



**Fundació Institut Català d'Investigació Química**

**PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES PER A LA CONTRACTACIÓ, PEL PROCEDIMENT OBERT, SUBJECTA A REGULACIÓ HARMONITZADA, DEL DISSENY I PROJECTE DE FABRICACIÓ DE QUATRE UNITATS MÒBILS D'ASSAIG DE TECNOLOGIES DE DESCARBONITZACIÓ PER A L'INSTITUT CATALÀ D'INVESTIGACIÓ QUÍMICA**

**EXP: 11-2024**

**PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNiques PER A LA CONTRACTACIÓ, PEL PROCEDIMENT OBERT, SUBJECTA A REGULACIÓ HARMONITZADA, DEL DISSENY I PROJECTE DE FABRICACIÓ DE QUATRE UNITATS MÒBILS D'ASSAIG DE TECNOLOGIES DE DESCARBONITZACIÓ PER A L'INSTITUT CATALÀ D'INVESTIGACIÓ QUÍMICA.**

**1. Objecte de contracte**

L'empresa licitadora que no compleixi amb els requeriments descrits al present apartat, serà exclosa del procés.

L'objecte principal del present contracte consistirà en el disseny i projecte de fabricació de quatre unitats mòbils d'assaig de tecnologies de descarbonització destinades a l'avaluació de diferents tecnologies innovadores en la captura i ús de CO<sub>2</sub> per a la indústria catalana intensiva en consum d'energia i difícil abatiment de CO<sub>2</sub>: sector siderúrgic, sector cimentar, sector residus i sector petroquímic.

L'ús de les esmentades quatre unitats d'assaig tindrà com a objectiu avançar en la captura de CO<sub>2</sub> des de TRLs 4/5 a TRLs 6/7 d'una manera viable econòmicament i socialment acceptada, generant avenços científico-tecnològics i sinèrgies entre diferents sectors industrials i en l'ús de CO<sub>2</sub>.

L'objecte de contracte de la present licitació forma part d'un projecte que té per objectiu dissenyar i desplegar Instal·lacions d'Experimentació i Testeig (Testing and Experimenting Facilities-TEFs) mitjançant la cooperació públic-privada que actuïn com a llocs de referència especialitzats en diferents tecnologies i en els que es pugui provar i experimentar a escala pre-industrial solucions i configuracions que contribueixin a la descarbonització dels processos industrials. Aquestes instal·lacions seran unitats d'assaig mòbils on els desenvolupadors de tecnologia i les indústries podran provar els últims avenços en entorns pre-industrials. Això inclou suport per a la integració, prova i experimentació completes que permetin resoldre problemes i millorar solucions en un sector d'aplicació determinat, incloses la validació i la demostració.

El projecte contempla un escenari de continuïtat, més enllà d'aquest impuls inicial, que refermi la cooperació públic-privada a mitjà-llarg termini per desenvolupar els avenços necessaris.

En aquest sentit, les empreses licitadores seran responsables, addicionalment al disseny i la planificació, de l'entrega dels procediments que corresponguin per a la seva legalització i de la memòria tècnica de la instal·lació de cada una de les 4 unitats d'assaig mòbils que inclogui també aquests aspectes. Així mateix, seran responsables, si s'escau, del disseny i seguiment de les potencials adequacions de la instal·lació per impossibilitat de funcionament o per funcionament deficient degut a un disseny inadequat. El període de garantia serà assolit després de 4 mesos de funcionament continuat sense incidències per disseny inadequat o deficient.

Els eixos bàsics que ha de contenir el disseny i planificació de la fabricació de les 4 unitats d'assaig mòbils, han d'incloure l'estudi de viabilitat, disseny conceptual, enginyeria bàsica i de detall i projecte de fabricació per a tres unitats d'assaig de captura de CO<sub>2</sub> i una unitat d'assaig d'ús de CO<sub>2</sub>:

1. Estudi de viabilitat: interacció sectorial per preparar cadascuna de les 4 unitats d'assaig a la indústria catalana intensiva en el consum d'energia: sector siderúrgic, sector cimenter, sector residus i sector petroquímic.
2. Disseny conceptual: desenvolupament d'un disseny per a cada unitat mòbil, incloent la tecnologia de captura de CO<sub>2</sub> i ús requerits, així com la determinació d'un rang en la capacitats de captura i els fluxos de procés. Les unitats d'assaig mòbils seran modulars, d'instal·lació temporal i permetran l'assaig de nous materials avançats que poden reduir els costos de captura i ús de CO<sub>2</sub> i d'energia associats amb el procés.
3. Enginyeria bàsica: elaboració de plans i especificacions detallades basades en el disseny conceptual, incloent dissenys i simulacions de procés, diagrames de flux, plànols, entre altres.
4. Assessorament en l'aprovisionament d'equips i materials: assessorament a l'òrgan de contractació en l'adquisició dels equips, materials i subministraments segons les especificacions elaborades en la fase anterior i necessaris per a la fabricació de les quatre unitats d'assaig mòbils, assegurant la qualitat i compliment dels requisits tècnics.
5. Enginyeria de detall: desenvolupament dels detalls tècnics i constructius necessaris per a la implementació del projecte, incloent càlculs estructurals, disseny de canonades i instrumentació, plànols constructius, entre altres.
6. Disseny i Fases de Fabricació: elaboració del disseny i del projecte de fabricació per fases de les quatre unitats d'assaig, establint el pressupost d'execució, tant a nivell temporal com monetari. En el seu disseny, les 4 unitats han de tenir versatilitat per poder incorporar de manera operativa millores de procés o/i adequació als diferents assajos.

Les activitats que haurà d'assumir l'empresa licitadora són les següents:

- Disseny de quatre unitats mòbils d'assaig de tecnologies de descarbonització definides en els presents PPT incloent l'enginyeria bàsica i de detall necessàries per a la seva futura fabricació.
- Definició dels materials i components necessaris per a cada unitat d'assaig mòbil.
- Procediment de legalització i de posada en marxa i aturada. Ha d'incloure el test de garanties. (No superar el test de garanties implicaria la pèrdua de la garantia definitiva dipositada per l'empresa adjudicatària).
- Manual de manteniment ordinari i extraordinari de la instal·lació de cada una de les 4 unitats mòbils d'assaig i llista de recanvis mínims associats per tal de garantir un funcionament continuat.
- Estimació del cost econòmic per a la fabricació de cada unitat d'assaig mòbil.

