



MEMÒRIA D'ACTIVITAT 2021

**CENTRE TECNOLÒGIC DE
TELECOMUNICACIONS DE CATALUNYA
(CTTC)**

Editada per **Dra. Mònica Navarro**
Laura Casaus

1. INTRODUCCIÓ

L'activitat principal del Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC) és la realització de projectes de recerca i desenvolupament tecnològic (R+D) dins l'àmbit de les Divisions de recerca que el constitueixen. Fonamentalment dins les àrees tecnològiques i de coneixement dels sistemes de telecomunicació, geomàtica i teledetecció. Dins la seva missió el CTTC té com a objectiu la producció i transferència de resultats innovadors, pels quals contempla diferents fases de desenvolupament i maduresa, ambdues en termes científics i d'enginyeria. És per això que té com a estratègia l'establiment de vincles estables amb la indústria i els sectors econòmics, per oferir-se com un actor clau avançar en els processos d'investigació i innovació del país, alhora que defineix la seva activitat per esdevenir un centre de referència i excel·lència en el sector.

Aquests han estat els eixos bàsics per definir la plantilla del Centre, tot combinant una coordinació científica amb excel·lència demostrada, amb perspectiva científica i tecnològica amb altes capacitats en enginyeria de desenvolupament.

La present memòria recull les activitats més destacades corresponents a l'exercici de l'any 2021. Les seccions s'organitzen d'acord amb els indicadors establerts per tal de mesurar el grau de consecució dels objectius.

Entre ells destaquem la consolidació i increment dels objectius econòmics. L'any 2021, malgrat els efectes de la pandèmia ha resultat l'annualitat amb un rècord històric d'ingressos obtinguts per l'activitat en projectes del CTTC, incloent tant els assolits en convocatòries competitives com per contractes directes.

L'activitat del CTTC com a líder de projectes europeus del programa Horitzó 2020, com ara les especialitats en el disseny i desenvolupament del 5G dins la 5GPPP¹, o les contribucions als diferents estàndards de comunicacions com per exemple les solucions de codi obert per a la gestió i orquestració de serveis i funcionalitats de xarxa, han representat pel CTTC una garantia de solvència i expertesa en l'execució i assoliment d'objectius de projectes complexos i de gran impacte per a sistemes i xarxes de telecomunicacions 5G. Fet que ha permès un molt bon posicionament del Centre dins aquest àmbit tecnològic. Cal destacar la recent assignació del lideratge d'un nombre significatiu de projectes del programa UNICO-5G I+D promogut pel govern espanyol. Aquest programa, part del "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia" [PRTR] com la "Estrategia de Impulso de la Tecnología 5G" del Govern Espanyol inclouen entre els seus objectius liderar el desplegament tecnològic del 5G i impulsar el desenvolupament del 6G a Europa. En particular el CTTC és la institució que lidera el major nombre de projectes del programa UNICO-5G I+D, tant en volum pressupostari com en nombre de projectes.

L'estratègia del CTTC per a contribuir a la identificació i definició dels reptes tecnològic en els fòrums apropiats ha permès contribuir de primera mà a la definició dels programes de treball de la Comissió Europea. Al 2021 el CTTC ha estat directament involucrat en la redacció de la Iniciativa Conjunta en Xarxes i Serveis Intel·ligents (SNS-JU, de l'anglès Smart Networks and Services Joint Undertaking), a resultes de la seva participació a la Junta de Govern de la 6G-IA², on estan representats els principals venedors d'equips, operadors de xarxes mòbils, centres de recerca i àmbits acadèmics d'arreu d'Europa. Un dels elements destacats en la preparació d'aquest programa de treball és l'anomenada Agenda Estratègica de Recerca i Innovació (SRIA, per les seves sigles en anglès Strategic Research and Innovation Agenda) que elabora la Plataforma Tecnològica Europea NetWorld Europe (<https://www.networldeurope.eu>). Aquest document, del qual el CTTC n'és part del comitè editorial, ofereix un resum de les àrees de recerca clau per al futur de la tecnologia de les comunicacions. Per al període 2021-27 es contempla un pressupost per a projectes d'R+D+i d'almenys 1.800 milions d'euros, dels quals 900 milions són aportació de la UE. L'actual programa de treball 2021-2022 de la SNS-JU és el primer pas en el full de ruta estratègic d'R+I cap al 6G per a Europa. Aquest programa de treball està dotat amb un pressupost de 240 milions d'euros i financia activitats que van des de l'evolució del 5G, incloent proves a gran escala i pilots amb indústries verticals fins a investigacions de frontera cap als sistemes 6G.

¹ L'associació Públic-Privada 5G (5G-PPP) és una iniciativa conjunta entre la Comissió Europea i la indústria europea de les TIC (fabricants d'equips, operadors de telecomunicacions, proveïdors de serveis, PIMEs i institucions de recerca)

² 6G Smart Networks and Services Industry Association (anteriorment 5G Infrastructure Association)

Reflexe de la valoració de l'expertesa i solvència dels investigadors del CTTC és l'increment d'invitacions i reeleccions a participar als consells de governança de diferents organismes industrials. A banda de ser membre electe a la 6G-IA Governing Board, investigadors del CTTC han estat nomenats membres del Huawei European Optical Communication Advisory Board, del Board of stakeholders of Photonics²¹; així com del comitè tècnic del Optical Transport Configuration and Control (OTCC) de la Open Networking Foundation (ONF).

En el context del sector d'espai, el CTTC ha consolidat la seva activitat tant en els àmbits de les comunicacions com en el de la teledetecció i observació de la Terra. Respecte el primer punt, durant el 2021 s'han aconseguit nous projectes amb l'Agència Espacial Europea (ESA) com per exemple el dedicat a millorar les comunicacions en missions d'espai profund i hem mantingut el lideratge en la seva xarxa d'experts Satellite Network of Experts V. La participació en el grup d'estandardització de la 3GPPP per a la convergència satèl·lit/terrestre s'ha reforçat i s'han establert noves col·laboracions amb empreses líders del sector. Respecte el segon punt, el CTTC coordina l'Advisory Board del nou servei europeu "European Ground Motion Service" (EGMS) del programa Copernicus. Aquest òrgan consultiu consta de 6 experts en l'anàlisi i interpretació de dades InSAR. Camp d'expertesa de la Divisió de Geomàtica del CTTC.

En l'apartat científic, seguint les recomanacions del comitè científic assessor, hem continuat promovent la convocatòria de projectes interns que premien l'excel·lència científica, apostant per projectes amb un elevat potencial d'impacte en l'avenç de l'estat de l'art. Els dos projectes en curs estan centrats la coexistència espectral i IoT:

- A Coexistence framework for multiple spectrum sharing paradigms in Beyond 5G networks
- Ultra-low cost microwave hydrogen sensor tags for the IOT.

En particular, s'ha dotat al segon projecte d'una infraestructura de recerca específica que s'ha materialitzat en el nou laboratori "Interdisciplinary Sensors and Microwave Devices Lab" (Laboratori de dispositius de microones i sensors interdisciplinars).

Destacar també al 2021:

- Que s'ha impulsat un nou programa d'ajuda anomenat "Transitional Predoc Contracts" amb l'ànim de proporcionar a aquells estudiants excel·lents que vulguin iniciar una carrera professional en l'àmbit d'investigació, suport econòmic i de mentoring durant un any, mentre preparen la seva aplicació per tal d'obtenir una beca oficial que financi els seus estudis de doctorat.
- La participació als programes de transferència tecnològica, com ara el programa GINJOL del CERCA, o la xarxa XaFIR, dedicada a la transferència tecnològica en l'àmbit de la Indústria 4.0.
- Després de registrar el Pla d'Igualtat, s'ha iniciat l'adaptació del Pla d'Igualtat als nous RD 901 i 902/2020, constituint una comissió negociadora, signat una carta de compromís i establert un pla de mesures.
- S'ha dut a terme la implementació del nou projecte de gestió de producció científica per tal de millorar l'eficiència en la gestió i comunicació dels resultats científics, i facilitar la transferència de informació a altres plataformes de gestió de la recerca catalana (UNEIX) o portals de divulgació científica, com ara el Portal de la Recerca de Catalunya (PRC) gestionat pel Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC) de o el Recolector de Ciencia Abierta (RECOLECTA) Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT).
- La implementació d'un projecte integral de renovació de la imatge corporativa, pla de comunicació i estratègia digital del CTTC.

Finalment concloure la introducció amb un dels esdeveniments més rellevants de la institució al 2021.

Amb motiu de la jubilació de l'antic Director Prof. Miguel Ángel Lagunas, es va aprovar a data 30 de setembre de 2021 el nomenament de la Prof. Ana I. Pérez Neira com a nova Directora del CTTC. La Directora va creure oportú la reestructuració dels grups d'investigació del CTTC, així com algunes modificacions a la unitat de direcció que li dona suport, donant lloc a nou unitats de recerca i una unitat de direcció, constituent del consell directiu, amb quatre sots-direccions i una àrea de coordinació científica. El consell directiu, a part dels

membres de la unitat de direcció i l'administradora general està format per tres caps de les unitats d'investigació, representants electes de les unitats d'investigació, d'ara en endavant referides com a RU (Research Unit en anglès).

Com a conseqüència l'organigrama del CTTC s'ha actualitzat tal i com s'indica a continuació a la Figura 1.

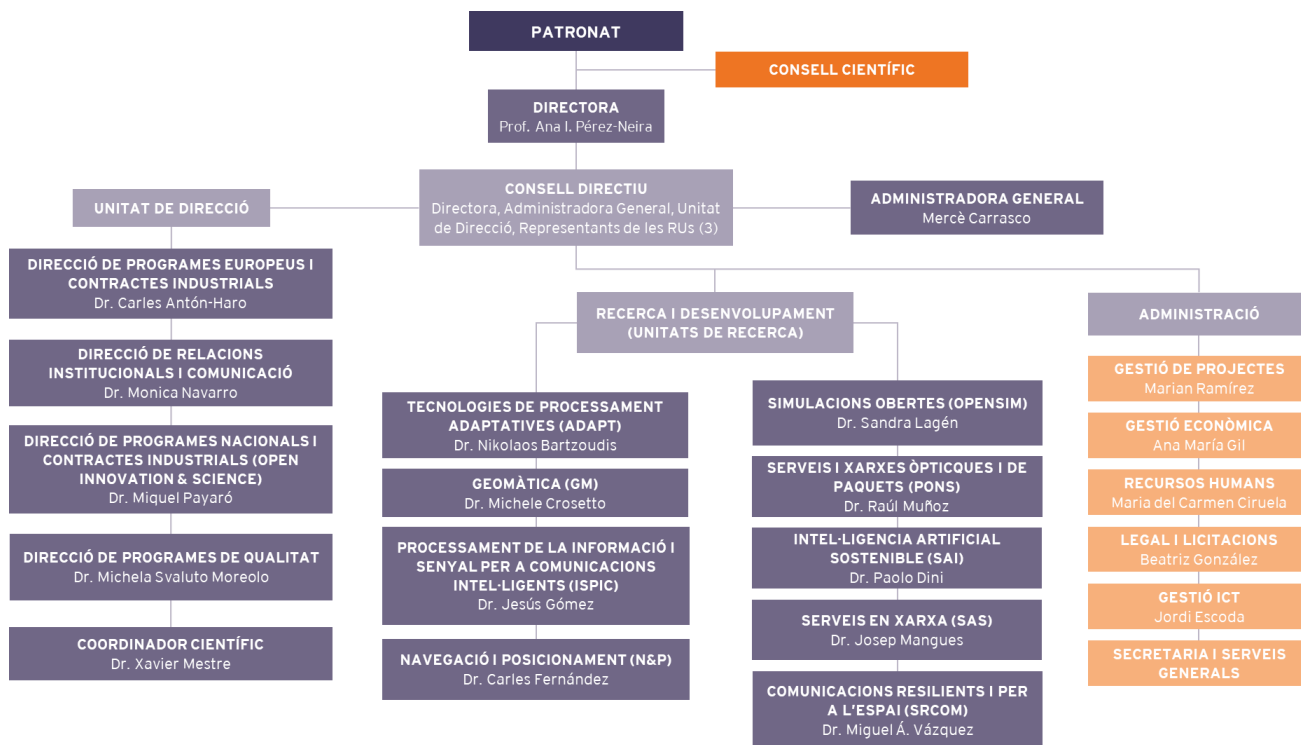


Figura 1. Organigrama del CTTC any 2021.

2. OBJECTIUS ESTRATÈGICS GENERALS

Com a centre CERCA el CTTC té com a **objectius estratègics generals**, els següents reptes:

- I. Potenciar la capacitat d'obtenció de recursos econòmics externs.
- II. Potenciar l'excel·lència en la producció científica mitjançant la publicació d'articles en revistes especialitzades de reconegut prestigi
- III. Portar a terme activitats de formació de personal investigador en col·laboració amb les universitats relacionades amb els àmbits de la recerca duta a terme pel Centre
- IV. Foment de la transferència de tecnologia/coneixement
- V. Posicionament en el context europeu i mundial
- VI. Contribuir a l'actualització de la base de dades UNEIX

Adicionalment el CTTC treballa pels següents **objectius estratègics específics**:

- VII. Consolidació de les activitats de recerca, transferència tecnològica i promoció del CTTC mitjançant la publicació en entorns científicotècnics d'elevada reputació (congressos, plataformes tecnològiques, etc)
- VIII. Definició i actualització d'un sistema intern d'avaluació de la productivitat científica alineat amb l'estratègia i objectius del CTTC

- IX. Manteniment i adaptació contínua de l'estructura organitzativa del CTTC amb l'objectiu de complir amb la norma UNE 166002-2014
- X. Participació en l'organització d'esdeveniments científicotècnics d'interès per a la comunitat científica
- XI. Desenvolupament de demostradors (testbeds) per a prova de concepte de tecnologies punteres i les seves activitats en projectes d'investigació
- XII. Actualització i revisió anual de l'estratègia científica del CTTC orientada a una contínua millora.

La resta del present document conté la relació d'activitats i indicadors corresponents a l'any 2021 presentats en relació als objectius estratègics llistats més amunt.

2.1 Obtenció de fons competitius i contractes directes amb empreses

Un dels objectius estratègics generals del CTTC és l'obtenció de fons de finançament extern que d'una banda garanteixi la seva activitat de forma regular i sostinguda en el temps i a la vegada contribueixi a l'assoliment de la resta d'objectius de la institució.

En aquest sentit en aquesta secció recollim les dades que ajuden a avaluar aquest objectiu.

A la Taula 1 podem trobar un resum dels ingressos³, classificats segons el caràcter del finançament: per concurrència competitiva, contractes directes, ingressos per explotació d'IPR o altres activitats com ara l'organització d'esdeveniments científics. Els ingressos obtinguts de convocatòries competitives es classifiquen d'acord a l'àmbit geogràfic de l'administració finançadora.

En particular distingim entre:

- Administració europea (emmarcada dins la Unió Europea, majoritàriament representada pels programes de la Comissió Europea)
- Administració espanyola
- Administració catalana

Taula 1 Ingressos de l'activitat investigadora durant l'exercici 2021

TIPUS D'INGRÉS		QUANTIA TOTAL
Fons competitius	Administració europea	3.369.811 €
	Administració espanyola	421.829 €
	Administració catalana	207.972 €
Contractes directes	Indústria	1.129.210 €
	IPR	10.509 €
	Events	9.510 €
TOTAL		5.148.842€

La Figura 2 mostra gràficament la distribució de l'origen d'aquests ingressos.

³ Arrodonit a l'euro

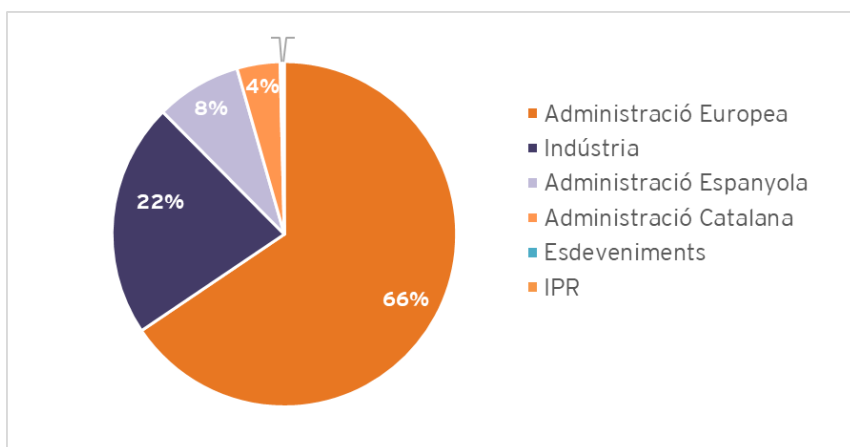


Figura 2 Distribució del tipus d'ingrés per l'exercici anual 2021

Una altre dada significativa és l'evolució de l'autofinançament anual aconseguit pel CTTC des del 2002 (primera anualitat completa posterior a la seva creació) fins a l'actualitat, representat a la Figura 3.

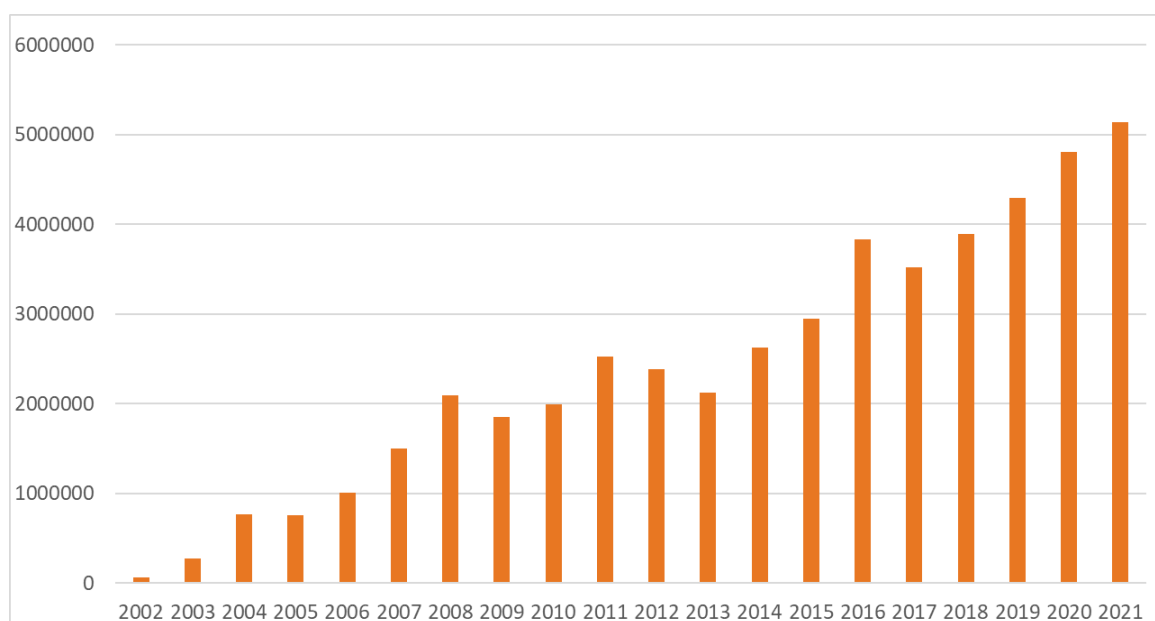


Figura 3 Històric d'ingressos comptabilitzats entre 2002-2021

A continuació es descriuen les activitats realitzades al CTTC en relació a la participació i lideratge de projectes de recerca, innovació, accions integrades, xarxes temàtiques i d'excel·lència, etc. realitzats dins el marc de convocatòries de finançament competitiu promoguts per les administracions europees, estatals i autonòmiques. Tanmateix, també es descriuen les activitats relacionades amb la participació en projectes en les àrees tecnològiques i de transferència del coneixement al sector privat (empresarial, industrial o serveis) del CTTC mitjançant contractes amb empreses, principalment en el sector de les tecnologies de la informació i comunicacions (TIC), economia digital o altres verticals.

L'activitat investigadora i desenvolupament de tecnologia es presenta en les subseccions següents, en forma de taula resum i breu descriptiva dels objectius de l'activitat, d'acord al tipus de finançament i la seva relació amb les unitats de recerca, Divisions.

L'organització de l'activitat de recerca durant el 2021 s'ha mantingut d'acord a les seves quatre àrees principals:

- Divisió de Sistemes de Comunicacions
- Divisió de Xarxes de Comunicacions
- Divisió de Tecnologies de Comunicacions
- Divisió de Geomàtica

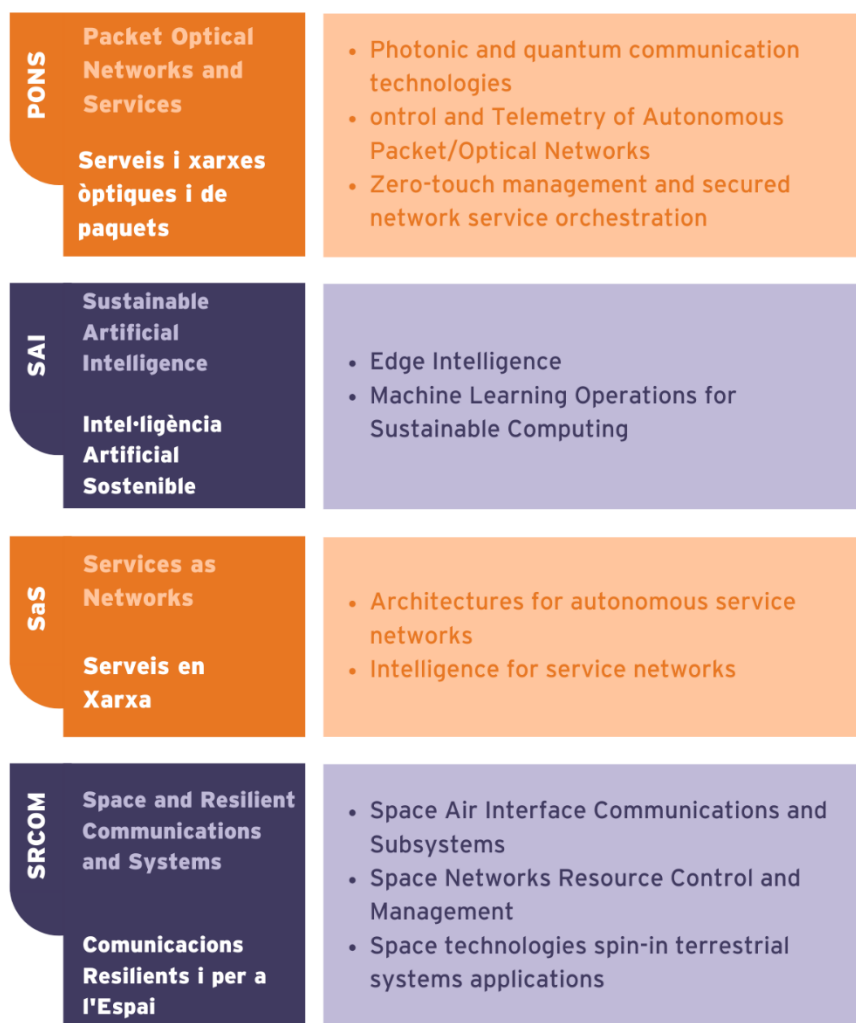
Taula 2. Divisions de recerca del CTTC

CND ONS Optical Networks & Systems MONET Mobile Networks	COMMUNICATION NETWORKS	• Machine learning based multi-layer and multi-domain network management • SDN/NFV/MEC for verticals • Coexistence of fixed and mobile networks (incl. NR-U, LAA, mmwave) • Software-defined optical transmission and performance monitoring • Optical systems and subsystems exploiting novel photonic technologies • Testbed development and ns-3 mobile LTE/NR simulation/emulation framework
CSD ASIP Advanced Signal and Information Processing A&MSP Array and Multi-Sensor Processing SI Statistical Inference for Communications and Positioning	COMMUNICATION SYSTEMS	• Signal and information processing for the communications systems air interface • Positioning and tracking: C-ITS, high precision agriculture, advanced GNSS SDR receivers • Spectrum sharing techniques, machine learning for communications, signal processing for big data and the smart grid • Technologies: 5G, satellites (GEO/LEO), URLLC, MIMO/arrays, spectral efficient/robust modems, system-on-chip SDR/HW prototyping • Experimental platforms: hybrid satellite/terrestrial, GNSS/INS/Indoor (radio) positioning
CTD M2M Machine to Machine Communications PHYCOM PHYLayer Implementation of High Performance Comms Systems SMARTTECH Smart Energy Efficient Comms Technologies	COMMUNICATION TECHNOLOGIES	• Analog devices for wireless communications and sensors for vertical applications • 5G/B5G AI-enhanced transceiver front-end prototyping • Cooperative-Intelligent Transportation Systems based on V2X networks • Data driven and slicing solutions for B5G/6G networks • Design of Energy Efficient Management for 5G and Beyond networks • Experimental framework for 5G-ready vertical services
GD RSE Remote Sensing GEON Geodesy and Navigation	GEOMATICS	• Radar remote sensing • Optical remote sensing • Deformation monitoring • UAV mapping • Multi-sensor navigation • Sensor orientation and calibration • Geodetic trajectory determination

Cal destacar però, que amb motiu del canvi de Direcció del CTTC, per iniciativa de la nova directora a finals de 2021 es va convocar un procés obert participatiu, on els investigadors van poder remodelar i reorganitzar la seva activitat investigadora entorn a noves estructures de "Unitats de Recerca". Aquest procés pretenia incentivar la identificació de noves línies de recerca estratègiques, així com identificar necessitats de millora entorn a l'organització interna de l'activitat investigadora i d'innovació i promoure nous lideratges, per exemple donant noves oportunitats a perfils més novells però de gran potencial. Com a resultat d'aquest procés es van crear 9 Unitats de Recerca, formalment operatives a partir de l'1 de gener de 2022. Aquestes es detallen a la Taula 3 (per ordre alfabètic del seu acrònim en anglès).

Taula 3 Noves unitats de recerca del CTTC (2022)

ADAPT Adaptive Processing Technologies Tecnologies de Processament Adaptatives	• Agile signal and data processing for smart 6G communication technologies • AI-assisted processing for energy efficient B5G and 6G transmitters
GM Geomatics Geomàtica	• Active remote sensing • Short-range active remote sensing • Passive remote sensing and photogrammetry
ISPIC Information and Signal Processing for Intelligent Communications Processament de la Informació i el Senyal per a Comunicacions Intel·ligents	• Artificial Intelligence for Wireless Communications • Large/distributed antenna systems • Signal processing and coding for next generation wireless networks and space communications • Coding for fast, reliable, and secure computing at the network edge
N&P Navigation and Positioning Navegació i posicionament	• Signal Processing for Navigation • Software-Defined Radio • Deployment of Research products
OPENSIM Open Simulations Simulacions Obertes	• Models, algorithms, and architectures for next-generation virtualized open RANs • Network simulator (ns-3) 5G and beyond extensions • 3GPP/IEEE technologies coexistence and spectrum sharing • Radio resource management and interference management/coordination



2.1.1 Projectes de R+D amb fons competitiu autonòmics i estatals

D'acord a la cartera de projectes durant l'exercici 2021, es comptabilitzen 4 grups de recerca consolidats i un grup de recerca emergent reconeguts per la Generalitat de Catalunya,

- 2017 SGR 00729 (GRC) "Remote Sensing (RSE)"
- 2017 SGR 00891 (GRC) "Grup de Tecnologies de Comunicacions"
- 2017 SGR 01195 (GRC) "Grup de Recerca en Xarxes òptiques i sense fil"
- 2017 SGR 01479 (GRC) "Grup de Sistemes de Comunicacions"
- 2017 SGR 00820 (GRE) "Geodèsia i Navegació (GEON)"

El total de projectes finançats pels programes d'àmbit estatal són de 50 projectes. Aquests es llisten a la Taula 4 per ordre alfabètic, especificant l'acrònim, el seu codi (identificador d'acord a la concessió), el coordinador del projecte, les Divisions de recerca participants i l'àmbit de recerca on s'emmarca.

Destaquem els projectes concedits durant el 2021 indicant al costat de l'indicador de l'ordre un asterisc. Entre ells destaquem els adjudicats dins el nou programa del "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia" del govern espanyol així com els tradicionalment convocats pel Ministeri de Ciència, Educació i Universitat (com per exemple "Retos de I+D+i", "Coincidente", etc).

