

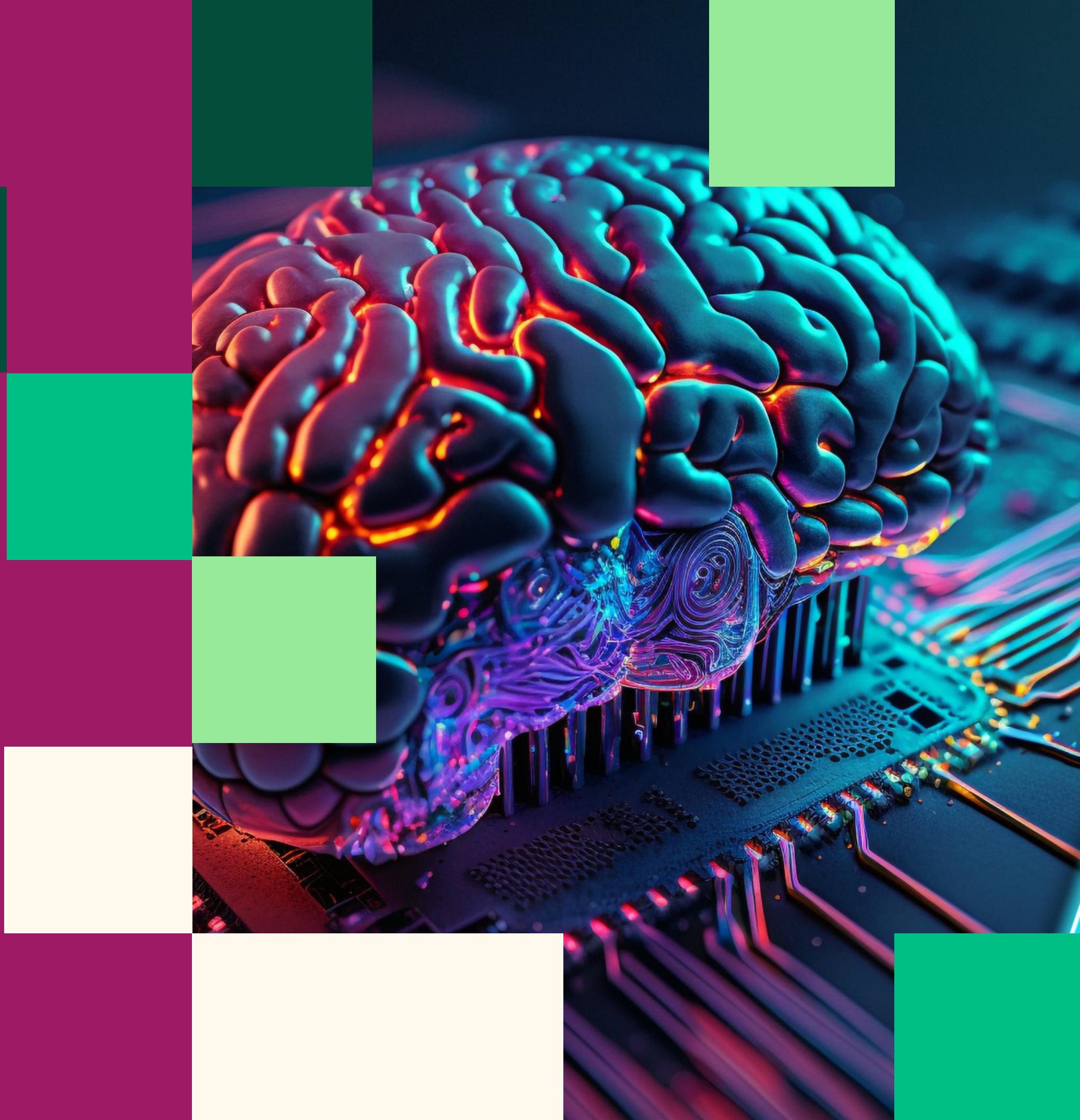


ESCOLA  
POLITÈCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA

DATA DE DEFENSA

# Classificació automàtica de nivells de demència a partir de raigs x

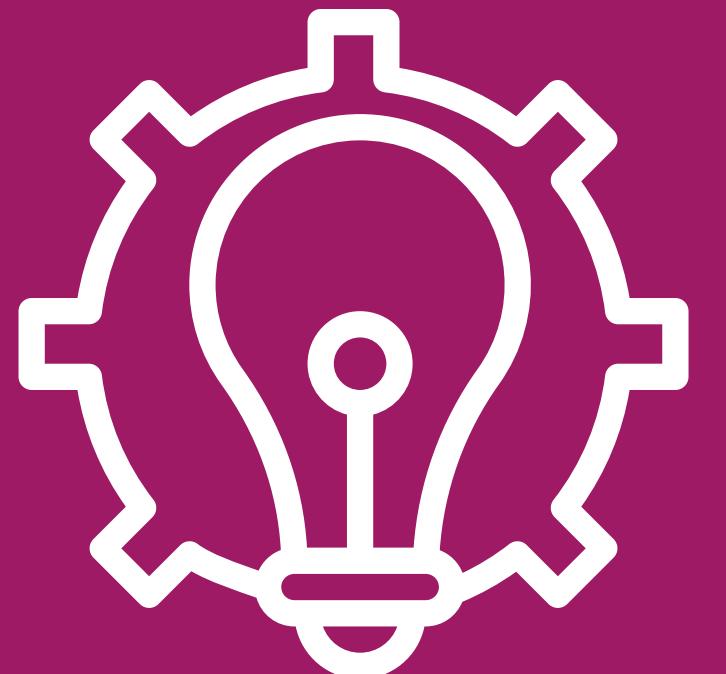
Escola Politècnica Superior - Universitat de  
Lleida





- |   |                              |    |                       |
|---|------------------------------|----|-----------------------|
| 1 | Introducció                  | 6  | Conclusions           |
| 2 | Marc teòric clínic           | 7  | Afgraiaments          |
| 3 | Marc teòric computacional    | 8  | Bibliografia          |
| 4 | IA vs. Alzheimer             | 9  | Webgrafia             |
| 5 | Implementació de la proposta | 10 | Torn obert de paraula |

# índex



# Introducció



La detecció precoç de l'Alzheimer és un gran repte del segle XXI, ja que els mètodes actuals de diagnosi són costosos i requereixen una quantitat important de temps.

---

A més de la detecció precoç, és crucial poder garantir un tractament i una qualitat de vida dignes als pacients.

---

L'objectiu d'aquest treball és investigar de quina manera pot ajudar la intel·ligència artificial en aquest menester.

---

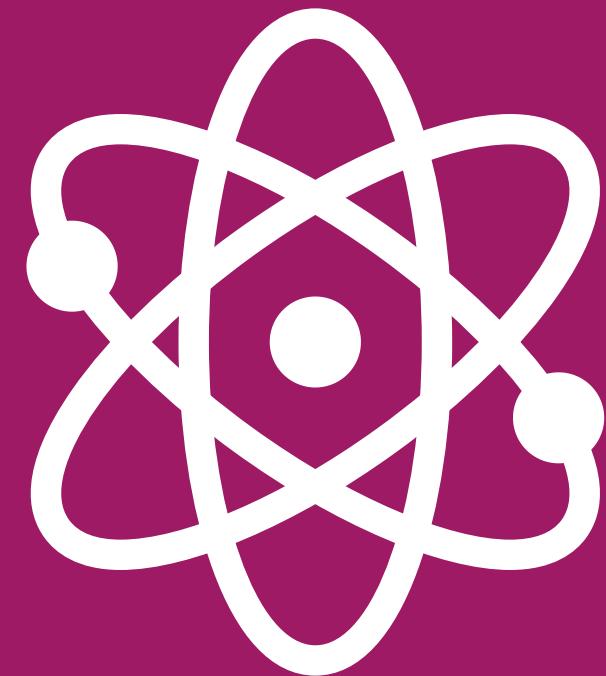
Diverses investigacions, dutes a terme amb *Machine Learning*, donen unes esperances molt bones en aquest camp de la salut.

---

La proposta de treball és dissenyar i implementar una CNN per poder classificar fins a 4 nivells de demència.

