

ayesa
Ibermática

ib INSTITUTO
IBERMÁTICA
DE INNOVACIÓN
An **ayesa** company

Computación Cuántica

El nuevo presente de la industria

2023ko Azaroa



IBERMÁTICA, DE UN VISTAZO

+50	+12.000	649 M€	+20	+40	2	1
años en el mercado	profesionales	de ingresos	países en Europa, América, África y Asia	centros operativos	factoría de software CMMI 5	centro de investigación

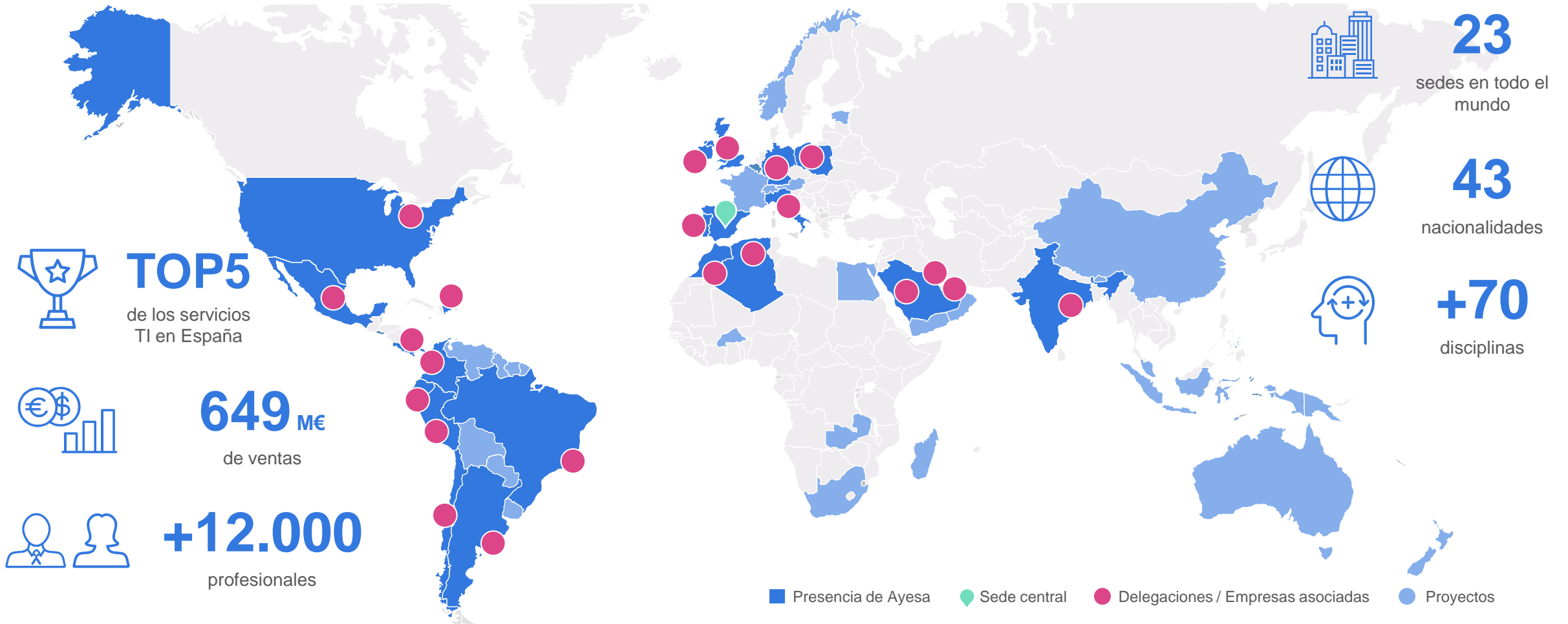
5 VALORES corporativos	<ul style="list-style-type: none"> Colaboración responsable Naturalidad fiable Flexibilidad constante Conciencia humanista Talento ilusionante 	5 PROPUESTAS de VALOR	<ul style="list-style-type: none"> Fiabilidad en la entrega Compromiso y eficiencia en costes Conocimiento sectorial Innovación y Transformación Personas 	7 CENTROS de EXCELENCIA	<ul style="list-style-type: none"> Data, Analytics & AI Hybrid IT / Cloud Ciberseguridad Smart Factory & OT SAP Microsoft Salesforce
-------------------------------	---	------------------------------	--	--------------------------------	---

7 SECTORES	<ul style="list-style-type: none"> Public Administration Consumer Manufacturing Healthcare Banking, Financial Services, and Insurance Telco & Media Utilities 	3 ESPACIOS de trabajo	CORE Eficiencia	TRANSFORMACIÓN Agilidad	INNOVACIÓN Anticipación
			<ul style="list-style-type: none"> ITO AMS Development & Integration Enterprise Solutions BPS 	<ul style="list-style-type: none"> DevSecOps Digital Experience Movilidad API-ficación Blockchain Smart Cities 	<ul style="list-style-type: none"> I+D+i Proyectos & Observatorio Innovation teams

(datos con integración en Ayesa)

UN GRUPO LÍDER EN SERVICIOS DIGITALES

Desde enero 2023 formamos parte de Ayesa



Innovación: Visión, Misión y Objetivos estratégicos



2005

año creación

5 M€

presupuesto anual

+320

proyectos

+1.100

organizaciones colaboradoras

El Instituto Iberoamericana de Innovación (i3B) se configura como la Unidad de I+D+i empresarial, de investigación aplicada del Grupo Ayesa.



Objetivo: Promover soluciones y servicios innovadores, basados en TI.



Optimizando los **procesos de los clientes** de Ayesa-Iberoamericana a partir de la generación de nueva oferta tecnológica y/o sectorial.



Acompañando a los Sectores en la actividad comercial con clientes y prospects.



Identificando y lanzando **nuevos negocios** (sectores, modelos de negocio...) que diversifiquen la actividad del Grupo.



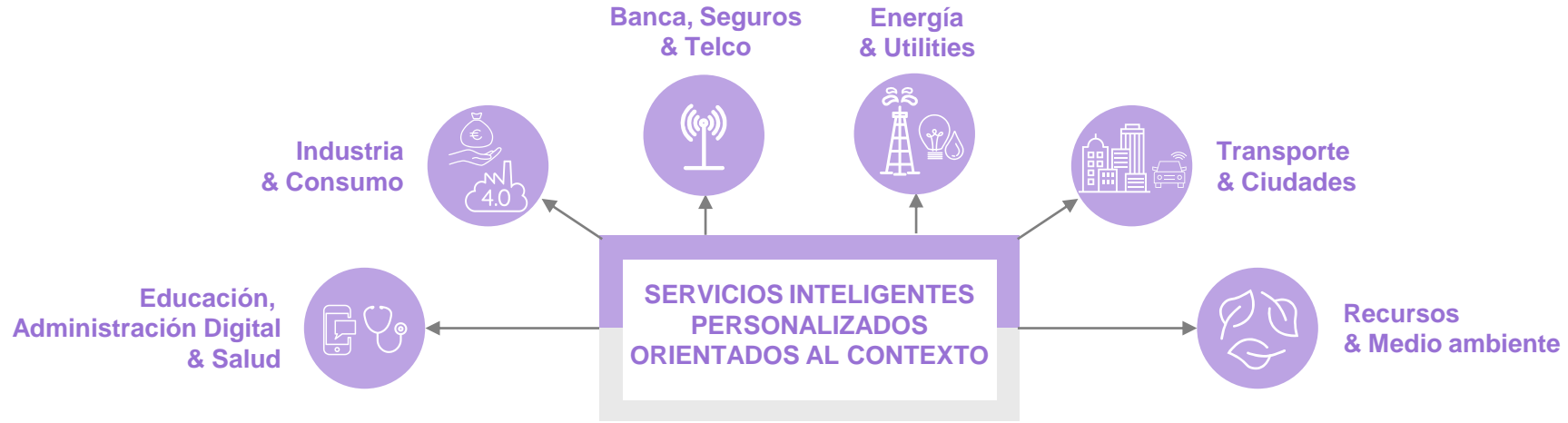
Incorporando la sistemática de la **innovación** en las **personas** y en los **procesos de Ayesa-Iberoamericana**.



Contribuyendo al **desarrollo económico y social** como agente activo de innovación.

Innovación: Áreas de especialización 2023

SECTORIALES



TECNOLÓGICAS



Modelo de Innovación: Ecosistema de Innovación

INTERNAL & EXTERNAL ECOSYSTEM

Un **ecosistema empresarial** complementa las capacidades de una organización, coadyuvando al desarrollo de *offering* mediante la aportación de conocimiento, *expertise* y soluciones específicas.

Esta área abarca el **espacio** donde los agentes que lo integran colaboran y comparten su conocimiento e innovación, consolidando sus relaciones, y cuyo resultado es la capacidad, experiencia y conocimiento para ofrecer servicios y/o productos tecnológicamente avanzados y complementarios a los existentes en Grupo Ayesa.



