

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Enginyeria d'Organització

Detecció de defectes en cel·les fotovoltaïques sobre imatges obtingudes via electroluminescència mitjançant xarxes neuronals convolucional (CNN)

ANNEXOS

Autor: Marc Campmany Garcia
Director: Joan Ferran Salaet Pereira
Convocatòria: Juny 2021



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

**Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa**

Continguts

1.	Exemple derivada parcial Backpropagation	5
2.	Class Imbalance o desbalanceig de classes	8
2.1	Model amb Data augmentation	8
2.2	Model amb Equilibri de pesos	9
2.3	Model amb Transfer Learning	10
2.4	Model amb Oversampling	11
3.	Models amb millores	12
3.1	Tipus mono, pesos, L2 i early stop.....	12
3.2	Tipus mono, pesos, data augmentation, L2, early stop	13
3.3	Tipus mono, transfer learning, data aug, L2, early stop.....	14
3.4	Tipus mono, pesos, transfer learning, L2, early stop	15
3.5	Tipus mono, pesos, transfer learning, L2, early stop, data aug	16
3.6	Tipus mono, 4-capes convolucionals, pesos, L2, early stop.....	17
4.	Models amb validació creuada.....	18
4.1	K-Folds 3-capes monocristal·lí.....	18
FOLD-1	.....	18
FOLD-2	.....	19
FOLD-3	.....	20
FOLD-4	.....	21
FOLD-5	.....	22
FOLD-6	.....	23
FOLD-7	.....	24
FOLD-8	.....	25
FOLD-9	.....	26
FOLD-10	.....	27
4.2	K-Folds Transfer Learning monocristal·lí	28
FOLD-1	.....	28
FOLD-2	.....	29
FOLD-3	.....	30
FOLD-4	.....	31
FOLD-5	.....	32
FOLD-6	.....	33
FOLD-7	.....	34
FOLD-8	.....	35
FOLD-9	.....	36

FOLD-10.....	37
4.3 K-Folds 4-capes monocristal·lí.....	38
FOLD-1.....	38
FOLD-2.....	39
FOLD-3.....	40
FOLD-4.....	41
FOLD-5.....	42
FOLD-6.....	43
FOLD-7.....	44
FOLD-8.....	45
FOLD-9.....	46
FOLD-10.....	47
4.4 K-Folds Transfer policristal·lí L2=0.001.....	48
FOLD-1.....	48
FOLD-2.....	49
FOLD-3.....	50
FOLD-4.....	51
FOLD-5.....	52
FOLD-6.....	53
FOLD-7.....	54
FOLD-8.....	55
FOLD-9.....	56
FOLD-10.....	57
4.5 K-Folds Transfer policristal·lí L2=0.1.....	58
FOLD-1.....	58
FOLD-2.....	59
FOLD-3.....	60
FOLD-4.....	61
FOLD-5.....	62
FOLD-6.....	63
FOLD-7.....	64
FOLD-8.....	65
FOLD-9.....	66
FOLD-10.....	67
4.6 K-Folds 3-capes policristal·lí.....	68
FOLD-1.....	68
FOLD-2.....	69

FOLD-3.....	70
FOLD-4.....	71
FOLD-5.....	72
FOLD-6.....	73
FOLD-7.....	74
FOLD-8.....	75
FOLD-9.....	76
FOLD-10.....	77

1. Exemple derivada parcial Backpropagation

Per simplicitat, imaginem que només tenim Alice al nostre conjunt de dades:

Name	Weight (minus 135)	Height (minus 66)	Gender
Alice	-2	-1	1

Fig. 1 dades d'exemple per a analitzar derivada parcial i backpropagation

Aleshores, la pèrdua mitjana d'error al quadrat és només l'error al quadrat d'Alice:

$$\begin{aligned} \text{MSE} &= \frac{1}{1} \sum_{i=1}^1 (y_{\text{true}} - y_{\text{pred}})^2 \\ &= (y_{\text{true}} - y_{\text{pred}})^2 \\ &= (1 - y_{\text{pred}})^2 \end{aligned}$$

Fig. 2 MSE ("mean square error") de l'exemple mostrat

Una altra manera de pensar sobre la pèrdua és en funció dels pesos i els biaixos. Etiquetem cada pes i biaix de la nostra xarxa:

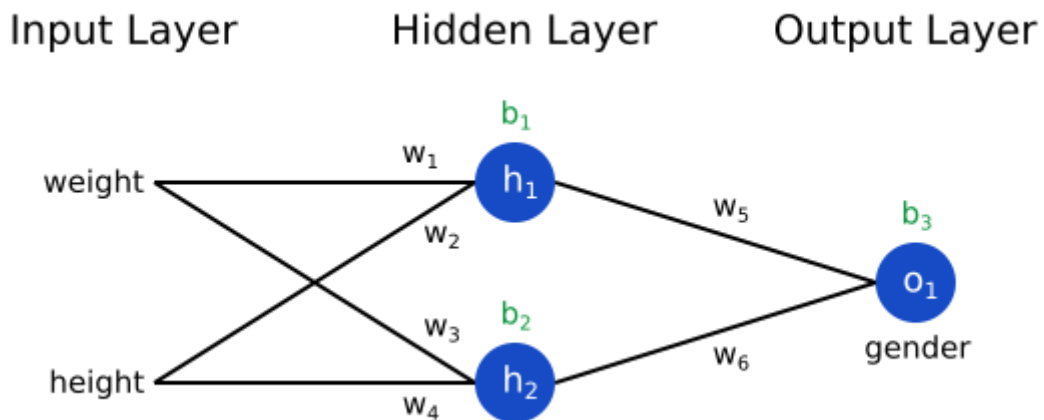


Fig. 3 Estructura de la xarxa d'exemple

Aleshores, podem escriure la pèrdua com a funció multivariable:

$$L(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, b_1, b_2, b_3)$$

Fig. 4 Funció de pèrdua multivariable

Imaginem que volem modificar w1. Com canviaria la pèrdua L si canviéssim w1? Aquesta és una pregunta que pot respondre la derivada parcial. Com el calculem?

Per començar, reescrivim la derivada parcial en termes de $\partial y_{pred} / \partial w_1$:

$$\frac{\partial L}{\partial y_{pred}} = \frac{\partial(1 - y_{pred})^2}{\partial y_{pred}} = \boxed{-2(1 - y_{pred})}$$

Fig. 5 Derivada parcial de la funció de pèrdua respecte w_1

Podem calcular $\partial L / \partial y_{pred}$ perquè hem calculat $L = (1 - y_{pred})^2$ anteriorment:

$$\frac{\partial L}{\partial y_{pred}} = \frac{\partial(1 - y_{pred})^2}{\partial y_{pred}} = \boxed{-2(1 - y_{pred})}$$

Fig. 6 Derivada parcial de la funció de pèrdua

Ara, esbrinem què fer amb $\partial y_{pred} / \partial w_1$. Igual que abans, siguin h_1 , h_2 , les sortides de les neurones que representen. Llavors

$$y_{pred} = o_1 = f(w_5 h_1 + w_6 h_2 + b_3)$$

Fig. 7 f és l'activació sigmoide

Com que w_1 només afecta h_1 (no h_2), podem escriure

$$\frac{\partial y_{pred}}{\partial w_1} = \frac{\partial y_{pred}}{\partial h_1} * \frac{\partial h_1}{\partial w_1}$$
$$\frac{\partial y_{pred}}{\partial h_1} = \boxed{w_5 * f'(w_5 h_1 + w_6 h_2 + b_3)}$$

Fig. 8 Derivada parcial de la funció de pèrdua en funció de h_1, h_2 i b_3

Fem el mateix per a $\partial h_1 / \partial w_1$:

$$h_1 = f(w_1 x_1 + w_2 x_2 + b_1)$$
$$\frac{\partial h_1}{\partial w_1} = \boxed{x_1 * f'(w_1 x_1 + w_2 x_2 + b_1)}$$

Fig. 9 h_1 en funció dels pesos i biaixos de la xarxa neuronal d'exemple

x1 aquí és el pes i x2 és l'alçada. Aquesta és la segona vegada que veiem $f'(x)$ (el derivat de la funció sigmoide). Derivant:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$
$$f'(x) = \frac{e^{-x}}{(1 + e^{-x})^2} = f(x) * (1 - f(x))$$

Fig. 10 Derivada de la funció sigmoide

Amb tot, la formula final de $\partial L / \partial w_1$ queda com:

$$\frac{\partial L}{\partial w_1} = \frac{\partial L}{\partial y_{pred}} * \frac{\partial y_{pred}}{\partial h_1} * \frac{\partial h_1}{\partial w_1}$$

Fig. 11 Derivada parcial de la funció de pèrdua respecte w1

Aquest sistema de càlcul de derivades parcials treballant cap enrere es coneix com a backpropagation.

2. Class Imbalance o desbalanceig de classes

2.1 Model amb Data augmentation

	Loss	Accuracy	Precision	Recall	AUC
Train	0.8381	0.8489	0.7291	0.6295	0.8780
Val.	0.8869	0.8445	0.7005	0.6603	0.8660
Test	0.8266	0.8486	0.7125	0.6610	0.8825

Taula 1 mètriques del model aplicant Data Augmentation

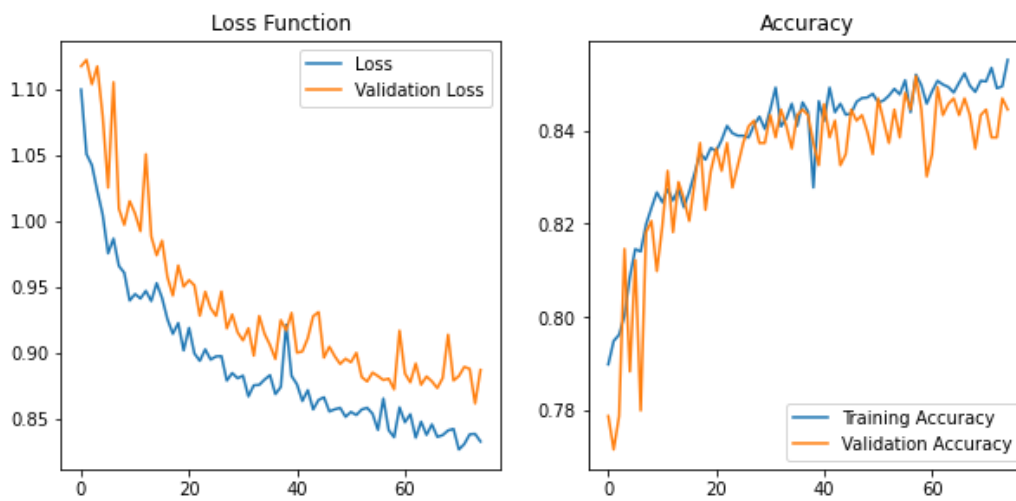


Fig. 12 Gràfiques de pèrdua i accuracy per epoch d'entrenament del model amb data augmentation

```

Confusion Matrix
[[109  0  0  2]
 [ 25  0  0  0]
 [ 12  0  0  1]
 [ 28  0  0 32]]
    
```

```

Classification Report
      precision    recall  f1-score   support

    0.0         0.63     0.98     0.76         111
    0.33         0.00     0.00     0.00          25
    0.66         0.00     0.00     0.00          13
    1.0         0.91     0.53     0.67          60

   accuracy                   0.67         209
  macro avg                   0.39     0.38     0.36         209
 weighted avg                   0.60     0.67     0.60         209
    
```

Fig. 13 Matriu de confusió i report de classificació del model amb data augmentation

2.2 Model amb Equilibri de pesos

	Loss	Accuracy	Precision	Recall	AUC
Train	0.7328	0.9147	0.8712	0.7729	0.9654
Val.	1.0824	0.8242	0.6632	0.6029	0.8660
Test	1.0310	0.8476	0.7167	0.6457	0.8752

Taula 2 mètriques del model amb rebalanceig de pesos

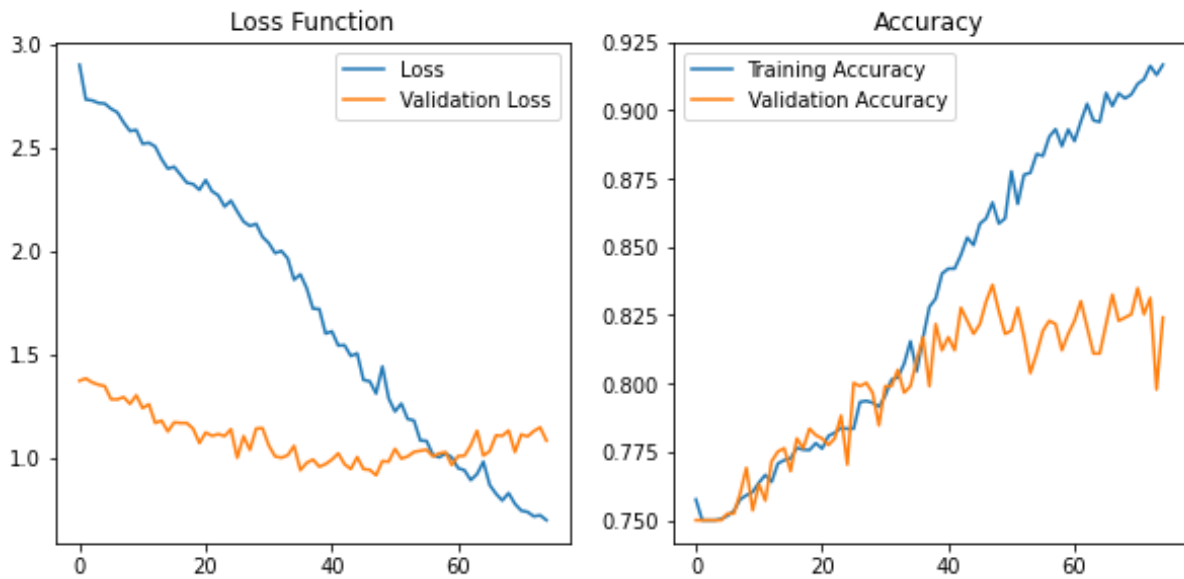


Fig. 14 Gràfiques de pèrdua i accuracy per epoch d'entrenament del model amb equilibri de pesos

Confusion Matrix

```
[[76 18 2 15]
 [ 8 13 2  2]
 [ 6  1 4  2]
 [15  3 3 39]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.72	0.68	0.70	111
0.33	0.37	0.52	0.43	25
0.66	0.36	0.31	0.33	13
1.0	0.67	0.65	0.66	60
accuracy			0.63	209
macro avg	0.53	0.54	0.53	209
weighted avg	0.64	0.63	0.64	209

Fig. 15 Matriu de confusió i report de classificació del model amb equilibri de pesos

2.3 Model amb Transfer Learning

	Loss	Accuracy	Precision	Recall	AUC
Train	0.1543	0.9795	0.9695	0.9479	0.9974
Val.	0.8685	0.8529	0.7150	0.6842	0.9039
Test	0.7546	0.8650	0.7413	0.7065	0.9111

Taula 3 mètriques del model aplicant transferència de coneixement

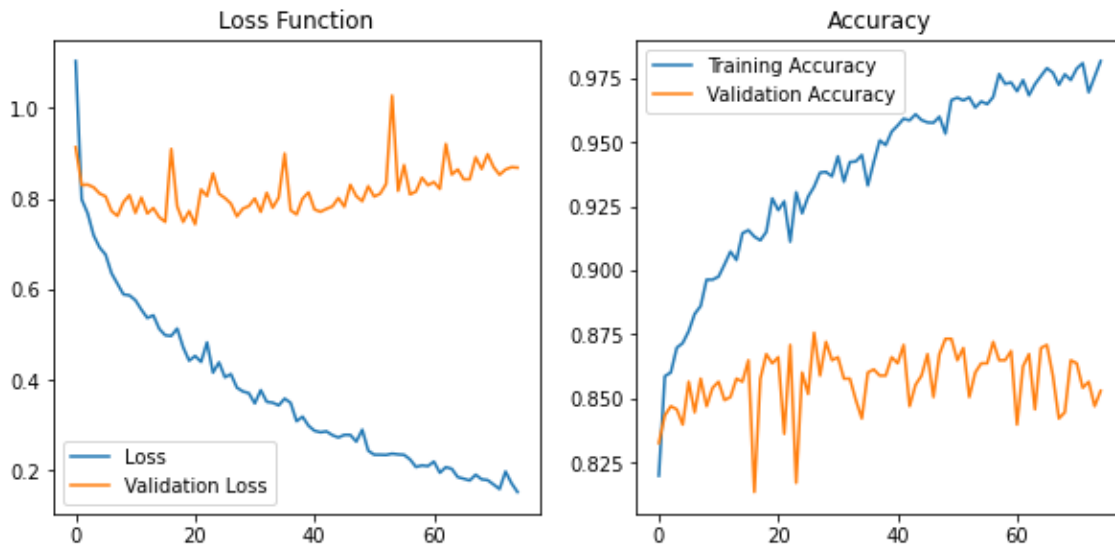


Fig. 16 Gràfiques de pèrdua i accuracy per epoch d'entrenament del model amb transferència de coneixement

Confusion Matrix

```
[[99  3  0  9]
 [17  7  0  1]
 [ 7  1  1  4]
 [16  2  3 39]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.71	0.89	0.79	111
0.33	0.54	0.28	0.37	25
0.66	0.25	0.08	0.12	13
1.0	0.74	0.65	0.69	60
accuracy			0.70	209
macro avg	0.56	0.47	0.49	209
weighted avg	0.67	0.70	0.67	209

Fig. 17 Matriu de confusió i report de classificació del model amb data augmentation

2.4 Model amb Oversampling

	Loss	Accuracy	Precision	Recall	AUC
Train	0.7336	0.8517	0.7947	0.5498	0.9066
Val.	1.9222	0.7312	0.4444	0.3011	0.6628
Test	0.9942	0.8495	0.7590	0.5833	0.8531

Taula 4 mètriques del model aplicant oversampling

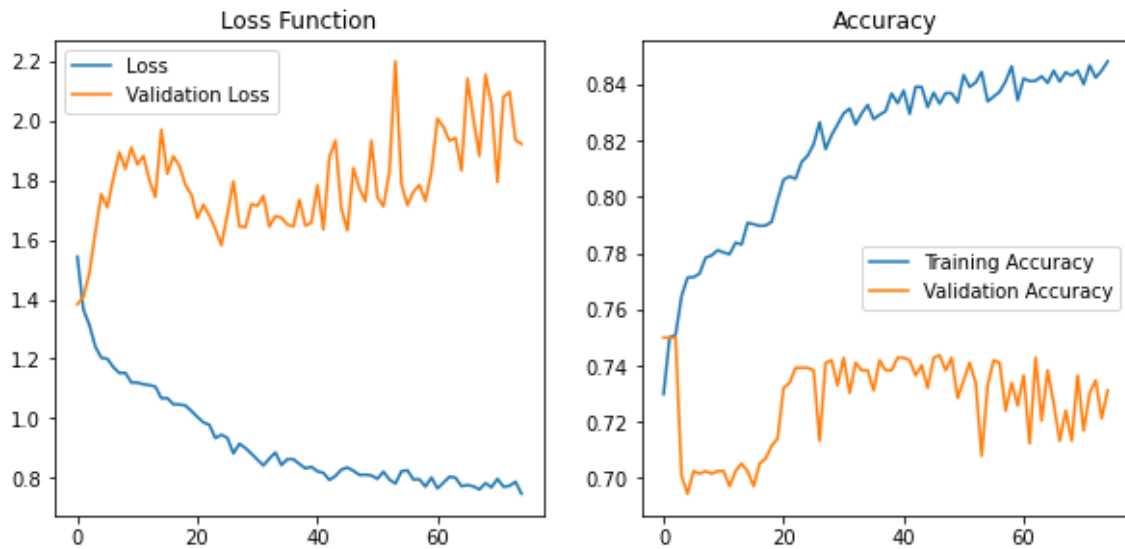


Fig. 18 Gràfiques de pèrdua i accuracy per epoch d'entrenament del model amb oversampling

Confusion Matrix

```
[[49  6  0 33]
 [39  7  0 22]
 [27  4  0 18]
 [39  3  0 32]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.32	0.56	0.40	88
0.33	0.35	0.10	0.16	68
0.66	0.00	0.00	0.00	49
1.0	0.30	0.43	0.36	74
accuracy			0.32	279
macro avg	0.24	0.27	0.23	279
weighted avg	0.27	0.32	0.26	279

Fig. 19 Matriu de confusió i report de classificació del model amb oversampling

3. Models amb millores

3.1 Tipus mono, pesos, L2 i early stop

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	0.0897	0.9863	0.9836	0.9996
Val.	1.4930	0.6715	0.6389	0.8638
Test	0.7690	0.8485	0.7778	0.9175

Taula 5 mètriques del model de millora 1

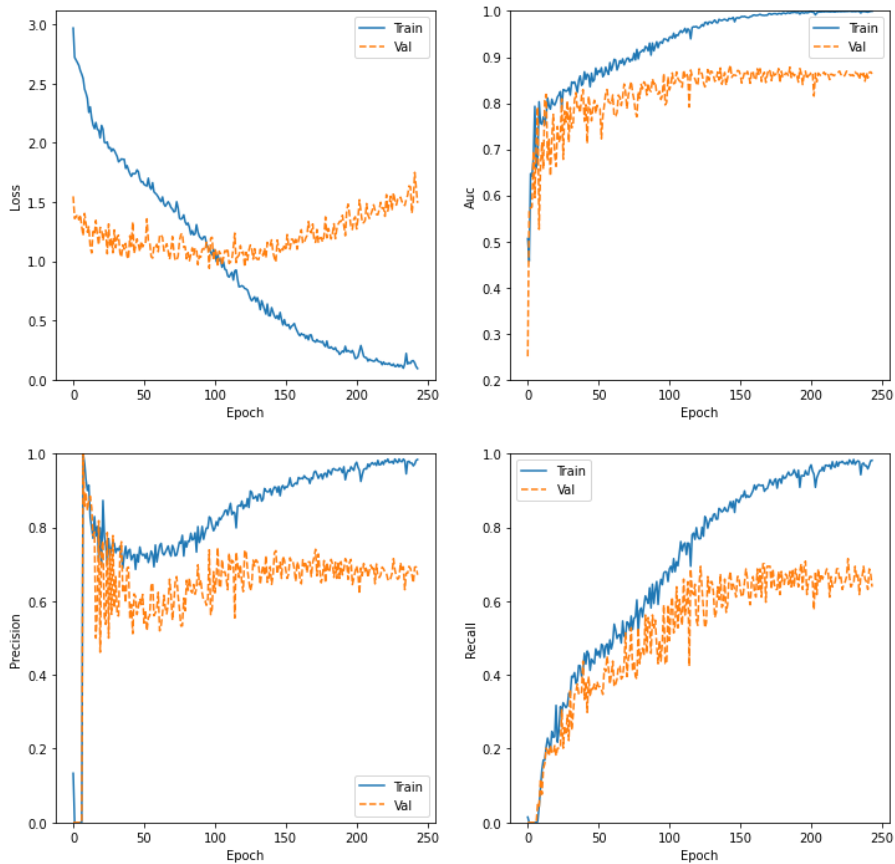


Fig. 20 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 1

```

Confusion Matrix
[[58  2  3  4]
 [ 2  6  3  1]
 [ 2  0  2  2]
 [ 3  0  0 20]]

Classification Report
      precision    recall  f1-score   support
0.0       0.89      0.87      0.88         67
0.33      0.75      0.50      0.60         12
0.66      0.25      0.33      0.29          6
1.0       0.74      0.87      0.80         23

 accuracy          0.80         108
 macro avg         0.66         108
 weighted avg      0.81         108
    
```

Fig. 21 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 1

3.2 Tipus mono, pesos, data augmentation, L2, early stop

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	2.0121	0.7647	0.3845	0.8128
Val.	1.1800	0.7097	0.3056	0.7786
Test	0.9754	0.7931	0.4259	0.8375

Taula 6 mètriques del model de millora 2

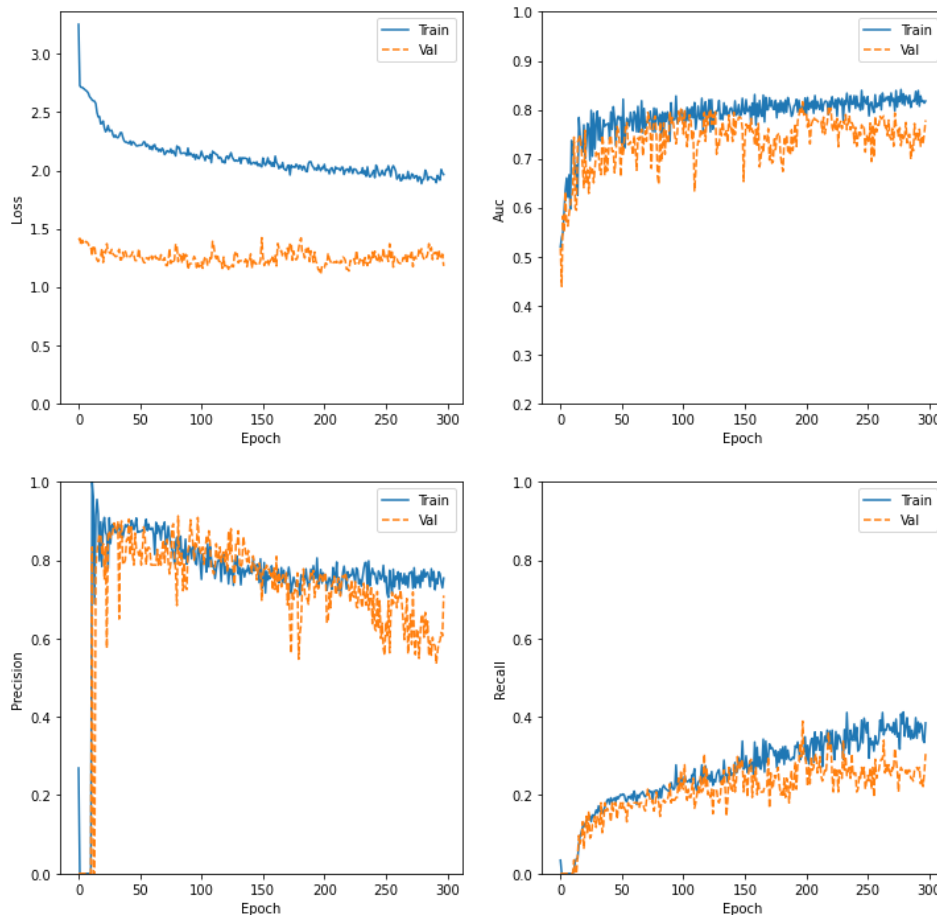


Fig. 22 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 2

```

Confusion Matrix
[[46  9  8  4]
 [ 5  7  0  0]
 [ 2  1  2  1]
 [ 5  0  2 16]]

Classification Report
      precision    recall  f1-score   support
0.0         0.79      0.69      0.74         67
0.33        0.41      0.58      0.48         12
0.66        0.17      0.33      0.22          6
1.0         0.76      0.70      0.73         23

 accuracy         0.66         108
 macro avg        0.53         0.57         0.54         108
 weighted avg     0.71         0.66         0.68         108
    
```

Fig. 23 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 2

3.3 Tipus mono, transfer learning, data aug, L2, early stop

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	0.5654	0.8201	0.7549	0.9467
Val.	0.9328	0.7692	0.6944	0.8879
Test	0.6434	0.8000	0.7778	0.9361

Taula 7 mètriques del model de millora 3

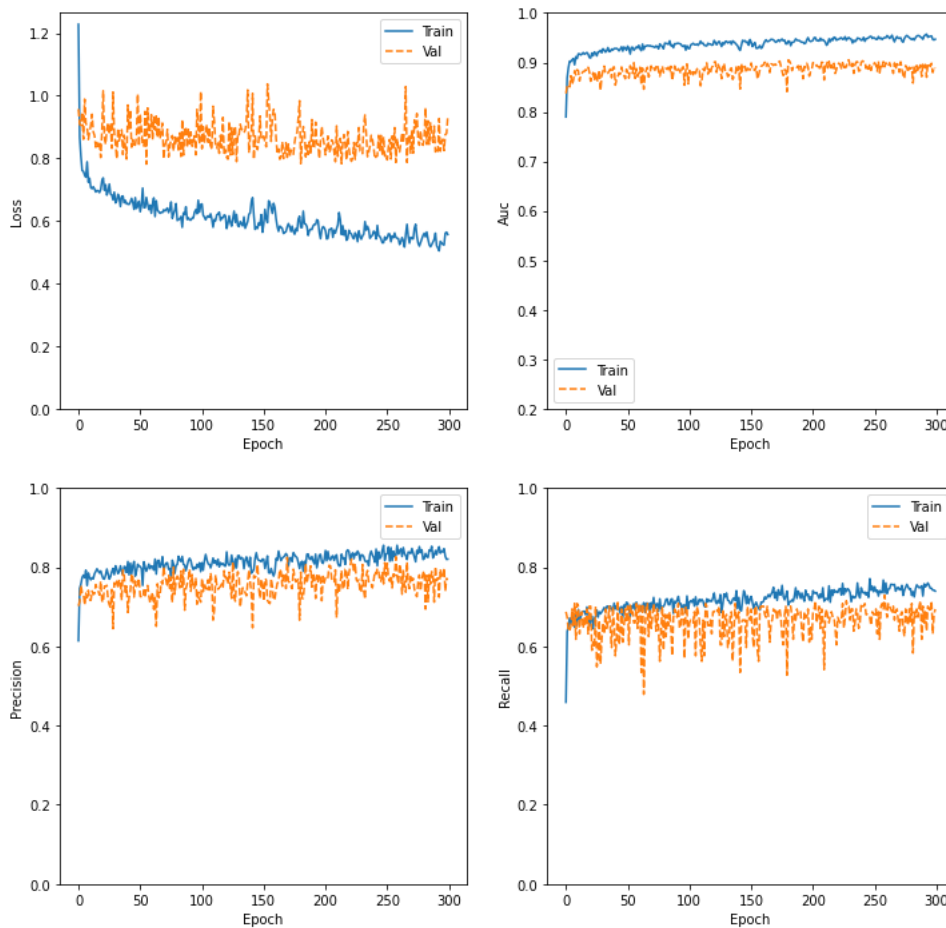


Fig. 24 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 3

```

Confusion Matrix
[[64  1  0  2]
 [ 8  4  0  0]
 [ 5  1  0  0]
 [ 5  0  0 18]]

Classification Report
      precision    recall  f1-score   support
0.0         0.78      0.96      0.86         67
0.33        0.67      0.33      0.44         12
0.66        0.00      0.00      0.00          6
1.0         0.90      0.78      0.84         23

 accuracy          0.80         108
 macro avg         0.59         108
 weighted avg      0.75         108
    
```

Fig. 25 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 3

3.4 Tipus mono, pesos, transfer learning, L2, early stop

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	0.2762	0.9711	0.9543	0.9981
Val.	1.0397	0.7153	0.6806	0.8730
Test	0.5998	0.8229	0.7315	0.9401

Taula 8 mètriques del model de millora 4

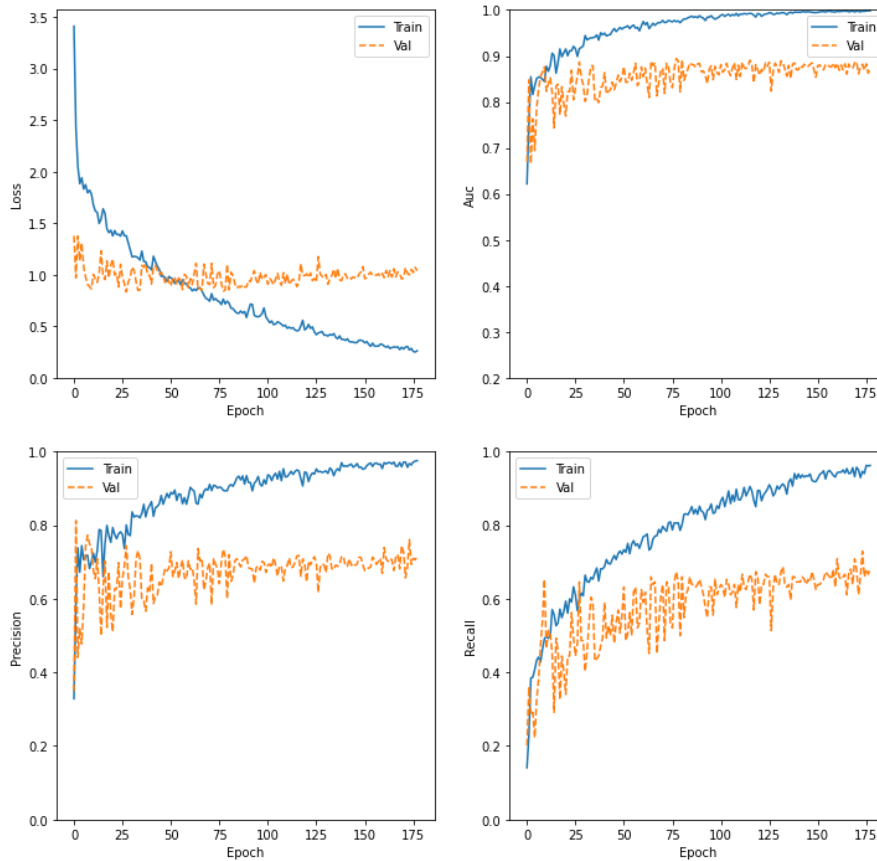


Fig. 26 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 4

```

Confusion Matrix
[[60  3  2  2]
 [ 5  6  1  0]
 [ 3  1  2  0]
 [ 7  0  0 16]]

Classification Report
              precision    recall  f1-score   support

     0.0         0.80      0.90      0.85         67
     0.33        0.60      0.50      0.55         12
     0.66        0.40      0.33      0.36          6
     1.0         0.89      0.70      0.78         23
 accuracy              0.78         108
 macro avg              0.67         0.61         0.63         108
 weighted avg           0.77         0.78         0.77         108
    
```

Fig. 27 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 4

3.5 Tipus mono, pesos, transfer learning, L2, early stop, data aug

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	1.4723	0.7482	0.5397	0.8975
Val.	0.9978	0.6195	0.4861	0.8350
Test	0.7945	0.7294	0.5741	0.8900

Taula 9 mètriques del model de millora 5

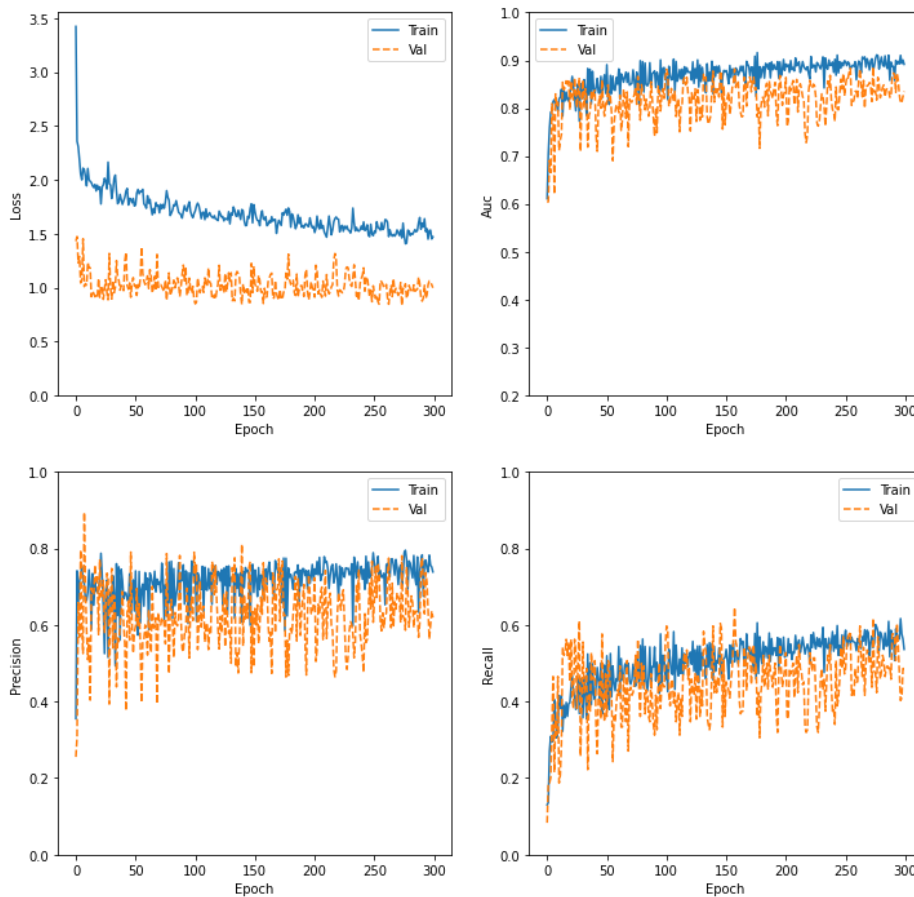


Fig. 28 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 5

