

Plantilla memoria xustificativa do Máster en Ciencia e Tecnoloxía da Información Cuántica
para presentar coa declaración de interese

Universidade de Vigo

Número total de páxinas (aproximado): 10-12 páxinas

1 Xustificación de interese socioeconómico para a Comunidade Autónoma

1.1 Estudo sobre a incidencia e beneficios xerais e económicos derivados da nova ensinanza (xustificación da oportunidade da titulación)

A ciencia está inmersa nunha “segunda revolución cuántica” que pretende aproveitar o control sobre os fenómenos cuánticos acadado nas últimas décadas para crear tecnoloxías eficaces en diferentes eidos, en particular no da xestión da información. Esta nova revolución xerará importantes oportunidades na próxima década asociados ás tecnoloxías de sensores, da computación e das comunicacións. Entre as aplicacións que se esperan atópanse a manipulación eficaz de conxuntos de datos moi grandes, a solución de problemas combinatorios de orde exponencial (con aplicacións á loxística), o deseño de moléculas e fármacos, a simulación de sistemas físicos complexos, as comunicacións seguras e a xeración de claves criptográficas seguras, ou a capacidade de facer medicións de moi alta precisión (metroloxía cuántica).

A Unión Europea declarou as Tecnoloxías Cuánticas unha prioridade científica creando o programa “Quantum Flagship”, dotado cun millardo de euros para desenvolver a estratexia cuántica europea, e ten plans para despregar nesta década unha red de comunicacións cuánticas seguras a nivel continental. Tamén empresas e grandes corporacións invisten intensamente en laboratorios para o desenvolvemento de tecnoloxías cuánticas, e cada semana créanse novas empresas pequenas. De feito tal, que a oferta de titulados capacitados agora é insuficiente para cubrir a demanda. É esperable que a demanda de persoal cualificado en tecnoloxías cuánticas e, en particular, en tecnoloxías cuánticas da información siga crescendo nos próximos anos á medida que as tecnoloxías se vaian integrando en máis aplicacións industriais e xerando novas solucións.

De feito, as tecnoloxías cuánticas forman parte do conxunto de Tecnoloxías Disruptivas, xunto coa Intelixencia Artificial, a realidade estendida e as cadeas de bloques –blockchain. O volume de negocio estimado é de 13.000 millóns de dólares para 2023 e unha previsión de 90.000 para 2030.

A segunda revolución cuántica (a primeira deu lugar á electrónica de estado sólido e ao láser, hoxe omnipresentes na nosa sociedade), está centrada en catro áreas:

- As comunicacións e a ciberseguridade cuánticas.
- A computación e a algoritmia cuánticas.
- Os sensores e a metroloxía cuántica.
- A simulación cuántica.

A computación cuántica promete resolver problemas que actualmente son irresolubles, e facelo de forma máis eficaz e eficiente desde o punto de vista enerxético para outros problemas complexos.

Pola súa parte, as comunicacións cuánticas garanten a absoluta ciberseguridade das comunicacións, independentemente da capacidade computacional dun posible atacante. Este é un sector altamente estratéxico na sociedade dos nosos días.

A importancia de estas tecnoloxías para o futuro é tal, que moitos estados iniciaron importantes programas de apoio. Así, Francia investirá 1800 millóns de euros en cinco

anos, Alemania 2000 millóns en 8 anos, Estados Unidos algo máis de 1000 millóns, China máis de 10.000 millóns, etc.

España e, en particular Galicia, non poden quedar á marxe desta realidade. É por iso que a Xunta de Galicia tamén é sensible a esta oportunidade e xa está destinando recursos importantes á creación dun Polo Cuántico, centrado inicialmente nas tecnoloxías da computación e as comunicacións. Este esforzo para desenvolver este tipo de proxectos encaixa á perfección coa estratexia de especialización intelixente de Galicia, RIS3, enfocada a potenciar o talento e redefinir as profesións do futuro, á vez que se impulsa unha economía sustentable e se crea emprego de calidade na nosa comunidade. De feito, a ciencia e a tecnoloxía cuántica forman parte dos campos científico-tecnolóxicos a potenciar ao abeiro da estratexia RIS3 Galicia 2021-2027.

Os sectores estratéxicos que se poder identificar como beneficiarios das tecnoloxías cuánticas son (por orde alfabética):

- Aeroespacial.
- Automoción.
- Banca.
- Biotecnoloxía/biosanitario.
- Farmacéutico.
- Loxística.
- Manufactureira en xeral.
- Telecomunicacións (e o sector TIC en xeneral).