---

El treball s'estructura en dos marcs teòrics, un apartat per esmentar aplicacions de la IA en la salut, el desenvolupament de la proposta, un apartat de conclusions, glossaris, agraiaments i referències.



# Marc teòric clínic

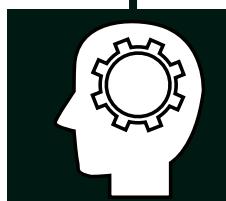
# Marc teòric clínic

## Context històric



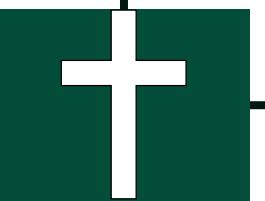
El Dr. Alois Alzheimer es topa amb la simptomatologia estranya d'una patient anomenada Auguste Deter.

1901



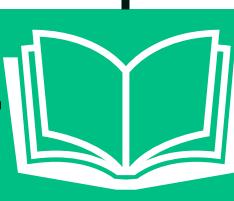
La patient Auguste Deter mor en un asil de Frakfurt

1906



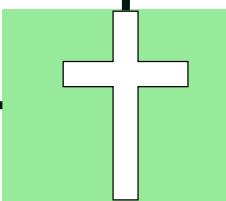
El Dr. Emil Kraepelin bateja la malaltia com "la malaltia d'Alzheimer"

1910



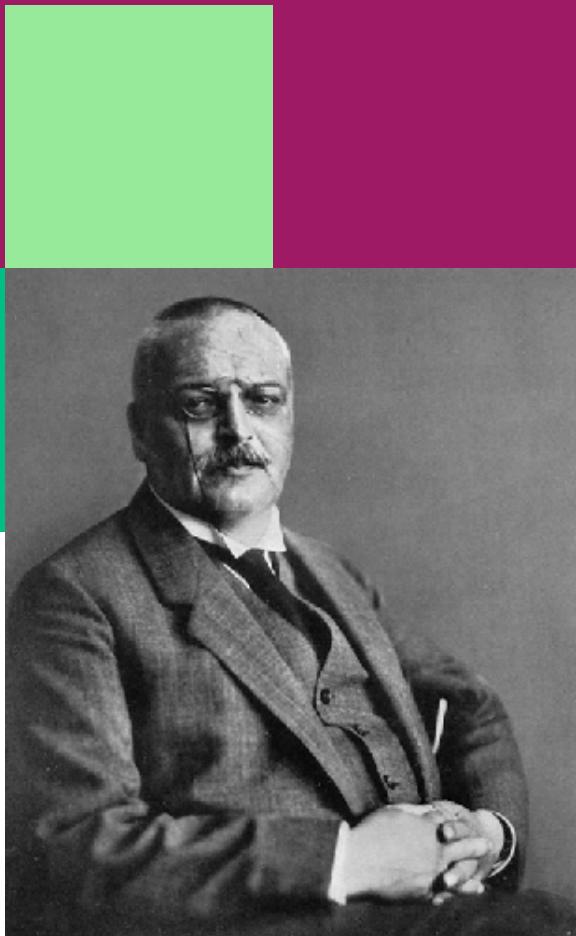
Mort del Dr. Alzheimer

1915



# Marc teòric clínic

Context històric

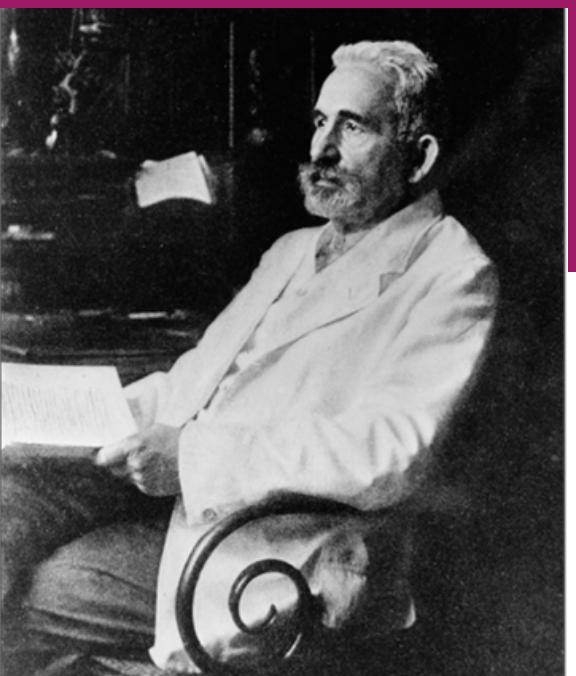


Alois  
Alzheimer

Doctor en psiquiatria,  
professor  
d'universitat,  
neuròleg,  
neurocientífic,  
neuropatòleg i metge

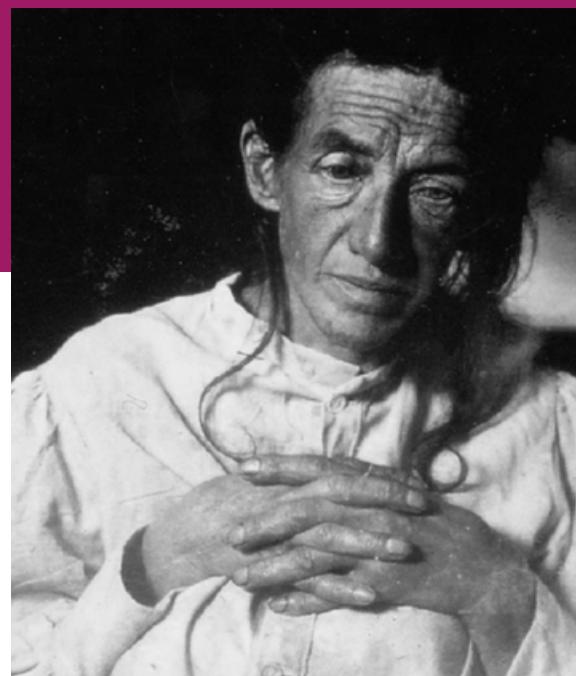


Universitat de Lleida



Emil  
Kraepelin

Doctor en psiquiatría,  
neuropatólogo i  
professor  
d'universitat

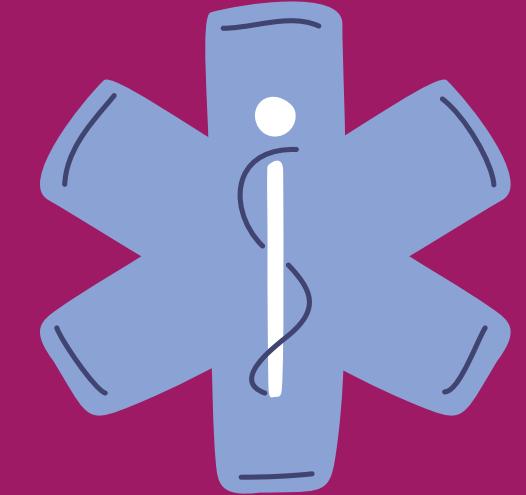


Auguste  
Deter

Primera patient amb  
la malaltia  
d'Alzheimer

# Marc teòric clínic

## Definició i factors de risc



La demència és un conjunt de símptomes com: afectacions en la memòria, afectacions en el comportament i afectacions en les habilitats socials. Aquests símptomes dificulten el desenvolupament normal de les activitats quotidianes i la independència social.

---

Una gran part de les malalties que causen demència provoquen símptomes similars com la pèrdua de memòria, desorientació, agresivitat, problemes de parla i afectacions físiques.

---

Com cada persona "és un món" els símptomes es poden manifestar de manera molt diferent en cada pacient.

---

L'Alzheimer és la causa de demència més comuna i causa problemes amb la memòria, el pensament i el comportament. En cap cas és quelcom "típic" de l'edat.

---

En ser una malaltia progressiva els símptomes es desenvolupen lentament i empitjoren amb el temps fins que la persona ja no pot gosar d'independència. Fins i tot es perd la capacitat de mantenir una conversa i respondre a l'entorn.

