

CARL BOSCH

i la producció d'amoníac a escala industrial

Josep Lluís Doménech

Catedràtic de Física i Química

En el número 22 de DAUALDEU hem mostrat com Fritz Haber va aconseguir obtenir, a escala de laboratori, amoníac mitjançant un procés amb un rendiment acceptable. Ací ens encararem a l'obtenció d'amoníac a escala industrial, és a dir, mitjançant un procés que siga rendible econòmicament. En aquesta segona etapa jugà un paper decisiu Carl Bosch (1874-1940).

Interés de la BASF per la síntesi de gasos nitrogenats

El 1908, Fritz Haber, a més d'investigar en la síntesi de l'amoníac a partir dels elements, estudiava la formació d'òxids nitrogenats a partir de descàrregues elèctriques de nitrogen i oxigen.

Sabedora d'aquests treballs, la BASF, la major empresa química a nivell mundial, contactà amb Haber per tal de finançar les investigacions amb els òxids. Com a resultat de les negociacions, Haber també aconseguí finançament per a la síntesi de l'amoníac a partir de nitrogen i hidrogen. Els directius de la companyia, però, no eren massa optimistes respecte a l'èxit en aquest últim camp. Així ho assenyalava Haber en el discurs de recepció del premi Nobel de química l'any 1921:

«L'empresa [la BASF] valorà tant els meus esforços per a obtenir una major eficiència de l'energia elèctrica en la combinació de nitrogen i oxigen, que es posà en contacte amb mi en 1908, proporcionant-me recursos per a facilitar el treball; mentre que acceptaren amb tota cautela la proposta de recolzar-me també en la síntesi de l'amoníac a alta pressió, aprovant-la amb dubtes».

Amb el temps, Haber es convencé no només que l'oxidació del nitrogen en l'arc elèctric no era el camí adequat per a la fixació a gran escala del nitrogen, sinó que veia amb optimisme les possibilitats comercials de la síntesi de l'amoníac.

Quan, el març de 1909, Haber informà a la BASF de la millora del rendiment que s'aconseguia usant osmi com a catalitzador (posteriorment, Haber comprovaria que el rendiment era superior si se substituïa l'osmi per l'urani), Heinrich Brunck, director de l'empresa, August Bernthsen, cap dels laboratoris, i Carl Bosch, responsable de les investigacions sobre la fixació del nitrogen, es traslladaren a Karlsruhe per tal de valorar la rendibilitat comercial del procés. Quan Haber afirmà que la pressió de treball hauria de ser superior a les 100 atm, Bernthsen remugà: «100 atm! Si ahir mateix, un autoclau a només 7 atm va saltar pels aires». Tanmateix, Bosch ho veia factible: «Crec que el procés pot funcionar. Sé exactament allò que la indústria de l'acer pot fer. Cal arriscar-se».

Fins i tot, el setembre de 1909, quan Brunck decidí iniciar la comercialització del procés ideat per Haber, els dubtes sobre la viabilitat de la mampresa continuaven i això tant pel cost del projecte, com pel desconeixement que es tenia del control de les reaccions químiques a alta pressió i alta temperatura. Hi havia tot un munt de problemes científics i tècnics per resoldre abans de pensar en un projecte a gran escala.



Carl Bosch (1874-1940)

Comercialització de la síntesi de l'amoníac

Les contribucions de Bosch en este trànsit foren extraordinàries. Bosch no només convertí el disseny experimental de laboratori de Haber en un procés comercial, sinó que a més ho feu en un temps rècord. En quatre anys l'empresa va passar d'usar un convertidor de 75 cm d'altura, el que tenia Haber en el seu laboratori de Karlsruhe, amb què obtenia uns 100 g d'amoníac/hora a un convertidor de 8 m d'alçada que produïa 200 kg d'amoníac/hora.

Segons Bosch, l'encarregat de planificar el projecte, tres eren els grans problemes que havien de ser resolts abans de construir una planta de síntesi: el subministrament a gran escala de les matèries primeres, hidrogen i nitrogen, la consecució de catalitzadors eficaços i la construcció del convertidor de pressió.