Está claro que a meirande parte destes sectores están presentes en Galicia e forman parte da súa aposta de futuro. Polo tanto, o desenvolvemento de capacidades tecnolóxicas no mundo cuántico podería ter un impacto moi positivo na contorna socioeconómica xeral da nosa comunidade.

Neste contexto, é imprescindible coidar os aspectos de formación e retención do capital humano. Resulta natural axuntar as capacidades existentes dentro do Sistema Universitario de Galicia (SUG) e facer unha proposta de estudos de mestrado que cubra os aspectos relacionados coas tecnoloxías cuánticas, dende os seus alicerces científicos ata as súas aplicacións en distintas ramas da enxeñaría. A presente iniciativa pretende contribuír neste labor cun máster deseñado para captar e capacitar estudantes procedentes de diferentes carreiras técnicas, ofrecendo formación nos diferentes aspectos do paradigma cuántico, tanto teóricos como experimentais e tecnolóxicos.

Esta é, polo tanto, unha aposta de futuro para potenciar un sector en auxe, ofrecendo unha formación integradora e comparable á que desde hai poucos anos xa se oferta noutras comunidades do estado como poden ser Cataluña, Euskadi ou Madrid. Sería unha peza clave para que Galicia se poida posicionar neste sector para aproveitar as oportunidades que se espera xurdan a curto e medio prazo.

1.2 Carácter esencial ou estratéxico: resposta a necesidades prácticas e científicas do SUG

A oferta académica da comunidade de Galicia debe adaptarse á evolución da sociedade e da tecnoloxía, permitindo ao estudantado adquirir as competencias que lles permitirán adaptarse ao cambiante mercado laboral do século XXI. Isto é especialmente importante para os estudos técnicos e, en particular, para os que están relacionados

con tecnoloxías en rápido desenvolvemento, que pouco a pouco transformarán a nosa contorna e os xeitos de ofrecer solucións aos retos da sociedade. Como se ven de comentar, as tecnoloxías cuánticas encaixan exactamente neste contexto. Aínda que algúns contidos relacionados xa se abordan en graos e másteres, na actualidade non existe no SUG ningunha titulación que permita acadar unha formación exhaustiva e específica neste ámbito. Outras comunidades xa albiscaron as oportunidades que se abren e xa se ofertan algúns másteres similares ao que aquí se propón. Tendo a capacidade para impartilo, parece apropiado aproveitar a oportunidade de ofertar estes estudos.

Tendo isto en conta, é fácil argumentar que estes estudos serían estratéxicos dentro do SUG. Máis aínda cando se unen as tres universidades para aportar cadansúas capacidades e para colaborar nun proxecto que cubrirá un baleiro na formación en ciencia e tecnoloxía de vangarda, permitindo ao estudantado acceder a novas posibilidades tanto de investigación básica como de investigación aplicada, como de transferencia de tecnoloxía e capital humano ás empresas.

1.3 Equilibrio territorial do SUG: xustificación do campus elixido para a implantación da ensinanza en relación coa súa especialidade

Propónse unha titulación coa participación das tres universidades do SUG, coordinado dende a Universidade de Santiago de Compostela. O máster en Ciencia e Tecnoloxías de Información Cuántica, e moi transversal, e ten unha vocación integradora dentro do SUG. No seu programa haberá contidos que hoxe en día contan cunha actividade docente e investigadora en distintos campus da comunidade. É por iso que é razoable prorrogar o ámbito de acción a toda a comunidade autónoma para aproveitar todo ese potencial. Polo tanto, a propia natureza interuniversitaria do máster contribuirá ao equilibrio territorial do SUG e a creación de sinerxias entre os investigadores, docentes e alumnos de todo o territorio da comunidade. Coméntase a continuación moi brevemente a contribución esperada de cada un dos campus implicados.

Campus de Santiago de Compostela: Non cabe dúbida de que o eixo vertebrador desta nova disciplina ten que ver coa Física Cuántica. É por iso que a coordinación recaerá sobre a Facultade de Física da USC, onde esta disciplina forma parte das tarefas de investigación tanto teóricas como experimentais dende hai anos. Ademais, nesta facultade leva impartíndose dende hai 5 anos o Máster de Física no que existen contido de información cuántica. Este campus está, polo tanto, ben posicionado para abordar aspectos científicos da docencia e a investigación relacionados co máster.