```

Confusion Matrix
[[43 15  4  5]
 [ 1  8  2  1]
 [ 2  3  1  0]
 [ 2  1  1 19]]

Classification Report
              precision    recall  f1-score   support

     0.0         0.90      0.64      0.75         67
     0.33        0.30      0.67      0.41         12
     0.66        0.12      0.17      0.14          6
     1.0         0.76      0.83      0.79         23

 accuracy          0.66         108
 macro avg         0.52         0.58         0.52         108
 weighted avg      0.76         0.66         0.69         108
    
```

Fig. 29 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 5

3.6 Tipus mono, 4-capes convolucional, pesos, L2, early stop

	Loss	Precision	Recall	AUC
Train	0.4264	0.9210	0.9009	0.9878
Val.	1.5022	0.6809	0.6667	0.8441
Test	0.8887	0.7708	0.6852	0.9015

Taula 10 mètriques del model de millora 6

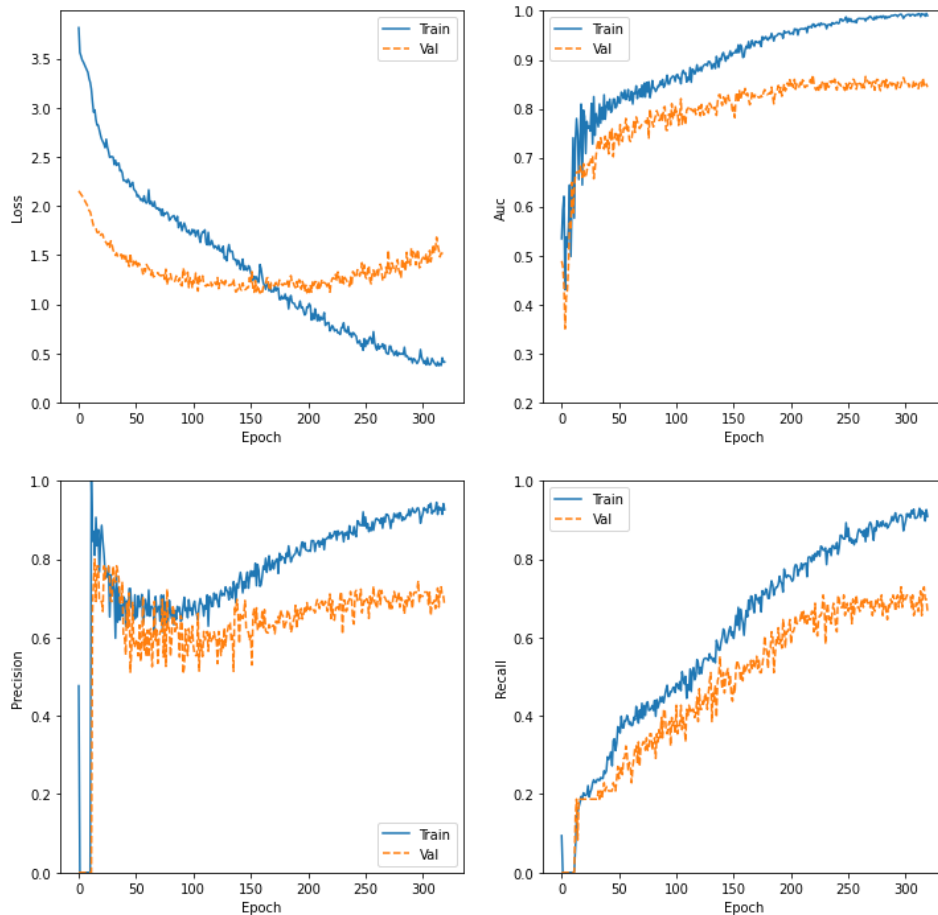


Fig. 30 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del model de millora 6

```

Confusion Matrix
[[54  3  5  5]
 [ 2  7  3  0]
 [ 2  0  1  3]
 [ 4  0  0 19]]

Classification Report
precision    recall  f1-score   support
0.0         0.87    0.81    0.84         67
0.33        0.70    0.58    0.64         12
0.66        0.11    0.17    0.13          6
1.0         0.70    0.83    0.76         23
accuracy                    0.75        108
macro avg                0.60    0.60    0.59        108
weighted avg             0.77    0.75    0.76        108
    
```

Fig. 31 Matriu de confusió i report de classificació del model de millora 6

4. Models amb validació creuada

4.1 K-Folds 3-capes monocristal·lí

FOLD-1

```
Confusion Matrix
[[43  9  4  3]
 [ 3  5  2  1]
 [ 1  2  3  0]
 [10  2  2 18]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.75	0.73	0.74	59
0.33	0.28	0.45	0.34	11
0.66	0.27	0.50	0.35	6
1.0	0.82	0.56	0.67	32
accuracy			0.64	108
macro avg	0.53	0.56	0.53	108
weighted avg	0.70	0.64	0.66	108

Fig. 32 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model 3-capes tipus monocristal·lí

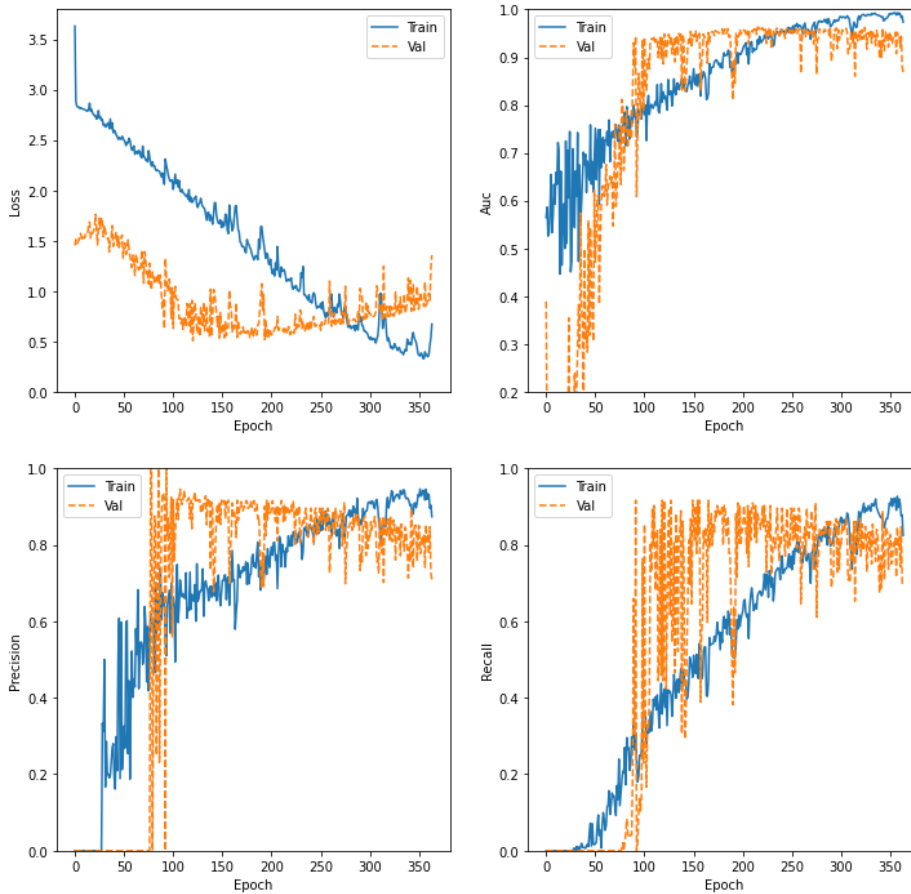


Fig. 33 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[42  4  4  8]
 [ 3  7  2  0]
 [ 1  0  4  1]
 [ 7  2  2 21]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.72	0.76	58
0.33	0.54	0.58	0.56	12
0.66	0.33	0.67	0.44	6
1.0	0.70	0.66	0.68	32
accuracy			0.69	108
macro avg	0.59	0.66	0.61	108
weighted avg	0.71	0.69	0.69	108

Fig. 34 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model 3-capes tipus monocristal·lí

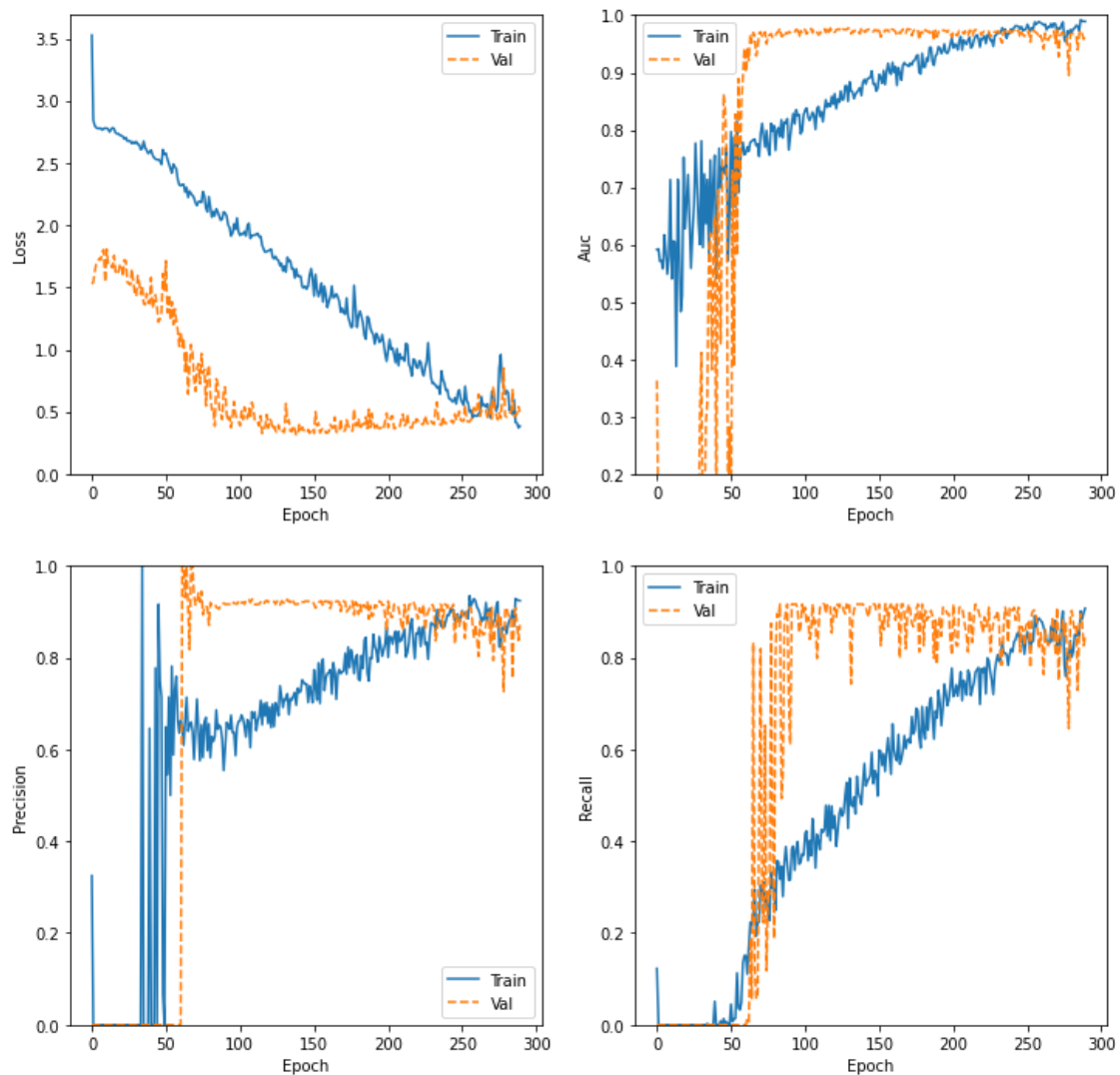


Fig. 35 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[47  2  1  8]
 [ 1  7  2  2]
 [ 2  0  2  2]
 [ 5  2  1 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.85	0.81	0.83	58
0.33	0.64	0.58	0.61	12
0.66	0.33	0.33	0.33	6
1.0	0.67	0.75	0.71	32
accuracy			0.74	108
macro avg	0.62	0.62	0.62	108
weighted avg	0.75	0.74	0.74	108

Fig. 36 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model 3-capes tipus monocristal·lí

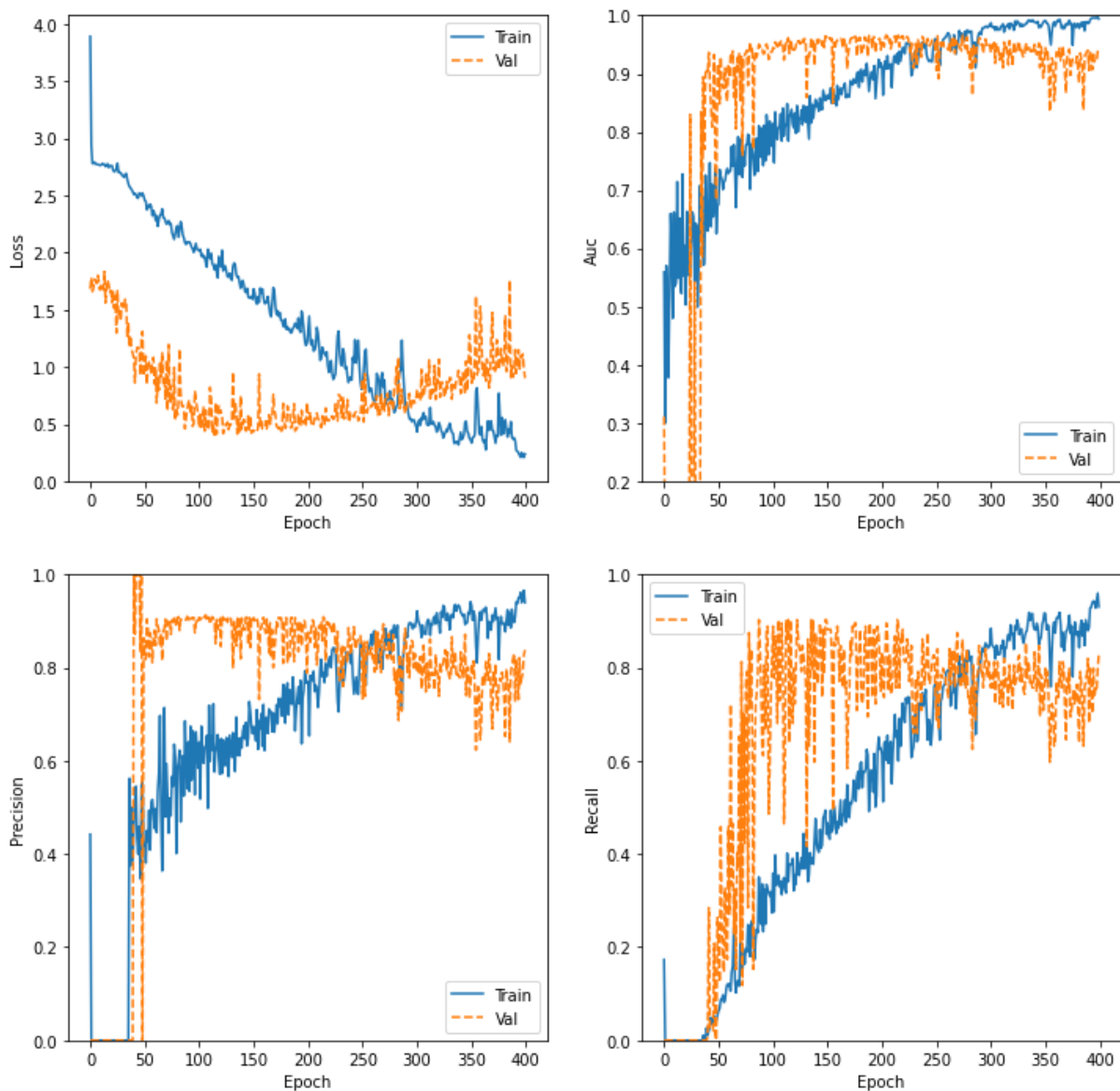


Fig. 37 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[37 10  2 10]
 [ 3  8  0  1]
 [ 4  0  1  1]
 [ 3  0  4 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.63	0.70	59
0.33	0.44	0.67	0.53	12
0.66	0.14	0.17	0.15	6
1.0	0.67	0.77	0.72	31
accuracy			0.65	108
macro avg	0.51	0.56	0.53	108
weighted avg	0.68	0.65	0.65	108

Fig. 38 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model 3-capes tipus monocristal·lí

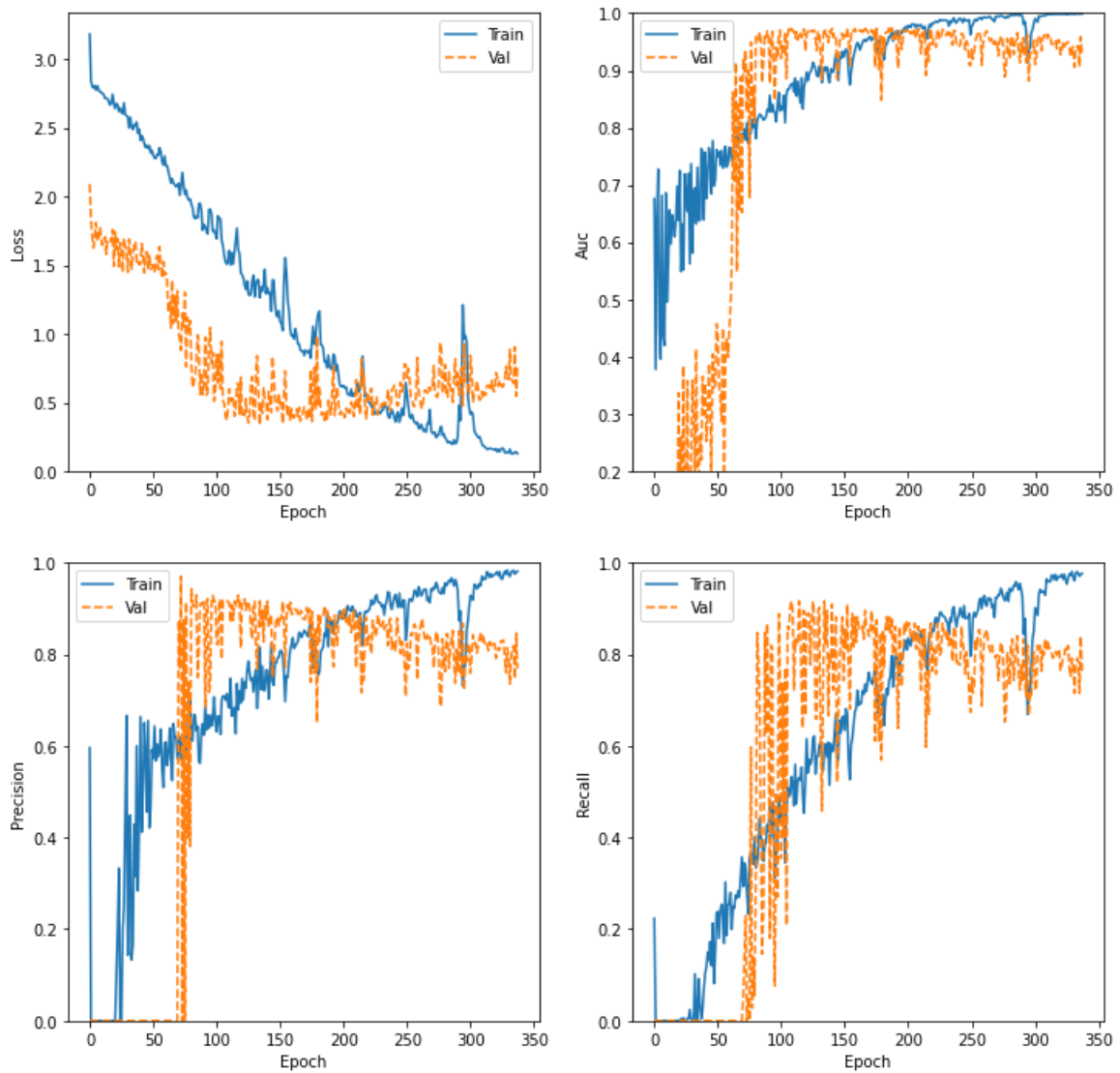


Fig. 39 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[49  7  0  3]
 [ 5  7  0  0]
 [ 2  3  0  0]
 [ 5  3  1 22]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.80	0.83	0.82	59
0.33	0.35	0.58	0.44	12
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.88	0.71	0.79	31
accuracy			0.73	107
macro avg	0.51	0.53	0.51	107
weighted avg	0.74	0.73	0.73	107

Fig. 40 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model 3-capes tipus monocristal·lí

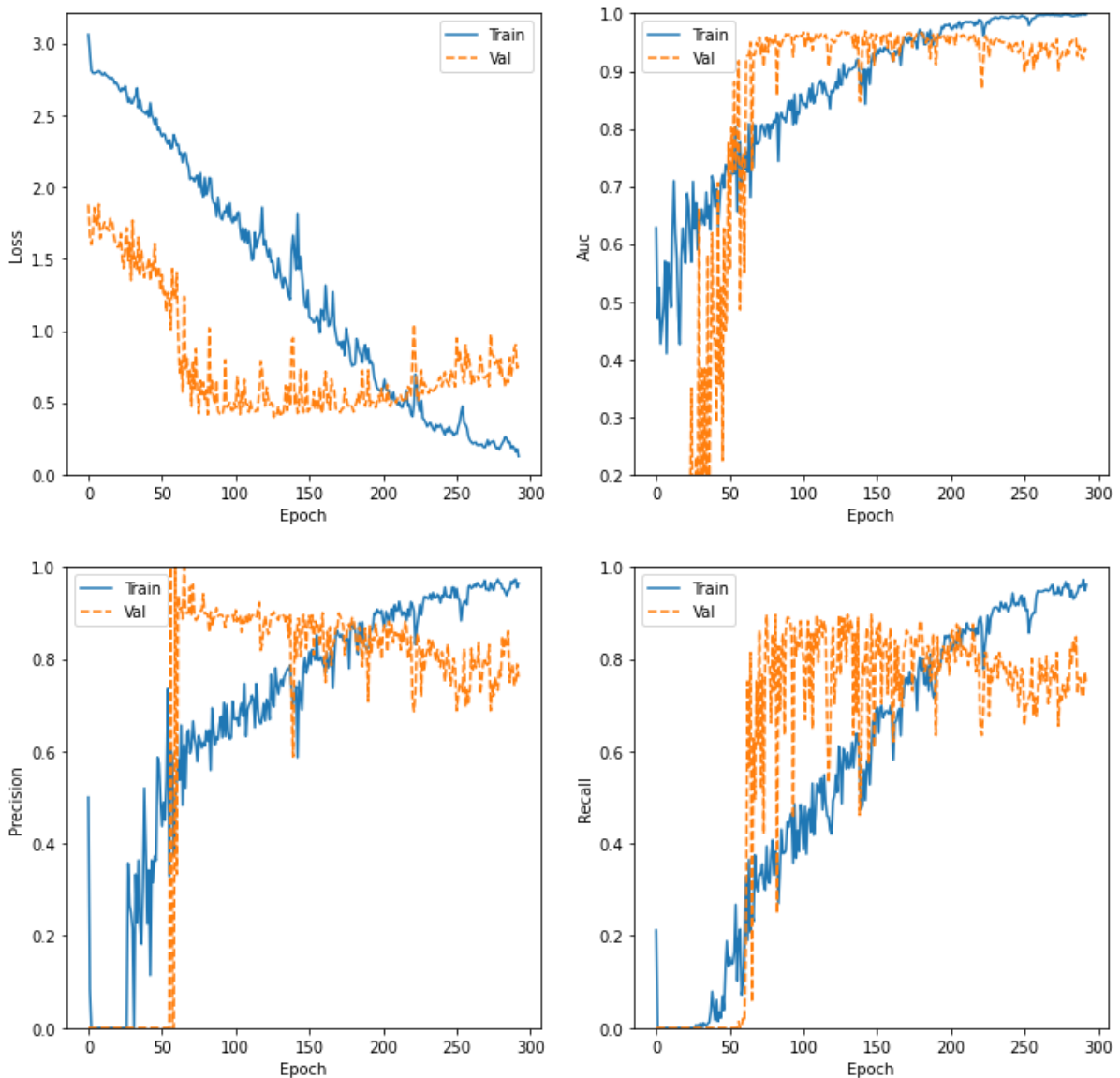


Fig. 41 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[38  6  5 10]
 [ 2  8  2  0]
 [ 0  2  3  0]
 [ 3  1  3 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.88	0.64	0.75	59
0.33	0.47	0.67	0.55	12
0.66	0.23	0.60	0.33	5
1.0	0.71	0.77	0.74	31
accuracy			0.68	107
macro avg	0.57	0.67	0.59	107
weighted avg	0.76	0.68	0.70	107

Fig. 42 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model 3-capes tipus monocristal·lí

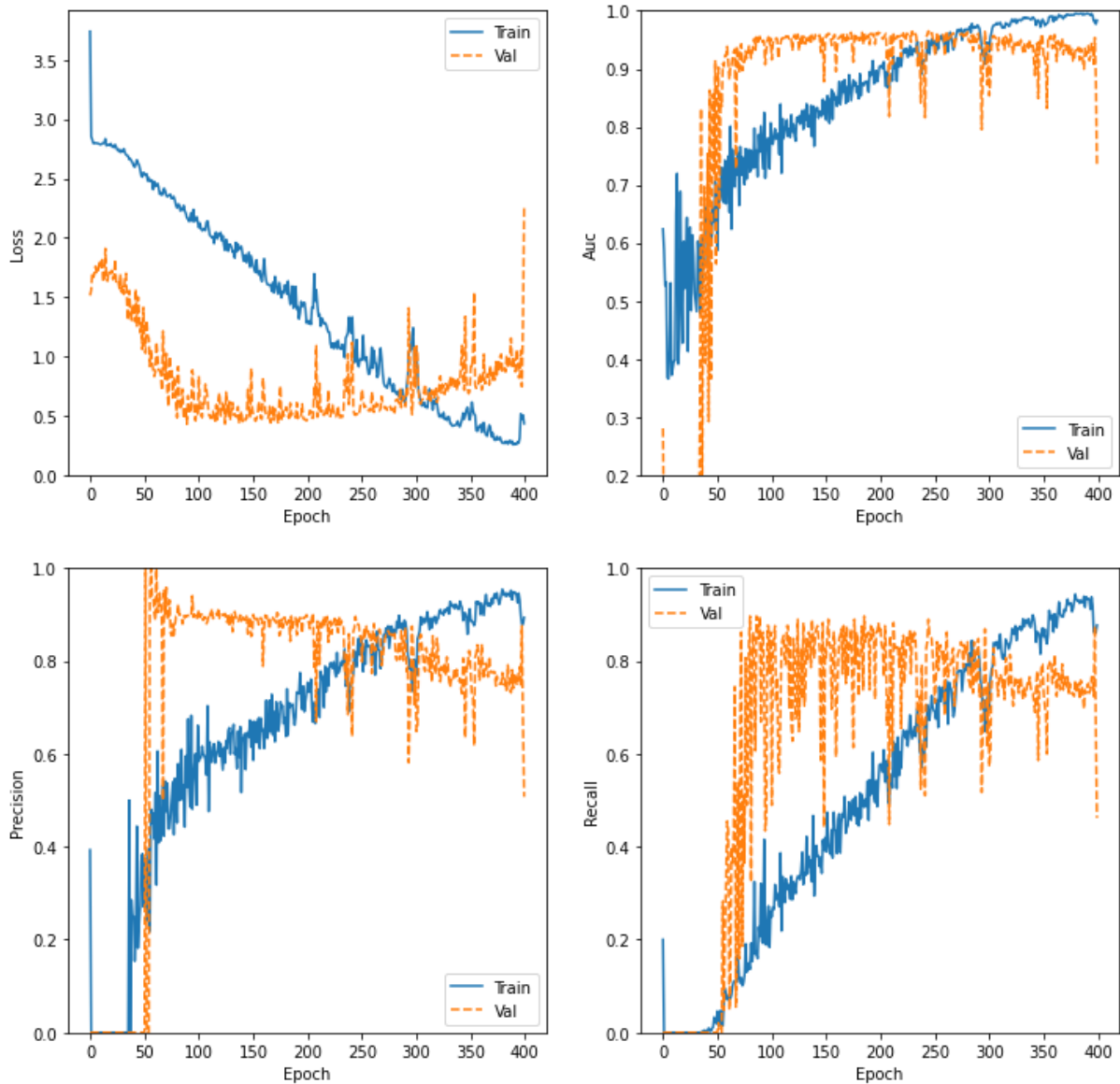


Fig. 43 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[38  6  5 10]
 [ 2  8  2  0]
 [ 0  2  3  0]
 [ 3  1  3 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.88	0.64	0.75	59
0.33	0.47	0.67	0.55	12
0.66	0.23	0.60	0.33	5
1.0	0.71	0.77	0.74	31
accuracy			0.68	107
macro avg	0.57	0.67	0.59	107
weighted avg	0.76	0.68	0.70	107

Fig. 44 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 7 model 3-capes tipus monocristal·lí

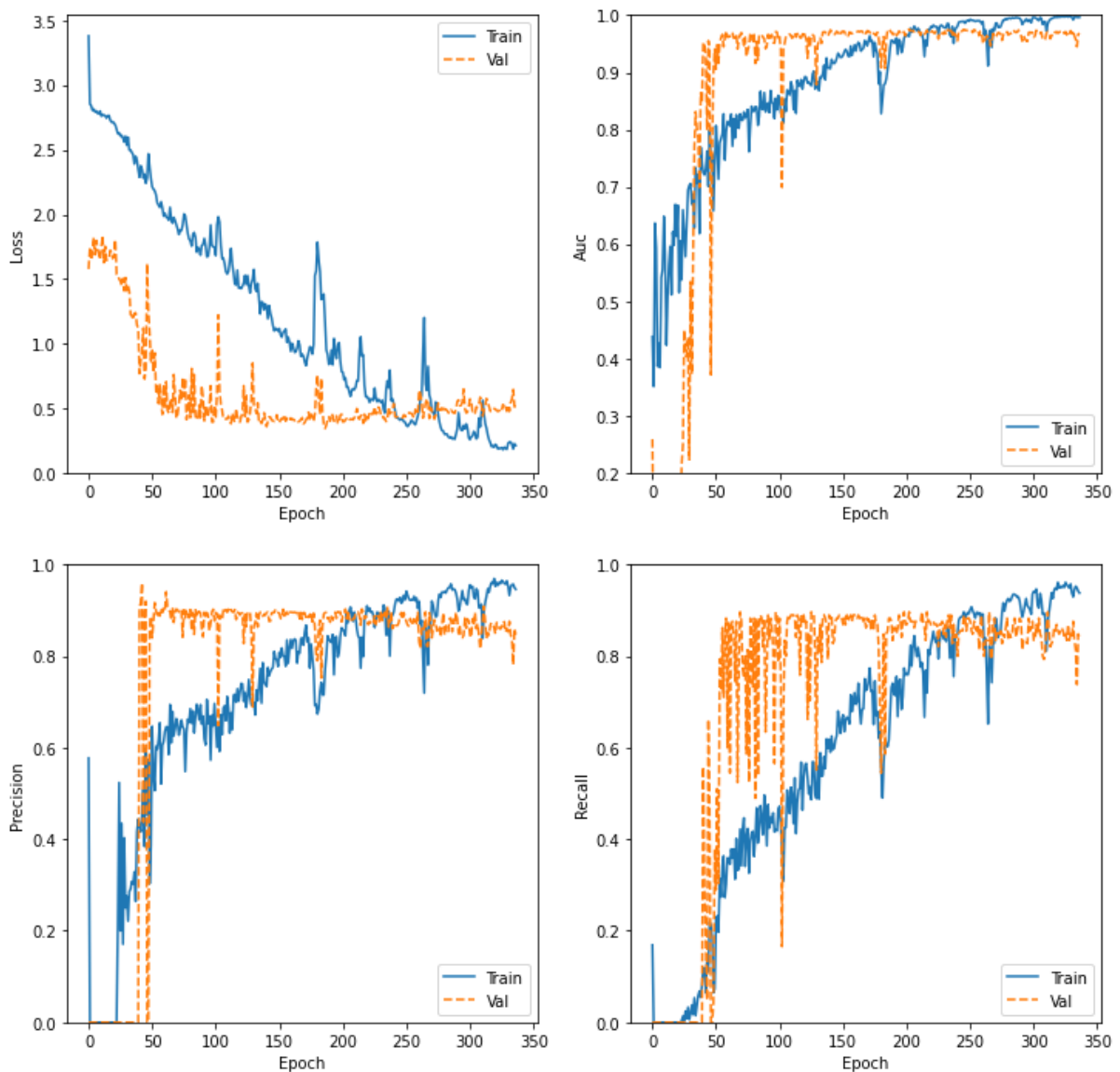


Fig. 45 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[40  3  5 11]
 [ 4  5  1  2]
 [ 1  0  2  2]
 [ 1  0  0 30]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.87	0.68	0.76	59
0.33	0.62	0.42	0.50	12
0.66	0.25	0.40	0.31	5
1.0	0.67	0.97	0.79	31
accuracy			0.72	107
macro avg	0.60	0.62	0.59	107
weighted avg	0.75	0.72	0.72	107

Fig. 46 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model 3-capes tipus monocristal·lí

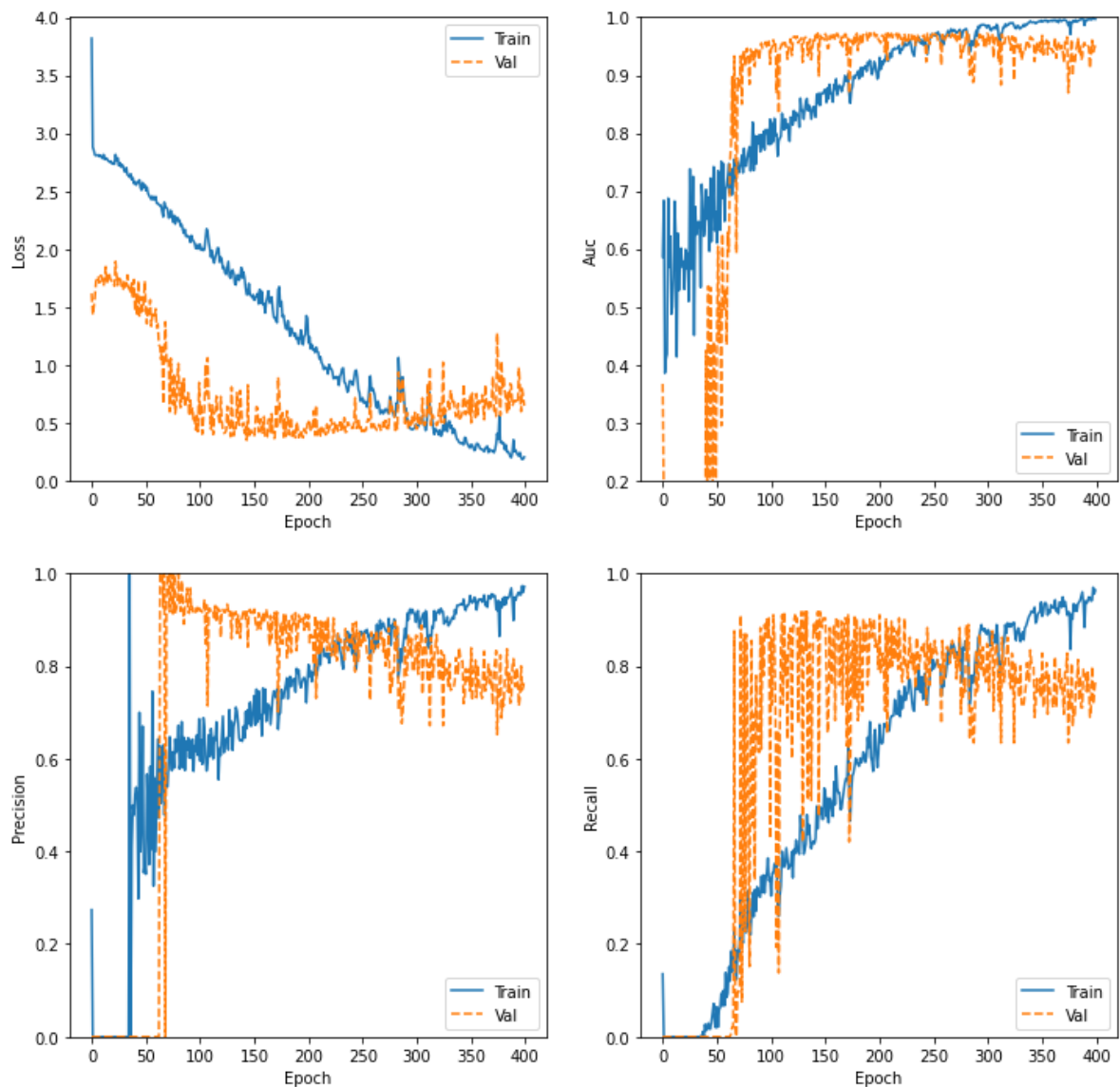


Fig. 47 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[53  1  3  2]
 [ 5  4  1  1]
 [ 4  0  0  2]
 [ 5  0  1 25]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.90	0.84	59
0.33	0.80	0.36	0.50	11
0.66	0.00	0.00	0.00	6
1.0	0.83	0.81	0.82	31
accuracy			0.77	107
macro avg	0.61	0.52	0.54	107
weighted avg	0.76	0.77	0.75	107