Si l'hidrogen l'obtidrien a partir del gas d'aigua, el nitrogen l'obtidrien per liquació de l'aire.

En relació als catalitzadors, els usats per Haber no servien a escala industrial (l'osmi era escàs, i l'urani era tan sensible a l'oxigen i a l'aigua que no es podia fer servir en forma de pols). Alwin Mittasch, especialista en catalisi, s'encarregà de cercar un catalitzador econòmic i eficaç.

El treball de Mittasch fou tan ben realitzat que, encara hui en dia, els catalitzadors que s'usen són bàsi-



Alwin Mittasch (1869-1953)

cament els que ell utilitzà. Si bé el rendiment del ferro era inferior al de l'osmi i l'urani, el seu baix cost i la fàcil disponibilitat d'aquest element, portà Mittasch a començar per estudiar aquest metall en totes les seues formes. A finals de novembre de 1909, amb una mostra de magnetita d'unes mines del nord de Suècia, aconseguí un rendiment alt. Tanmateix, les proves amb altres magnetites no donaren el mateix rendiment. Mittasch suposà que la presència d'impureses influïa en l'eficàcia del catalitzador. En conseqüència, començà a provar amb mescles. En la busca del millor catalitzador no es passà per alt cap detall: provà tots els metalls amb propietats catalítiques, tant en forma pura com binària, ternària, o en barreges més complexes. Finalment, al gener de 1910, Mittasch assenyala que el catalitzador òptim per a la síntesi de l'amoníac a temperatures inferiors a 530 °C i pressió de fins 350 atm estava format per magnetita i xicotetes quantitats d'alúmina i potassa.

Bosch s'encarregà del problema major: transformar el convertidor xicotet de Haber en un reactor robust i fiable: un convertidor que resistira pressions i temperatures elevades. La tasca era complexa, i és que

en aquell moment no hi havia aparells capaços de funcionar a les pressions i temperatures que requeria la síntesi de l'amoníac. Les primeres proves amb convertidors grans (2,5 m de longitud, 15 cm de diàmetre interior i una paret d'uns 30 mm de gruix) que es calfaven des de l'exterior, resultaren un fracàs. A les poques hores de passar els reactius a pressions i temperatures elevades per l'interior, els convertidors explotaven. La col·locació preventiva dels reactors en contenidors de formigó armat evità mals majors.

Com podia explotar el recipient si no s'esperaven reaccions diferents a la de la síntesi d'amoníac? L'interrogant era indicatiu del desconeixement que es tenia sobre la química a altes pressions. L'explicació de l'explosió la proporcionà Bosch: en contra del que ocorre a pressions moderades, a alta pressió l'hidrogen es difon per les parets d'acer del convertidor combinant-se amb el carboni per formar metà. Aquesta descarbonització feia fràgil l'acer. A més, el metà, en quedar atrapat en l'acer, pressionava la paret. Un tercer factor, l'escalfament extern del recipient, sotmetia la paret a una pressió addicional. Finalment, el recipient explotava. Un problema que Haber ni tan sols havia detectat, pel fet que l'aire circumdant refredava la paret exterior del seu xicotet convertidor de manera que la paret es mantenia estable.

Si Bosch trobà la causa de l'explosió, també solucionà el problema. Bosch dissenyà un convertidor de doble paret. La paret de dins, d'acer blanet, permetia que l'hidrogen es difonguera pel seu interior sense descarbonització, amb una disminució de pressió. En aquestes condicions, la paret exterior, d'acer ordinari, resistia l'atac de l'hidrogen (més encara, uns clavells en aquesta paret permetien l'alliberament d'hidrogen).

Per tal d'estudiar a xicoteta escala els efectes de les innovacions a introduir, Bosch dissenyà una planta pilot que començà a funcionar l'agost de 1910. Si al mes de desembre produïa 10 kg d'amoníac al dia, al juliol de 1911 la producció superava els 100 kg, i al febrer de 1912, els 1000 kg/dia.