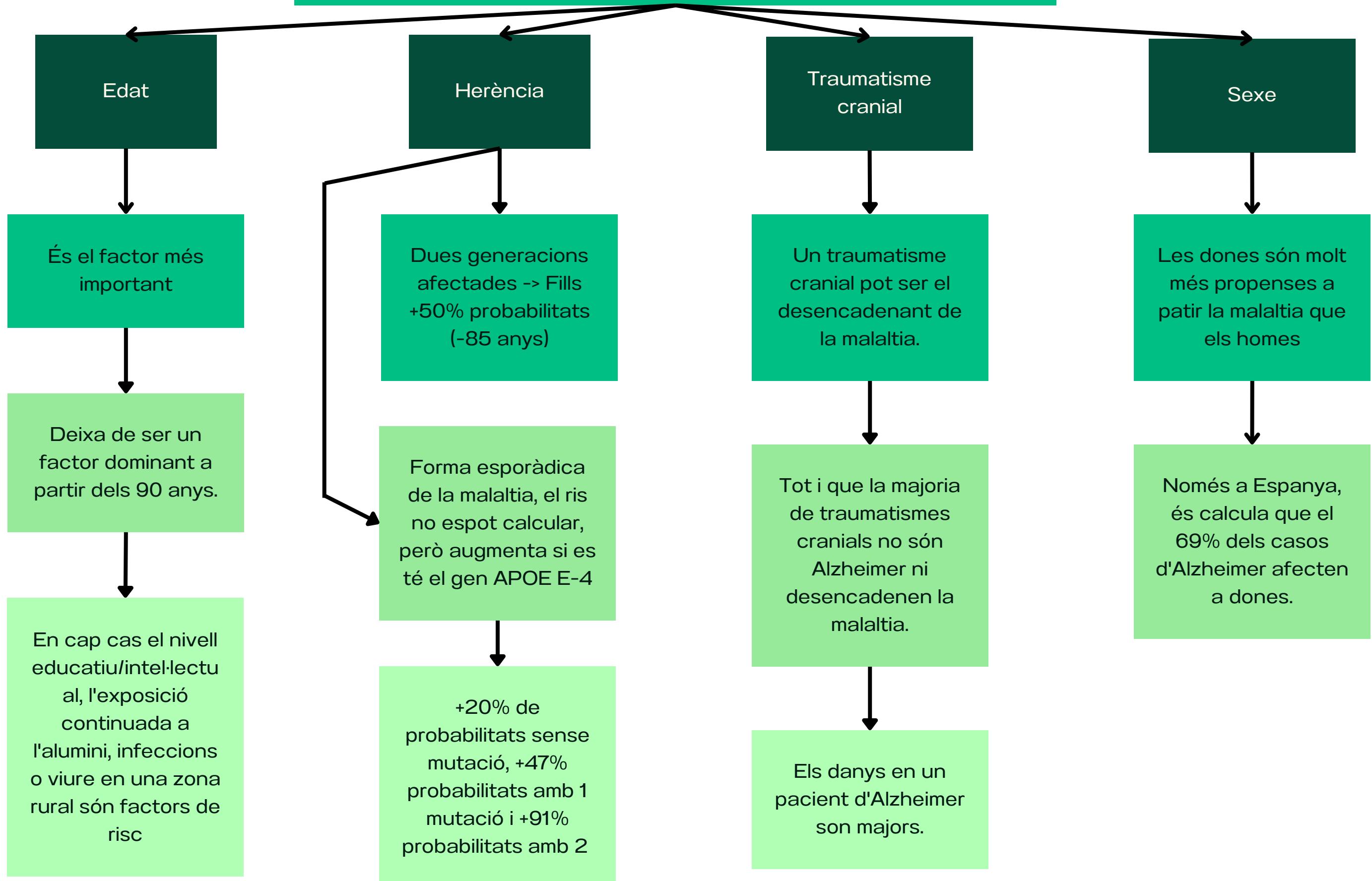
---

Tot i ser la més comuna, l'Alzheimer no és l'única causa de demència. També existeixen la demència vascular, la demència amb cossos de Lewy, la demència frontotemporal i la demència mixta.

# Marc teòric clínic

## Definició i factors de risc

### Factors de risc en l'aparició d'Alzheimer



# Marc teòric clínic

## Simptomes d'alarma

1.- Pèrdua de memòria a curt plaç

2.- Dificultat per planificar o resoldre problemes

---

3.- Dificultat per desenvolupar tasques habituals ja sigui a casa, a la feina o al temps d'oci

4.- Desorientació en l'espai i temps

---

5.- Dificultat de comprensió visual

6.- Impediments per usar el llenguatge

---

7.- Posar objectes en llocs diferents a l'habitual i ser incapàc de trobar-los

8.- Disminució o falta de judici

---

9.- Pèrdua d'iniciativa

10.- Canvis d'humor o de personalitat



# Marc teòric clínic

## Estadis de la malaltia



En tot el món s'utilitza l'escala de deteriorament global desenvolupada pel Dr. Barry Reisberg.

---

Aquesta escala s'utilitza per determinar en quin nivell d'Alzheimer es troba la persona afectada.

---

La principal característica d'aquesta escala és que es divideix en dos grans grups; predemència i demència.

---

L'escala consta de 7 estadis diferents de la malaltia.

---

Els estadis 1 a 3 són els estadis de predemència i els estadis 4 a 7 són els estadis de demència

---

L'estadi 5 és l'estadi d'inflexió on la persona malalta ja no pot gosar d'independència.

# Marc teòric clínic

## Llistat d'estadis i característiques

- Bloc predemència:
  - Estadi 1: No demència observable.
  - Estadi 2: Pèrdua de memòria relacionada amb l'edat.
  - Estadi 3: Deteriorament cognitiu lleu -> Dificultat per planificar esdeveniments socials, disminució del rendiment laboral, problemes per aprendre noves habilitats.
- Bloc de demència:
  - Estadi 4: Declivi cognitiu moderat -> Dificultat per dur a terme activitats quotidianes.
  - Estadi 5: Declivi cognitiu moderadament sever -> Incapacitat d'escollir la roba adient a les capacitats meteorològiques, disminució de la capacitat d'afrontar circumstàncies de la vida quotidiana, desorientació i pèrdua de memòria.
  - Estadi 6: Declivi cognitiu sever
    - Estadi 6A -> Incapacitat de vestir-se.
    - Estadi 6B -> Malgrat poder banyar-se tot sol, el malalt ja no pot regular la temperatura de l'aigua.
    - Estadi 6C -> Pèrdua de la capacitat de bany.
    - Estadi 6D -> Incontinència urinària i fecal i dificultat de recordar dates, adreces, condicions del clima del dia, etc.
    - Estadi 6E -> Confusió dels membres de la família, afectació a la parla, canvis emocionals, records defectuosos, impossibilitat de resoldre tasques matemàtiques bàsiques.



# Marc teòric clínic

## Llistat d'estadis i característiques

- Estadi 7: Declivi cognitiu molt sever
  - Estadi 7A -> Discurs limitat a 12 paraules, o menys, completament intel·ligibles.
  - Estadi 7B -> Discurs limitat a 1 paraula completament intel·ligible.
  - Estadi 7C -> Pèrdua de la capacitat de deambular.
  - Estadi 7D -> Pèrdua de la capacitat d'asseure's i aixecar-se.
  - Estadi 7E -> Pèrdua de la capacitat de somriure.
  - Estadi 7F -> Pèrdua de la capacitat d'aixecar el cap de manera independent.



# Marc teòric clínic

## Consells preventius

Aquests consells els atorga CEAFA, l'associació espanyola contra l'Alzheimer i es podrien resumir amb el terme "vida sana"

---

1.- Suar

---

2.- Desafiaments mentals

---

3.- Deixar de fumar

---

4.- Control adequat de la salut

---

5.- Protegir el cap

---

6.- Dieta sana i equilibrada

---

7.- Dormir les hores adequades

---

8.- Vida social activa

---

9.- Reducció de l'estrés



# Marc teòric clínic

## Mètode diagnòstic actual



Donar resposta a les preguntes; quins símptomes s'han patit? Quan van començar a manifestar-se? Amb quina freqüència es manifesten? Han anat a pitjor en cada manifestació?

---

Revisió completa de l'historial clínic del/la pacient i cerca d'anecedents familiars.

