

5 AGOSTO 2021

ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO: ACTUALIDAD Y DESAFÍOS INGENIERILES

Dr. Maximiliano Melnichuk

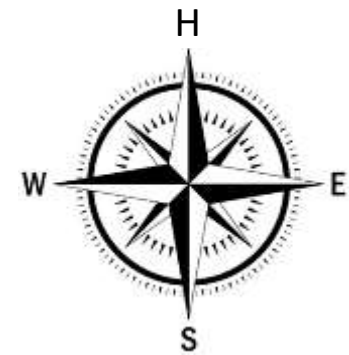
Dpto. Materiales
Metálicos y
Nanoestructurados -
GIA



**Comisión Nacional
De Energía Atómica**
Centro Atómico Bariloche

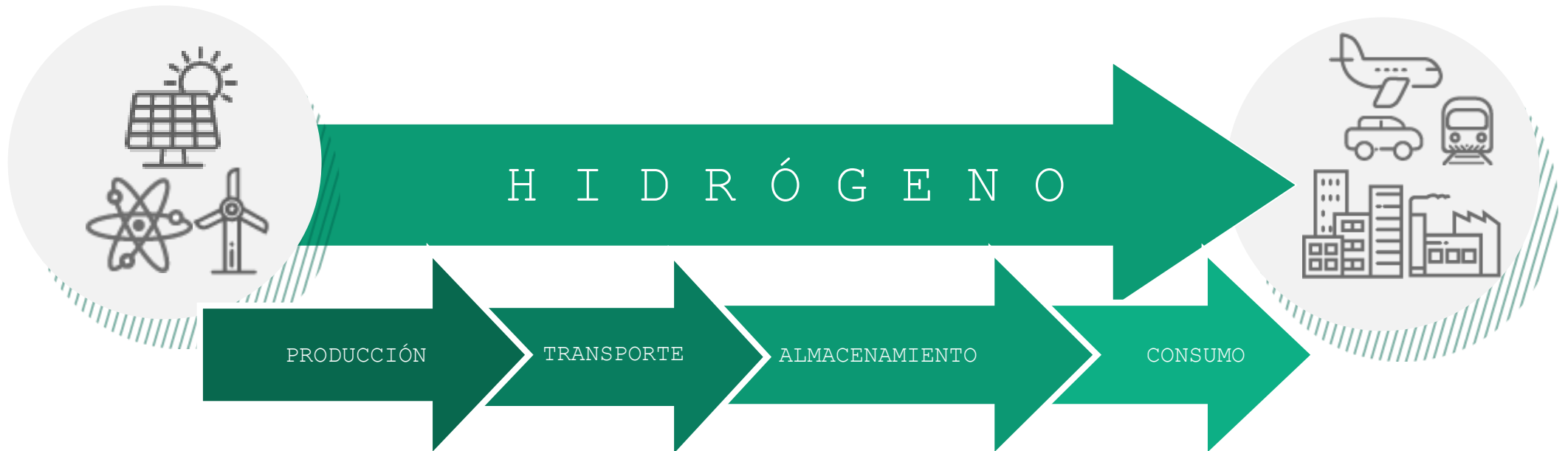
ÍNDICE

- Introducción
- Almacenamiento gaseoso
- Almacenamiento en hidruros
- Comparación cualitativa
- Conclusiones



