

Q-SpinEx

Computación Cuántica Distribuida basada en Spin

COMPUTAEX – Centro de Supercomputación de Extremadura

10 de septiembre de 2026

- 1. Quiénes somos**
- 2. Contexto y necesidad pública**
- 3. Reto tecnológico**
- 4. Casos de uso duales**
- 5. Entorno de validación**

ÍNDICE

¿Qué es COMPUTAEX?

Supercomputación e innovación al servicio de Extremadura



Fundación de apoyo científico

Fundación sin ánimo de lucro, creada en 2009 y dependiente de la **Consejería de Industria, Energía, Ciencia y Territorio**.



Infraestructura de supercomputación

Gestiona el **Centro de Supercomputación de Extremadura** y el supercomputador **Lusitania**, con capacidades avanzadas de cómputo y tratamiento de datos.



Nodo de la Red Española de Supercomputación

Forma parte de la RES y facilita acceso competitivo a recursos de HPC, inteligencia artificial y computación cuántica.



Investigación, innovación y transferencia

Desarrolla proyectos de I+D+i y presta soporte a investigadores, empresas y administraciones, impulsando formación y transferencia.



El **Centro de Supercomputación de Extremadura (COMPUTAEX)** será el entorno real de integración, validación y futura explotación del prototipo **Q-SpinEx**.

Infraestructura disponible

Base tecnológica de COMPUTAEX para integrar, validar y operar Q-SpinEx.



Lusitania IV · Cluster HPC



Emulador cuántico

Capacidades clave

PetaFLOPS de potencia de cómputo

Cluster multi-core (CPU)

Cluster para IA (GPU B200): en proyecto

Fat nodes (multi-core)

Infiniband NDR 400 GB/s

Alta capacidad de almacenamiento Lustre

Emulador cuántico de vector de estado

Infraestructura QKD en adquisición

Por qué este reto

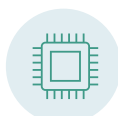
La computación cuántica distribuida como infraestructura habilitadora, no como producto finalista.



- ▶ La **computación cuántica** puede abordar problemas de complejidad inabordable para la computación clásica en dominios como materiales, criptografía, IA y optimización.



- ▶ El camino hacia la **computación cuántica escalable y tolerante a fallos** exige explorar varias tecnologías, no limitarse a aproximaciones más maduras.



- ▶ Las tecnologías de **solid-state spin qubits / Color Centers** ofrecen una vía diferencial para modularidad, comunicación fotónica y sensórica avanzada.



- ▶ **COMPUTAEX** aporta un entorno real de supercomputación para validar el prototipo y conectarlo con usuarios, aplicaciones y la RES.



Dual

Civil + seguridad y defensa



HPC

Integración en supercomputación



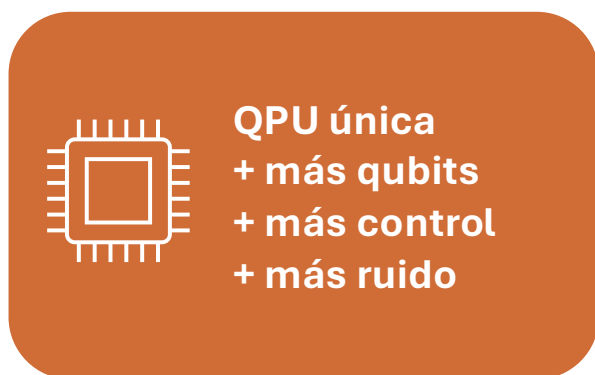
OBJETIVO:TRL 7

Objetivo de validación en entorno real

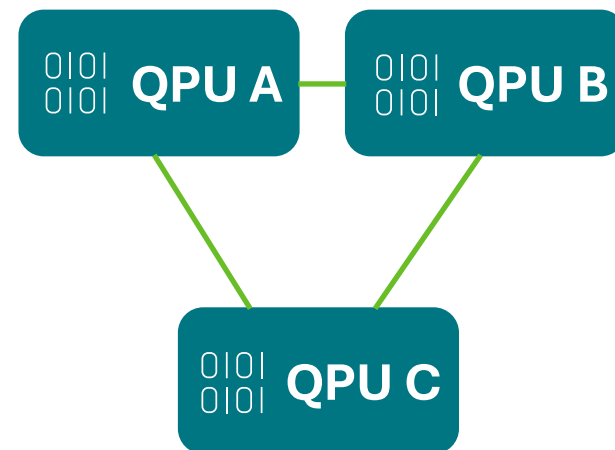
El cuello de botella: escalar sin multiplicar ruido y complejidad

Se debe ayudar a evaluar si una arquitectura modular puede reducir incertidumbres clave.