Taula 4 Projectes finançats amb fons públics nacionals actius l'any 2021

	PROJECTE Acrònim (Codi)	TOTAL SUBVENCIÓ	COORD.	DIVISIONS PARTICIPANTS	ÀMBIT DE RECERCA
1	2017 SGR_1195	20.000€	CTTC	CND	Xarxes de comunicacions
2	2017 SGR_1479	62.280€	CTTC	CSD	Radiocomunicacions
3	2017 SGR_729	27.000€	CTTC	GMD	Geomàtica
4	2017 SGR_891	36.000€	CTTC	CTD	Tecnologies de comunicacions
5	5G-REFINE (TEC2017-88373-R)	157.300€	CTTC	CND	Gestió de recursos de xarxes 5G
6	5G-TRIDENT (RTI2018-099841-B-I00)	79.981€	CTTC	CTD	Gestió de recursos de xarxes 5G
7*	6GBLUR-joint (UNICO-5G)	1.331.020 €	CTTC	CND	Arquitectures de xarxes 6G
8*	6GBLUR-joint (UNICO-5G)	1.264.477 €	CTTC	CND	Arquitectures de xarxes 6G
9*	6GDAWN-ELASTIC (UNICO-5G)	1.306.770 €	CTTC	CND	Arquitectures de xarxes 6G
10*	6GDAWN-RESILIENT (UNICO-5G)	1.324.900 €	CTTC	CND	Arquitectures de xarxes 6G
11*	6GMICROSDN_CLOUD (UNICO-5G)	837.333€	CTTC	CND	Gestió microserveis i controladors SDN xarxes 6G
12*	6GMICROSDN_NOS (UNICO-5G)	837.332€	CTTC	CND	Gestió microserveis i controladors SDN xarxes 6G
13*	6GMICROSDN_SMARTNICS (UNICO-5G)	837.332€	CTTC	CND	Gestió microserveis i controladors SDN xarxes 6G
14*	6G-OASIS-COGNITIVE (UNICO-5G)	1.244.932€	CTTC	CTD	Xarxes cognitives i Serveis intel·ligents 6G
15*	6G-OASIS- E2EOrchestration (UNICO-5G)	740.000€	CTTC	CTD	Xarxes cognitives i Serveis intel·ligents 6G
16*	6G-OASIS-Secure (UNICO-5G)	492.814€	CTTC	CTD	Xarxes cognitives i Serveis intel·ligents 6G
17*	6G-OPENSEC_KEYS (UNICO-5G)	840.000€	CTTC	CND	Seguretat en xarxes 6G
18*	6G-OPENSEC_SECURITY (UNICO-5G)	836.500€	CTTC	CND	Seguretat en xarxes 6G
19	6G-OPENSEC_TRUST (UNICO-5G)	836.500€	CTTC	CND	Seguretat en xarxes 6G
20*	6G-OPTRAN_CONTELEM (UNICO-5G)	880.687€	CTTC	CND	Transmissions òptiques en xarxes 6G
21*	6G-OPTRAN_STERIOD (UNICO-5G)	789.619€	CTTC	CND	Transmissions òptiques en xarxes 6G
22*	6G-OPTRAN_WHITOPEN (UNICO-5G)	839.375€	CTTC	CND	Transmissions òptiques en xarxes 6G
23	ARISTIDES (RTI2018-099722-B-I00)	232.078€	CTTC	CSD	Inferència estadística i ML per a sistemes d'altres dimensions. Comunicacions ràdio
24*	AROMA3D-EARTH	604.500€	CTTC	CSD	Xarxes de comunicació 3D
25*	AROMA3D-SPACE	1.007.500€	CTTC	CSD	Xarxes de comunicació 3D
26*	AROMA3D-HYBRID	403.000€	CTTC	CSD	Xarxes de comunicació 3D
27	AURORAS (RTI2018-099178-B-I00)	195.415€	CTTC	CND	Xarxes òptiques

28	FEMIOT	158.889€	I2Cat	CND	Internet de les coses
29	FIREMAN NACIONAL (PCI2019-103780)	110.000€	CTTC	CTD	Xarxes vehiculars
30*	FREE6G_RadEdge (UNICO-5G)	983.548€	CTTC	CTD	Xarxes 6G sense cel·les
31*	FREE6G_RegEdge (UNICO-5G)	1.114.527€	CTTC	CTD	Xarxes 6G sense cel·les
32*	FREE6G_Security (UNICO-5G)	508.925€	CTTC	CTD	Xarxes 6G sense cel·les
33*	SUCCESS6G_Device (UNICO-5G)	817.332€	CTTC	CTD	Sistemes V2X
34*	SUCCESS6G_Extend (UNICO-5G)	817.332€	CTTC	CTD	Sistemes V2X
35*	SUCCESS6G_Verify (UNICO-5G)	817.332€	CTTC	CTD	Sistemes V2X
36	PPET (UNICO-5G)	249.998€	CTTC	All	Promoción estudios de telecomunicación y atracción de talento
37	Go2Edge	600€	CTTC	CND	Xarxa temàtica
38	iPOLE_Producte	74.831€	CTTC	GMD	Prototipatge jaló inclinable o cinemàtic
39	IRENE (PID2020-115323RB-C31)	139.392€	CTTC	CSD	Xarxes de comunicacions ràdio 3D
40	LAB5G (FEDER)	100.279€	CTTC	CSD	Infraestructures 5G
41	ORIGIN (PID2020-113832RB-C22)	65.340€	UPC	CTD	Xarxes B5G
42	PROGRESSUS (NAT) (PCI2020-112049 (ECSEL - JTI 2019))	150.500€	CTTC	CTD	Gestió de l'energia
43	PROMETEO (H2020-JTI-FCH-2020-1)	116.431€	CTTC	GMD	Manteniment predictiu d'infraestructures
44	SARAI (PID2020-116540RB-C21)	91.960€	CTTC	GMD	Teledetecció SAR per a deformacions del terreny
45	SONATA (CHIS-TERA call 2020)	200.200€	CTTC	CND	Intel·ligència al Edge xarxes 5G
46	SPOT5G (TEC2017-87456-P)	182.710€	CTTC	CTD	Internet of de les coses, M2M
47	TERESA (TEC2017-90093-C3-1-R)	186.340€	CTTC	CSD	Convergència xarxes de comunicació satèl·lit/terrestre
48	ULTRA5G (DI 2017)	33.960€	CTTC	CTD	Xarxes 5G
49	uSDN-03 (GÍNJO)	10.000€	CTTC	CND	Producte
50	XAFIR		UPC	CTD	Indústria 4.0

A continuació, es descriuen breument els objectius dels projectes llistats a la taula anterior. Iniciem la descripció amb els projectes del programa UNICO-5G finançats dins el marc del "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia" del govern espanyol. Aquests estan organitzats en projectes coordinats, els quals agrupen projectes individuals amb objectius específics. Cal destacar que el CTTC ha estat el centre de recerca amb la major assignació, tant en nombre de projectes com en quantia del finançament de la primera edició del programa. La seva experiència i lideratge demostrat en el context dels projectes de la 5GPPP del programa H2020 han estat altament valorats.

La descripció es presenta en funció dels projectes individuals.

6GMICROSDN_CLOUD Aquest projecte se centra en la gestió del cicle de vida dels microserveis i com aquests es despleguen al núvol. L'objectiu principal d'aquest projecte és bàsicament la introducció al controlador de xarxes definides per programari d'un nou element capaç de desplegar a microserveis com per exemple el (Network Operative System, NOS) dels routers genèrics (whiteboxes). Afegir això al controlador SDN TeraFlow permetrà una gestió més eficient dels recursos disponibles als cell sites. S'haurà d'alinear la contribució amb una distribució d'orquestrador de serveis com ara ETSI Opensource MANO (OSM).

6GMICROSDN_NOS Aquest projecte se centra en la gestió del cicle de vida del NOS des d'un controlador de xarxa definit per programari (SDN). Aquesta gestió automatitzada (zero-touch) millora de forma més eficient el desplegament de whiteboxes a multitud de localitzacions de la xarxa de l'operador. Actualment, el NOS ha d'instal·lar-se, configurar-lo, actualitzar-lo i migrar-lo a mà resultant en un alt cost d'operacions de la xarxa. Per això, aquest projecte s'enfoca a millorar les capacitats del controlador ETSI TeraFlowSDN, desplegat per l'operador, per gestionar de forma automàtica les diferents etapes del cicle de vida de cada NOS (i.e., instanciació, actualització i migració) que controla cadascun els whiteboxes constituint la infraestructura de xarxa.

6GMICROSDN_SMARTNICS L'objectiu principal és la millora de les whiteboxes que es despleguen a l'Edge i als Cell sites. En primer lloc, es planteja introduir l'ús de targetes de xarxa intel·ligents (Smart Network Interface Cards, SmartNIC) per millorar les capacitats de processament de fluxos de dades. En segon lloc, es pretén incorporar components de maquinari per a Intel·ligència Artificial (IA) que permetin accelerar els processos d'aprenentatge i inferència de models directament sobre els fluxos de dades del pla de dades. Aquestes millores permetran que les whiteboxes suportin les demandes de les futures aplicacions i serveis per a xarxes 6G.

6G-OPENSEC_KEYS Té com a objectiu fer un canvi revolucionari a la seguretat que s'exigirà a les xarxes 6G per fer front al repte de les tecnologies de xarxa i còmput obertes i desagregades, així com a l'amenaça de la computació quàntica. Concretament, el projecte 6G-OPENSEC-KEYS proposa adoptar solucions de distribució de claus quàntiques (QKD) flexibles i eficients, controlables per programari mitjançant la tecnologia SDN per garantir la seguretat a les xarxes 6G. També es promourà una integració de tecnologies QKD de manera sostenible considerant la infraestructura de xarxa desplegada i un millor ús dels recursos de la xarxa.

6G-OPENSEC_SECURITY Té com a objectiu el disseny i implementació d'un 6G network slicing security manager (NSSM) intel·ligent i autònom per a la gestió de network slices amb requeriments de seguretat per a xarxes 6G obertes i desagregades. El 6G network slicing security manager estarà dotat de bucles de control tancats (closed-control loops) que permetran operar la seguretat a les network slices de forma proactiva, utilitzant anàlisis predictives i prescriptives que puguin detectar i anticipar-se als problemes de seguretat (per exemple, atacs, amenaces, detecció d'intrusions) i executant accions correctives per mitigar-los.

6G-OPENSEC_TRUST Té com a objectiu el disseny, implementació i validació d'un Trust manager per calcular i gestionar la confiança dels proveïdors de serveis participants en una xarxa 6G oberta i desagregada, de manera que en el moment que es demani un servei, es pugui saber qui té la millor fiabilitat. La tecnologia de llibre major distribuït (DLT), com ara Blockchain, exercirà un paper fonamental en la creació d'una nova base de confiança per als serveis de telecomunicacions en escenaris multi-proveïdor. El Trust manager permetrà definir acords de nivell de servei (SLA) amb requeriments específics de confiança.

6G-OPTRAN_CONTELEM L'objectiu principal del projecte "CONTELEM" dins del projecte coordinat "6G-OPTRAN" (convocatòria UNICO 5G) és desenvolupament d'una plataforma de control i gestió basada en SDN que controli la transmissió i commutació òptica multibanda, incloent un sistema de monitorització i telemetria eficient que permeti l'evolució cap a xarxes multicapa autònomes i serveis avançats de tipus "spectrum services", "alien wavelength" i nous mecanismes de virtualització i "slicing" de la xarxa de transport, amb nous models de servei i negoci.

6G-OPTRAN_STERIOD El projecte "Sistemas de transmisión y monitorización óptica multibanda" 6G-OPTRAN-STERIOD (convocatòria UNICO 5G) té com a objectiu el disseny, implementació i validació d'una infraestructura òptica de transport que combini i) tecnologies d'accés (e.g., NG-PON) ii) sistemes de transmissió avançats i xarxes de commutació òptica transparent i iii) transceptors òptics de capacitat/espectre òptic variable, que suportin la transmissió multibanda, multiplexació per divisió en espai (spatial division multiplexing, SDM) i/o factor de forma endollable (pluggable), amb velocitats de l'ordre de 100,400, 800 Gb/s i fins a 1 Tb/s

6G-OPTRAN_WHITOPEN L'objectiu principal del projecte "WHITOPEN" dins del projecte coordinat "6G-OPTRAN" (convocatòria UNICO 5G) és el desenvolupament de nodes de xarxa integrant commutació de paquets amb transmissió òptiques explotant el concepte de whiteboxes, i.e., xassís comú albergant mòduls maquinari desagregats gestionats per un sistema operatiu obert. Aquest sistema operatiu actua com un agent del node de xarxa que mitjançant interfícies oberts permet la configuració del maquinari subjacent per tal d'habilitar les funcions de programabilitat, monitorització i telemetria per part del controlador SDN.

FREE6G_RadEdge El projecte FREE6G_RadEdge (Machine learning-based cell-free networks for 6G - Radio Edge, programa UNICO-5G I+D, MINECO-NextGenerationEU) persegueix desenvolupar i implementar nous mecanismes cell-free per gestionar futures xarxes d'accés 6G. Aquests permetran el desplegament massiu de punts d'accés (APs) de forma eficient gràcies al concepte de processat distribuït i coordinació local entre APs i unitats distribuïdes (DUs). S'estudiaran algorismes d'intel·ligència artificial per formar agrupacions d'APs que permetin cooperació adaptativa AP-DU i DU-DU, i estratègies de posicionament d'APs i s'implementarà un midhaul òptic per convergència fix-mòbil (FMC) que balancegi la càrrega de la xarxa a través de software-defined networking (SDN).

AROMA-EARTH té com a objectiu desenvolupar el segment terrestre d'una xarxa sense fils tridimensional (3D), sostenible i fiable. A AROMA3D-Earth es consideraran sistemes MIMO amb un nombre molt elevat d'antenes en combinació amb noves topologies cel·lulars a sistemes de comunicacions mòbils, com ara el "cell-free massive MIMO" o nous protocols d'accés especialment dissenyats per a donar servei a una gran quantitat de terminals en sistemes B5G i 6G. A més, AROMA3D-Earth desenvoluparà solucions basades en intel·ligència artificial (IA) per proporcionar a la nova xarxa 3D, tot un ventall d'eines d'optimització adaptables i flexibles i amb una alta capacitat de configuració predictiva.

AROMA-SPACE té com a objectiu desenvolupar el segment no terrestre d'una xarxa sense fils tridimensional (3D), sostenible i fiable. A AROMA3D-Space es consideraran esquemes d'accés innovadors, solucions "large-scale MIMO" per a satèl·lit, "multi-satellite federated beamforming", així com comunicacions entre satèl·lits i solucions de "processament al cel" basades en tècniques de "mobile edge computing". A més, es realitzaran diverses demostracions experimentals, inclosa una demostració basada en la xarxa no terrestre pre-6G, per permetre la validació dels diversos conceptes del projecte a l'entorn satel·lital que implica la validació i el processament de senyals a l'espai i a òrbita.

AROMA-HYBRID té com a objectiu desenvolupar de manera conjunta nous paradigmes de comunicacions no terrestres i terrestres. S'investigaran diverses opcions basades en la combinació de segments terrestres de "cell-free massive MIMO" amb satèl·lits, per tal de garantir la continuïtat del servei. A més, es desenvoluparan estratègies millorades de gestió de recursos de ràdio (RRM) per tal de gestionar la demanda de trànsit i permetre un ús compartit i eficient de l'espectre. S'investigaran tècniques basades en mobile edge computing (MEC), i es faran diverses demostracions per validar l'efectivitat de les tècniques proposades relacionades amb les solucions RRM i MEC.

FREE6G_RegEdge (Machine learning-based cell-free networks for 6G - Regional Edge, programa UNICO-5G I+D, MINECO-NextGenerationEU) cerca optimitzar, de forma autònoma, integrada i eficient, l'orquestració i gestió dels recursos de comunicació, emmagatzematge i computació en xarxes 6G. L'objectiu és optimitzar la funcionalitat dels sistemes MEC i Network Slicing Management mitjançant una jerarquia de motors analítics i de decisió basats en aprenentatge màquina. Es desplegarà el concepte d'Elastic Edge Computing per migrar dinàmicament funcions d'aplicació per l'Edge, xarxa d'accés i nucli de la xarxa, balancejant la càrrega dels centres de dades per aconseguir la percepció de latència zero en aplicacions de connectivitat intel·ligent.

FREE6G_Security El projecte FREE6G_Security (Machine learning-based cell-free networks for 6G - Security, programa UNICO-5G I+D, MINECO-NextGenerationEU) introduirà mecanismes per garantir la privacitat i la seguretat d'usuaris finals i proveïdors d'aplicacions per entorns multi-tinença i arquitectures de xarxa 6G de tipus cell-free. Aquests podran controlar i preservar la privacitat de les seves dades operant en infraestructures compartides mitjançant polítiques de seguretat basades en requisits de cada parts interessada, informació contextual, suposicions de confiança i legislació aplicable (GDPR principalment). Es desenvoluparan solucions descentralitzades basades en block-chain i aprenentatge federat per fomentar smart contracts entre tinents que negociïn recursos de xarxa i operar amb seguretat.

SUCCESS-6G-VERIFY El projecte "Computació over-the-air per a sistemes V2X" (SUCCESS-6G-VERIFY) dins el projecte coordinat "Serveis de comunicacions vehiculars robusts, segurs i computacionalment eficients en 6G" (SUCCESS-6G) té com a objectiu desenvolupar solucions de connectivitat V2X computacionalment eficients que permetin la millora de dos serveis avançats de vehicles: i) monitorització distribuïda de l'estat del vehicle i diagnòstic predictiu; ii) actualitzacions automatitzades de programari de vehicles over-the-air. Investigant a fons la interacció entre la computació over-the-air i l'aprenentatge distribuït subjecte a les característiques del canal V2X, els desenvolupaments de SUCCESS-6G-VERIFY aprofitaran els graus de llibertat addicionals que ofereix el processament en paral·lel per aconseguir una reducció de la latència i un ús eficient dels recursos ràdio.

Altres projectes d'àmbit nacional, en curs o iniciats al 2021, inclou:

5G-REFINE estudia tècniques de gestió de recursos en la xarxes extrem a extrem 5G. Intervenen aspectes de gestió de xarxes a nivell software, així com l'accés a diferents bandes del sistema, previstes per la novedosa tecnologia New Radio, proposada pel 3GPP.

5G-TRIDENT contribueix al desenvolupament de la xarxa d'accés 5G, a la seva infraestructura i dispositius mòbils, centrant-se en els reptes principals, a nivell de flexibilitat i eficiència dels requeriments. En particular, la contribució se centrarà en el disseny, i aspectes d'implementació, com la reconfigurabilitat, la reducció dels costos i la millora de l'eficiència energètica.

ARISTIDES pretén aprofundir en la comprensió teòrica i avançar en el rendiment d'aprenentatge basat en dades i algorismes d'inferència per al processament de dades d'alta dimensió. Es posa un focus especial en la millora dels mètodes d'aprenentatge automàtic (inclòs l'aprenentatge profund) i la seva aplicació al redisseny de funcionalitats de capa inferior dels sistemes de comunicació 5G (més enllà).

AURORAS realitza investigació teòrica i experimental en diferents punts clau, com per exemple el Multiplexat en el Domini Espacial (SDM), juntament amb sistemes de transmissió capaços d'explotar les diferents dimensions a un baix cost, i el desplegament de recursos de computació i emmagatzematge distribuït amb desagregació parcial o total de les xarxes òptiques.

FEMIOT és una projecte de fons europeu de desenvolupament regional (FEDER) a una agrupació d'entitats emergents per a impulsar la transferència i la recerca en el sector de l'Internet de les Coses. El projecte ha estat impulsat per dotze centres de recerca i universitats de Catalunya capdavanters en la creació de solucions i tecnologies IoT en àrees diferents com la sensòrica, la computació, la seguretat o el consum energètic, entre d'altres. FEM-IoT té l'objectiu de sumar coneixement i capacitats per tal d'obtenir un model de coordinació que permeti establir estratègies comunes en la recerca i transferència de resultats.

FIREMAN NACIONAL Té com a objectiu construir una arquitectura amb una forta interacció entre diverses àrees d'investigació, és a dir, l'adquisició de dades a gran escala, la fusió i l'anàlisi d'aquestes dades, cap a un disseny de sistemes ciberfísics altament integrats a tots els nivells per al seu processament.

Go2Edge és una xarxa temàtica nacional amb l'objectiu d'unir esforços entre institucions acadèmiques i de recerca per avançar en temes específics de creació de xarxes.

iPOLE_Producte L'objectiu d'aquest projecte és apropar el concepte iPOLE al mercat. iPOLE és una idea patentada pel CTTC que substitueix una estació total per un jaló inclinable o cinemàtic. Suposa una sòlida millora respecte als jalons clàssics per determinar les coordenades d'ubicació properes als camps electromagnètics.

IRENE explora les bases per al disseny d'una xarxa tridimensional (3D), que ofereixi connectivitat fiable, ubíqua i eficient més enllà de les xarxes 5G (B5G/6G). El projecte té com a objectiu millorar les comunicacions via satèl·lit en diferents òrbites, així com desenvolupar tècniques d'Intel·ligència Artificial (AI) per automatitzar la xarxa 3D i resoldre les limitacions de les solucions basades en models massa complexos. Les seves freqüències de treball inclouen des de freqüències sub-6GHz fins a ones mil·limètriques, THz i les comunicacions amb llum

visible. IRENE adreça solucions amb seguretat de capa física per facilitar transmissions de radiofreqüència i òptica. Addicionalment, la tecnologia blockchain es combinarà amb aprenentatge federat per assolir AI fiables.

LAB5G El projecte LAB5G té com a objectiu reforçar i actualitzar l'equipament de la plataforma d'experimentació extrem a extrem de xarxes 5G del CTTC per a millorar el desenvolupament i demostració d'aquest tipus de tecnologies. El CTTC finança el seu programa de doctorat, entre d'altres, també amb finançament europeu del programa Marie Curie. En particular, el CTTC participa i lidera diferents xarxes europees de formació en innovació.

ORIGIN té com a principal objectiu proveir solucions innovadores pels següents aspectes clau de les xarxes beyond 5G (B5G): i) algorismes de computació a l'Edge per gestió intel·ligent i energèticament eficient de la xarxa, ii) extensions de tipus software defined radio (SDR) per computació Edge mitjançant acceleradors de maquinari àgils, iii) predistorsionadors digitals reconfigurables i eficients per radiotransmissors B5G i, finalment, iv) tecnologies de sensor per aplicacions verticals de seguretat crítica.

PROGRESSUS (NAT) Aborda el manteniment predictiu d'infraestructures a partir de dos pilars principals: una teledetecció intel·ligent contínua d'infraestructures i zones properes integrada amb una modelització numèrica dinàmica. L'eina de teledetecció utilitzada serà la tècnica del radar d'obertura sintètica interferomètrica (InSAR), que proporciona mesures precises de deformació contínua. Una implementació intel·ligent d'aquesta tècnica ens permet realitzar tant una detecció precoç en àrees àmplies com un seguiment enfocat a una única infraestructura. El principal repte de PROMETEO és integrar dades de teledetecció, dades de monitoratge tradicionals i un modelatge geomecànic en una plataforma web per: detectar precoçment els desplaçaments superficials a gran escala; comparar el monitoratge remot i les dades del monitoratge tradicional; i comparar les dades de seguiment amb les esperades de la modelització geomecànica dinàmica. A partir d'aquesta comparació, el sistema serà capaç de realitzar prediccions i alertes, que són clau per al manteniment de la infraestructura.

PROMETEO Aborda el manteniment predictiu d'infraestructures a partir de dos pilars principals: una teledetecció intel·ligent contínua d'infraestructures i zones properes integrada amb una modelització numèrica dinàmica. L'eina de teledetecció utilitzada serà la tècnica del radar d'obertura sintètica interferomètrica (InSAR), que proporciona mesures precises de deformació contínua. Una implementació intel·ligent d'aquesta tècnica ens permet realitzar tant una detecció precoç en àrees àmplies com un seguiment enfocat a una única infraestructura. El principal repte de PROMETEO és integrar dades de teledetecció, dades de monitoratge tradicionals i un modelatge geomecànic en una plataforma web per: detectar precoçment els desplaçaments superficials a gran escala; comparar el monitoratge remot i les dades del monitoratge tradicional; i comparar les dades de seguiment amb les esperades de la modelització geomecànica dinàmica. A partir d'aquesta comparació, el sistema serà capaç de realitzar prediccions i alertes, que són clau per al manteniment de la infraestructura.

SARAI Aquest projecte té com a objectiu millorar les capacitats d'explotació de les tècniques de teledetecció basades en radar per mesurar i monitoritzar deformacions del terreny: SAR interferomètric diferencial (DInSAR) i Persistent Scatterer Interferometry (PSI). Aquestes tècniques juguen un paper clau a l'àrea temàtica de les Ciències de la Terra. Avui dia es fan servir amb freqüència en una àmplia gamma d'aplicacions com la geologia, hidrogeologia, geologia aplicada, sismologia, vulcanologia, glaciologia, monitorització de lliscaments, monitoratge de subsidències, etc.

SONATA Les xarxes de comunicació modernes estan evolucionant ràpidament cap a sistemes sofisticats que combinen capacitats informàtiques i de comunicació. La computació en el 'edge' de la xarxa és la clau per donar servei a moltes aplicacions emergents, des de la realitat estesa fins salut intel·ligent, les ciutats intel·ligents, les fàbriques intel·ligents i la conducció autònoma. El projecte SONATA està motivat pel fet que l'adopció a gran escala de la tecnologia intel·ligència edge al mateix temps que beneficia la productivitat i l'eficiència humana, es traduirà en un augment de les dades i la computació en xarxes mòbils, el que, al seu torn, exacerbarà el seu ja significatiu consum energètic.

SPOT5G estudia una arquitectura innovadora que permeti transformar la xarxes multi-nivell actual en una plataforma més plana i de més fàcil gestió, tenint en compte aspectes com l'eficiència energètica, l'ús responsable dels recursos, la capacitat d'emmagatzematge. Aquests aspectes s'han de gestionar a través d'un coordinador al núvol.

TERESA estudia les tècniques a nivell PHY i LINK per integrar els sistemes terrestres i satel·litals.

ULTRA5G (DI 2017) és un projecte de doctorat industrial amb l'empresa IQuadrat.

uSDN-03 (GÍNJO) aquest projecte permet la generació i explotació de IPR en referència a un controlador de xarxa natiu del núvol per a xarxes 5G i 6G.

XAFIR és una xarxa d'R+D+I que reuneix els actors més importants en recerca i desenvolupament en el camp de la indústria 4.0 a Catalunya. La xarxa XaFIR incorpora projectes i grups de recerca que treballen i poden influir en una gran quantitat de sectors (com Energia, Logística, Producció, Alimentació i Salut entre d'altres) a través d'un gran ventall de tecnologies com el 5G, l'IoT, la intel·ligència artificial, el big data amb l'objectiu de fer promoció i difusió del coneixement de la recerca en el món de la Indústria 4.0 i la transferència cap al teixit industrial.

2.1.2 Projectes de R+D amb fons competitiu europeu

Un format similar es presenta a la **Taula 5** per als projectes finançats per l'administració europea. La taula conté els llistats de projectes actius al 2021, finançats principalment dins el marc del programa H2020. Dins la categoria de lideratge industrial destaquen els projectes de la 5GPPP. Un altre programa rellevant alineat amb l'objectiu d'excel·lència investigadora és l'associat a les xarxes de formació innovadores "Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network" (MSCA-ITN), que a l'any 2021 està representat amb 5 xarxes dedicades a xarxes amb arquitectures híbrides ràdio-fibra òptica, aspectes cognitius i desagregats per a xarxes òptiques, plataformes de serveis MEC, xarxes de nova generació energèticament sostenibles, slicing extrem-a-extrem amb integració E2E MEC/RAN per a comunicacions multi-GHz i la integració de les disciplines de comunicacions ràdio i aprenentatge màquina per a resoldre els reptes de complexitat i volum d'informació de la xarxa d'accés.

Taula 5. Projectes finançats amb fons públic europeu actius durant l'any 2021

	PROJECTE Acrònim (Codi)	TOTAL SUBVENCIÓ	COORD.	DIVISIONS PARTICIPANTS	ÀMBIT DE RECERCA
1	5G STEP FWD (H2020-MSCA-ITN-2016)	247.873€	IQU	CTD	5G, Optical Wireless Converge, SDN
2	5GCroCo (H2020-ICT-2018-2-825050)	1.015.333€	CTTC	CTD	5GPPP, pilot 5G en àrea mobilitat transfronterera.
3	5G-EPICENTRE (H2020-ICT-2020-2)	300.000€	AIRBUS DEFENCE & SPACE	CTD	Arquitectura de xarxa oberta per a serveis de protecció civil
4	5GMED (H2020-ICT-53-2019)	394.563€	CTTC	CND	5GPPP, pilot 5G en l'àrea de mobilitat
5	5GMediaHUB (H2020-ICT-2018-2020)	608.750€	CTTC	CTD	5GPPP, pilot 5G en l'àrea de multimèdia
6	5G-ROUTES (H2020-ICT-53-2019)	6447.500€	ERIC	CTD	5G per a xarxes vehiculars i mobilitat connectada.
7	5GROWTH (H2020-ICT-2018-2020)	748.375€	UC3M	CND	Indústria 4.0
8	5G-SOLUTIONS (H2020/ICT19- 856691)	485.625€	TIM	CTD	Xarxes 5G
9	AGENTSENSOR (EUROPEU NATO)	96.000€	CTTC	CTD	Disseny i fabricació de sensors òptics
10	ATRIA (SPACE-29-TEC-2020)	396.400€	GMV AEROSPACE AND DEFENSE	CSD	IA aplicada a la reconfiguració sistemes de comunicacions via satèl·lit.
11	B5G-OPEN (H2020 ICT-52 5G)	379.925€	Telefónica I+D	CTD	Arquitectura de transport òptic i de paquets
12	CiViQ (H2020/FETFLAG-820466)	180.000€	ICFO	CND	Seguretat de capa física

13	CONNECT EU (H2020-ECSEL-2016-1- RIA-two-stage-737434)	224.000€	IFAG	CTD	Gestió energètica. Smart Grid
14	DARLENE (H2020-SU-SEC-2018- 2019-2020)	508.948€	Idryma Technologies	CTD	Realitat virtual i augmentada
15	GEODESY (GSA/GRANT/07/2019)	119.078€	AERTEC	CND	Solució de navegació per a drones
16	GREENEDGE	752.715€	Worldsensing	CND	Xarxa ITN en IA/ML per a sostenibilitat energètica de les xarxes de telecomunicació
17	HEIMDALL (H2020-SEC-2016-2017- 1-740689)	261.125€	DLR	GMD	Prevenió d'esllavissades, Interferometria SAR
18	IMMUNET (COST)	15.446€	Univ. Bologna	CSD	Seguretat Intel·ligent
19	INSPIRE-5GPlus (H2020/ICT20-2019- 871808)	404.650€		CND	Seguretat en xarxes 5G
20	INT5GENT (H2020-ICT-42-2020- 957403)	431.000€	ICCS/NTUA	CND	Orquestració de recursos xarxa 5G, aplicació IoT
21	INTERACT	16.000€		CSD	IA per a comunicacions ràdio
22	IOPES (UCPM-2019-PP-AG)	206.154€	CTTC	GMD	Solucions comunicació i navegació per a serveis de protecció civil
23	ITU_standICT	8.200€		CND	Solucions descentralitzades per a xarxa d'accés ràdio
24	MARSAL (H2020 ICT-52 5G)	700.000€	CTTC	CTD	Gestió i orquestració xarxes 5G/6G
25	MOMPA (POCTEFA 2014-2020- EFA295/19)	107.899€	CTTC	GMD	Monitoratge de moviments del terreny
26	MONB5G (H2020-ICT-2018-2020- 871780)	832.125€	CTTC	CTD	Gestió i orquestració xarxes 5G/6G
27	ONFIRE (H2020-MSCA-ITN-2017- 765275)	495.746€	CTTC	CND	Xarxes òptiques cognitives
28	OPTIMIST (H2020-MSCA-RISE- 2019)	220.800€	CTTC	CTD	Xarxes mòbils 5G
29	PANDORA (SI2.835928)	414.920€	Cinamil	CTD	ciberseguretat
30	PASSION	556.250€	PoliMi	CND	Tecnologies Fotòniques

	(H2020-ICT-2017-780326)				
31	PROGRESSUS (EU) (H2020-ECSEL-2019-2-RIA)	150.500€	Infineon	CTD	Gestió de recursos de xarxes 5G
32	RISKCOAST (SUDOE)	270.000€	CTTC	GMD	Monitorització front marí zones vulnerables
33	SAVEMEDCOASTS-2 (UCPM-2019-PP-AG)	68.092€	INGV	GMD	Mesures per protegir les costes del mar Mediterrani
34	SCAVENGE (H2020-MSCA-ITN-2015-675891)	743.619€	CTTC	CND	Eficiència energètica en 5G
35	SEMANTIC (H2020-MSCA-ITN-2017-861165)	501.810€	CTTC	CTD	Accés Ràdio 5G
36	TERAFLOW (H2020-ICT-2020-29)	781.221€	CTTC	CND	Virtualització funcionalitats de xarxa
37	WINDMILL (H2020-MSCA-ITN-2018-813999)	501.810€	Aalborg University	CND	ML disseny transmissió i accés ràdio

A continuació, es descriuen breument els objectius dels projectes llistats a la taula anterior.