---

Avaluació de l'estat anímic i mental.

---

Avaluació de la dieta i la nutrició, la pressió arterial, la temperatura, el pols, cor i pulmons mitjançant auscultació... Analítiques de sang i orina.

---

Examen neurològic.

---

Presa d'imatges MRI i CT scan per descartar tumors, accidents vasculars, danys causats per un trauma o acumulació de líquid.

# Marc teòric clínic

## Tractament actual



A causa que encara no es coneixen, completament, les causes de l'Alzheimer, no hi ha medicines que puguin curar o prevenir la malaltia.

---

Els primers medicaments que es van dissenyar per combatre la malaltia van ser els inhibidors de la colinesterasa (augment de l'acetilcolina) i la memantina (control de l'activitat del glutamat). Aquestes medicines poden endarrerir l'empeorament de la simptomatologia, però no poden tractar lesions cerebrals ni prolongar la vida.

---

Hi ha dos tipus de medicaments aprovats: els que alleugen temporalment els símptomes i els que retarden la malaltia. No obstant això, no són efectius en tots els casos i poden perdre eficàcia amb el temps.

---

Les medicacions aprovades ho estan per determinades etapes de la malaltia. Aquestes etapes es basen en els resultats de les proves que avaluen la memòria, la consciència espai-temps, els pensament i el raonament.

---

Els metges poden receptar medicines diferents de les aprovades per les institucions públiques (Espanya l'AEMPS). Les etapes no són precises, les respostes als medicaments variables i les opcions de tractament limitades.

---

Les medicines aprovades avui dia a Espanya per combatre l'Alzheimer, estan pensades per l'etapa de deteriorament cognitiu lleu. És a dir, són medicaments pensats per tractar signes generals de demència, no per l'Alzheimer.

# Marc teòric clínic

## Tractament futur - Aducanumab i Lecanemab



Aducanumab és una medicina (intravenosa) recentment aprovada per la FDA per a pacients amb deteriorament cognitiu lleu i demència lleu per Alzheimer.

S'ha aprovat de manera accelerada per la seva capacitat de reduir la proteïna beta-amiloide. Tot i que el seu efecte en el rendiment diari no està clar.

Alguns efectes secundaris poden incloure anomalies en les imatges cerebrals. Anomalies com un edema cerebral, dipòsits d'hemosiderina o microhemorràgies. Aquestes anomalies s'han de monitorar amb imatges per MRI.

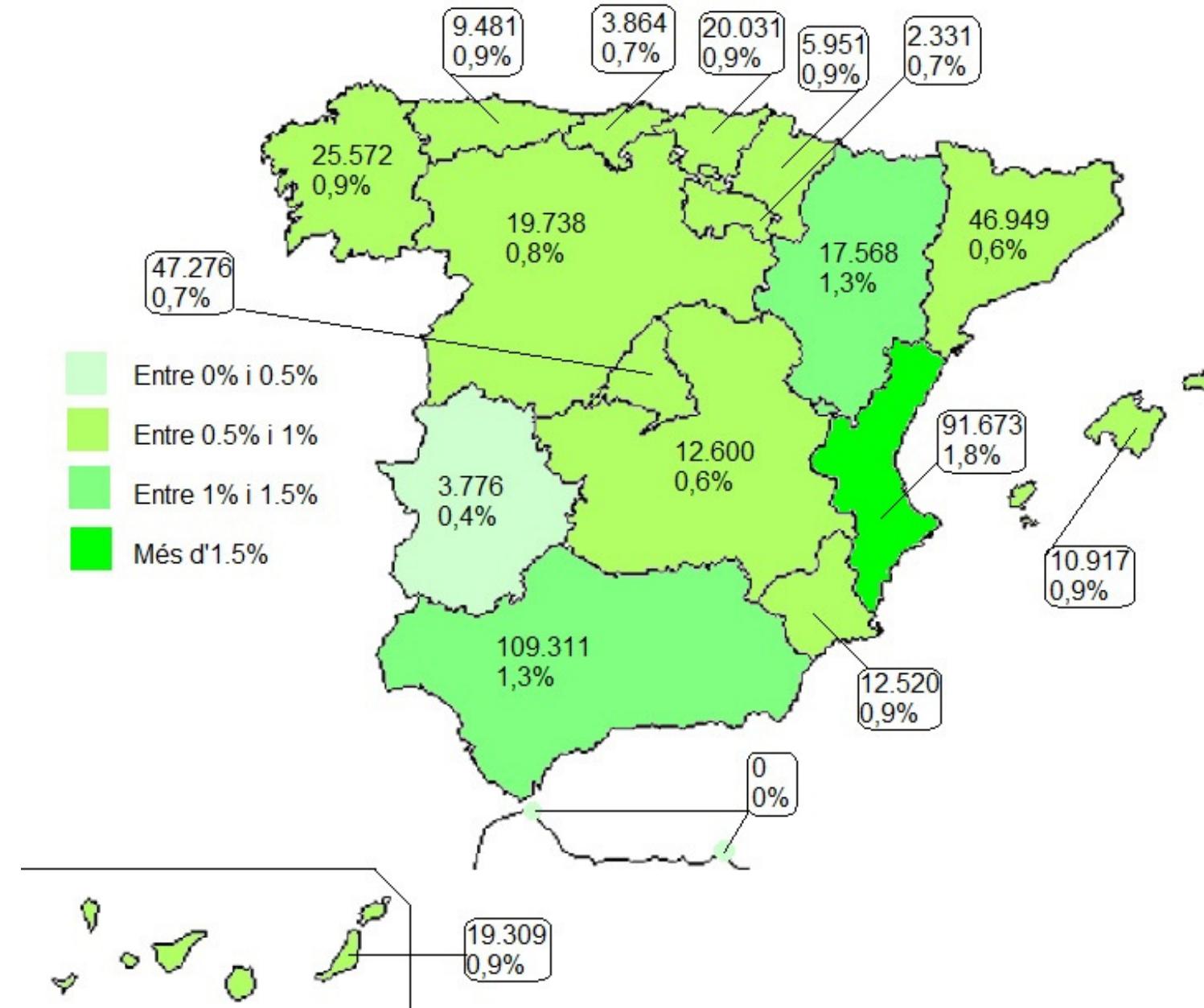
Lecanemab és una medicina, encara en fase experimental, que ha mostrat resultats molt prometedors en pacients amb una forma lleu d'Alzheimer i deteriorament cognitiu per culpa d'aquesta. La FDA contempla que estigui disponible aquest 2023.

Un assaig clínic de fase 3 va demostrar que Lecanemab redueix en un 27% el deteriorament cognitiu en pacients amb Alzheimer primerenc. L'estudi tracta en avaluar com afecta els malalts d'Alzheimer la destrucció de plaques amiloides.

També s'està estudiant l'efecte preventiu amb persones de risc.