Campus de Vigo: Na Escola de Enxeñaría de Telecomunicación hai grupos con experiencia e colaboracións internacionais de alto nivel en comunicacións cuánticas, unha das aplicacións clave a nivel enxeñeril do paradigma cuántico. Nesta facultade, ademais, leva impartíndose dende hai 8 anos o Máster en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación, no que existe contido sobre comunicacións cuánticas con tecnoloxía fotónica. Así mesmo, a curto prazo vanse intensificar estas actividades coa posta en marcha de diferentes laboratorios experimentais nestas tecnoloxías. Polo tanto, o

campus de Vigo sería un pilar para os temas tecnolóxicos e enxeñeriles de tecnoloxías cuánticas da información e, moi en particular, das comunicacións.

Campus de Ourense: Aínda que este campus non figura como tal na estrutura da proposta, cómpre salientar que hai nel investigadores con experiencia e capacidades teóricas e experimentais en campos estreitamente relacionados co contido do máster como pode ser a óptica cuántica e os átomos arrefriados. Polo tanto, poderá apoiar e complementar a docencia ofertada dende a Universidade de Vigo, aproveitándose así mesmo da presenza da Escola de Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo, xa que o sector aeroespacial pode ser un dos grandes beneficiados polas tecnoloxías cuánticas.

Campus de A Coruña: A Facultade de Ciencias e a Facultade de Informática da Universidade de A Coruña teñen moito que aportar neste proxecto. Na primeira impártese un grao en nanociencia e nanotecnoloxía no que xa existen certos contidos relacionados coa información cuántica. A segunda é un centro moi importante na nosa comunidade a nivel de docencia e investigación en informática e ciencias da computación. Así mesmo, cómpre sinalar a recente creación da Cidade das TIC na súa contorna. O campus de A Coruña, polo tanto, será fundamental para a estrutura do mestrado en aspectos de computación cuántica.

2 Mercado laboral

2.1 Estudo das necesidades do mercado laboral en relación coa titulación proposta

O mercado laboral en Ciencia e Tecnoloxías Cuánticas da Información atópase en franca evolución nestes momentos. Nalgúns campos, como na computación cuántica, a demanda supera con moito a oferta, tanto en postos de investigación como de desenvolvemento de proxectos por parte de empresas. A meirande parte destas empresas teñen que ver co mercado financeiro ou da loxística, onde os algoritmos cuánticos xa son competitivos. O anuncio de novos ordenadores moito máis potentes para os vindeiros anos deixará paso a unha demanda en sectores químicos, farmacéuticos e biotecnolóxicos. O mesmo pode dicirse das comunicacións segredas e a internet cuántica. Seguramente esta rama da Información Cuántica sexa a máis madura hoxe en día, e é de esperar que nos próximos anos se establezan redes cuánticas de comunicación como as que xa existen noutros países e que estas comunicacións seguras se adapten a outras realidades industriais como poderá ser a do coche autónomo. De feito, a Unión Europea ten plans para despreparar nesta década una rede de comunicacións cuánticas a nivel continental, e no estudio da súa arquitectura participan actualmente os principais operadores de comunicacións do continente (Telefónica, Orange, Deutsche Telekom, Thales, TIM, etc). Outro sector que se beneficiará enormemente das tecnoloxías cuánticas será o aeroespacial. Isto es certo tanto para o sector aeronáutico (véxase, por exemplo, o que se especifica na páxina web de Airbus, <https://www.airbus.com/innovation/industry-4-0/quantum-technologies.html>) como no sector espacial, como se pode apreciar no libro branco recente publicado pola Axencia Espacial Europea.

Polo tanto, a formación en ciencia, tecnoloxía e información cuántica debe entenderse como unha aposta de futuro. Agora mesmo, na nosa comunidade habería

un interesante mercado laboral a nivel académico e investigador. En canto ao sector empresarial e industrial, as posibilidades laborais en Galicia serían menores ca as que un egresado podería atopar noutras comunidades autónomas ou noutros países da nosa contorna. Sen embargo, isto debería cambiar a curto prazo. A medida que se desenvolva o capital humano e madure cada vez máis a integración deste tipo de tecnoloxías nos distintos sectores industriais, de comunicacións e informáticos, é de esperar que se creen oportunidades laborais de alto valor engadido dentro de Galicia. Do mesmo xeito, é esperable que poda dar lugar a posibilidades de autoemprego e emprego a distancia para empresas afincadas noutras localizacións xeográficas.