INTRODUCCIÓN

- VECTOR HIDRÓGENO



INTRODUCCIÓN

- FORMAS DE ALMACENAR EL HIDRÓGENO

- H₂ GASEOSO
- H₂ LÍQUIDO
- H₂ EN HIDRUROS
- ALTERNATIVAS

- ALMACENAMIENTO H₂ GASEOSO



montgolfieres-cie.com

700 bar



mahytec.com

- ALMACENAMIENTO H₂ LÍQUIDO



nasa.gov



- 253 °C

- ALMACENAMIENTO H₂ EN HIDRUROS

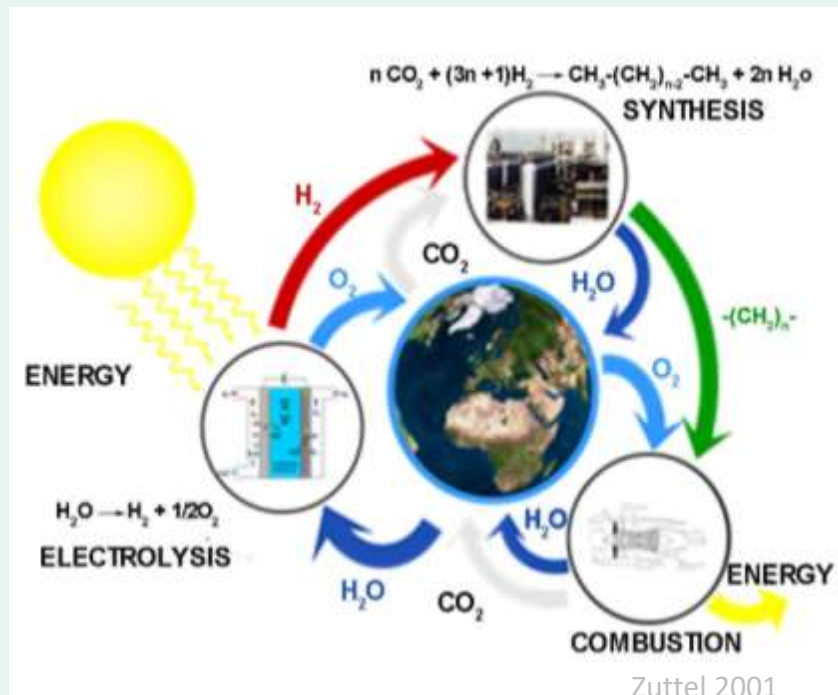


Heung 2001

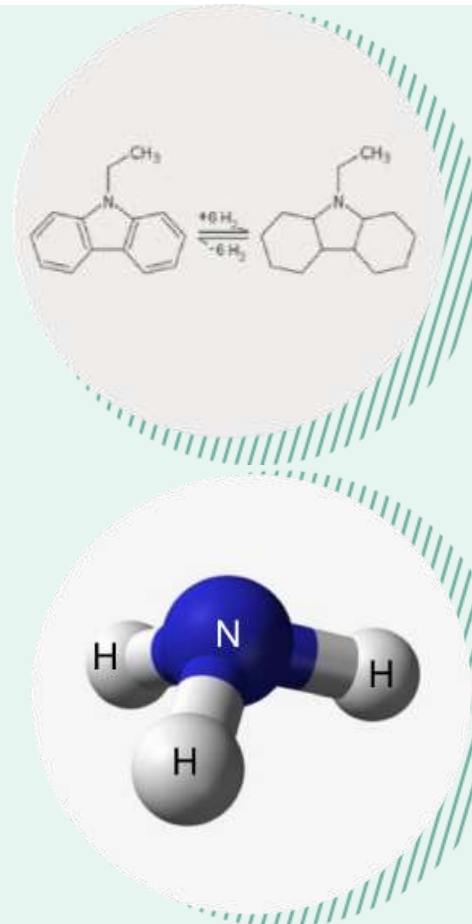


cerium-oxidepowder.com

- ALTERNATIVAS



I) HIDROCARBUROS SINTETICOS



II) PORTADORES LÍQUIDOS o GASEOSOS



III) PASTAS

ALMACENAMIENTO GASEOSO

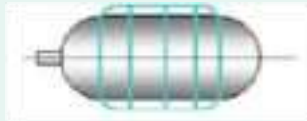
- TIPO DE CONTENEDORES
- PROBLEMA DE COLAPSO (BUCKLING)
- SOLUCION PROPUESTA

ALMACENAMIENTO GASEOSO

- TIPOS DE CONTENEDORES



Tipo I

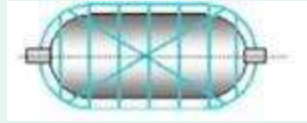


Tipo II

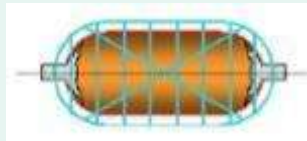


ALMACENAMIENTO GASEOSO

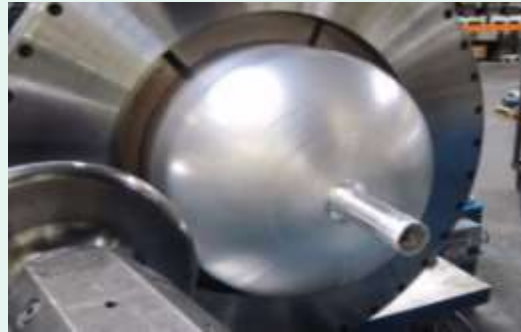
- TIPOS DE CONTENEDORES



Tipo III



Tipo IV



Iijin Comp.