- Estimació del cost de les tasques de direcció de la fabricació.
- Descripció i estimació del cost de les operacions que assegurin la mobilitat de les unitats d'assaig.
- Planificació del procés de fabricació de cadascuna de les quatre unitats d'assaig mòbils: planificació temporal, fases d'actuació necessàries i accions incloses en cada fase.

Les quatre unitats d'assaig mòbils a dissenyar són les següents:

- I. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent sòlid.
- II. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per absorció mitjançant un sorbent líquid.
- III. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per carbonatació.
- IV. Unitat d'assaig mòbil dedicada a l'ús de CO<sub>2</sub> per conversió a productes de valor afegit.

La fabricació, la direcció de la fabricació, la posada en marxa, l'ús i el manteniment de les unitats d'assaig, així com l'execució de projectes empresarials associats a l'ús d'aquestes unitats d'assaig mòbils **no són objecte del present contracte.**

## **2. Característiques tècniques de les quatre unitats d'assaig mòbils a dissenyar**

Al present apartat es descriuen les característiques tècniques que hauran de tenir les unitats d'assaig dissenyades per l'empresa licitadora.

Amb l'objectiu de facilitar la implementació pràctica de solucions circulars adaptades a la realitat de les empreses catalanes intensives en el consum d'energia, les quatre unitats d'assaig hauran de ser diferents, modulars, mòbils i fàcilment transportables per a avaluar la viabilitat tècnica i econòmica de solucions pre-industrials que contribueixin a la descarbonització i l'ús de CO<sub>2</sub>, de manera cost-eficient, amb un enfocament versàtil per poder tractar diferents gasos de combustió (amb percentatges baixos de CO<sub>2</sub>, provinents normalment de processos de post-combustió, aprox. 10% i percentatges alts d'oxi-combustió, aprox. 70%), en diferents condicions operatives de cabal, temperatura, pressió i variabilitat en la composició, i en diferents emplaçaments per tal que les solucions tecnològiques a valorar es pugin demostrar en condicions d'operació diferents i representatives en cada sector.

Les quatre unitats d'assaig han d'estar basades en tecnologies aplicables a qualsevol de les indústries catalanes intensives en energia i emissions de CO<sub>2</sub>. Tres de les unitats d'assaig han de ser destinades a la captura de CO<sub>2</sub> i la quarta a l'ús de CO<sub>2</sub>.

Les quatre unitats d'assaig mòbils a dissenyar són les següents:

- I. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent sòlid.
- II. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per absorció mitjançant un sorbent líquid.
- III. Unitat d'assaig mòbil dedicada a la captura de CO<sub>2</sub> per carbonatació.

- IV. Unitat d'assaig mòbil dedicada a l'ús de CO<sub>2</sub> per conversió d'aquest a productes de valor afegit.

**Totes quatre unitats d'assaig han de seguir els requeriments tècnics generals descrits a continuació:**

- Han de ser mòbils o amb mobilitat reduïda en el cas de l'ús de CO<sub>2</sub>. Cal poder garantir el canvi d'emplaçament de les unitats d'assaig, si s'escau, per tal de permetre l'ús d'aquestes en diferents ubicacions industrials. El disseny ha de permetre l'assemblatge, desassemblatge i transport per Catalunya de manera eficient i sense perjudicar la usabilitat de la unitat d'assaig.
- Han de poder-se connectar a emissions de gas amb contingut variable de CO<sub>2</sub> d'instal·lacions industrials del sector siderúrgic, sector cimentar, sector de tractament de residus i sector petroquímic.
- Han de ser compatibles amb les fonts d'emissió de CO<sub>2</sub> existents a les instal·lacions industrials actuals.
- Cada unitat d'assaig mòbil ha de ser capaç de capturar CO<sub>2</sub> de manera efectiva del flux de gas d'escapament, assolint una eficiència mínima desitjada.
- Cada unitat d'assaig mòbil ha de tenir un consum d'energia acceptable pel procés de captura, de manera que el cost energètic millori l'estat de l'art actual.
- El procés que tingui lloc a les unitats d'assaig dissenyades ha de ser escalable a una capacitat comercial viable si els resultats són prometedors.
- Els components de cada unitat d'assaig mòbil han de ser duradors i fàcils de mantenir per garantir l'operació contínua i minimitzar els costos de manteniment.
- Tots els components i materials amb què s'hauran de fabricar les unitats d'assaig mòbils seguint el disseny proposat, hauran de disposar de Declaració de Conformitat del fabricant i marcatge CE en base a les normes de disseny, seguretat o fabricació que li siguin d'aplicació a la Unió Europea.
- El disseny i la fabricació proposats per a les unitats d'assaig objecte de contracte, han de conduir a tenir unes unitats d'assaig mòbils amb certificació CE de tot el conjunt (de cada unitat d'assaig), prèvia avaluació per un Organisme de Control Autoritzat.
- Cada unitat d'assaig ha de dissenyar-se i fabricar-se-se de tal manera que sigui susceptible d'obtenir una llicència d'instal·lació mòbil.
- Les unitats d'assaig mòbils han de comptar amb sistemes de monitoratge i control del procés que hi té lloc per a garantir que el procés estigui funcionant correctament i per permetre ajustos segons sigui necessari.
- El disseny de cada unitat d'assaig mòbil ha de preveure la possibilitat d'una operació remota, sense necessitat de personal permanent als seus emplaçaments.