Fig. 48 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model 3-capes tipus monocristal·lí

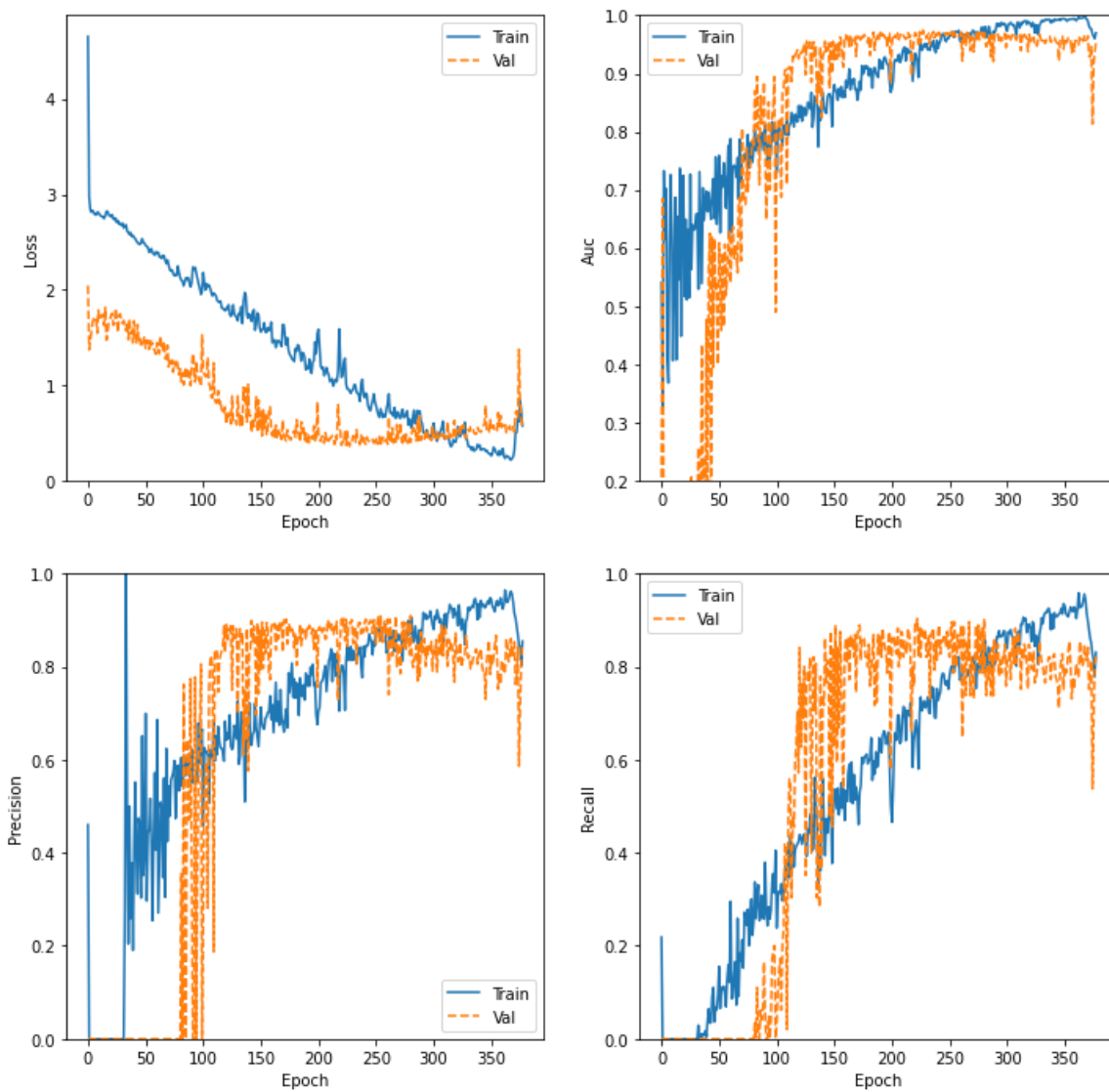


Fig. 49 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model 3-capes tipus monocristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[25  7  5 22]
 [ 2  4  2  3]
 [ 0  1  3  2]
 [ 1  1  2 27]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.89	0.42	0.57	59
0.33	0.31	0.36	0.33	11
0.66	0.25	0.50	0.33	6
1.0	0.50	0.87	0.64	31
accuracy			0.55	107
macro avg	0.49	0.54	0.47	107
weighted avg	0.68	0.55	0.55	107

Fig. 50 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model 3-capes tipus monocristal·lí

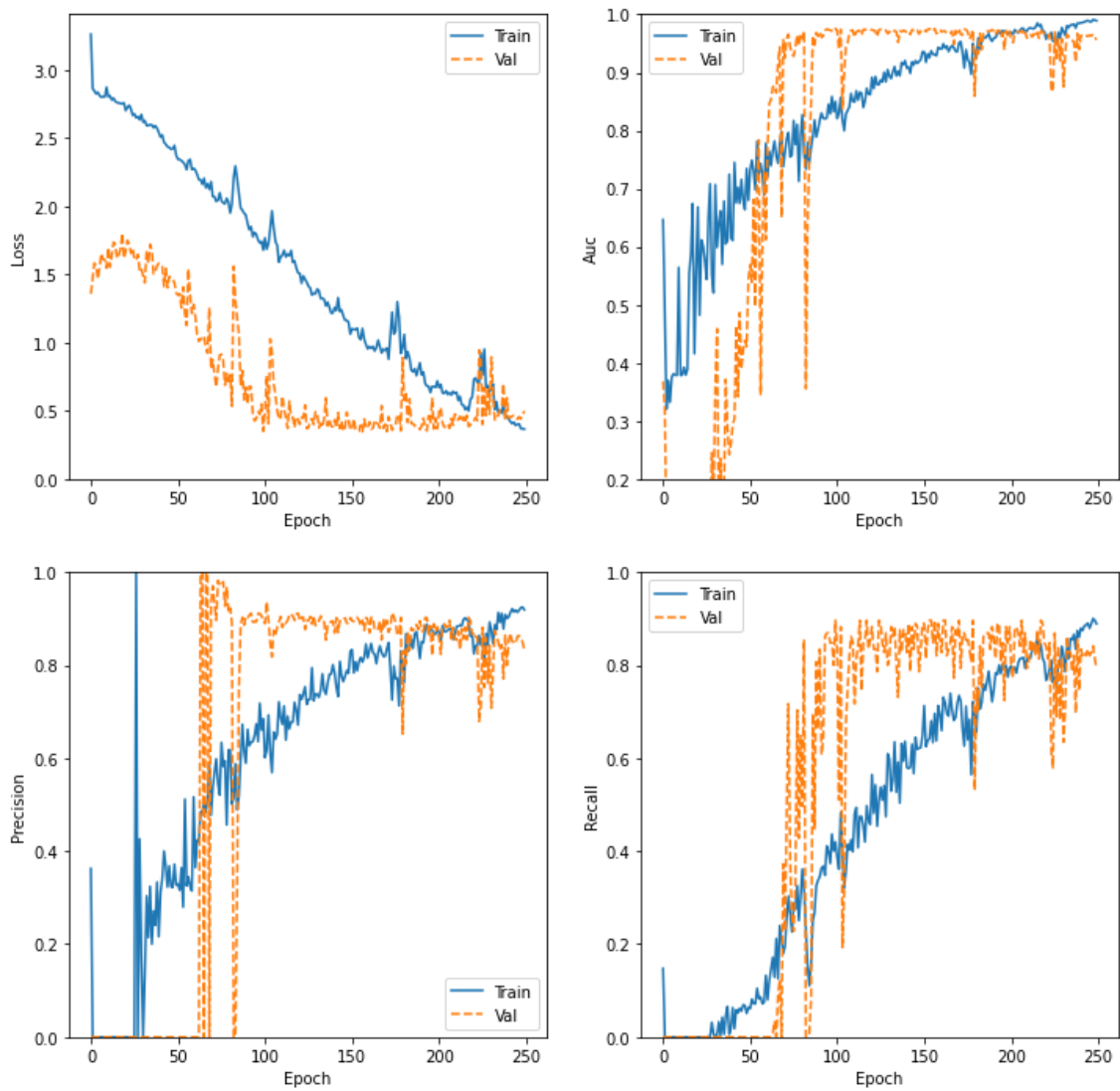


Fig. 51 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model 3-capes tipus monocristal·lí

4.2 K-Folds Transfer Learning monocristal·lí

8249 segons = 2.30 hores

FOLD-1

Confusion Matrix				
	49	4	1	5
	5	5	0	1
	1	2	2	1
	7	1	0	24

Classification Report				
	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.83	0.81	59
0.33	0.42	0.45	0.43	11
0.66	0.67	0.33	0.44	6
1.0	0.77	0.75	0.76	32
accuracy			0.74	108
macro avg	0.66	0.59	0.61	108
weighted avg	0.74	0.74	0.74	108

Fig. 52 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model transfer Learning tipus monocristal·lí

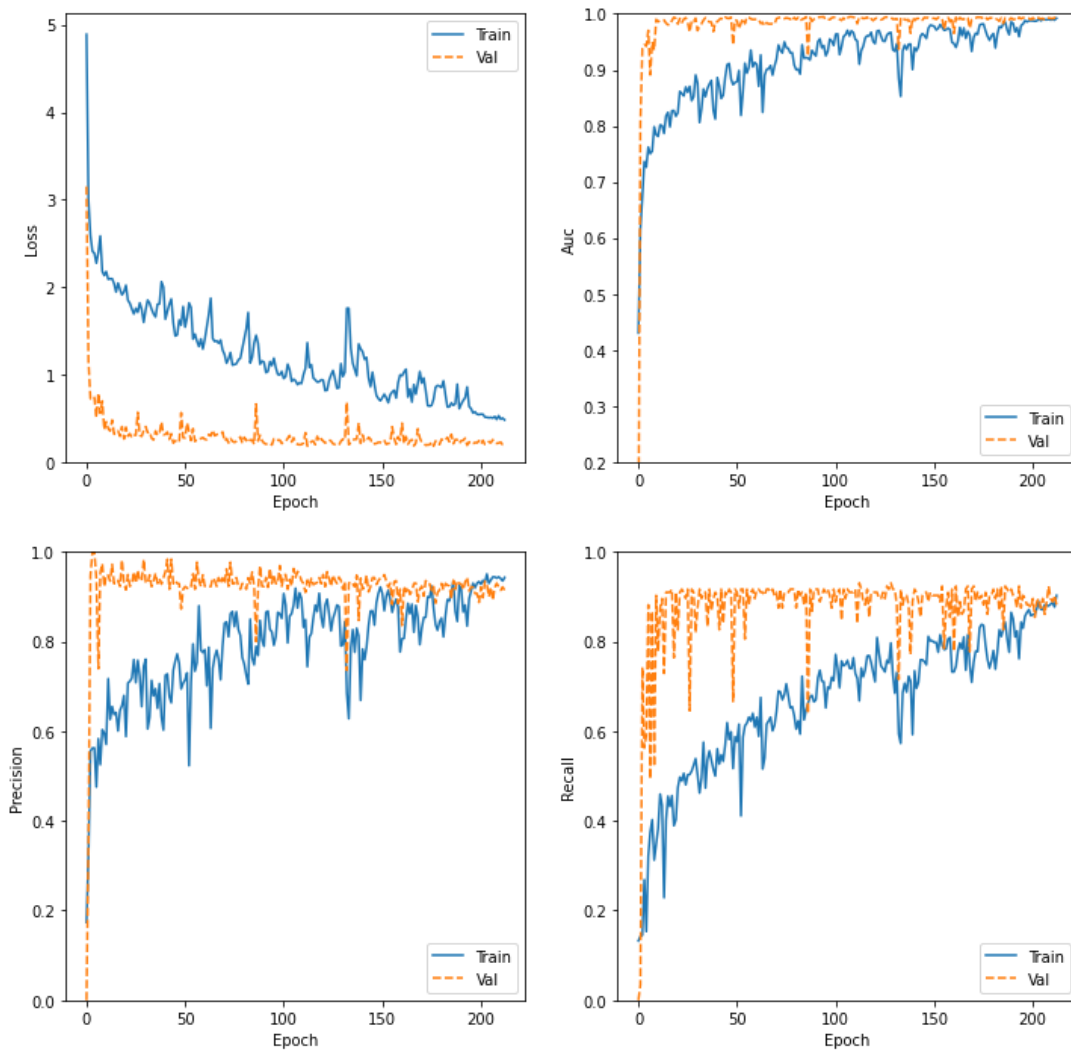


Fig. 53 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[48  3  2  5]
 [ 2  9  1  0]
 [ 3  0  3  0]
 [10  2  0 20]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.83	0.79	58
0.33	0.64	0.75	0.69	12
0.66	0.50	0.50	0.50	6
1.0	0.80	0.62	0.70	32
accuracy			0.74	108
macro avg	0.68	0.68	0.67	108
weighted avg	0.75	0.74	0.74	108

Fig. 54 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model transfer Learning tipus monocristal·lí

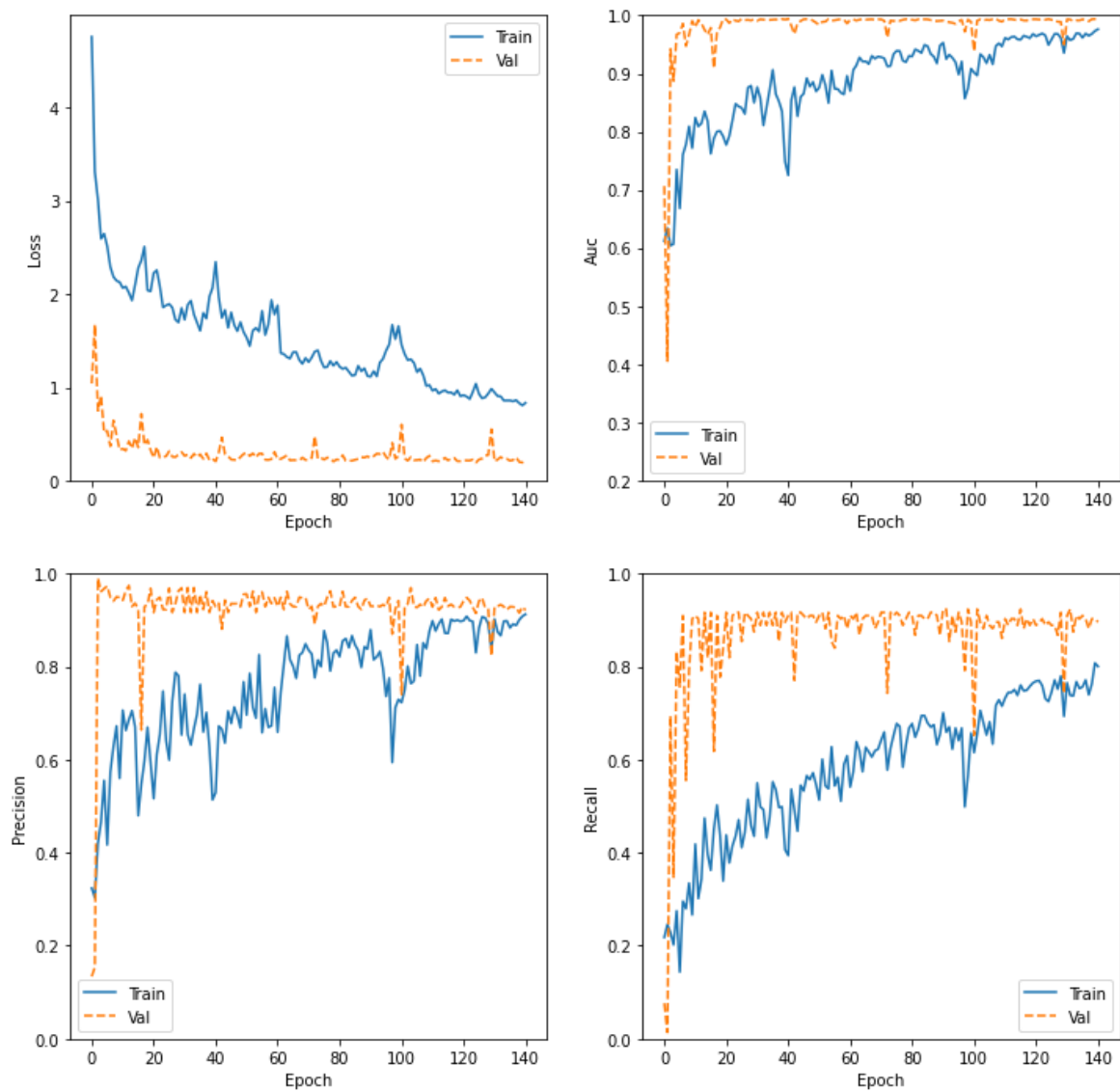


Fig. 55 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[53  2  1  2]
 [ 4  6  2  0]
 [ 3  1  2  0]
 [ 3  1  2 26]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.84	0.91	0.88	58
0.33	0.60	0.50	0.55	12
0.66	0.29	0.33	0.31	6
1.0	0.93	0.81	0.87	32
accuracy			0.81	108
macro avg	0.66	0.64	0.65	108
weighted avg	0.81	0.81	0.80	108

Fig. 56 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model transfer Learning tipus monocristal·lí

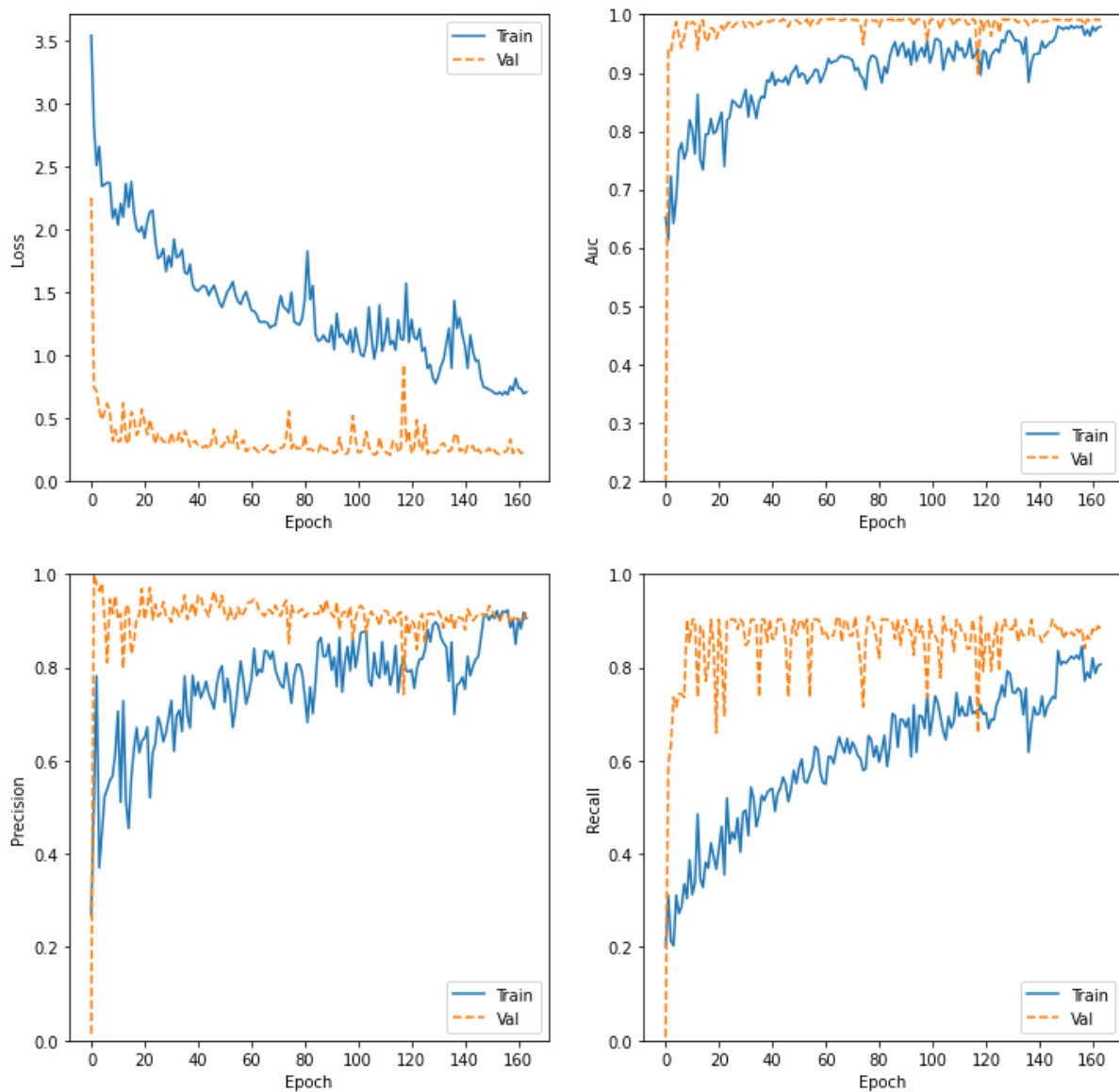


Fig. 57 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[40  6  4  9]
 [ 4  5  1  2]
 [ 5  0  1  0]
 [ 2  0  3 26]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.78	0.68	0.73	59
0.33	0.45	0.42	0.43	12
0.66	0.11	0.17	0.13	6
1.0	0.70	0.84	0.76	31
accuracy			0.67	108
macro avg	0.51	0.53	0.52	108
weighted avg	0.69	0.67	0.67	108

Fig. 58 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model transfer Learning tipus monocristal·lí

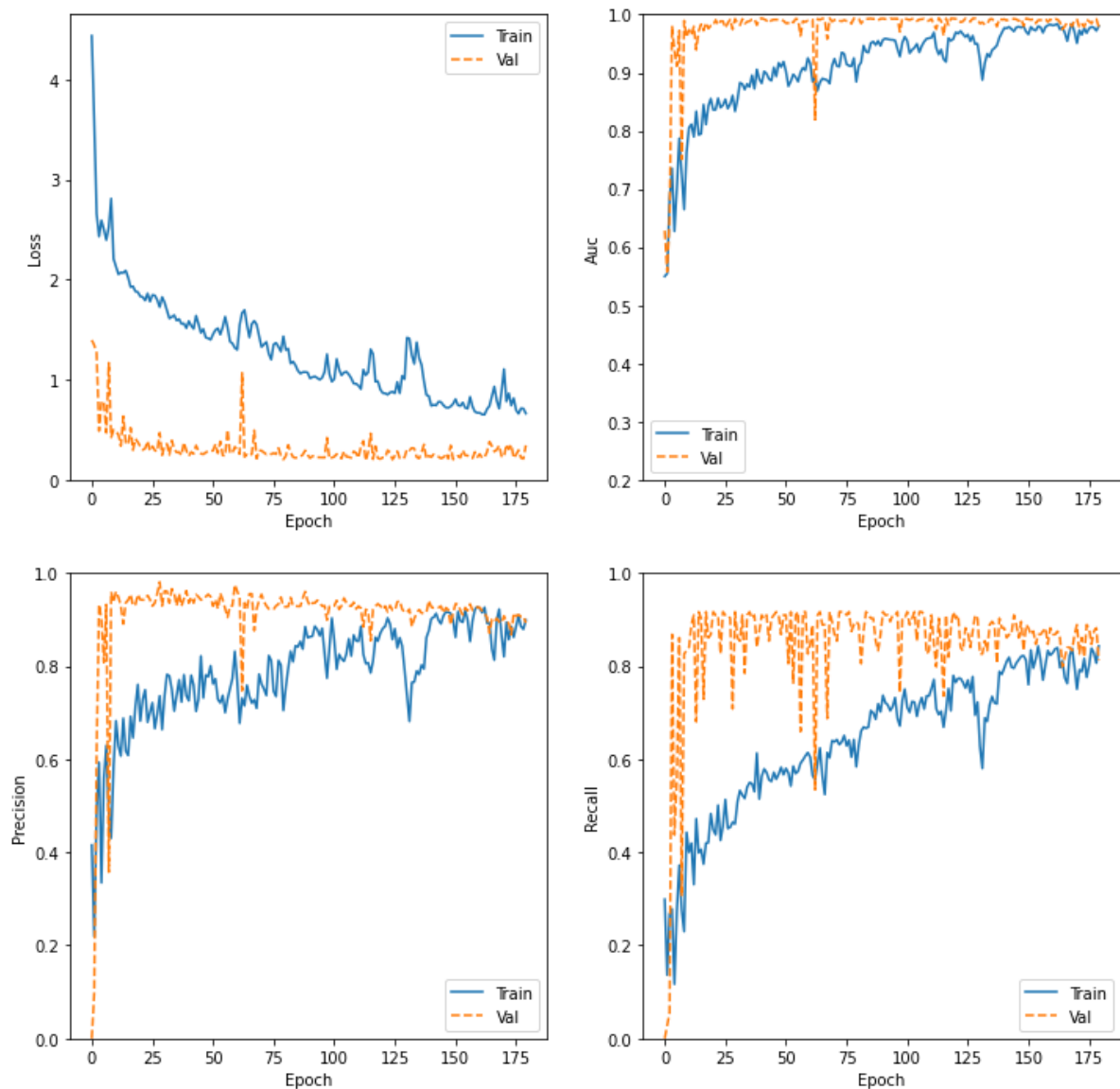


Fig. 59 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[55  4  0  0]
 [ 5  7  0  0]
 [ 3  1  1  0]
 [10  1  0 20]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.75	0.93	0.83	59
0.33	0.54	0.58	0.56	12
0.66	1.00	0.20	0.33	5
1.0	1.00	0.65	0.78	31
accuracy			0.78	107
macro avg	0.82	0.59	0.63	107
weighted avg	0.81	0.78	0.77	107

Fig. 60 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model transfer Learning tipus monocristal·lí

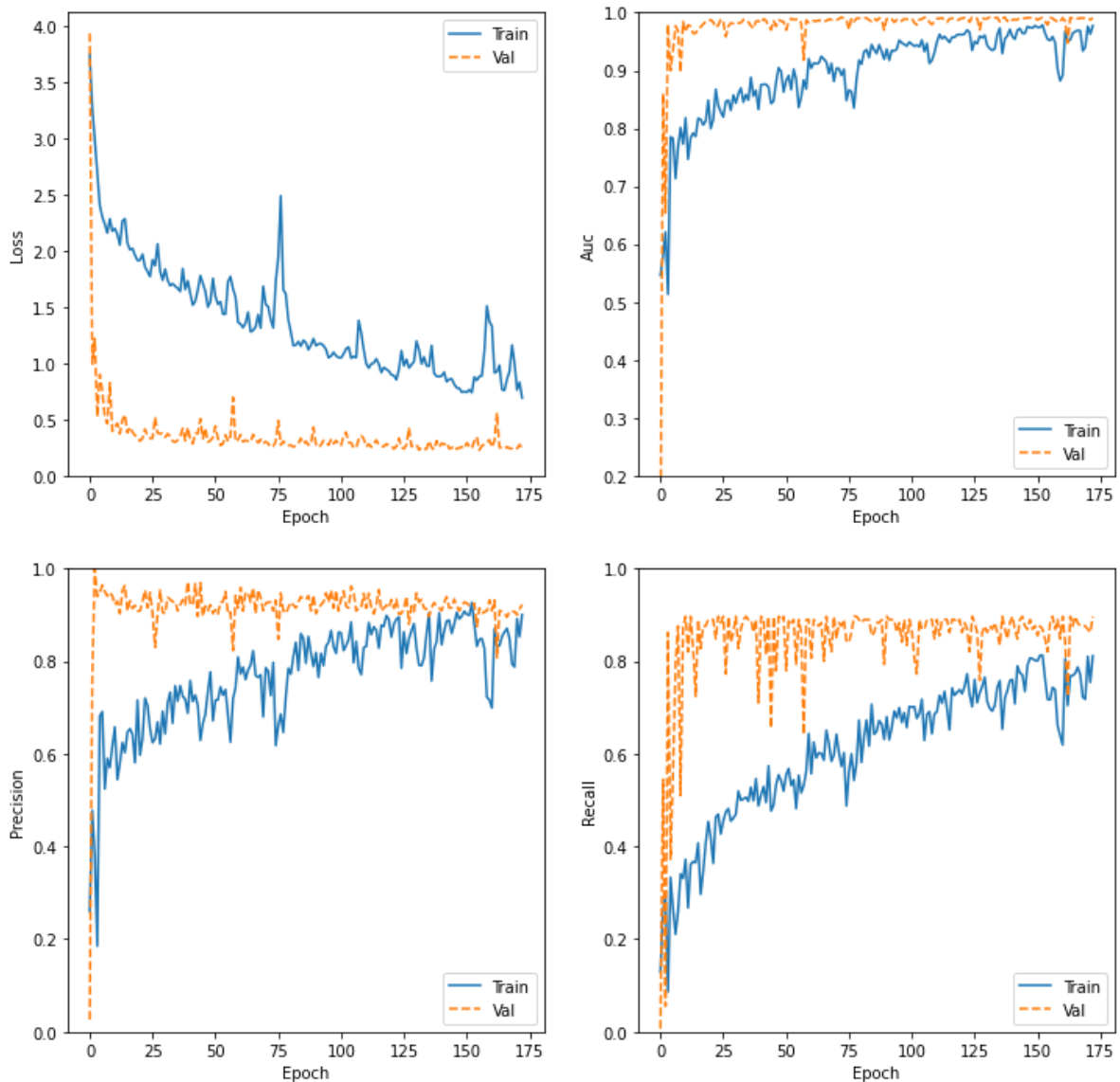


Fig. 61 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[52  1  3  3]
 [ 5  6  1  0]
 [ 0  2  3  0]
 [ 5  1  2 23]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.84	0.88	0.86	59
0.33	0.60	0.50	0.55	12
0.66	0.33	0.60	0.43	5
1.0	0.88	0.74	0.81	31
accuracy			0.79	107
macro avg	0.66	0.68	0.66	107
weighted avg	0.80	0.79	0.79	107

Fig. 62 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model transfer Learning tipus monocristal·lí

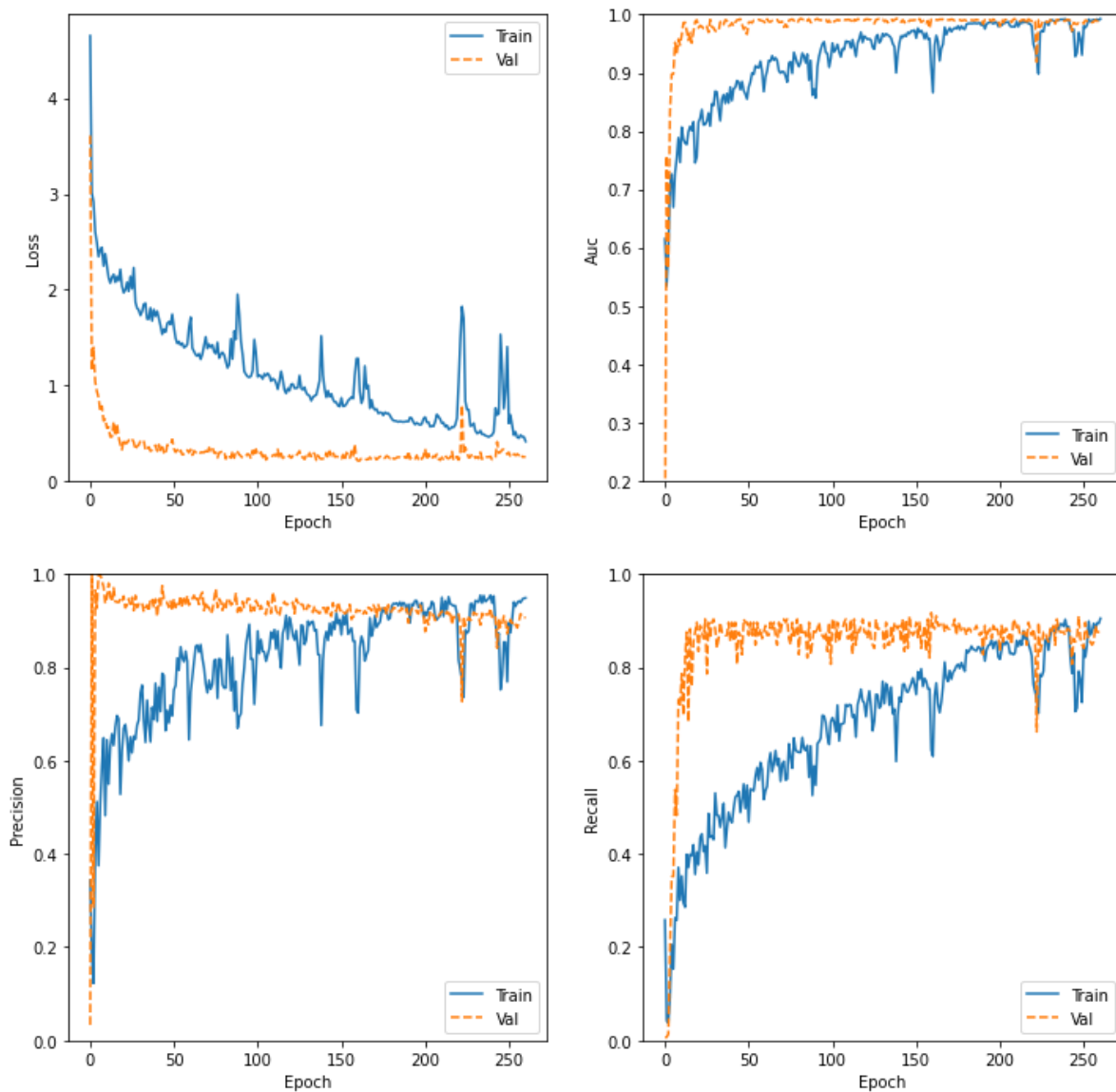


Fig. 63 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[45  6  5  3]
 [ 5  5  2  0]
 [ 4  1  0  0]
 [ 7  0  7 17]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.74	0.76	0.75	59
0.33	0.42	0.42	0.42	12
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.85	0.55	0.67	31
accuracy			0.63	107
macro avg	0.50	0.43	0.46	107
weighted avg	0.70	0.63	0.65	107

Fig. 64 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 7 model transfer Learning tipus monocristal·lí