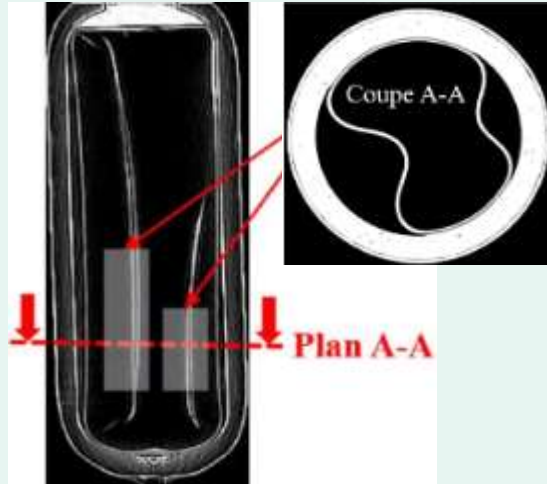
GNC Cyl. Int.



Mazda XR8

ALMACENAMIENTO GASEOSO

- PROBLEMA DE COLAPSO (BUCKLING)



Thèse Guy Tanychou Yakam U. Poitiers - 2018



Berro Ramirez et al. Int J Hydrogen Energy 2015



J. Pepin et al. Int J Hydrogen Energy 2018

ALMACENAMIENTO GASEOSO

- SOLUCION PROPUESTA



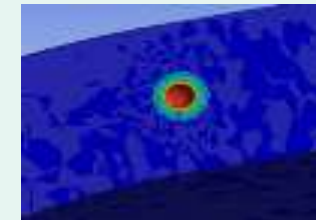
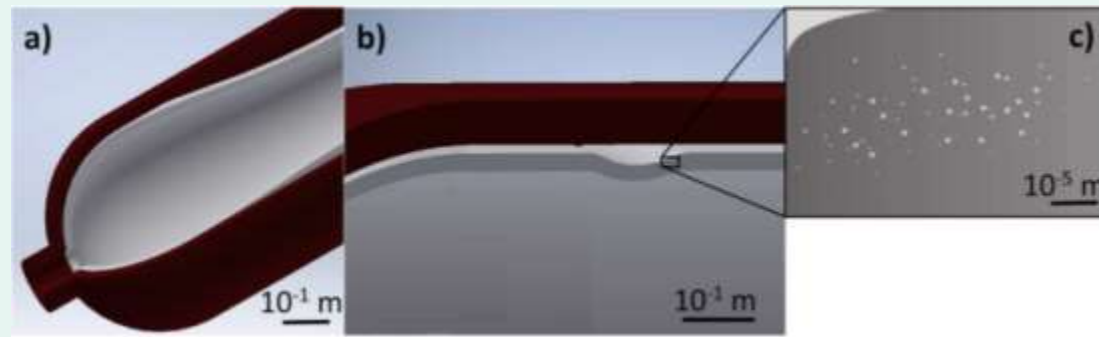
Ilijin Comp.