El maig de 1912 s'inicià, a Oppau, la construcció de la primera planta industrial. Allí s'havia de realitzar la totalitat del procés: des de l'obtenció de nitrogen i hidrogen, fins a la conversió de l'amoníac en sulfat d'amoní, el fertilitzant a comercialitzar. El 9 de setembre de 1913, la fabrica inicià la producció d'amoníac. A l'octubre se sintetitzava 10 t d'amoníac/dia, a l'agost la producció era de 40 t/dia.

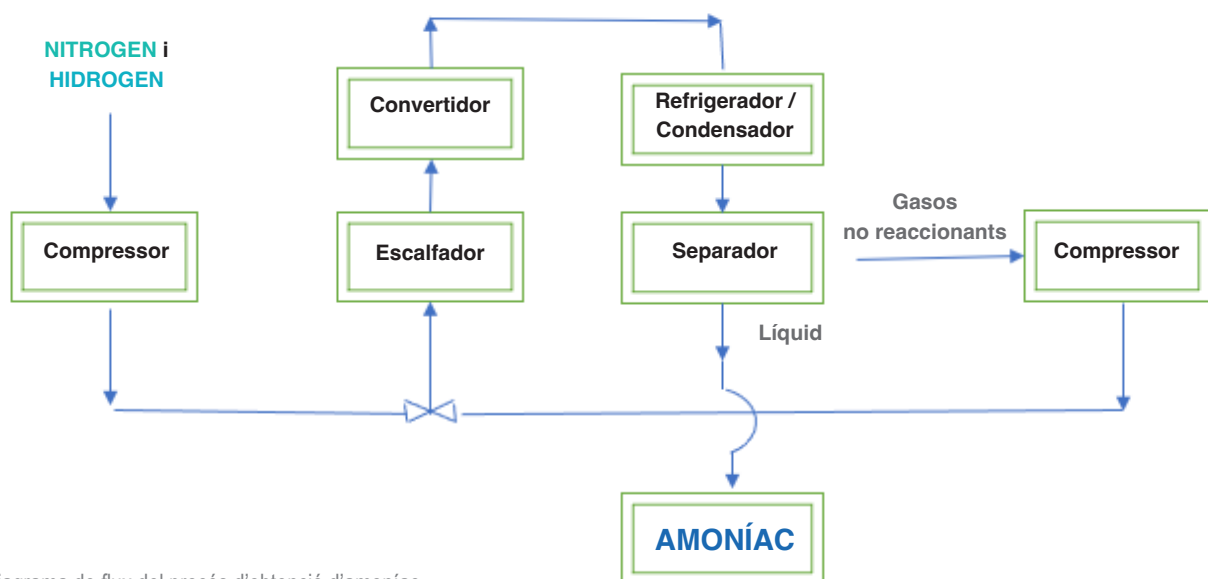
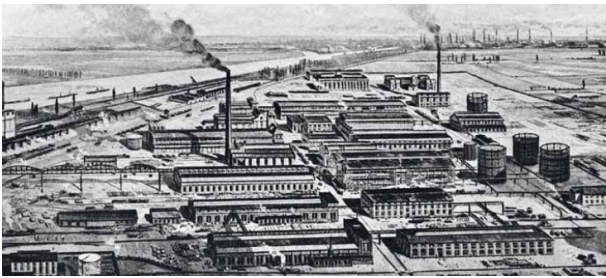


Diagrama de flux del procés d'obtenció d'amoníac



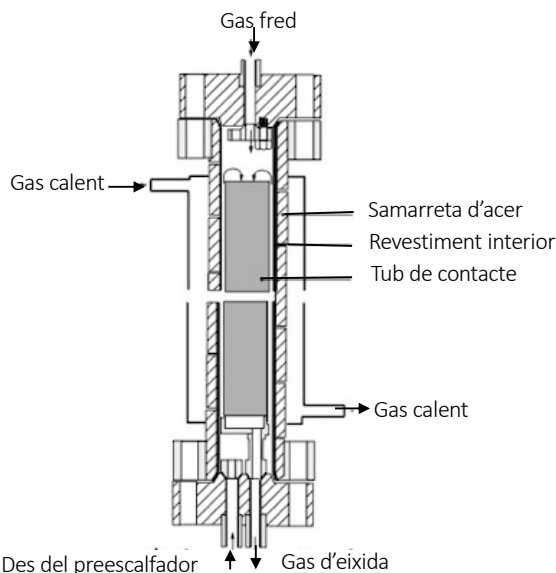
Fàbrica BASF en Oppau cap a 1914. (Fotografia: Arxiu de BASF)