- El canvi de material actiu en cadascuna de les unitats d'assaig mòbil (catalitzador, sorbent...) s'ha de poder fer de manera fàcil i pràctica.
- Els components i materials que formin part de les unitats d'assaig han de ser aptes per a treballar en ambient industrial.
- Els components i materials que formin part de les unitats d'assaig han de tenir una garantia mínima de dos anys i hi ha d'haver fàcil disponibilitat de recanvis en cas de substitució necessària.
- Cada unitat d'assaig ha d'anar acompanyada d'un manual de manteniment i d'una llista de recanvis de posada en marxa i de recanvis ordinaris mínims per tal de garantir un funcionament continuat.
- Ha de ser possible integrar cada unitat d'assaig amb sistemes d'emmagatzematge de CO<sub>2</sub> o d'utilització de CO<sub>2</sub> capturat, segons sigui necessari per a cada cas específic.
- La instal·lació de qualsevol de les quatre unitats d'assaig a les empreses on s'hauran d'ubicar temporalment, no haurà de suposar una modificació substancial de l'activitat industrial de l'empresa on s'instal·larà temporalment la unitat d'assaig mòbil.
- Les dimensions de cadascuna de les quatre unitats d'assaig han de ser semblants a la d'un contenidor DRY 20': llarg, 6,06 m; ample, 2,43 m; alt, 2,59 m. En cas de ser més grans haurien de poder ser desmuntables i transportables en contenidors de 20'.
- El pressupost estimat per a adquisicions de material i equipament inventariable i el pressupost estimat per a les tasques de construcció i direcció de la construcció del conjunt de les quatre unitats d'assaig mòbils no pot superar 20.600.000,00 €.

**Les característiques específiques que han de tenir les unitats d'assaig mòbils dedicades a captura de CO<sub>2</sub> (I, II i III), són les següents:**

		Estat de l'art	Avenços respecte estat de l'art
Performance en captura de CO <sub>2</sub>	1. Quantitat de captura de CO <sub>2</sub> .	La transferència de la tecnologia des dels laboratoris de R+D a l'escala adequada per la unitat d'assaig preindustrial o industrial està limitada per la barrera que representa escalar el procés de fabricació dels components, en aquest cas els materials sorbents, i l'accés a infraestructures per a avaluar el rendiment d'aquests materials en captura de CO <sub>2</sub> a escala d'unitat d'assaig mòbil.	La unitat d'assaig mòbil ha de ser capaç de processar de manera efectiva rangs amplis de flux de gas d'escapament, i assolir captura CO <sub>2</sub> ≥ 250 kg/dia, assolint una eficiència en la reducció de CO <sub>2</sub> a la corrent de sortida mínima del 90%.
	2. Selectivitat captura CO <sub>2</sub> .	Els requisits indispensables dels materials que s'empraran per a la	La unitat d'assaig mòbil ha de ser capaç d'assolir les condicions òptimes de treball per assolir i mesurar la captura selectiva de CO <sub>2</sub> davant la resta de components majoritaris del corrent de gas de post-combustió, entre altres, CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> i CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> . La concentració de CO <sub>2</sub>

		captura de CO <sub>2</sub> hauran estat validats a escala de laboratori per a garantir unes capacitats de captura mínimes a escala de laboratori abans de provar-los a	respecte els altres gasos ha de ser $\geq 90$ %.
	3. Durabilitat i manteniment.	escala d'unitat d'assaig, per exemple: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitat de captura <math>\geq 0,1</math> g CO<sub>2</sub>/g material.</li> <li>- Selectivitat de captura CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> <math>\geq 90\%</math>.</li> <li>- Estabilitat amb el temps operació (96 h, 4 dies) <math>\geq 90\%</math>.</li> <li>- Escalabilitat de la producció</li> <li>- Altres paràmetres, com l'estabilitat química, l'estabilitat tèrmica i l'estabilitat mecànica.</li> </ul>	Els components de la unitat d'assaig mòbil han de ser duradors i fàcils de mantenir per a garantir l'operació continuada del sistema, d'entre 2000 i 5000 h com a mínim. La unitat d'assaig ha de comptar amb sensors i actuadors que permetin una operació el màxim d'automatitzada possible tot minimitzant els costos de manteniment.
Versatilitat en captura de CO <sub>2</sub>	4. Compatibilitat amb la font d'emissió.	Fonts d'emissió generals: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Post-combustió: diluït (5-15%), a pressió atmosfèrica, a T<sup>a</sup> 60-200 °C i impureses relacionades amb la combustió (entre altres, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>).</li> <li>• Oxidació: concentrat (70%), a pressió atmosfèrica, a T<sup>a</sup> 60-200 °C i impureses relacionades amb la combustió (entre altres, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>).</li> </ul>	La unitat d'assaig mòbil i els seus components han de ser compatibles (components amb resistència tèrmica i química adequada) i fàcilment adaptables (per exemple, modulars per incloure sistemes de pretractament a demanda) a les especificacions de les fonts d'emissió de CO <sub>2</sub> existents. Especialment, les fonts de post-combustió que generalment utilitzen les instal·lacions industrials. La unitat d'assaig haurà de poder treballar amb diverses concentracions de CO <sub>2</sub> , temperatures, i impureses. Aquests rangs de concentracions de treball seran sempre acotats a les característiques de les indústries on s'hauran d'instal·lar les unitats d'assaig mòbils.
	5. Escalabilitat.	La majoria de dissenys d'unitats d'assaig mòbils són poc flexibles limitant la seva aplicació a un rang d'escala molt reduïdes, per exemple, el disseny del sistema i els perifèrics (bombes, mesuradors de cabals, intercanviadors de calor i resta de sistemes auxiliars)	Ha de ser possible escalar el procés dut a terme a les unitats d'assaig mòbils a una capacitat comercial viable si els resultats són prometedors. L'objectiu es tenir un disseny flexible i amb perifèrics adaptables o fàcilment intercanviables per a poder assolir un rang d'operativitat gran, per exemple, entre 250 i 1000 kg/dia de CO <sub>2</sub>