# Marc teòric clínic

## Estadístiques

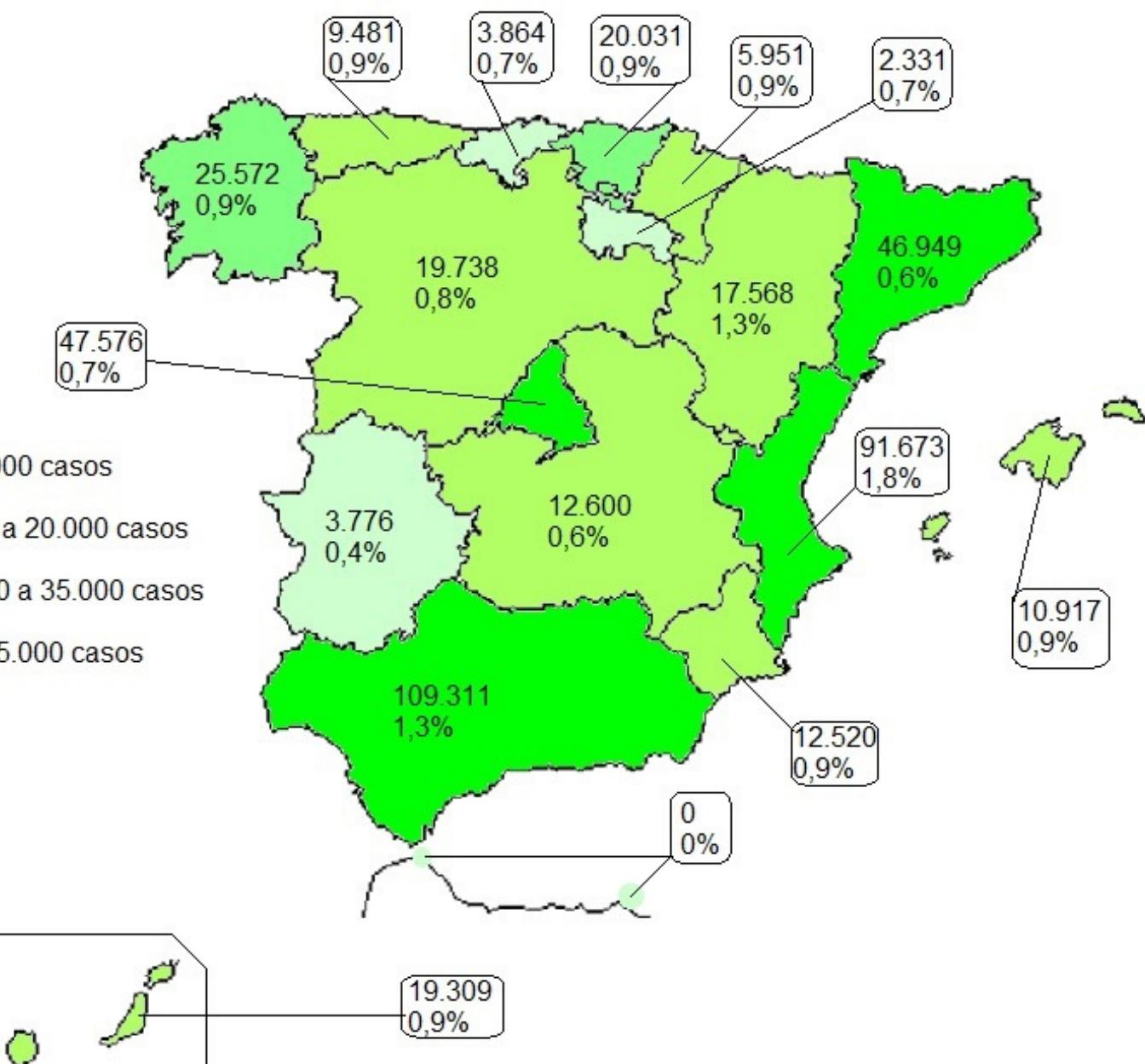


### Casos de demència totals l'any 2019:

- 140.248 casos en homes -> 30,6%
- 318.621 casos en dones -> 69,4%

Finestra d'Alzheimer (entre el 60% i el 80% dels casos de demència):

- Entre 84.149 i 112.199 casos d'Alzheimer en homes.
- Entre 191.173 i 254.897 casos d'Alzheimer en dones.



# Marc teòric clínic

## Principals associacions nacionals



Universitat de Lleida

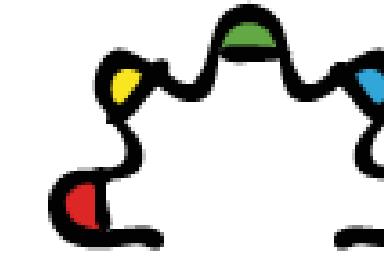
**fundació  
pasqual  
maragall**



ASOCIACIÓN FAMILIARES  
ALZHEIMER VALENCIA



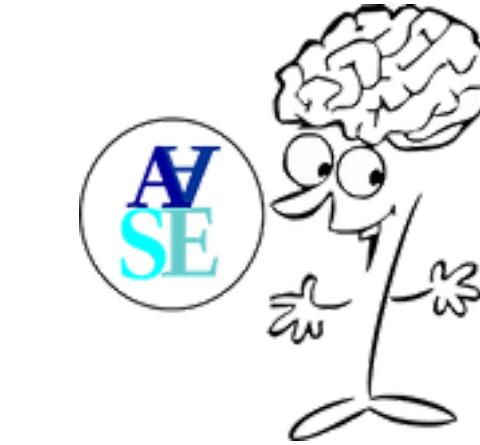
FEDERACIÓN DE  
ASOCIACIONES DE  
FAMILIARES DE ENFERMOS  
DE ALZHEIMER



CONFEDERACIÓN  
ESPAÑOLA DE  
**ALZHEIMER**

**fevafar**  
ALZHEIMER

  
**AFAMUR**  
ASOCIACIÓN DE FAMILIARES DE ENFERMOS DE ALZHEIMER DE LA REGIÓN DE MURCIA



  
**afaga**  
Alzheimer

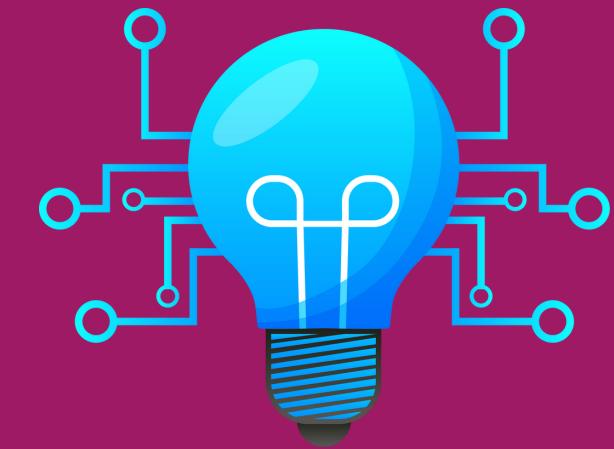
  
**ASOCIACIÓN  
ALZHEIMER  
ASTURIAS**  
A.F.A. ASTURIAS



# Marc teòric computacional

# Marc teòric computacional

## Context històric i definició d'intel·ligència artificial



La història de la IA neix l'any 1950 quan Alan Turing publica el llibre "Computing machinery and intelligence".

---

Per primer cop, en aquest llibre es planteja la capacitat de pensar de les màquines. Des d'aquesta data, la IA ha acumulat numerosos èxits i fracassos estrepitosos.

---

Entenem per IA la capacitat que té una màquina d'adquirir aptituds relacionades amb els éssers humans.

---

Aquestes aptituds inclouen el raonament i l'aprenentatge, entre d'altres.

---

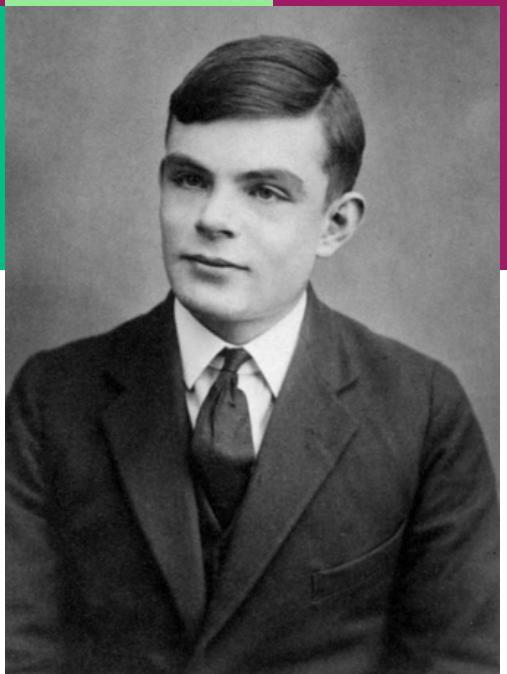
En altres paraules, la IA és un conjunt d'algorismes que pretén fer que les màquines imitin el comportament humà.

---

Segons els experts en informàtica, Stuart Russell i Peter Norvig, es poden trobar quatre tipus diferents de IA.