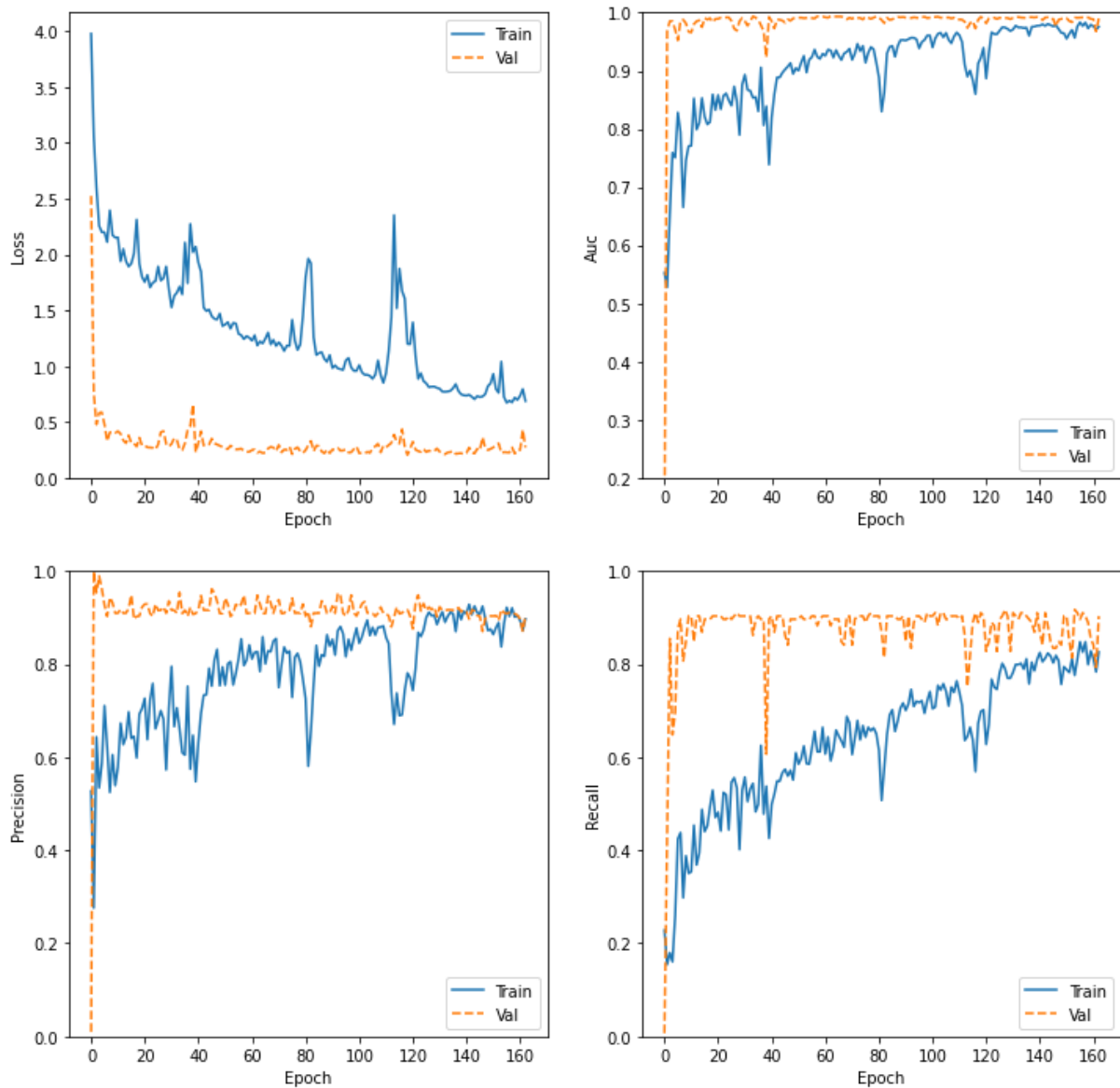


Fig. 65 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[51  1  1  6]
 [ 5  6  1  0]
 [ 3  1  1  0]
 [ 5  0  0 26]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.80	0.86	0.83	59
0.33	0.75	0.50	0.60	12
0.66	0.33	0.20	0.25	5
1.0	0.81	0.84	0.83	31
accuracy			0.79	107
macro avg	0.67	0.60	0.63	107
weighted avg	0.77	0.79	0.78	107

Fig. 66 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model transfer Learning tipus monocristal·lí

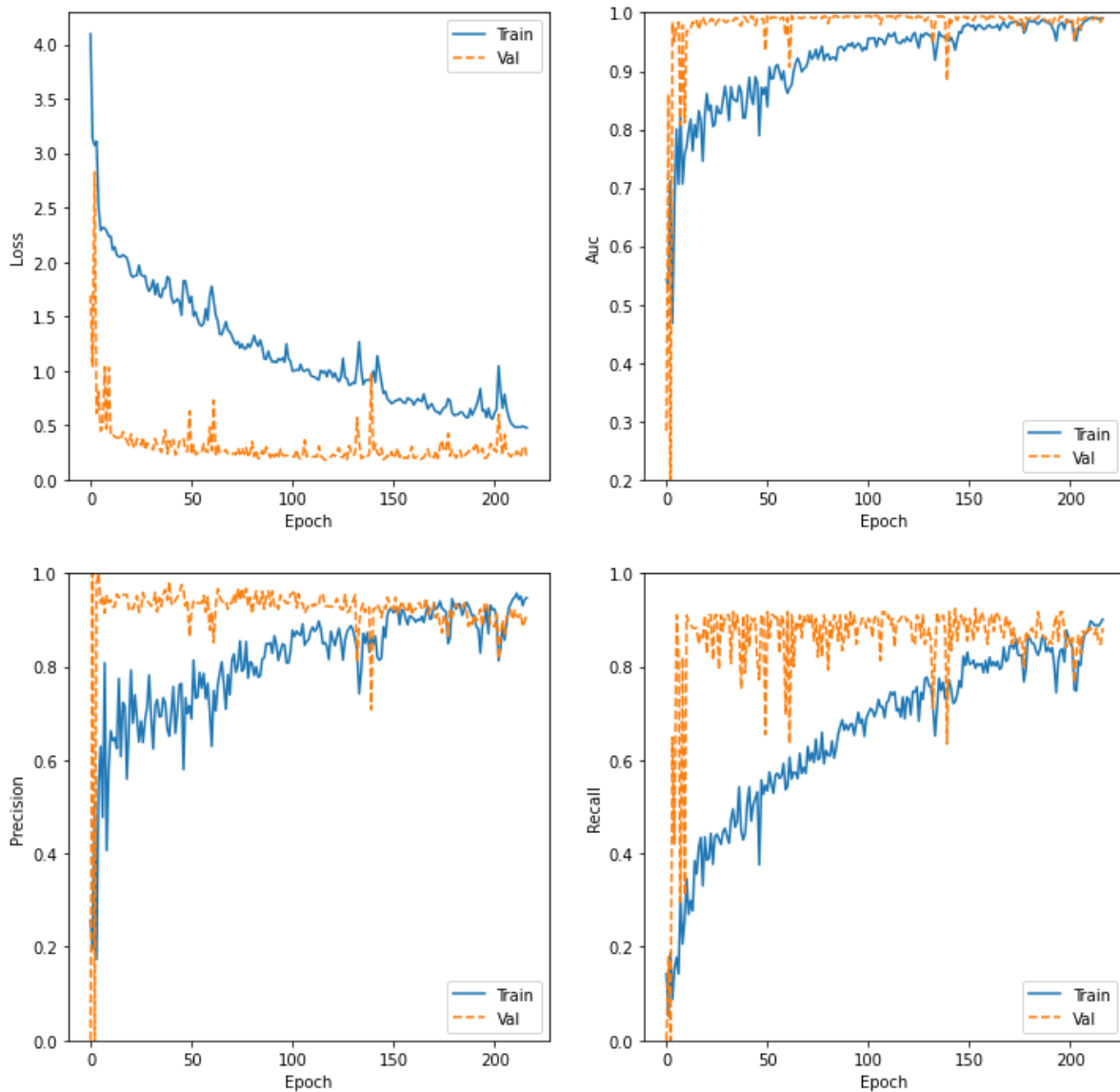


Fig. 67 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[51  3  3  2]
 [ 6  4  0  1]
 [ 4  1  1  0]
 [ 6  1  3 21]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.86	0.81	59
0.33	0.44	0.36	0.40	11
0.66	0.14	0.17	0.15	6
1.0	0.88	0.68	0.76	31
accuracy			0.72	107
macro avg	0.56	0.52	0.53	107
weighted avg	0.73	0.72	0.72	107

Fig. 68 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model transfer Learning tipus monocristal·lí

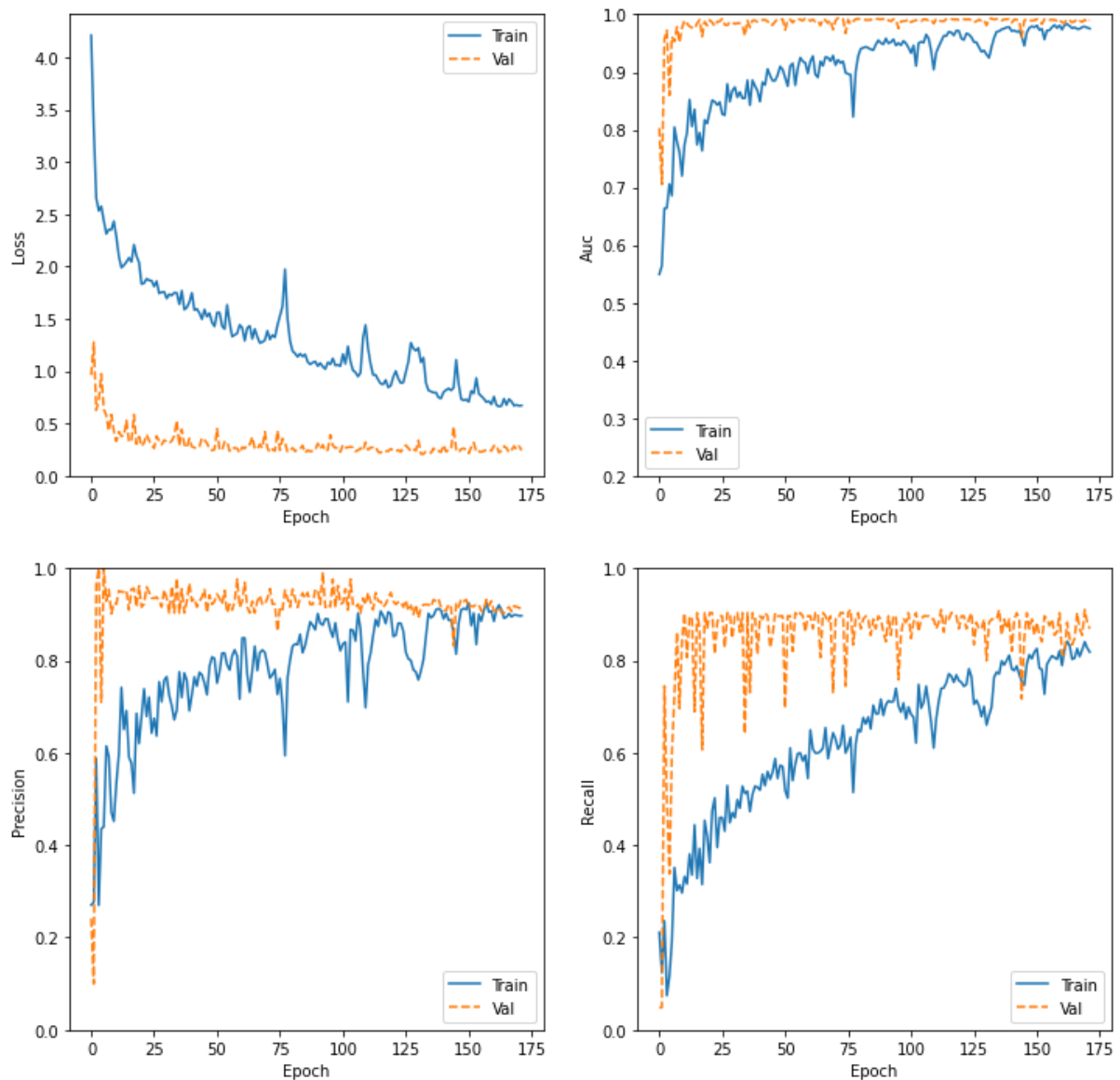


Fig. 69 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[52  2  5  0]
 [ 2  3  6  0]
 [ 1  1  4  0]
 [ 4  1  2 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.88	0.88	0.88	59
0.33	0.43	0.27	0.33	11
0.66	0.24	0.67	0.35	6
1.0	1.00	0.77	0.87	31
accuracy			0.78	107
macro avg	0.64	0.65	0.61	107
weighted avg	0.83	0.78	0.79	107

Fig. 70 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model transfer Learning tipus monocristal·lí

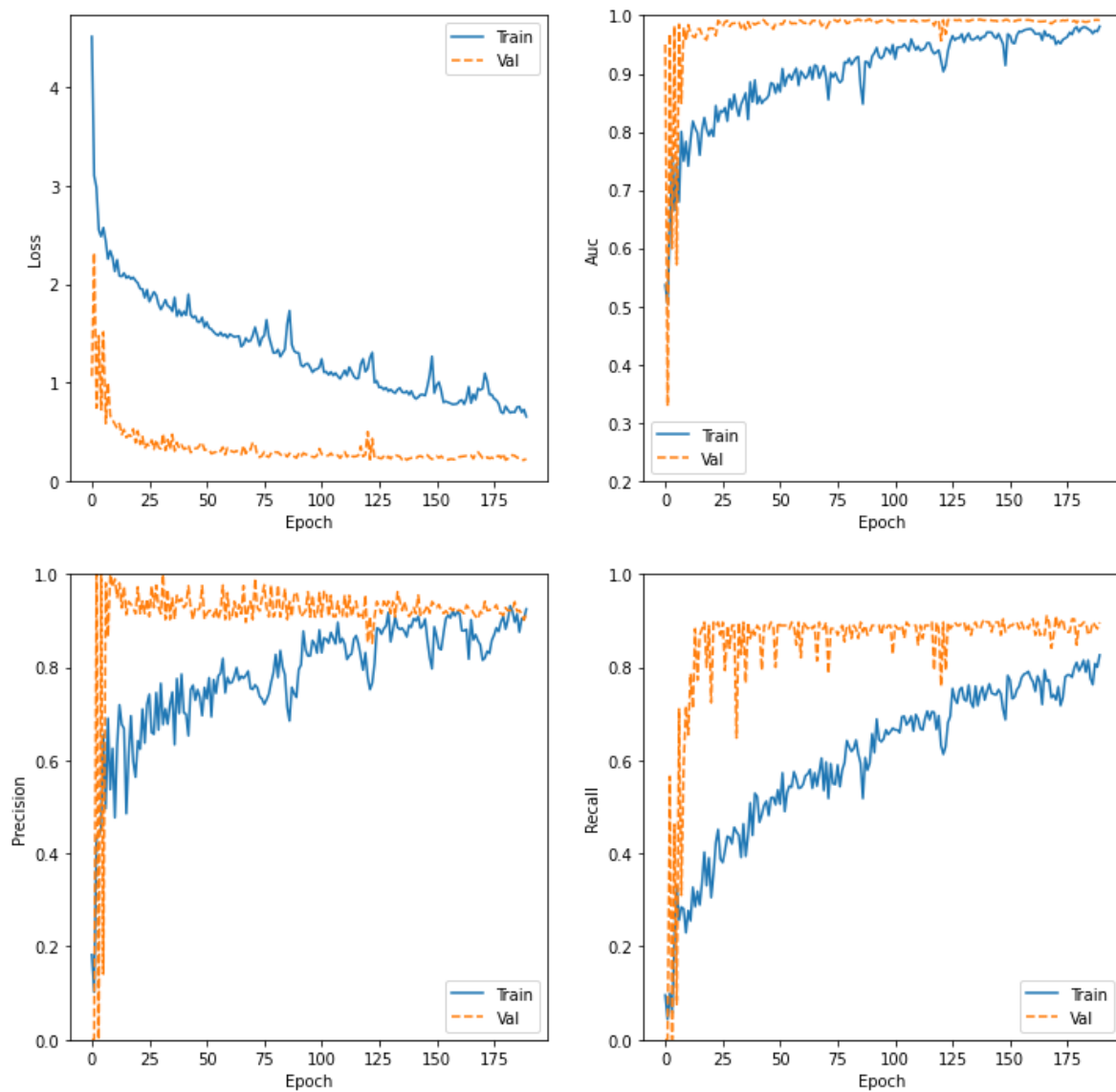


Fig. 71 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model transfer Learning tipus monocristal·lí