Simonkr getty images



elbuceonuestrodecadadia.com



Gardavaud 2019

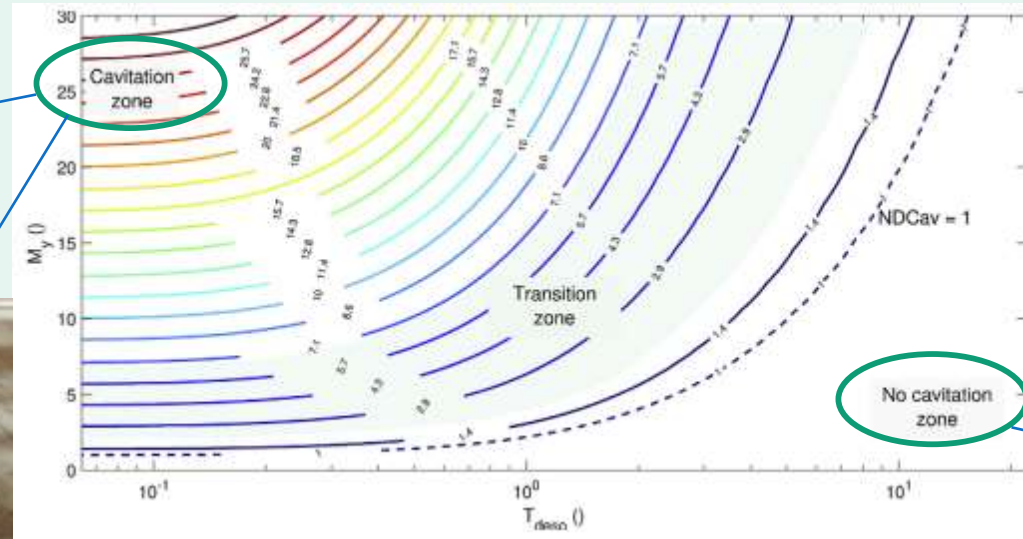
ALMACENAMIENTO GASEOSO

● SOLUCION PROPUESTA

- ➔ Referencia: “Non-dimensional assessments to estimate decompression failure in polymers for hydrogen systems”. M. Melnichuk, F. Thiébaud, D. Perreux. IJHE 2020



Baldwin 2017



$$T_{deso} = \frac{Dt_{deso}}{l^2} \quad NDCav = \frac{P_{pore}}{P_y}$$

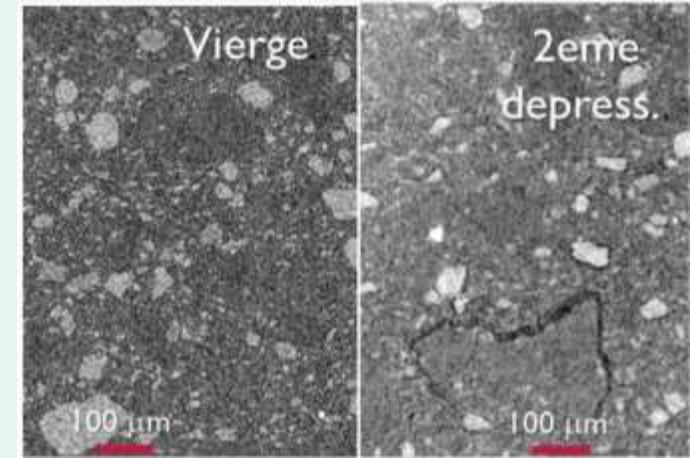
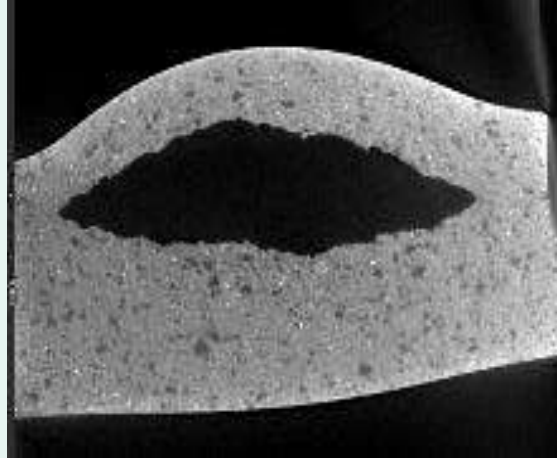
$$M_y = \frac{(P_{sat} - P_{min})}{P_y}$$