LAB ECOSISTEMA

Llevando a cabo **alianzas con partners** de nicho en tecnologías avanzadas



EMPRENDIMIENTO / START-UPS

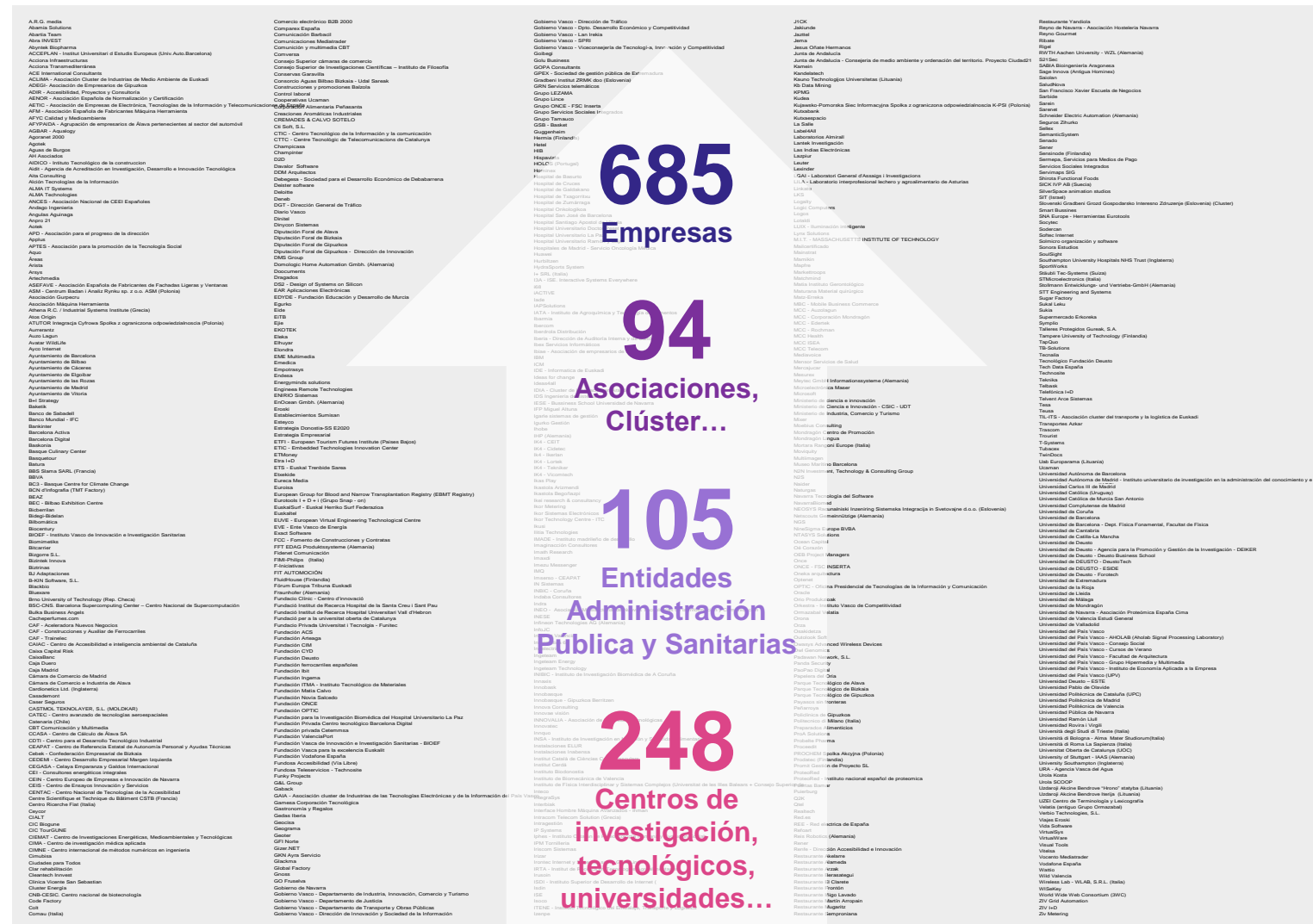
Identificando, analizando y, en su caso, implantando **iniciativas emprendedoras** (internas y externas)



CENTROS TECNOLÓGICOS / UNIVERSIDADES

Centros Tecnológicos / Universidades para avanzar en las tecnologías más disruptivas e innovadoras

Modelo de Innovación: Ecosistema de Innovación



Aprovechamiento de los activos, capacidades y expertise de los centros tecnológicos como activo de gestión, desarrollo, etc.

Identificación de posibles subvenciones que permitan complementar su financiación. Gestión del proceso integral de las subvenciones: identificación, captación, ejecución y justificación potencial.

Patronos de dos de los principales centros tecnológicos de Europa: Tecnalia e IK4.

Miembros del BAT (ecosistema de emprendimiento e innovación)

Voluntad continua de generar una cultura de innovación y de buscar personas con espíritu innovador en el ecosistema de empresa-universidad.

Participación en seminarios, másteres y foros para difundir el valor de la innovación.

Computación Cuántica en la Industria actual

A hand wearing a blue nitrile glove is shown in the lower right quadrant of the image, pointing towards the main title. The hand is illuminated with a blue and purple glow, matching the background. The background is a gradient from light blue on the left to dark blue on the right.

¿Dónde y para qué aplicar la computación cuántica?

Optimización

Existen complejos problemas de optimización: **enrutamiento de vehículos, cadena de suministro, gestión y optimización de cartera de clientes, balanceo de red eléctrica, administración** y muchos otros. En la era cuántica, se han desarrollado optimizadores que hacen uso de la mecánica cuántica para acelerar la optimización.

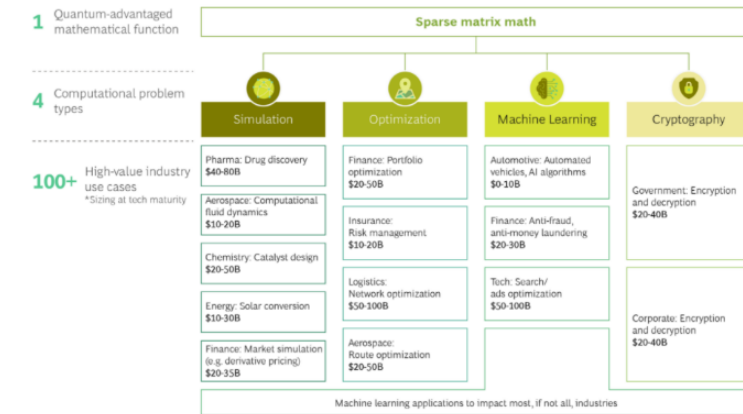
Simulación

Simular sistemas complejos con mucha variabilidad y una granularidad pequeña (partículas, equipos, sistemas, **digital twins**) es imposible de modelizar hoy en día. Se utilizan técnicas reductoras (como segmentación o simplificaciones basadas en ecuaciones diferenciales, etc.). Con soluciones cuánticas, es posible modelizar sistemas complejos principalmente en la **simulación y diseño de baterías, simulación de dinámica de flujos, procesos químicos, simulación de variación de precios o comportamientos de clientes individuales.**

Machine Learning (QML)

Acelera los procesos de entrenamiento, aplicación y búsqueda de los algoritmos tradicionales de ML. Permite la aplicación de predicciones, con recomendaciones en una **cadencia mucho más corta y en tiempo real.**

Exhibit 2 - Four Quantum-Advantaged Problem Types Unlock Hundreds of Use Cases at Tech Maturity



Sources: Industry Interviews, BCG analysis.

Applications	Value creation potential ¹ (\$B)	
	Low	High
Cryptography (\$40-\$80B)		
Encryption/decryption	\$40	\$80
Optimization (\$100-\$220B)		
Aerospace: Flight route optimization	\$20	\$50
Finance: Portfolio optimization	\$20	\$50
Finance: Risk management	\$10	\$20
Logistics: Vehicle routing/network optimization	\$50	\$100
Machine learning (\$150-\$220B)		
Automotive: Automated vehicle, AI algorithms	\$0	\$10
Finance: Fraud and money-laundering prevention	\$20	\$30
High tech: Search and ads optimization	\$50	\$100
Other: Varied AI applications	\$80+	\$80+
Simulation (\$160-\$330B)		
Aerospace: Computational fluid dynamics	\$10	\$20
Aerospace: Materials development	\$10	\$20
Automotive: Computational fluid dynamics	\$0	\$10
Automotive: Materials and structural design	\$10	\$15
Chemistry: Catalyst and enzyme design	\$20	\$50
Energy: Solar conversion	\$10	\$30
Finance: Market simulation (e.g. derivatives pricing)	\$20	\$35
High tech: Battery design	\$20	\$40
Manufacturing: Materials design	\$20	\$30
Pharma: Drug discovery and development	\$40	\$80

Sistematización para productificación

El principal objetivo de Ibermática es la integración de los primeros casos de uso reales cuánticos en los procesos de negocio en el contexto del tejido empresarial y en los clientes de Ibermática.