# Marc teòric computacional

Context històric i definició d'intel·ligència artificial



**Alan Turing**

Informàtic teòric,  
matemàtic, professor  
universitari,  
criptògraf, lògic,  
estadista,  
maratonista i  
investigador de la IA



**Stuart  
Russell**

Informàtic teòric,  
enginyer, professor  
universitari i  
investigador de la IA

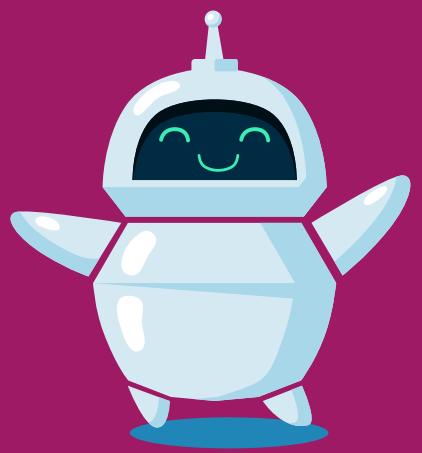


**Peter Norvig**

Informàtic teòric,  
matemàtic, professor  
universitari i  
investigador de la IA

# Marc teòric computacional

## Tipus de IA



Classificació feta segons els experts Stuart Russell i Peter Norvig

---

Sistemes que pensen com els humans. Són aquells que automatitzen tasques com prendre decisions, resoldre problemes, etc. Per exemple les xarxes neuronals

---

Sistemes capaços de recrear el comportament humà. Duen a terme tasques de la mateixa manera que ho faria un humà. Per exemple els robots.

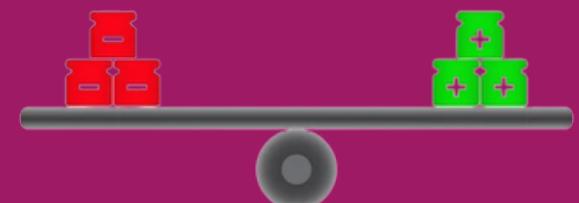
---

Sistemes de pensament racional. Són aquells sistemes que intenten copiar la lògica de pensament, és a dir, percebre, jutjar i actuar d'acord amb un estímul extern. Per exemple els sistemes experts (RBR o CBR).

---

Sistemes d'actuació racional. Intenten copiar la forma de comportament humà. Per exemple els sistemes intel·ligents

# Marc teòric computacional



## Avantatges i desavantatges de la IA

Tenint en compte les defenses de la IA fetes per Andy Chan, Product Manager de Infinia ML, i Kai-Fu Lee, fundador del fons de capital de risc Sinovation Ventures, la IA té 9 avantatges principals i 3 desavantatges.

- Avantatges:
  - Automatització de processos
  - Potenciació de les tasques creatives
  - Precisió
  - Reducció de l'error humà
  - Reducció del temps emprat en l'anàlisi de dades
  - Manteniment predictiu
  - Millora en la presa de decisions a escala productiva i de negoci
  - Control i optimització de processos productius i línies de producció
  - Augment de la productivitat i de la qualitat de la producció

- Desavantatges:
  - Disponibilitat de dades
  - Insuficiència de personal amb la qualificació adequada
  - Cost i temps d'implantació dels projectes

# Marc teòric computacional

Avantatges i desavantatges



**Andy Chan**

Economista, analista  
de Big Data i Product  
Manager a Infinia ML

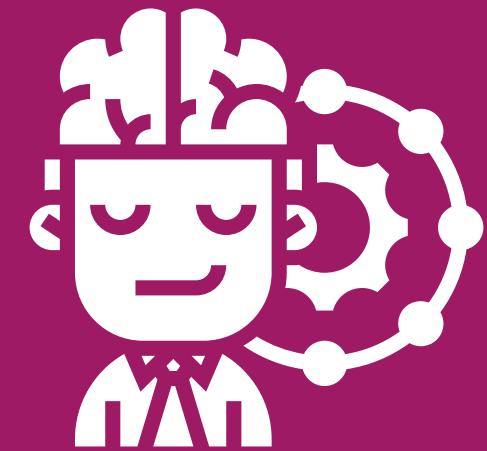


**Kai-Fu Lee**

Emprenedor,  
informàtic teòric,  
enginyer, empresari,  
científic de la  
informació i fundador  
del fons de capital de  
risc Sinovation  
Ventures

# Marc teòric computacional

## Definició d'aprenentatge automàtic i tipus



L'aprenentatge automàtic és una disciplina que atorga a les màquines la capacitat d'aprendre, de manera autònoma, patrons en dades massives i elaborar prediccions.

---

Existeixen 4 tipus d'aprenentatge automàtic.

---

Aprenentatge supervisat. Model intel·ligent que s'ha entrenat amb una DB perfectament etiquetada i que fa prediccions a partir d'aquestes etiquetes (Classificació d'imatges o àudios).

---

Aprenentatge no supervisat. Els models troben els patrons existents entre les dades a analitzar (Agrupar imatges).

---

Aprenentatge semisupervisat. Mescla dels anteriors. Utilitza un grup mínim d'etiquetes, però la gran majoria de dades no estan etiquetades (Classificació de correus com spam o no spam).

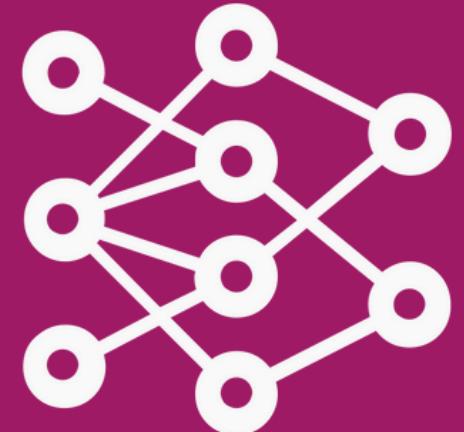
---

Aprenentatge per reforç. És capaç de funcionar sense grans quantitats de dades. La IA guia el seu aprenentatge a través d'un sistema de recompenses i càstigs (prova i error) (Navegar entre un node origen i un node destí d'un graf de tal manera que la suma dels pesos sigui mínima).

---

# Marc teòric computacional

## Definició de xarxa neuronal i enumeració de tipus



Una xarxa neuronal és un model matemàtic que imita el processament d'una certa informació tal com ho faria un cervell humà.

---

El seu objectiu principal és emular el comportament d'un cervell humà, per aquesta raó, s'organitza amb capes i neurones.

---

De la mateixa manera que en un cervell real, la unitat bàsica de processament d'informació són les neurones.

---

Les neurones es transmeten senyals entre elles i aquests senyals es transmeten des de l'entrada fins a la sortida.

---

Segons la topologia de la xarxa, hi ha 5 possibles classificacions diferents de xarxes neuronals (ANN en anglès)

---

Xarxes monocapa, xarxes multicapa (totalment o parcialment connectades), xarxes convolucionals, xarxes recurrents i xarxes de base radial.

---

# Marc teòric computacional

## Elements d'una xarxa neuronal

Una xarxa neuronal s'organitza en capes, on cada capa conté una o més neurones.

---

Normalment en una ANN es poden diferenciar: capa d'entrada, capes ocultes i capa de sortida.

---

La capa d'entrada representa tots els elements que s'entren a la xarxa per ser processats. Aquesta capa estarà formada per una o més neurones.

---

Les capes ocultes (en cas d'existir), són les que es troben entre la capa d'entrada i la de sortida i, s'encarreguen de processar les dades i d'extreure característiques per a donar un resultat precís en les prediccions.

---

La capa de sortida és una capa que tindrà tantes neurones com possibles resultats i s'encarregarà de donar el resultat de la predicció.

---

Cada neurona es relaciona mitjançant "pesos" amb algunes (o totes) les neurones de la capa següent, així, les dades es presenten a la primera capa i els valors es propaguen des de la neurona en la qual es troben en aquell moment fins a totes les neurones de la capa següent amb les que hi hagi relació fins a arribar a la capa de sortida.

---

# Marc teòric computacional

## Xarxes neuronals convolucionals

Són un algorisme d'aprenentatge profund que estan dissenyades per l'anàlisi d'atributs visuals de grans quantitats de dades.

---

Tot i que, normalment, s'utilitzen per aspectes relacionats amb les imatges, també es poden utilitzar per a altres aplicacions dins del món de la IA com per exemple el processament del llenguatge natural.

---

Com tota xarxa classificatòria, en primer lloc, s'ha de realitzar una fase d'extracció de característiques.