Yersak 2017

ALMACENAMIENTO GASEOSO

- SOLUCION PROPUESTA

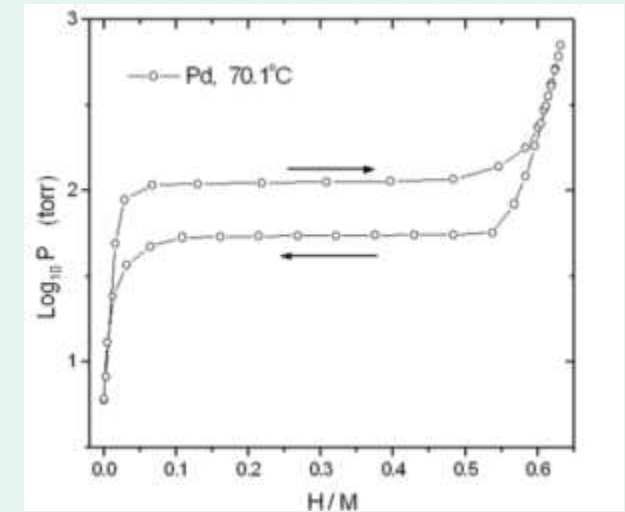
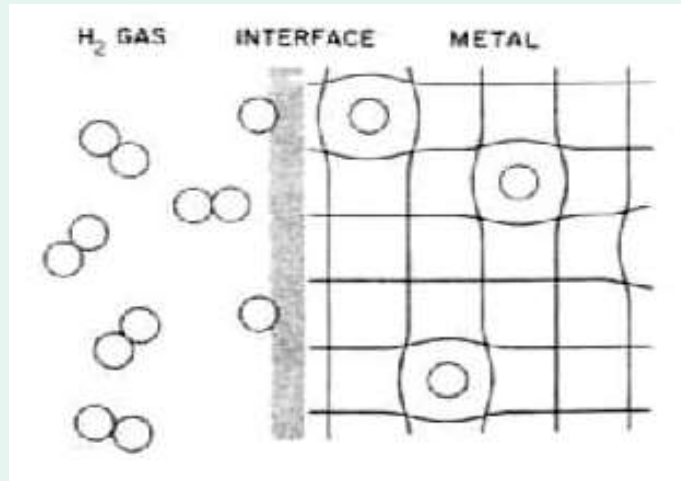


ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

- CARACTERÍSTICAS GENERALES
- NUESTRO PERFIL
- PROBLEMÁTICA TÉRMICA
- PROBLEMÁTICA MECÁNICA

ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

- CARACTERÍSTICAS GENERALES



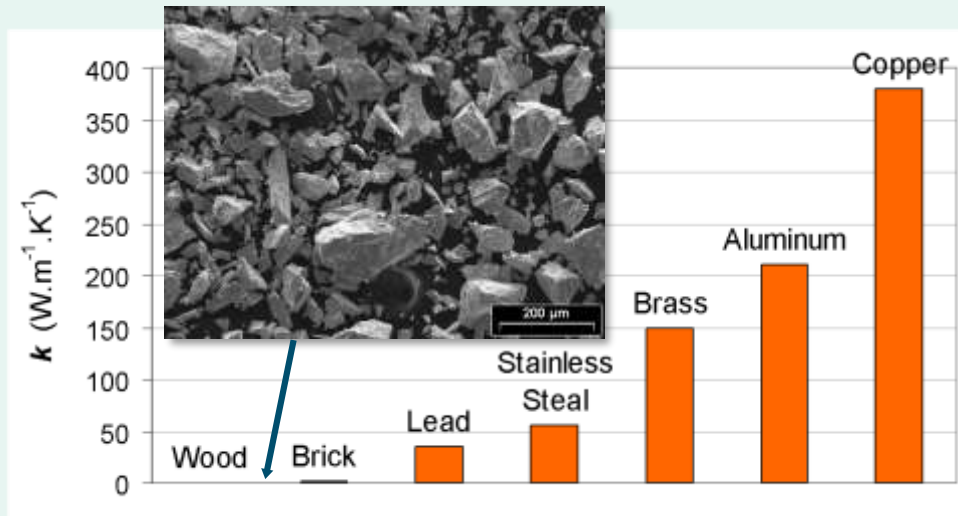
ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● NUESTRO PERFIL



ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● PROBLEMÁTICA TÉRMICA



Hidruro	Calor de reacción ($\text{J}\cdot\text{mol}_{\text{H}_2}^{-1}$)
AB_5	-24.000
NaAlH_4	-80.000
FeTi	-18.000



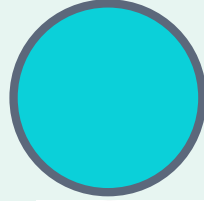
Recarga de NaAlH_4
a $1,5 \text{ kg}_{\text{H}_2}/\text{min}$
→ **1MW!**

ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

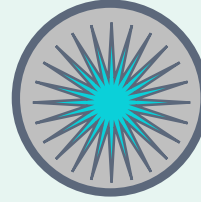
● PROBLEMÁTICA TÉRMICA – SOLUCION PROPUESTA

i) Existe una proporción óptima de conductor térmico

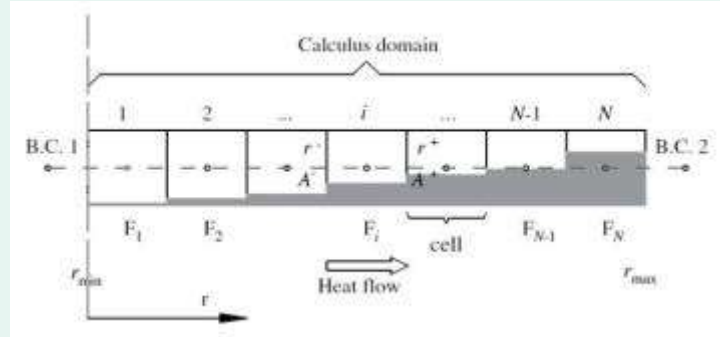
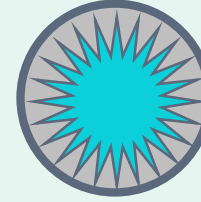
Sin aletas



Exceso



Optimo



➡ Referencia: “Optimized heat transfer fin design for a metal - hydride hydrogen storage container” M. Melnichuk, N. Silin, H. A. Peretti. IJHE 2009 20

ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● PROBLEMÁTICA TÉRMICA – SOLUCION PROPUESTA

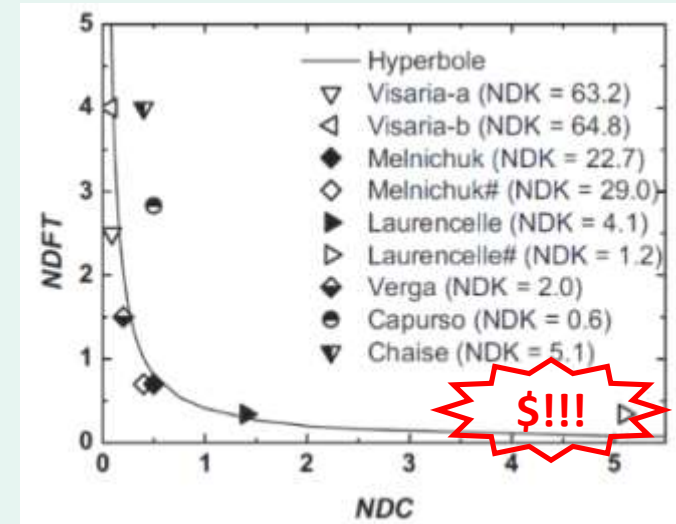
ii) Se puede generalizar la respuesta térmica de un contenedor de hidruros

Equilibrio

$$P_e = P_0 \exp\left(\frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{RT}\right)$$