Metodología: Q-CRISP-DM

Q-CRISP-DM es una metodología de desarrollo de sistemas y modelos cuánticos que permite el **aseguramiento de la calidad técnica**. Los datos deben ser extraídos, depurados y preparados para su uso e interpretación. Este método se divide en 6 fases: conocimiento del negocio, conocimiento de los datos, preparación de los datos, modelización, evaluación y desarrollo.



Divulgación, **workshops de trabajo** y penetración de tecnologías cuánticas tanto a nivel interno como en los clientes de Ibermática.

Más de 10 propuestas de PoCs cuánticas en AAPP, Industria, Automoción, Energía, Ciberseguridad, Finanzas...

Metodología de implantación (Qcrisp-DM)

Metodología de despliegue en modelos híbridos de operación (Q-Ops)

Apoyo funcional, tecnológico y de financiación en las primeras pruebas de concepto a nuestros clientes (PoCs)



Negocio: Casos de uso en Computación Cuántica

ONCE:

Optimización de la reasignación de puestos de venta a trabajadores



En función de la productividad específica de cada puesto, **teniendo en cuenta incidencias y bajas previstas e imprevistas.**

ALCANCE de la POC

Análisis funcional, solución cuántica y despliegue de prueba de concepto en ordenadores cuánticos de cara a evaluar la mejora de negocio.

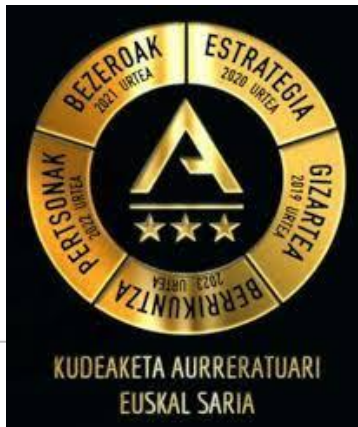
APLICACIÓN CUÁNTICA

Optimización y ML clásico

CONTEXTO de la POC

Las soluciones de optimización clásicas, ante problemas de combinatoria complejos, con miles de variables y restricciones cuadráticas, son computacionalmente costosas (días, semanas) y no ofrecen garantías de obtener la solución óptima, dado que no evalúan todos los posibles escenarios. Los **avances en hardware y software** cuánticos permiten ya la resolución de problemas reales de este tipo.

A diferencia de las soluciones clásicas, **exploran todo el espacio de soluciones factibles, pero induciendo una aceleración cuántica.**



Iberdrola:

Optimización global de la topología de la red con el objetivo de minimizar las pérdidas técnicas



Minimizar las pérdidas técnicas en base a la optimización de la topología de la red (principalmente la alimentación de CTs desde una a otra STR, así como la posible optimización de localizaciones de baterías de condensadores, reactancias o incluso baterías), **en función de la demanda prevista a futuro, y mejorando la calidad de suministro.**

CONTEXTO de la POC

Dado que se trata de un problema de **gran complejidad**, tanto por el masivo **volumen de datos** como por las demás **vertientes de optimización** y previsión que requiere un trabajo de esta índole, se trata de un caso candidato lógico para probar las capacidades tecnológicas de la computación cuántica en contraposición con otras tecnologías computacionales ya maduras.

Derivada de esta misma complejidad, se trata de una **prueba de concepto** con las dimensiones de un proyecto en sí mismo.



ALCANCE de la POC

6 meses

Análisis funcional, solución cuántica y despliegue de prueba de concepto en ordenadores cuánticos de cara a evaluar la mejora de negocio.

APLICACIÓN CUÁNTICA

Optimización

Lantik (Diputación Foral de Bizkaia):

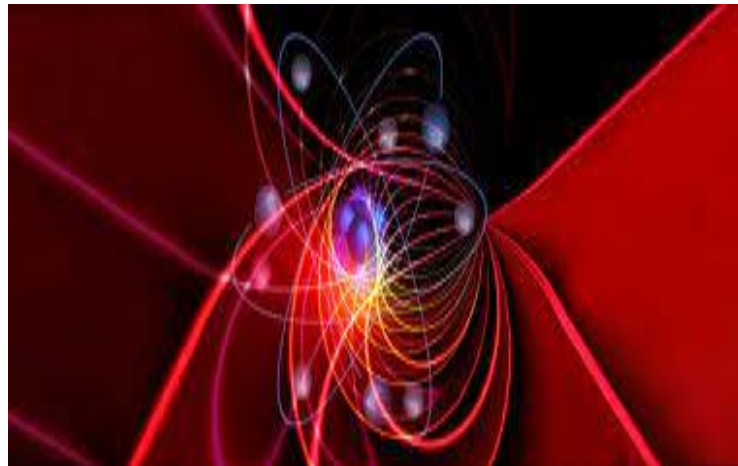
Servicios de apoyo en la gestión, modelización, desarrollo e implantación de proyectos y casos de uso en el ámbito de la computación cuántica



Prestación de servicios de apoyo en la gestión, modelización, desarrollo e implantación de proyectos y **casos de uso en el ámbito de la computación cuántica.**

CONTEXTO de la POC

Servicios de apoyo en la gestión, modelización, desarrollo e implantación de proyectos y casos de uso en el ámbito de la computación cuántica.



ALCANCE de la POC

12 meses

Servicios de apoyo en la gestión, modelización, desarrollo e implantación de proyectos en el ámbito de cuántica.

APLICACIÓN CUÁNTICA

Tecnologías Cuánticas

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz:

Computación cuántica en la gestión y protección del arbolado urbano en Vitoria-Gasteiz: mantenimiento de la infraestructura urbana



Ayuntamiento
de Vitoria-Gasteiz
Vitoria-Gasteizko
Udala

El arbolado urbano de Vitoria-Gasteiz constituye un Sistema, es decir, un conjunto interrelacionado de partes, con identidad y valor propio. El Sistema de Arbolado está constituido por el patrimonio arbóreo de la ciudad y su entorno. Como sistema, estructura y cohesiona la ciudad, tiene la propiedad de relacionar a ésta con el resto del territorio. **Está sujeto a los condicionantes de los demás sistemas urbanos y, como sistema vivo que se desarrolla en el tiempo, a las decisiones que afecten su futuro. Por ello, el arbolado urbano debe ser protegido.**

CONTEXTO de la POC

El objetivo de negocio del proyecto es la “**Optimización de las labores de mantenimiento del arbolado urbano en Vitoria-Gasteiz, en función del contexto y situación en un estado concreto del Sistema, con el objetivo de minimizar el efecto ‘isla de calor’, maximizando la priorización de las acciones con los recursos disponibles**”.



ALCANCE de la POC

3 meses

Desarrollar, mediante técnicas de computación cuántica, un sistema de optimización prescriptivo (un sistema de recomendación de aquel escenario óptimo de actuaciones, tanto en función de la situación actual, como que permita simular escenarios probables), **constituyéndose como una herramienta de apoyo a la decisión para los técnicos del Ayuntamiento en el mantenimiento de la infraestructura urbana.**

APLICACIÓN CUÁNTICA

Optimización y Modelos Prescriptivos

CESGA:

Apoyo en el despliegue e implantación de algoritmos de optimización en los simuladores cuánticos



Centro de Supercomputación de Galicia

Durante la ejecución del servicio, la entidad contratante deberá seleccionar un caso, o varios, de interés industrial que puedan ser formulados como un problema tipo QUBO. Luego deberá traducir este problema QUBO en un algoritmo cuántico QAOA para poder ejecutarlo en una computadora cuántica de puerta. **La investigación incluirá técnicas utilizadas por el grupo de computación cuántica del CESGA. En primer lugar, se compararán varias técnicas de optimización y, en segundo lugar, se estudiará la viabilidad de utilizar técnicas de división de circuitos.**

CONTEXTO de la POC

El proyecto busca la **definición de casos de optimización reales, su desarrollo e implementación en los sistemas de simulación de CESGA, y el estudio de viabilidad de los mismos.**



ALCANCE de la POC

En concreto, el adjudicatario deberá realizar las siguientes tareas de investigación: **Encontrar y definir casos de optimización de tipo QUBO de interés mutuo. Convertir e implementar el problema tipo QUBO en un circuito QAOA. Benchmarking de técnicas de optimización. Estudio de viabilidad de técnicas de división de circuitos cuánticos. Informe final.**