4.3 K-Folds 4-capes monocristal·lí

18551 segons = 5.15 hores

FOLD-1

Confusion Matrix

```
[[30 11  9  9]
 [ 2  5  3  1]
 [ 1  1  3  1]
 [ 5  2  2 23]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.51	0.62	59
0.33	0.26	0.45	0.33	11
0.66	0.18	0.50	0.26	6
1.0	0.68	0.72	0.70	32
accuracy			0.56	108
macro avg	0.48	0.55	0.48	108
weighted avg	0.67	0.56	0.59	108

Fig. 72 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model 4-capes tipus monocristal·lí

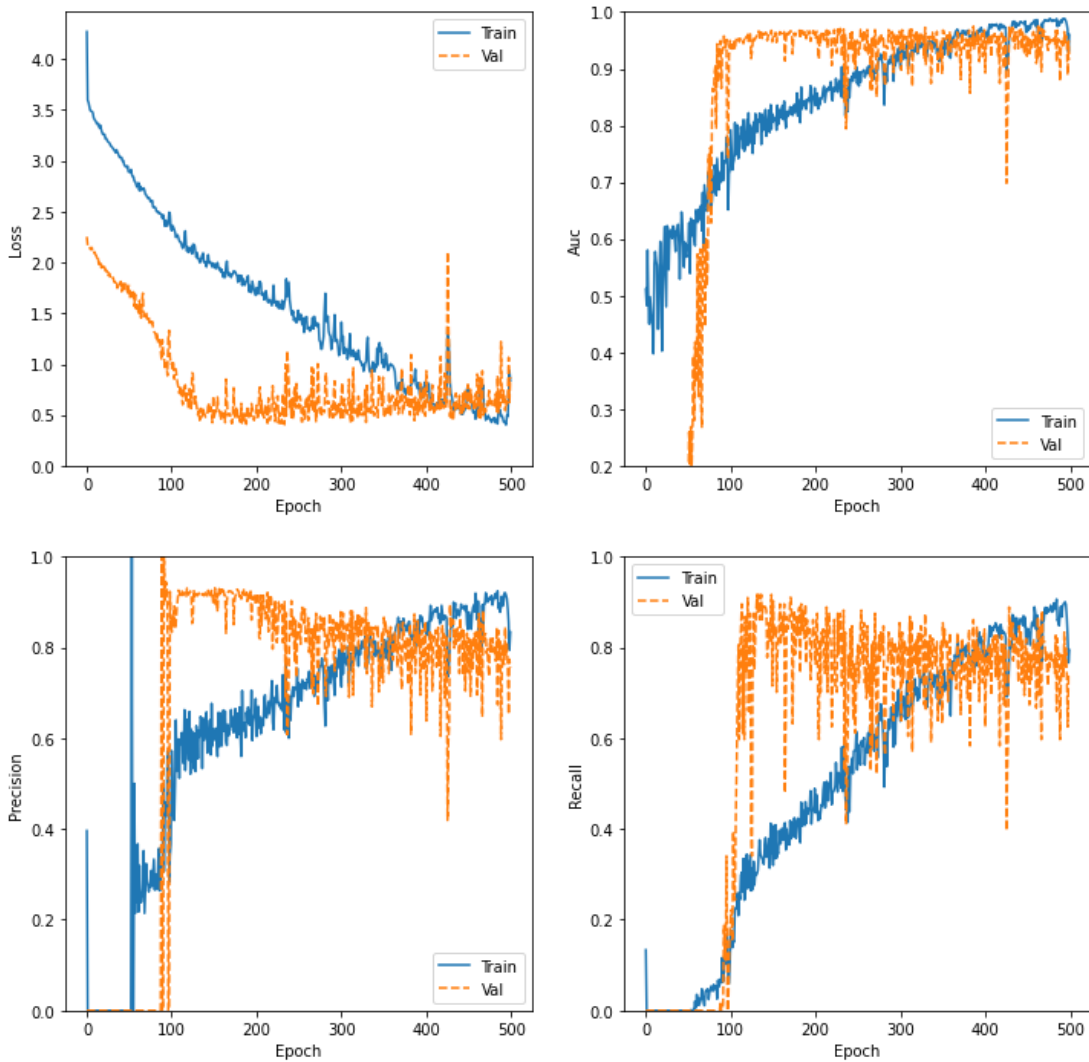


Fig. 73 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[34  9  8  7]
 [ 3  7  2  0]
 [ 1  0  4  1]
 [ 7  3  1 21]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.59	0.66	58
0.33	0.37	0.58	0.45	12
0.66	0.27	0.67	0.38	6
1.0	0.72	0.66	0.69	32
accuracy			0.61	108
macro avg	0.53	0.62	0.55	108
weighted avg	0.68	0.61	0.63	108

Fig. 74 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model 4-capes tipus monocristal·lí

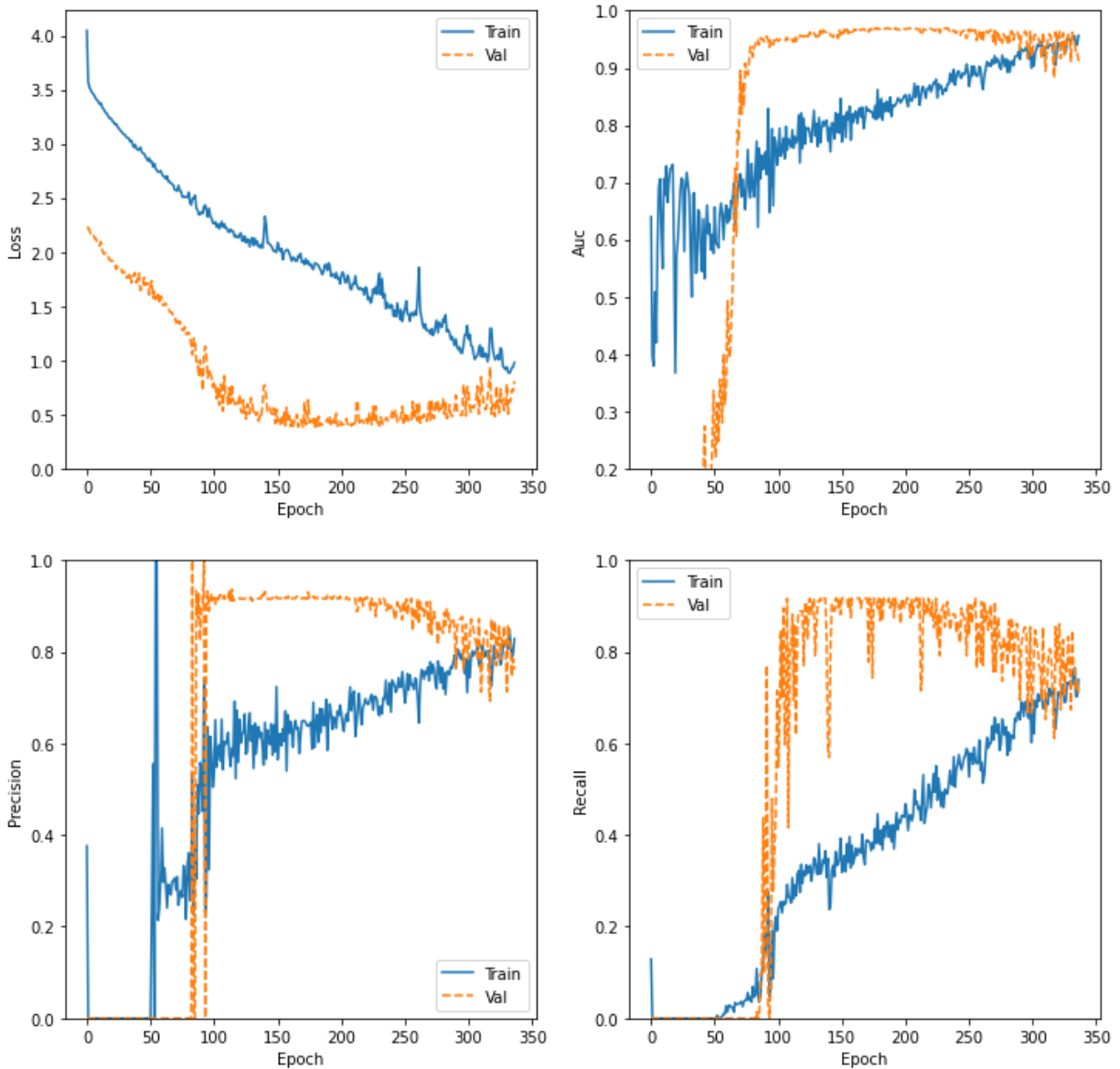


Fig. 75 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[39 10  2  7]
 [ 1  7  2  2]
 [ 2  1  3  0]
 [ 4  2  2 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.85	0.67	0.75	58
0.33	0.35	0.58	0.44	12
0.66	0.33	0.50	0.40	6
1.0	0.73	0.75	0.74	32
accuracy			0.68	108
macro avg	0.56	0.63	0.58	108
weighted avg	0.73	0.68	0.69	108

Fig. 76 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model 4-capes tipus monocristal·lí

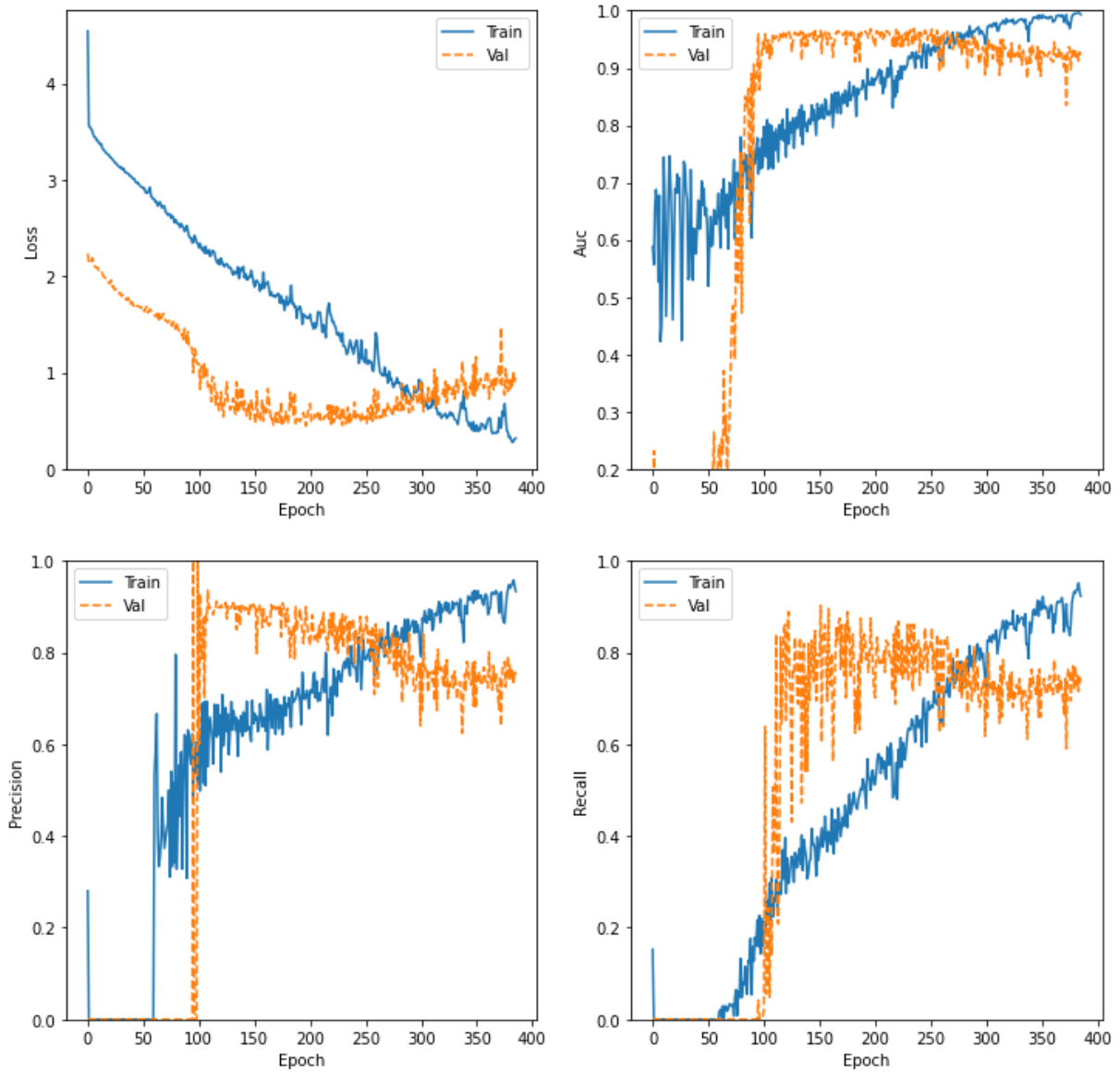


Fig. 77 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[39  8  5  7]
 [ 5  6  1  0]
 [ 4  0  1  1]
 [ 3  0  3 25]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.66	0.71	59
0.33	0.43	0.50	0.46	12
0.66	0.10	0.17	0.12	6
1.0	0.76	0.81	0.78	31
accuracy			0.66	108
macro avg	0.51	0.53	0.52	108
weighted avg	0.69	0.66	0.67	108

Fig. 78 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model 4-capes tipus monocristal·lí

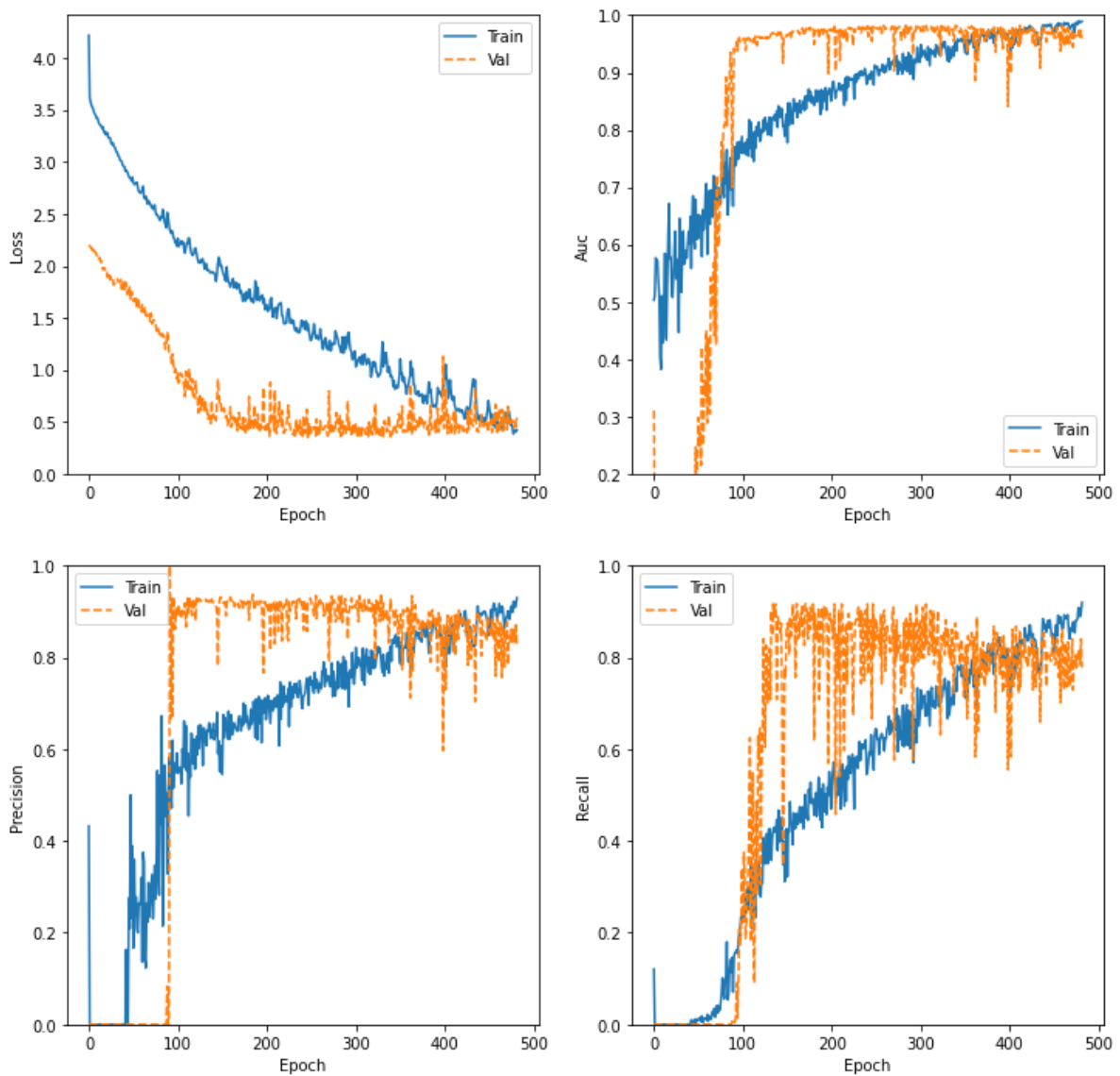


Fig. 79 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[47  6  2  4]
 [ 5  6  1  0]
 [ 3  2  0  0]
 [ 6  0  2 23]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.80	0.78	59
0.33	0.43	0.50	0.46	12
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.85	0.74	0.79	31
accuracy			0.71	107
macro avg	0.51	0.51	0.51	107
weighted avg	0.72	0.71	0.71	107

Fig. 80 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model 4-capes tipus monocristal·lí

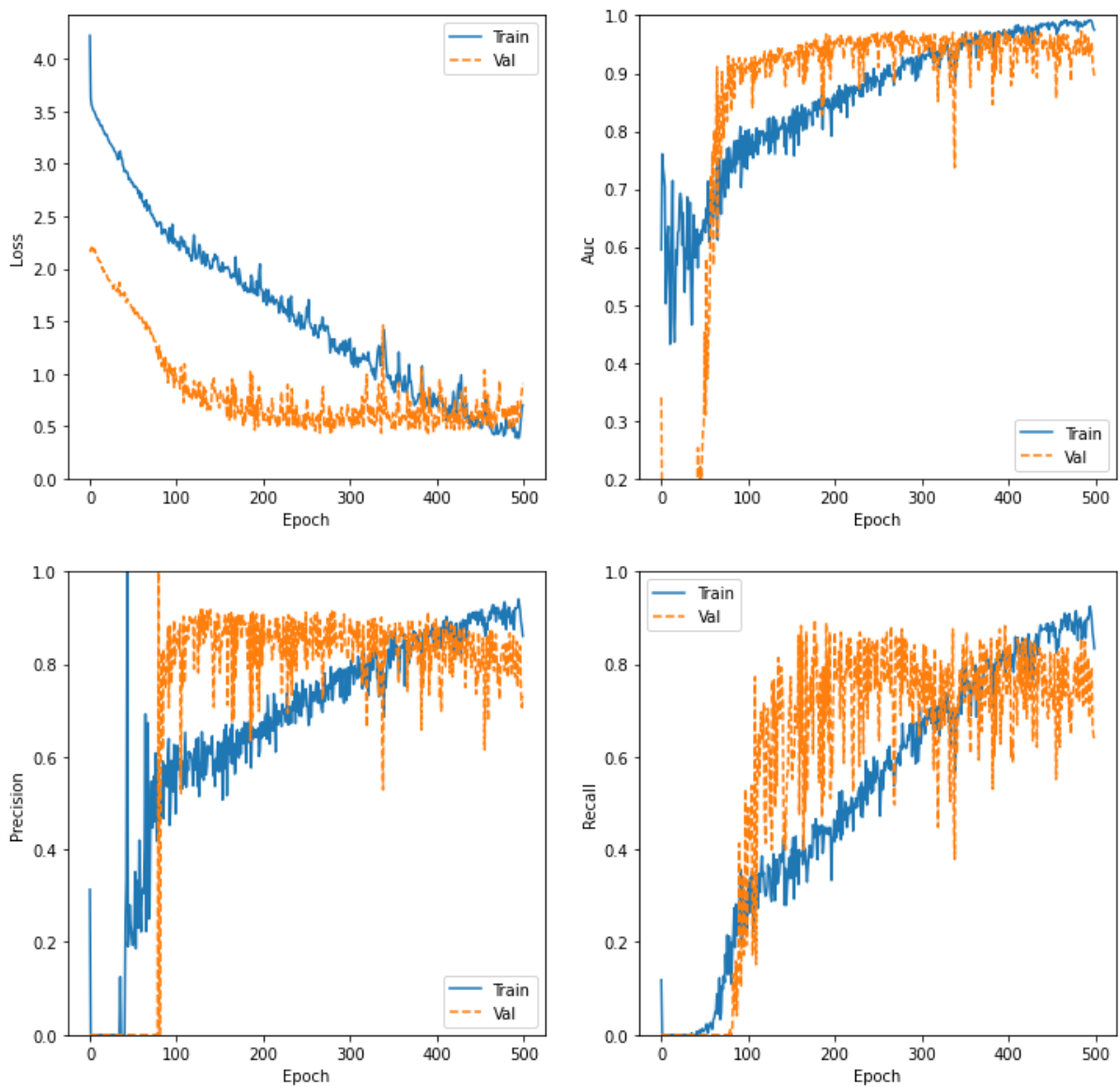


Fig. 81 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[35 12  6  6]
 [ 2  9  1  0]
 [ 0  3  2  0]
 [ 4  1  2 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.85	0.59	0.70	59
0.33	0.36	0.75	0.49	12
0.66	0.18	0.40	0.25	5
1.0	0.80	0.77	0.79	31
accuracy			0.65	107
macro avg	0.55	0.63	0.56	107
weighted avg	0.75	0.65	0.68	107

Fig. 82 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model 4-capes tipus monocristal·lí

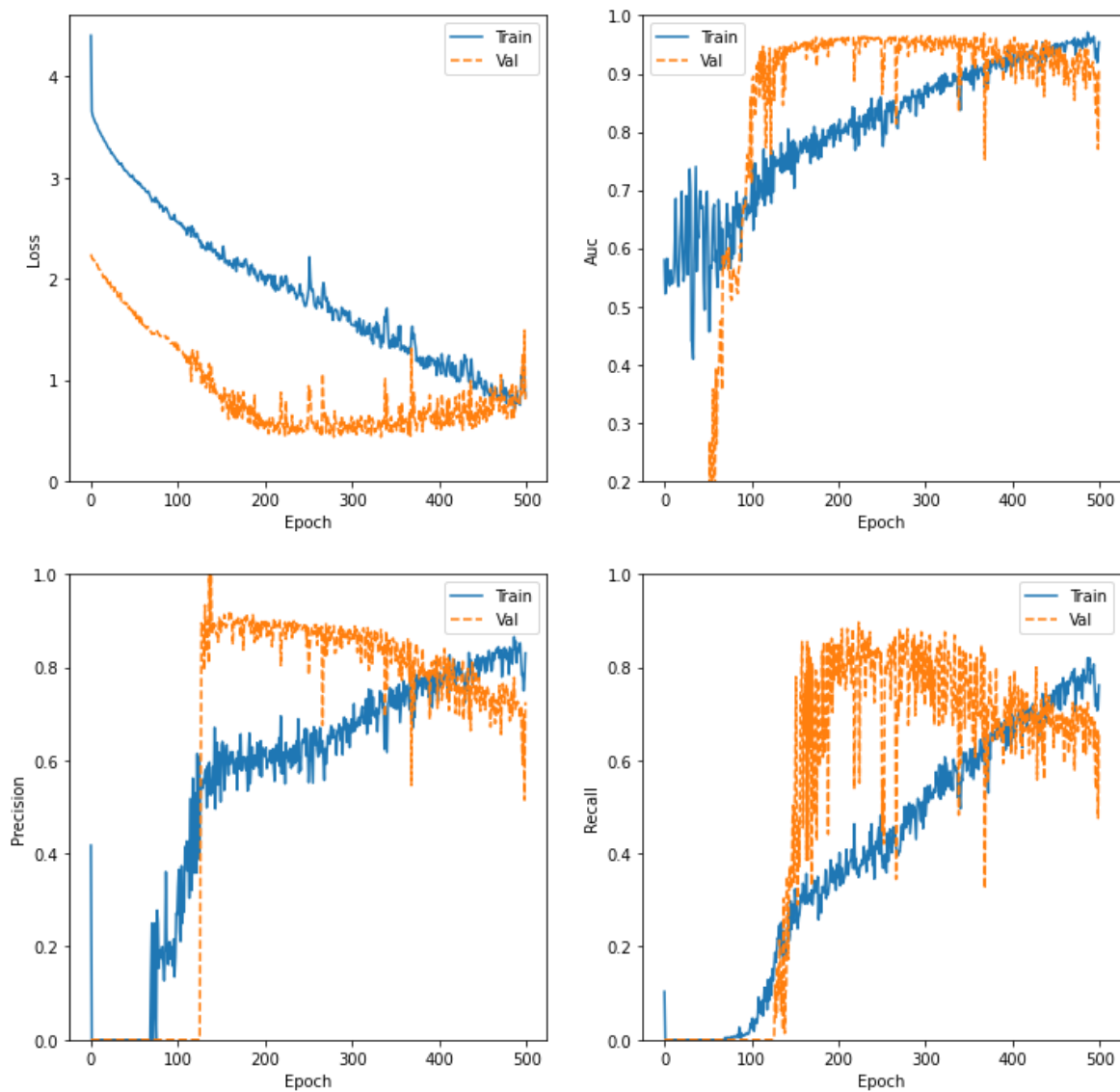


Fig. 83 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[24  6 19 10]
 [ 4  3  3  2]
 [ 1  1  0  3]
 [ 8  2  2 19]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.65	0.41	0.50	59
0.33	0.25	0.25	0.25	12
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.56	0.61	0.58	31
accuracy			0.43	107
macro avg	0.36	0.32	0.33	107
weighted avg	0.55	0.43	0.47	107

Fig. 84 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 7 model 4-capes tipus monocristal·lí

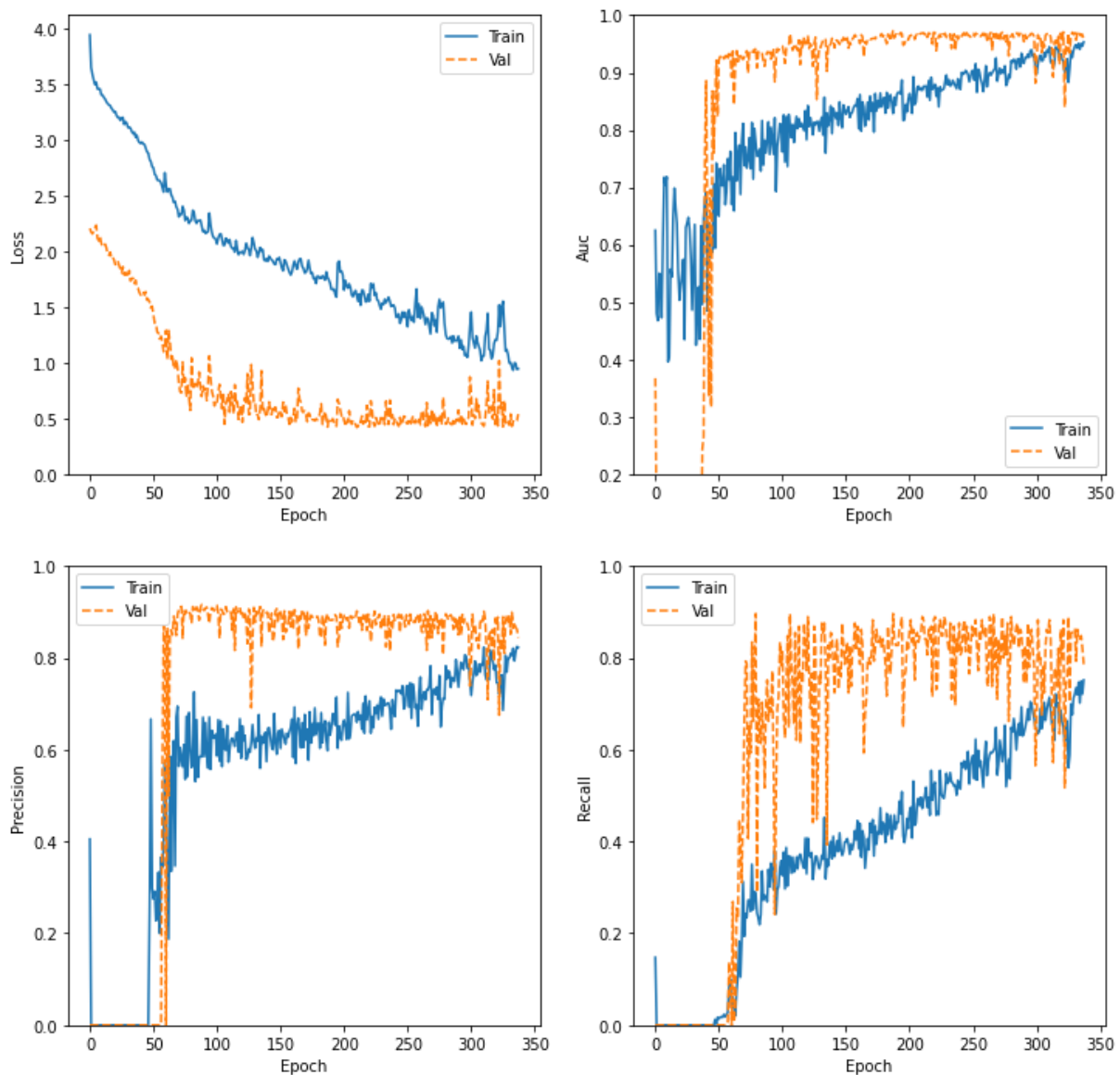


Fig. 85 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[30 11  6 12]
 [ 2  7  2  1]
 [ 1  1  2  1]
 [ 3  2  2 24]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.83	0.51	0.63	59
0.33	0.33	0.58	0.42	12
0.66	0.17	0.40	0.24	5
1.0	0.63	0.77	0.70	31
accuracy			0.59	107
macro avg	0.49	0.57	0.50	107
weighted avg	0.69	0.59	0.61	107

Fig. 86 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model 4-capes tipus monocristal·lí

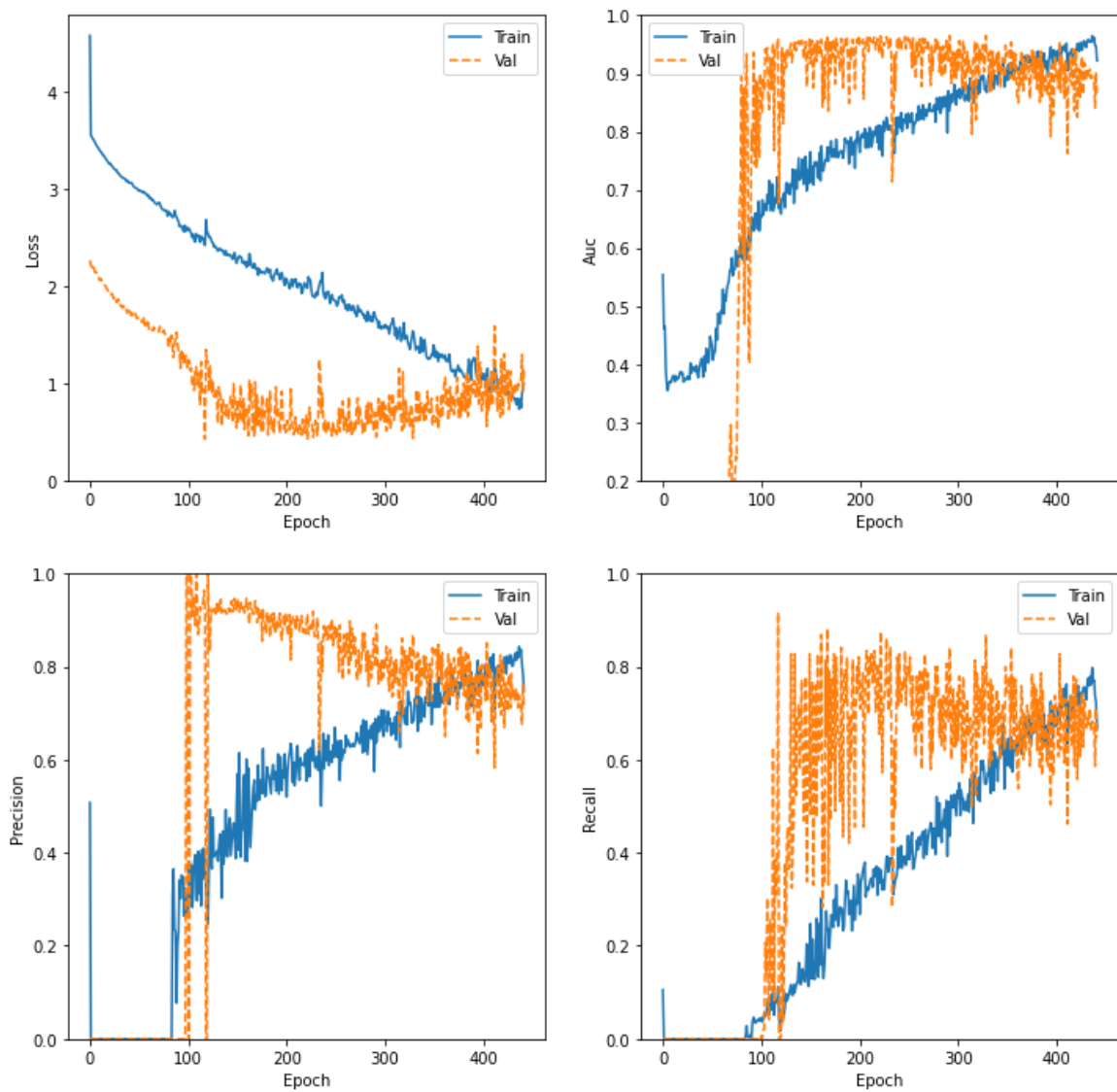


Fig. 87 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[48  7  2  2]
 [ 5  5  0  1]
 [ 3  1  1  1]
 [ 7  1  0 23]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.81	0.79	59
0.33	0.36	0.45	0.40	11
0.66	0.33	0.17	0.22	6
1.0	0.85	0.74	0.79	31
accuracy			0.72	107
macro avg	0.58	0.54	0.55	107
weighted avg	0.72	0.72	0.72	107

Fig. 88 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model 4-capes tipus monocristal·lí

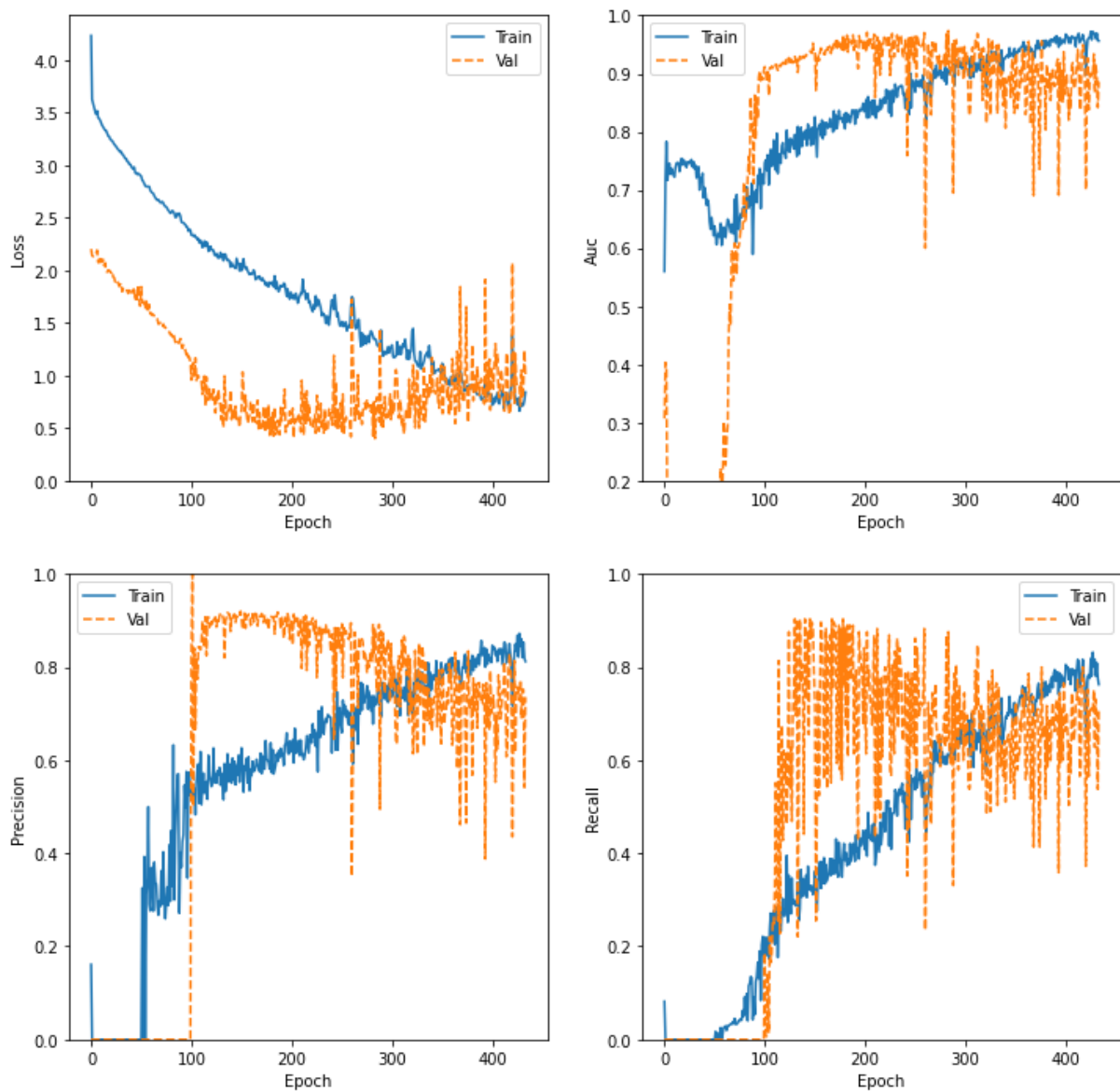


Fig. 89 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model 4-capes tipus monocristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[33  2 16  8]
 [ 4  3  3  1]
 [ 0  1  2  3]
 [ 1  1  2 27]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.87	0.56	0.68	59
0.33	0.43	0.27	0.33	11
0.66	0.09	0.33	0.14	6
1.0	0.69	0.87	0.77	31
accuracy			0.61	107
macro avg	0.52	0.51	0.48	107
weighted avg	0.73	0.61	0.64	107

Fig. 90 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model 4-capes tipus monocristal·lí

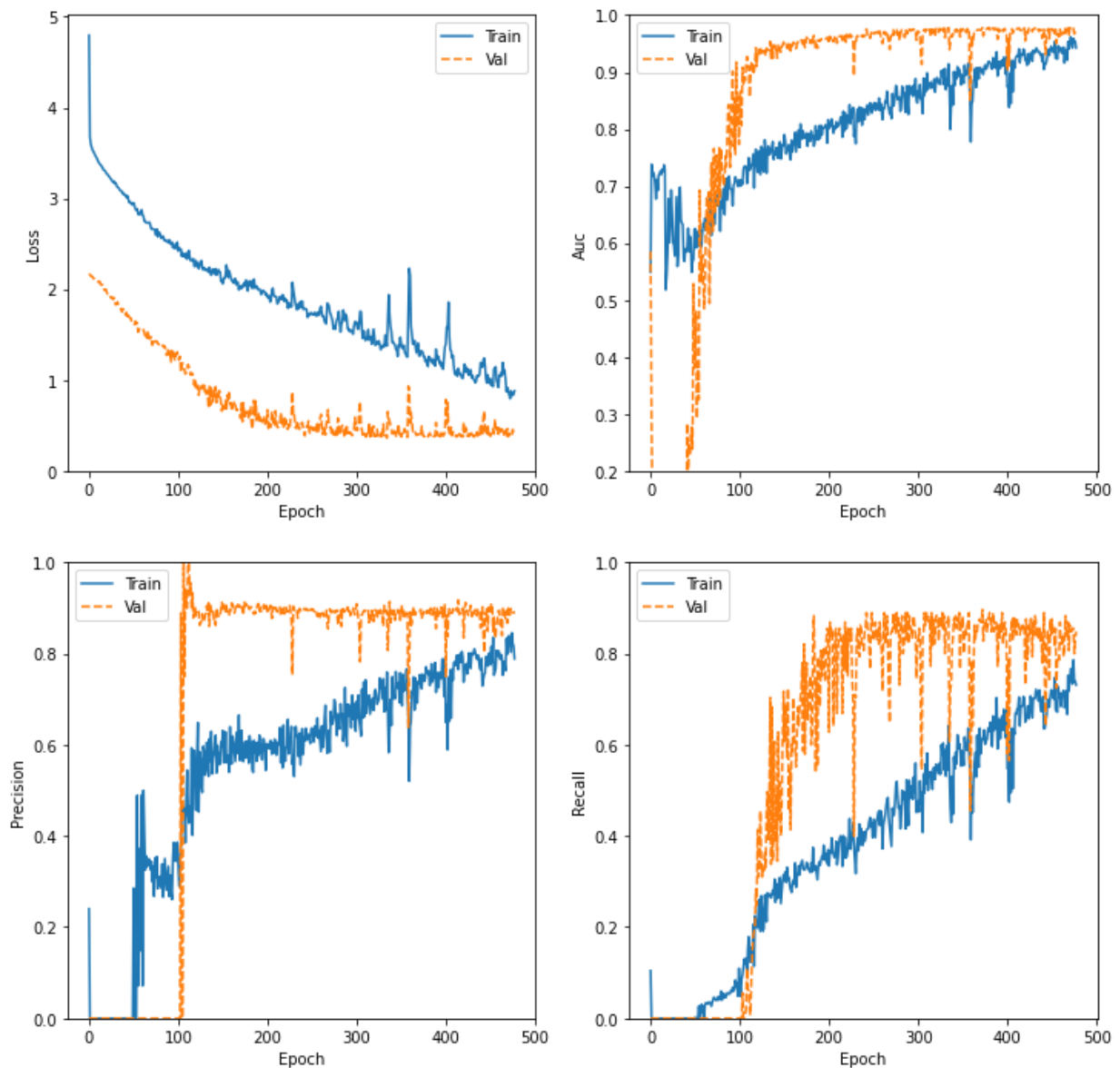


Fig. 91 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model 4-capes tipus monocristal·lí

4.4 K-Folds Transfer policristal·lí L2=0.001

FOLD-1

Confusion Matrix					
		84	2	1	5
		10	6	0	1
		3	1	1	0
		12	2	0	27
Classification Report					
	precision	recall	f1-score	support	
0.0	0.77	0.91	0.84	92	
0.33	0.55	0.35	0.43	17	
0.66	0.50	0.20	0.29	5	
1.0	0.82	0.66	0.73	41	
accuracy			0.76	155	
macro avg	0.66	0.53	0.57	155	
weighted avg	0.75	0.76	0.75	155	

Fig. 92 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

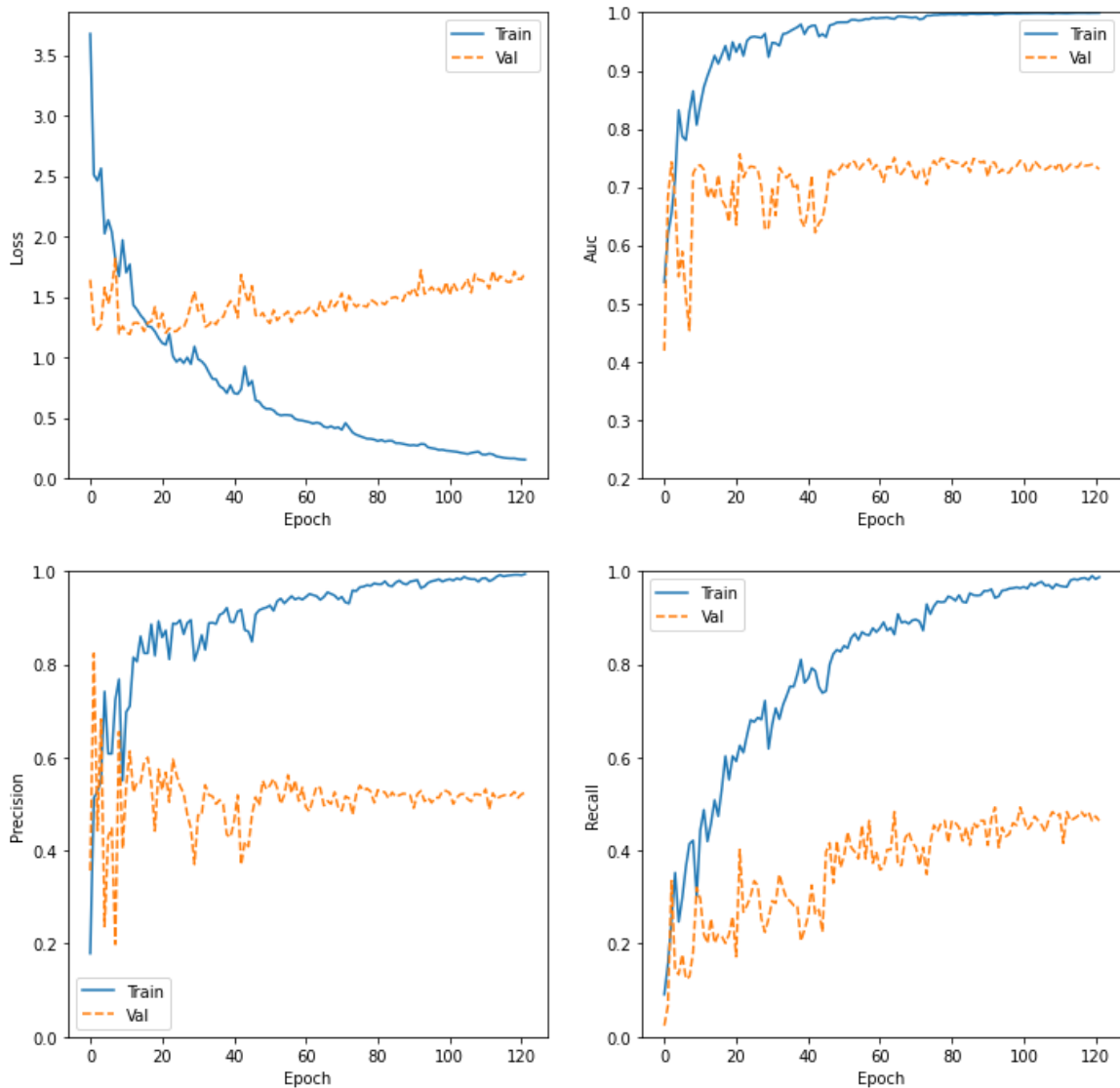


Fig. 93 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[78  6  0  8]
 [ 5 11  0  1]
 [ 3  1  0  1]
 [13  0  0 28]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.85	0.82	92
0.33	0.61	0.65	0.63	17
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.74	0.68	0.71	41
accuracy			0.75	155
macro avg	0.53	0.54	0.54	155
weighted avg	0.73	0.75	0.74	155

Fig. 94 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

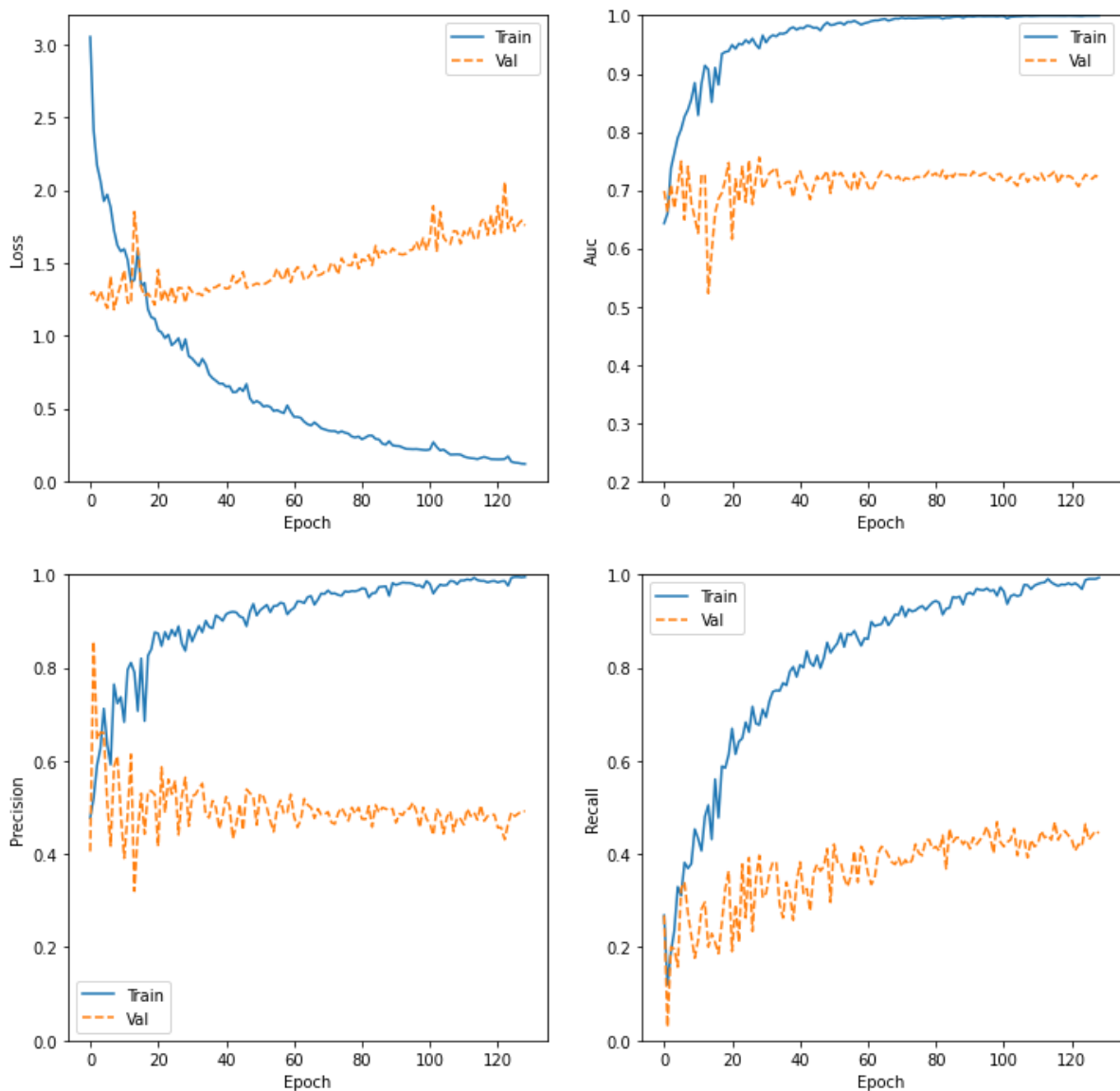


Fig. 95 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[81  5  0  6]
 [12  5  0  1]
 [ 3  0  0  2]
 [19  0  0 21]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.70	0.88	0.78	92
0.33	0.50	0.28	0.36	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.70	0.53	0.60	40
accuracy			0.69	155
macro avg	0.48	0.42	0.43	155
weighted avg	0.66	0.69	0.66	155

Fig. 96 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

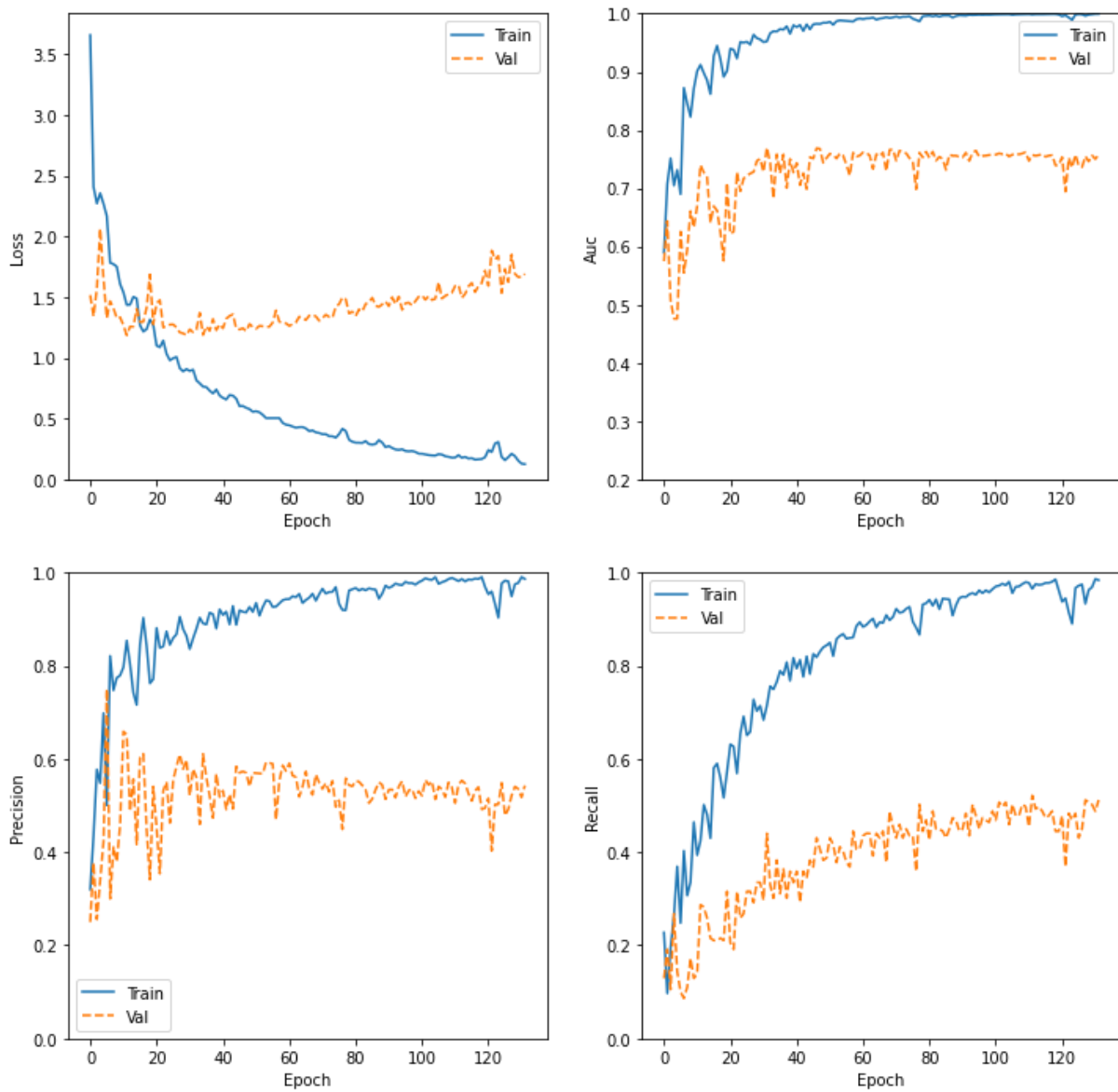


Fig. 97 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[79  3  0 10]
 [14  3  0  1]
 [ 2  0  0  3]
 [18  0  1 21]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.70	0.86	0.77	92
0.33	0.50	0.17	0.25	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.60	0.53	0.56	40
accuracy			0.66	155
macro avg	0.45	0.39	0.40	155
weighted avg	0.63	0.66	0.63	155

Fig. 98 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

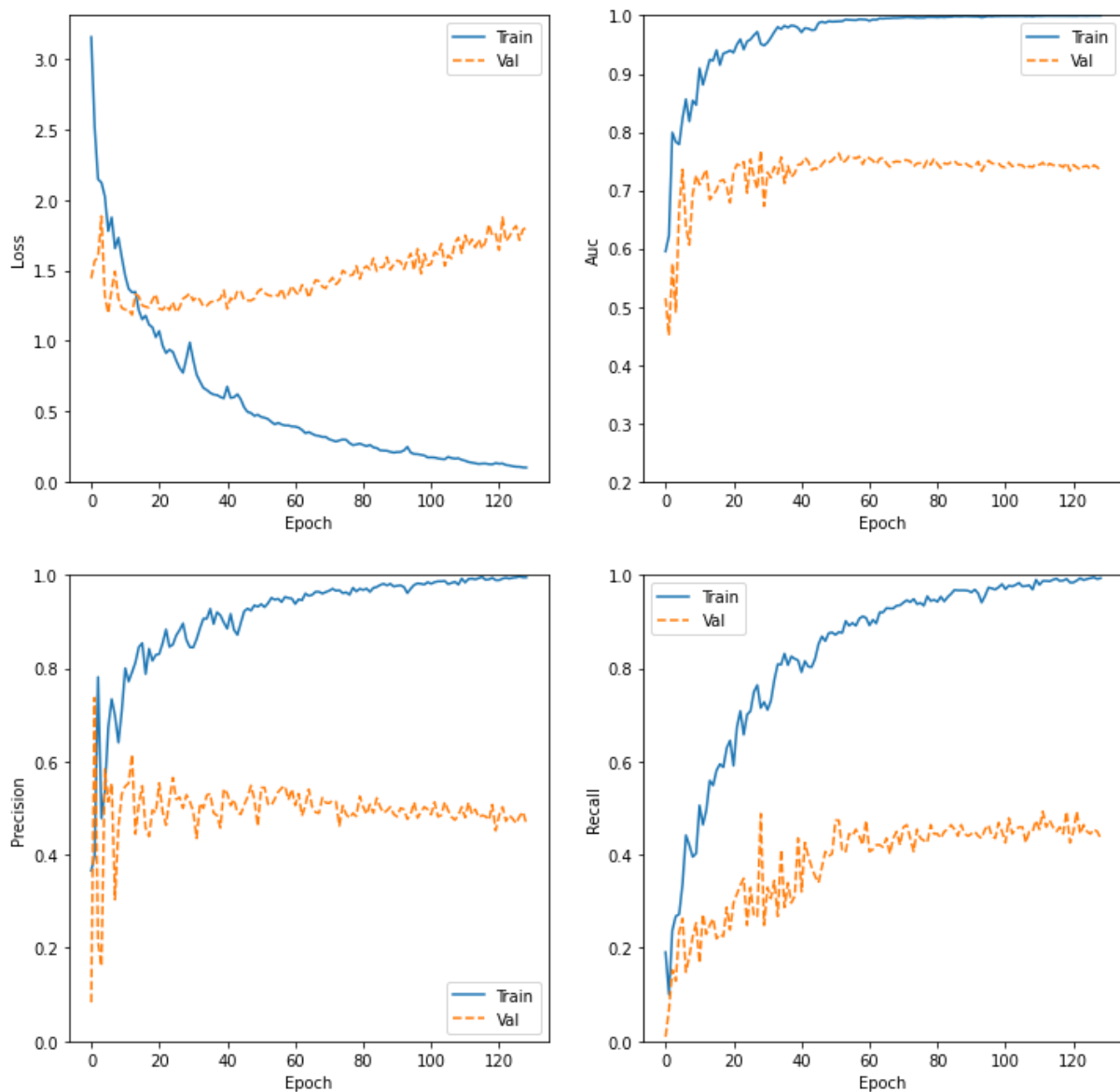


Fig. 99 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[77  4  0 11]
 [ 7  6  0  5]
 [ 4  0  0  1]
 [ 9  0  0 31]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.79	0.84	0.81	92
0.33	0.60	0.33	0.43	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.65	0.78	0.70	40
accuracy			0.74	155
macro avg	0.51	0.49	0.49	155
weighted avg	0.71	0.74	0.72	155

Fig. 100 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

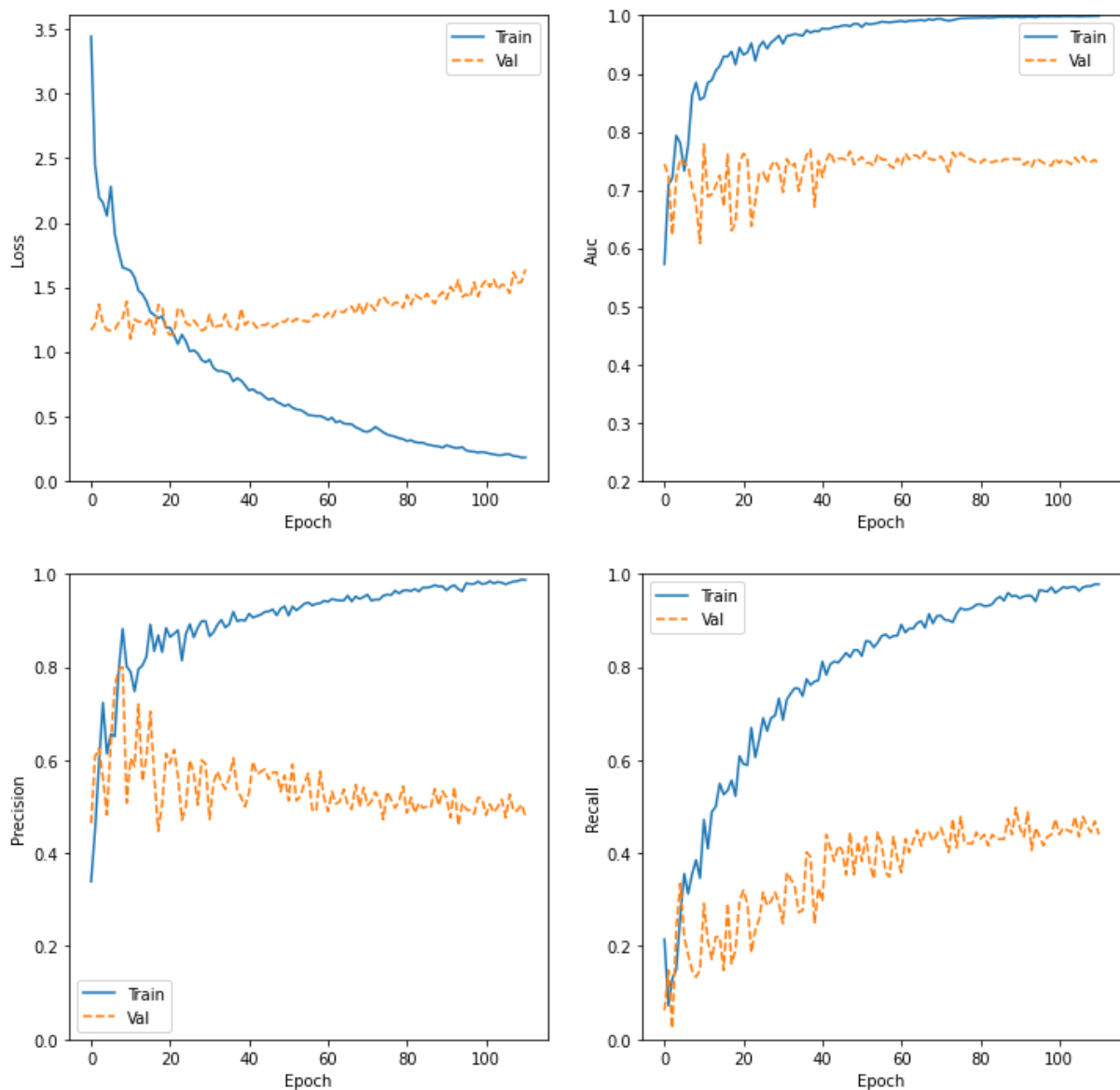


Fig. 101 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[78  2  2 10]
 [ 5 10  0  3]
 [ 2  0  0  3]
 [ 9  0  0 31]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.83	0.85	0.84	92
0.33	0.83	0.56	0.67	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.66	0.78	0.71	40
accuracy			0.77	155
macro avg	0.58	0.54	0.55	155
weighted avg	0.76	0.77	0.76	155

Fig. 102 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

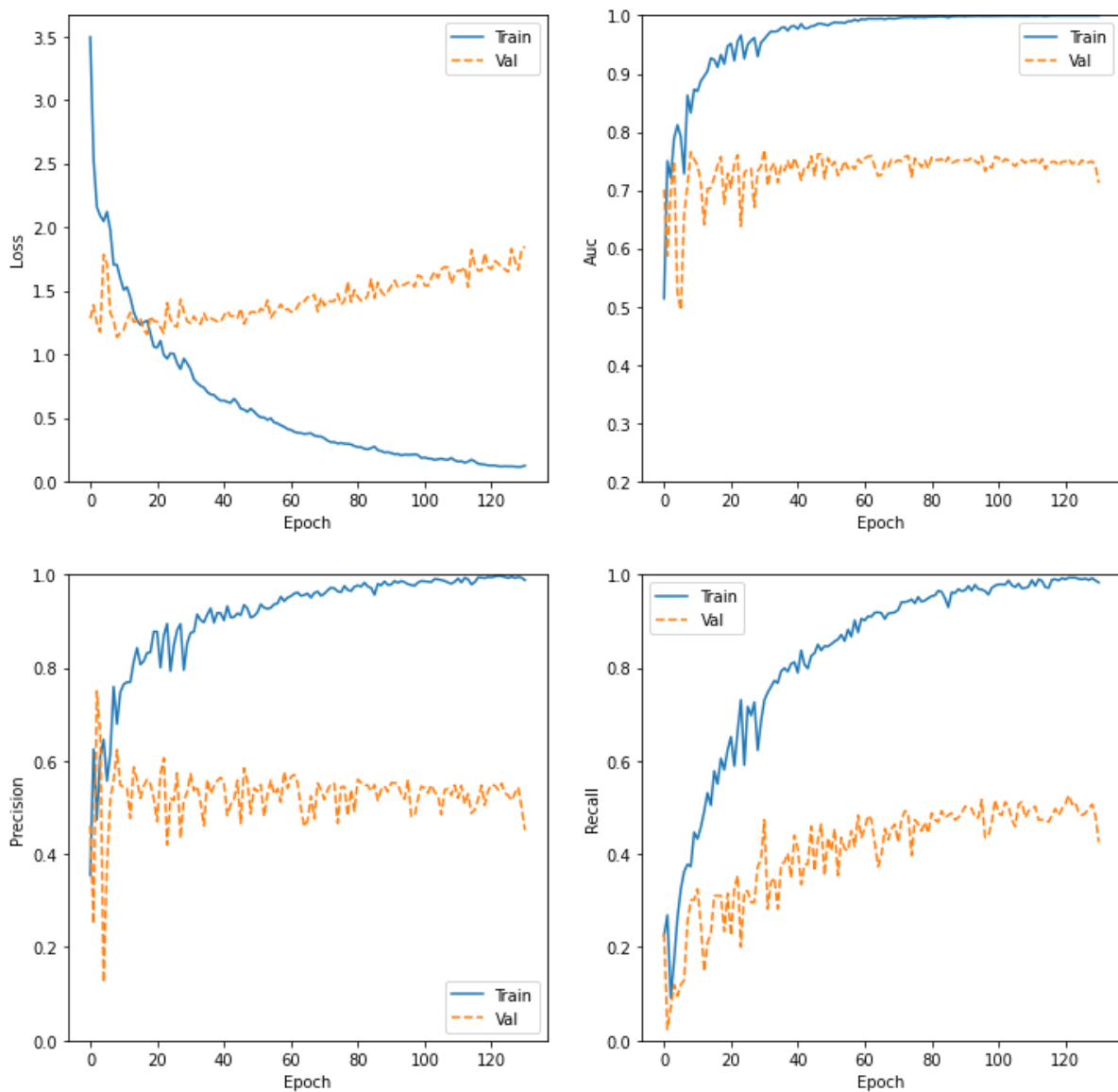


Fig. 103 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[78  6  0  8]
 [11  6  0  1]
 [ 4  1  0  0]
 [11  1  1 27]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.75	0.85	0.80	92
0.33	0.43	0.33	0.38	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.75	0.68	0.71	40
accuracy			0.72	155
macro avg	0.48	0.46	0.47	155
weighted avg	0.69	0.72	0.70	155

Fig. 104 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 7 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

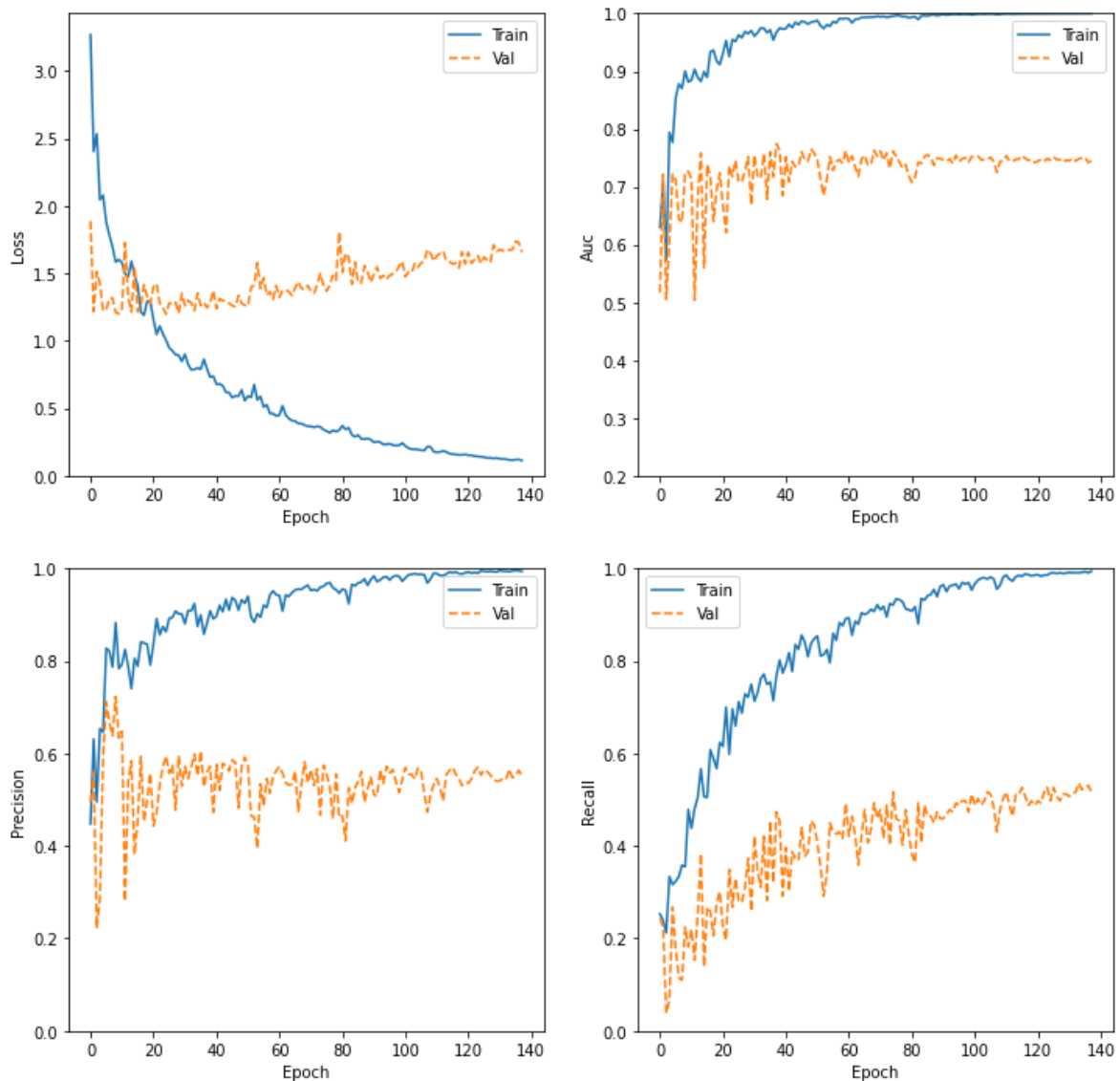


Fig. 105 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[70  5  1 16]
 [ 8  7  0  3]
 [ 2  0  0  3]
 [ 7  0  0 33]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.80	0.76	0.78	92
0.33	0.58	0.39	0.47	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.60	0.82	0.69	40
accuracy			0.71	155
macro avg	0.50	0.49	0.49	155
weighted avg	0.70	0.71	0.70	155

Fig. 106 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

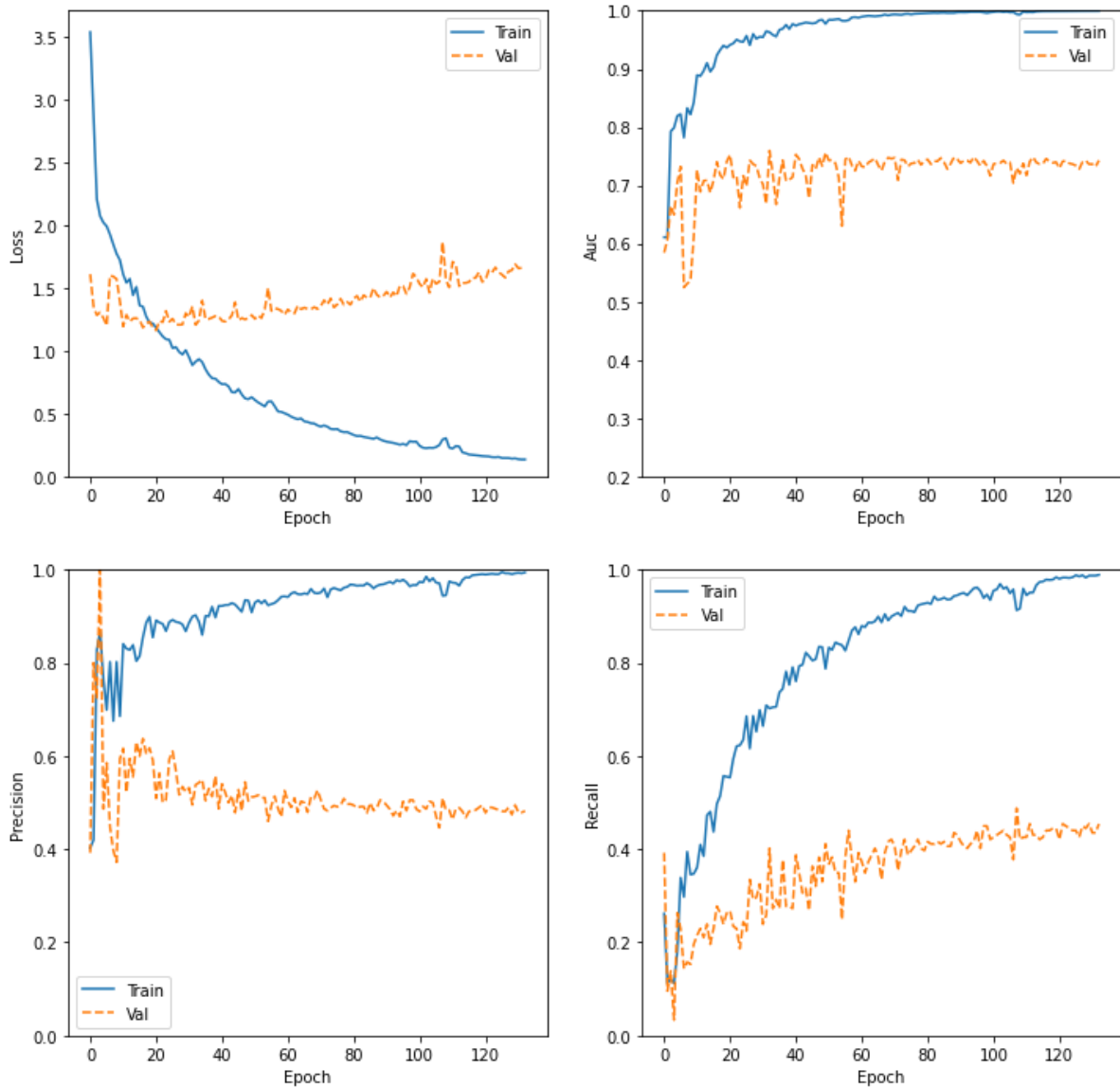


Fig. 107 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[70  5  1 16]
 [ 8  7  0  3]
 [ 2  0  0  3]
 [ 7  0  0 33]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.80	0.76	0.78	92
0.33	0.58	0.39	0.47	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.60	0.82	0.69	40
accuracy			0.71	155
macro avg	0.50	0.49	0.49	155
weighted avg	0.70	0.71	0.70	155

Fig. 108 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

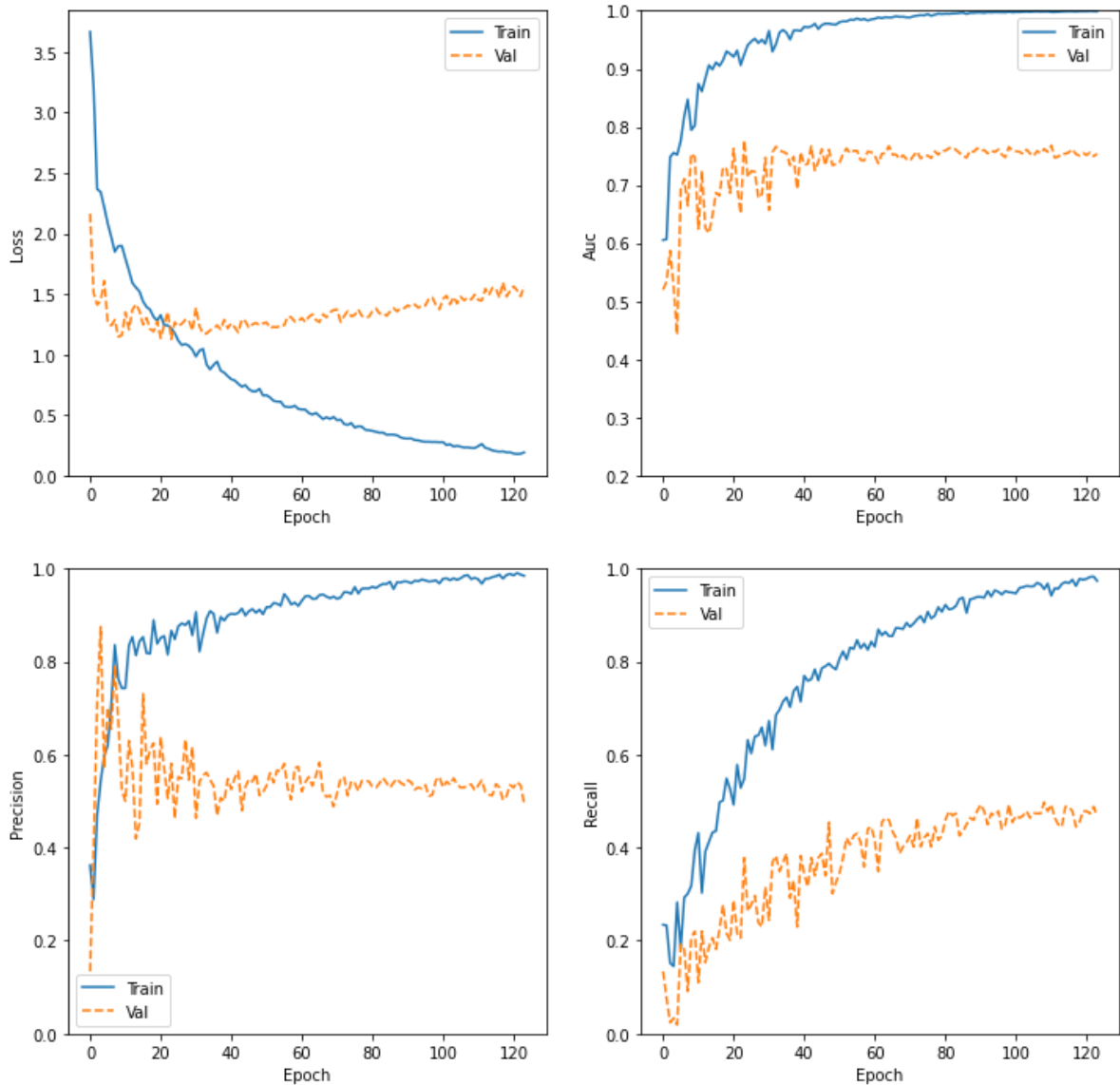


Fig. 109 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[68  2  0 22]
 [ 9  6  0  3]
 [ 5  0  0  0]
 [10  1  0 29]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.74	0.74	0.74	92
0.33	0.67	0.33	0.44	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.54	0.72	0.62	40
accuracy			0.66	155
macro avg	0.49	0.45	0.45	155
weighted avg	0.65	0.66	0.65	155

Fig. 110 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model transfer learning v1 tipus policristal·lí

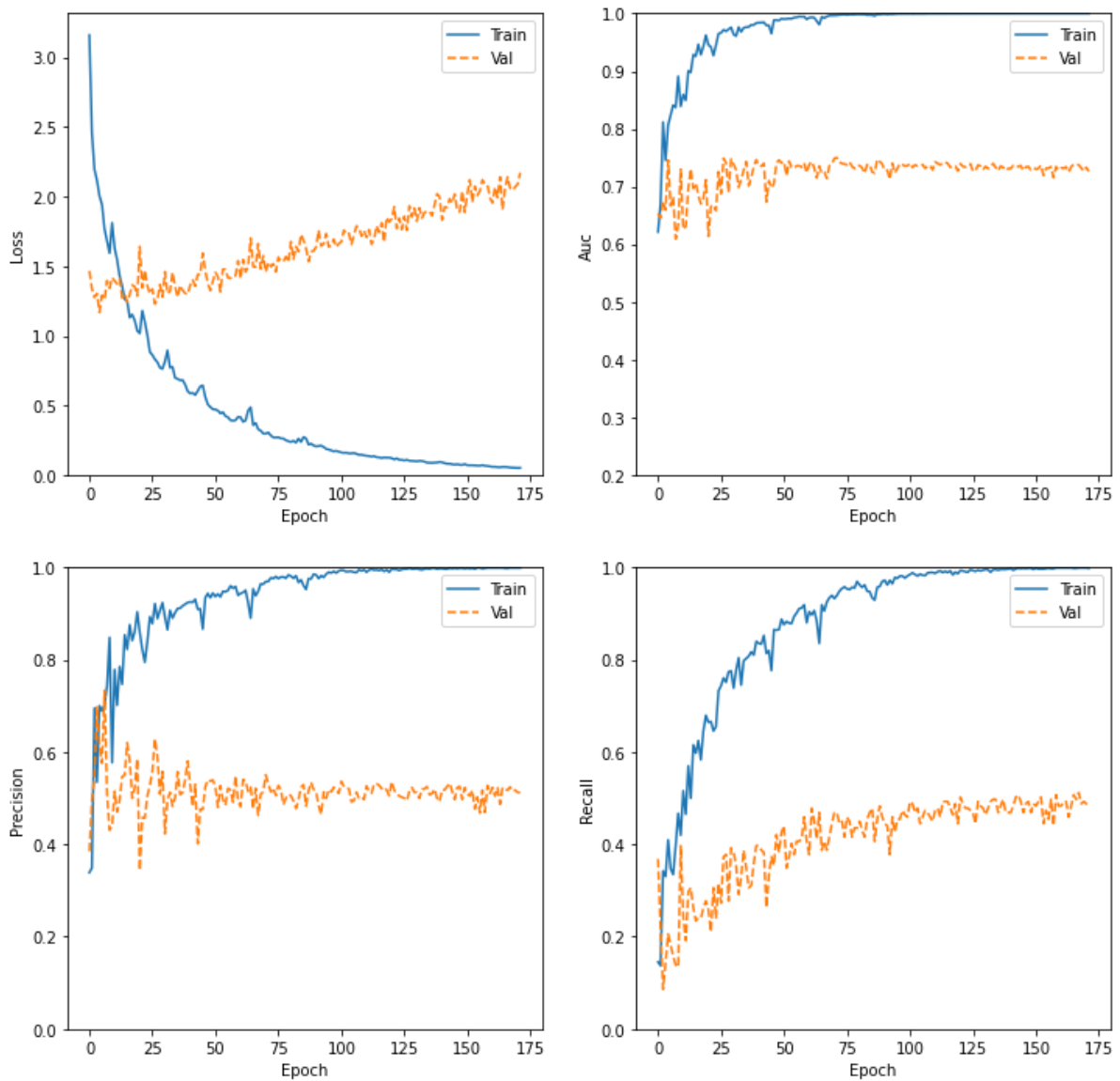


Fig. 111 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model transfer learning v1 tipus policristal·lí

4.5 K-Folds Transfer policristal·lí L2=0.1

4690 segons = 1,30 hores

FOLD-1

Confusion Matrix