		presenten un rang d'operativitat molt estret.	capturats amb petits canvis del sistema o dels seus perifèrics.
	6. Integració amb sistemes d'emmagatzem atge o utilització.	A la majoria del sistemes de captura de CO <sub>2</sub> , el CO <sub>2</sub> és emmagatzemat temporalment a pressió o líquat en cilindres o dipòsits per al seu posterior transport a un lloc d'emmagatzematge geològic autoritzat.	La unitat d'assaig mòbil ha de contemplar els perifèrics per emmagatzemar el CO <sub>2</sub> temporalment a pressió o líquat en cilindres o dipòsits.
Cost, energia, sostenibilitat, seguretat i recollida dades	7. Eficiència energètica:	En la majoria de sistemes de captura de CO <sub>2</sub> , existeix un gran consum energètic en les etapes de captura de CO <sub>2</sub> (baixar temperatura per al procés exotèrmic), desorció de CO <sub>2</sub> (pujar temperatura per al procés endotèrmic), i emmagatzemat temporal del CO <sub>2</sub> (baixar temperatura o comprimir a 30-60 bar).	La unitat d'assaig mòbil ha de demostrar una reducció del consum energètic significatiu respecte al procés estat de l'art, mitjançant la implantació d'innovacions en el disseny que aprofitin la calor generada en processos exotèrmics.
	8. Competitivitat a nivell de cost.	Actualment, el cost de captura de CO <sub>2</sub> amb sistemes de solucions aquoses d'amines és al voltant de 50 €/ton CO <sub>2</sub> i amb sistemes amb <i>swing sorption</i> , el cost és superior, entre 100-150 €/ton CO <sub>2</sub> . Actualment, les taxes d'emissions de CO <sub>2</sub> a Espanya i a la zona Euro estan entre 70-100 €/ton CO <sub>2</sub> .	La unitat d'assaig mòbil objecte de contracte ha de permetre realitzar anàlisis tecnoeconòmiques exhaustives per demostrar la viabilitat de la implementació industrial de la tecnologia de captura de CO <sub>2</sub> , amb l'objectiu d'assolir una inversió competitiva a curt i mitjà termini que millori les solucions actuals.
	9. Seguretat:		En les fases d'enginyeria bàsica i de detall, s'hi ha d'incloure una anàlisi exhaustiva dels riscos de procés (HAZOP). Un cop identificats els riscos, el disseny haurà d'incloure els dispositius de control i instruments que s'hagin identificat com a necessaris per a operar les unitats d'assaig mòbil amb garanties de protecció de les persones usuàries i del medi ambient. Cal també incloure una proposta de procediments d'operació segurs per operació tant a escala d'operació de la unitat d'assaig en laboratori com en ambient industrial i assegurar el



		compliment de totes les normatives de seguretat pertinents per garantir la protecció del personal i del medi ambient.
	10. Monitoratge i control.	La unitat d'assaig mòbil ha de disposar de sistemes de monitoratge i control per assegurar que el procés funcioni de manera autònoma, amb controlador lògic programable (PLC) amigable i amb un nombre adequat de sensors per permetre ajustos segons el rendiment mesurat en cada moment durant els períodes de funcionament entre 2000 i 5000 h. Els resultats obtinguts seran crucials per poder introduir les tecnologies al mercat.

Les característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO<sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent sòlid (I), són les següents:

Introducció: L'ús d'adsorbents sòlids per a la captura de CO<sub>2</sub>, també conegut com a captura de carboni en estat sòlid, té diferents reptes de desenvolupament que inclouen l'optimització del rendiment de l'absorbent, la millora de l'eficiència energètica de les etapes de captura i la regeneració, la reducció de costos i la garantia de la compatibilitat amb els processos industrials.

	Característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO <sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent sòlid (I).
Sector industrial d'aplicació.	Aquesta unitat d'assaig mòbil (I), s'ha de poder instal·lar en indústries del sector siderúrgic, cimentar i de residus. Eventualment també s'haurà de poder instal·lar a la indústria petroquímica.
Materials sorbents.	Els adsorbents sòlids han de ser MOFs, membranes, zeolites o altres, i combinacions d'aquests materials. Aquests materials hauran d'haver estat avaluats a escala de laboratori.
Quantitat de CO <sub>2</sub> capturat.	La unitat d'assaig mòbil ha de poder capturar 250 kg de CO <sub>2</sub> al dia.
Concentració de CO <sub>2</sub> en el corrent inicial.	L'emissió de gas de la qual s'ha de captar el CO <sub>2</sub> tindrà un % baix de CO <sub>2</sub> (5-15 %)

Les característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO<sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent líquid (II), són les següents:

Introducció: L'ús d'absorbents líquids per a la captura de CO<sub>2</sub>, també conegut com a captura de carboni a base de dissolvents, necessita explorar l'estabilitat del dissolvent, els requisits d'energia per a la regeneració, les pèrdues de dissolvents i les consideracions de costos de sistemes híbrids així com la combinació amb altres tecnologies de captura de carboni, com ara la separació de membrana o la separació criogènica, per millorar el rendiment i l'eficiència generals del sistema.

	Característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO <sub>2</sub> per adsorció mitjançant un sorbent líquid (II).
Sector industrial d'aplicació.	Aquesta unitat d'assaig mòbil (II), s'ha de poder instal·lar en indústries del sector cimentar i de residus. Eventualment també s'haurà de poder instal·lar a la indústria petroquímica.
Materials sorbents.	Els absorbents líquids han de ser amines, líquids iònics o altres. Aquests materials hauran d'haver estat avaluats a escala de laboratori.
Quantitat de CO <sub>2</sub> capturat.	La unitat d'assaig mòbil ha de poder capturar uns 250 kg de CO <sub>2</sub> al dia.
Concentració de CO <sub>2</sub> en el corrent inicial.	L'emissió de gas de la qual s'ha de captar el CO <sub>2</sub> tindrà un % alt de CO <sub>2</sub> (70%).