APLICACIÓN CUÁNTICA

Optimización y Modelos Prescriptivos

Q4Real Quantum for Real Industries



COMPUTACIÓN:
Transformación de la información.
"Ni se crea ni se destruye"

$$A^m B^m \rightarrow A^m A^m + A^m A^m + \dots + A^m A^m$$
$$A^m B^m = \sqrt{A^m} [A^m] \sqrt{A^m} + \dots$$
$$A^m B^m = \sqrt{A^m} [A^m] \sqrt{A^m} + \dots$$

COMPUTACIÓN:
Transformación de la información.
"Ni se crea ni se destruye"

$$A^m B^m \rightarrow A^m A^m + A^m A^m + \dots + A^m A^m$$
$$A^m B^m = \sqrt{A^m} [A^m] \sqrt{A^m} + \dots$$
$$A^m B^m = \sqrt{A^m} [A^m] \sqrt{A^m} + \dots$$

Mercedes-Benz
FÁBRICA VITORIA

Mercedes-Benz
FÁBRICA VITORIA

Mercedes-Benz
FÁBRICA VITORIA

Q4Real: Quantum Computing for Real Industries

HAZITEK project promoted by the Basque Government

Q4 Real



Compañías participantes

Líder: **Ibermática**
An **avesa** company

serikat »

QUANVIA



Agentes RVCTI



Mercedes: Montabilidad

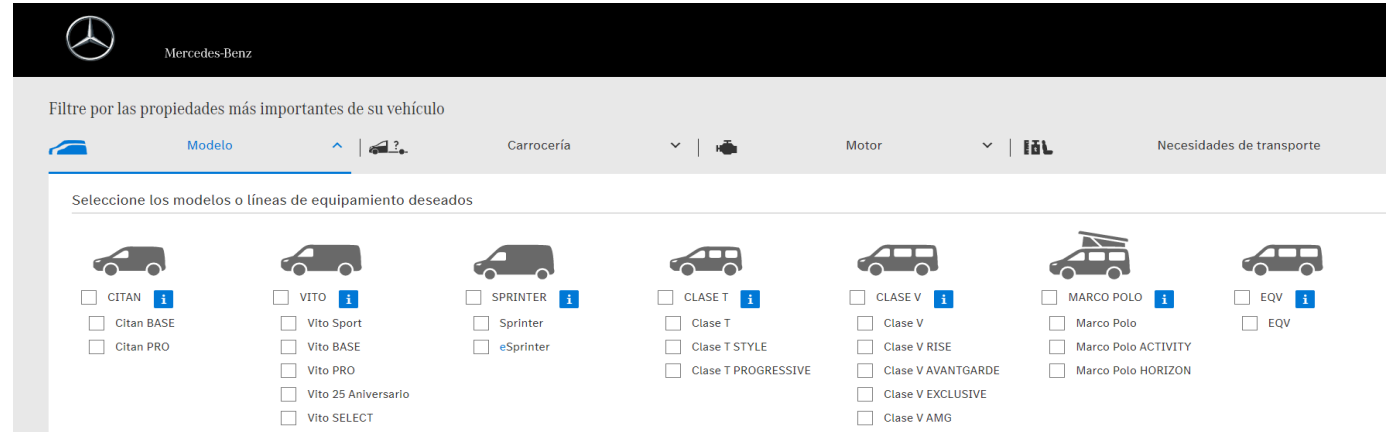
Objetivo: Cero fallos de Montabilidad (Mejorar la excelencia).

Propuesta funcional:

- Sistema de detección de configuraciones ‘exóticas’ o ‘anómalas’ automático, en distintos niveles jerárquicos:
 - A nivel de Pedido
 - A nivel de Producción
 - A nivel de Modificaciones
 - A nivel de Proceso
- Comparativa de diferencias de los ‘estados exóticos’ con ‘estados similares’ en la misma fecha.
- Verificar si la diferencia detectada es correcta y coherente con la documentación, en caso contrario, emitir una notificación de posible error.

Ventaja Cuántica:

- La detección de similitudes sobre todos los estados posibles de un sistema utiliza el paralelismo cuántico. (SWAP).
- La verificación de reglas booleanas permite el paralelismo cuántico sobre todos los estados posibles (Grover).



Mercedes: Secuenciación

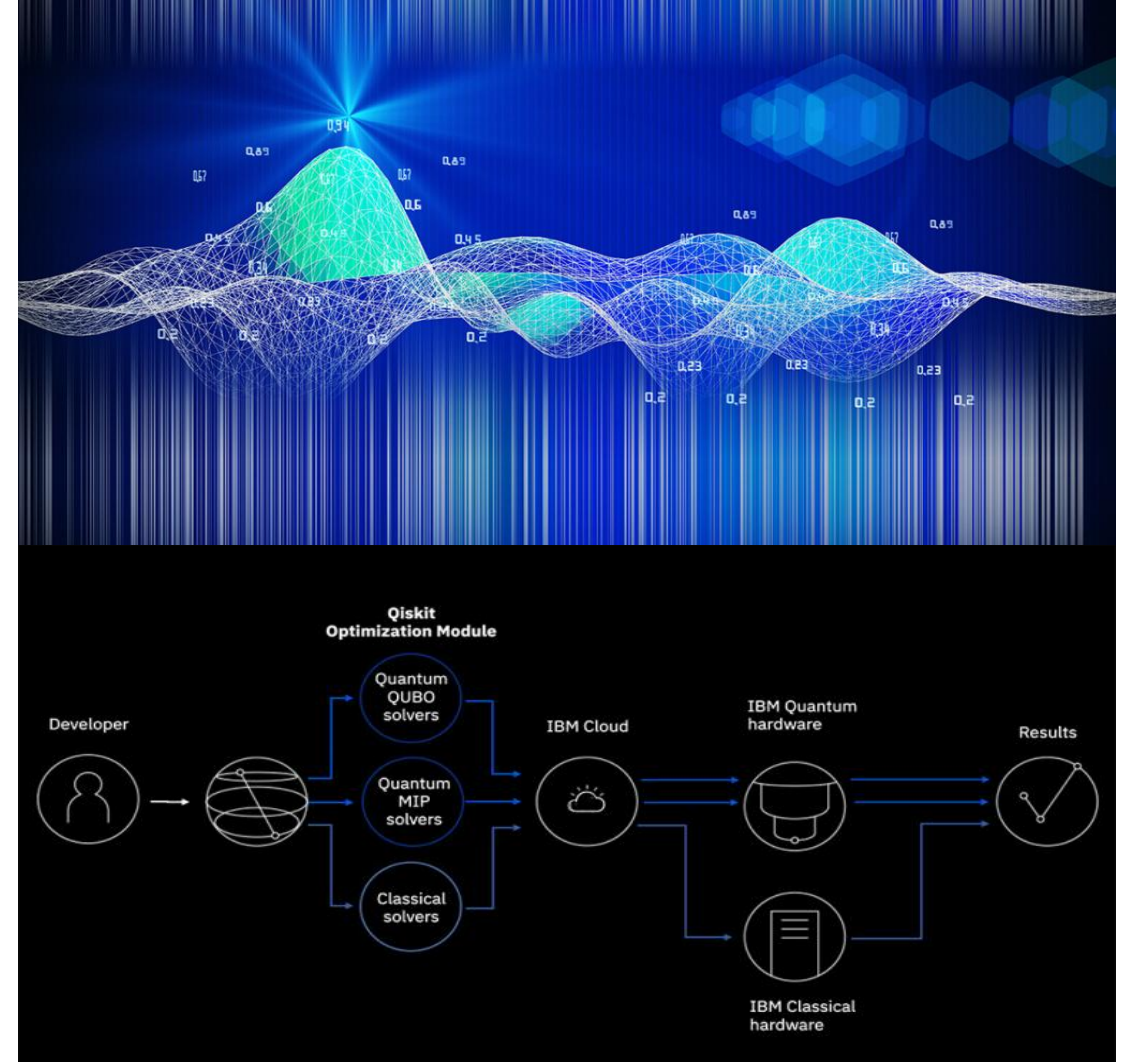
Objetivo: Sistema de Optimización Universal ('GPT de secuenciación'), que incluya un aprendizaje automático sobre el contexto de la optimización.