```
[[88  1  0  3]
 [11  6  0  0]
 [ 3  2  0  0]
 [18  1  0 22]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.73	0.96	0.83	92
0.33	0.60	0.35	0.44	17
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.88	0.54	0.67	41
accuracy			0.75	155
macro avg	0.55	0.46	0.49	155
weighted avg	0.73	0.75	0.72	155

Fig. 112 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

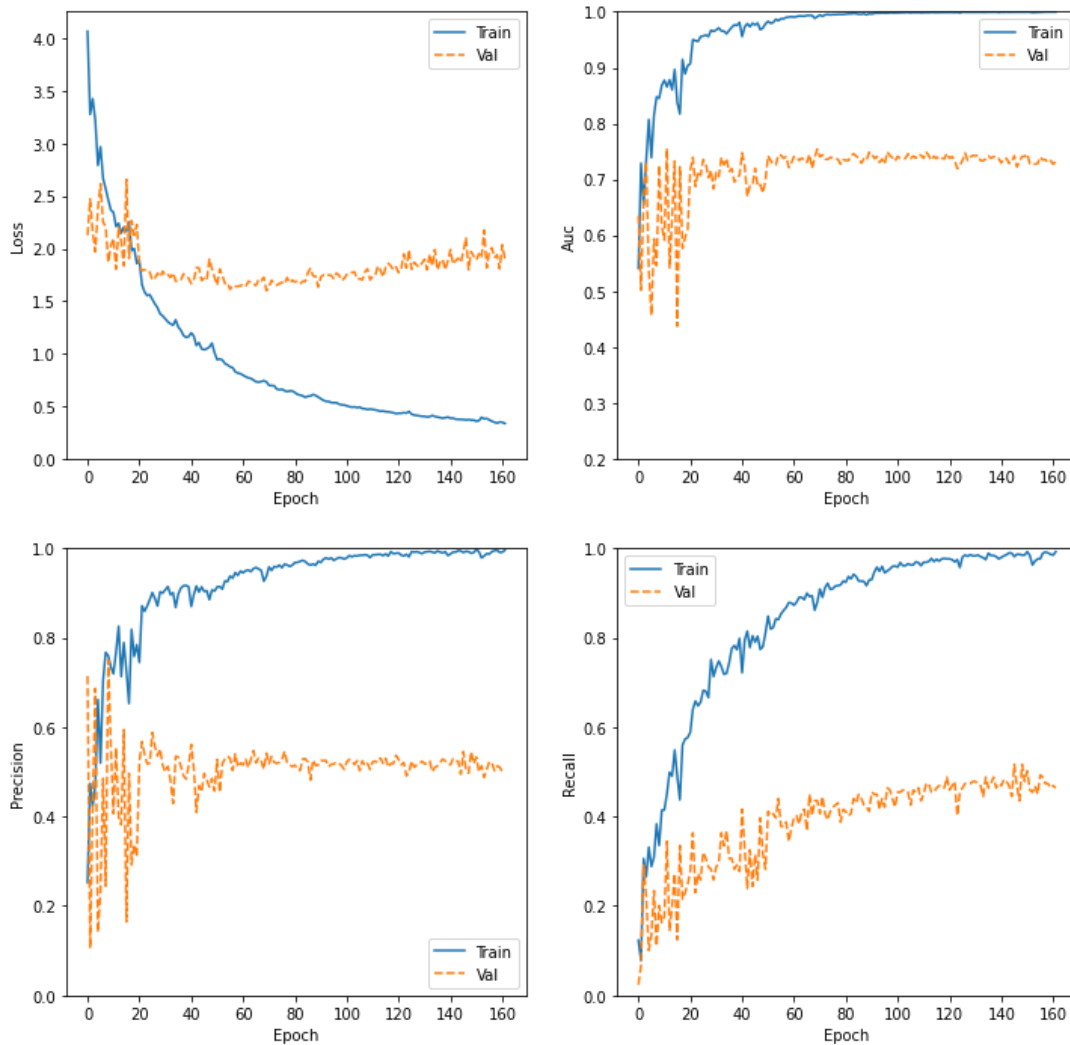


Fig. 113 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[70  4  0 18]
 [ 5 10  0  2]
 [ 2  1  1  1]
 [ 9  0  0 32]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.81	0.76	0.79	92
0.33	0.67	0.59	0.62	17
0.66	1.00	0.20	0.33	5
1.0	0.60	0.78	0.68	41
accuracy			0.73	155
macro avg	0.77	0.58	0.61	155
weighted avg	0.75	0.73	0.73	155

Fig. 114 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

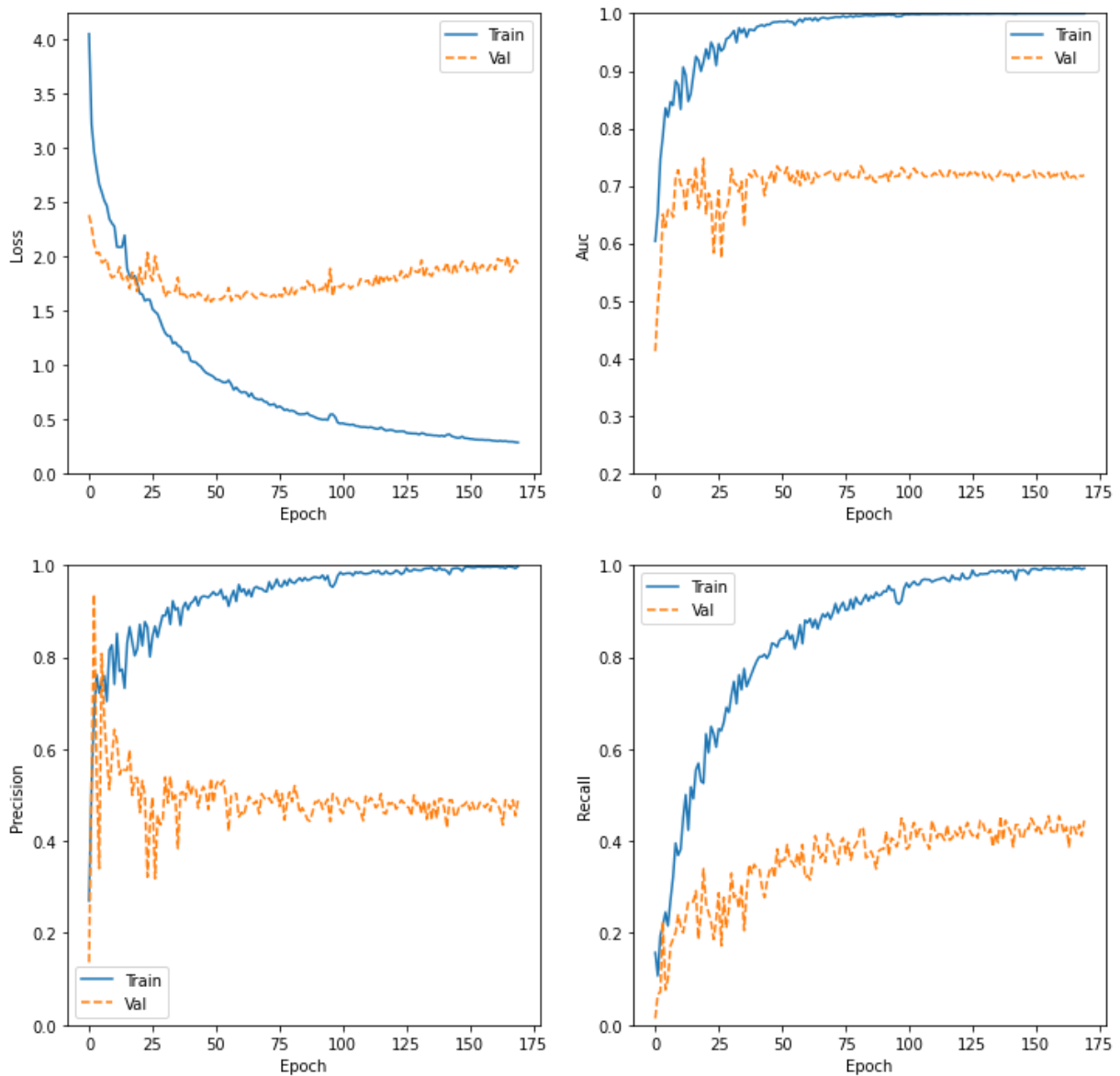


Fig. 115 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[70  4  0 18]
 [ 5 10  0  2]
 [ 2  1  1  1]
 [ 9  0  0 32]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.81	0.76	0.79	92
0.33	0.67	0.59	0.62	17
0.66	1.00	0.20	0.33	5
1.0	0.60	0.78	0.68	41
accuracy			0.73	155
macro avg	0.77	0.58	0.61	155
weighted avg	0.75	0.73	0.73	155

Fig. 116 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

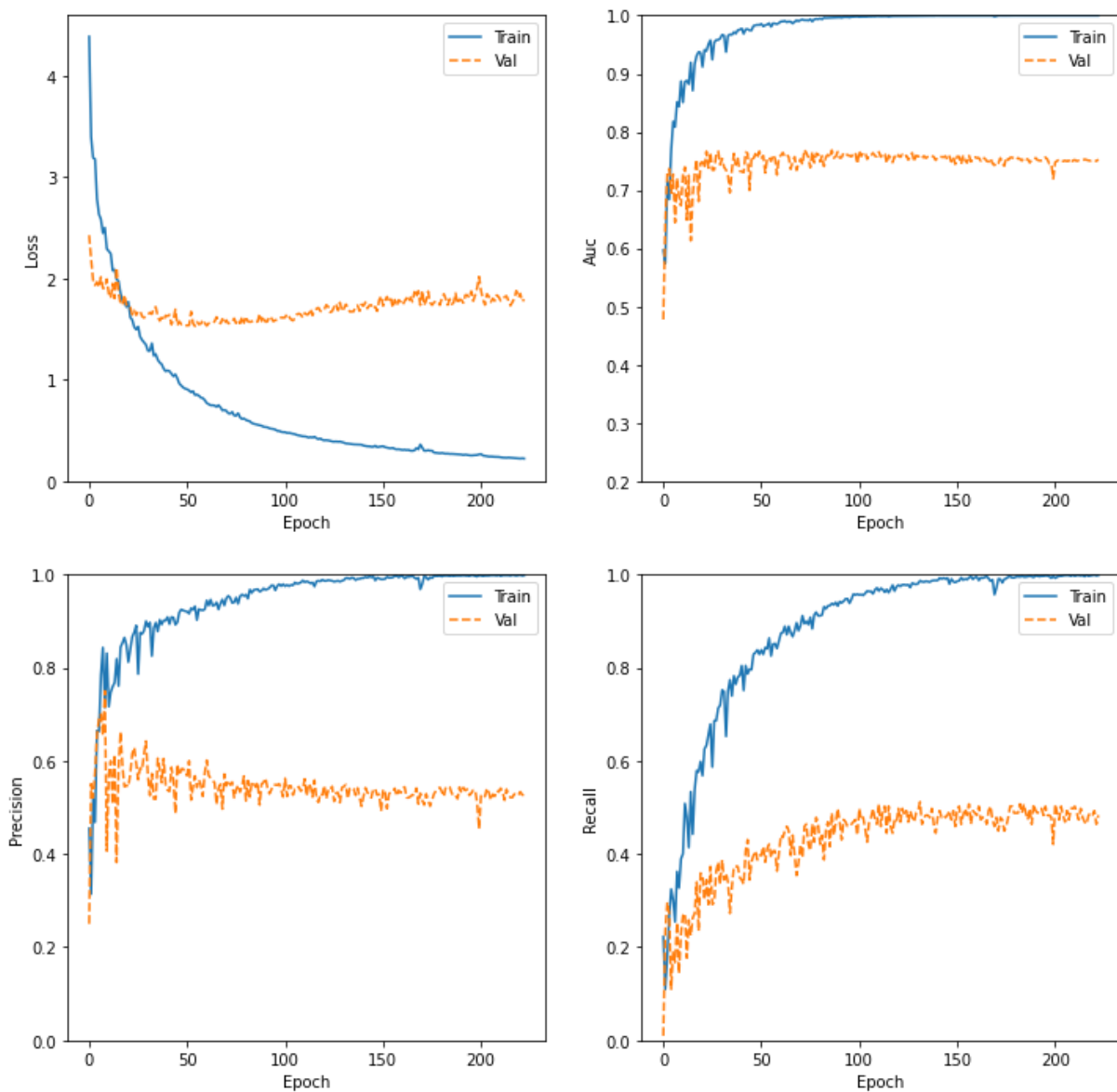


Fig. 117 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[32 28  0 32]
 [ 5  6  0  7]
 [ 1  1  0  3]
 [ 4  2  1 33]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.35	0.48	92
0.33	0.16	0.33	0.22	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.44	0.82	0.57	40
accuracy			0.46	155
macro avg	0.34	0.38	0.32	155
weighted avg	0.58	0.46	0.46	155