Les característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO<sub>2</sub> per carbonatació (III), són les següents:

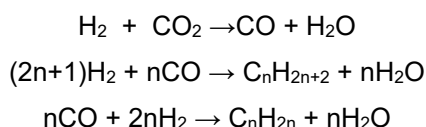
Introducció: El procés de captura i ús de CO<sub>2</sub> mitjançant carbonatació/mineralització implica la transformació del CO<sub>2</sub> capturat en minerals carbonatats estables. Aquest enfocament té com a objectiu emmagatzemar CO<sub>2</sub> de manera permanent i alhora produir materials valuosos que poden trobar diverses aplicacions. El reptes a abordar són diversos com la disponibilitat de materials alcalins adequats, la cinètica de reacció i l'escalabilitat del procés i les aplicacions dels productes finals així com les configuracions de processos i estratègies d'integració energètica per optimitzar l'eficiència global i la viabilitat econòmica del procés de carbonatació/mineralització.

	Característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a captura de CO <sub>2</sub> per carbonatació (III).
Sector industrial d'aplicació.	Aquesta unitat d'assaig mòbil (III), s'ha de poder instal·lar en indústries del sector siderúrgic, cimentar i de residus.
Quantitat de CO <sub>2</sub> capturat.	La unitat d'assaig mòbil ha de poder capturar de 250 kg de CO <sub>2</sub> al dia.
Concentració de CO <sub>2</sub> en el corrent inicial.	L'emissió de gas de la qual s'ha de captar el CO <sub>2</sub> tindrà un % baix de CO <sub>2</sub> (5-15%).

Les característiques específiques que ha de tenir la unitat d'assaig mòbil dedicada a utilització de CO<sub>2</sub> (IV) són les següents:

Introducció: Aquesta unitat d'assaig mòbil ha d'estar enfocada a l'experimentació i testeig d'ús de corrents industrials de CO<sub>2</sub> per a la síntesi d'hidrocarburs mitjançant la integració de RWGS (Reverse Water Gas Shift) i FT (Fischer-Tropsch). La reacció Reverse Water Gas Shift (RWGS) implica la conversió de CO<sub>2</sub> i hidrogen (H<sub>2</sub>) per produir monòxid de carboni (CO) i aigua (H<sub>2</sub>O) mentre que el procés síntesi Fischer-Tropsch (FT) permet la conversió del gas de síntesi (una barreja de CO i H<sub>2</sub>) en hidrocarburs, com ara combustibles líquids o productes químics, obrint un ampli ventall de possibilitats en la cadena de valor. La integració de RWGS amb FT pretén combinar els dos processos per permetre la conversió directa de CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub> en hidrocarburs. Mitjançant l'ús de CO<sub>2</sub> com a matèria primera, aquest enfocament té el potencial de contribuir al reciclatge de diòxid de carboni (upcycling) i mitigar les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Les reaccions implicades en aquesta unitat mòbil (IV), serien les següents:



Malgrat que aquestes tecnologies són conegudes, hi ha marges de millora molt importants i el seu escalat industrial i viabilitat econòmica està per desenvolupar. Els esforços de recerca i desenvolupament se centraran a la implantació de catalitzadors eficients i selectius, optimització de les condicions de reacció i explorar les millors configuracions del reactor per al procés integrat RWGSFT així com en les avaluacions tècnic-econòmiques per tal d'avançar en aquesta tecnologia i explorar el seu potencial per a l'aplicació industrial a gran escala.

Aquesta unitat d'assaig mòbil s'ha de poder instal·lar en indústries del sector petroquímic.

Eventualment s'han de poder instal·lar també en indústries del sector residus, ciment i siderúrgic.

		<b>Estat de l'art</b>	<b>Avenços respecte estat de l'art</b>
<b>Rendiment de la unitat de conversió de CO<sub>2</sub></b>	<b>1. Quantitat de conversió CO<sub>2</sub>.</b>	La transferència de la tecnologia des dels laboratoris de R+D a l'escala industrial està limitada per la barrera que representa l'escalat d'un procés de fabricació dels components, en aquest cas el material catalític, i l'accés a infraestructures per avaluar el rendiment d'aquests materials en processos de conversió de CO <sub>2</sub> amb sistemes versàtils d'hidrogen verd a escala de unitat d'assaig	La unitat d'assaig ha de ser capaç de processar eficaçment amplis rangs de fluxos de gas d'escapament, i d'assolir un processament de CO <sub>2</sub> ≥ 0,5 kg/hora, amb una rendiment (conversió per reactor-pass x selectivitat) mínim en la conversió de CO <sub>2</sub> a productes Fischer-Tropsch del 50%.
	<b>2. Selectivitat conversió CO<sub>2</sub>.</b>		La unitat d'assaig ha de permetre assolir les condicions òptimes de treball per aconseguir i mesurar el rendiment selectiu de CO <sub>2</sub> a fracció nafta (≥40% hidrocarburs de C5-C12 amb punt ebullició entre 30-200 °C) desitjada