Para dar unha idea no contexto global do que aquí se quere argumentar, que mellor que mencionar un traballo publicado en agosto de 2021 por científicos de prestixiosas universidades americanas: “Assessing the needs of the Quantum Industry” (ver <https://arxiv.org/pdf/2109.03601.pdf>). Copiamos aquí a primeira liña do artigo, que resume moi ben todo o que se quere resaltar nesta memoria:

“A ciencia e a tecnoloxía da información cuántica (QIST) progresaron significativamente na última década, de tal xeito que xa non está presente só no dominio dos laboratorios de investigación, senón que agora comeza a desenvolverse e aplicarse en aplicacións e produtos industriais. Coa aparición desta nova industria cuántica, necesítase unha nova forza laboral formada en habilidades e coñecementos QIST.”

2.2 Incorporación de perfís profesionais no título vinculados aos sectores estratéxicos de Galicia

O máster está pensado para admitir un abano razoablemente amplo de perfís de acceso dentro das carreiras científicas e técnicas. Candidatos naturais poden provir de carreiras de Física, Enxeñaría de Telecomunicación ou Enxeñaría Informática. Outros, como graduados en Matemáticas, Enxeñaría Aeroespacial, Química e outras Enxeñerías, contarán con opcións de nivelación mediante un deseño adecuado da troncalidade e dos itinerarios.

O obxectivo é buscar tanto a xeración de carreiras investigadoras e académicas como a creación de oportunidades laborais mediante a implicación empresarial a través de convenios e proxectos mixtos enfocados a solucións concretas.

2.3 Interese particular e apoio por parte dalgún grupo de empresas (clúster/hub) que apoie a proposta

O Clúster TIC de A Coruña formulou hai un ano ao CESGA o seu interese nun programa específico de formación en Computación Cuántica. O centro tecnolóxico Gradiant de Vigo, con actividade no sector da seguridade informática ten comezada unha nova liña dedicada ao tema cuántico.

3 Demanda

3.1 Previsións de matrícula tendo en conta a análise da demanda real dos estudos propostos por parte de potenciais estudantes e da sociedade

Como se comentou máis arriba, é previsible a captación de alumnado de diferente formación previa, tendo cada universidade máis dun grao no que existe alumnado potencial.

Por facer unha avaliación comparativa, cómpre mencionar que no máster de Física, que é o máis similar ao que aquí se propón, as materias de Información Cuántica son as máis demandadas, cunha porcentaxe superior ao 80% do alumnado total. Do 24 ao 27 de Xaneiro de 2022 se ofertou un taller de Computación Cuántica na Facultade de Física da USC, cunha demanda que acadou os 62 asistentes. No panorama nacional, os másters de cuántica teñen todos eles lista de espera na admisión. Polo tanto, é factible a captación de alumnado provinte doutras comunidades autónomas ou mesmo do estranxeiro. Neste aspecto, pódese mencionar que na Escola de Enxeñaría de Telecomunicación houbo xa varios estudantes estranxeiros realizando doutorados en temas de comunicacións cuánticas.

En vista destes datos, a previsión de cubrir as 20 prazas que serán inicialmente ofertadas semella realista.

4 Non duplicidade

4.1 Mención de ensinanzas afíns preexistentes nesta universidade

Na Universidade de Vigo non existen agora mesmo estudos afíns ao máster que aquí se propón, aínda que si existen estudos de grao cuxos egresados terían perfís adecuados para acceder a este mestradado (Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación, Grao en Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo, Grao en Enxeñaría Informática, ...). Cómpre mencionar que no Máster en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación impártese unha materia afín ao contido do máster que aquí se propón.

Dentro do SUG, o ensino máis afín ao do máster que se propón é o do máster en Física de USC.

4.2 Acreditación de non coincidencia de obxectivos e contidos con outras titulacións existentes (coincidencia máxima do 50% dos créditos)

Existirá certo solapamento co máster de Física na oferta de contido, pero estará ben por debaixo do 50%. Dende a Facultade de Física ofertaranse para este mestrado novas materias específicas. A maiores, dende a Universidade de Vigo e a Universidade de A Coruña ofertaranse novas materias que, naturalmente, non se están a impartir no dito máster. Polo tanto, aínda habendo certa coincidencia, a nivel de contidos ambos másteres serán moi diferentes, xa que a vocación desde máster é eminentemente práctica e enfocada ao uso das tecnoloxías no eido da Información Cuántica. Haberá ademais materias de adaptación, con contidos destinados a estudantes de carreiras técnicas sen bases sólidas de física.

O solapamento que existe co Máster en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación tamén é moi pequeno, moito menor ca o 50%. Impártese alí unha pequena introducción ás tecnoloxías cuánticas de comunicacións, pero naturalmente a

dita titulación carece da especificidade e a exhaustividade neste campo do título que aquí se propón.