Propuesta funcional:

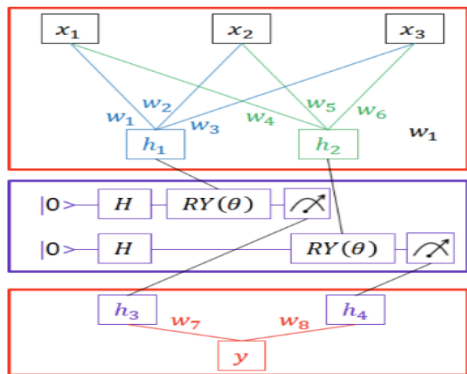
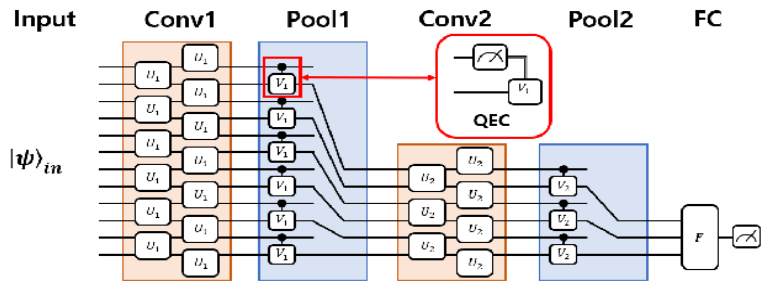
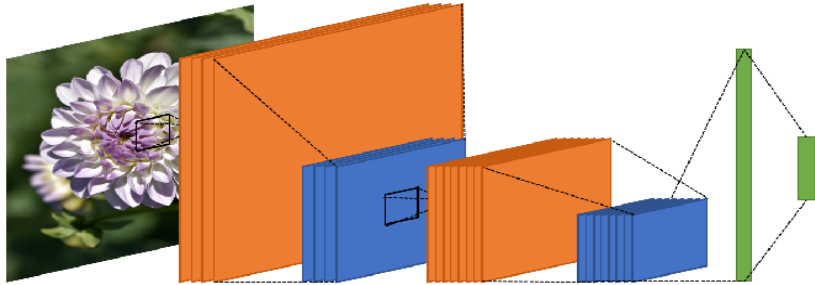
- Establecer la mejor secuencia posible, de forma rápida, cercana al tiempo real.
- Replanificar las secuencias en función del contexto, maximizando la eficiencia de las secuencias y minimizando el tiempo de paradas o paradas de línea.
- Inclusión en la optimización de una previsión de eventos anómalos como restricciones al problema, en función de históricos.
- Ejemplo: Aplicación del 'GPT secuencial' entre PI y Carola.

Ventaja Cuántica:

- La optimización cuántica asegura determinar el escenario óptimo, evaluando de forma holística todas las posibles combinaciones, por un método de evaluación exhaustivo y no heurístico, en tiempos de ejecución similares a los sistemas clásicos.



Mercedes: Quantum Artificial Vision



$$h_1 = \sigma(x_1 w_1 + x_2 w_2 + x_3 w_3)$$

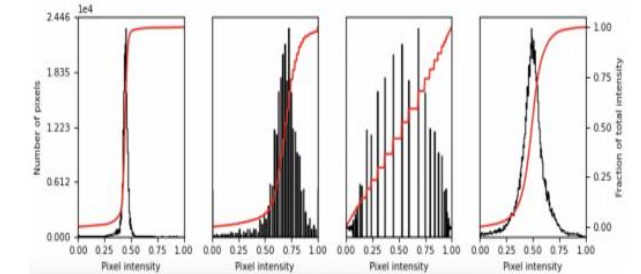
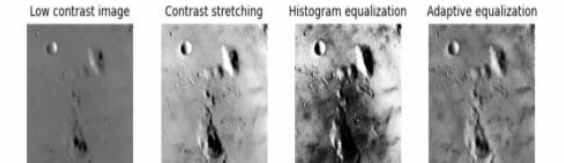
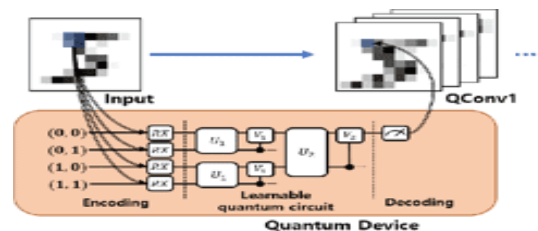
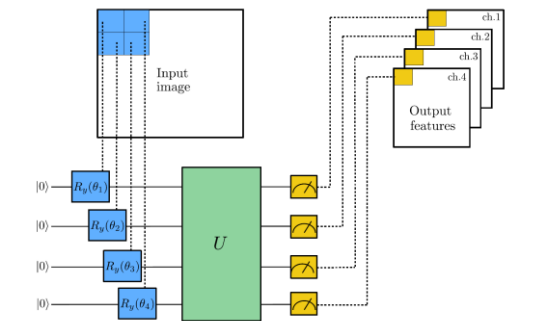
$$h_2 = \sigma(x_1 w_4 + x_2 w_5 + x_3 w_6)$$

$$y = \sigma(h_3 w_7 + h_4 w_8)$$

Classical layer
By PyTorch

Quantum Layer
By Qiskit

Classical Layer
By PyTorch



Model	Precision	Recall	F1
Linear SVM	0.71	0.34	0.46
Non-Linear SVM	0.90	0.56	0.69
AdaBoost (10 trees)	0.85	0.75	0.80
AdaBoost (50 trees)	0.76	0.73	0.74
QSVM (16 qubits, simulated)	0.87	0.96	0.91
QBoost (7/10 trees, exhaustive)	0.85	0.95	0.89
QBoost (7/10 trees, D-Wave)	0.85	0.95	0.89

Quantum Fourier Transformation

Job Shop Scheduling

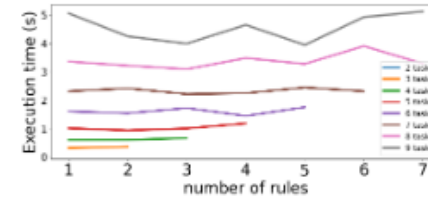
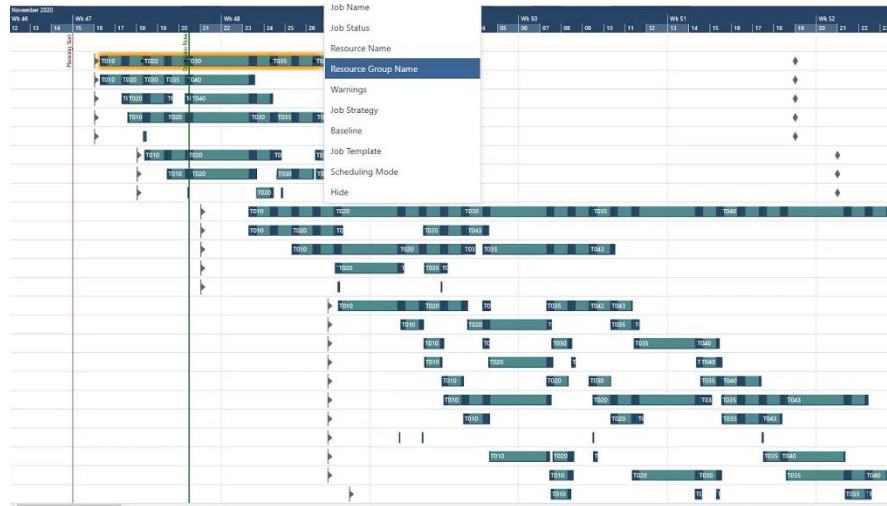
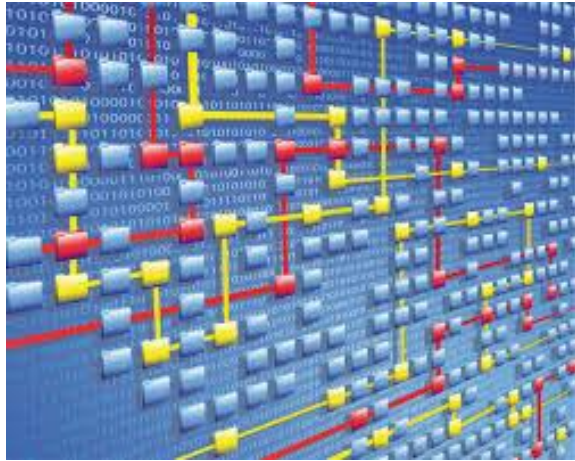


Figure 6a. Execution time with 9 machines changing the number of rules and number of tasks per machine.