	<p><b>3. Durabilitat i mantenibilitat.</b></p>	<p>mòbil. Els materials catalítics per conversió de CO<sub>2</sub> que s'emprin a la unitat d'assaig, hauran d'haver estat validats a escala de laboratori per garantir unes capacitats de conversió mínimes abans de provar-los a escala d'unitat d'assaig, per exemple, a la conversió de CO<sub>2</sub> a productes Fischer-Tropsch:</p> $\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ $(2n+1)\text{H}_2 + n\text{CO} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$ $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n} + n\text{H}_2\text{O}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitat de conversió CO<sub>2</sub> en continu per reactor-pass <math>\geq 60\%</math>.</li> <li>• Selectivitat de conversió CO<sub>2</sub> <math>\geq 80\%</math>.</li> <li>• Estabilitat en el temps d'operació (96 hores, 4 dies) <math>\geq 90\%</math>.</li> <li>• Escalabilitat de la producció i pel·letització del material mínima per produir 1 kg de catalitzador.</li> <li>• Altres paràmetres, com l'estabilitat química, tèrmica i mecànica.</li> </ul>	<p>davant la resta de components incloent CO, C1-C4, C12-C19 i ceres.</p> <table border="1" data-bbox="978 275 1426 461"> <thead> <tr> <th>Low T</th> <th>Sasol Arge</th> <th>High T</th> <th>Sasol Synthol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• low C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub></td> <td>13.3</td> <td>• higher C<sub>1</sub> - C<sub>4</sub></td> <td>43.0</td> </tr> <tr> <td>• low C<sub>5</sub> - C<sub>11</sub></td> <td>17.9</td> <td>• higher C<sub>5</sub> - C<sub>11</sub></td> <td>40.0</td> </tr> <tr> <td>• low C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub></td> <td>13.9</td> <td>• less C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub></td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>• 50-70% wax</td> <td>51.7</td> <td>• low wax</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>• 220-270°C</td> <td></td> <td>• 325 - 350°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• <math>\alpha</math>: 0.87+</td> <td></td> <td>• <math>\alpha</math>: ~0.7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• gasoline/diesel: 1:2</td> <td></td> <td>• gasoline/diesel: 2:1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• 80° Cetane #</td> <td></td> <td>• 50-60 Cetane #</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• 0-20 Octane #</td> <td></td> <td>• 0-60 Octane #</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Low T	Sasol Arge	High T	Sasol Synthol	• low C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	13.3	• higher C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	43.0	• low C <sub>5</sub> - C <sub>11</sub>	17.9	• higher C <sub>5</sub> - C <sub>11</sub>	40.0	• low C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	13.9	• less C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	7.0	• 50-70% wax	51.7	• low wax	4.0	• 220-270°C		• 325 - 350°C		• $\alpha$ : 0.87+		• $\alpha$ : ~0.7		• gasoline/diesel: 1:2		• gasoline/diesel: 2:1		• 80° Cetane #		• 50-60 Cetane #		• 0-20 Octane #		• 0-60 Octane #	
Low T	Sasol Arge	High T	Sasol Synthol																																								
• low C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	13.3	• higher C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	43.0																																								
• low C <sub>5</sub> - C <sub>11</sub>	17.9	• higher C <sub>5</sub> - C <sub>11</sub>	40.0																																								
• low C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	13.9	• less C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	7.0																																								
• 50-70% wax	51.7	• low wax	4.0																																								
• 220-270°C		• 325 - 350°C																																									
• $\alpha$ : 0.87+		• $\alpha$ : ~0.7																																									
• gasoline/diesel: 1:2		• gasoline/diesel: 2:1																																									
• 80° Cetane #		• 50-60 Cetane #																																									
• 0-20 Octane #		• 0-60 Octane #																																									
<p>Versatilitat en conversió de CO<sub>2</sub></p>	<p><b>4. Compatibilitat amb la font d'emissió.</b></p>	<p>El procés de conversió de CO<sub>2</sub> amb hidrogen verd generalment inclou dues reaccions que poden o no acoblar-se en un mateix reactor. Per tant, es podrien considerar dues configuracions possibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacció integrada en un sol reactor on cal ajustar la cinètica dels dos processos</li> </ul>	<p>Els components de la unitat d'assaig han de ser duradors i fàcils de mantenir per garantir l'operació continuada del sistema entre 2000-5000 h i poder mesurar el temps de vida del material. L'operació del sistema haurà de ser automatitzada amb els sensors necessaris per un funcionament autònom de la unitat d'assaig i minimitzar les operacions de manteniment.</p> <p>La unitat d'assaig i els seus perifèrics han de ser compatibles (amb components de resistència tèrmica i química adequada) i fàcilment adaptables (per exemple, modular per incloure sistemes de pretractament a demanda) a les especificacions dels processos catalítics de conversió CO<sub>2</sub> existents. Especialment, als processos de conversió de CO<sub>2</sub> a productes, a compostos químics o combustibles, que tinguin més</p>																																								

	<p>mitjançant la selecció de les condicions de operació i la combinació de catalitzadors.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaccions independent en dos sistemes de reacció, on el CO<sub>2</sub> i l'hidrogen verd reaccionen en un primer reactor en continu en unes condicions de reacció (per exemple, 68% conversió, 99% selectivitat, 650 °C, 1 bar) i catalitzador, i el CO resultant ha de ser condicionat i barrejat amb H<sub>2</sub> (per exemple, pressuritzar a 20-30 bar, eliminar H<sub>2</sub>O i ajustar relació molar H<sub>2</sub>/CO entre 1-3 en funció de Co-FT o Fe-FT) per arribar al segon reactor on reacciona per donar els productes Fischer-Tropsch (per exemple, rendiment nafta 17,9-40,0 % per 220(BT-FT)-400 (HT-FT) °C ).</li> </ul>	<p>impacte a la descarbonització local, per exemple nafta Fischer-Tropsch/Metanol i/o olefines lleugeres (etilè/propilè) per indústria productora de combustibles sintètics i plàstics més sostenibles, respectivament.</p> <p>La unitat d'assaig s'haurà d'integrar amb sistemes de captura de CO<sub>2</sub>.</p>
<b>5. Escalabilitat.</b>	<p>La majoria dels dissenys de unitats d'assaig són poc flexibles, limitant la seva aplicació a un rang d'escales molt reduït. Per exemple, el disseny del sistema i els perifèrics (bombes, mesuradors de cabals, intercanviadors de calor i altres sistemes auxiliars) presenten un rang d'operativitat molt estret.</p>	<p>La unitat d'assaig mòbil ha de permetre escalar el procés que hi té lloc a una capacitat comercial viable si els resultats són prometedors. L'objectiu és tenir un disseny flexible amb perifèrics adaptables o fàcilment intercanviables per poder assolir un ampli rang d'operativitat, per exemple, processar CO<sub>2</sub> per a donar entre 5 i 20 kg/dia de productes, amb petits canvis en el sistema o els seus perifèrics.</p>
<b>6. Integració amb sistemes d'emmagatzematge o captura.</b>	<p>En la majoria dels sistemes d'assaig de conversió de CO<sub>2</sub>, el CO<sub>2</sub> utilitzat es proveeix de cilindres on es emmagatzema temporalment a pressió o en forma líquida, o pot provenir d'algun</p>	<p>La unitat d'assaig ha de considerar els perifèrics per utilitzar CO<sub>2</sub> capturat emmagatzemat temporalment a pressió o líquid en cilindres o dipòsits.</p>