Cinética

$$\frac{dx}{dt} = f_1(T) \cdot f_2(P) \cdot f_3(x)$$

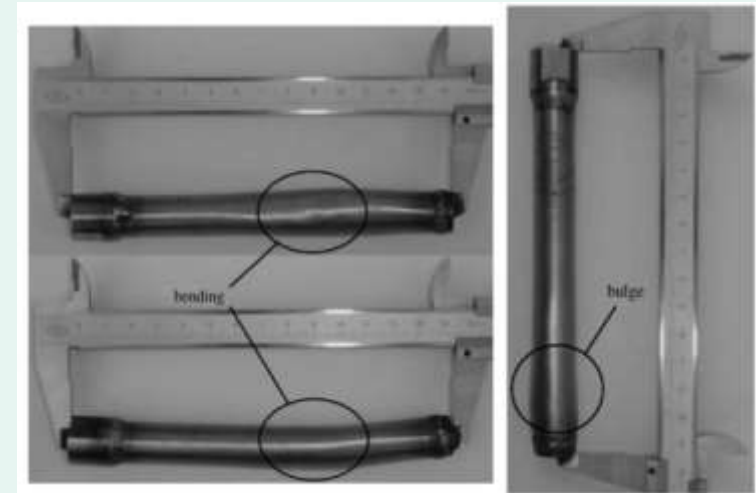
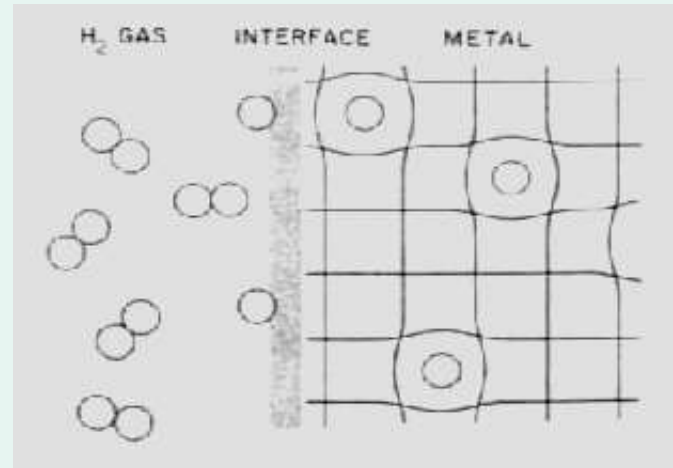


➔ Referencia: “Guidelines for thermal management design of hydride containers”
M.Melnichuk, N.Silin, IJHE 2012

ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● PROBLEMÁTICA MECÁNICA

- . Cambio de fase
- . Expansión volumétrica
- . Polvo cohesivo
- . Acumulación de tensiones