5GCroCO és un projecte 5GPPP (Public-Private Partnership) de fase 3 on es demostrarà la viabilitat de la tecnologia 5G en un pilot de gran escala en el corredor viari que creua les fronteres de França, Alemanya i Luxemburg. A més, 5GCroCo també definirà nous models de negoci que puguin ser construïts sobre aquesta connectivitat i la capacitat d'introduir nous serveis. Finalment, 5GCroCo contribuirà en activitats d'estandardització rellevants de les indústries de telecomunicació i automoció.

5G-EPICENTRE proposa el desenvolupament d'una plataforma basada en una arquitectura oberta orientada a serveis PPDR (seguretat i emergència) que podrà proporcionar accés als recursos de les xarxes 5G, actuant així com un repositori 5G de codi obert per a NetApps. Per a l'avaluació d'aquesta plataforma, es preveu la realització de diversos casos d'ús. L'objectiu d'aquests casos d'ús és poder supervisar les capacitats d'interoperabilitat segura de la plataforma més enllà de la implementació específica que pugui fer cada proveïdor. Finalment, es mesuraran els KPI rellevants per a 5G, especialment els relacionats amb el temps de creació dels serveis PPDR.

5GMED és un projecte parcialment finançat per la Comissió Europea sota el programa Horizon 2020, i dins del context de la 5G-PPP. L'objectiu principal d'aquest projecte és portar a terme proves pilots a gran escala de la tecnologia 5G al servei de la mobilitat transfronterera entre Catalunya i el sud de França. Els casos d'ús contemplats inclouen transport rodat per carretera, així com transport ferroviari. El projecte es va iniciar al setembre de 2020, i té una durada estimada de 3 anys, durant els quals part del corredor del Mediterrani es convertirà en un banc de proves per la tecnologia 5G.

5G-MediaHUB té com a visió permetre a la UE aconseguir el seu objectiu de convertir-se en líder mundial en 5G, accelerant les proves i la validació d'aplicacions 5G de mitjans de comunicació innovadores i de NetApps d'experimentadors de tercers i desenvolupadors de NetApps de tercers, respectivament. Per això es proposa un instrument d'experimentació integrat, obert i amb totes les característiques tècniques del 5G. Això reduirà de manera significativa el temps a la barrera del mercat, proporcionant així a aquests actors que procedeixen principalment de PIMEs, un avantatge competitiu enfront dels seus rivals fora de la UE.

5GROUTES té com a objectiu validar les darreres funcions del sistema 5G (versió 16 i versió 17) relacionades amb la mobilitat connectada i automatitzada (CAM).

5GROWTH L'automatització i compartició d'infraestructures 5G (núvol, edge, i xarxa) mitjançant intel·ligència artificial permetrà demostrar sobre pilots d'Indústria 4.0, Transport i Energia, com la xarxa 5G és capaç de

complir tots els requisits. El projecte implementa una arquitectura d'orquestració multi-domini i multi-tecnologia que permet el desplegament i l'optimització de serveis virtuals de forma transparent als verticals.

5G-SOLUTIONS El projecte té com a objectiu demostrar en el camp que les capacitats 5G proporcionen un accés omnipresent a una àmplia gamma d'aplicacions i serveis orientats cap al futur amb ordres de millora de la tecnologia i infraestructures actuals, aconseguint així que la visió 5G estigui més a punt de complir.

5G STEPFWD és una xarxa de formació en innovació (ITN), finançada dins del programa Marie Curie, i té com a objectiu proposar, estudiar, optimitzar, avaluar quantitativament i comparar els avantatges i desavantatges de les arquitectures, topologies i tecnologies inalàmbriques de fibra híbrida, que impactaran de manera significativa els estàndards 5G i permetran l'augment de l'eficiència espectral 1000 vegades requerit i la reducció del 90% del consum energètic.

ATRIA adreça la tendència al mercat espacial d'una nova generació de satèl·lits totalment flexibles. A fi de controlar les càrregues útils flexibles dels satèl·lits i els seus equivalents tradicionals configurables, el projecte finançat amb fons europeus ATRIA crearà una eina genèrica i intel·ligent anomenada AI-PCS. Les tècniques d'intel·ligència artificial (IA, o AI per les seves sigles en anglès) dotaran a l'eina de la intel·ligència necessària per a decidir de manera autònoma la configuració òptima dels recursos satel·litaris disponibles per a les sol·licituds de serveis a demanda. El processador digital transparent constituirà el nucli d'aquestes càrregues útils digitals, a les quals proporcionarà noves capacitats dins dels paradigmes de xarxa de l'última revolució 5G, que no s'haurien pogut aconseguir amb càrregues útils analògiques tradicionals, com l'amplada de banda adaptativa i l'assignació d'energia, i flexibilitat en connectivitat i cobertura.

B5G-OPEN té com a objectiu el disseny, la creació de prototips i la demostració d'una nova arquitectura de transport òptica i de paquets, utilitzant commutació i transmissió òptica multibanda (MB) per fer front a la demanda de trànsit i els requisits de servei de les xarxes mòbils 5G, i més enllà. MB amplia la capacitat disponible de fibres òptiques, permetent la transmissió dins de les bandes S, E i O, a més de les bandes comercials C i/o C+L, la qual cosa es tradueix en un augment de la capacitat de 10 vegades i una baixa latència.

AGENTSENSOR se centra en el disseny i fabricació de sensors òptics altament sensitius per a la detecció d'agents nerviosos, sensors sense fil per a la detecció remota de substàncies tòxiques i detecció usant el principi de ressonància plasmònica de superfície i nanotecnologia.

CiViQ la visió del projecte és desenvolupar serveis i sistemes al voltant de la seguretat de capa física que es puguin combinar/integrar amb tècniques de criptografia moderna i així permetre noves aplicacions i serveis. L'objectiu del projecte es obrir camí cap a una integració flexible i eficient en termes de costos de les tecnologies de comunicació quàntiques i, en particular, la distribució de claus quàntica de variable contínua (Continuous-Variable QKD) en les xarxes de comunicacions òptiques. CiViQ busca un impacte ampli basat en un anàlisi sistemàtic dels requisits definits per les operadores de telecomunicacions. A tal fi, el projecte CiViQ integra una comunitat interdisciplinària en el seu consorci de 21 membres, incloent operadors de telecomunicacions, integradors i desenvolupadors de QKD. El projecte inclou avançar la tecnologia QKD així com la tecnologia associada a les xarxes definides per software, per a poder establir els fonaments d'una integració d'ambdues.

CONNECT investiga nous conceptes i tecnologies per a la conversió de potència que es desenvoluparan específicament per a l'intercanvi bidireccional d'energia amb la xarxa i per al flux de potència controlable per tal de donar suport a la integració ampliada de renovables com ara l'energia fotovoltaica (PV) i emmagatzematge local d'energia. S'examinarà l'optimització de la qualitat de l'energia per evitar fluxos d'energia innecessaris a la xarxa.

DARLENE té l'objectiu d'investigar l'aplicació de la realitat augmentada (AR) en la presa de decisions dels agents de la llei (LEA), per combatre el crim en temps real. Més concretament, gràcies a la tecnologia d'internet de les coses (IoT) es monitoritzarà un escenari, com ara un aeroport. A més a més, la tecnologia 5G permetrà transmetre un volum notable de dades relacionades amb la monitorització fins a diferents nodes de computació. Aquests nodes implementaran tècniques d'aprenentatge automàtic (ML) per analitzar les dades i avaluar riscos potencials. Finalment, les dades analitzades permetran aplicar tècniques de reconstrucció 3D per tal de generar l'AR. Finalment els LEA aniran equipats amb unes ulleres d'AR on podran visualitzar els riscos potencials. La tecnologia 5G serà vital per poder transmetre la informació relacionada amb la

reconstrucció 3D amb baixa latència i així soportar els requeriments de què l'AR funcioni en temps real. La tecnologia es validarà en pilots reals desplegats en dos aeroports.

GEODESY Galileo Enhanced Operation Drone System finançat per l'EUSPA (European Union Agency for the Space Programme), anteriorment anomenada GSA, té com a objectiu desenvolupar una solució de navegació per a drons, basada en un receptor Galileo multiconstel·lació/multifreqüència, que pugui donar suport als drons per aconseguir unes mesures de navegació sòlides que els permetin assolir requisits tècnics i operatius estrictes. La solució consisteix no només a desenvolupar la solució de navegació, sinó a validar-la i demostrar els seus beneficis en un entorn representatiu, orientant les operacions de drons sota categories operatives específiques.

GREENEDGE és una MSCA Innovative Training Network finançada per la Comissió Europea dins del programa de recerca i innovació H2020. La missió del projecte Greenedge és controlar la creixent petjada de carboni dels serveis informàtics en l'edge basats en intel·ligència artificial (IA) i aprenentatge automàtic (ML) mitjançant l'explotació de recursos energètics renovables i la concepció de nous algorismes de IA/ML que siguin sostenibles alhora per utilitzar-los en xarxes mòbils en l'edge. En aquest marc, 15 investigadors de doctorat seran formats i supervisats per experts de primera línia per afrontar aquest repte.

HEIMDALL té com a objectiu el disseny i desenvolupament d'un sistema integrat per a millorar la planificació de la resposta a situacions d'emergència. La contribució del centre està enfocada a la prevenció del risc d'esllavissades.

IMMUNET és una acció COST que planteja estudiar solucions innovadores i segures en entorns com el del IoT industrial.

INSPIRE-5G+ L'objectiu del projecte és fer un canvi radical en la gestió de seguretat de les xarxes 5G i més enllà, a nivell de plataforma i serveis i aplicacions de verticals. INSPIRE-5G+ dissenyarà i implementarà un marc de gestió dels serveis de seguretat i xarxa intel·ligent d'extrem a extrem per oferir protecció, fiabilitat i responsabilitat.

INT5GENT té com a objectiu la integració de nous blocs tecnològics de pla de dades dins d'un marc d'orquestració de recursos i aplicacions de xarxa 5G flexible, que proporciona una plataforma completa de sistema 5G per a la validació de serveis avançats 5G i solucions IoT.

INTERACT té com a visió anar més enllà de les capacitats del 5G i fer que la pròpia xarxa de ràdio esdevingui intel·ligent. L'aprenentatge automàtic és una eina important per implementar aquesta visió, ja que juntament amb les arquitectures de xarxa avançades i el subministrament distribuït de continguts, proporciona un mitjà per implementar molts aspectes d'aquesta intel·ligència de xarxa. Els principals objectius d'INTERACT són, per tant, (1) dur a terme recerca bàsica en els camps d'antenes i propagació, processament i localització de senyals, i arquitectures i protocols de xarxa, per dissenyar comunicacions de ràdio intel·ligents; (2) contribuir a la creació d'entorns intel·ligents: les xarxes de ràdio mòbil no només esdevindran intel·ligents, sinó que constituïran el sistema nerviós per fomentar la intel·ligència en altres sistemes i verticals, com ara l'e-health, el transport, la indústria 4.0, els edificis i les ciutats.

IOPES té com a objectiu millorar la preparació dels equips de protecció civil i emergències (CPET) implicats en operacions relacionades amb desastres naturals o antropogènics. Els objectius són (1) proporcionar informació contínua sobre la ubicació dels CPET, ja sigui a l'interior o a l'exterior (2) com a nova característica d'un sistema de gestió d'emergències (EMS) ja operatiu, (3) basant-se en la cartografia existent, o mapes nous (mapejat ràpid + Sistemes d'avions pilotats a distància (RPAS)) (4) que utilitzen el seu propi sistema de comunicació per evitar la necessitat d'infraestructures existents (possiblement danyades / inoperatives) (5) per millorar el procés de presa de decisions.

ITU_santICT explora la definició de solucions descentralitzades per a l'orquestració i gestió de les xarxes d'accés (Radio Access Network, RAN) per afavorir un ecosistema sostenible a xarxes de telecomunicació del futur (5G/6G). Tal descentralització permetrà compartir recursos de xarxa de manera eficient, al mateix temps que afavorirà l'entrada de nous competidors, generant així un model econòmic sostenible que es traslladarà en un impacte positiu en la societat. Mitjançant eines basades en Distributed Ledger Technologies (DLT), es proposa una arquitectura basada en la transparència, immutabilitat i la seguretat, característiques essencials per a l'automatització de funcions de xarxa.

MARSAL Les xarxes mòbils de sisena generació (6G) podran gestionar tot tipus d'aplicacions amb requeriments molt diversos. En aquest ecosistema de xarxa complex i dinàmic, una anàlisi i optimització del rendiment extrem a extrem seran les característiques clau per tal de gestionar eficaçment els diversos requisits que imposen els diferents casos d'ús/verticals sobre la mateixa infraestructura compartida. Per implementar aquesta visió, el projecte MARSAL té com a objectiu el desenvolupament i l'avaluació d'un marc complet per a la gestió i l'orquestració de recursos de xarxa 5G/6G mitjançant la utilització d'una infraestructura convergent òptica-sense fil en els segments d'accés i fronthaul/midhaul.

MOMPA considera millorar la gestió del risc associat amb els moviments del terreny, contribuint a passar d'una aproximació "Reactiva" a una "proactiva". L'element innovador del projecte és la tècnica d'interferometria SAR (InSAR), basada en imatges satel·litals, per a la millora de la gestió dels riscos geològics. Està tècnica, sensible a deformacions molt petites del terreny, permet una detecció primerenca dels moviments.

MOMB5G vol proporcionar una gestió i orquestració de tocs zero amb el suport del tall de xarxa a escales massives de 5G LTE i posteriors. A mesura que la tecnologia 5G estigui madurant i, a la vista de nous serveis mòbils generalitzats de diferents indústries verticals, serà necessària la compatibilitat amb nombrosos fragments de xarxa coexistents, amb diferents requeriments de rendiment, funcionalitat i franges horàries. Això fa que es faci un esforç important en el sistema de gestió i orquestració que els dissenys tradicionals centralitzats, com a Cloud Computing i NFV, no aconsegueixen. El projecte proposa un nou marc de gestió autonòmica i d'orquestració, aprofitant àmpliament la distribució d'operacions juntament amb els mecanismes basats en IA basats en IA.

ONFIRE és una acció Marie Curie en forma de Doctoral Industrial Europeu amb Nokia Bell Labs a Alemanya. Les temàtiques del projecte són xarxes òptiques desagregades i les xarxes òptiques cognitives, fent especial èmfasi a tècniques de monitorització i algorismes d'intel·ligència artificial.

OPTIMIST estableix l'ambició objectiu de desenvolupar una plataforma modular de servei de punta a punta adaptada a l'entrega optimitzada de contingut vídeo personalitzat a xarxes mòbils 5G, proporcionant una de les primeres implementacions de subministrament de serveis habilitats per Mobile Edge Computing (MEC) a Xarxes 5G que són totalment compatibles amb les noves arquitectures de referència 3GPP i ETSI MEC.

PANDORA té com a objectiu contribuir a la construcció de la capacitat de ciberdefensa de l'Unió Europea (UE). Més concretament l'objectiu és el disseny i la implementació d'una tecnologia que permeti identificar les amenaces de ciberseguretat en temps real, respondre a tals amenaces mitjançant la protecció de les infraestructures que estan en perill i compartir la informació. La tecnologia permetrà recollir dades i mètriques de la xarxa, detectar i classificar els incidents de seguretat, suggerir accions per mitigar les amenaces, importar i exportar informació de ciberseguretat de plataformes internacionals d'informació. La detecció i classificació dels incidents de ciberseguretat es basarà en tècniques d'aprenentatge automàtic (ML). Un dels casos d'ús seran les xarxes de sensors sense fils militars.

PASSION desenvoluparà noves tecnologies fotòniques per a sistemes de transmissió i commutació programables i modulars per tal de donar suport a xarxes àgils d'àmbit metropolità, augmentant notablement la capacitat i la distància de transmissió.

PROGRESSUS dona suport als objectius climàtics europeus per el 2030 proposant una xarxa intel·ligent de nova generació.

RISKCOAST La zona costera és un territori molt vulnerable a l'efecte del canvi climàtic. Es tracta d'espais naturals àmpliament modificats, amb una forta pressió urbanística, on interaccionen processos terrestres i marins. L'increment en la freqüència d'esdeveniments meteorològics extrems indueix a perills geològics que afecten notablement l'economia de les regions costaneres i representen una amenaça per als seus habitants. RISKCOAST promou la innovació per a fer front a un ventall d'amenaces: lliscaments, subsidència del terreny per la intensa explotació dels aqüífers durant sequeres, erosió i pèrdua de sòl després d'esdeveniments torrencials, erosió de costes arenoses i regressió de deltes.

SAVEMEDCOASTS-2 aquest projecte està adreçat a trobar mesures per protegir les costes del mar Mediterrani del preocupant fenomen de l'augment del nivell del mar i de les greus conseqüències que aquest comporta a les terres i poblacions costaneres.

SCAVENGE és una xarxa Marie Curie de formació en innovació (ITN), per a estudiants predoctorals. La temàtica comú de la xarxa és l'eficiència energètica de les xarxes 5G, i l'ús d'energies renovables per a alimentar xarxes 5G.

SEMANTIC durà a terme investigacions de primer ordre cap al desenvolupament i l'avaluació experimental de tècniques, marcs metodològics i eines innovadores que aprofitaran les emocionants noves capacitats que ofereix la nova ràdio 5G i establirà les bases per a la integració de diferents tecnologies, com ara el MEC, la segmentació de xarxes, el control i automatització d'IA, i l'operació de base de xarxes 5G i més enllà.

TERAFLOW té com a objectiu crear un nou tipus de controlador segur SDN natiu al núvol que farà avançar radicalment l'estat de l'art més enllà de les xarxes 5G/6G. Aquest nou controlador SDN podrà integrar-se amb els marcs NFV i MEC actuals, així com proporcionar funcions revolucionàries tant per a la gestió de flux (capa de servei) com per a la integració d'equips de xarxa òptica/microones (capa d'infraestructura), alhora que incorpora seguretat mitjançant Machine Learning (ML) i proves forenses usant tecnologia Blockchain. Els possibles usuaris, a part dels operadors de telecomunicacions tradicionals, poden ser proveïdors de núvol. Aquests actors es beneficiaran de TeraFlow per a) l'explotació d'un nou tipus de controlador SDN segur basat en solucions natives del núvol i, b) per aconseguir una agilitat empresarial substancial amb serveis de xarxa nous i altament dinàmics amb funcions d'automatització.

WINDMILL és una ITN interdisciplinària en l'àmbit de les xarxes de comunicació ràdio i l'aprenentatge màquina. Actualment estem vivint un canvi de paradigma en el disseny de les xarxes de comunicació sense fils, on la prioritat passa a ser la connectivitat a gran escala, així com el suport i processament massiu de dades. Un enfocament prometedori per tal de gestionar tal magnitud de complexitat consisteix en desenvolupar noves eines de gestió i optimització de xarxa basades en l'aprenentatge automàtic (machine learning). El projecte ITN WindMill contribueix a aquest desenvolupament mitjançant la formació contínua de joves investigadors en aquesta temàtica.

2.1.3 Projectes de transferència de tecnologia amb empreses

La darrera categoria en quant al tipus de projecte, correspon als contractes directes amb empreses, també anomenats projectes industrials. La Taula 6 recull els que han estat actius durant el 2021.

Taula 6. Projectes finançats amb contractes directes amb empreses.

	PROJECTE Acrònim (Codi)	TOTAL SUBVENCIÓ	EMPRESA	DIVISIONS PARTICIPANTS	ÀMBIT DE RECERCA
1	5GCoding-SRS-II	24.000€	Software Radio Systems	CSD	Sistemes 5G
2	ARCHAEORS	8.000€	Fundació Bosch I Gimpera	GMD	
3	C_AQM_BCN	9.200€	Mariona Ferrandiz	GMD	Monitorització qualitat de l'aire
4	C-AQM_Construim	17.700€	Ajuntament Sabadell	GMD	Sensorització per a mesures ambientals
5	CATERPILLAR2	18.181€	Fitostinger	GMD	Sistemes de navegació
6	CONVERGE	49.680€	UPC	CTD	Predistorsió digital per a dispositius 5G
7	CUPRUM	48.500€	University of Warmia and Masury	GMD	Mesures GNSS i InSAR
8	CUPRUM2	48.500€	KGHM Cuprum	GMD	Mesures GNSS i InSAR
9	EHAB	9.246€	Huawei	CTD	Comunicacions òptiques
10	EmMAC	35.000€	Nokia Bell labs France	CSD	AI per accés al medi
11	FASTRACK	45.000€	INTA	CSD	Receptors GNSS
12	FASTRACK II	51.890€	INTA	CSD	Receptors GNSS
13	FOREST5G	193.052€	CTTC	CND	Disseny de mètodes eficients per reduir la

					utilització de la interfaz del fronthaul
14	GBASTUR	6.900€	Gea Asesoria	GMD	Radar terrestre per monitorització del terreny
15	GBASTUR2	9000€	Gea Asesoria	GMD	Radar terrestre per monitorització del terreny
16	GMAB	501.770€	EEA	GMD	Servei Europeu Observació de la Terra
17	GNSS-ARRAY	46.810€	INTA	CSD	Antena intel·ligent per GNSS
18	GNSS-ARRAY II	9.888€	INTA	CSD	Antena intel·ligent per GNSS
19	GNSS-in-Space	55.000€	ESA	CSD	Receptor GNSS
20	GNSS-in-Space II	49.968€	ESA	CSD	Receptor GNSS
21	KINESIA	8.000€	Geokinesia	GMD	Geomàtica
22	KYUBI_ANTENA	23.000€	Kyubi System	CSD	Prototip antena
23	METRO-LINK+	323.783€	MASATS	CTD	Sensors
24	MFSK4LDR	164.500€	ESA	CSD	Modem comunicacions missions espai profund
25	MOMENTUM3	11.000€	KDDI	CND	Control xarxes òptiques amb SDN
26	MOMENTUM4	11.000€	KDDI	CNS	Control xarxes òptiques amb SDN
27	Multi-RF GNSS Dongle	85.000€	CTTC	CSD	Receptor GNSS
28	NIST_NRV2X	194.570€	NIST	CND	Plataforma simulació NR V2X
29	NTN 5G Pre Coding	40.000€	ESA	CSD	Comunicacions xarxes NTN
30	POCRISC_RAR	14.850€	UPC	GMD	Estudi risc sísmic als Pirineus
31	ROSETTA MENTORING	20.750€	Unv. Luxembourg	CSD	Comunicacions satèl·lit
32	S3_LLNL	445.477€	LLNL	CND	Compartició de espectre
33	SAT6G	196.678€	Huawei	CSD	Comunicacions satèl·lit
34	SATNEX V	58.000€	ESA	CSD	Xarxes de satèl·lit
35	SCRIPT	117.010€	Sener Aeroespacial	CSD	Navegació GNSS
36	Sen2Bays	14.500€	IRTA	GMD	Observació de la terra
37	SENSORQ	303.603€	Ministerio Defensa	CTD	Nanotecnologia per a sensors
38	TAMAGOCHI_2	18.000€	Gesecology Group Limitada	GMD	Processat i anàlisi de les deformacions del terreny
39	TFUSE	17.590€	Septentrio	CSD	Receptor GNSS
40	VIGOR	4.200€	Universitat Vigo	GMD	Interferometria de radar
41	XR_Facebook	230.960€	Facebook	CND	Coexistència 4G/5G

C_AQM_BCN aquest projecte pretén contribuir a canviar la mobilitat, millorar la qualitat de l'aire, millorar la biodiversitat urbana i lluitar contra l'emergència climàtica. El propòsit del projecte és aconseguir ciutats més saludables, sostenibles i agradables per a totes les persones. Això passa per millorar la qualitat dels espais públics a través de canvis com ara la mobilitat i millorar la qualitat dels espais verds a través d'espais més naturalitzats i amb fauna i flora pròpies de la zona. El replantejament es realitzarà a tres escoles i els seus

entorns (barris) a través d'un equip multidisciplinar a partir de tres passos: (1) la diagnosi de la biodiversitat urbana i de la qualitat de la vida quotidiana; (2) el co-disseny d'accions de transformació a partir de la informació obtinguda amb la diagnosi i les inquietuds de la ciutadania; i (3) l'inici de la transformació tant de consciències com física de les escoles i entorns escolars (barris).

EHAB El projecte EHAB té com objectiu assessorar HUAWEI a través de la participació en workshops i reunions en temes de xarxes de comunicacions òptiques.

EmMAC El projecte EmMAC té com a finalitat demostrar la viabilitat de l'aprenentatge automàtic de la semàntica de protocols de comunicació de capa MAC (medium access layer) mitjançant tècniques d'aprenentatge de reforç multiagent. El treball consisteix en la validació experimental de diferents variants d'algorismes i arquitectures concebudes amb la finalitat d'aprendre un protocol MAC per xarxes de comunicació 5G/6G. Sense tractar el protocol sencer, considerarem funcions específiques, com per exemple la recepció discontinua (DRX, discontinuous reception) que aconsegueix estalvi energètic. Aquests algorismes es compararan amb els seus homòlegs convencionals, dissenyats mitjançant mètodes clàssics d'enginyeria de protocol.

GBASTUR2 L'objectiu del projecte GBASTUR2 és demostrar i validar l'ús de reflectors artificials per a mesurar lliscaments ràpids del terreny mitjançant amplitud i fase d'un sensor SAR (Synthetic Aperture Radar) terrestre. La demostració i validació es realitzaran sobre un escenari real a la regió d'Astúries.

GNSS-ARRAY II L'objectiu d'aquest projecte, finançat per l'Institut Nacional de Técnica Aeronáutica (INTA), és l'implementació d'una antena intel·ligent per a receptors GNSS, capaç de filtrar automàticament la presència de senyals interferents que puguin alterar o denegar la solució de navegació dels receptors. L'antena intel·ligent té un funcionament autònom i és aplicable a qualsevol receptor comercial, millorant-ne la robustesa a interferències electromagnètiques dins la banda de freqüència d'interès.

KINESIA Elaboració, anàlisi i interpretació dels resultats de deformació basats en dades PSI (Persistent Scatterer Interferometry) provinents dels sensors SAR (Synthetic Aperture Radar) dels satèl·lits Sentinel-1A i Sentinel-1B. Aquests satèl·lits pertanyen al programa Copernicus de la Unió Europea.

MFSK4LDR estudia la millora de receptors no-coherents per a modulacions M-FSK per a les noves missions de l'espai profund en diferents escenaris: mode de supervivència de la nau, fase d'entrada-descens-aterratge o situacions de centelleig solars. El projecte considera aspectes de disseny de la cadena d'enllaç com l'esquema de codificació, estructura de trama i paràmetres de modulació. Consta d'una fase d'estudi i avaluació, així com la d'implementació d'un receptor per a telemetria que treballi a temps real.

MOMENTUM4 L'objectiu del projecte industrial MOMENTUM4 és investigar conjuntament la multiplexació per divisió de longitud d'ona (WDM) multicapa sobre xarxes de multiplexació per divisió espacial (SDM). Les xarxes de canals espacials basades en la tecnologia SDM poden proporcionar múltiples canals espacials en una fibra multi-nucli o multi-mode. Aquestes tecnologies aporten un nou enfocament per construir xarxes WDM amb topologies virtuals que consisteix en desplegar enllaços virtuals entre nodes WDM mitjançant canals espacials proporcionats per la xarxa SDM.

NTN 5G Pre Coding L'objectiu del projecte NTN5GPrecoding, finançat per l'Agència Espacial Europea, és revisar els procediments de 5G NR estandarditzats pel 3GPP per a la transmissió multi antena i la gestió de feixos, i avaluar-ne la idoneïtat i rendiment en escenaris no terrestres (NTN). Com a resultat, es proposaran adaptacions i modificacions de l'estàndard NR per tal d'aconseguir un suport total als requisits de NTN.