		emmagatzematge geològic autoritzat. Hi ha un accés molt limitat a unitats d'assaig que integren la captura i la conversió de CO <sub>2</sub> .	
	<b>7. Dimensionament compacte per facilitar transport o instal·lació.</b>	En la majoria dels sistemes d'assaig de conversió de CO <sub>2</sub> , incloent els seus perifèrics, són poc compactes, ocupant grans espais i/o presentant mòduls que requereixen transport amb uns contenidors/transport especials o han de ser transportats per peces i realitzar un muntatge complex en el mateix lloc industrial on seran operats. Això fa que el seu transport sigui complex. D'altra banda, si els requisits d'espai i recursos per al lloc d'instal·lació són molt grans, això limita la implantació a un grup molt reduït d'empreses.	La unitat d'assaig mòbil ha de ser prou compacte com per permetre el seu transport a la indústria on es provarà, i ha de complir els requisits d'instal·lació mínims per a poder ser operat amb la mínima adaptació possible dels espais disponibles. És requisit que el nombre d'operacions de muntatge a la instal·lació industrial sigui mínim o que les operacions de muntatge siguin prou simples (per exemple, sistemes d'encaix i connexió ràpida) per garantir el correcte funcionament de l'equip.
<b>Cost, energia, sostenibilitat, seguretat, i recollida de dades</b>	<b>8. Eficiència energètica:</b>	En la majoria dels sistemes d'assaig de conversió de CO <sub>2</sub> , existeix un gran desaprofitament energètic en les etapes de conversió de CO <sub>2</sub> , ja que en la majoria de casos es tracta de processos exotèrmics (CO <sub>2</sub> a MeOH, CH <sub>4</sub> i productes Fischer Tropsch) on la constant d'equilibri limita la conversió l'augmentar la temperatura del procés. En canvi, hi ha altres processos que són endotèrmics (CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> a CO/H <sub>2</sub> O) i són afavorits a l'augmentar la temperatura de reacció.	La unitat d'assaig mòbil ha de permetre provar, mitjançant informes amb balanços de matèria i energia exhaustius, una reducció de fins a un 50% en el consum energètic respecte al procés estat de l'art, a través de la implantació d'innovacions en el disseny que aprofitin la calor generada en processos exotèrmics per a conduir els endotèrmics.

	<p><b>9. Competitiu a nivell de Cost.</b></p>	<p>Actualment, el cost de producció dels productes derivats del CO<sub>2</sub> és significativament superior al dels mateixos productes derivats de fonts fòssils. No obstant això, aquesta diferència pot reduir-se mitjançant polítiques que promoguin la descarbonització, com ara impostos sobre el CO<sub>2</sub> i subvencions per als productes derivats del CO<sub>2</sub>. A més, la disponibilitat d'energies renovables, així com de hidrogen verd i CO<sub>2</sub> capturat a preus més assequibles, també podrien contribuir a aquesta reducció de costos. Per exemple, es preveu que el preu de venda del gasoil produït a partir de CO<sub>2</sub> i hidrogen verd seria competitiu en el cas que el preu de l'hidrogen verd fos inferior a 2 €/kg.</p>	<p>La unitat d'assaig ha de permetre realitzar anàlisis tecnoeconòmiques exhaustives per a demostrar la viabilitat de la implementació industrial de la tecnologia de conversió de CO<sub>2</sub>, amb l'objectiu d'assolir una inversió competitiva a curt i mitjà termini.</p>
	<p><b>10. Sostenible i integrable amb energies renovables.</b></p>	<p>La majoria dels sistemes d'assaig de conversió de CO<sub>2</sub> no aprofiten tot el seu potencial en termes de sostenibilitat per diverses raons: no estan integrats amb energies renovables, la petjada de carboni es veu afectada per la ineficiència en algunes de les etapes, i no s'ha tingut en compte el cicle de vida complet dels materials que componen la unitat d'assaig i els efluents necessaris per al seu funcionament, com ara l'aigua i el vapor en els intercanviadors de calor.</p>	<p>La unitat d'assaig mòbil ha de permetre generar la informació necessària per a realitzar anàlisis de cicles de vida exhaustives per demostrar la seva sostenibilitat respecte a altres mètodes de conversió de CO<sub>2</sub>.</p>

	<p><b>11. Seguretat:</b></p>	<p>La majoria de les unitats d'assaig de conversió de CO<sub>2</sub> només permeten realitzar anàlisis exhaustives dels riscos de procés (HAZOP) i desenvolupar procediments d'operació segurs per a la seva operació, ja sigui a escala de laboratori o en ambient industrial, però no simultàniament en ambdós.</p>	<p>En les fases d'enginyeria bàsica i de detall, s'hi ha d'incloure una anàlisi exhaustiva dels riscos de procés (HAZOP). Un cop identificats els riscos, el disseny haurà d'incloure els dispositius de control i instruments que s'hagin identificat com a necessaris per a operar les unitats d'assaig mòbil amb garanties de protecció de les persones usuàries i del medi ambient. Cal també incloure una proposta de procediments d'operació segurs per operació tant a escala d'operació de la unitat d'assaig en laboratori com en ambient industrial i assegurar el compliment de totes les normatives de seguretat pertinents per garantir la protecció del personal i del medi ambient.</p>
	<p><b>12. Monitoratge i control.</b></p>	<p>L'accés a unitats d'assaig de conversió de CO<sub>2</sub> amb sistemes de monitoratge i control per realitzar experiments i augmentar el grau de maduresa dels materials desenvolupats per a la conversió de CO<sub>2</sub> és extremadament limitat. Per això, malgrat la seva eficàcia, aquestes tecnologies no poden arribar al mercat.</p>	<p>La unitat d'assaig mòbil ha de disposar de sistemes de monitoratge i control per assegurar que el procés funcioni de manera autònoma, amb controlador lògic programable (PLC) amigable i amb un nombre adequat de sensors per permetre ajustos segons el rendiment en la conversió de CO<sub>2</sub> mesurat en cada moment durant els períodes de funcionament entre 2000 i 5000 h. Els resultats obtinguts seran crucials per poder introduir les tecnologies al mercat.</p>

### 3. Materials i components per a la fabricació de cadascuna de les unitats d'assaig mòbils.

L'empresa licitadora haurà de presentar una relació de materials i components que s'hauran d'adquirir per a la fabricació de cadascuna de les quatre unitats d'assaig mòbils per tal que aquestes es puguin fabricar segons el disseny proposat, que ha de complir amb els requisits exposats al punt 2 del PPT. Així mateix, s'haurà de presentar una estimació de cost d'aquests materials i components, necessaris per a fabricar cadascuna de les 4 unitats d'assaig mòbils.