Arquitecturas monolíticas



Arquitecturas distribuidas multi-QPU



**Interconexión fotónica
entre módulos**

Solid-state spin qubits / Color Centers

Una aproximación emergente con ventajas potenciales para computación distribuida, comunicaciones y sensórica.

1

Modularidad natural

Arquitecturas distribuidas mediante conexión de módulos cuánticos.

2

Comunicación fotónica nativa

Enlaces ópticos entre QPUs sin transductores de frecuencia tan complejos como en otras tecnologías.

3

Potencial de coherencia y estabilidad

Tiempos de coherencia y fidelidad con margen para algoritmos de mayor profundidad.

4

Operación menos exigente

Temperaturas de operación en escala Kelvin, con ventajas para integración y electrónica próxima.

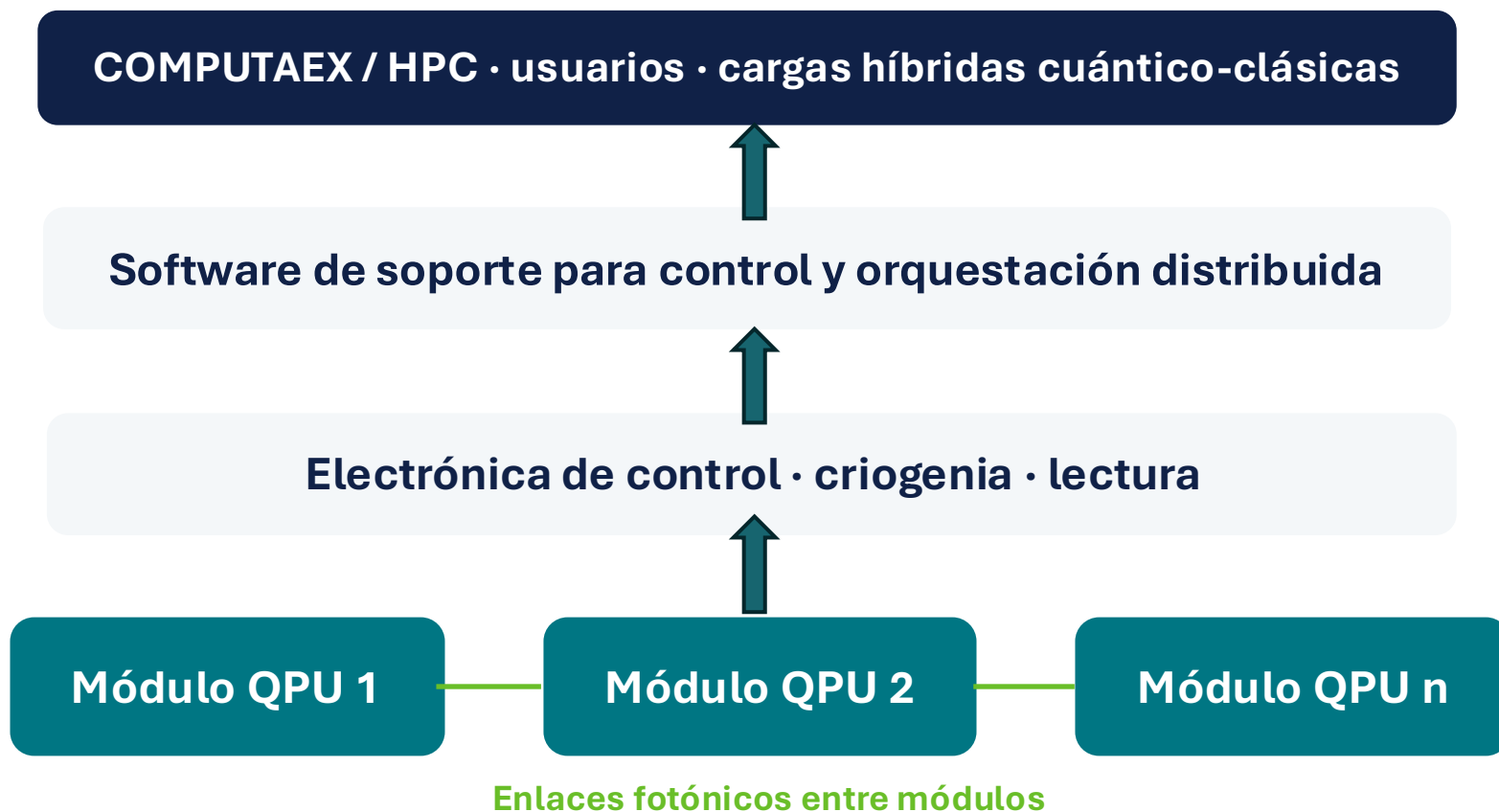


El reto no presupone una solución cerrada: la CPM debe contrastar aproximaciones concretas, TRL, riesgos y alternativas tecnológicas similares.