D'aquesta fase se n'encarreguen les neurones convolucionals. Seguidament, es du a terme una operació de reducció per mostreig (pooling) i finalment es realitza la classificació en unes neurones més senzilles.

---

La fase d'extracció de característiques té una similitud molt elevada amb el procés d'estimulació del còrtex visual del cervell humà a causa del fet que ambdues involucren la detecció i representació de patrons visuals per al processament de la informació.

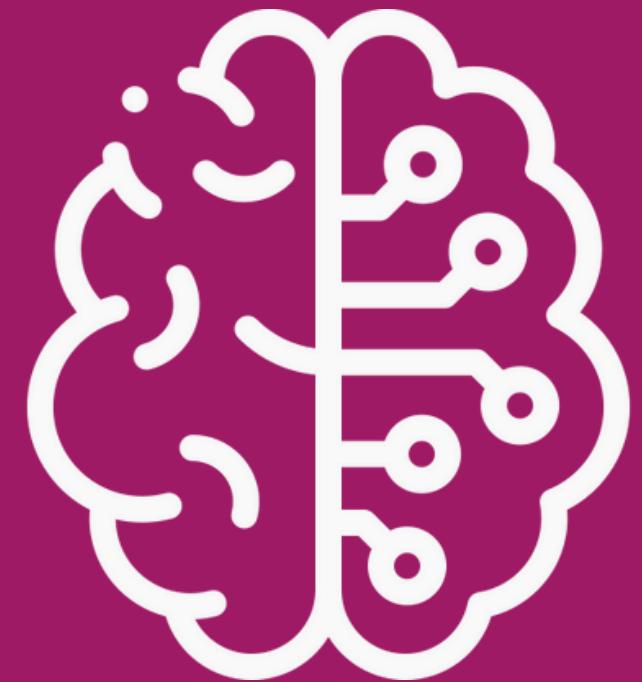
---

A mesura que les dades avancen cap a la capa de sortida es van fent més petites.

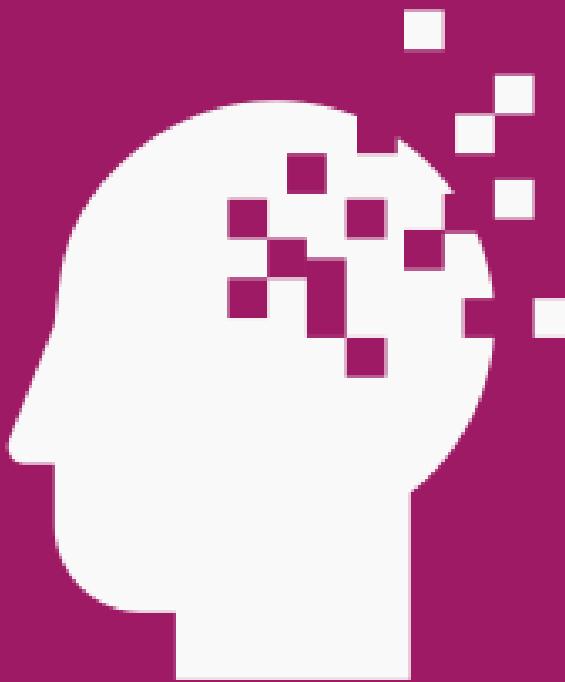
---

D'aquesta manera les primeres capes són menys sensibles als canvis (detecció genèrica) i les últimes són extremadament sensibles als canvis (detecció precisa).

---



VS



# Intel·ligència artificial vs. Alzheimer

# Intel·ligència artificial vs. Alzheimer

Neuro House - 22/10/2020



Es publica al web [Neuro House](#) el 22 - 10 - 2020 i es titula "La inteligencia artificial, una nueva aliada contra el Alzheimer"

---

Gràcies als progressos que està tenint la IA és possible detectar casos d'Alzheimer fins amb 15 anys d'antelació a l'aparició dels primers símptomes.

---

Aquesta detecció es fa mitjançant l'estudi genètic i el monitoratge continu dels pacients.

---

Aquest article assegura que està previst, que de manera futura, la IA pugui servir per detectar altres afectacions mentals de caràcter mortal com, per exemple, la depressió.

---

Un grup d'investigadors de la Universitat de Califòrnia, han desenvolupat una IA que pot detectar la disminució del consum de glucosa.

---

La disminució del consum de glucosa és un dels primers símptomes de l'Alzheimer.

---

# Intel·ligència artificial vs. Alzheimer

La Vanguardia - 27/04/2022



Es publica el [paper](#) el 03 - 03 - 2022 i es titula "A multi-stream CNN for classification of progressive MCI in Alzheimer's disease using structural MRI images"

---

La proposta de recerca consta de dos passos. Desenvolupar un enfocament basat en les dades utilitzant la tècnica estadística "Hotelling's T-squared distribution" i implementar una CNN on cada flux s'alimenta de fragments d'imatge de 19x19x19.

---

Amb la tècnica estadística l'equip investigador crea un mapa en forma de cervell tot identificant diferents aspectes anatòmics. Cadascun d'aquests punts s'associa a una coordenada 3D i s'extreu un fragment de 19x19x19.

---

"Hotelling's T-squared distribution" és una tècnica que consisteix a comparar els valors de les mitjanes dels grups de classificació per poder determinar si els diferents grups tenen, o no, diferències estadístiques significatives.

---

Els investigadors han avaluat el rendiment del mètode en 3 passos experimentals: entrenar la CNN de flux múltiple amb imatges de MRI, transferir els pesos a una arquitectura idèntica tot ajustant-la amb dades relacionades amb pacients sMCI i pMCI i afegir biomarcadors.

---

Els resultats demostren que aquest mètode supera qualsevol altre enfocament existent per a la diagnosi de la malaltia.

# Intel·ligència artificial vs. Alzheimer

La Razón- 07/11/2022



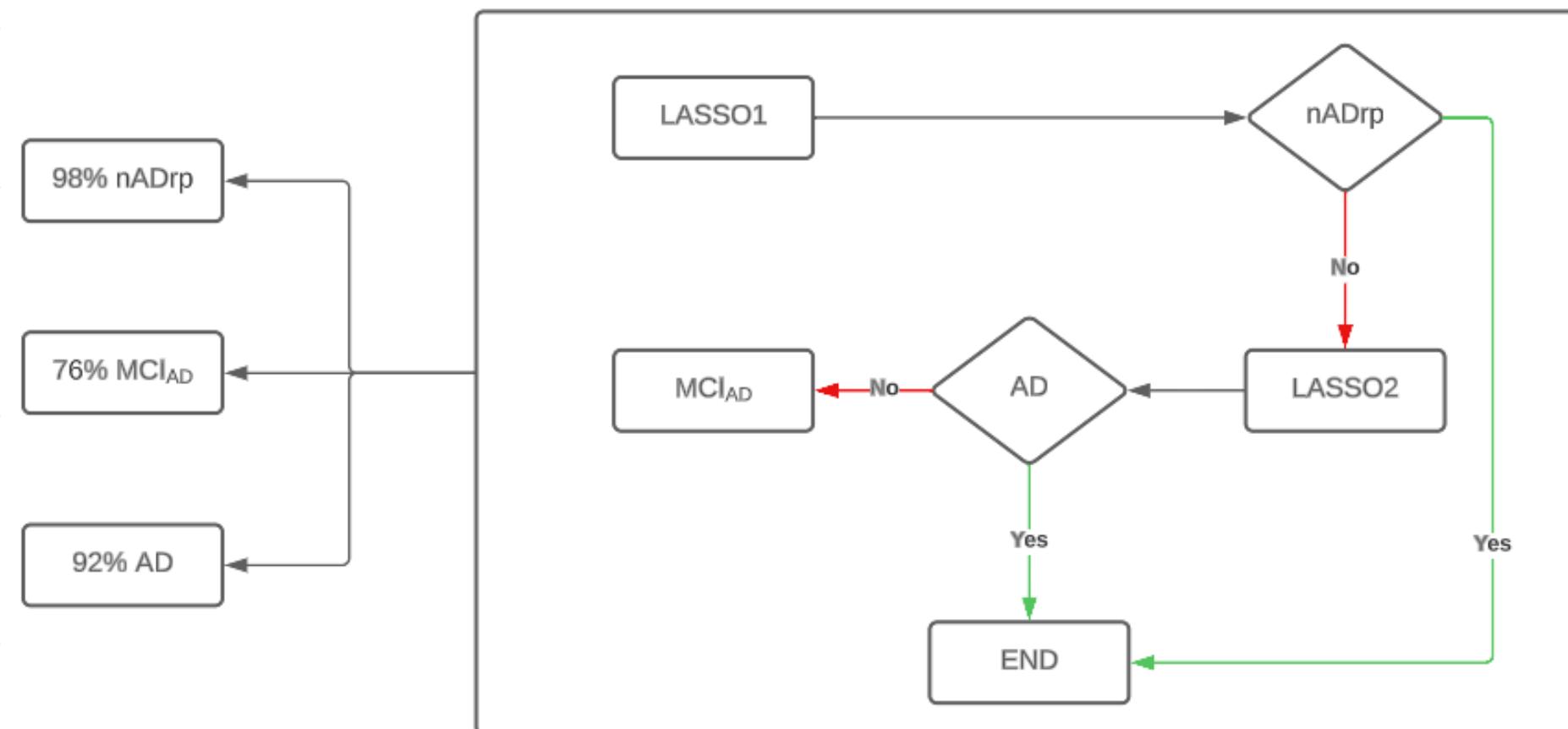
Es publica el [paper](#) 20 - 06 - 2022 i es titula "A predictive model using the mesoscopic architecture of the living brain to detect Alzheimer's disease"