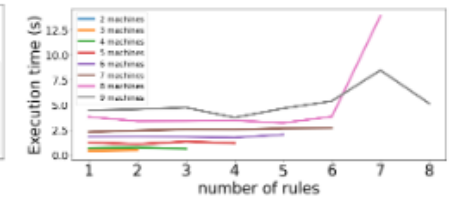
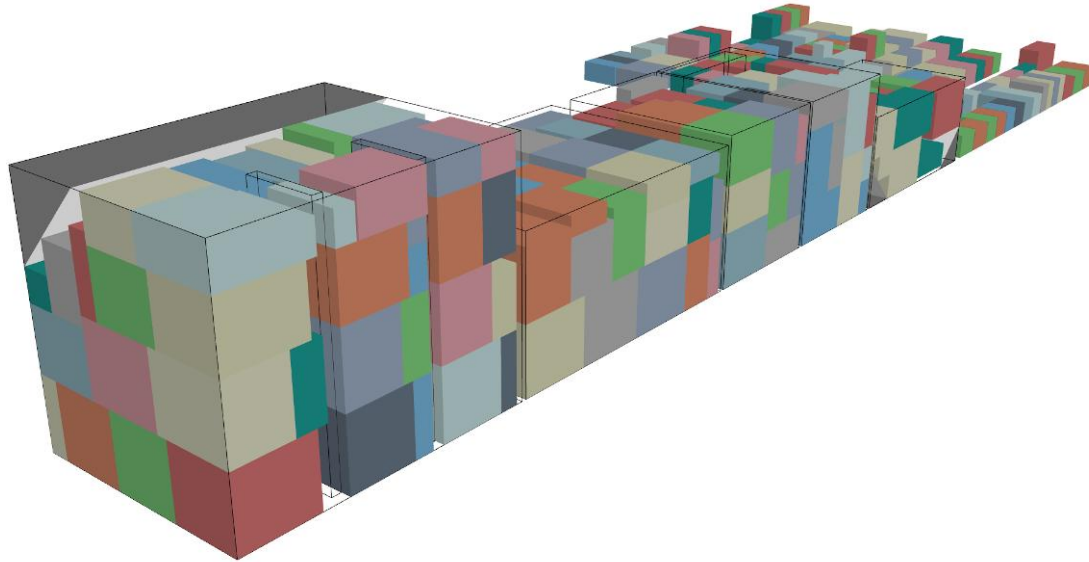


Figure 6b. Execution time with 9 tasks per machine changing the number of rules and number of machines.

- Mejora la calidad de los resultados.
- Permite la inclusión de reglas como restricciones en los modelos cuánticos.
- Escala mucho mejor. Necesitamos problemas más complejos.

Bin Packing



La mejor solución por fuerza bruta



- n is the number of items
- m is the number of bins
- w_j is the items weight

subject to:

$$\underset{\chi, \xi}{\text{minimize}} \sum_{i=1}^m \chi_i + \alpha \left[-\sum_{i=1}^m \left(Q\chi_i - \sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij} \right) + \left(\sum_{i=1}^m \left(Q\chi_i - \sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij} \right) \right)^2 \right]$$

$$\sum_{i=1}^m \xi_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij} \leq Q\chi_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$\xi_{ij} \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

$$\chi_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, m$$

```
In [17]: # Construct model using docplex
mdl = Model("binPackingHyApproach")

x = mdl.binary_var_list([f"x{i}" for i in range(n)]) # list of variables that represent the bins
e = mdl.binary_var_list([f"e{i//m}, {i%n}" for i in range(n*m)]) # variables that represent the items on the specific bin

objective = mdl.sum([x[i] for i in range(m)])
cons = 0
alpha = -10
for i in range(m):
    cons_1 = 0
    cons_1 += Q*x[i]
    for j in range(n):
        cons_1 -= w[j]*e[1*m+j]
    cons += -(cons_1+alpha) + (cons_1+alpha)**2

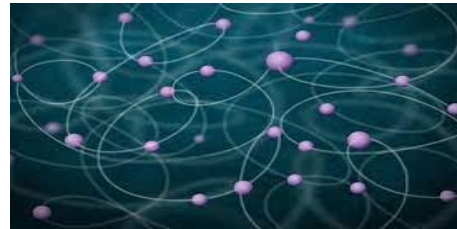
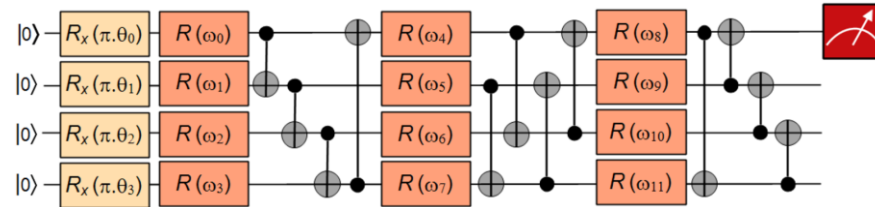
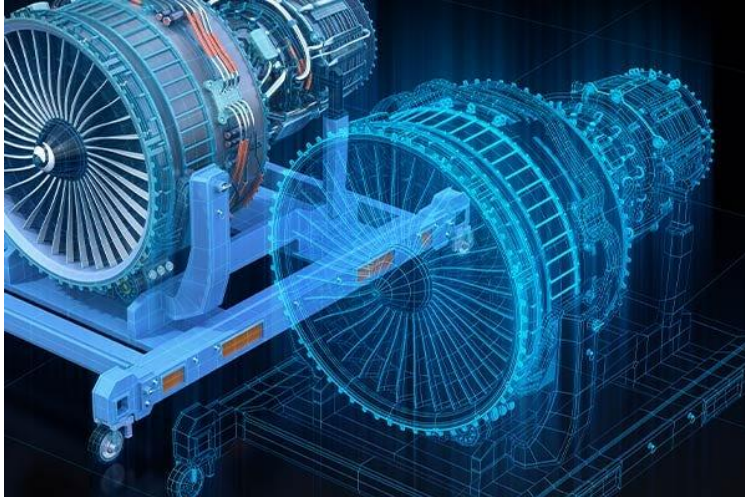
mdl.minimize(objective + cons)

for j in range(m):
    # First set of constraints: the items must be in any bin
    constraint0 = mdl.sum([e[1*m+j] for i in range(n)])
    mdl.add_constraint(constraint0 == 1, f"cons0_{j}")

# Load quadratic program from docplex model
qp = QuadraticProgram()
qp.from_docplex(mdl)
# Simplifying the problem
for i in range(1):
    qp = qp.substitute_variables({f"x{i}":1})
qp = qp.substitute_variables({f"e0,0":1})
for i in range(1,m):
    qp = qp.substitute_variables({f"e(1),0":0})
print(qp.export_as_lp_string())
print(f"The number of variables is {qp.get_num_vars()}")

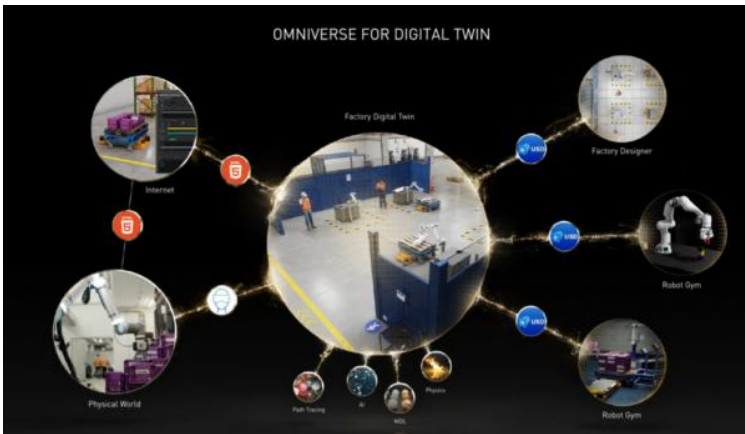
\ This file has been generated by Dcplex
\ ENCODING=ISO-8859-1
\ Problem name: binPackingHyApproach
```

IAC4SIM: Quantum Digital Twins



The Interaction - Four Ways

1. Using detailed digital twins for quantum computers and quantum sensors (Qruise)
2. Integrating quantum algorithms into digital twin simulation workflows (Bosch).
Why is Bosch interested? Bosch has connected 120,000 machines used in manufacturing and over 250,000 devices available to integrate into new digital twin workflows.
3. Power of quantum computing underlying digital twins - performing complex computations that supercomputers of today cannot perform.
4. Eventually quantum twins (see below)



Quantum Computing

Gate-based quantum computing algorithms

The MATLAB® Support Package for Quantum Computing enables you to prototype gate-based quantum algorithms. You can assemble quantum gates into a quantum circuit, simulate circuits on your local computer, and run circuits on AWS®.

To install the MATLAB Support Package for Quantum Computing, locate the add-on in **Add-On Explorer** using the instructions in [Get and Manage Add-Ons](#).