#### **4. Projecte de fabricació de les quatre unitats d'assaig mòbils.**

L'empresa licitadora haurà de presentar un pla per executar en un futur, la fabricació de cadascuna de les quatre unitats d'assaig mòbils.

Caldrà dividir el projecte en diferents fases, explicar en detall en què consisteix cada fase i presentar un diagrama temporal que situï les fases al llarg del temps.

Així mateix, s'haurà de presentar una estimació del cost de la tasca corresponent a la fabricació de cada unitat d'assaig mòbil i la direcció de l'esmentada fabricació.

En aquest import s'han d'incloure les despeses corresponents a la legalització i a la tramitació i obtenció de la certificació CE de tot el conjunt (de cada unitat d'assaig mòbil), prèvia avaluació per un Organisme de Control Autoritzat.

#### **5. Lloc de fabricació, ubicació i mobilitat de les unitats d'assaig:**

L'empresa licitadora ha de presentar una descripció exhaustiva de les característiques que ha de complir el lloc designat per a la fabricació de les unitats d'assaig mòbils (superfície i alçada de l'espai designat a la fabricació, característiques dels accessos, serveis i subministraments que caldrà tenir disponibles, etc.).

Les unitats d'assaig mòbils han d'estar preparades per a ser connectades a diferents ubicacions. Per tant, el nombre d'operacions necessàries per a la seva instal·lació /desinstal·lació a una ubicació determinada han de ser mínimes i simples (per exemple, sistemes d'encaix i connexió ràpida) per garantir l'assoliment dels objectius del projecte.

Així doncs, cal presentar una descripció exhaustiva de les tasques que cal dur a terme (i les operacions que comporten) per a instal·lar i desinstal·lar cada unitat d'assaig mòbil a les diferents indústries on s'ubicaran. S'haurà d'incloure el procediment de connexió i desconnexió a seguir en cadascuna de les unitats existents, així com el procediment de validació del seu funcionament.

Cal presentar també una estimació del cost de la instal·lació i desinstal·lació de cada unitat d'assaig mòbil així com també del seu transport. El mitjà de transport escollit ha de ser tal que permeti transportar les unitats mòbils a una velocitat mínima de 50 km/h.

#### **6. Seguiment i control de l'execució de les condicions**

L'òrgan de contractació designarà una persona que assumirà el control i la coordinació de l'execució contractual amb l'empresa adjudicatària a fi de tractar directament les qüestions relacionades amb el desenvolupament normal de les tasques indicades en aquest plec.

L'empresa ha de designar una persona responsable a qui encarregar la gestió de l'execució del contracte i que haurà de garantir la qualitat de la prestació objecte d'aquest plec, tractant directament les qüestions relacionades amb el desenvolupament normal de les tasques indicades en aquest plec amb la persona interlocutora designada per l'òrgan de contractació.

Les persones referides anteriorment es reuniran amb una periodicitat mínima quinzenal per tal de supervisar, controlar i tractar qualsevol aspecte vinculat amb el desenvolupament del contracte, a fi d'assegurar que el mateix s'està executat conforme l'establert en el present plec.

L'empresa licitadora haurà de presentar una proposta de Pla de Seguiment durant l'execució del contracte.

## **7.- Pressupost base de licitació**

El pressupost de licitació queda fixat en la quantitat de 1.140.000,00 €, IVA no inclòs, distribuït de la següent manera:

- Disseny i planificació de la fabricació d'una unitat d'assaig mòbil de captura per adsorció: 300.000,00 €, IVA no inclòs
- Disseny i planificació de la fabricació d'una unitat d'assaig mòbil de captura per absorció: 300.000,00 €, IVA no inclòs
- Disseny i planificació de la fabricació d'una unitat d'assaig mòbil de captura per carbonatació: 270.000,00 €, IVA no inclòs
- Disseny i planificació de la fabricació d'una unitat d'assaig mòbil per a l'ús de CO<sub>2</sub> per conversió: 270.000,00 €, IVA no inclòs

Els licitadors hauran de presentar la relació de preus que es comprometen a aplicar per al disseny i planificació de cada una de les unitats d'assaig mòbils, i que conjuntament no podrà superar 1.140.000,00 € IVA no inclòs.

Al sobre C, els licitadors també hauran d'incloure la següent informació:

- El pressupost estimat per a adquisicions de tot el material i components necessaris per al conjunt de les quatre unitats d'assaig mòbils així com les tasques de fabricació i direcció de la fabricació de les quatre unitats d'assaig mòbils, import que no pot superar 20.600.000,00 €. En aquest import s'han d'incloure les despeses corresponents a la legalització i a la tramitació i obtenció de la certificació CE de tot el conjunt (de cada unitat mòbil), prèvia avaluació per un Organisme de Control Autoritzat.
- El pressupost estimat del cost de la instal·lació i desinstal·lació de cada unitat d'assaig mòbil.

- El pressupost estimat del cost del transport per km de cadascuna de les unitats d'assaig mòbil.

Tarragona, 24 de maig de 2024.

**Dr. Fernando Bravo Lara**

Responsable de l'Àrea de KTT i Projectes Industrials  
Fundació Institut Català d'Investigació Química