Prototipo modular multi-QPU integrado en HPC

La propuesta combina hardware cuántico, enlaces fotónicos, electrónica, criogenia y software de orquestación.

STACK



Resultado esperado



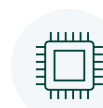
Operaciones distribuidas entre QPUs



Interoperabilidad con supercomputación



Entorno experimental para aplicaciones duales



SW Stack para ejecución eficiente de aplicaciones distribuidas

Qué debe permitir evaluar el prototipo

Caracterizar

Métricas de fidelidad, coherencia, latencia, tasa de error, conectividad y escalabilidad.

Ejecutar

Operaciones cuánticas distribuidas entre módulos y pruebas bajo distintas configuraciones.

Orquestar

Software para control, soporte para ejecución de circuitos distribuidos y mitigación básica de errores.

Integrar

Validación en entorno real de supercomputación y soporte a cargas híbridas.

Aplicar

Casos de uso representativos en dominios civiles, seguridad y defensa.

Incertidumbres principales a contrastar en CPM

- ▶ Fidelidad y eficiencia de comunicaciones fotónicas
- ▶ Latencia y sincronización entre módulos
- ▶ Gestión y propagación de errores
- ▶ Límites prácticos de escalado e integración en CPD

Dominios de aplicación preliminares

Los casos de uso son orientativos y deben contrastarse, matizarse o ampliarse durante la CPM.

Simulación avanzada

Sistemas complejos, procesos físicos, materiales, biomedicina, infraestructuras críticas y entornos de elevada complejidad.

Optimización y logística

Asignación de recursos, rutas, inventarios, cadenas de suministro, despliegue de activos y decisión bajo restricciones.

Comunicaciones seguras

Protocolos avanzados, distribución cuántica de claves, protección de comunicaciones críticas e integración con redes existentes.

IA / QML y datos

Procesamiento distribuido, clasificación, predicción, detección de anomalías y apoyo a la toma de decisiones.

Sensórica avanzada

Detección de señales débiles, magnetometría, navegación en entornos degradados y monitorización de precisión.

Sectores estratégicos

Energía y nuevos materiales, salud, agroalimentación, industria avanzada e infraestructuras esenciales.

Aplicación dual: una misma infraestructura experimental permite explorar valor en sectores civiles estratégicos y en seguridad y defensa.

Casos de uso duales de referencia

El objetivo no es entregar una capacidad operativa inmediata, sino orientar la validación hacia capacidades futuras.

IA / QML y análisis avanzado

Defensa: optimización táctica, planificación de misiones, QSVM para anomalías e ISR.

Civil: modelos agroclimáticos, análisis genómico, clasificación de variantes y cribado de fármacos.

Optimización logística y recursos

Defensa: despliegue de medios, asignación de vehículos, rutas de suministro y distribución de recursos.

Civil: red energética, camas, quirófanos, ambulancias, siembra, riego y cosecha.

Sensórica avanzada y señales débiles

Defensa: anomalías magnéticas asociadas a minas, IED, túneles, submarinos y firmas electromagnéticas.

Civil: subsuelo, acuíferos, contaminación, imagen biomédica, incendios y fallos industriales.

COMPUTAEX como entorno real de validación

El prototipo no se valida como demostrador aislado: debe integrarse, operar y probarse en condiciones representativas de supercomputación.

Infraestructura de validación

1

Instalación en CPD

adecuación, operación y mantenimiento

2

Interoperabilidad HPC

sistemas COMPUTAEX, usuarios y RES

3

Operación cuántico-clásica

cargas híbridas, IA/QML y datos

Entorno real de supercomputación

Qué permite comprobar

Instalación y operación

Condiciones técnicas del CPD, conectividad, operación, mantenimiento y acceso autorizado.

Comportamiento técnico

Funcionamiento del prototipo multi-QPU en condiciones operativas representativas.

Integración con sistemas

Interoperabilidad con infraestructuras y capacidades de COMPUTAEX y conexión con usuarios/aplicaciones.

Aplicabilidad dual

Potencial de uso en escenarios civiles, seguridad y defensa, sin cerrar aplicaciones finalistas.

La CPM debe ayudar a definir los aspectos necesarios a tener en cuenta de cara a la ejecución y validación del proyecto.

Q-SpinEx

Computación Cuántica Distribuida basada en Spin

GRACIAS POR SU ATENCIÓN