SAT6G El projecte té com a objectiu dissenyar la interfície aèria dels satèl·lits que es mouen a òrbites baixes, especialment els procediments de la capa PHY i MAC. El projecte és centra en la tecnologia 6G que opera a bandes de freqüència per sobre dels 70 GHz i en escenaris on els satèl·lits operen de manera coordinada.

Sen2Bays L'objectiu del projecte és el de generar i validar una sèrie temporal de mapes de clorofil·la-a (chl-a) a partir d'imatges multiespectrals Sentinel-2 (S2) de les badies del delta de l'Ebre i les zones limítrof exteriors. La sèrie d'imatges inclou el període des de l'1 d'octubre de 2019 fins al 30 de setembre de 2021.

XR_Facebook És una col·laboració industrial entre Meta i CTTC. L'objectiu del projecte és estudiar, desenvolupar i avaluar sistemes LTE/NR (4G/5G) i mecanismes de coexistència a través de simulacions de sistema per casos d'ús de realitat augmentada i realitat virtual.

5Gcoding-SRS El 3GPP especifica els codis LDPC i els codis Polar com a codis de canal estàndard per a la capa física de la nova tecnologia d'accés ràdio a les xarxes mòbils 5G, el CTTC està implementant aquesta tecnologia de codificació. Es tracta d'un contracte amb l'empresa irlandesa Software Radio Systems (SRS)

5Gcoding-SRS-II Aquesta continuació de la col·laboració 5Gcoding-SRS entre Software Radio Systems i el CTTC, té com a objectiu el desenvolupament del bloc de codificació/decodificació per codis LDPC de 5G altament optimitzat per ser integrat en aplicacions SDR a temps-real. La col·laboració també inclou el desenvolupament del bloc de rate-matching pels codis Polar i LDPC de 5G.

C-AQM_Construïm És un projecte que pretén repensar col·lectivament la ciutat d'una manera sostenible. Busquem millorar la qualitat dels espais urbans de Sabadell, fent-los més acollidors per a la gent i per a tots els seus habitants. Una iniciativa per millorar la ciutat, afavorint la fauna i la flora autòctones, augmentant la bio.diversitat de la ciutat i millorant la qualitat de l'aire.

CATERPILLAR2 L'objectiu d'aquest projecte és analitzar la viabilitat de l'ús d'un sistema dron amb capacitat de fumigació dels nius d'eruga mitjançant un procediment gairebé automatitzat. El projecte està finançat per l'empresa Fitostinger (ES).

CONVERGE L'objectiu del projecte és implementar en codi RTL un predistorsionador digital (DPD) multidimensional per linealitzar amplificadors de potència amb seguiment d'envoltant per a senyals de fins a 200 MHz d'ample de banda per a terminals 5G. El projecte és un subcontracte de l'UPC (que porten la part algorítmica i de testeig) per Huawei. En el projecte es persegueix també la generació de propietat intel·lectual.

CUPRUM En aquest projecte es desenvolupa un sistema automàtic per a monitorar els efectes en la superfície de terratrèmols induïts per activitat minera. El monitoratge es basa en mesures GNSS i InSAR des de satèl·lit i mesures sísmiques in situ. El projecte consta de dues parts: en aquesta part es desenvolupa la cadena InSAR.

CURPUM2 En aquest projecte es desenvolupa un sistema automàtic per a monitorar els efectes en la superfície de terratrèmols induïts per activitat minera. El monitoratge es basa en mesures GNSS i InSAR des de satèl·lit i mesures sísmiques in situ. El projecte consta de dues parts: en aquesta part es desenvolupa el geocoding InSAR i la interfície amb les altres fonts de dades.

FASTRACK Prova de concepte d'un receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) capaç d'operar en entorns de molt alta dinàmica. Mitjançant la modificació dels llaços de seguiment dels blocs de sincronisme, el receptor desenvolupat en aquest projecte proporciona solucions de navegació en situacions on el receptor està subjecte a altes velocitats i/o acceleracions que impedeixen l'operativitat dels receptors comercials.

FASTRACK II Implantació hardware d'un receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) capaç d'operar en entorns de molt alta dinàmica. Mitjançant la modificació dels llaços de seguiment dels blocs de sincronisme, el receptor desenvolupat en aquest projecte proporciona solucions de navegació en situacions on el receptor està subjecte a altes velocitats i/o acceleracions que impedeixen l'operativitat dels receptors comercials. Basat en els resultats del projecte FASTRACK, en aquesta fase s'ha implementat el receptor com a dispositiu físic.

FOREST5G aquest projecte finançat per Huawei en Suècia, se centra en el disseny de mètodes eficients per reduir la utilització de la interfàcia del fronthaul, garantint al mateix temps una baixa degradació de les prestacions de la interfàcia ràdio, mitjançant tècniques de compressió del fronthaul, com ara la compressió de la modulació.

GBASTUR Validació de sistemes d'alerta primerenca i seguiment d'esllavissades i enfonsaments a les zones mineres.

En el marc de **GMAB** el CTTC lidera un Consell Assessor del servei "European Ground Motion Service" del programa europeu Copernicus.

GNSS-IN-Space té com a objectiu el desenvolupament d'un receptor de navegació per a l'Espai.

GNSS in Space II se centra en el disseny i desenvolupament d'un dispositiu per a generar senyals de navegació Galileo a temps real amb la capacitat de variar els seus paràmetres a voluntat.

GNSS Array se centra en el disseny i desenvolupament d'una antena intel·ligent per a receptors de navegació, amb capacitat per rebutjar interferències fortuïtes o intencionades.

KYUBI-ANTENNA és un projecte industrial dedicat al desenvolupament d'antenes per a lectors de RFID tant per la banda europea (865-868MHz) com americana (902-928MHz).

METRO-LINK+ és un projecte de transferència tecnològica desenvolupat per a l'empresa catalana MASATS, S.A. El sistema METRO-LINK està format per una xarxa de sensors i actuadors inalàmbrics, desplegats en trens i en estacions de ferrocarril, que intercanvien informació per tal d'optimitzar els fluxos de passatgers, reduir els temps de parada dels trens, i disminuir el consum energètic i el desgast mecànic de les portes de tren i andana.

MOMENTUM3 (Management, control and monitoring of petabit networks featuring hybrid wavelength/mode/core multiplexing), en col·laboració amb l'empresa KDDI R&D (Japó), se centra en el controlador SDN de transport habilitat per telemetria i habilitat per a l'aprenentatge automàtic per a la supervisió en temps real i bucles tancats autonòmics de xarxes òptiques WDM / SDM. Els resultats obtinguts són de gran impacte, pel que han estat presentats a les conferències de major visibilitat del món de les comunicacions òptiques (ECOC i OFC).

Multi-RF GNSS Dongle és un projecte per la Agència Espacial Europea (ESA) que consisteix en el disseny i desenvolupament d'un dispositiu receptor de senyals del sistema global de navegació per satèl·lit (GNSS) que combina dos receptors comercials d'alta precisió acoblats a un receptor de radio definida per software (SDR) per ampliar les seves capacitats i rebre les noves senyals a la banda E6 del sistema Galileo. El dispositiu es portàtil i connectable per USB a un ordinador.

NIST-NRV2X És un projecte de recerca finançat pel National Institute of Standards and Technology (NIST) de EEUU. El projecte s'enfoca a realitzar investigacions sobre tecnologia NR-V2X i a construir nous models de simulació, basats en ns-3 per avaluar els progressus del 3GPP en el marc de la release 16.

POCRISC_RAR és una subcontractació de la UPC dintre del marc d'un projecte POCTEFA. L'objectiu és el monitoratge de les vibracions d'estructures i infraestructures.

ROSETTA MENTORING és un projecte per a l'optimització de recursos per a xarxes integrades de satèl·lits 5G amb accés múltiple no ortogonal.

SATNEX V L'objectiu de l'activitat actual de SatNex V és estudiar direccions a mitjà i llarg termini de sistemes de telecomunicacions espacials i satèl·lit per a qualsevol de les aplicacions comercials o institucionals que es poden considerar atractives per als actors clau en el domini de les tecnologies espacials, però que encara no són prou madures per atreure la indústria o iniciar activitats específiques de l'ESA.

S3_LLNL és un projecte finançat pel departament de defensa americà, per avaluar la coexistència de dispositius militars en bandes de freqüència AWS-3 que la FCC ha liberat per a compartició d'espectre amb tecnologies comercials. L'objectiu és construir un simulador realista per avaluar aquesta coexistència. El partner principal del projecte és el Lawrence Livermore National Lab (LLNL) que també és qui contracta el projecte.

TAMAGOCHI_2 L'objectiu d'aquest projecte és el processat i anàlisi de les deformacions del terreny en l'àrea minera de Yanacocha (Perú) mitjançant interferometria SAR Sentinel-1 (InSAR).

TFUSE Exploració d'arquitectures de fusió de dades basat en un receptor GNSS comercial i sensors inercials d'un fabricant líder en el sector. Les estructures de fusió de dades més comuns dels actuals receptors comercials es basen en la combinació de les solucions de navegació (Posició - Velocitat - Temps) del receptor GNSS amb les dades aportades pels sensors inercials, en una aproximació coneguda com "Loose Coupling". En aquest projecte s'ha explorat el rendiment d'estructures tipus "Tight Coupling", que treballen amb mesures internes del receptor GNSS com els pseudorangs o les mesures de desplaçament Doppler.

VIGOR neix de la col·laboració entre el Grup de Recerca en Geotecnologies Aplicades de la Universidad de Vigo (UNIVIGO), expert sobre anàlisi modal de ponts, i la Divisió de Geomàtica del CTTC, coneixedor de interferometria de radar d'obertura real. L'objectiu és utilitzar l'interferòmetre de radar de banda Ku disponible al CTTC per ajudar a l'estudi del comportament modal d'alguns ponts a Galícia.

SENSORQ el projecte tracta del disseny i fabricació d'una xarxa de sensors sense fils d'alta sensibilitat per a la detecció de gas tòxic. Es tracta de sensors fabricats usant nanotecnologia, dissenyats per al monitoratge de zones contaminades.

2.1.4 Distribució de projectes i activitat en propostes per divisions

Aquesta secció presenta detalls de la distribució d'alguns dels indicadors en relació a l'objectiu d'obtenció de fons competitius i contractes directes amb empreses. En particular, a la Figura 4 es pot observar la distribució d'ingressos entre les diferents Divisions per a l'exercici 2021. Els valors específics es detallen a la Taula 7.

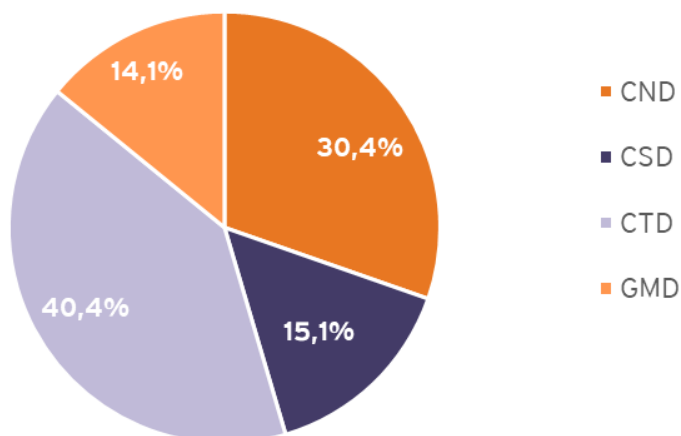


Figura 4 Distribució dels ingressos competitius i de transferència de tecnologia per divisió.

Taula 7. Ingressos per Divisió de Recerca.

Divisió	Ingressos
Xarxes de comunicacions (CND)	1.562.828 €
Sistemes de comunicacions (CSD)	775.814 €
Tecnologies de comunicacions (CTD)	2.082.694 €
Geomàtica (GMD)	727.507 €
INGRESSOS TOTALS	5.148.842 €

Per tal de recollir les iniciatives dels grups, així com quines han madurat per consolidar-se en una proposta sòlida, especialment en convocatòries competitives coordinades o no pel CTTC, i les que finalment han resultat finançades amb èxit, mostrem a la Figura 5 l'activitat en iniciatives de preparació de propostes tant en convocatòries competitives i contractes directes.

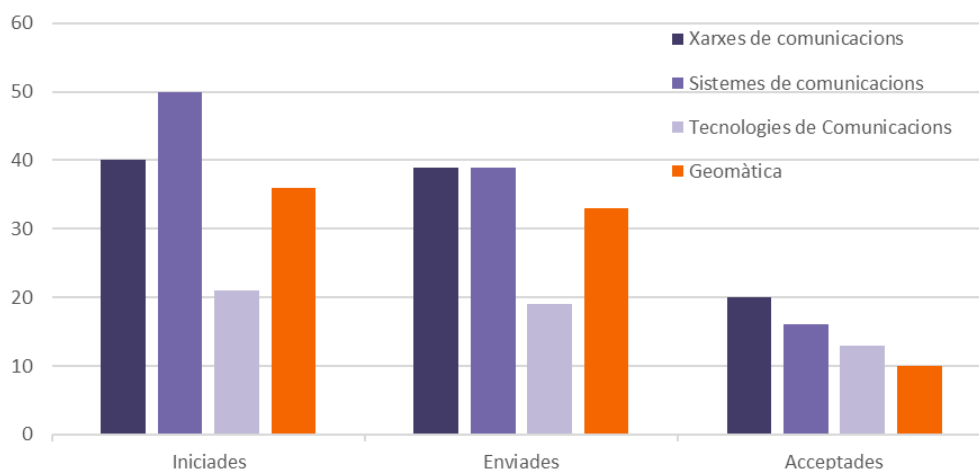


Figura 5. Resum distribució de propostes per Divisió i grau de consecució.

Un dels programes destacats sota els que s'emmarquen una gran part dels projectes 5G i la seva evolució, és el programa 5G PPP. Les darreres convocatòries d'aquest programa van tenir lloc a l'any 2020 on el CTTC va presentar un total de 17 propostes: 5 per a la convocatòria ICT-41-2020 (5G innovations for verticals with third party services) i 12 per a la convocatòria ICT-52-2020 (Smart Connectivity beyond 5G). D'aquestes, 4 propostes van ser seleccionades per el seu finançament, 5GMediaHub (ICT-41-2020) i TeraFlow (ICT52-2020), ambdues amb consorcis liderats pel CTTC; 5GEPICENTRE (ICT-41-2020) i MARSAL (ICT-52-2020). Aquest projectes han tingut continuïtat al 2021 i s'endinsaran fins ben entrat el següent programa marc, Horizon Europe. En aquest context, al 2021 el CTTC va participar en diferent propostes de convocatòries Horizon Europe. Entre elles, tenim les del Programa de Treball del Cluster 4 (Digital, Industry and Space): UFSOS, STELLAR; del Cluster 5 (Climate, Energy and Mobility): SECMOTIVE; i del Cluster 6 (Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture): ICE-GM. D'altra banda, també es va participar en diverses propostes del programa de treball Marie Skłodowska-Curie: MSCA_Safanova (Post-doctoral Fellowships), ReCONSENT i EQUALnet (Doctoral Networks).

2.2 Incorporació de personal de R+D i de personal de gestió

Pel que fa a noves contractacions, durant l'any 2021 es van incorporar 15 persones per tal de cobrir les següents places convocades a concurs. D'aquestes noves contractacions 6 han cobert llocs de treball dins l'administració i 9 corresponen a contractes d'investigació.

D'aquests darrers: 2 s'han incorporat a la Divisió de Xarxes, 4 a la Divisió de Tecnologies, 1 a la Divisió de Sistemes i 2 a la Divisió de Geomàtica.

Amb les noves incorporacions realitzades durant el 2021, els recursos humans del CTTC consten d'una plantilla de 130 persones, distribuïdes entre un 81% en personal de recerca i un 19% en personal administratiu. El percentatge de càrrecs directius es manté entorn al 5%, dels quals un 57% l'ocupen dones. La distribució de gènere dins el total de la plantilla ha millorat respecte la memòria anterior, amb una distribució del 30,8% dones i 69,2% homes.

Els càrrecs de responsabilitat durant l'exercici del 2021 han experimentat alguna modificació, essent la més significativa el canvi de la Direcció del CTTC. Es detallen a continuació:

Directora: Prof. Ana I. Pérez Neira (el Prof. Miguel Ángel Lagunas va ocupar el càrrec de director fins el 31/08/2021)

Administradora general: Mercè Carrasco

SotsDireccions:

- Director de Programes Europeus i Contractes Industrials, Dr. Carles Antón-Haro
- Directora de Relacions Institucionals i Comunicació, Dra. Mònica Navarro (Dra. Lorenza Giupponi va ocupar el càrrec fins juliol 2021)
- Director de Programes Nacionals i Lideratge Industrial (Open Innovation & Science), Dr. Miquel Payaró
- Directora de Programes de Qualitat, Dra. Michela Svaluto
- Coordinador Científic, Dr. Xavier Mestre (Prof. Ana I. Pérez Neira va ocupar el càrrec fins al 31/08/2021)

Caps de Divisió

- Cap de la Divisió de Xarxes de comunicacions: Dr. Josep Mangués
- Cap de la Divisió de Sistemes de comunicacions: Dra. Mònica Navarro
- Cap de la Divisió de Tecnologies de comunicacions: Dr. Miquel Payaró
- Cap de la Divisió de Geomàtica: Dr. Michele Crosetto

Al 2021 es va implementar l'assignació de les noves categories professionals associades al personal de recerca.

La distribució del personal en base a aquestes categories es detallen a la Figura 6, amb un 8% amb categoria R4 (Director d'Investigació), 24% en categoria R3 (Investigador Senior), 51% en categoria R2 (Investigador) i 17% en categoria R1 (Investigador en formació). Com es detalla a la secció 2.9, aquestes categories estan inspirades en les categories d'EURAXESS.

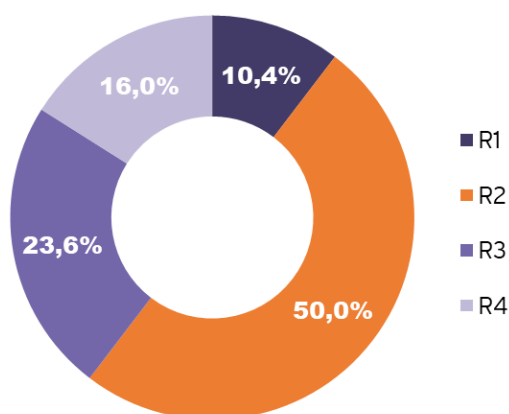


Figura 6. Distribució de les categories professionals del personal investigador (any 2021).

2.3 Producció científica

Des del seu inici, el CTTC ha apostat per a la disseminació científica i tecnològica com una via amb gran potencial per a adquirir excel·lència en recerca. La Figura 7 mostra l'evolució del nombre de publicacions del centre fins al 2021. A la figura es representen les tres categories principals: articles en revistes ("Articles"), articles en conferències ("Conferències") i edicions o contribucions a capítols de llibre o llibres sencers ("Llibres i Capítols"). Com a tendència general s'observa el creixement en el nombre d'articles en revistes i l'estabilitat en les publicacions en conferències i congressos. Particularitzant pel 2021, el total d'articles publicat en revistes especialitzades (científic-tècniques) ascendeix a 106, 91 dels quals s'han publicat en revistes indexades en la base de dades ISI (Institute for Scientific Information).

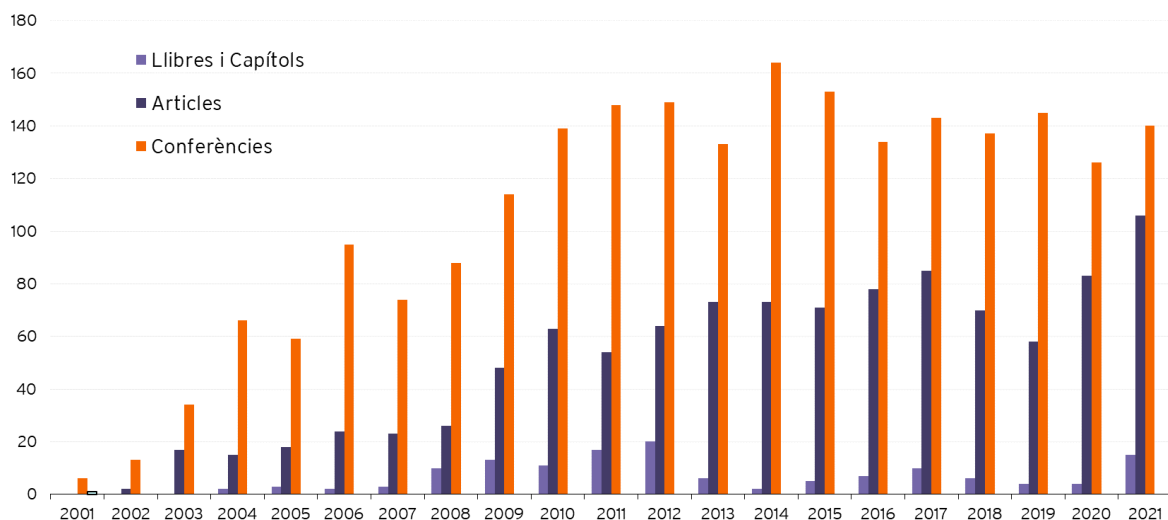
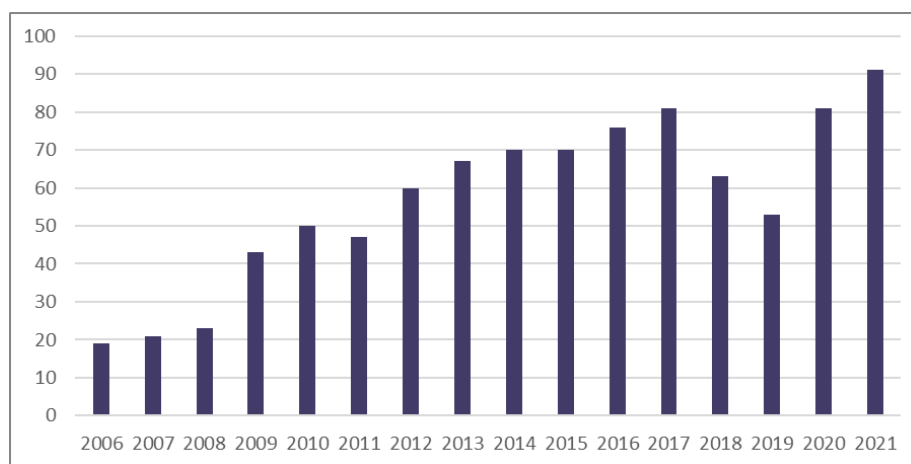


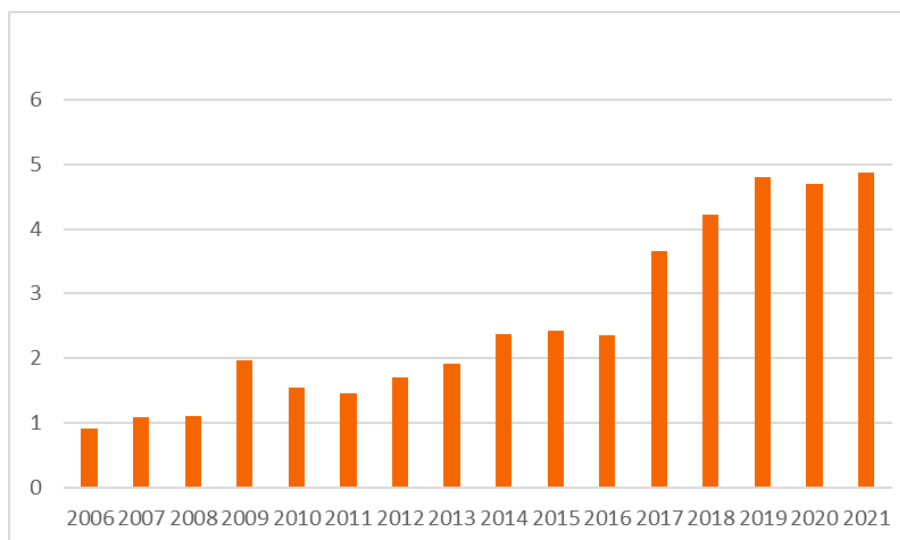
Figura 7. Evolució del nombre de publicacions del CTTC al període 2001-2021.

Per tal de reflectir l'evolució positiva del nombre d'articles indexats ens referim a la (b)

Figura 8, on s'indica tant el nombre total dels articles indexats per any (a), com la mitjana de l'índex d'impacte (b). L'índex d'impacte està calculat d'acord al valor de l'índex d'impacte dels articles de revista categoritzats com a "ISI journal" per WOS (Web of Science).



(a)



(b)

Figura 8. a) Nombre d'articles indexats, b) Mitjana de l'Índex d'impacte

Finalment, la Figura 9 descriu la distribució per divisió d'investigació, dels articles publicats al 2021 en revistes de la base de dades ISI.

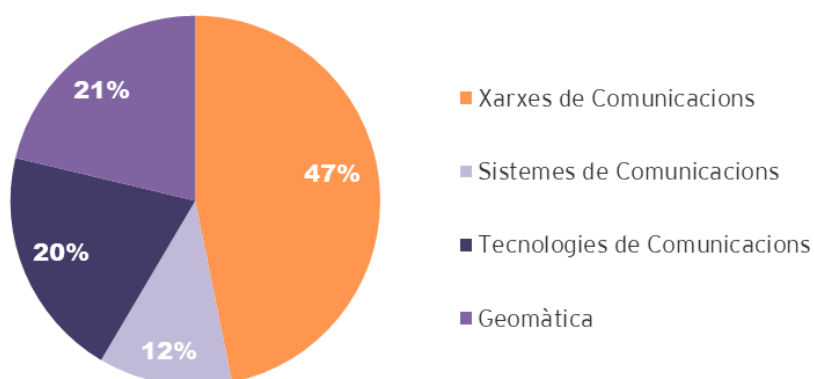


Figura 9. Distribució per Divisió de Recerca, dels articles publicats en revistes al 2021.

2.4 Política de publicació en accés obert i estadístiques

El CTTC ha continuat implementant la seva política i protocol intern per proporcionar accés obert a tots els seus articles en revistes i conferències científiques a través del repositori ZENODO. El repositori ZENODO és un dipòsit de dades que compleix les polítiques d'accés obert d'Horitzó 2020 i la Llei de la Ciència, la Tecnologia i la Innovació (article 37). El 2013, el projecte OpenAire va crear un repositori anomenat ZENODO recolzat per la Comissió Europea per a poder publicar allà tots aquests resultats de recerca.

Les publicacions carregades al ZENODO després són recollides automàticament pels repositoris OpenAire i RECOLECTA, d'acord als mandats dels programes europeus (H2020, Horizon Europe, ...) i Llei de la Ciència, la Tecnologia i la Innovació.

El protocol intern del CTTC es basa en la càrrega de les publicacions dels mateixos investigadors en el backoffice intern del CTTC. El personal administratiu entrenat s'encarrega de revisar les polítiques de l'editor

sobre els embargaments i l'accés obert per garantir que aquestes es compleixen en el moment que es facin públiques a través de ZENODO. Les polítiques d'accés obert dels principals editors es poden consultar al SHERPA/ROMEO i a DULCINEA.

Actualment, el CTTC ofereix aquest servei per a totes les publicacions d'articles i conferències generades pels investigadors durant al llarg de l'any. Si qualsevol investigador també està interessat a pujar documents d'informes, dades de recerca o programari, també és possible, però fins ara això es deixa com un servei opcional, que els investigadors fan servir en funció de les seves estratègies de recerca.

Com als anys anteriors, totes les publicacions científiques especificades anteriorment que han estat publicades al 2021, s'han introduït al repositori ZENODO, d'acord a les respectives polítiques d'accés obert.

2.5 Formació Pre-doctoral

Des de la seva creació el CTTC ha impulsat la formació de personal investigador apostant per la formació pre-doctoral ja sigui amb un programa de beques propi com a partir de finançament extern, donant suport als candidats a identificar la temàtica de recerca, les possibilitats de finançament i així com proporcionar recursos propis de personal (com a directors de tesis) i infraestructures experimentals per a que els estudiants de doctorat del CTTC puguin desenvolupar la seva activitat formativa investigadora amb màximes garanties d'independència i excel·lència.

Tot i que inicialment el CTTC finançava una mitjana de dos programes de doctorat anuals, el programa de beques pròpies va deixar d'estar vigent a partir de l'any 2011. Essent un dels motius principals els efectes de la crisi del 2008, així com canvis posteriors a la legislació i normatives de finançament de beques.

Durant el 2021, el CTTC va presentar una nova proposta d'ajudes al Patronat per tal de facilitar i maximitzar l'èxit en l'atorgació de beques externes de doctorat a potencials candidats de demostrada excel·lència, proporcionant un ajut econòmic que els permeti treballar al CTTC en un entorn d'investigació punter i personal expert, mentre preparen i apliquen a una beca oficial que els permeti eventualment finançar el seu doctorat. La proposta de finançament d'aquestes beques pont, anomenades "CTTC TRANSITIONAL PREDOC GRANTS" va ser aprovada pel Patronat al 2021, i convocada al 2022. Aquest nou programa incentiva especialment la participació de candidates femenines i grups amb representació minoritària.

A banda del suport econòmic el programa de formació intern ha evolucionat per tal de millorar contínuament la qualitat de la supervisió, les condicions dels estudiants, tenint en compte la diversitat cultural i de procedència dels estudiants i donant-los suport des de RRHH i la Direcció de Relacions Institucionals amb els tràmits administratius. Aquestes tasques de millora i evolució del programa de formació pre-doctoral s'integren dintre del programa d'actuació del HRS4R.