Classes

<code>quantumCircuit</code>	Quantum computing circuit
<code>quantum.gate.SimpleGate</code>	Simple gate for quantum computing
<code>quantum.gate.CompositeGate</code>	Composite gate for quantum computing
<code>quantum.gate.QuantumState</code>	State of qubits in quantum circuit
<code>quantum.gate.QuantumMeasurement</code>	Measurement result of quantum circuit
<code>quantum.backend.QuantumDeviceAWS</code>	Quantum device available through AWS
<code>quantum.backend.QuantumTaskAWS</code>	Task sent to AWS for execution on quantum device

Functions

> Gate Creation Functions

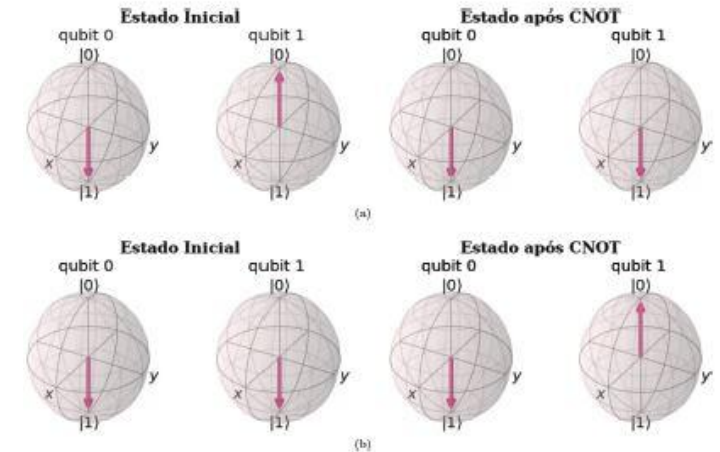
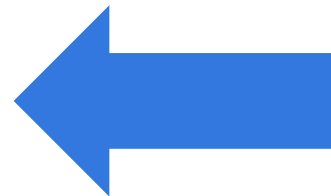
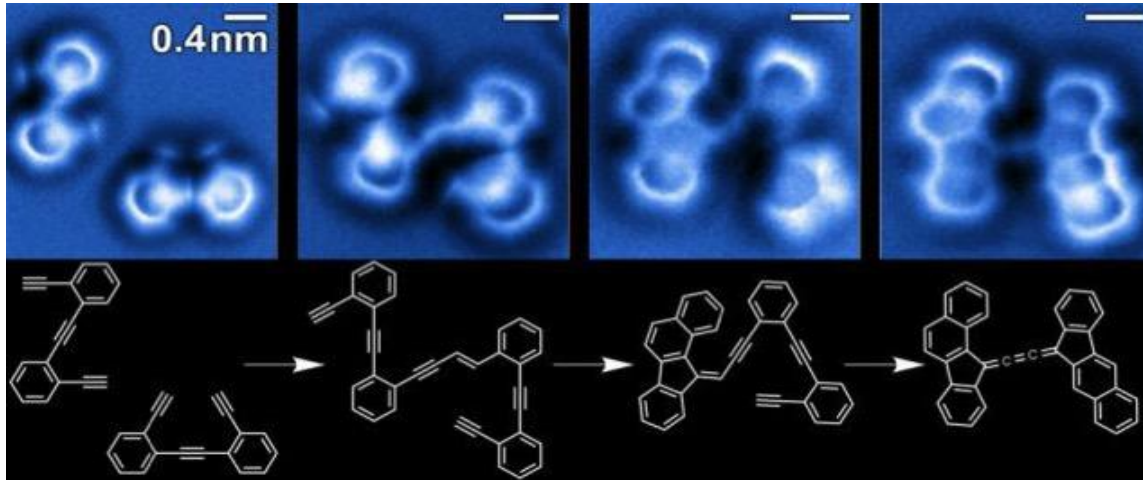
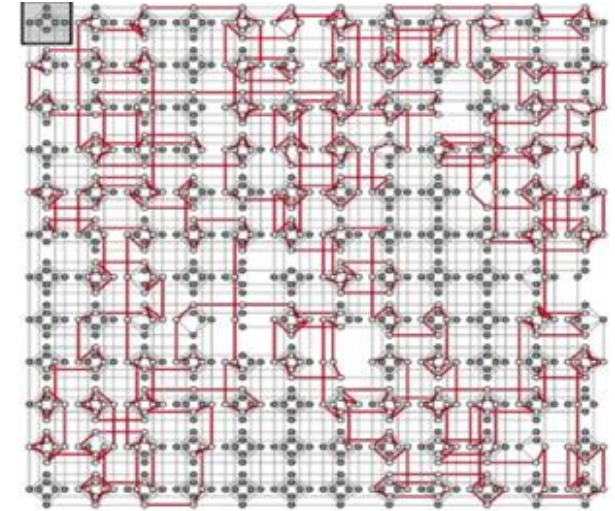
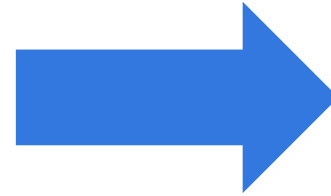
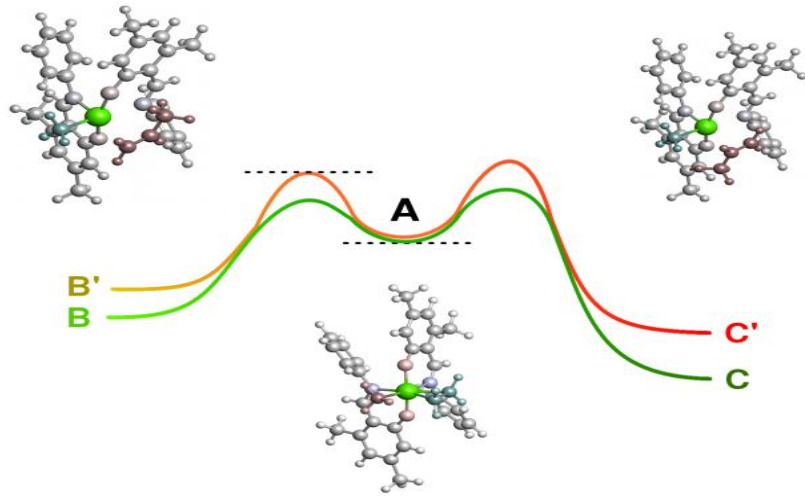
Topics

Introduction to Quantum Computing

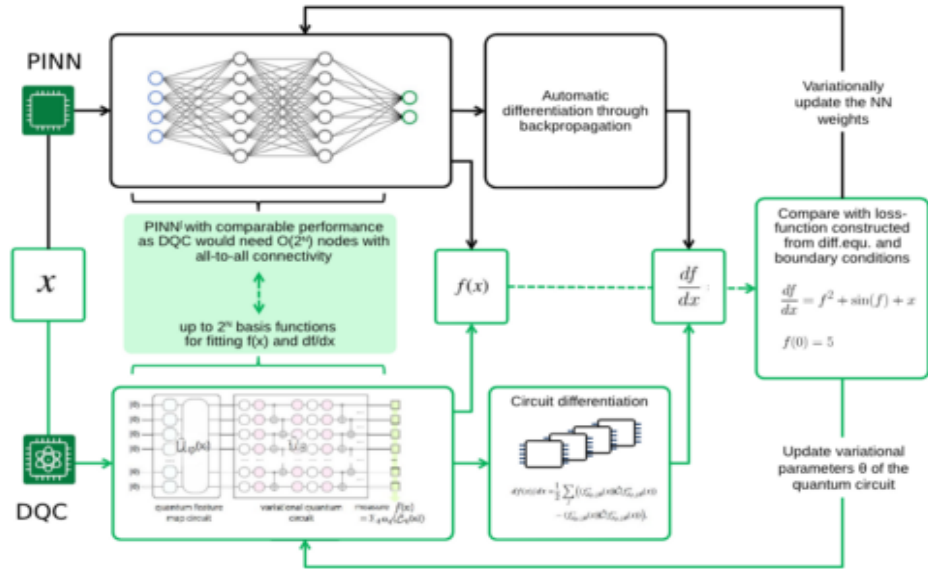
This topic contains background information about qubits, quantum gates, and quantum circuits.

Otros enfoques... físicos:

¿Y si tuviésemos un sistema de partículas para simular las reacciones moleculares?