Planta de Leuna cap a 1920. (Fotografia: Arxiu de BASF)



Planta de Leuna cap a 1920. (Fotografia: Arxiu de BASF)



Primer convertidor usat per Bosch el 1911

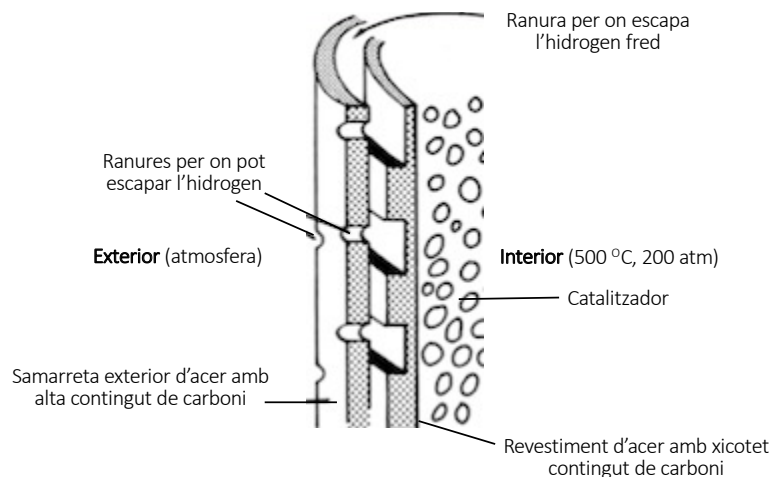


Diagrama simplificat del convertidor de doble paret dissenyat per Bosch

En l'inici de la Gran Guerra, quan, com a conseqüència del bloqueig marítim a què l'Armada britànica sotmeté les exportacions de nitrat de Xile, els alemanys veieren reduïda la capacitat de produir explosius, optaren per ampliar la planta d'Oppau i construir-ne una altra a Leuna. Com a resultat, la producció d'amoníac es disparà fins les 160 t/dia i Alemanya passà a ser autosuficient pel que fa a la preparació d'explosius.

Si fins el final de la segona guerra mundial la comercialització de l'amoníac estigué estancada, a partir d'aquell moment la indústria de l'amoníac no ha parat de créixer. L'any 2017, la producció mundial d'amoníac ha sigut d'uns 200 Mt. L'ús de l'amoníac com a fertilitzant ha permès als agricultors transformar terres estèrils en camps de cultiu i repetir les collites en un mateix sòl sense haver d'esperar la regeneració natural dels nutrients. Açò ha contribuït al fet que la població mundial dispose (de mitjana) dels aliments suficients.

En honor al treball realitzat per Haber i Bosch, el procés de síntesi de l'amoníac s'anomena de Haber-Bosch. Les seues aportacions han servit d'estímul i

model a la indústria del s. XX, i han permès l'ús generalitzat de les tècniques a altes pressions.

Per les aportacions teòriques que féu a la síntesi de l'amoníac, Haber rebé el premi Nobel de química el 1918, i, per la realització de reaccions químiques a temperatura i pressions elevades, a Bosch se li concedí el premi Nobel de química de 1931. Aquesta era la primera vegada que el premi s'atorgava per la contribució al progrés tecnològic. La raó d'aquesta aparent minusvaloració del treball tècnic és que aquest sol tenir molts pares, de manera que és difícil decidir qui és el mereixedor de la distinció. Aquest, però, no fou el cas de Bosch.

Com digué **Wilhelm Palmaer**, membre del comitè Nobel de química, en la presentació del premi: «Enguany [1931], l'Acadèmia de Ciències creu haver descobert un avanç tècnic d'extraordinària importància i també està bastant clar a quines persones ha d'atribuir-se el mèrit principal». Bosch compartí el premi amb **Friedrich Bergius** per la seua contribució «a la creació i desenvolupament de mètodes químics d'alta pressió».