El programa de doctorat del CTTC està definit al document "PhD program regulation" [PHD12], disponible per a tots els estudiants i que es va actualitzant amb periodicitat anual. En aquest document es defineixen: l'objectiu del programa, el procés d'admissió, la seva durada, les condicions salarials i contractuals, el procés de seguiment intern, els drets i les obligacions dels estudiants i del CTTC, el programa de mobilitat.

La Figura 10 descriu la evolució temporal de diferents indicadors del programa de doctorat, com ara el nombre de nous estudiants de doctorat admesos anualment al CTTC, el nombre de tesis doctorals defensades cada any, així com el nombre de treballs finals de grau i tesis de màster defensades que han estat dirigides o codirigides per investigadors del CTTC. També es mostra el programa de mobilitat, tant en la modalitat d'acollida o "Incoming" com la de realització d'estades científiques a altres institucions "Outgoing". Els visitants que s'acullen al programa de mobilitat inclouen tant estudiants pre-doctorals com investigadors post-doctorals o amb una trajectòria professional més madura. El programa de mobilitat "Outgoing" ha estat històricament més concentrat en la mobilitats pre-doctoral o dels investigadors en les seves etapes inicials de la seva carrera professional "Early Stage Researchers".

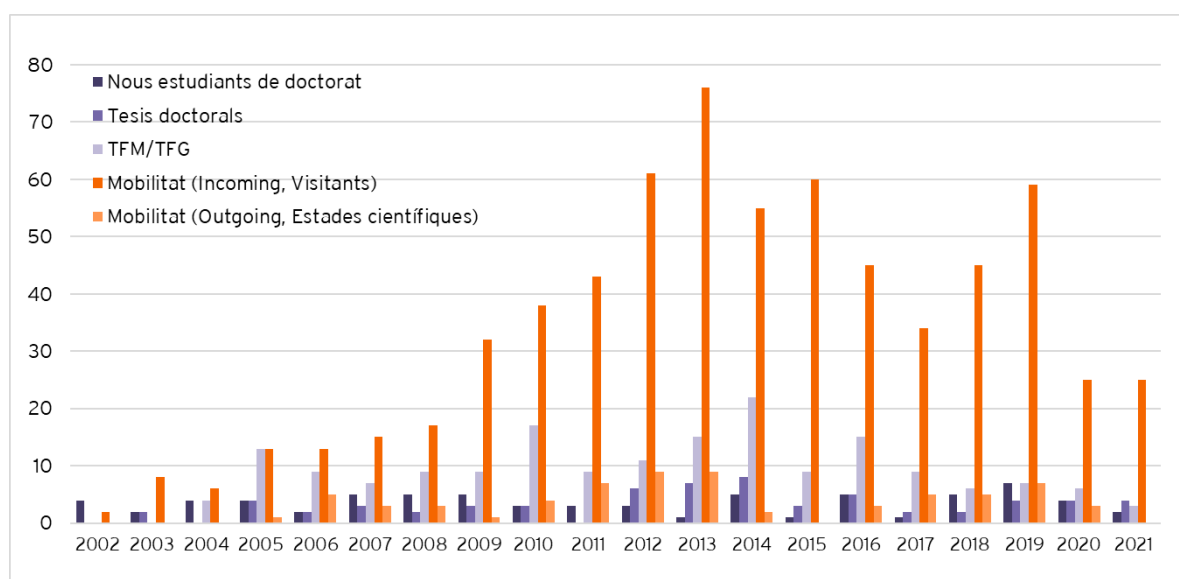


Figura 10. Històric anual de l'evolució del programa de formació predoctoral i mobilitat.

Destaquem les tesis doctorals defensades durant l'any 2021:

- J. Baranda, "End-to-End Network Service Orchestration in Heterogeneous Domains for Next-generation Mobile Networks", novembre 2021.
- F. Locatelli, "Study and Application of Spectral Monitoring Techniques for Optical Network Optimization", novembre 2021.
- A. Mahajan, "Machine Learning Assisted QoT Estimation for Optical networks Optimization", Setembre 2021.
- M. E. Parés, "A Geodetic Approach to Precise, Accurate, Available and Reliable Navigation", gener 2021.

Per tal de reflectir les fonts de finançament més significatives del programa de formació pre-doctoral, la Taula 8 especifica la distribució actual del finançament d'acord a programes europeus, estatals o autonòmics, indicant el tipus, projecte i volum de finançament obtingut per a l'any 2021.

Taula 8. Fonts de finançament del programa pre-doctoral.

Projecte	Finançament
Total administració europea (MSCA)	289.207 €
ITN 5G STEP-FWD project	56.938 €
ITN ONFIRE project	51.156 €
ITN WINDMILL	91.000 €
ITN SEMANTIC	90.113 €
Total administració espanyola	81.658 €
5GREFINE	21.367 €
DEMOS	21.310 €
AURORAS	22.338 €
ARISTIDES	16.642 €
Total administració catalana	41.324 €
AGAUR	41.324 €

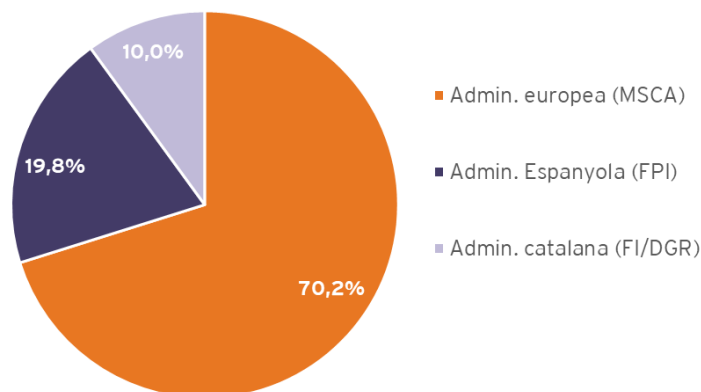


Figura 11. Distribució del finançament segons l'àmbit geogràfic de l'ens finançador.

A l'annex C es recull l'històric de les tesis defensades anualment.

2.6 Actius d'IPR vigents

El CTTC gestiona 26 famílies de patents que han estat tramitades des de l'inici de l'activitat industrial del CTTC i, tanmateix, concedides en diferents països d'Europa, a USA, Japó, Hong Kong i Xina.

De les 26 famílies de patents, 6 segueixen vigents i es reporten en la subsecció de patents. D'aquestes famílies de patents vigents, la següent subsecció reporta les concessions. Finalment es presenten les marques registrades.

2.6.1 Patents vigents

- P. Henarejos, A. I. Pérez-Neira. Method and System for providing diversity in polarization of antennas, PCT/EP2014/051801. Número de publicació internacional: WO 2015/113603 A1. Ref. Interna: [23_PA2014] [P17]
- M.E. Parés, D. Calero, E. Fernández. Improved Surveying Pole, PCT/EP2015/081433. Número de publicació internacional: WO 2017/114577. Ref. Interna: [28_PA2015] [P21]
- J. Rubio, A.I. Pérez Neira, M.A. Lagunas. Delta-sigma converter with PM/FM non-linear loop. PCT/EP2016/068402. Número de publicació internacional: WO 2018/024316. Ref. Interna: [29_PA2016] [P23]
- X. Mestre, S. Pfletschinger, M. Majoral. Method for equalizing filter bank multicarrier (FBMC) modulations. EP 13159897.1. Número de publicació: 2782304. Ref. Interna: [20_PA2013] [P24].
- M. Crosetto, O. Monserrat. A method for monitoring terrain and man-made feature displacements using ground-based synthetic aperture radar (GBSAR) data. EP 11382216. Número de publicació 2413158. Ref. Interna: [25_PA2010] [P25]
- R. Vilalta, R. Muñoz, R. Casellas, R. Martínez. Method and System for Cloud-Native Applications based Network Operations. EP 19 382 906 Ref. Interna: [IIDF 2019_1] [P27]

Els corresponents resums d'aquestes patents ja publicades a la [WIPO \(World Intellectual Property Office\)](https://www.wipo.int), es poden trobar a l'Annex D del present document.

2.6.2 Concessió de patents

A continuació es llisten les patents vigents concedides en diferents països:

- M. Crosetto, O. Monserrat, A METHOD FOR MONITORING TERRAIN AND MAN-MADE FEATURE DISPLACEMENTS USING GROUND-BASED SYNTHETIC APERTURE RADAR (GBSAR) DATA. EP 2413158 (Alemanya, Itàlia), ES2355340.
- X. Mestre, S. Pfletschinger, M. Majoral, METHOD FOR EQUALIZING FILTERBANK MULTICARRIER (FBMC) MODULATIONS. USA 8.929.495, EP 2782304 (Alemanya, Espanya, França, Regne Unit).
- P. Henarejos, A. I. Pérez-Neira, METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING DIVERSITY IN POLARIZATION OF ANTENNAS EP3100371 (Alemanya, Espanya, França, Regne Unit).
- M. E. Parés, D. Calero, E. Fernández, IMPROVED SURVEYING POLE. EP3397923 (Alemanya, Espanya, França, Regne Unit, Irlanda, Itàlia, Suècia i Suïssa), CN108700416, US 10704902
- J. Rubio, A.I. Pérez Neira, M.A. Lagunas. DELTA-SIGMA CONVERTER WITH PM/FM NON-LINEAR LOOP. EP3494640.

Taula 9. Llistat de Patents concedides

Referència	Títol	Data de prioritat	Número de publicació	Núm. nacional
[20_PA2013]	METHOD FOR EQUALIZING FILTERBANK MULTICARRIER (FBMC) MODULATIONS	19/03/2013	2782304	EP2782304:DE,ES,FR,UK US8,929,495
[23_PA2014]	METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING DIVERSITY IN POLARIZATION OF ANTENNAS	30/01/2014	WO2015/113603	EP3100371:DE,ES,FR,UK
[25_PA2010]	A METHOD FOR MONITORING TERRAIN AND MAN-MADE FEATURE DISPLACEMENTS USING GROUND-BASED SYNTHETIC APERTURE RADAR (GBSAR) DATA	26/07/2010	2413158	EP2413158:DE,IT
[28_PA2015]	IMPROVED SURVEYING POLE	30/12/2015	WO2017/114577	EP3397923: FR, DE, IE, IT, ES, SE, CH, UK US10704902 CN108700416B
[29_PA2016]	DELTA SIGMA CONVERTER WITH PM/FM NON-LINEAR LOOP	02/08/2016	WO2018/024316	EP3494640
[IIDF 2019_1]	METHOD AND SYSTEM FOR CLOUD-NATIVE APPLICATIONS-BASED NETWORK OPERATIONS	16/10/2019	EP 19 382 906	

2.6.3 Marques

Les marques i programaris registrats es detallen a la Taula 10 i Taula 11, respectivament.

Taula 10 Registre del total de Marques aprovades

Referència	Títol	Data de concessió	Núm. de registre	Base de dades Global Brand Database
[01_TM2003]	CTTC	13/04/2005 14/03/2011	003462538008 161705	EUIPO EUIPO
[02_TM2007]	ADRENALINE TestBed	09/02/2007	M2720065	OEPM
[03_TM2007]	EXTREME TestBed	09/02/2007	M2720067	OEPM
[04_TM2007]	GEDOMIS	08/02/2007	M2720061	OEPM
[05_TM2015]	GEMMA NAVIGATION	21/05/2015	013710223	EUIPO
[06_TM2015]	GESTALT	13/07/2015	M3554104	OEPM

[07_TM2015]	GNSS-SDR	04/03/2015	M3532706	OEPM
[08_TM2016]	IoTWorld	10/08/2016	M3605133	OEPM
[09_TM2016]	CASTLE PLATFORM	09/04/2016	M3609849	OEPM
[10_TM2021]	CTTC	07/12/2021	018524085	EUIPO

Taula 11 Registre de Programari/ SW registrat

Referència	Títol	Data de concessió	Registre Copyright	Número
[01_SW]	SOFTWARE BEMIMOMAX	01.06.2012	US	TXu1-813-759
[02_PSIG]	Geokinesia PSIG	21.10.2020	Notarial Act	2611
[03_SW]	GNSS-SDR	01.10.2011	GPL v3	v0.0.10

2.7 Pla de creació de spin-offs

El CTTC, des de la seva fundació, ha estat involucrat en la creació d'un seguit de startups nascudes tant de la pròpia institució com de persones vinculades al CTTC. Ara bé, com ja s'havia reportat en anteriors memòries, aquestes iniciatives, recollides en les startups, no ens han portat a generar possibles ingressos a futur per al Centre, ja que, en la majoria d'elles, no hi participava directament el centre com a soci. Un cas especial és el de l'empresa CTTC-HK Limited a Hong Kong, que es va crear per obtenir negoci del mercat asiàtic, i que sempre ha estat propietat 100% del CTTC. Ha funcionat fins al 2017, quan fou tancada seguint els acords adoptats pel Patronat.

Durant l'any 2020, vam tenir un cas d'èxit amb la constitució de la Spin-off Geokinesia, S.L., aprovada en sessió extraordinària del Patronat de data 22 de juliol del 2020 i participada pel CTTC en un 15%. L'escriptura de constitució de l'empresa GeoKinesia es va fer uns dies després amb data de 31 de juliol de 2020.

Geokinesia, S.L. ha estat generada en el marc del programa "The Collider" de la Fundació Barcelona Mobile World Capital. The Collider és un programa pioner d'innovació i transferència de tecnologia que intenta tancar la bretxa entre la ciència i el mercat per crear spin offs basades en tecnologia disruptiva. És una iniciativa de la Fundació Mobile World Capital promoguda pel Ministeri d'Economia i Empresa, la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona, Fira de Barcelona i GSMA. La Fundació Mobile World Capital també compta amb el suport d'empreses privades que contribueixen al desenvolupament de l'ecosistema digital de Barcelona.

"The Collider Awards" es crea amb l'objectiu de distingir aquells investigadors que formen part de grups d'investigació adherits a institucions de recerca, incloent universitats, centres de recerca i centres tecnològics de l'àmbit estatal, que, fruit de la seva recerca, han obtingut uns resultats orientats a poder ser explotats comercialment i donar resposta als reptes industrials proposats ("salut i benestar", "mobilitat", "indústria i energia"). A través del programa The Collider es busca connectar el talent científic amb el talent emprenedor per tal de crear companyies de base científica (del terme anglès "spin-offs"), altament innovadores, que transformin els resultats de la investigació científica procedent de les universitats i centres de recerca en productes o serveis comercialitzables.

El CTTC va presentar a la convocatòria The Collider 2019 la seva tecnologia iPOLE, realitzada per la investigadora Eulàlia Parés. El 3 d'abril del 2020 el CTTC va presentar el projecte d'empresa anomenat GeoKinesia, que va estar avaluat obtenint l'aprovació i el suport del programa The Collider. Amb data del 7 d'agost de 2020 el CTTC i GeoKinesia va signar un contracte de transferència de tecnologia pel qual es llicencien les tecnologies iPOLE, Active Reflector-DinSAR i PSIG (programari registrat pel CTTC i llistat en la

secció anterior) a canvi d'una contraprestació en forma de regalies definides per trams i que decreixen del 10 % al 5 % a mesura que les ventes de GeoKinesia augmenten.

En aquest 2021, l'empresa ha generat uns ingressos d'aproximadament 80.000 € i ha aconseguit el seu primer gran contracte de llarga durada amb l'empresa internacional de mineria BHP (Antamina). També s'han identificat més oportunitats amb el Grup BHP en tres mines més. També durant aquest 2021, s'ha establert una col·laboració amb l'empresa Groundprobe (líder mundial en geotècnica i fabricació de radars terrestres) per tal que GeoKinesia proporcioni serveis InSAR com a complement al seus productes terrestres. Aquesta col·laboració s'ha establert en tres fases: demostració de la tecnologia InSAR en 3-4 pilots durant els primers 6 mesos, provisió de serveis InSAR a nivell comercial en els següents 2-3 anys i, per acabar, es contempla una possible inversió de Groundprobe en GeoKinesia. De cara al 2022, el principal objectiu és dur a terme la col·laboració amb Groundprobe, establir-ne de noves i pel que fa al desenvolupament de productes, els plans de GeoKinesia són desenvolupar una nova plataforma de predicció en el marc del projecte Prometeo i dur a terme millores en l'automatització de les tasques de processat del sistema InSAR. També es durà a terme el llançament del servei online EU-GMS que permetrà realitzar avaluacions sobre el seu potencial mercat.

El pla de creació de Spin-offs és fruit de la coordinació dels procediments del sistema de gestió de la R+D+i del propi centre i la combinació amb els mecanismes ja existents i disponibles tant en l'àmbit públic, per part del programa de la Indústria del Coneixement (IdC), com el privat, en convocatòries fetes per les empreses, i en el "Reglament de Creació de Spin-offs i start-ups del CTTC" que s'adjunta [SP17] i que va ser presentat i aprovat en la Sessió Extraordinària del Patronat del CTTC de data 05 d'abril del 2019.

2.8 Declaracions d'invençions/innovacions

D'acord amb els nous indicadors proposats l'any 2021 per al seguiment de les activitats a través de les quals el CTTC fomenta la transferència de tecnologia i coneixement, en aquesta secció s'especifica l'evolució de les declaracions d'invenció/innovació presentades al 2021.

Recordem que aquests indicadors (indicadors 9, 10 i 11) s'inspiren en les declaracions d'Invençions/Innovacions enfocats en les pràctiques recomanades per la WIPO que es fonamenten en la declaració interna de la invenció i/o innovació com a primer pas de definició d'un actiu tangible i la identificació dels seus autors. Aquest procediment intern es va iniciar a finals del 2017 per iniciativa pròpia de la Direcció per tal d'incrementar els esforços continuats necessaris per obtenir els ingressos per a l'explotació de propietat industrial, i d'acord amb els procediments de treball dins el sistema de gestió de la R + D + i del CTTC segons la norma UNE 166002: 2014 i de la IP Policy i Reglament de spin-off.

Els indicadors 9, 10 i 11, es detallen a la secció 4.

La introducció d'aquests nous indicadors dins els procediments de treball habituals dels investigadors en la gestió de la R+D+i del CTTC, ens ajuden de forma natural a la consecució dels mateixos.

Durant el 2021 la relació d'invençions i innovacions ha incrementat en una declaració addicional. La relació d'invençions i Innovacions a data finals del 2021 inclou els següents actius:

- @iPole liderat per Dr. Eulàlia Parés
- @avemedia liderat per Dr. Josep Maria Fabrega
- @GLIGHT liderat per Dr. Carles Fernández
- @SaC liderat per Dr. Eulàlia Parés
- @Equalization of time-varying channels in OFDM systems liderat per Dr. Xavier Mestre
- @Simplified Equalization of OFDM Wave forms with Insufficient Cyclic Prefix liderat per Dr. David Gregoratti
- @C-AQM: A Crowdsourced Air Quality Monitoring System liderat per Dr. Eulàlia Parés
- @microSDNcontrol liderat per Dr. Ricard Vilalta
- @Flexiband RF software driver liderat per Dr. Javier Arribas

- @IP cores for GNSS signalgeneration liderat per Dr. Carles Fernández
- @IP cores for embedded GNSS-SDR liderat per Dr. Carles Fernández
- @Hardware platform for GNSS-SDR liderat per Dr. Carles Fernández
- @TIMON - Sensor Fusion Position liderat per Dr. Mònica Navarro
- @PSIG Software liderat per Dr. Michele Crosetto
- @Active Reflector liderat per Dr. Michele Crosetto
- @ATRIA liderat per Dr. Miguel Ángel Vázquez

Durant l'any 2021 hem tingut la següent declaració d'invenció:

- ATRIA

2.8.1 Participació en programa GINJOL

El CTTC participa com a soci al Fons de Patents GINJOL del CERCA. Això dona l'oportunitat de presentar-se a les convocatòries competitives que s'obren per a projectes d'innovació. Un cop seleccionats i avaluats els projectes, s'obté la inversió del Fons de Patents GINJOL, en particular per finançar despeses de propietat industrial. La inversió rebuda s'ha de tornar amb certes condicions quan hi hagi un retorn, segons les dades del pla d'explotació presentat en el projecte d'innovació. Durant l'any 2021 es va presentar, a la 8ena edició del programa de Fons de Patents Gínjol, el projecte d'invenció/innovació "microSDNcontrol", el qual va resultar seleccionat per a l'atorgament de finançament.

2.8.2 Protecció d'Invencions Innovacions

Fruit de les activitats de recerca, invenció, i innovació se n'ha derivat la protecció més adequada, segons l'esquema abaix inclòs, el qual ha estat presentat en el darrer Comitè Científic del CTTC de data 4 de desembre del 2019. Com s'observa a l'esquema, el formulari és el primer pas per a que els investigadors declari la propietat de la innovació de la invenció. Una vegada aprovada la declaració pel consell de direcció del CTTC, es passa a l'Agent de Serveis IP per a una avaluació adequada (Anàlisi de Protecció d'IP).

Durant l'any 2019, en compliment de la Nova Llei 9/2017 de Contractes del Sector Públic, per la qual la contractació del "Servei d'Assessorament i gestió de la propietat industrial i intel·lectual (IP)" ha de ser adjudicada mitjançant procediment obert, es va procedir a dur a terme el conseqüent procediment de licitació per un període d'1 any + possible pròrroga d'1 any. L'òrgan de Contractació del CTTC competent, va resoldre adjudicar la contractació del servei esmentat a DESINF BUMERAN, S.L., des del 5 de setembre del 2019 fins al 4 de setembre del 2020, amb la possibilitat de pròrroga d'1 any. Aquesta pròrroga s'ha fet efectiva i, per tant, l'adjudicació de la contractació del "Servei d'Assessorament i gestió de propietat industrial i intel·lectual (IP)" és realitzat per DESINF BUMERAN, S.L.

Un cop entès i avaluat correctament el procés, es rebutja o s'aprova fer un estudi següent sobre la patentabilitat (Estudi de patentabilitat), el registre de marques (registre de marca) o el registre de programari (Registre de programa) o fins i tot considerar-lo com un secret industrial. Per a totes les opcions, el procés s'atura en aquest punt excepte la patent. En aquest cas, l'agent de serveis IP rep el mandat de redactar la memòria de la patent en estreta col·laboració amb els investigadors del CTTC.

El procés d'avaluació continuada de tots els expedients, per part de l'Agent de Serveis IP, ajuda a prendre les decisions sobre la conveniència o no de mantenir-los vigents. El procés de valorització d'actius d'IPR del CTTC/CERCA té com a objectiu realitzar les avaluacions tècniques necessàries, tant des del punt de vista del negoci, com aspectes legals, anàlisi de reivindicacions, prior art, llibertat d'operació (freedom to operate), etc., que són fonamentals en la presa de decisió relatives al manteniment o no dels actius d'IPR i al rendiment econòmic que pugui obtenir-se d'aquests; així com a la conveniència o no d'ampliar nous actius d'IP. El treball de valoració inclou la metodologia, la política d'inversió més recomanable. L'avaluació del seu valor i possibilitats de retorn econòmic, incorpora les oportunes recomanacions ben objectivades i evidenciades.

2.9 HRS4R

L'octubre 2013 el CTTC es va adherir a la "Carta Europea de l'investigador" i al "Codi de conducta per a la contractació d'investigadors". Durant l'any 2014, es va dur a terme l'anàlisi interna prèvia a la sol·licitud de l'Award in Human Resources Excellence in Research. Aquesta anàlisi interna va ser realitzada per un grup de treball amb representants de les diferents categories professionals del CTTC (investigadors/es, investigadors/es sènior, estudiants de doctorat i membres de la direcció). En la composició del grup, es va vetllar per mantenir la igualtat de gènere. A l'informe resultant, es va analitzar si el CTTC complia els 40 principis de la "Carta Europea de l'investigador" i del "Codi de conducta per a la contractació d'investigadors" i va ser finalment aprovat pel Comitè de Direcció amb data de 13 d'octubre de 2014. Amb els resultats d'aquesta anàlisi interna, es va preparar un pla d'acció i es va sol·licitar l'Award in Human Resources Excellence in Research que va ser concedit el 19 de novembre de 2015 (veure <https://www.cttc.cat/talent/hrs4r/>).

Durant l'any 2016 es va posar en marxa la implementació del pla d'acció proposat i aprovat.

L'any 2017 es va continuar amb la implementació del pla d'acció i es va iniciar la preparació de l'auditoria interna, que s'havia de realitzar després dels primers dos anys del procés d'implementació de l'HRS4R.

Els resultats de l'auditoria interna conjuntament amb el Pla d'Acció actualitzat i l'autoavaluació en matèria de contractació dels investigadors, un cop aprovats pel Comitè de Direcció amb data 29 de gener de 2018, s'han publicat a la [pàgina web del CTTC](#) i es van presentar a l'EC al gener de 2018. D'acord amb la fase de revisió interna de l'HRS4R, després d'aquest pas, tres revisors externs han avaluat la documentació presentada i finalment a l'agost de 2018 vam rebre un report de l'EC amb els resultats d'aquesta avaluació i la recomanació final, evidenciant que l'organització, en la seva major part, avança amb accions adequades i de qualitat, tal com es descriu en el Pla d'Acció i que està compromesa en la implementació de la C & C i en el procés de seguiment. Els revisors han considerat que el pla d'acció es ambiciós i per això han recomanat prioritzar les accions i revisar el sistema d'indicadors per al seu seguiment. A partir d'aquí i d'acord amb el feedback rebut ha començat una fase d'implementació de tres anys, que finalitzarà amb l'auditoria externa per part de l'EC.

Per això, tant al 2019 i 2020, com aquest any 2021 (darrer any de la fase d'implementació de 3 anys del Pla d'Acció HRS4R), s'ha seguit implementant les accions (i s'ha estat reflexionant per a la renovació del Pla per a la pròxima fase) en relació als punts dels quatre paquets de treball del pla actualitzat, en línia amb les quatre temàtiques principals de la "Carta Europea de l'investigador" i el "Codi de conducta per a la contractació d'investigadors": i) aspectes ètics i professionals, ii) contractació, iii) condicions laborals i seguretat social, iv) formació.

Entre les accions més representatives d'aquests paquets de treball destaquem:

Actualització anual de les polítiques de productivitat, en matèria de difusió i explotació de resultats i altres aspectes; bones pràctiques (Codi de Conducta). Documents informatius que es distribueixen al personal. Cada any avaluem el personal de recerca i d'administració en funció de la seva productivitat. Cada any es revisa el procediment per a millorar el procés i actualitzar els criteris d'avaluació, basats en els objectius estratègics de la institució. El CTTC està implementant una política d'accés obert per a la divulgació dels resultats de la recerca, d'acord amb les recomanacions de l'H2020 i les agències de finançament nacionals. Totes les publicacions del CTTC es posen al repositori d'accés obert europeu, tenint en compte, per a cada document, les indicacions i limitacions específiques de l'editor relacionat. Des de l'any 2019 s'ha adherit y penjat a la web del CTTC (transparència: <http://www.cttc.es/transparency/>) el Codi de Conducta dels centres CERCA, que està al·linit amb el Codi europeu de conducta per a la integritat en la recerca (https://www.cttc.cat/wp-content/uploads/2022/02/Codi-de-conducta-CERCA_nov2018.pdf).

Introducció de millores en el procés d'avaluació i de selecció de personal i reforçament de l'equilibri de gènere: Entre els procediments dels Sistemes de Gestió de la I+D del CTTC, revisats periòdicament i auditats anualment (certificació AENOR de la norma de qualitat UNE 166002) cal esmentar que hi ha un procediment que tracta específicament aspectes de selecció i de contractació (i també de desenvolupament de la carrera professional del col·lectiu d'investigadors) on es van incloure actualitzacions per a millorar el procés d'avaluació i selecció, i reforçar i promoure l'equilibri de gènere, segons el Pla d'Acció HRS4R. En el pla actualitzat s'ha considerat com a prioritari el procediment de selecció del personal d'acord amb les línies guies de l'EC. A més, la pàgina web institucional s'actualitza contínuament per a donar publicitat de totes les places obertes i aspectes de

transparència. D'acord amb els requeriments de l'auditoria interna, es va realitzar una autoavaluació sobre el sistema de contractació dels investigadors a través d'una eina (checklist) de l'EC per a la contractació oberta transparent i basada en el mèrit (OTM-R) i a partir d'aquesta avaluació, durant el 2019 s'ha redactat i implantat un nou procediment per a la contractació basat en els principis OTM-R. Durant el 2020, s'ha treballat a l'actualització i millora d'aquest document incloent a l'abril 2020 un document con uns aclariments i elaborant una nova versió més completa (que entrarà en vigor al 2021) complementat per un mapa de procés i un formulari de sol·licitud contractació per a agilitzar i millorar el procediment. També, s'ha penjat a la web del CTTC (transparència: <http://www.cttc.es/transparency/>) el document definint les Categories Professionals al CTTC d'acord amb la classificació R1, R2, R3, R4. Al desembre 2020 també s'ha organitzat una formació en Recruitment (Avaluació de competències clau en el procés de selecció dins l'àmbit científic). Durant el 2021, s'ha seguit treballant a la millora del procediment de selecció per a la contractació de personal científic fins a la definició d'un mapa de procés i un formulari de sol·licitud d'incorporació de personal que està en vigor des del Febrer 2021 amb l'aprovació de Direcció i del que s'ha fet difusió a tot el CTTC. Al juliol 2021 ha entrat en vigor una nova versió incloent mes pautes d'acord amb l'HRS4R aprovada per a Direcció i el Patronat (juny 2021). Finalment al novembre i desembre 2021 s'ha treballat a una nova versió actualitzada d'acord amb la remodelació del CTTC en Research Units amb la nova Direcció, incloent també més detall per a diferenciar places interines i permanents de les temporals. S'ha utilitzat sempre com a referència per les millores (i en particular en ocasió de la renovació del Pla d'Acció HRS4R) el checklist de l'EC com eina de OTM-R i també les pautes indicades en la documentació facilitada entre el material EURAXESS.