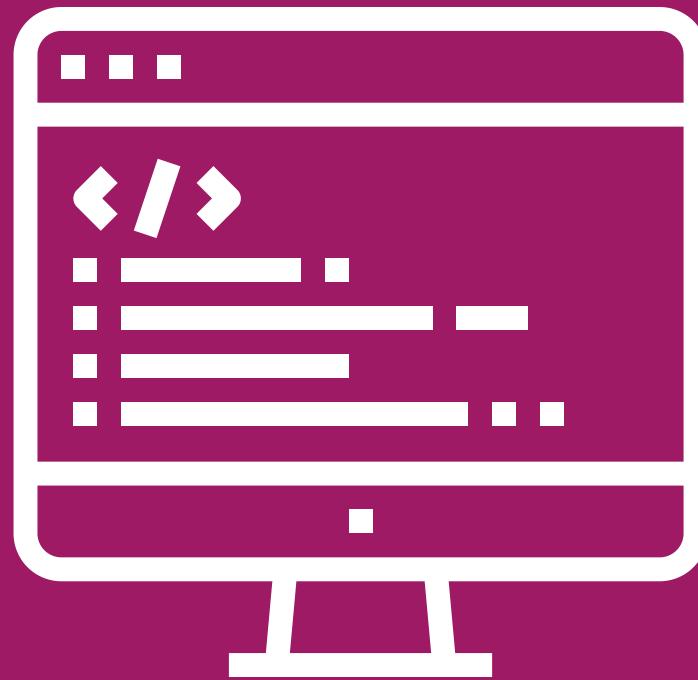
En aquesta recerca s'ha dissenyat un enfocament d'un operador de selecció i contracció mínima absoluta en dos passos (LASSO)

Les imatges seleccionades per a l'entrenament són imatges de MRI del tipus T1w que s'han segmentat en 115 regions mitjançant la funció de reconeixement FreeSurfer.

Després de la selecció i estandardització de les imatges, es crea un primer operador (LASSO1) que classifica entre persones amb patologia i sense patologia relacionada amb Alzheimer.

Dins d'aquest operador se'n crea un segon (LASSO2) que s'encarrega de classificar entre deteriorament cognitiu lleu causat per Alzheimer i Alzheimer.

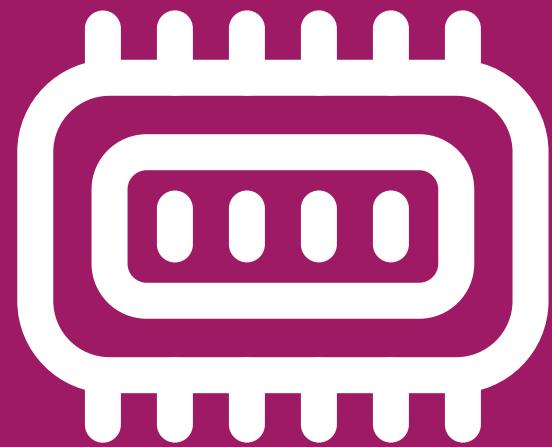




# Implementació de la proposta de treball

# Implementació de la proposta de treball

## Característiques de la màquina i IDE



### Característiques del PC

Sistema operatiu: Windows 10 Pro 64-bit

CPU: Intel Core i7-3770K (8 CPUs) 3.5GHz

RAM: 8GB

Disc dur: Western Digital Blue WD10EZEX 1TB

### Característiques de l'IDE

Llibreta de Google Colab

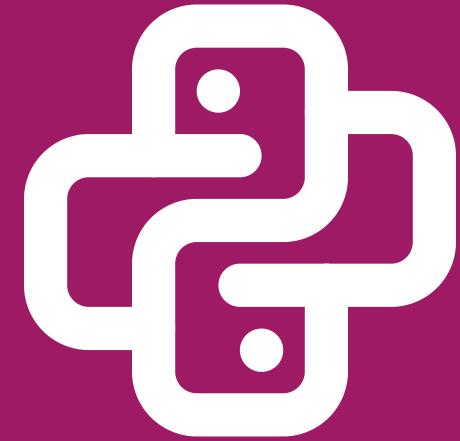
Backend de Google Compute Engine

RAM: 12.7 GB

Disc: 107.7 GB

# Implementació de la proposta de treball

## Llibreries de Python utilitzades



TensorFlow

Keras

os

datetime

Lime

Numpy

OpenCV

Matplotlib

scikit-image





# Conclusions



# Agraïments



# Bibliografia

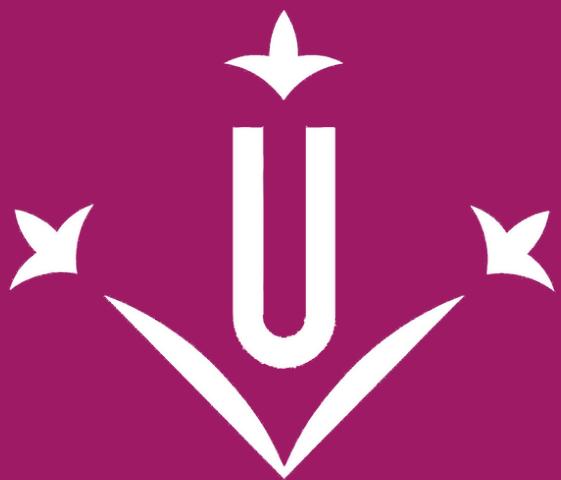
- INSALUD, Guía práctica de la enfermedad de Alzheimer, 1996, Instituto nacional de la salud.



# Webgrafia

[Imatge portada](#)  
[Imatge índex](#)  
[Imatge logo UDL](#)  
[Imatge logo UDL blanc](#)  
[Imatge logo EPS](#)  
[Història Alzheimer](#)  
[Definició Alzheimer](#)  
[Definició demència](#)  
[Retrat d'Auguste Deter](#)  
[Retrat d'Alois Alzheimer](#)  
[Logo fundació Pasqual Maragall](#)  
[Logo CEAFA](#)  
[Logo FAE](#)  
[Logo AFAV](#)  
[Logo FEVAFA](#)  
[Logo FCA](#)  
[Logo AFALL](#)  
[Logo AFAMUR](#)  
[Logo FAFAL](#)  
[Logo AASE](#)  
[Logo AFAGA](#)  
[Logo AFA Asturias](#)

[Imatge Alan Turing](#)  
[Imatge Stuart Russell](#)  
[Imatge Peter Norvig](#)  
[Imatge Andy Chan](#)  
[Imatge Kai-Fu Lee](#)



Universitat de Lleida

# Torn obert de paraula