Fig. 118 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

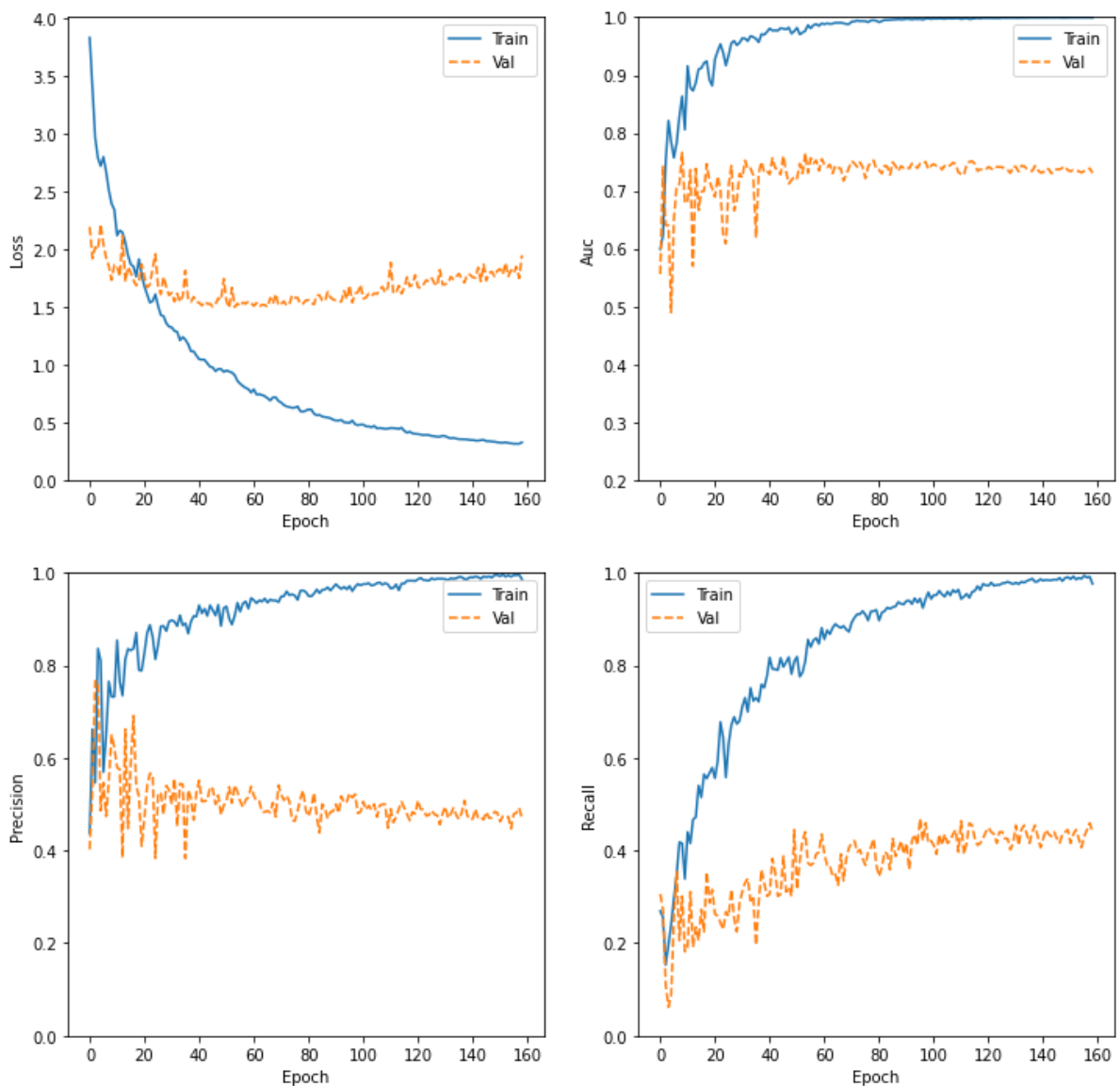


Fig. 119 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[79  8  0  5]
 [ 7  5  1  5]
 [ 4  0  0  1]
 [12  0  0 28]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.86	0.81	92
0.33	0.38	0.28	0.32	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.72	0.70	0.71	40
accuracy			0.72	155
macro avg	0.47	0.46	0.46	155
weighted avg	0.69	0.72	0.70	155

Fig. 120 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

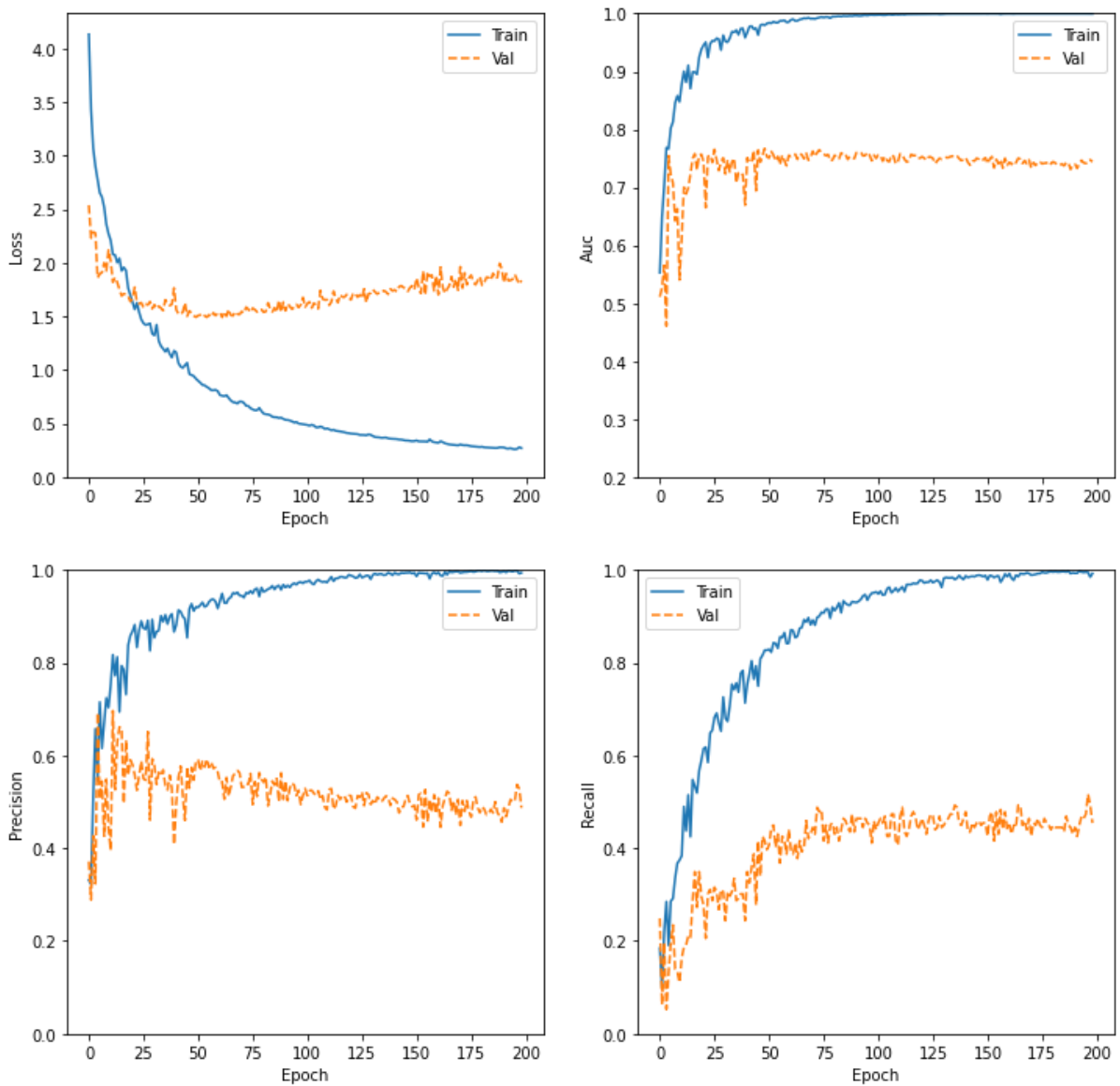


Fig. 121 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[74  5  2 11]
 [ 4 11  0  3]
 [ 2  0  0  3]
 [ 9  0  0 31]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.83	0.80	0.82	92
0.33	0.69	0.61	0.65	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.65	0.78	0.70	40
accuracy			0.75	155
macro avg	0.54	0.55	0.54	155
weighted avg	0.74	0.75	0.74	155

Fig. 122 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

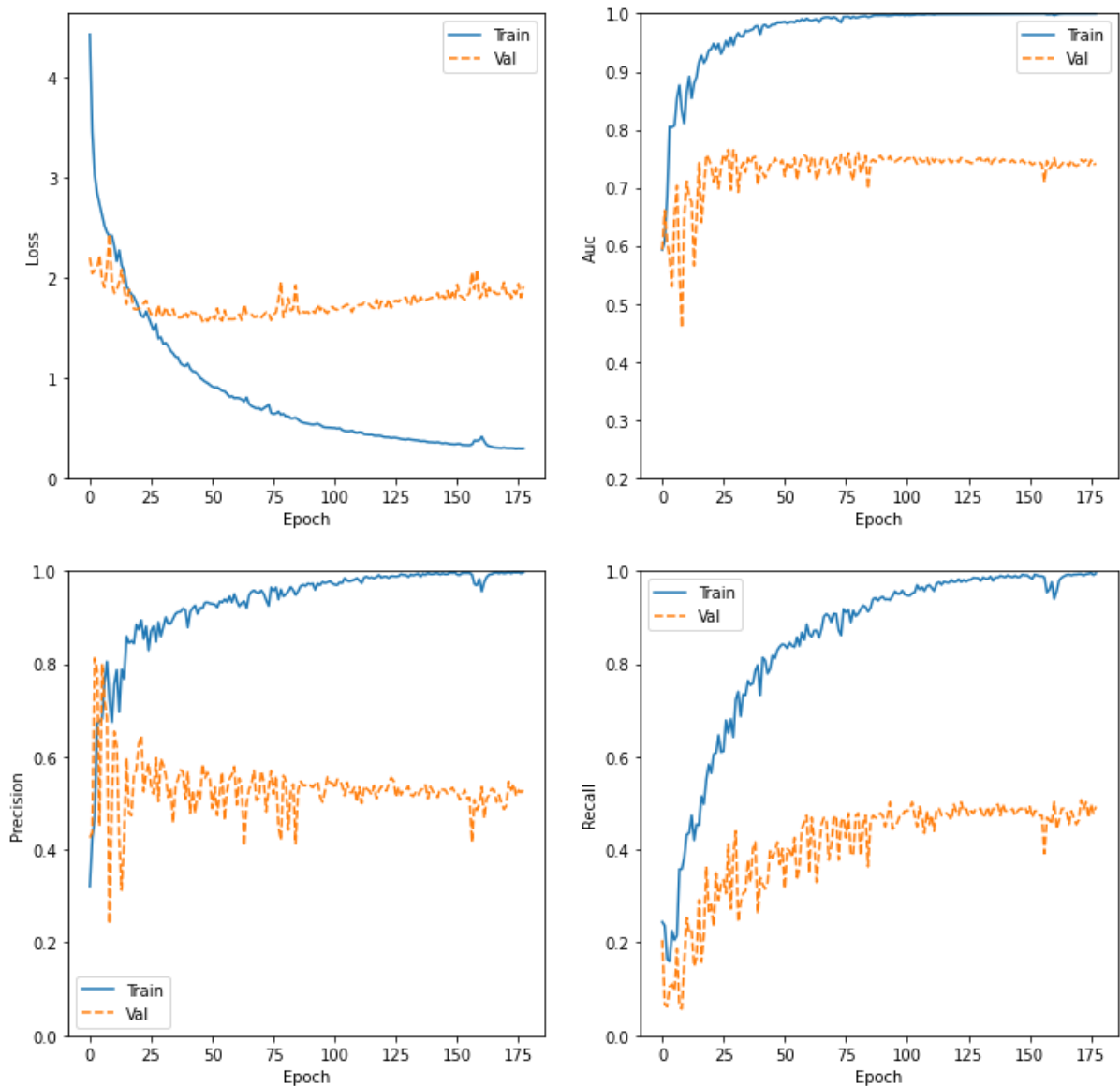


Fig. 123 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[75  5  1 11]
 [ 9  6  2  1]
 [ 4  0  0  1]
 [10  1  1 28]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.82	0.79	92
0.33	0.50	0.33	0.40	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.68	0.70	0.69	40
accuracy			0.70	155
macro avg	0.49	0.46	0.47	155
weighted avg	0.69	0.70	0.69	155

Fig. 124 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

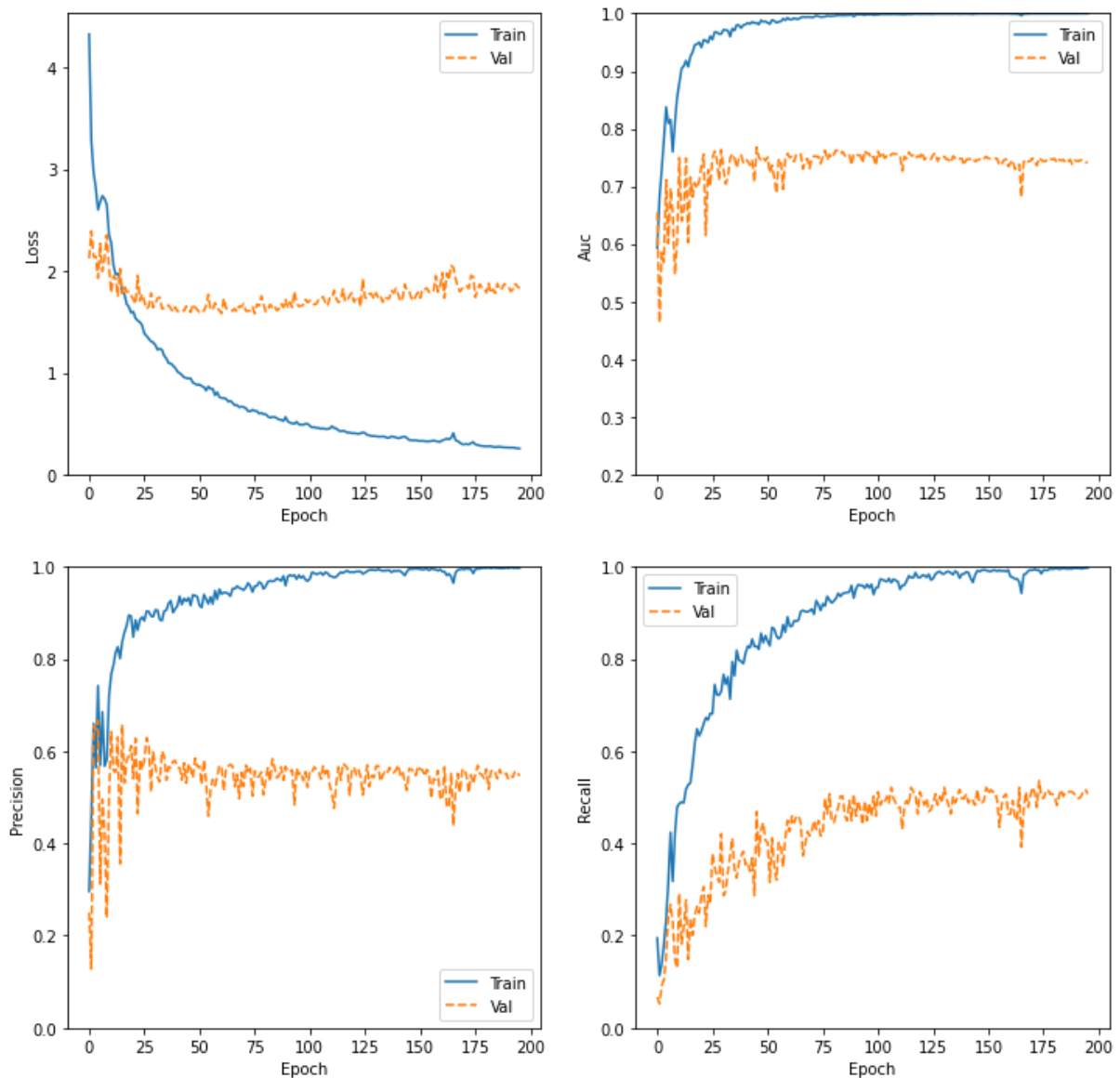


Fig. 125 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[70 12  1  9]
 [ 7  8  0  3]
 [ 2  1  0  2]
 [11  0  0 29]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.78	0.76	0.77	92
0.33	0.38	0.44	0.41	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.67	0.72	0.70	40
accuracy			0.69	155
macro avg	0.46	0.48	0.47	155
weighted avg	0.68	0.69	0.68	155

Fig. 126 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

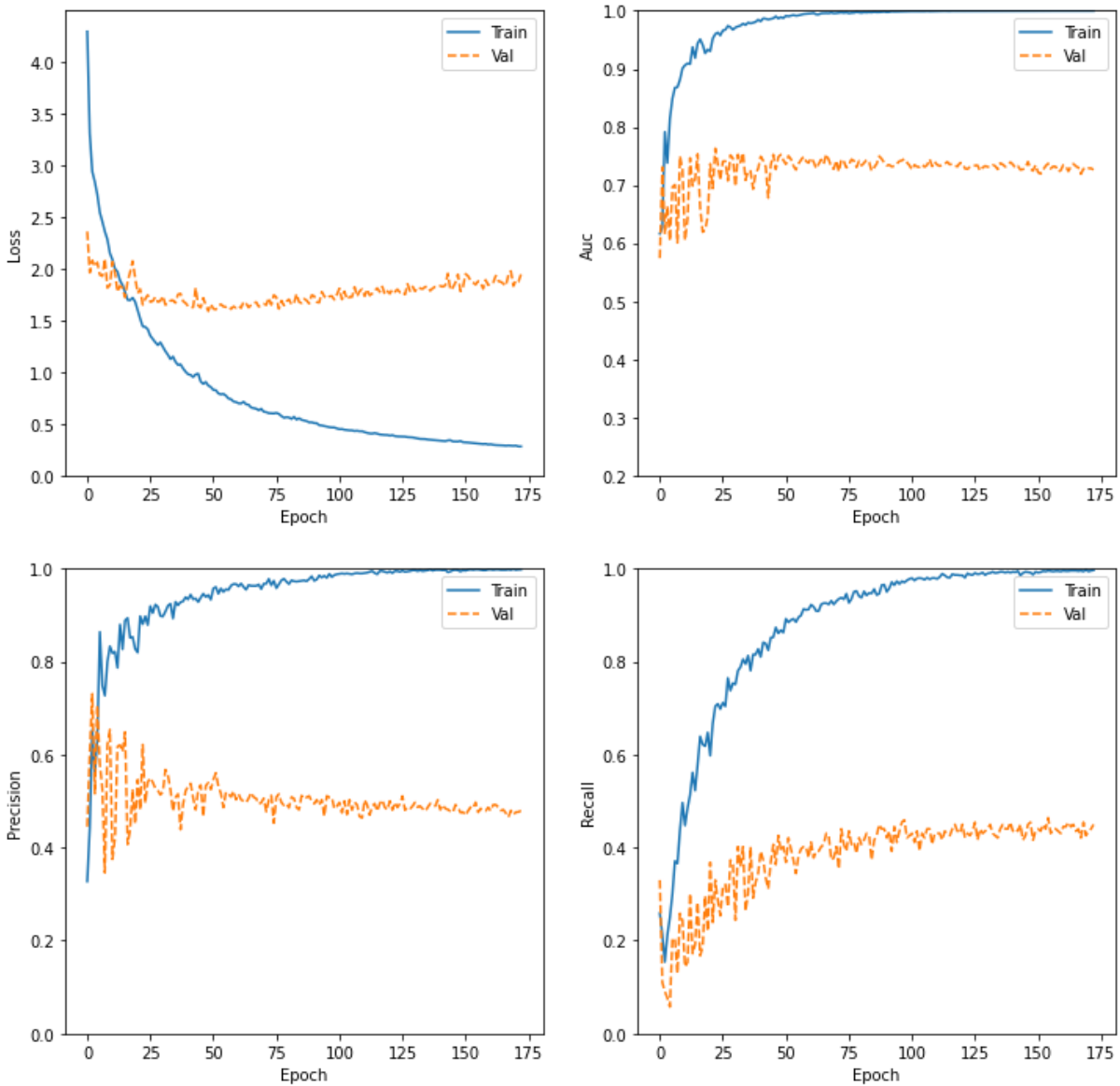


Fig. 127 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[85  1  0  6]
 [12  4  2  0]
 [ 3  0  0  2]
 [10  0  0 30]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.92	0.84	92
0.33	0.80	0.22	0.35	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.79	0.75	0.77	40
accuracy			0.77	155
macro avg	0.59	0.47	0.49	155
weighted avg	0.76	0.77	0.74	155

Fig. 128 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

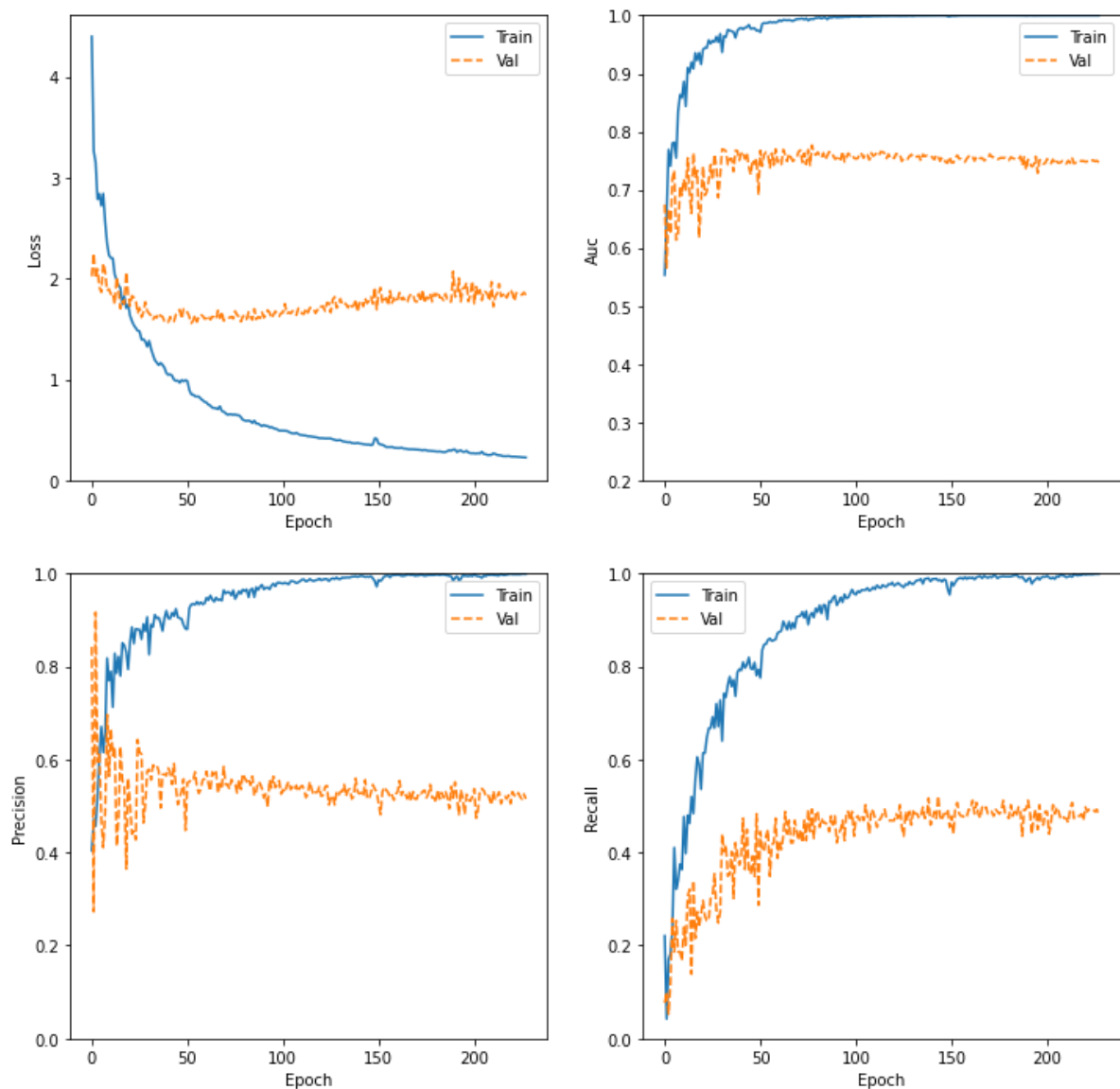


Fig. 129 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[66  1  0 25]
 [ 6  7  0  5]
 [ 1  0  0  4]
 [ 5  1  0 34]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.85	0.72	0.78	92
0.33	0.78	0.39	0.52	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.50	0.85	0.63	40
accuracy			0.69	155
macro avg	0.53	0.49	0.48	155
weighted avg	0.72	0.69	0.68	155

Fig. 130 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model transfer learning v2 tipus policristal·lí

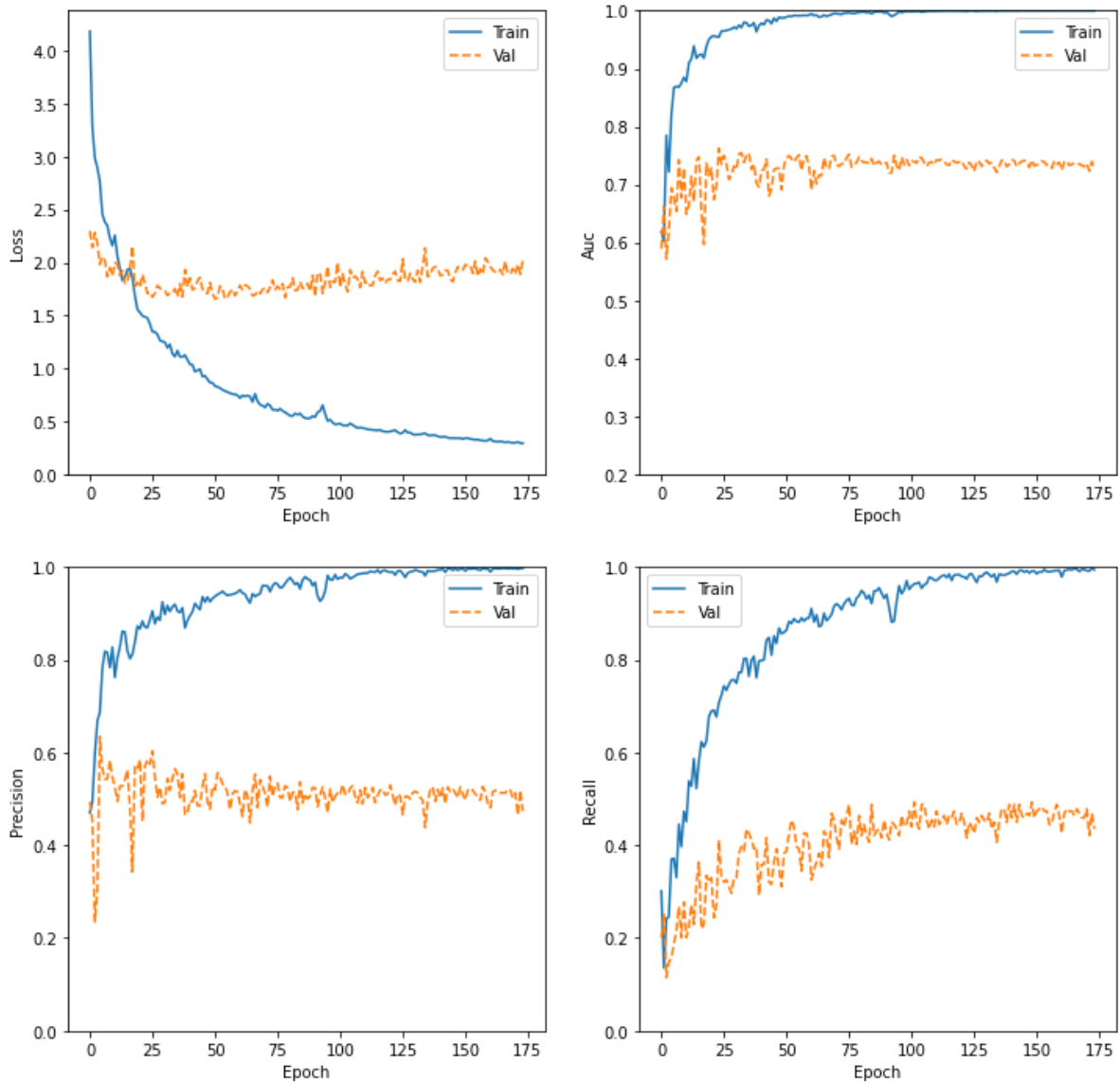


Fig. 131 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model transfer learning v2 tipus policristal·lí

4.6 K-Folds 3-capes policristal·lí

FOLD-1

Confusion Matrix

```
[[50 37  0  5]
 [ 6 11  0  0]
 [ 3  2  0  0]
 [21  9  0 11]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.62	0.54	0.58	92
0.33	0.19	0.65	0.29	17
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.69	0.27	0.39	41
accuracy			0.46	155
macro avg	0.37	0.36	0.31	155
weighted avg	0.57	0.46	0.48	155

Fig. 132 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 1 model 3-capes tipus policristal·lí

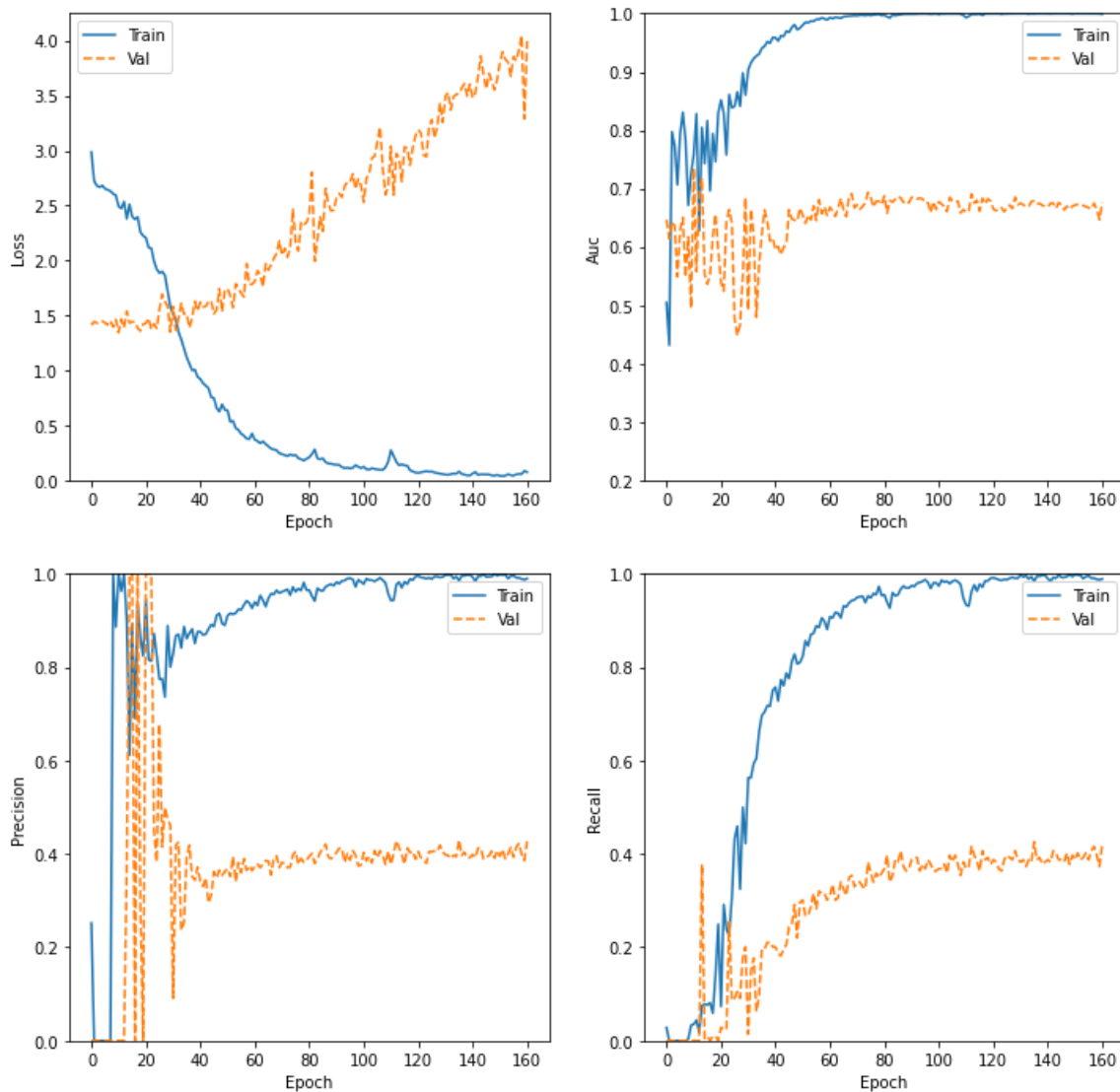


Fig. 133 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 1 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-2

Confusion Matrix

```
[[88  1  0  3]
 [16  1  0  0]
 [ 4  0  0  1]
 [24  0  0 17]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.67	0.96	0.79	92
0.33	0.50	0.06	0.11	17
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.81	0.41	0.55	41
accuracy			0.68	155
macro avg	0.49	0.36	0.36	155
weighted avg	0.66	0.68	0.62	155

Fig. 134 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 2 model 3-capes tipus policristal·lí