Normativa i formació en seguretat i salut i millores en l'entorn laboral: La informació sobre normes de seguretat i salut en l'entorn laboral està disponible per al personal en la carpeta pública interna i s'ofereixen cursos a tot el personal. Durant l'any 2019, es van oferir dos cursos: un curs sobre comunicació per a caps de grups (caps de Divisió, de Departaments i membres del Comitè de Direcció), incloent també el grup de treball del HRS4R, i també un curs sobre treball en equip per a totes les persones responsables de projectes. L'any 2020 s'ha vist afectat per la emergència sanitària deguda a la COVID-19 per tant s'ha elaborat un Pla de contingències amb un comitè de seguretat i salut encarregat de guiar les accions específiques en funció de les fases en les que es trobava la pandèmia. La comunicació al personal ha estat continuada per vetllar per la prevenció i seguretat laboral. També s'han ofert i realitzat cursos per a millorar el benestar en el àmbit laboral (curs d'assertivitat i de integral wellbeing). A l'any 2021, també s'ha mantingut i actualitzat el Pla de contingències per la emergència sanitària i a més a més s'ha implementat un Pla de Retribució Flexible a través d'una plataforma (després d'elaborar una enquesta al personal per conèixer els productes que son del seu interès). També s'ha treballat en millora dels edificis, les sales, i també la incorporació d'una sala de lactància, per a crear un ambient laboral més confortable e inclusiu per a totes les persones.

Polítiques de conciliació familiar i professional: Al CTTC a part de les polítiques de retribució flexible per al personal, s'han desenvolupat polítiques de conciliació familiar i professional. Inicialment la direcció ha analitzat un extens document elaborat per Gerència i Recursos Humans sobre totes les millores que es podrien fer, per tal de facilitar la conciliació familiar i professional. Una enquesta anual sobre la satisfacció del personal va revelar que la millora més atractiva per al col·lectiu dels empleats seria una extensió del teletreball. Per aquest motiu, l'extensió d'aquest programa va ser aprovada i activada abans de l'estiu del 2017 i s'ha seguit desenvolupant durant el 2018 i 2019. Per la situació de la COVID-19, durant el 2020 s'han aplicat mesures especials, definides en el Pla de contingències desenvolupat pel Comitè de Seguretat i Salut. També s'ha posat en marxa un sistema de registre de la jornada laboral (plataforma Woffu), s'ha fet difusió del manual i ha sigut una eina que ha ajudat a gestionar i conèixer les diferents casuístiques i necessitats del personal des del inici del confinament. Al 2021 s'ha seguit amb aquesta eina millorant-la i adaptant-la oportunament així com les mesures relacionades i actualitzades amb la situació i per a la millora de la conciliació. El registre de la jornada laboral ha esdevingut una eina de flexibilització més que no pas una de control ja que ha permès flexibilitzar l'horari laboral d'entrada i sortida, atendre situacions familiars imprevistes i complementar la jornada durant el mes. En cas d'excés de jornada durant el mes es pot sol·licitar el traspàs d'hores a una borsa d'hores addicionals.

Procediments relacionats amb l'acollida d'investigadors i investigadores visitants: El 2017 es van desenvolupar més polítiques i procediments interns per a l'acollida d'aquest col·lectiu i també d'estudiants de grau i postgrau en totes les etapes de la seva carrera professional. A més, es van desenvolupar normatives i procediments sobre estudiants de grau i de postgrau. En concret, es va treballar més en la regulació d'admissió per a

estudiants d'universitats externes, definint acords de col·laboració específics amb les seves universitats d'origen que protegeixen tant el CTTC com l'estudiant en diferents aspectes, com la cobertura d'assegurances, la supervisió, disponibilitat de recursos d'infraestructura del CTTC, etc. Donada la bona experiència, s'ha seguit amb aquestes polítiques també al anys següents. Cal esmentar que a partir del 2020, degut a la emergència sanitària, l'acollida i la mobilitat dels investigadors s'ha vist afectada. S'ha creat un grup de Teams "Accommodation" per tal de facilitar la recerca d'allotjament al staff del CTTC. Per tractar de millorar l'adaptació del personal investigador estranger, des de RRHH des del 2021, es gestiona el permís de treball i visat de les parelles que s'han casat a posteriori de la seva incorporació. Això permet que estiguin més arrelats i també que la seva parella vingui al país en condicions de poder treballar.

Finalment, per a la promoció de la Carta Europea i Codi per als Investigadors i el programa HRS4R, al 2019 s'ha participat a un seminari (primer d'una sèrie via web) sobre el tema: "Institutional support & HRS4R: How to involve and engage stakeholders and researchers in the process", organitzat com a part del projecte EURAXESS TOP IV, en col·laboració amb els Representants de la Comissió Europea a càrrec del procediment HRS4R. En el 2020, s'ha participat a la Infoday virtual sobre HRS4R organitzada per a la CE i es va fer difusió de enllaços i material en el grup de treball del HRS4R. Durant el 2021, com darrer any de la fase d'implementació de 3 anys del Pla d'Acció HRS4R, s'ha treballat en el marc del grup de treball del HRS4R a la actualització del Pla i al anàlisi interna (internal review) requerida per al segell de excel·lència en Recursos Humans de la Comissió Europea y així començar la següent fase de renovació, que aquesta vegada prevé també una visita per part de experts externs. S'ha requerit una extensió (fins febrer 2022) per poder incloure també la visió de la nova Direcció i les mesures actualitzades del Pla de Igualtat, que s'ha estat treballant durant el mateix període, i així dissenyar un nou Pla de 3 anys més complert, actualitzat i aprovat per la nova Direcció.

Com a l'any 2020, cal també esmentar uns esdeveniments durant el 2021 organitzat pel CTTC i en que el CTTC ha participat per a promoure i conscienciar sobre temes de gènere i diversitat.

Michela Svaluto Moreolo ha coorganitzat i moderat en el marc de conferències internacionals els següents workshops sobre aquestes temes:

- Workshop "The road towards a more diverse post-covid era: challenges and opportunities" 17th International Conference on the Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2021), 22 April 2021 (<https://www.youtube.com/watch?v=66116BKBs7I>)
- Workshop "Female talent in engineering and photonics: the way up" 25th International Conference on Optical Network Design and Modelling (ONDM 2021), 1 July 2021 (https://play.chalmers.se/playlist/dedicated/432147/0_k1fg80oq/0_4i305wq9)
- Michela Svaluto Moreolo ha participat com panelista en el ICASSP PROMotinG Diversity in Signal Processing (PROGRESS) workshop (PANEL-4: On Faculty Hiring II) moderat per Ana I. Pérez-Neira (<https://ieeeprogress.org/Event.asp?e=14>) amb una ponència invitada amb títol "Open Transparent and Merit-based Recruitment for Researchers in Europe: OTM-R in the framework of HRS4R".

També s'ha participat i s'ha fet difusió a tot el centre dels esdeveniments:

- Webinar: Políticas de género en instituciones científicas (<https://youtu.be/a7PvUzFOAaA>)
- 2nd Gender Equality Event of the SOMMa Research Centers of Excellence (<https://www.youtube.com/watch?v=SiMe9sS85UQ&authuser=0>)

2.9.1 Pla d'igualtat de gènere

L'objectiu del pla d'igualtat del CTTC (<https://www.cttc.cat/transparency/>) és obtenir una presència equilibrada d'homes i dones en la institució, millorar les polítiques laborals per afavorir la conciliació de la vida familiar i laboral, prevenir discriminació i violència de gènere, difondre entre el personal informació sobre la regulació vigent, proporcionar formació, fomentar l'accés just a llocs de treball i promocions. Les activitats i mesures que es proposen cobreixen àrees de treball com accés als llocs de treball, condicions laborals, promoció i formació, prevenció i actuació davant de l'assetjament, cultura, ús correcte del llenguatge i comunicació.

Per a implementar el primer Pla d'igualtat es va sol·licitar (i va ser concedit) al Ministeri de Sanitat, Serveis Socials i Igualtat un ajut en el marc de la convocatòria d'ajuts per als plans d'igualtat. Durant l'any 2016, es va començar a implementar el pla d'accions amb la realització d'un curs de sensibilització per a tots els càrrecs intermitjos, o la preparació d'un dossier de benvinguda (Gender Issue Toolkit) amb documentació interessant en matèria d'igualtat i tota la normativa aplicable. Com a resultat, per primera vegada una dona va ser nomenada cap de divisió (Dra. Mònica Navarro) i la baixa de l'administrador general del CTTC al novembre de 2016 va ser coberta per una dona també (Mercè Carrasco), així doncs cinc dels onze membres del Comitè de Direcció del CTTC van ser dones. Cal mencionar que durant el 2021, amb el canvi de Direcció, tenim per primera vegada una dona com a Directora i el Equip Directiu està format per 4 dones (incloent la Directora i l'Administradora General) i 3 homes.

Durant l'any 2019, s'ha continuat implementant el pla d'acció per a la igualtat, també en el marc del procés d'implementació del Pla d'Acció actualitzat de l'HRS4R. S'ha aprofitat l'auditoria interna per a reflexionar sobre aquests punts i per a dur a terme una autoavaluació d'aquests aspectes. A més, s'ha realitzat una nova anàlisi interna sobre la igualtat de gènere en el CTTC.

El 2019, el CTTC ha participat en les activitats prèvies del 5è Congrés de les Dones del Baix Llobregat "100% Feminista": <http://www.elbaixllobregat.cat/5congresdones>. En particular, s'ha participat en la redacció d'un [document en la Comissió de treball Dones Tech](#) sobre la presència de les dones en vocacions i ocupacions relacionades amb la ciència i la tecnologia.

Cal també destacar que durant el 2019, s'ha participat a una infoday sobre el Nou Reial Decret-Llei 6/2019 de mesures urgents per a la igualtat i a una jornada dedicada a la prevenció de violències masclistes organitzada per el CERCA, títol de la sessió "Prevenció de violències masclistes des d'una perspectiva interseccional".

Com al 2019, durant l'any 2020, s'ha continuat implementant el pla d'acció per a la igualtat, també en el marc del procés d'implementació del Pla d'Acció actualitzat de l'HRS4R. A més, en base a les noves direccions del RD, també s'ha començat a treballar i emprendre mesures per a la actualització del pla d'igualtat. També s'ha participat a varies jornades informatives sobre els nous RD (incloent 901/2020 i 902/2020) per a poder actualitzar correctament el pla, adherint a les noves mesures i direccions i s'han començat les accions per a constituir la comissió negociadora.

Al 2021, per tal de realitzar correctament l'adaptació del Pla d'Igualtat els nous RD 901 i 902/2020, s'ha començat constituït una comissió negociadora i signat una carta de compromís. S'han realitzat una sèrie d'accions adreçades a elaborar un diagnòstic de situació sobre l'equitat de gènere al CTTC, per a dissenyar el nou Pla d'acció. A través de varies reunions s'han acordat les mesures del Pla. També s'ha fet l'esforç d'alinear el Pla amb el programa HRS4R i els principis de la C&C, com també als nous requeriments en línia amb el Horizon Europe.

Finalment, com resultat de totes aquestes accions, s'ha registrat el Pla d'igualtat i s'ha constituït la comissió de seguiment.

En línia amb el compromís del CTTC en adoptar quantes mesures siguin necessàries per protegir la seguretat i salut del seu personal així com el dret de les persones a ser respectat/da, també cal esmentar que s'ha realitzat, s'ha fet difusió i s'ha posat a disposició de tot el personal el "Protocol del CTTC per a la prevenció i l'abordatge de l'assetjament sexual i assetjament per raó de sexe" actualitzat d'acord amb la nova normativa, d'igualtat efectiva de dones i homes, i d'altres relacionades amb la matèria. A banda del protocol també s'ha realitzat i distribuït un tríptic a mode de resum del protocol de prevenció i abordatge de l'assetjament per tal de destacar la informació més rellevant.

Amb respecte a les activitats de formació, en ocasió de la commemoració del 25 de novembre 2020, Dia internacional per a l'eliminació de la violència envers les dones, es va fer difusió del microcurs de conscienciació sobre les violències masclistes del I-CERCA "De les microagressions a l'assetjament. Les dones en la recerca científica", per a dotar al personal d'investigació d'eines suficients per a detectar aquest tipus de violència al lloc de treball. Noves edicions d'aquest curs es van a difondre també al 2021 per a maximitzar la participació i donar oportunitat a noves incorporacions del centre de tenir aquesta formació.

Altres activitats destacades al 2021 són la participació en jornades i sessions formatives:

- Michela Svaluto Moreolo al curs semi-presencial de 17 hores organitzat pel CERCA "Identificar i actuar davant les discriminacions de gènere i les violències de gènere en els centres de recerca".
- Mari Carmen Ciruela a les sessions dedicades a la "Adaptació dels plans de gènere dels centres CERCA als RD 901 i 902/2020", organitzades pel CERCA en el marc del Pacte contra la Violència de Gènere 2021, en el taller sobre protocols per prevenir i abordar les situacions d'assetjament sexual i per raó de sexe, en el taller sobre Plans d'Igualtat de PIMEC.

Al 2021, com activitat de sensibilització en matèria de gènere, en ocasió del dia internacional de la dona i la nena a la ciència (11 de febrer) es va demanar de votar aquelles científiques que havien inspirat en la carrera professional de les persones del centre i per a celebrar el dia de la dona (8 de març) es va compartir les persones que havien estat referenciades.

El dia 27 de novembre 2021, el CTTC va participar al acte virtual "Crit per les dones afganeses".

Finalment, cal mencionar que Michela Svaluto Moreolo va ser incorporada com membre de la Comissió de Gènere CERCA des del 16 de desembre de 2020.

2.9.2 Lliurament anual dades UNEIX a la SUR

UNEIX és el sistema d'informació per a Universitats i Recerca que recopila dades del sistema sota uns criteris homogenis per a generar indicadors. El repositori es va iniciar amb les dades de les universitats catalanes, ampliant, progressivament, la recollida també als centres de recerca del sistema CERCA.

Durant 2018 la institució, d'acord amb el mandat rebut pel Patronat, va realitzar la primera tramesa de la informació en els períodes esperats. Com a les anualitats anteriors, al 2021 s'ha treballat i entregat, dins del termini, la informació de la tramesa.

Cal destacar que el programa d'implementació de l'eina professional de gestió producció científica ha d'ajudar a un lliurament més eficient d'aquestes dades.

3. OBJECTIUS ESTRATÈGICS ESPECÍFICS DEL CTTC

Dins els objectius estratègics específics del CTTC trobem la promoció i el reconeixement de l'excel·lència científica, la disseminació del coneixement generat en conferències i fora internacionals i nacionals, així com la organització d'esdeveniments científico-tècnics, la implementació de protocols i normes de qualitat que millorin l'efectivitat de l'organització per mantenir els seus objectius estratègics principals. Promoure la transparència en la consecució dels objectius entre tot el personal de la institució, com ara l'informe de productivitat que s'elabora cada any.

Les següents seccions recullen detalls de les activitats dutes a terme a l'any 2021 per tal d'assolir aquests objectius.

3.1 Promoció i reconeixement del CTTC

Dins d'aquesta categoria destaquem les activitats organitzatives en l'àmbit científico-tècnic que actuen tant en el sentit de disseminació i divulgació del coneixement com de reconeixement al CTTC i als seus investigadors. Aquest reconeixement es manifesta per exemple en: la invitació a organitzar conferències o workshops de prestigioses organitzacions científiques com l'IEEE, EURASIP, OPTICA (abans OSA), IETF, ...; el servei com a editors de les principals revistes científiques del sector; participació en juntes de governança tant científiques com industrials/empresarials; actuacions consultives en qualitat d'experts per a l'administració pública i/o sector privat.

En l'àmbit de la promoció, trobem els acords de col·laboració per a promocionar entre d'altres l'intercanvi d'investigadors i mobilitat entre institucions com a eina enriquidora tant per millorar la qualitat dels resultats de recerca com el creixement professional i personal dels investigadors.

Com a representació d'aquestes activitats, llistem de forma no exhaustiva algunes de les accions més destacades:

1. Preparació i assignació de l'organització de la conferència IEEE ICASSP 2026. Després de l'èxit que va resultar l'organització de l'ICASSP 2020 en plena pandèmia, aconseguint dur a terme amb èxit la primera gran conferència de l'IEEE amb més de 16.000 participants registrats, el CTTC tornarà a acollir l'edició del 2026. Amb la Directora Ana I. Pérez Neira i el coordinador científic Xavier Mestre com a Chairs generals de la conferència.
2. Organització de l'estand i events associats per al Mobile World Congress 2021 (juliol 2021)
3. Organització del TeraFlow workshop al ONDM 2021 (juliol 2021)
4. Chair del Women in Engineering workshop al DRCN 2021 (abril 2021)
5. Organització del 3d ONFIRE Symposium (febrer 2021)
6. Chair del Workshop Decentralized AI for Wireless Networks with Zero-Touch (Dawn'z) al IEEE ICC 2021 (juny 2021).
7. Chair del Workshop Artificial Intelligence for Sustainable B5G/6G Networks (Asnet) al IEEE Globecom 2021 (desembre 2021).
8. Co-chair del 1st International Workshop on Zero-Touch Network and Service Management (ZNSM 2021) dins el IEEE CNSM 2021. Va ser unit al NetP workshop, passant a anomenar-se NetPA workshop (http://www.cnsm-conf.org/2021/workshop_NetPA.html)
9. Organització del "International 5Growth/5G-DIVE online exploitation workshop".

Organització de sessions experimentals i demostracions i sessions especials als congressos:

- Demostració de serveis federats "Scaling Federated Network Services: Managing SLAs in Multi-Provider Industry 4.0 Scenarios" i "AIML-as-a-Service for SLA management of a Digital Twin Virtual Network Service, al IEEE INFOCOM 2021 (maig 2021)
- Demostració de serveis de xarxa híbrids Deploying Hybrid Network Services: Mixing VNFs and CNFs in Multi-site Infrastructures, al IEEE SECON 2021 (juliol 2021)
- Demostració d'un controlador SDN natiu al núvol "Scalable for Cloud-native Transport SDN controller al IEEE OFC (juliol 2021)
- Demostració de solucions escalables i resilients pel tràfic de xarxa "Scalable and Resilient Network Traffic Engineering Using Erland-based Path Computation Element", al IEEE NFV-SDN (novembre 2021).
- Tres sessions especials al IEEE 2021 MeditCom Conference: "AI Assisted Technologies for Connected and Automated Mobility (CAM)", "5G Solutions for Verticals and European Citizens" i " AI-Enabled Distributed Network Slicing: Architectures and Algorithms".

Xerrades convidades i participació en panells:

- J. Mangles, panelista al Ericsson internal exploitation event "Outside-Insight program: The factories of the future"
- J. Mangles, panelista al EUCNC'21: "Seeding the long-term vision for Autonomous Network Management on the road to 6G Projects"
- H. Chergui, panelista al Joint International Workshop on Network Programmability & Automation (NetPA), IEEE CNSM 2021 (http://www.cnsm-conf.org/2021/workshop_NetPA.html)
- S. Lagén, "Present i futur de les comunicacions mòbils, amb èmfasis en la recerca",

- M. Svaluto Moreolo, xerrada "S-BVT for 5G-supportive optical metro networks" al workshop internacional "New generation networks: How will 5G change networks, our life, and our bank account?", 25th International Conference on Optical Network Design and Modelling (ONDM) (juliol 2021)
- M. Svaluto Moreolo, xerrada "Programmable Multi-Tb/s S-BVT for Metro Networks" al webinar internacional "Photonics Technologies for supporting the future multi Tb/s metro networks" (abril 2021)
- M. Svaluto Moreolo, xerrada "Open Transparent and Merit-based Recruitment for Researchers in Europe: OTM-R in the framework of HRS4R" al workshop internacional "ICASSP PROMotinG DiverSity in Signal ProcESSing (PROGRESS)" dins l'ICASSP 2021 (juny 2021)
- L. Gifre, article convidat "Role of monitoring and analytics in next generation optical networks" al International 2021 European Conference on Optical Communication (ECOC)
- R. Martínez, TeraFlow in the OSM ecosystem International OSM Ecosystem Day
- R. Vilalta, xerrada "SDN for 6G networks" al webinar internacional organitzat per la 5G-PPP "Europe accelerates towards 6G" (març 2021)
- R. Vilalta, xerrada "Software define control of optical networks" al seminari MASTTEAM (març 2021)
- R. Muñoz, xerrada "Current trends and vision for future Optical networking" al workshop internacional "European Optical Communication Advisory Board" (abril 2021)
- R. Muñoz, xerrada "Softwarization and cloudification of the optical networks", al 2021 Optical Communications Workshop (OCW) (setembre 2021)

Adicionalment, cal destacar la participació de membres del CTTC en nombrosos comitès tècnics de conferències i jornades científic-tècniques (TPCs) i actuacions com a presidents de sessions (Session Chair).

Els acords de col·laboració vigents en data de redacció de la present memòria, es detallen a la Taula 12.

Taula 12. Acords de col·laboració amb institucions de recerca

Àmbits autonòmic i estatal
La Salle - Universitat Ramon Llull
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Consejo superior de investigaciones científicas
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas"
INNOVALIA
Universitat Autònoma de Barcelona
Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR)
Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR)
Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM)
La Fundació privada BCN digital centre tecnològic
Centre de Tecnologia Aeroespacial (CTAE)
Fundació privada Knowledge innovation Market BCN per a la comercialització de Tecnologies
Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR)
Generalitat de Catalunya
Fundación Richi contra el cáncer infantil
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Centro de información de Recursos Naturales (CIREN)
Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC)

Agencia de Gestión de Ayudas Universitarias y de Investigación (AGAUR)
Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC)
QuantumCAT
I2CAT
Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A.U
Fundació Institució Centres de Recerca de Catalunya (I-CERCA)
Àmbit internacional
Center for Advanced Communication (CAC)
Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Datenverarbeitungssysteme der RWTH Aachen
New Jersey Institute of Technology (NJIT)
Pole STIC-FSR
Telecommunications for Space And Aeronautics Lab (TESA)
Communication Networks Laboratory Dept. of Informatics & Telecommunication
The European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
The European Parliament and of the Council
Ministère de l'Enseignement supérieur de la Recherche et de l'Innovation
The European Association for Communications & Networking (EURACON)
The Euraxess Services Network
European Space Agency
Nokia

Finalment destacar els premis i reconeixements guardonats als investigadors del CTTC:

- Prof. Ana I. Pérez-Neira anomenada [EURASIP Fellow](#) per les seves contribucions al processament del senyal per a sistemes de comunicacions per satèl·lit i sistemes de comunicació ràdio (desembre 2021). Es farà entrega del premi al proper EUSIPCO.
- J. Baranda, J. Mangues, L. Vettori, R. Martínez, E. Zeydan, **Best Demo Award** al IEEE SECON 2021 per l'article "Deploying Hybrid Network Services: Mixing VNFs and CNFs in Multi-site Infrastructures" (juliol 2021).
- Hatim Chergui, Christos Verikoukis, **Best Journal Paper Award** del IEEE ComSoc, per l'article "Offline SLA-Constrained Deep Learning for 5G Networks Reliable and Dynamic End-to-End Slicing," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 38, no. 2, pp. 350-360, Feb 2021.
- Josep Mangues, J. Baranda, E. Zeydan, **Best EUCNC'21 booth** al EUCNC 2021, per l'organització de l'estand i presentació d'elles activitats dedicades al projecte 5Growth durant l'esdeveniment, incloent una demostració.
- Raul Muñoz, membre del Huawei European Optical Communication Advisory Board.
- Carles Antón membre del Steering Committee del IEEE Wireless Communications and Networking Conference.
- Ramon Casellas, anomenat Technical Steering Team (TST) member del Open Networking Foundation (ONF), Optical Transport Configuration and Control (OTCC) <https://opennetworking.org/open-transport/>
- Michela Svaluto Moreolo i el Raul Muñoz han rebut l'**acreditació de recerca avançada AQU-Catedratic** (Acreditació de Recerca Avançada de l'Àmbit d'Enginyeria i Arquitectura de l'Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya) (abril 2021).

Amb un caràcter més divulgatiu el CTTC participa regularment en activitats i esdeveniments de divulgació. Entre els més destacats:

- Participació en la 26a edició de la Setmana de la Ciència 2021 amb una presentació general del CTTC i les oportunitats professionals de caràcter investigador i desenvolupament tècnic, per part de la Dra. Mònica Navarro, seguit de varies xerrades i visites virtuals als laboratoris:
 - o Present i futur de les comunicacions mòbils, amb èmfasis en la recerca, Dra. Sandra Lagén.
 - o Visita al Laboratori de Xarxes i Sistemes Òptics, F. Javier Vílchez.
 - o Millorant l'eficiència energètica dels transmissors per comunicacions mòbils 5G, David López.
 - o Machine Learning applied to the physical layer, Roberto Pereira.
 - o Reinforcement Learning for resource management in wireless networks, Muhammad Jadoon.
 - o C-AQM - Un sistema col·laboratiu per el seguiment de la qualitat de l'aire, M^a Eulàlia Parés.
- Col·laboració amb al master MASTTEAM de la UPC amb una visita als laboratoris i infraestructures experimentals del CTTC, realitzada per la Dra. Mònica Navarro.
- Participació al Talent Week 2021 de La Salle, amb una presència física a la fira (estand) i una xerrada a estudiants de grau "CTTC-reptes i competències més enllà de les xarxes de comunicació 5G" impartida per la Dra. Mònica Navarro.
- Col·laboració amb l'Ajuntament de Castelldefels en el seu [video promocional](#) Castelldefels, ciutat innovadora puntera en tecnologia.
- Divulgació de resultats a la Nit europea de la recerca (European Researchers's Night) dels projectes TeraFlow, 5G-Routes 5G-Solutions, Marsal, Darlene, MonB5G, 5GMediaHUB, Mompá, 5Growth, Fireman, Pandora, Semantic, WindMill (setembre 2021).

3.1.1 Weekly Seminars

A més, cal destacar que, des dels seus inicis, el CTTC organitza periòdicament conferències sobre les activitats de recerca i desenvolupament tecnològic que duu a terme, així com de qüestions de gestió interna i treballs de recerca del personal adscrit al centre, estudiants de doctorat o investigadors rellevants en l'àmbit de les telecomunicacions i geomàtica. Aquestes conferències s'emmarquen dins els "CTTC Weekly Seminars". A banda de l'exposició tècnica els Weekly Seminars tenen un caràcter de socialització i intercanvi d'idees que creiem resulta beneficiat de la realització presencial d'aquests. Es per això que degut a la situació d'emergència sanitària provocada per la Covid-19 la realització d'aquests seminaris com a tals es va veure minvada.

Els Weekly Seminars duts a terme durant el 2021 van tenir majoritàriament un caràcter intern, enfocats a la formació específica en relació a programes de finançament competitiu, així com la presentació de la nova organització de les unitats de recerca del CTTC amb motiu de la reestructuració promoguda per la nova Directora.

- "Proyectos Europeos: Elegibilidad y buenas prácticas", per Carlos Barriocanal, soci de CET Auditores, S.L., abril de 2021.
- "Proyectos Nacionales: Actualización y Requerimientos", per CTTC Marian Ramírez, Cap de Gestió de Projectes del CTTC i les seves companyes de departament Montserrat Prat i Daniela Ilea, juny 2021.
- "Update on SNS Workprogramme & Partnership", pel Dr. Carles Antón, Director dels Programes Europeus i Contractes Industrials del CTTC, octubre del 2021.
- "Presentación RU's del CTTC", per la Directora del CTTC, Prof. Ana I. Pérez-Neira, novembre del 2021.

3.2 Productivity Report

Per avaluar internament la qualitat en recerca i assignar incentius de productivitat, tot el personal del centre passa anualment a través d'un procés d'avaluació de la seva productivitat i de la qualitat del seu treball.

A partir de l'any 2013, i arran del procés de reestructuració que es va dur a terme, l'avaluació es realitza a través d'un nou document, anomenat Productivity Report, comptabilitzat a nivell de divisió. L'objectiu de l'informe és alinear els objectius estratègics del centre amb els del Contracte Programa [CP17] alhora que es fomenta la col·laboració dins dels departaments i les divisions, i es tracta d'evitar un treball massa individualitzat. El Productivity Report reflecteix els indicadors compromesos al Contracte Programa, avaluant els objectius detallats a la Secció 4, Relació d'indicadors. Els indicadors institucionals es transfereixen després d'haver-se escalat d'acord a la dimensió de cada divisió, a les respectives divisions. La Directora de Relacions Institucionals és l'encarregada de generar l'informe i presentar-lo al Consell de Direcció. Un cop aprovat per la Direcció es procedeix a repartir la productivitat entre el personal de cada Divisió, de manera objectiva, transparent i meritocràtica.

El personal d'administració té definits uns altres objectius específics, l'avaluació dels quals es dur a terme per part de l'Administradora General.

De manera complementària hi ha definit un programa d'incentius específics amb l'objectiu d'incrementar els ingressos per transferència de tecnologia. Aquests estan lligats als ingressos directes per regalies, drets cedits en la creació d'spin-offs, contractes per llicències d'ús, etc.

3.3 Elaboració d'informes comitès consultius i informe positiu d'auditoria

3.3.1 Comitè Científic

El Comitè Científic és l'ens consultiu extern del CTTC que des del 2003 és responsable de l'avaluació científica del centre i, en particular, s'encarrega d'assessorar en referència a l'adequació de l'estratègia d'investigació i de la qualitat científica del treball de R+D realitzat. Durant l'any 2008, en Tom Saponas, de l'empresa Agilent Technologies, va deixar el seu càrrec com a membre del Comitè Científic del CTTC, i va ser rellevat per la Prof. Andrea Goldsmith (Stanford University), qui va haver de deixar també el seu càrrec, en el mes de febrer del 2019, i ha estat substituïda per la Prof. Yonina Eldar (Weizmann Institute of Science). Durant l'any 2015 es va nomenar al Sr. José Antonio Gili Ripoll (UPC) com a nou membre. Al febrer del 2017, el Dr. Sanjiv Nanda, de l'empresa Qualcomm, va causar baixa en el Comitè, en el mes de novembre del 2019, el Sr. Pedro Pintó també va causar baixa; així mateix, degut al seu nomenament com a Rector de la UPC, el Prof. Francesc Torres (qui actuava com a Ajudant del Secretari) també ha hagut de causar baixa.

