiciones para mantener los centros a niveles competitivos, que permitan otorgar un mayor número de proyectos IPAC por centro. Como parte de estas acciones se propone también crear

centros en algunas regiones del país que muestran fuertes vacancias en el área de CAD. Tercero, se propone tomar medidas para estandarizar prácticas e introducir tecnologías vacantes o deficientes por región. Cuarto, se proponen acciones para incorporar, formar y capacitar recursos humanos. Y finalmente, se propone crear una gran facilidad de cálculo en la forma de un Centro Nacional de Supercómputo, que sea cabeza de la red de centros del SNCAD y pueda brindar servicios de cálculo competitivos al menos a nivel de Sudamérica.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2019 - Año de la Exportación

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: Anexo Plan Estratégico para la Computación de Alto Desempeño en la Argentina: 2019-2024 (SNCAD)
- EX-2019-67311252- -APN-DDYGD#MECCYT

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 54 pagina/s.