Solver Cuántico Universal

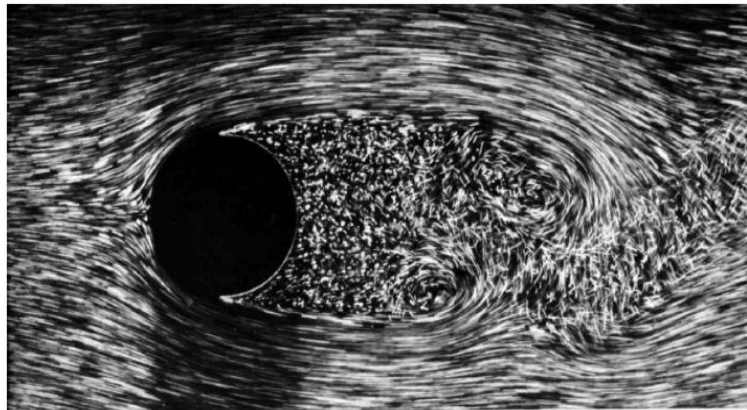


Simulación Cuántica de Fluidos

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0,$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right).$$

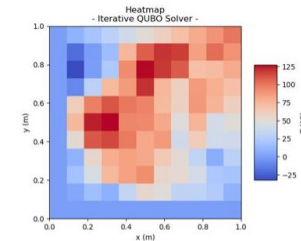


The classical and quantum oscillator

	Classical	Quantum
Hamiltonian	$\mathcal{H} = \frac{Q^2}{2C} + \frac{\Phi^2}{2L}$ $= \frac{1}{2} \hbar \omega_0 (\alpha^* \alpha + \alpha \alpha^*)$	$\hat{H} = \frac{\hat{\Phi}^2}{2L} + \frac{\hat{Q}^2}{2C}$ $= \hbar \omega_0 (\hat{a}^\dagger \hat{a} + \hat{a} \hat{a}^\dagger)$
Phase space	$\alpha(t) = \sqrt{\frac{1}{2\hbar Z}} [\Phi(t) + iZQ(t)]$ $\alpha(t) = \alpha(0) e^{-i\omega_0 t}$ $\Phi(t) = \sqrt{\frac{\hbar Z}{2}} (\alpha^*(t) + \alpha(t))$	$\hat{a}(t) = \sqrt{\frac{1}{2\hbar Z}} (\hat{\Phi} + iZ\hat{Q})$ $\hat{a}(t) = \hat{a}(0) e^{-i\omega_0 t} \text{ (Heisenberg picture)}$ $\hat{\Phi} = \Phi_{ZPF} (\hat{a}^\dagger + \hat{a})$

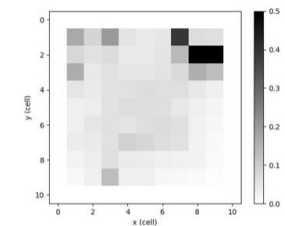
Simulación cuántica de Estados Térmicos

Resultados (simulador ideal)



Temperaturas obtenidas tras 10 iteraciones

- Tiempo de computación: 1 min 50 s



Distancia entre la solución esperada y la obtenida

- Aparecen errores superiores al 50% en un número de celdas muy reducido, pudiéndose deber al bajo número de iteraciones considerado
- En el resto, vemos unos resultados más que aceptables

Detección de anomalías en operaciones OT en entornos industriales



An **ayesa** company

Detección de **anomalías en los servicios y comunicaciones OT en plantas industriales** en base a las direcciones IP de clientes, operaciones, y conexiones. Se busca conseguir una **latencia corta** en la detección de grado de anomalías de cada conexión.

CONTEXTO de la POC

La computación cuántica ofrece la posibilidad de realizar **nuevos modelos de aprendizaje automático**, bien presentando nuevas vías de entrenamiento de redes neuronales, ventajas en la reducción de dimensionalidad de los problemas de gran cantidad de variables, o abriendo la puerta a modelos completamente nuevos que se beneficien de las propiedades cuánticas de superposición y entrelazamiento.

Como es habitual, en la computación cuántica de la época actual (NISQ), se pretende generar un **modelo híbrido cuántico-clásico que se beneficie de las fortalezas de ambos enfoques**.



ALCANCE de la POC

6 meses

Análisis funcional, solución cuántica y despliegue de prueba de concepto en ordenadores cuánticos de cara a evaluar la mejora de negocio.

APLICACIÓN CUÁNTICA

Hibridación Cuántica / Clásico

Comunicaciones ultra seguras Incibe: Proyecto SOC-IA

Migración de servicios VPN a comunicaciones cuánticas ultra seguras

La distribución de claves cuánticas (QKD) utiliza las propiedades de la física cuántica para transferir de forma segura una 'clave cuántica' entre dos puntos finales.

Las compañías pueden elegir el nivel de preparación cuántica que deseen incorporar sin problemas en sus comunicaciones.

QKD o PQC según sea necesario para la seguridad de sus comunicaciones.



- Análisis de vulnerabilidad alrededor del QKD/PQC.
- Generación de números aleatorios para la experimentación en criptografía.
- Optimización de algoritmos cuánticos clásicos de QKD.
- Desarrollo de nuevos algoritmos de intercambio QKD.
- Experimentación en el uso de QKD sobre TLS.
- Crear un **certificado TLS híbrido** usando un algoritmo criptográfico postcuántico, junto con un algoritmo criptográfico clásico. Esto permite probar la viabilidad de implementar certificados TLS híbridos postcuánticos, al mismo tiempo que también mantiene una **compatibilidad con versiones anteriores**.
- Implementación de casos de uso de QKD sobre sistemas de comunicación reales

[Guía de configuración del kit de herramientas PQC | docs.digicert.com](https://docs.digicert.com)

...

PoC Blockchain QKD

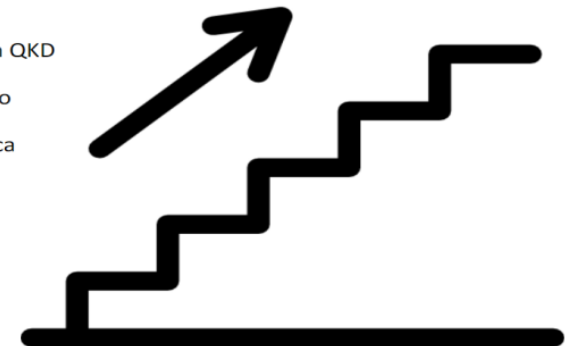
PoC Multipunto

PoC atmosférica

PoC en MAN

PoC en WAN

PoC en Lab



¿Qué aporta Ibermática a los
ecosistemas cuánticos?

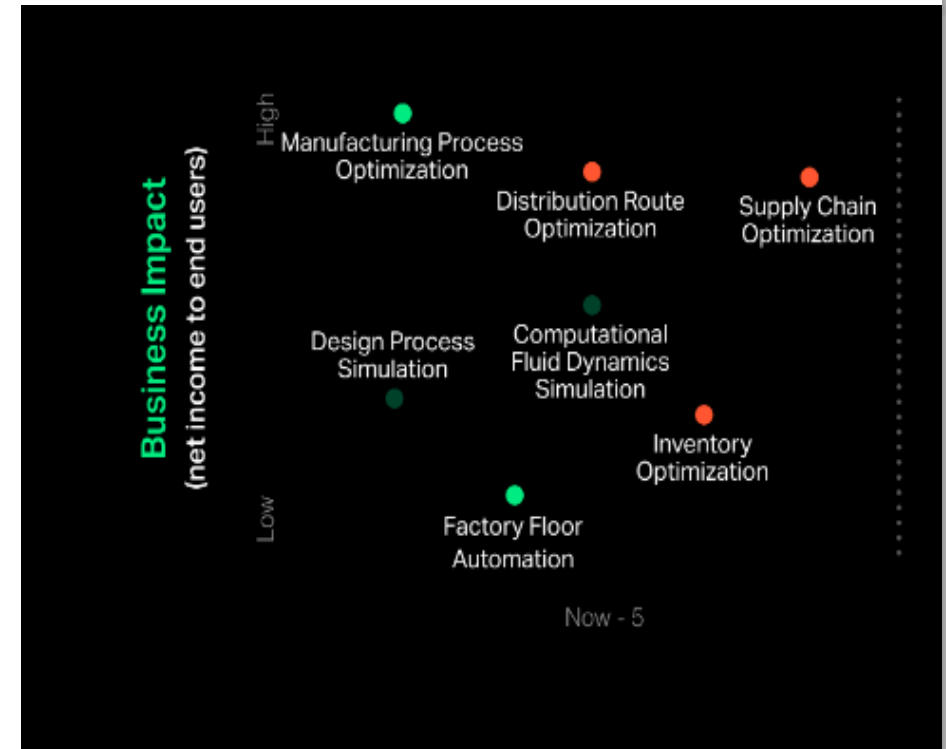
Fundación Ibermática en el mundo cuántico

Sinergias en el desarrollo de proyectos cuánticos.

- 1** Propuestas de proyectos conjuntos tanto nacionales como europeos, a nivel **industrial e institucional**.
- 2** Participación como **consultores funcionales y tecnológicos**. Soporte de expertos en la resolución de problemas cuánticos. **Somos integradores**.
- 3** Uso activo del espacio y de las **licencias cuánticas** (IBM, Dwave, IonQ, PASQAL, Fujitsu...).
- 4** **Divulgación conjunta** del trabajo realizado en el ecosistema.

Now Is the Time We Take Quantum Computing Seriously

Physicists have played their part in laying down the foundations of quantum computing. Now, it is time for computer programmers, data scientists, and researchers from across disciplines to pick up the baton.



¡Gracias!

Nos apasiona hacer realidad el futuro.

**Conjugamos tecnología avanzada,
conocimiento del negocio y capacidad
de anticipación.**

**Así concebimos buenos proyectos
innovadores.**

Iñigo Perez

Responsable Q-OPT

i.perez.delgado@ibermatica.com