En conseqüència, el Comitè Científic del CTTC en la darrera reunió va estar format per: Lluís Jofre (UPC-Secretari), Antonio Manzalini (Telecom ItaliaLab), Pedro Mier Albert (Mier Comunicaciones SA), José Jiménez, Markus Dillinger (Huawei), Riccardo De Gaudenzi (European Space Agency), John M. Cioffi (Stanford University), Yonina Eldar (Weizmann Institute of Science), i José Antonio Gili Ripoll (UPC). Els membres honorífics són: Lloyd J. Griffiths (George Mason University), Ángel Cardama (UPC), Giovanni Colombo (TelecomItalia Lab.), Andrea Goldsmith (Stanford University) i Pedro Pintó.

La novena i darrera reunió amb el Comitè Científic va tenir lloc el 4 de desembre del 2019 a la seu del CTTC a Castelldefels [RSC19]. La propera reunió està pendent d'agendar, degut a la situació transcorreguda amb la pandèmia i el canvi de Direcció del centre.

Durant l'any 2019 es van realitzar reunions de seguiment i millora del pla estratègic. La nova versió del mateix es va presentar al comitè científic en la darrera reunió de data 4 de desembre de 2019. Una activitat important a la reunió va ser l'avaluació dels projectes de recerca que s'havien preparat, en resposta a la primera call de projectes interns del CTTC, per tal d'incentivar recerca d'excel·lència i treballar per tal d'implementar, d'una manera productiva, els seus suggeriments.

En data 30 de setembre del 2021 hi ha hagut un canvi en la Direcció del CTTC, degut a la jubilació de l'antic Director. Per acord elevat a públic, establert pel Patronat del CTTC, es va anomenar a la Prof. Ana Isabel Pérez Neira, com a nova Directora del CTTC. La nova Directora va creure oportú la reestructuració dels grups

d'investigació del CTTC, la qual cosa es va materialitzar en 9 Unitats de Recerca. Aquesta reestructuració es presentarà a la propera reunió del Comitè Científic, a través del nou Pla Estratègic i Funcional. Amb el canvi de direcció, estan previstes també modificacions dins de la composició del Comitè Científic, en la seva qualitat d' Advisory Board, per tal d'actualitzar-ho a les noves necessitats del CTTC.

3.3.2 Certificació UNE 166002 per a Sistemes de Gestió de la R+D+i

En el seu dia, el CTTC va ser reconegut per AENOR amb la certificació UNE 166002:2006 per a Sistemes de Gestió de la R+D+i que regula els procediments que han de seguir-se per assegurar una gestió eficient de les activitats de R+D+i. La norma té implementada internament un conjunt de 12 procediments, la vigència dels quals està subjecta a la seva revisió i auditoria anual.

La norma UNE166002 té com a objectiu documentar, implantar y mantenir un Sistema de Gestió de la R+D+i eficient. Aquesta norma regula els diferents procediments que han de seguir-se per a realitzar de manera organitzada i documentada les diferents tasques dins d'una institució de R+D. Més específicament regula: la preparació de propostes per a la sol·licitud de fons, la gestió de projectes de R+D+i, la gestió dels laboratoris de R+D, el procediment de compres, recursos humans, transferència de tecnologia, explotació de resultats de R+D, identificació i anàlisi d'oportunitats i el seguiment global de la cartera de projectes de la institució. Com a part de la implementació de la norma UNE 166002 per a Sistemes de Gestió de la R+D+i, la Direcció de la institució agafa uns compromisos de recerca, desenvolupament i innovació continua, i es compromet a millorar la eficàcia i eficiència del Sistema de Gestió de la R+D+i amb revisions periòdiques. Com a part d'aquesta revisió i avaluació continua del sistema, la Direcció realitza enquestes entre el personal i s'esforça per afavorir un ambient que promogui la participació activa.

L'any 2014 AENOR va acabar de redactar la nova i actualitzada norma UNE 166002:2014 i, a continuació, el CTTC va començar el procés d'adaptació dels procediments de gestió de R+D a aquesta nova versió de la norma. El Maig de 2016 es va realitzar l'auditoria anual d'AENOR per la revisió de la certificació, la qual es va superar sense cap no conformitat a la norma 2014. Cal destacar que aquesta norma segueix les recomanacions contingudes en la Norma Europea CEN / TS 16555-1: 2013 Gestió d'Innovació.

L'any 2017 es va realitzar la renovació de la certificació UNE 166002, que es realitza cada 3 anys, aquesta vegada ja segons la norma 2014. Després del seguiment dels anys 2018 i 2019, al any 2020 es va procedir a la renovació de la certificació UNE 166002. Cal destacar que degut a l'emergència sanitària es va obtenir una prorrogua de sis mesos de la certificació. Finalment, l'any 2021 vam tenir el primer seguiment amb la nova Direcció del CTTC. Igual que al 2020, els procediments del Sistema de Gestió del CTTC han estat auditats per reunió virtual (eina MSTeams) al Novembre de 2021. El CTTC va passar l'auditoria amb èxit i sense cap no conformitat, fet que evidencia la conformitat del Sistema de Gestió de la R+D+i amb la norma UNE 166002:2014.

3.3.3 Acreditació TECNIO

Des del 2016, el CTTC gaudeix de l'acreditació TECNIO, segell que atorga la Generalitat de Catalunya a través d'ACCIÓ (Agència per a la Competitivitat de l'Empresa de la Generalitat de Catalunya). L'objectiu de l'acreditació és identificar on es troba la tecnologia diferencial catalana, els proveïdors que la ofereixen i els facilitadors que participen en el procés de transferència de tecnologia i coneixement, i també alinear les estratègies regionals d'innovació aprovades per la Unió Europea. ACCIÓ ha establert un procés d'acreditació de les entitats i empreses TECNIO, amb l'objectiu de millorar la capacitat d'innovació i la competitivitat de les empreses. Aquesta acreditació té una sèrie de beneficis per al CTTC entre els quals es troben proporcionar a la institució més visibilitat en la difusió i comercialització de la tecnologia i de les pròpies capacitats de R+D+i; l'accés a informació sobre activitats i eines de suport d'ACCIÓ, així com l'accés a programes d'ajut específics gestionats per ACCIÓ; o la participació en activitats de networking, capacitació en transferència tecnològica, tutoria i assessorament en matèria de cooperació internacional e innovació. Al 2020, el CTTC va renovar de manera exitosa la seva acreditació TECNIO que és vàlida fins al 31/12/2023.

3.4 R+D experimental transferible

Un dels actius més rellevants que ens permeten recolzar l'activitat experimental així com impulsar les activitats de transferència de coneixement en R+D són els testbeds o demostradors. Aquest equipament de caràcter pre-competitiu, ha estat una aposta interna que s'ha anat ampliant i adaptant al llarg dels anys. El seu desenvolupament i actuacions de millora responen a les necessitats tecnològiques i científiques que els diferents grups de recerca identifiquen i planifiquen dins la seva activitat i pla estratègic.

Un altre actiu important és el software (ja sigui d'accés obert o propietari) desenvolupat pel CTTC. Aquesta eina de recerca i desenvolupament està al servei dels grups de recerca, però també al de la comunitat científica i empresarial.

A continuació els descrivim, tot destacant nous desenvolupaments, millores o innovacions dutes a terme durant el 2021.

3.4.1 Testbeds

Actualment el CTTC compta amb 7 demostradors actius, llistats a la Taula 13 per ordre alfabètic. A la taula s'especifica en termes generals l'àmbit de recerca on s'emmarquen els demostradors així com la URL de la pàgina web del CTTC on es descriuen.

El CTTC contribueix de forma regular amb aquests testbeds al desenvolupament i realització de projectes R+D (competitius, industrials o interns); aportant tant el coneixement previ expert acumulat, com les eines experimentals per a la recerca i la innovació.

Taula 13. Demostradors (TESTBEDS) actius l'any 2021.

Nom del Testbed	Títol descriptiu (en anglès)	Àmbit de recerca
ADRENALINE Testbed®	An SDN/NFV Packet/Optical Transport Network and Edge/Core Cloud Platform for End-to-End 5G and IoT Services	Xarxes i sistemes de transport òptics
CASTLE PLATFORM®	Cloud Architecture for STandardization development	Simulador de nivell físic per a sistemes de comunicació satel·litals i integració amb sistemes terrestres (ràdio/cel·lular, multi-antena d'ones mil·limètriques, LiFi, ...)
EXTREME Testbed®	SDN/NFV-based testbed for 5G Mobile network services	Mobilitat IP i xarxes 5G/6G
GEDOMIS®	Platform to develop, test and validate the PHY-layer of 5G wireless communication Systems	Sistemes multi-antena i equipament HW per comunicacions cel·lulars.
GEMMA NAVIGATION®	Generic, Extensible and Modular Multisensor navigation Analysis system	Navegació i geomàtica
GESTALT®	An open source Global Navigation Satellite Systems Signal Testbed	Posicionament GNSS i navegació
IoTWORLD®	An Experimental Platform for the Internet of Things	IoT, M2M

En quant a millores o actuacions específiques realitzades durant el 2021, cal destacar:

Les **millores introduïdes al testbed ADRENALINE®**. Aquestes inclouen el disseny i desenvolupament de:

- mòduls de generació / detecció de senyals fronthaul basat en CPRI per a senyals 5G-NR
- sliceable bandwidth variable transceivers (S-BVTs) i sistemes de transmissió multibanda

- iii) S-BVTs basats en vertical-cavity surface-emitting lasers (VCSEL) i
- iv) un sistema fotònic multi-Tb/s per a connectivitat espacial/espectral programable i controlat per SDN, amb aplicació a xarxes metropolitanas.

La integració de VCSELs (de VERTILAS GmbH) amb receptors coherents i un commutador fotònic de 16x16 (de ETRI). Millores a la plataforma EOS: adquisició d'un SOA, ampliació de la plataforma modular de control de diodes làser PRO8000; adquisició i instal·lació d'un segon mòdul LDC8001 per controlar el corrent d'un altre VCSEL, de 2 mòduls TED8040 per controlar el funcionament de cel·les Peltier (TEC) i regular en llaç tancat la temperatura rebuda pels termistors dels VCSELs, i de la tarja de control. Adquisició d'un mòdul làser en Banda C, d'amplada de línia molt estreta (<2KHz) i d'un microscopi amb il·luminació, càmera de vídeo i monitor, per a l'estació d'alineació de fibres. Integració de 4 VCSELs en estructures d'Alumini amb control de I-T en llaç tancat, fabricades integrant cel·la Peltier, termistor, ventilador i dissipador. Disseny i construcció de 4 prototipus enracables, basats en gain block d'amplificador EDFA connectat per port sèrie amb el seu microcontrolador Raspberry Pi, gestionables remotament. Instal·lació com a Pre-amplificadors en Node 3 i en Node 4. Disseny i construcció de 2 prototipus enracables d'amplificador EDFA, per a la substitució de dos EDFAs Booster avariats.

Desplegament final de l'enllaç entre ADRENALINE i la xarxa òptica 5G BCN i consideracions inicials sobre la integració de la xarxa d'accés de nodes òptics passius: disseny i fabricació d'unitats de prototipus EDFA enracable, amb control remot, per a la MCF i estudis per a la migració del N1 basat en arquitectura Route&Select sense matriu de commutació, incloent adquisició de 2 nous WSS twin per poder fer la migració i completar aquests enllaços òptics amb grid flexible: N3->N1->N4 i N4->N1->N3. Tasca en marxa sobre integració dels 2 transponedors oberts de paquets Edge Core CASSINI, rebuts en el marc de col·laboració amb Telefónica (relacionada amb les activitats Facebook/TIP) i instal·lació de ONF's Stratum Open Source Switch OS.

Adquisició i instal·lació d'un nou rack per als NUCs del segment Edge d'ADRENALINE (sala 0.04), de 4 servidors enracables connectats amb els nodes Strongest, de 3 servidors enracables (per als experiments d'escalabilitat de TeraFlow), i de 2 NUCS per al rack del segment Edge (OSM sobre Kubernetes per a demostracions). Adquisició i instal·lació de nous servidors per a integració i entrega continua (continuous integration and continuous delivery) per al desenvolupament i desplegament de solucions de software complexes així com de nous servidors d'alta capacitat de còmput pel segment Edge.

Millores en els agents SDN de cada node òptic i la interfície REST amb el controlador, assignació d'atributs estàtics (e.g., coordenades GPS) per a emulació de xarxa metropolitana. Instal·lació de docker als servidors a on s'executen els agents dels nodes òptics i migració dels agents com aplicacions en contenidors. Millores en el sistema de control i orquestració basat en SDN per a xarxes òptiques parcialment desagregades. Migració i unificació cap a una interfície nord basada en models Transport Applications Programming Interface (TAPI) i millores en els controladors SDN per al sistema de línia òptica (Optical Line System, OLS), que ofereix serveis de espectre òptic (Media Channel, MC), en el controlador SDN per a la xarxa òptica, que ofereix serveis Digital Signal Rate (DSR) i en el controlador de paquets que ofereix serveis de connectivitat Ethernet utilitzant OpenFlow. Desenvolupament i integració del controlador multi-capa integrat. Finalment, desenvolupament d'una aplicació Web com a interfície gràfica d'usuari (GUI) per a la interacció amb els diferents controladors SDN (utilitzant la interfície nord estàndard), basada en el Framework Angular.

L'ampliació del EXTREME Testbed® amb el següent equipament:

- adquisició i integració d'un servidor de servidor de gran capacitat per a la virtualització i el processament de dades (en el context del projecte 5G-REFINE). Aquest servidor té les següents característiques: servidor enracable de 2U, 4 processadors Intel Xeon 8260 amb 24 cores a 2.4 GHz (total de 192 cores), 1.5 TB de memòria RAM DDR4 a 2933 MHz, 2 discs durs SSD de 480 GB i 6 Gb/s, 6 discs durs SATA3 de 2 TB i 6 Gb/s, 4 interfícies Gigabit Ethernet integrades, suport de l'estàndard IPMI 2.0 per la gestió remota, Suport de KVM virtual per LAN, i 24 baies per instal·lar discs durs SSD o SATA.

- Amb aquest servidor s'ha contribuït a la realització de la visió de les xarxes 5G: des de els requeriments de xarxa d'alt nivell fins el disseny de l'arquitectura de xarxa d'extrem a extrem, incloent la gestió dels recursos extrem a extrem. Aquests darrers han considerat tota mena de xarxes de dades.
- En el context del projecte 5G-Lab, s'ha ampliat la capacitat d'emmagatzematge dels servidors del EXTREME Testbed® en 58 TBytes amb 6 disc durs SATA. Amb aquesta ampliació s'ha pogut dur a terme el processament de dades de les diferents tècniques d'aprenentatge automàtic per controlar la gestió de recursos extrem a extrem i per desenvolupar l'entorn de validació aplicable a diferents projectes.

Les actualitzacions i extensions iniciades el 2021 per al demostrador genèric per a sistemes SDR modulars i àgils, GEDOMIS®:

Des de l'any 2021 a GEDOMIS® s'està portant a terme una actualització rellevant de la seva funcionalitat i s'han adquirit múltiples plaques per poder dissenyar i desplegar escenaris i casos d'ús versàtils per topologies RAN 6G i computació a l'extrem (edge) per xarxes 5G evolucionades (beyond5G). Més en concret, les extensions recents de GEDOMIS® permeten implementar la funcionalitat d'unitats ràdio en arquitectures de xarxa d'accés desagregada (p.e., O-RAN) d'acord amb el 3GPP, per prototipar diverses particions funcionals (6, 7.x, 8) i orquestrar mitjançant Kubernetes les funcions prototipades a plaques FPGA i adaptades per ús en contenidors (p.e., orquestrador RAN, aplicació O-RAN RIC específica, orquestrador MEC), formant part del continu de processament a l'edge.

Entre d'altres plaques de processat de senyal i computació actuals, GEDOMIS® s'ha equipat amb un kit de desenvolupament de l'AMD Zynq UltraScale+ RFSoC. Aquesta plataforma disposa del dispositiu Zynq Ultrascale+ RFSoC, un avançat sistema en un xip (SoC) que conté 8 conversors d'analogic a digital (ADC) de 12 bits operant a 4.096 GSPS, 8 conversors de digital a analògic (DAC) de 14 bits operant a 6.554 GSPS, 8 nuclis encastats per correcció d'errors (SD-FEC), un processador d'altres prestacions (Arm Cortex-A53), un processador per operació a temps real (Arm Cortex-R5), lògica reprogramable per accelerar funcions (incloent models d'inferència per IA) i diverses interfícies estàndards I/O servint comunicacions ultra-ràpides encastades o externes. La plataforma també inclou el capçal Qorvo 2x2 small cell RF front-end i es pot comunicar el conjunt amb Matlab i el 5G NR toolbox permetent validar escenaris OTA. Aquesta plataforma permet el disseny, implementació i validació de casos d'ús enfocats en small cells heterogènies, comunicacions per satèl·lit, comunicacions determinístiques (p.e., TSN), SDR accelerat per maquinari i diverses solucions per predistorsió digital (DPD) d'amplificadors de potència.

Les ampliacions de CASTLE PLATFORM® amb l'adquisició d'una estació base 5G amb múltiples antenes que incorpora l'última estandardització. Tanmateix, també compta amb un banc de terminals per realitzar múltiples mesures. Aquest equipament desplega una xarxa 5G totalment autònoma capaç de ser connectada a una xarxa per satèl·lit. També s'ha adquirit un emulador de canal de banda ampla que permet realitzar emulacions d'escenaris per satèl·lit, amb múltiples cobertures terrestres i alhora també permet emular diferents òrbites satel·litals geoestacionàries o de baixa altitud.

Durant el 2020 i el 2021 es va desenvolupar un conjunt de capçaleres de banda mil·limètrica de gran ample de banda per a dotar al testbed amb capacitat experimental hardware en ones mil·limètriques i sistemes multi-antena. En total s'ha dissenyat i implementat un sistema de 64 antenes que permeten la comunicació a altes freqüències de manera bidireccional i amb conformació híbrida de feix. L'altre sistema de comunicació terrestre integrat a la plataforma incorpora comunicacions de llum visible. En particular, s'han dut a terme a millores al component VLC, tant a nivell de hardware, com de software, i equipament.

A nivell de hardware, s'ha desenvolupat un nou driver que permet suportar múltiples LEDs. A nivell de software, s'ha programat un entorn de que permet calcular paràmetres estadístics de la senyal rebuda, com ara el valor del canal VLC, la taxa d'error, el temps de transmissió, el número de paquets enviats, etc. Així mateix s'ha programat el protocol de retransmissions per tal de poder incorporar robustesa addicional davant de falles de transmissió. Finalment, respecte a l'equipament adquirit, la plataforma VLC ha incorporat nous dispositius de transmissió i recepció, fet que ens permetrà afrontar nous casos d'ús.

GESTALT® ha gaudit de l'ampliació de les capacitats d'integració contínua. Dins l'àmbit de l'actuació 5GLab (projecte d'infraestructures FEDER), i donat que molts dels desenvolupaments experimentals tenen una forta component d'enginyeria software, s'ha impulsat un sistema transversal d'integració software. Aquest és un sistema automatitzat, fàcil d'utilitzar, no intrusiu i independent del llenguatge de programació, capaç de mantenir un historial anotat del desenvolupament software, així com realitzar procediments de qualitat i validació de versions del codi font de forma automàtica. En particular, s'ha dotat **GESTALT®** d'un potent sistema d'integració contínua amb servidors Gitlab, servidors d'emmagatzematge i "runners" que permet automatitzar la compilació i el test del codi, independentment dels desenvolupadors/investigadors que implementin els canvis.

Per últim, el testbed **IoTWorld®** ha incrementat el nombre i varietat de sensors i s'ha millorat la seva capacitat de processament i de càlcul.

3.4.2 Software

Entre el programari (SW) desenvolupat pel CTTC cal destacar dos solucions de codi obert i dos solucions tancades per les quals es distribueixen els executables.

Programari de codi obert: aquests dos SWs han seguit una estratègia de desenvolupament basada en codi obert, la qual ha tingut i té un gran impacte en les respectives comunitats científiques així com contrastat interès per part de la indústria. El desenvolupament i manteniment d'aquests mòduls dins d'una banda les solucions ràdio definides per software (SDR) i d'altra banda dels simuladors de sistemes ha posicionat al CTTC com a centre de referència en solucions per a receptors GNSS i simuladors de sistemes 5G/LTE/LTE-A amb capacitat d'avaluar solucions de mobilitat, compartició d'espectre i coexistència de sistemes.

Aquest SW es pot descarregar a les respectives webs:

- **GNSS-SDR®** - Receptor SW de codi obert per a sistemes de navegació global per satèl·lit, <https://gnss-sdr.org/>
- **LENA/LENA-5G** - Mòduls ns-3 per simular xarxes LTE i 5G d'acord als estàndards definits pel 3GPP, <https://5g-lena.cttc.es/>

Programari de codi tancat: aquests dos actius s'emmarquen dins l'activitat de l'àrea de geomàtica. En particular, dins les activitats d'observació de la terra per a la detecció de deformacions del terreny i eines d'interferometria.

- **GEOKINESIA PSIG® Persistent Scatterer Interferometry:** aquesta eina, basada en tècniques de teledetecció SAR permet monitoritzar amb alta sensibilitat petites deformacions del terreny, ja sigui sobre infraestructures individuals o àmplies àrees geogràfiques (ex, nivell regional, estatal o inclús transfronterer). L'eina inclou tota la cadena de processament interferomètric, produint entre altres un mapa amb la velocitat de les deformacions observades a cada punt del mapa.
- **ADA (Active Deformation Area) Tools (ADA Finder, ADA Classifier, ADA Thex-finder, ADA LOS2HV):** conjunt d'eines SW per a la detecció i classificació d'àrees amb deformació activa i moviment del terreny. Aquest conjunt d'eines faciliten el post-processament dels resultats que proporciona GEOKINESIA PSIG® Persistent Scatterer Interferometry o qualsevol altre SW que retorni mesures interferomètriques, per tal de facilitar la gestió i classificació d'aquestes deformacions. Típicament, les mesures obtingudes dels satèl·lits per a l'observació de la terra consten de milions de punts de mesura que cal tractar per tal d'identificar de les àrees que s'estan movent, alhora que s'indica la qualitat de la certesa del moviment.

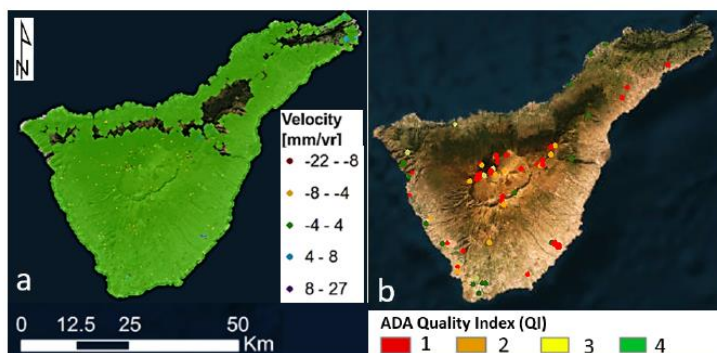


Figura 12. Exemple d'aplicació d'ADA Finder (esquerra: velocitat del moviment, dreta: indicador de qualitat sobre la certesa del moviment) sobre el conjunt de mesures per a la illa de Tenerife.

3.5 Consolidació de les activitats d'R+D internes i estratègiques i de l'estructura necessària per a dur a terme aquestes activitats

Dins l'activitat de consolidació de les activitats d'R+D internes, la Direcció del CTTC impulsa l'elaboració i revisió del seu Pla Funcional i Estratègic, de forma periòdica. Dins aquest Pla Funcional i Estratègic s'inclou un apartat específic que identifica les necessitats i les capacitats en infraestructures i equipaments experimentals, la majoria de les quals es materialitzen en laboratoris.

3.5.1 Pla Funcional i Estratègic

Tal i com s'indicava a la secció anterior 3.3.1, la revisió del Pla Funcional i Estratègic està en procés de revisió. L'ajornament ve motivat pel canvi de Direcció previst pel 2021, que finalment va tenir lloc al darrer trimestre de l'any, i la posterior reorganització de l'estructura de les unitats de recerca promoguda per la nova Direcció.

La versió actual correspon a la revisió realitzada al 2019.

3.5.2 Infraestructura i equipament dels laboratoris

Per iniciativa interna, la Direcció ha aprovat i finançat amb finançament propi del romanent la creació d'un nou laboratori anomenat "Interdisciplinary driven sensors and microwave devices laboratory: Design, fabrication, and testing facility". Aquesta acció s'engloba també dins les accions per incentivar i donar suport a l'excel·lència investigadora, per mitjà de facilitar equipaments experimentals adequats per als projectes interns de recerca guanyadors de les convocatòries internes. En particular aquest laboratori, liderat pel Dr. Ignacio Llamas, està dedicat al desenvolupament de nous sensors basats en solucions interdisciplinars que combina sensors de microones i sensors òptics. L'equipament permet la implementació de dispositius de microones per a funcionalitats de comunicació i sensòrica, operant en un ampli rang de freqüències, des de pocs MHz a longituds d'ona visible, incloent corrent continu. Entre algunes de les activitats destacades que s'inicien al 2021 s'inclou el disseny de sensors de baix cost per a la detecció d'hidrogen, desenvolupament d'una xarxa de sensors ràdio per a la detecció de components químics utilitzant sensors òptics, components ràdio com antenes o filtres per a prototipus, o la integració i empaquetat de nodes sensors.

El laboratori consta d'un software de disseny assistit per computació (COMSOL, HFSS, ADS), i d'equipament per a la fabricació i test. Dins aquesta segona categoria el laboratori disposa d'impressores 2D i 3D amb capacitat per dipositar diferents materials conductors, un equip per al galvanitzat, un banc òptic, una estació de sondes, varis espectròmetres, un mesurador de potencia, una màquina empalmadora de fibra òptica, un reflectòmetre automatitzat, un analitzador de xarxes, un equip complet per al desenvolupament de sensors detectors d'hidrogen, escalfador, agitador, màquina per a unir cables, balança i microscopis òptics.



Figura 13. Detalls del laboratori de Sensors Interdisciplinaris i Dispositius de Microones.

Altres millores han estat programades per a la seva execució al 2022, on l'assignació específica es realitzarà per convocatòria interna oberta a tots els grups de recerca.

3.6 ALTRES ACTIVITATS

Durant el 2021 s'ha fet un esforç addicional per tal d'implementar el **nou projecte de gestió de producció científica** que ens ha de permetre incrementar l'eficiència, agilitzar l'elaboració d'informes i facilitar la transferència de dades a altres plataformes de gestió de la recerca catalana o portals de divulgació científica, com ara el [Portal de la Recerca de Catalunya](#) (PRC) gestionat pel Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC) o el [Recolector de Ciencia Abierta](#) (RECOLECTA) Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT).

El pla de gestió de producció científica se sustenta en l'adquisició d'un programari professional de gestió de la producció científica. El programa seleccionat, resultant de la corresponent licitació ha estat FUNDANET de l'empresa Semicrol S.L.

Durant el 2021, s'ha prioritzat la migració de la informació relacionada amb la producció científica, des de la web corporativa a la nova eina, dedicant recursos humans propis que han rebut formació específica per l'ús del programa de gestió. El pla d'implementació ha estat supervisat i coordinat per la Direcció de Relacions Institucionals.

Aquest pla està estretament relacionat amb la segona actuació: **desenvolupament del nou projecte integral de comunicació**; ja que pel desenvolupament i implementació d'una nova web corporativa es va decidir alimentar-la des de la base de dades de producció científica per tal d'automatitzar l'entrada de publicacions científiques, detalls dels projectes d'investigació i informació del personal en plantilla.

La migració ha estat pràcticament acabada durant el 2021, passant a la fase de manteniment i actualitzacions en acabar el 2021.

3.6.1 Pla de Comunicació

Al 2020 es va identificar la necessitat de renovació de la imatge corporativa del CTTC així com promoure un pla de comunicació integral. A tal efecte es va licitar i adjudicar els serveis a una agència de comunicació per dur a terme un projecte integral de renovació de la imatge corporativa, pla de comunicació i estratègia digital del CTTC. Amb l'objectiu d'implementar-lo durant l'any 2021.

L'execució del pla es va poder dur a terme parcialment durant el 2021. En particular:

- la renovació de la imatge corporativa de la entitat
- i la definició d'un pla estratègic per a millorar la presència i impacte en les xarxes socials i altres mitjans de comunicació

han estat pràcticament completades.

L'actuació que ha comportat un retard significatiu ha estat la renovació de la web corporativa, per impacte d'aspectes no contemplats durant la definició del pla tant en termes de contingut i navegació com d'integració amb l'eina de gestió de la producció científica. Aquesta demora ha estat causada principalment per d'una banda la reorganització de les unitats de recerca, amb un impacte rellevant tant en la definició de continguts i com aspectes tècnics d'implementació del servei web; per altre banda per les dificultats sobrevingudes (difícil predicció donada la simultaneïtat de les dues implementacions) de la integració del programari de gestió de la producció científica amb el servei de la web corporativa.

Addicionalment, la nova Direcció ha volgut donar suport al nou pla de comunicació incloent formalment dins la unitat de Direcció les responsabilitats pertinents. La Direcció de Relacions Institucionals s'ha modificat per la Direcció de Relacions Institucionals i Comunicació, essent efectiva des de finals de 2021.