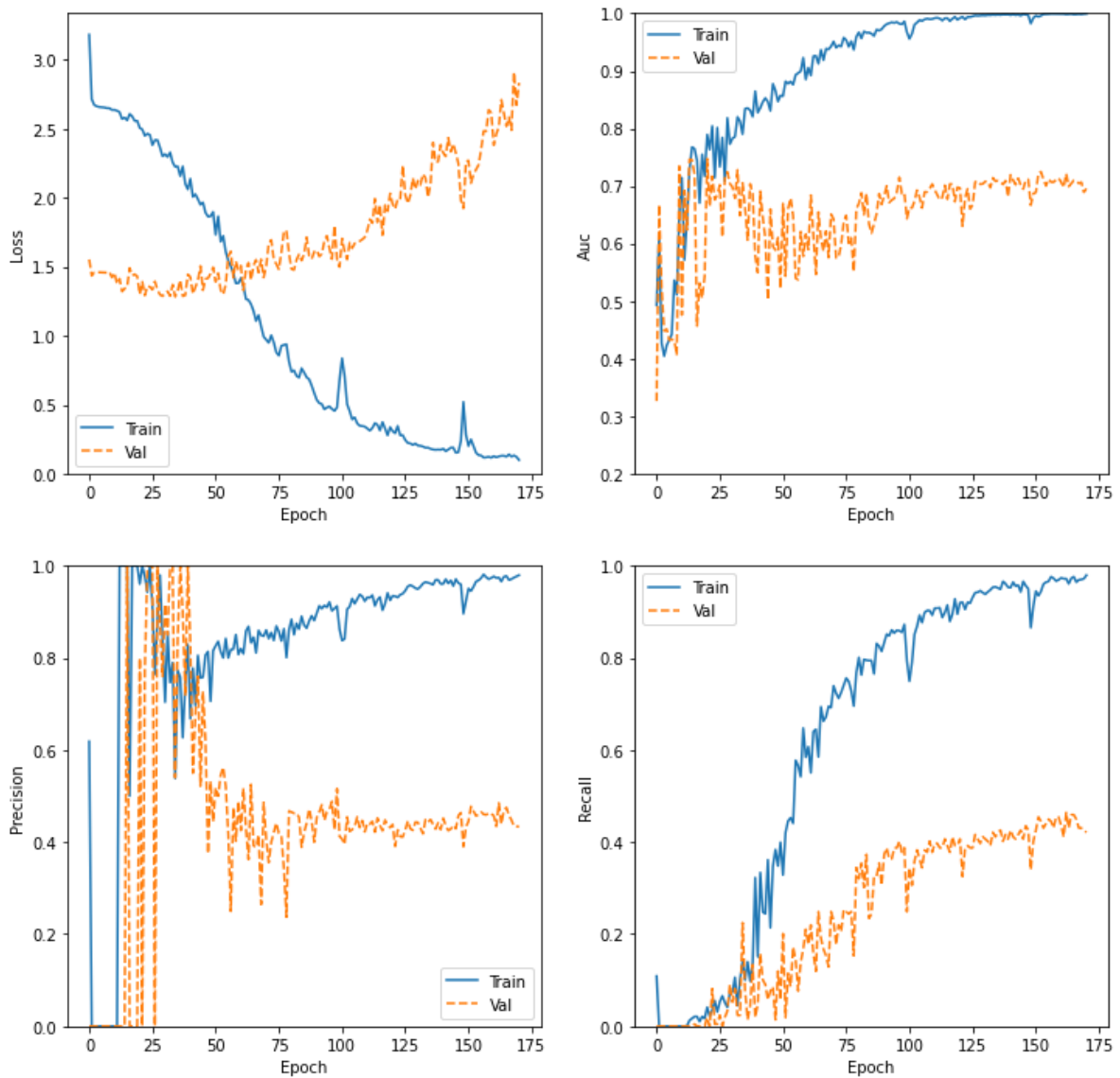


Fig. 135 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 2 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-3

Confusion Matrix

```
[[82  2  0  8]
 [13  4  0  1]
 [ 3  1  0  1]
 [16  2  0 22]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.72	0.89	0.80	92
0.33	0.44	0.22	0.30	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.69	0.55	0.61	40
accuracy			0.70	155
macro avg	0.46	0.42	0.43	155
weighted avg	0.66	0.70	0.66	155

Fig. 136 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 3 model 3-capes tipus policristal·lí

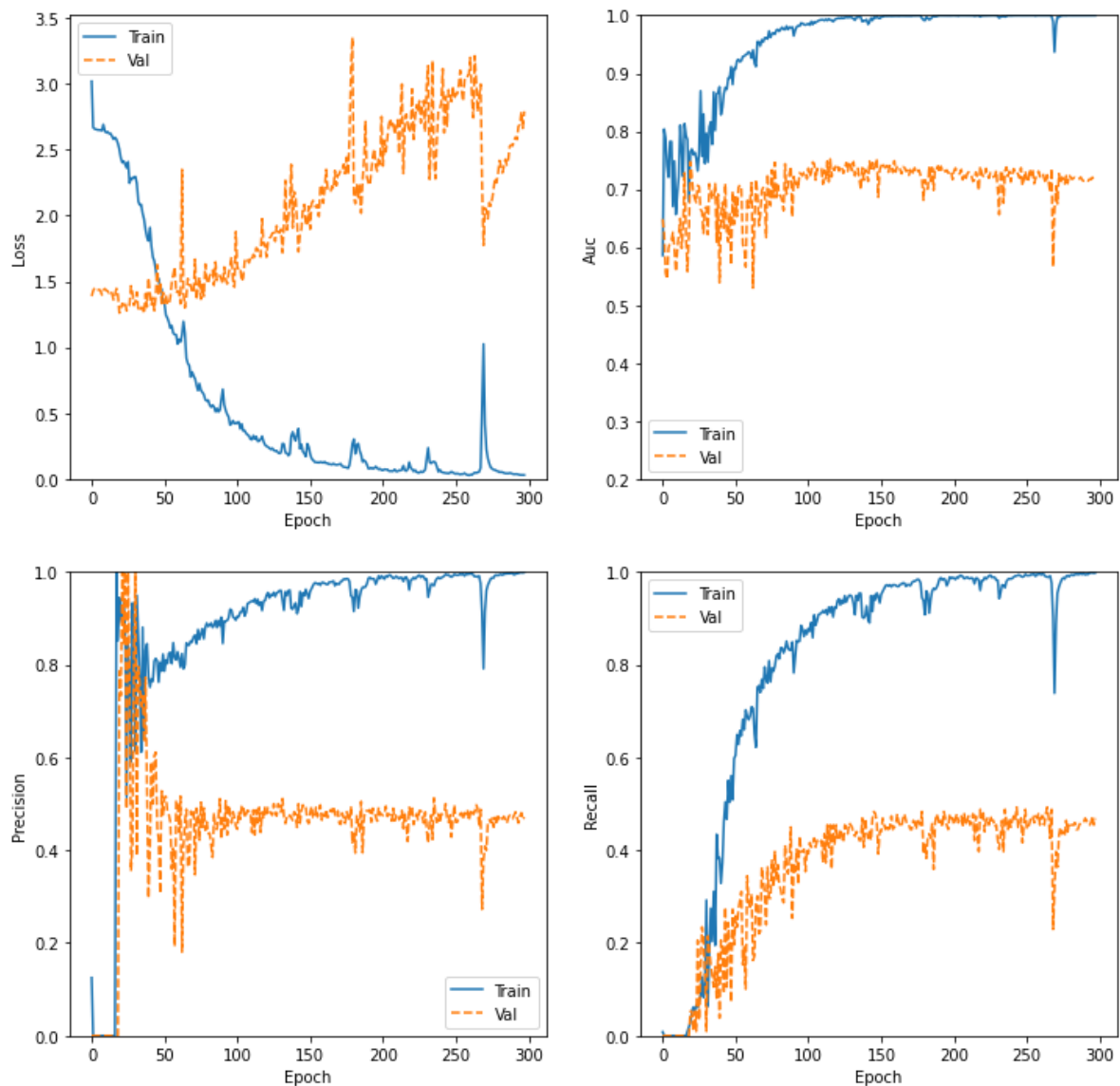


Fig. 137 Gràfiques de pèrdua, AUC, precision i recall per epoch d'entrenament del Fold 3 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-4

Confusion Matrix

```
[[92  0  0  0]
 [18  0  0  0]
 [ 5  0  0  0]
 [39  0  0  1]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.60	1.00	0.75	92
0.33	0.00	0.00	0.00	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	1.00	0.03	0.05	40
accuracy			0.60	155
macro avg	0.40	0.26	0.20	155
weighted avg	0.61	0.60	0.46	155

Fig. 138 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 4 model 3-capes tipus policristal·lí

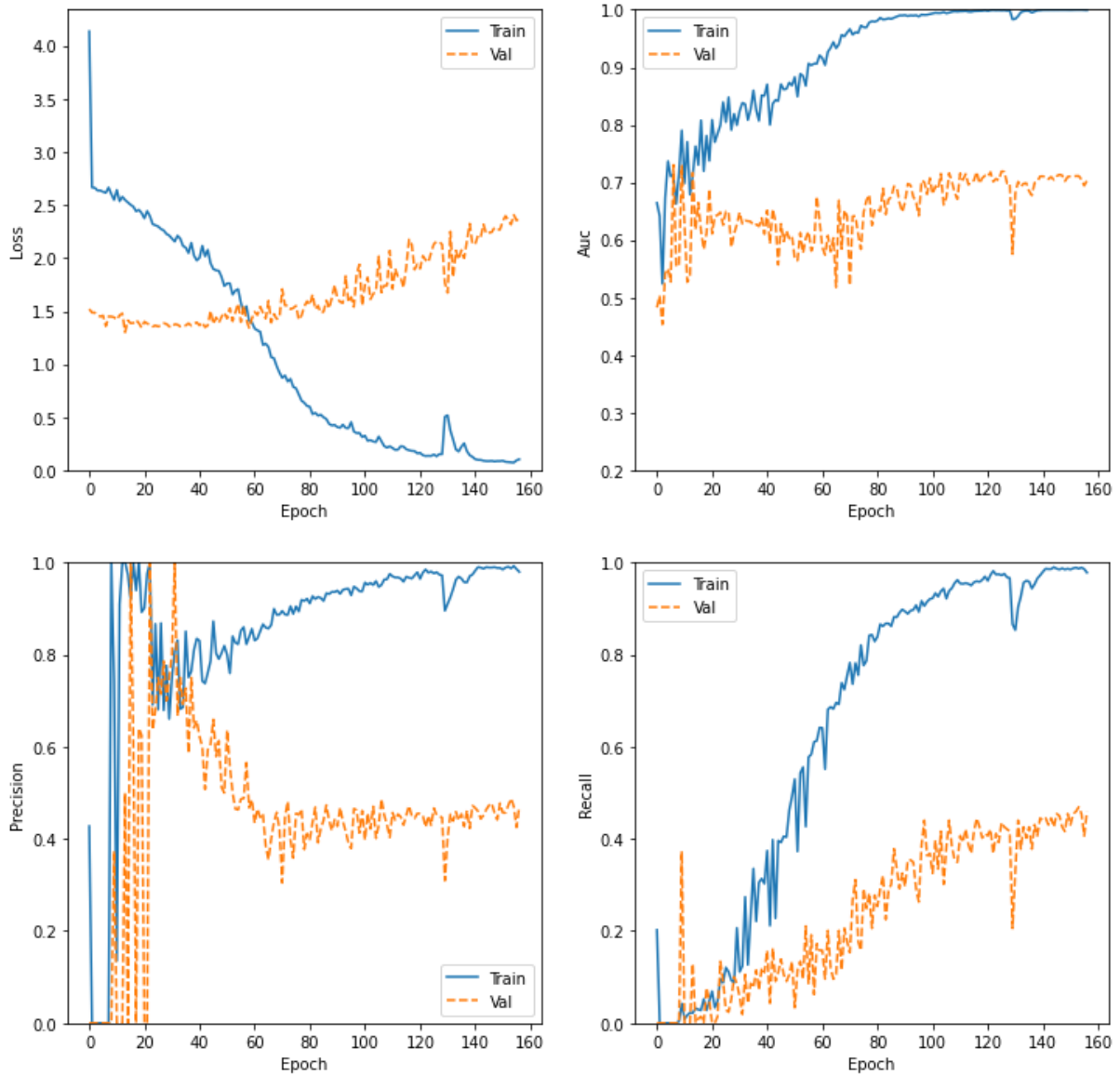


Fig. 139 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 4 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-5

Confusion Matrix

```
[[51 36 0 5]
 [ 7  9 0 2]
 [ 2  2 1 0]
 [18  3 1 18]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.65	0.55	0.60	92
0.33	0.18	0.50	0.26	18
0.66	0.50	0.20	0.29	5
1.0	0.72	0.45	0.55	40
accuracy			0.51	155
macro avg	0.51	0.43	0.43	155
weighted avg	0.61	0.51	0.54	155

Fig. 140 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 5 model 3-capes tipus policristal·lí

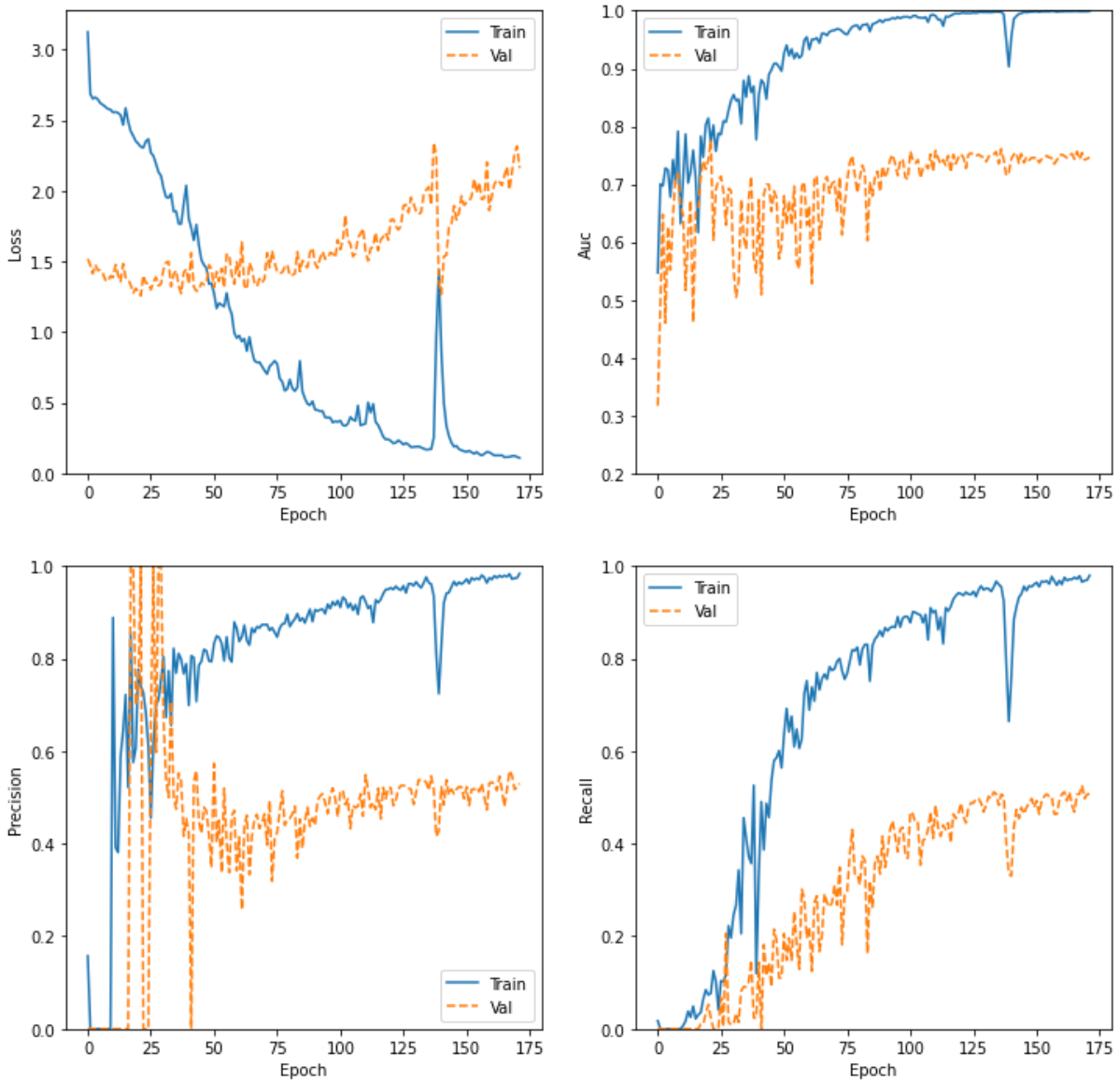


Fig. 141 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 5 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-6

Confusion Matrix

```
[[77  4  0 11]
 [ 6 10  0  2]
 [ 3  1  0  1]
 [15  3  0 22]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.76	0.84	0.80	92
0.33	0.56	0.56	0.56	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.61	0.55	0.58	40
accuracy			0.70	155
macro avg	0.48	0.49	0.48	155
weighted avg	0.67	0.70	0.69	155

Fig. 142 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 6 model 3-capes tipus policristal·lí

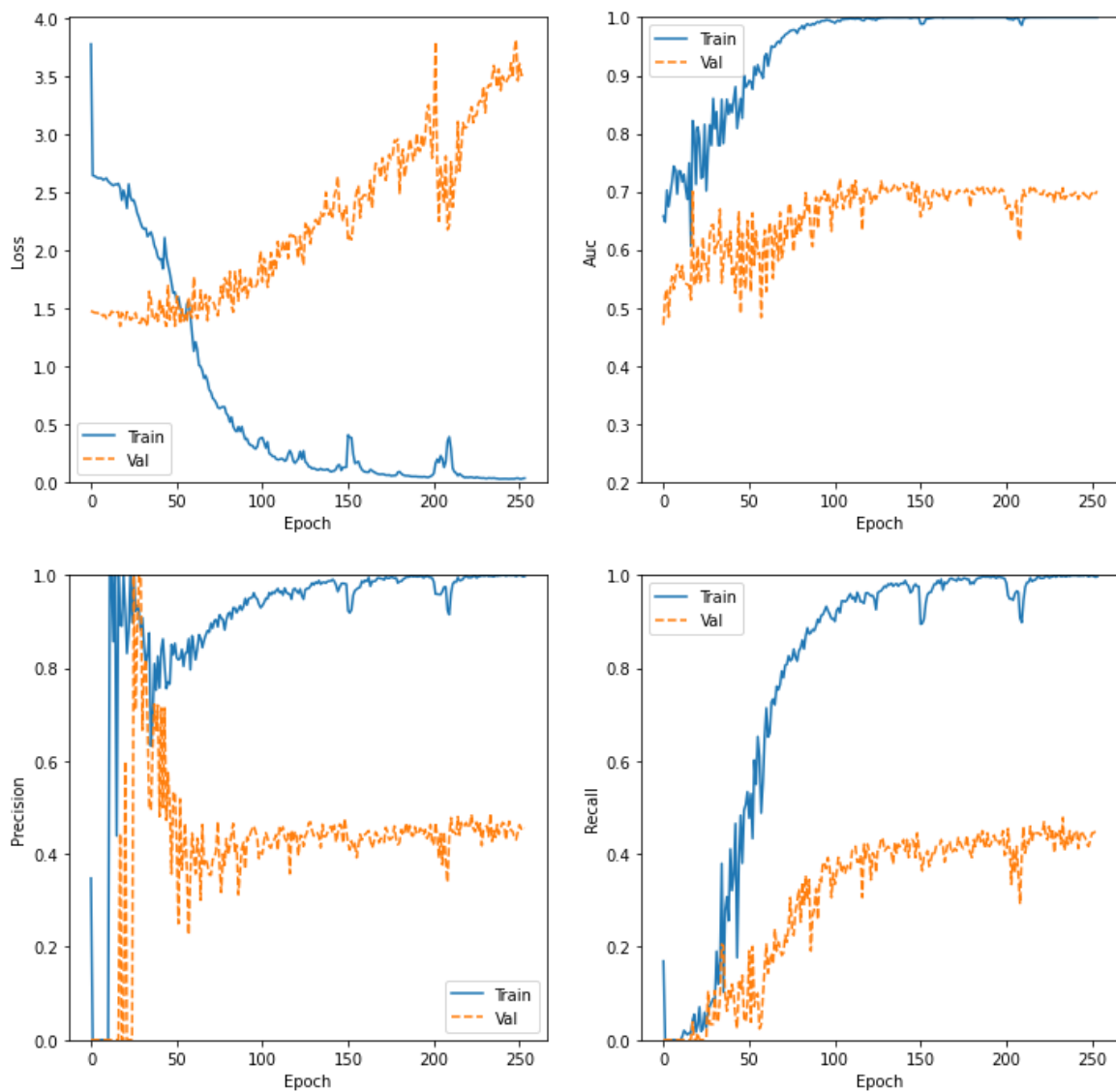


Fig. 143 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 6 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-7

Confusion Matrix

```
[[72  2  1 17]
 [ 9  5  1  3]
 [ 5  0  0  0]
 [ 8  1  1 30]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.78	0.77	92
0.33	0.62	0.28	0.38	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.60	0.75	0.67	40
accuracy			0.69	155
macro avg	0.50	0.45	0.46	155
weighted avg	0.68	0.69	0.68	155

Fig. 144 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 7 model 3-capes tipus policristal·lí

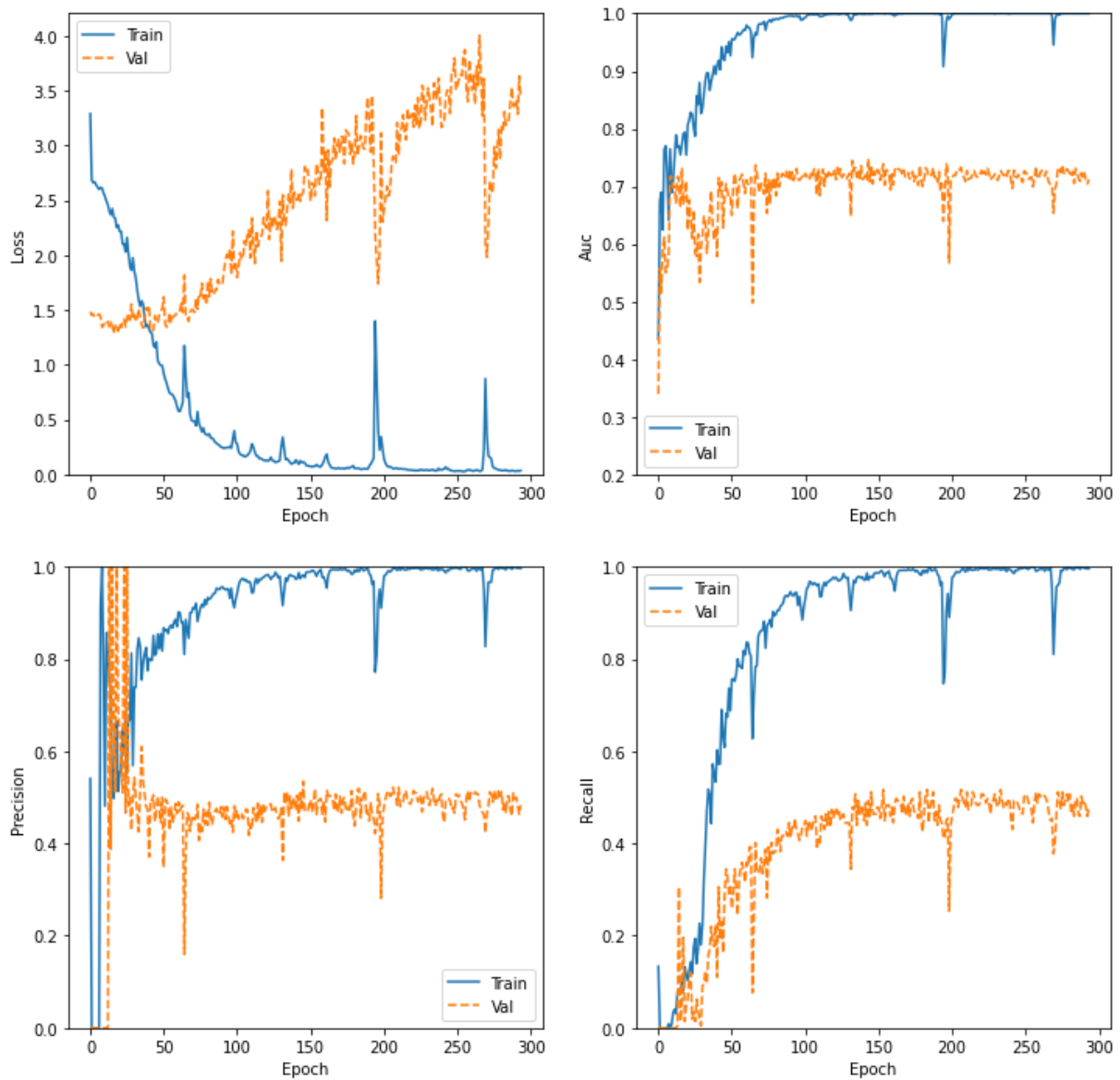


Fig. 145 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 7 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-8

Confusion Matrix

```
[[55 27  0 10]
 [ 8  9  0  1]
 [ 2  1  0  2]
 [19  1  0 20]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.65	0.60	0.62	92
0.33	0.24	0.50	0.32	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.61	0.50	0.55	40
accuracy			0.54	155
macro avg	0.37	0.40	0.37	155
weighted avg	0.57	0.54	0.55	155

Fig. 146 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 8 model 3-capes tipus policristal·lí

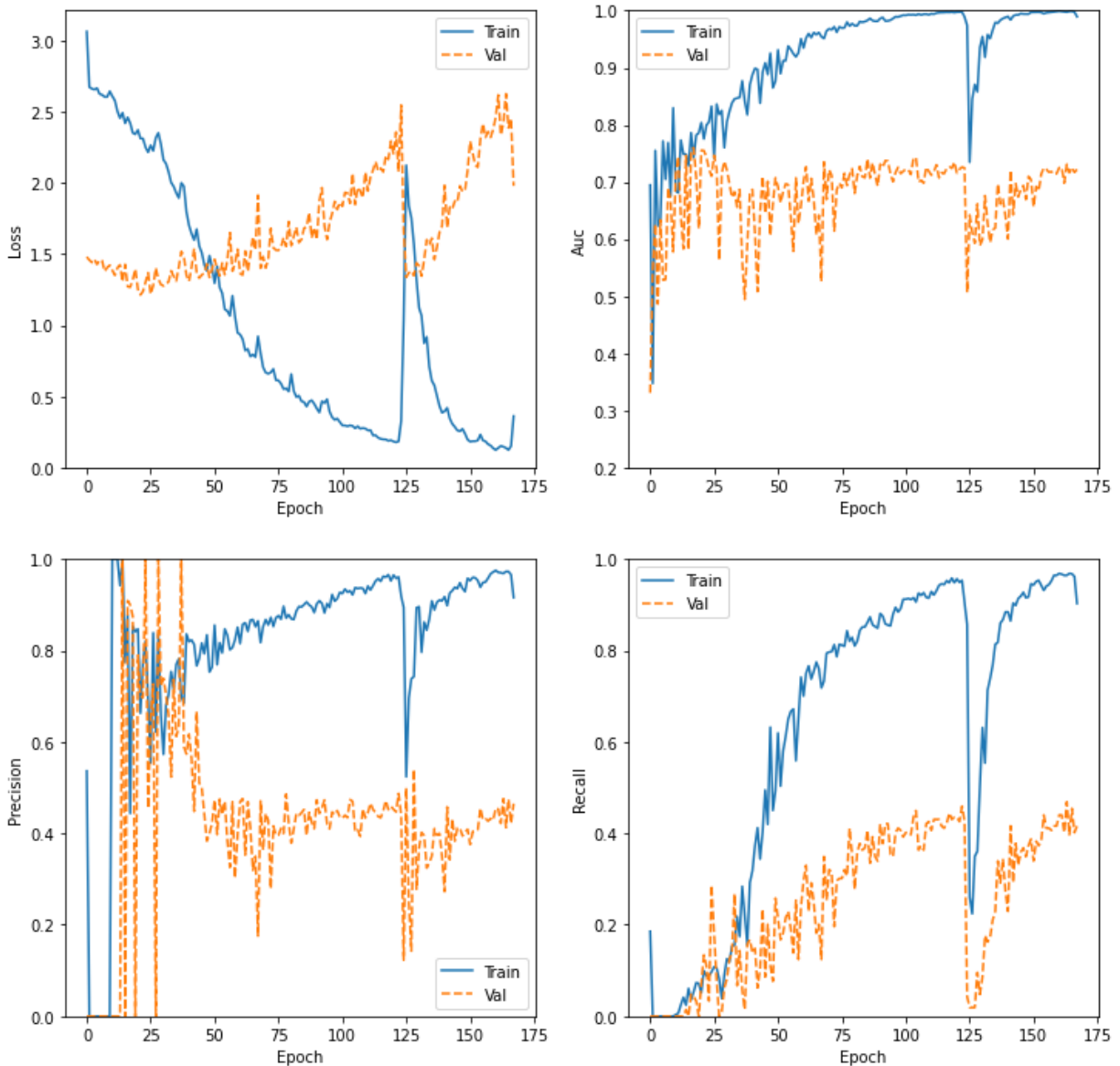


Fig. 147 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 8 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-9

Confusion Matrix

```
[[82  1  2  7]
 [ 8  9  1  0]
 [ 4  0  0  1]
 [12  1  0 27]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.77	0.89	0.83	92
0.33	0.82	0.50	0.62	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.77	0.68	0.72	40
accuracy			0.76	155
macro avg	0.59	0.52	0.54	155
weighted avg	0.75	0.76	0.75	155

Fig. 148 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 9 model 3-capes tipus policristal·lí

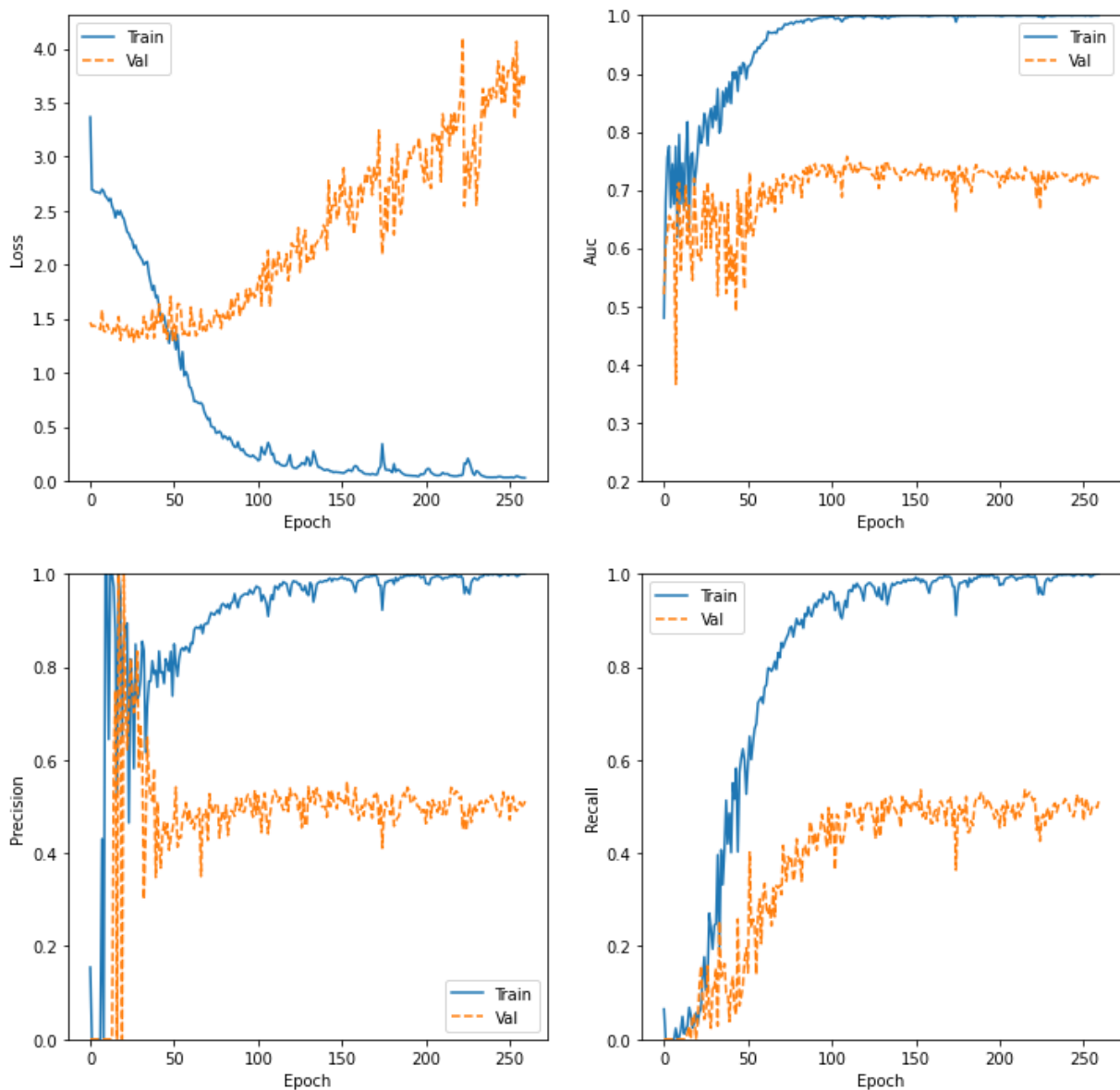


Fig. 149 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 9 i model 3-capes tipus policristal·lí

FOLD-10

Confusion Matrix

```
[[77  2  0 13]
 [ 9  7  0  2]
 [ 4  0  0  1]
 [12  1  0 27]]
```

Classification Report

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.75	0.84	0.79	92
0.33	0.70	0.39	0.50	18
0.66	0.00	0.00	0.00	5
1.0	0.63	0.68	0.65	40
accuracy			0.72	155
macro avg	0.52	0.48	0.49	155
weighted avg	0.69	0.72	0.70	155

Fig. 150 Matriu de confusió i report de classificació del Fold 10 model 3-capes tipus policristal·lí

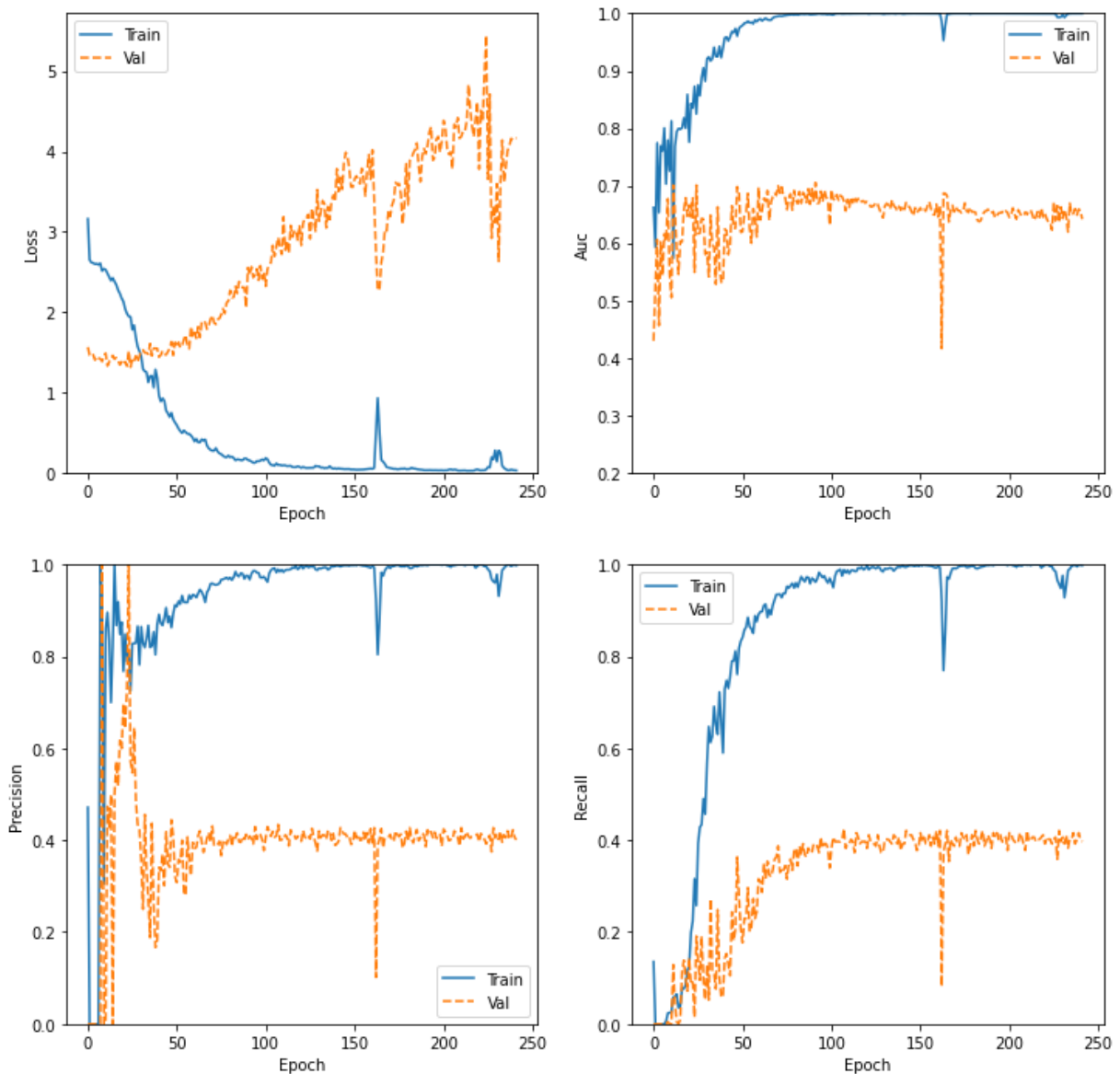


Fig. 151 Gràfiques de pèrdua, AUC, precisió i recall per epoch d'entrenament del Fold 10 i model 3-capes tipus policristal·lí