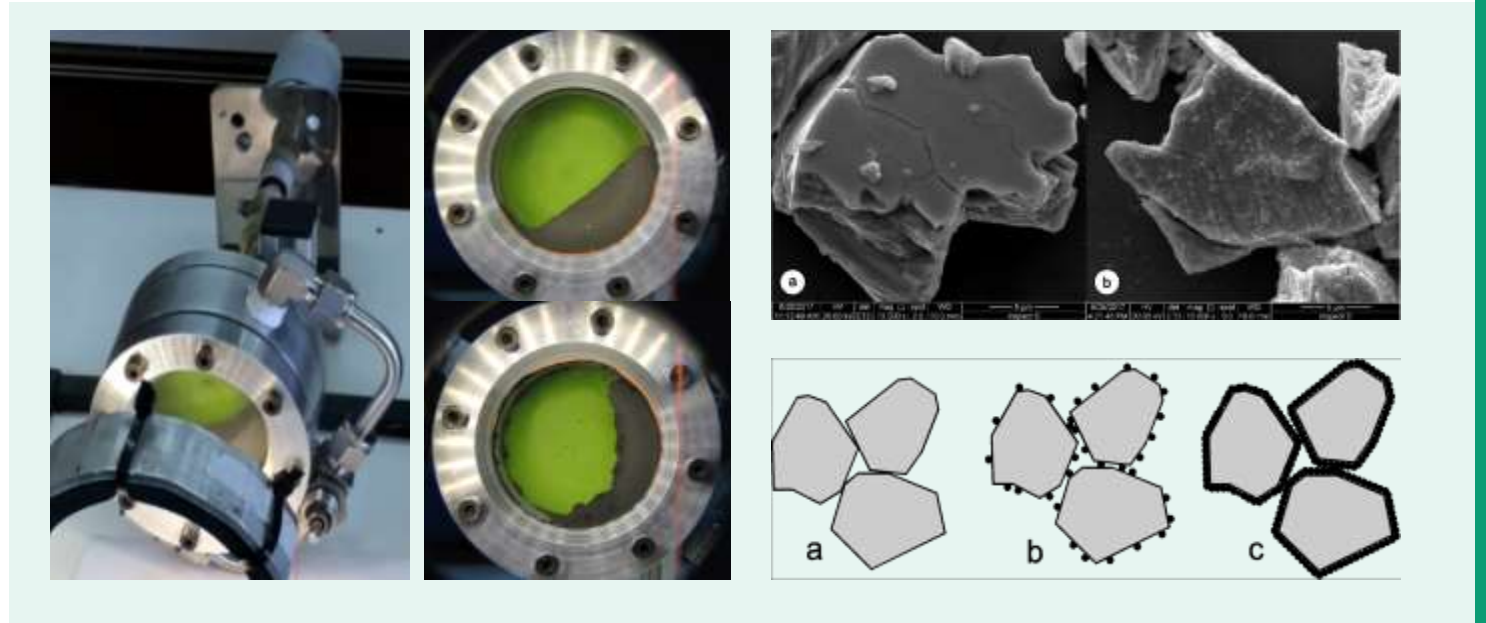


Qin 08

ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● PROBLEMÁTICA MECÁNICA – SOLUCION PROPUESTA

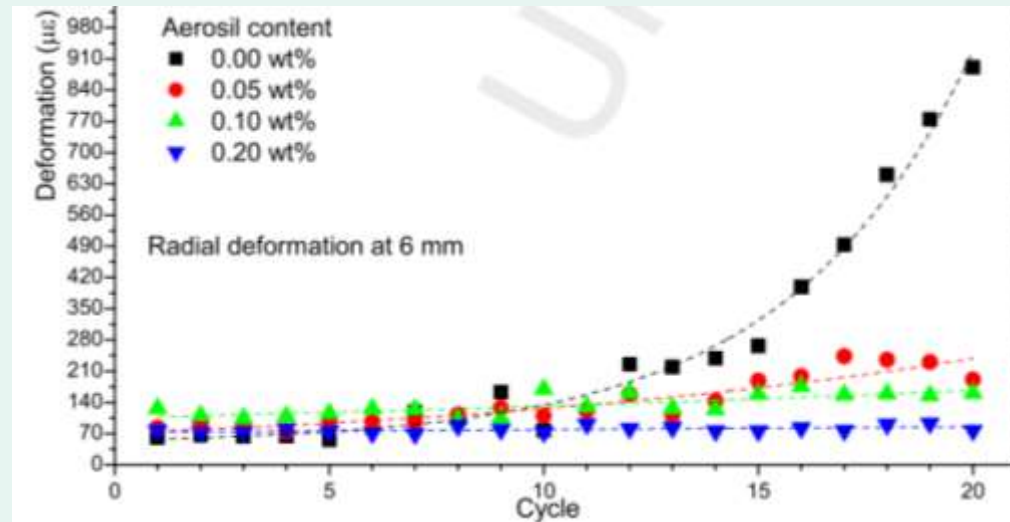
i) Definición de la fracción de fluidificante optima



ALMACENAMIENTO EN HIDRUROS

● PROBLEMÁTICA MECÁNICA – SOLUCION PROPUESTA


ii) Reducción de tensiones en contenedor vertical



➔ Referencia: “Stress reduction of a hydride container by the addition of a glidant agent”. D. J. Cuscueta, N. Silin, M. Melnichuk. IJHE 2020

ALMACENAMIENTO EN HIDRUIROS

● PROYECTO DE MOVILIDAD : **MOVE-H2**

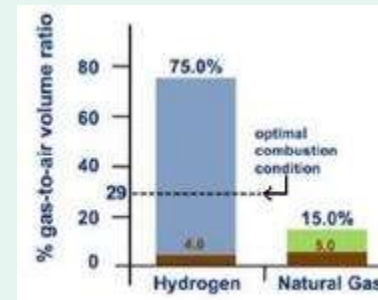


(MOVilidad Eléctrica con Hidrógeno verde / Dr. G. Correa, U.N. Catamarca)

- Diseño, construcción y ensayos de contenedores 50 km de autonomía
- Aspectos térmicos, mecánicos, filtros, montaje, etc.
- Ensayos: símil pruebas ISO 16111

COMPARACION CUALITATIVA

Parámetro	Gas alta presión	Líquido	Hidruros
Seguridad			
Costo almacenador			
Costo operativo			
Ciclabilidad			
Factibilidad comercial			



CONCLUSIONES



- Múltiples pistas posibles, con distinto grado de madurez
- Solución óptima: dependerá del nicho
- Sí se puede almacenar de manera segura hoy, las barreras técnicas son franqueables

5 AGOSTO 2021



ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO: ACTUALIDAD Y DESAFÍOS INGENIERILES

Dr. Maximiliano Melnichuk

Dpto. Materiales
Metálicos y
Nanoestructurados -
GIA



**Comisión Nacional
De Energía Atómica**
Centro Atómico Bariloche