3.6.2 Programa de formació en R+DT de caràcter post doctoral o complementari

El pla d'actuació del HRS4R recull accions que promouen el desenvolupament de la carrera professional i la formació continuada del personal. Entre elles destaquem el programa post-doctoral i el programa de mobilitat. Així com també recollim accions formatives i divulgatives en etapes inicials de formació o la contribució a la formació especialitzada del teixit industrial, per transferència de recursos humans altament qualificats.

Programa post-doctoral

Durant l'any 2021 el CTTC ha incrementat el nombre d'investigadors post-doctorals. Aquests investigadors segueixen actualment la seva formació al CTTC d'acord a la següent distribució en les diferents Divisions de recerca del CTTC.

A la divisió de xarxes de comunicacions:

- Katerina Koutlia, doctorada per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Bahador Bakhshi, doctorat per la Tehran Polytechnic (AUT).
- Francesc Wilhelmi, doctorat per la Universitat Pompeu Fabra (UPF).
- Lluís Gifre, doctorat per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

A la divisió de tecnologies de comunicacions:

- Antonio Román, doctorat per la Universidad Pontificia de Salamanca (UPSA).
- Hamzeh Khalili, doctorat per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Hatim Chergui, doctorat per la Telecom-Bretagne.
- Jesús Salvador, doctorat per Instituto Politécnico Nacional.
- Natalia Vassileva, doctorada per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Ruben Antón, doctorat per el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Sarang Kahvazadeh, doctorat per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Sergio Barrachina, doctorat per la Universitat Pompeu Fabra (UPF).
- Zabdiel Brito, doctorat per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

A la divisió de Geomàtica:

- Qi Gao, doctorada per la Universitat de Toulouse III.

Programa de Mobilitat

Tot i que no hi ha hagut canvis el pla de mobilitat, és una de les activitats de treball previstes dins el HRS4R.

Els efectes de la pandèmia han limitat considerablement les accions dins el programa. Tot i això, sempre que ha estat possible s'han realitzat els secondments previstos dins del programa de mobilitat dels investigadors en formació dels projectes MSCA-ITN.

També hem mantingut l'acollida de visitants, ja fossin estudiants pre-doctorals o estades de col·laboració entre investigadors.

Els següents investigadors i estudiants pre-doctorals han realitzat estades al centre al llarg del present període d'activitat.

Estudiants pre-doctorals:

- Ioanis Sarrianiannis, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador C. Verikoukis.
- Raoni De Freitas, Universidade Federal de Pernambuco (Brasil), dirigit per l'investigador I. Llamas.
- Vrinda Krishnakumar, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador O. Monserrat.
- Fabiano Locatelli, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador M. Crosetto.
- Jesús Soriano, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador G. Luzi.
- Ankush Mahajan, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador R. Muñoz.
- Michail Dalgitsis, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigador C. Verikoukis.
- Anay Deshpande, Universitat de Padova (Itàlia), dirigit per M. Navarro i A. Pastore.
- Jorge Araujo, Universidade Federal de Pernambuco (Brasil), dirigit per I. Llamas.
- Maria Tsaroucha, Fogus Innovations and Services Private Company, dirigit per C. Verikoukis.
- Marc Martínez, Universitat Politècnica de Catalunya (Espanya), dirigit per l'investigadora A. I. Pérez-Neira.
- Francesca Grassi, Universitat de Modena Reggio (Itàlia), dirigit per l'investigador M. Crosetto.
- Wen Yan, Hohai University, dirigit per l'investigador M. Crosetto.

Investigadors visitants:

- Kamila Pawluszek, University of Environmental and Life Sciences (Polònia), dirigit per l'investigador M. Crosetto.
- Ana Larrañaga, Ikerlan Technology Centre (Espanya), dirigit per la investigadora S. Lagen.
- David Scheck, University of Darmstadt (Alemanya), dirigit per l'investigador X. Mestre.
- Sebastián Balbarani, Universitat de Buenos Aires, dirigit per l'investigador O. Monserrat.

Formació de primer i segon cicle

El CTTC participa de forma regular en la formació de pre-grau a través de l'acolliment d'estudiants d'enginyeria de telecomunicació, informàtica, matemàtiques o altres graus alineats amb l'activitat del centre. L'acollida està oberta tant per estudiant d'universitats nacionals com internacionals.

Alguns dels estudiants realitzen el seu Projecte Final de Grau (PFG) al CTTC, dirigit per un investigador del centre. Altres s'han acollit a programes formatius tipu ERASMUS.

Els Projectes Final de Carrera que s'han dirigit durant el període d'avaluació són els següents:

- C. Ruiz de Mendoza, "A reinforcement learning algorithm for optimal Virtual network functions allocations among 5G edge computing centers", supervisat per E. García (UPC), B. Bakhshi (CTTC), J. Mangues (CTTC) i E. Zeydan (CTTC), juliol 2021.
- Joan Carles Montero, "Optical Communications via Low Orbit Satellites", supervisat per Mercè Feliu (Escola Laia Arquera) i Joan Bas (CTTC), gener 2021.

- Petrella, "Multi-step Traffic Prediction at the Mobile Edge through Distributed and Transfer Learning", supervisat per M. Rossi (University of Padova), M. Miozzo (CTTC) i P. Dini (CTTC), desembre 2021.

Transferència d'investigadors al teixit industrial

Dins de la missió del CTTC es troba la transferència de coneixement al teixit industrial i empresarial. Una manifestació d'aquesta transferència és la formació de professionals especialitzats que temporalment desenvolupen i adquireixen un coneixement avançat en les àrees de competència del CTTC i decideixen incorporar-se més tard al teixit industrial i empresarial. De manera complementària, cal destacar que durant l'any 2021 s'ha realitzat la següent transferència d'investigadors al teixit industrial. Al 2021, 9 investigadors es van incorporar a diferents empreses del sector amb diferents rols professionals. .

4. RELACIÓ D'INDICADORS

Com a referència a l'acord que es va establir entre l'administració de la Generalitat de Catalunya, mitjançant el Departament d'Economia i Coneixement, i la Fundació CTTC [CP17], s'indiquen a continuació els valors dels indicadors de compliment d'objectius que recollia l'acord, actualitzats d'acord a la proposta de modificació dels indicadors 9, 10 i 11, presentada al 2020 a la reunió del Patronat. Els resultats marcats amb fons gris corresponen al promig dels darrers tres anys.

Objectius estratègics generals (PONDERACIÓ: 82%)

1.1 Potenciar la capacitat d'obtenció de recursos competitius del CTTC mitjançant la participació dels investigadors del centre en convocatòries competitives i contractes amb empreses (PONDERACIÓ: 20%)

Indicador 1.1	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(1) Ingressos competitius obtinguts per convocatòria	2.080.000 €	3.513.924 €	100 %
(2) Ingressos competitius obtinguts per contractes o convenis	620.000 €	1.210.954 €	
(3) Ingressos per explotació de la propietat industrial	100.000 €	13.918 €	

1.2 Potenciar l'excel·lència en la producció científica mitjançant la publicació d'articles en revistes especialitzades de reconegut prestigi (PONDERACIÓ: 20%)

Indicador 1.2	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(4) Nombre d'articles indexats en base de dades ISI	0,75/Dr	1,29/Dr	30%
(5) Factor d'impacte	1	4,8	30%
(6) Primers quartils de l'especialitat	30%	66%	30%
(7) % Publicacions en accés obert sobre el total de publicacions	100%	100%	10%

1.3 Portar a terme activitats de formació de personal investigador en col·laboració amb les universitats relacionades amb els àmbits de la recerca duta a terme pel centre (PONDERACIÓ: 15 %)

Indicador 1.3	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(8) Tesis llegendes i dirigides per investigadors del CTTC	2	4	100 %

1.4 Foment de la transferència de tecnologia/coneixement (PONDERACIÓ 10 %)

Indicador 1.4	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(9) Nombre de projectes d'innovació per a la creació/participació en spin-off via EAAA o altres	3	1	30%
(10) Nombre de declaracions d'invençions/innovacions	5	1	35%
(11) Evolució del registres d'IP de les invençions/innovacions	3	5	35%

1.5 Posicionament en el context europeu i mundial (PONDERACIÓ 10 %)

Indicador 1.5	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(12) Mantenir el compliment de les condicions del segell HRS4R	Si	Si	100 %

1.6 Contribuir a l'actualització de la base de dades UNEIX (PONDERACIÓ 7 %)

Indicador 1.6	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(13) Lliurament anual de les dades UNEIX a la SUR	Si	Si	100 %

Objectius estratègics específics del CTTC (PONDERACIÓ 18 %)

2.1 Consolidació de les activitats de recerca, transferència tecnològica i promoció del CTTC mitjançant la publicació en revistes científiques d'elevada reputació i en entorns científic-tècnics d'elevada reputació (congressos, plataformes tecnològiques, etc.).

Indicador 2.1	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(14) Publicacions en conferències	60	140	40 %

2.2 Implementació d'un sistema intern d'avaluació de la productivitat científica a través dels exercicis d'autoavaluació (Productivity Report) realitzats pel personal de Recerca i Enginyeria.

Indicador 2.2	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(15) Realització Productivity Report	Si	Si	10 %

2.3 Manteniment i adaptació continua de l'estructura organitzativa del CTTC amb l'estratègia i objectius del CTTC.

Indicador 2.3	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
---------------	---------------	---------------	----------

(16) Informe positiu d'auditoria segons la norma UNE 166022-2014	Si	Si	10 %
--	----	----	------

2.4 Participació en l'organització d'esdeveniments científic-tècnics d'interés per a la comunitat científica.

Indicador 2.4	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(17) Organització d'esdeveniments científic-tècnics	2	9	15 %

2.5 Desenvolupament de demostradors (testbeds) per a prova de concepte de tecnologies punteres i seves activitats en projectes d'investigació.

Indicador 2.5	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(18) Demostradors tecnològics actius en projectes	5	7	15 %

2.6 Estratègia del CTTC

Indicador 2.6	Objectiu 2021	Obtingut 2021	Ponderat
(19) Revisió i actualització anual del pla estratègic, segons els comentaris rebuts en l'informe del comitè científic i les observacions rebudes en l'informe d'auditoria de la norma UNE166002 i certificació Tecnio	Si	Si	10 %

Taula 14. Detall dels indicadors afectats per les mitjanes dels últims tres anys.

	2021	2020	2019	Mitjana sobre últims 3 anys
Ingressos competitiu	3.999.613 €	3.325.339 €	3.225.823 €	3.516.925 €
Ingressos per contractes	1.129.210 €	1.468.532 €	1.051.652 €	1.216.465 €
IPR	10.509 €	10.509 €	20.734 €	13.917 €
Nombre articles indexats (ISI) / doctor	1,48	1,33	1,05	1,29
Factor d'impacte mig	4,80	4,70	4,81	4,77
Primer quartil d'especialitat	62%	62%	74%	0,66%
Tesis doctorals	4	4	4	4,00

5. ANNEX A: DOCUMENTS DE REFERÈNCIA

- [CP17-20] Contracte Programa entre l'administració de la Generalitat de Catalunya, mitjançant el Departament d'economia i coneixement, i la fundació Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC). 2017
- [RSC19] Report of the 9th Scientific Committee meeting, Centre Tecnològic de telecomunicacions de Catalunya, en procés.
- [PRTR] Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, Gobierno de España, <https://planderecuperacion.gob.es/>
- [EIT5G] [Estrategia de Impulso de la tecnología 5G](#), Ministerio de Asuntos Económicos y Transición Digital, Gobierno de España.

6. ANNEX B: ACRÒNIMS

ACRÒNIM	DESCRIPCIÓ
5G PPP	5G Infrastructure Public Private Partnership
6G IA	6G Smart Networks and Services Industry Association
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
B5G	Beyond 5G
CAM	Connected and Automated Mobility
C&C	Charter and Code
CPET	Equips de protecció civil i emergències
EGMS	European Ground Motion Service
ESA	European Space Agency
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FSK	Frequency Shift Keying
GDPR	General Data Protection Regulation
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
HRS4R	Human Resources Strategy for Researchers
IA	Intel·ligència Artificial
IoT	Internet of Things
ITN	Innovative Training Network
LDPC	Low Density Parity Check
MAC	Medium Access Layer

MANO	Management & Orchestration
MEC	Mobile Edge Computing
ML	Machine Learning
MSCA	Marie Skłodowska-Curie
NTN	Non Terrestrial Network
ONF	Open Networking Foundation
OTCC	Optical Transport Configuration and Control
PSI	Persistent Scatterer Interferometry
QKD	Quantum Key Distribution
RAN	Radio Access Network
R+D	Recerca i Desenvolupament
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SAR	Synthetic Aperture Radar
SDM	Spatial Division Multiplexing
SDN	Software Defined Networking
SDR	Software Defined Radio
TIC	Tecnologies de la Informació i la Comunicació
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WIPO	World Intellectual Property Organization

7. ANNEX C: HISTÒRIC DE TESIS DOCTORALS

2021

1. J. Baranda, End-to-End Network Service Orchestration in Heterogeneous Domains for Next-generation Mobile Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
2. F. Locatelli, Study and Application of Spectral Monitoring Techniques for Optical Network Optimization, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
3. A. Mahajan, Machine Learning Assisted QoT Estimation for Optical networks Optimization, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
4. M. E. Parés, A Geodetic Approach to Precise, Accurate, Available and Reliable Navigation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2020

5. A.Tsitsimelis, Advanced Signal Processing Techniques for Robust State Estimation Applications in Smart Grids, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
6. D.Temesgene, Traffic Control for Energy Harvesting Virtual Small Cells via Reinforcement Learning, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
7. H.D.Trinh, Data Analytics for Mobile Traffic in 5G Networks using Machine Learning Techniques, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
8. N.Piovesan, Network Resource Allocation Policies with Energy Transfer Capabilities, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2019

9. D.Shrestha, Impulsive Noise cancellation and Channel estimation in Power Line, setembre 2019.
10. M.A. Rojas, Nuevo Método de Detección Espectral para Sistemas Multiportadora basados en la Radio Cognitiva, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
11. L.Martín, Programmable DSP-enabled multi-adaptive Optical transceivers based on OFDM Technology for Software Defined Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
12. A.Mayoral, Integrated IT and SDN Orchestration of multi-domain multi-layer transport networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2018

13. M.Miozzo, Energy Sustainability of Next Generation Cellular Networks through Learning, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
14. A.Kalalas, Cellular Networks for Smart Grid Communication, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2017

15. M.Calvo-Fullana, Estimation and Control in Energy Harvesting Wireless Communication, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
16. P.Henarejos, Polarization and Index Modulations: a Theoretical and Practical Perspective, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2016

17. A.Moragrega, Optimization of Positioning Capabilities in Wireless Sensor networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
18. F.Vázquez-Gallego, Towards Zero-Power Wireless Machine-to-Machine Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
19. O.Tan, Privacy-Preserving Energy Management Techniques and Delay-Sensitive Transmission Strategies for Smart Grids, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
20. J.Moysen, Self Organisation for 4G/5G Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
21. J.Serra, Shrinkage corrections for sample linear estimators in the small sample size regime, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2015

22. V.Jorroughi, Next Generation Multibeam Satellite Systems, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
23. M.Espinosa, Reconfigurable Frequency Measurement Devices, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

24. K.Ntontin, Exploiting Spatial Modulation and Analog Network Coding for the Design of Energy-Efficient Wireless Networks , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2014

25. K.Niotaki, Design of Efficient Microwave Power Amplifier Systems , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
26. L.Nadal, Design and implementation of low complexity adaptive optical OFDM systems for software-defined transmission in elastic optical networks , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
27. T.Predojev, Energy-efficient Wireless Communication Schemes and Real-Time Middleware for Machine-to-Machine Networks , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
28. N. Devanthery, High-resolution deformation measurement using Persistent Scatterer Interferometry , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
29. J. Núñez, Self-Organized Backpressure Routing for the Wireless Mesh Backhaul of Small Cells , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
30. J. Ferragut, Traffic and Mobility Management in Large-Scale Networks of Small Cells , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
31. M. Gregori, Transmission strategies for wireless energy harvesting nodes , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
32. M. Á. Vázquez, Beamforming Design and Power Control for Spectrum Sharing Systems , PhD Dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2013

33. R. Vilalta, On the Resource Abstraction, Partitioning and Composition for Virtual GMPLS-Controlled Multi-layer Optical Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
34. M. Chochol, Characterization and design of coherent optical OFDM transmission systems based on Hartley Transform, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
35. L. Berbakov, Collaborative Beamforming Schemes for Wireless Sensor Networks with Energy Harvesting Capabilities , Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
36. Bartoli, Security Protocols Suite for Machine-to-Machine Systems , Director: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
37. O. Font, Digital design and experimental validation of high-performance real-time OFDM systems, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
38. A.Acampora, Nonlinear Simulation and Design of Microwave Distributed Multi-Device Autonomous Circuits, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
39. G.Cocco, Application of Network Coding in Satellite Broadcast and Multiple Access Channels, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2012

40. A.Antonopoulos, Network Coding-aided MAC Protocols for Cooperative Wireless Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
41. A.Bukva, GMPLS-based provisioning of Ethernet connections over WSON with Quality of Service, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
42. D.Sacristán, Feedback of Channel State Information in Multi-Antenna Systems Based on Quantization of Channel Gram Matrices, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
43. J.Arribas , GNSS Array-based Acquisition: Theory and Implementation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

44. A.Galindo-Serrano, Self-organized Femtocells: a Time Difference Learning Approach, PhD Dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
45. M.Shaat, Resource Management in Multicarrier Based Cognitive Radio Systems, PhD Dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2011

No hi ha tesis doctorals.

2010

46. P.Miškovský, Jr., UWB Antenna design for Communication System Performance Optimization, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
47. J.Matamoros, Decentralized parameter and Random Field Estimation with Wireless Sensor Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
48. D.Gregoratti, Randomized Space-Time Block Coding for the Multiple-Relay Channel, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2009

49. J.Alonso, Design and Analysis of Medium Access Control Protocols for Ad hoc and Cooperative Wireless Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
50. I.Gutiérrez, Adaptive Communications for Next Generation Broadband Wireless Access Systems, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
51. J.Gómez, On the Energy Efficiency of Cooperative Wireless Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2008

52. E.Rubio, Generalized Consistent Estimation in Arbitrarily High Dimensional Signal processing, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
53. A.Del Coso, Achievable Rates for Gaussian Channels with Multiple Relays, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2007

54. R.Martínez, Experimental GMPLS-based Routing for Dynamic Lightpath Provisioning and Recovery in all-optical WDM Networks, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
55. M.Payaró, Impact of Channel State Information on the Analysis and Design of Multi-antenna Communications Systems, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
56. N.Zorba, Multibeam Opportunistic Downlink Beamforming in Wireless Communication Systems, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

2006

57. J.López, Antenna Selection Techniques in Single- and Multi-user Systems: A Cross-layer Approach, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
58. M. Realp, PHY-MAC Scheduling and Multiplexing with Multi-User Diversity, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

8. ANNEX D: RESUM DE PATENTS PUBLICADES

[23_PA2014/ WO 2015/113603] **Mètode i sistema per proporcionar diversitat en la polarització de les antenes**

Un mètode i sistema per proporcionar diversitat en la polarització de les antenes, anomenat aquí modulació polaritzat (PM), que comprèn un receptor amb una sola antena de recepció que és el doble polaritzat per rebre un senyal i per obtenir $b + l$ bits d'informació d'un símbol s transmès per una antena que transmet una única polaritzada doble. El receptor comprèn un bloc estimador per a l'estimació del bit addicional c per determinar si una primera polarització o una segona polarització s'utilitza en la transmissió, a fi de recuperar els $b + l$ bits d'informació. El polaritzat de modulació proposat (PM) aprofita la modulació espacial (SM), però es va aplicar per a la polarització en lloc d'antenes, en les comunicacions per satèl·lit mòbils i fixes, la qual cosa garanteix un augment del rendiment alhora que garanteix un increment mínim en el consum d'energia i una qualitat de Servei.

[28_PA2015/ WO 2017/114577] **Jaló (pal de topografia) millorat**

Els sistemes de pal de topografia inclinables GNSS actuals es basen en sensors de magnetòmetre. L'ús d'aquests tipus de sensors implica una degradació del rendiment quan es treballa a prop de camps magnètics. La invenció proporciona un nou enfocament per a la determinació dels sistemes de pals, capaç de proporcionar el rendiment requerit fins i tot quan es treballa a prop de camps magnètics.

[29_PA2016/ WO 2018/024316] **Conversor delta-sigma amb circuit PM/FM no-lineal**

Un dispositiu, sistema i mètode de millora de la conversió analògica / digital. S'utilitza un convertidor de sigma delta millorat que inclou una modulació i demodulació de fase o freqüència. El convertidor de sigma delta millorat obté guanys més alts que el tradicional convertidor de Delta Sigma, conservant o millorant els guanys de sobre-amplificació i configuració de soroll d'aquests convertidors.

[20_PA2013/ 2782304] **Mètode per equalitzar un banc de filtres amb modulació multiportadora (FBMC)**

Un mètode per igualar el senyal rebut en comunicacions basades en modulacions multicarrier de banc de filtres i, més particularment, un mètode i sistema especialment avantatjós en situacions en què la selectivitat de freqüència de canal és excepcionalment alta. El mètode millora significativament el rendiment d'algoritmes tradicionals d'equació de bancs de filtres basats en filtres de resposta d'impuls finit a la sortida del banc de filtratge de recepció. A més, el sistema consta de múltiples estadis paral·lels, el nombre dels quals es pot sintonitzar per aconseguir un bon compromís entre el rendiment i la complexitat computacional. Gràcies a aquesta estructura modular i al fet que la major part de l'arquitectura es pot implementar de manera eficient utilitzant transformades de Fourier ràpides, el sistema presenta una complexitat computacional molt baixa en comparació amb els equalitzadors més tradicionals per a les modulacions del portador de filtres.

[25_PA2010/ 2413158] **Un mètode per a monitoritzar el terreny i característiques de desplaçament causades per l'home, utilitzant dades de radars de terra d'apertura sintètica (GBSAR)**

Un mètode per controlar el terreny i desplaçaments de característiques artificials que inclouen preprocessos de imatges complexes de SAR adquirides en una primera i posterior campanya mitjançant un instrument GBSAR per obtenir una imatge SAR mitjana incoherent per a cada campanya; seleccionant, a cadascuna de les imatges SAR mitjanes incoherents, els píxels representatius de les dianes, respectivament, en cadascun d'aquests conjunts de dades d'imatge SAR, els dits objectius s'escolliran entre els reflectors artificials, si s'implementen a la zona d'interès i són naturals reflectors de la zona d'interès; realitzar una imatge global que coincideixi amb els píxels seleccionats per obtenir un conjunt de parells de canvis globals expressats en píxels i seleccionant una pluralitat de parells de canvis globals de puntuació de qualitat; estimar els efectes de reposicionament de GBSAR obtenint una màscara que inclou píxels d'àrea estable que corresponen a àrees estables a la zona d'interès, calculant un subconjunt de desplaçaments globals que cauen a la màscara, estimant una transformació de co-registre a causa del subconjunt de canvis globals. i produir un conjunt de paràmetres de co-registre modelant els efectes de reposicionament de GBSAR; estimar parells de desplaçaments per a cada campanya restant els efectes de reposicionament de GBSAR modelats pels paràmetres de co-registre del conjunt de parells de canvis globals, obtenint així una pluralitat de

desplaçaments de desplaçaments expressats en píxels que, convertint els desplaçaments de desplaçaments expressats en píxels en desplaçaments expressats en una unitat de desplaçament i obtenint un conjunt de parells de desplaçaments estimats definits en un espai d'objectes mitjançant la geocodificació que implica una transformació imatge-objecte.

[IIDF 2019_1/] **Mètode i sistema per a operacions de xarxa basats en aplicacions natives al núvol**

Aquesta invenció inclouen una arquitectura nativa cloud per a controladors per a SDN (xarxes definides per programari) basada en l'arquitectura ABNO (operativa de xarxa basada en aplicacions) i interfícies per a gRPC (crides procedurals de Google) amb mecanismes d'auto-escalat automàtic per a càrregues elevades de peticions i suport per a reparació automàtica. L'arquitectura micro-ABNO nativa cloud té diversos avantatges clau que beneficien l'automatització de la xarxa. En concret la invenció proporciona un major grau de flexibilitat, estabilitat i escalabilitat que els controladors SDN monolítics actuals. L'aplicació de control i gestió de xarxes natius pel cloud proporcionarà als operadors de xarxa un grau més elevat d'automatització de la xarxa.

9. ANNEX E: ANÀLISIS INTERN PLA D'IGUALTAT DE GÈNERE

Les dades presentades en aquest anàlisi tenen com a referència l'estat actual de la plantilla a data 31/12/2021.

	Dones	%	Homes	%	Total
Plantilla disgregada per sexes	35	30.97	78	69.02	113
	Dones	%	Homes	%	Total
Plantilla amb contracte fixe	27	34.17	52	65.82	79
Distribució de la plantilla per edats					
Edat	Dones	%	Homes	%	Total
20-29 anys	6	54.5	5	45.5	11
30-39 anys	11	26.2	31	73.8	42
40-49 any	12	27.3	32	72.7	44
50-59 anys	6	46.2	7	53.8	13
60 anys o més	0	0.0	3	100.0	3

Distribució de la plantilla per tipus de contracte					
Tipus de contracte	Dones	%	Homes	%	Total
Temporal a temps complert	10	23.81	32	76.19	42
Temporal a temps parcial	0	0.00	1	100.00	1
Indefinit a temps complert	22	33.33	44	66.67	66
Indefinit a temps parcial	2	100.00	0	0.00	2
Beca formació	1	50.00	1	50.00	2
Altres	0	0.00	0	0.00	0

Distribució de la plantilla per antiguitat					
Antiguitat	Dones	%	Homes	%	Total
Menys d'1 any	10	40	15	60	25
d'1 a 2 anys	4	25	12	75	16
de 3 a 5 anys	2	20	8	80	10
mes de 5 anys	19	30.64	43	69.35	62

Distribució de la plantilla per nivell d'estudis					
Nivell d'estudis	Dones	%	Homes	%	Total
PhD	9	15.52	49	84.48	58
Llicenciatura	19	42.22	26	57.78	45
Diplomatures/Enginyeries Tècniques	0	0.00	0	0.00	0
Formació Professional I i II	6	75.00	2	25.00	8
Altres	1	50.00	1	50.00	2

Distribució de la plantilla per categories i nivell d'estudis					
Categoria	Grup professional	Nivell d'estudis	Dones	%	Homes
1A	personal de manteniment	Altres	0	0	1
2A	Auxiliar administratiu	CFGS	1	100	0
2D	Administratiu	CFGS	1	100	0
3A	Auxiliar administratiu	CFGS	1	100	0
3B	Administratiu	Grau universitari	1	100	0
	Auxiliar administratiu	CFGS	1	100	0
	Tècnic	CFGS	0	0	1
3C	Administratiu	CFGS	2	100	0
3D	secretraria de direccion	Grau universitari	1	100	0
4B	Administratiu	Grau universitari	1	100	0
5A	Operador TIC	MSc	0	0	1
6A	Responsable RRHH	MSc	1	100	0
6B	Oficial de primera	MSc	1	100	0
	Responsable econòmica	MSc	1	100	0
6C	Responsable del suport informàtic	MSc	0	0	1
R2A	Enginyer	MSc	1	100	0
	Investigador	MSc	1	33.33	2
		PhD	1	50	1
R2B	Dr. Enginyer telecomunicacions	PhD	0	0	1
	Enginyer	MSc	0	0	4
	Enginyer amb PhD	PhD	1	100	0
	Investigador	MSc	0	0	1
		PhD	0	0	4
R2C	Doctor	PhD	0	0	1
	Enginyer	MSc	0	0	2
	Investigador	PhD	1	25	3
R3A	Enginyer	MSc	0	0	1
		PhD	0	0	1
	Investigador	PhD	0	0	1
R3B	Dr. Enginyer telecomunicacions	PhD	0	0	1
	Investigador	PhD	2	25	6
R3C	Enginyer	PhD	0	0	1
	investigador	PhD	0	0	7
R4A	Direc relac internacionales	PhD	0	0	1
	Investigador	PhD	1	16.66	5
Sense categoria	Administrador general	MSc	1	100	0
	Auxiliar administratiu	CFGS	1	100	0
	Ajudant d'investigador	MSc	2	50	2
		PhD	0	0	1
	becari	CFGS/Grau universitari	1	50	1

Enginyer	MSc	0	0	1
Investigador	MSc	0	0	3
	PhD	0	0	5
Investigador posdoctoral	PhD	4	40	6
Investigador postdoc	PhD	0	0	1
Investigador predoctoral	MSc	4	28.57	10
	PhD	0	0	1
Software developer	MSc	0	0	1
Tècnic llicenciat en dret	MSc	1	100	0

Incorporacions					
	Dones	%	Homes	%	Total
Any 2016	2	16.66	10	83.33	12
Any 2017	5	38.46	8	61.53	13
Any 2018	3	33.33	6	66.66	9
Any 2019	4	21.05	15	78.94	19
Any 2020	7	36.84	12	63.15	19
Any 2021	5	35.71	9	64.28	14

Baixes					
	Dones	%	Homes	%	Total
Any 2016	1	12.5	7	87.5	8
Any 2017	2	25	6	75	8
Any 2018	6	50	6	50	12
Any 2019	1	9.1	10	90.9	11
Any 2020	6	31.6	13	68.4	19
Any 2021	5	29.4	12	70.6	17



Advanced research for everyday life

Parc Mediterrani de la Tecnologia - Building B4
Av. Carl Friedrich Gauss 7
08860 - Castelldefels
Barcelona (Spain)
www.cttc.es



HR EXCELLENCE IN RESEARCH