

Universidad del Valle de Guatemala

Data Science

Sección 20

Laboratorio 2

Brian Carrillo - 21108

Carlos López - 21666

Guatemala, 04 de agosto del 2024

MNIST

Resultados de “Pérdida de prueba” y “Precisión de prueba” iniciales

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.8741 - loss: 0.4405 - val_accuracy: 0.9370 - val_loss: 0.2234
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9409 - loss: 0.1987 - val_accuracy: 0.9549 - val_loss: 0.1601
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9553 - loss: 0.1528 - val_accuracy: 0.9601 - val_loss: 0.1415
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9625 - loss: 0.1257 - val_accuracy: 0.9627 - val_loss: 0.1255
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9683 - loss: 0.1074 - val_accuracy: 0.9627 - val_loss: 0.1266

<keras.src.callbacks.history.History at 0x2a69fb0f2c0>
```

```
# Si se desea, se puede aplicar un formateo "bonito"
print('Pérdida de prueba: {:.2f}. Precisión de prueba: {:.2f}%'.format(perdida_prueba, precision_prueba * 100.))
✓ 0.0s Python
Pérdida de prueba: 18.86. Precisión de prueba: 96.38%
```

1. Ancho de la NN.

valor: 200

```
Epoch 1/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9167 - loss: 0.2887 - val_accuracy: 0.9619 - val_loss: 0.1315
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.9674 - loss: 0.1087 - val_accuracy: 0.9713 - val_loss: 0.0986
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.9769 - loss: 0.0737 - val_accuracy: 0.9713 - val_loss: 0.0900
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.9851 - loss: 0.0500 - val_accuracy: 0.9749 - val_loss: 0.0876
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.9879 - loss: 0.0380 - val_accuracy: 0.9762 - val_loss: 0.0812

<keras.src.callbacks.history.History at 0x2a69fb79550>
```

```
perdida_prueba, precision_prueba = modelo.evaluate(datos_prueba)
print('Pérdida de prueba: {:.2f}. Precisión de prueba: {:.2f}%'.format(perdida_prueba, precision_prueba * 100.))
✓ 0.2s Python
100/100 ————— 0s 1ms/step - accuracy: 0.9703 - loss: 18.2626
Pérdida de prueba: 15.57. Precisión de prueba: 97.46%
```

Existe un valor mayor de precisión de validación del modelo en cada una de las épocas ejecutadas, en comparación con los valores iniciales. Los tiempos de cada época son de 1 segundo, a excepción de la primera.

valor: 250

```
Epoch 1/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9219 - loss: 0.2701 - val_accuracy: 0.9654 - val_loss: 0.1192
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.9698 - loss: 0.1019 - val_accuracy: 0.9728 - val_loss: 0.0861
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.9793 - loss: 0.0667 - val_accuracy: 0.9759 - val_loss: 0.0788
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.9847 - loss: 0.0472 - val_accuracy: 0.9757 - val_loss: 0.0779
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.9902 - loss: 0.0315 - val_accuracy: 0.9779 - val_loss: 0.0803
100/100 - 0s 2ms/step - accuracy: 0.9721 - loss: 15.4772
Pérdida de prueba: 14.31. Precisión de prueba: 97.57%
```

Según los resultados, un tamaño de 250 funciona mejor.

2. Profundidad de la NN

valor: 3 capas escondidas

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 3ms/step - accuracy: 0.8717 - loss: 0.4352 - val_accuracy: 0.9403 - val_loss: 0.2116
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9462 - loss: 0.1813 - val_accuracy: 0.9546 - val_loss: 0.1591
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9587 - loss: 0.1357 - val_accuracy: 0.9614 - val_loss: 0.1340
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9658 - loss: 0.1123 - val_accuracy: 0.9650 - val_loss: 0.1288
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9702 - loss: 0.0956 - val_accuracy: 0.9650 - val_loss: 0.1205
100/100 - 0s 814us/step - accuracy: 0.9614 - loss: 20.9527
Pérdida de prueba: 18.59. Precisión de prueba: 96.61%
```

La precisión de validación se mantuvo similar a sus valores iniciales en cada época. Sin embargo, el valor de precisión de prueba es ligeramente mayor, así como la pérdida de prueba es menor en una cantidad pequeña. Los tiempos de ejecución de cada época se mantuvieron iguales a sus valores iniciales.

3. Ancho y profundidad de la NN

valor: 250 ancho y 5 capas escondidas

```
Epoch 1/5
500/500 - 3s - 6ms/step - accuracy: 0.9181 - loss: 0.2709 - val_accuracy: 0.9641 - val_loss: 0.1162
Epoch 2/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9672 - loss: 0.1098 - val_accuracy: 0.9677 - val_loss: 0.1080
Epoch 3/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9764 - loss: 0.0766 - val_accuracy: 0.9706 - val_loss: 0.1062
Epoch 4/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9816 - loss: 0.0590 - val_accuracy: 0.9714 - val_loss: 0.1003
Epoch 5/5
500/500 - 2s - 4ms/step - accuracy: 0.9852 - loss: 0.0475 - val_accuracy: 0.9750 - val_loss: 0.0913
100/100 - 0s 2ms/step - accuracy: 0.9711 - loss: 15.8529
Pérdida de prueba: 13.74. Precisión de prueba: 97.61%
```

La precisión de validación se mantuvo en valores similares al segundo modelo del primer inciso. Sin embargo, se obtuvo una precisión de prueba mayor. Así mismo, los tiempos de las épocas aumentaron.

4. Función de activación SIGMOID

valor: sigmoide para capas escondidas

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.7707 - loss: 1.0394 - val_accuracy: 0.9042 - val_loss: 0.4194
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9068 - loss: 0.3555 - val_accuracy: 0.9277 - val_loss: 0.2669
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9270 - loss: 0.2599 - val_accuracy: 0.9393 - val_loss: 0.2167
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9391 - loss: 0.2135 - val_accuracy: 0.9483 - val_loss: 0.1893
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9478 - loss: 0.1822 - val_accuracy: 0.9545 - val_loss: 0.1686
100/100 ————— 0s 807us/step - accuracy: 0.9384 - loss: 0.2074
Pérdida de prueba: 0.19. Precisión de prueba: 94.44%
```

Respecto a la precisión de prueba inicial, el valor es menor. Sin embargo, el valor de pérdida es el menor obtenido hasta el momento en todas las ejecuciones realizadas.

5. Función de activación TANH

valor: relu para segunda capa escondida

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.8879 - loss: 0.4130 - val_accuracy: 0.9438 - val_loss: 0.1944
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9483 - loss: 0.1729 - val_accuracy: 0.9618 - val_loss: 0.1388
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9622 - loss: 0.1268 - val_accuracy: 0.9655 - val_loss: 0.1179
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9698 - loss: 0.1012 - val_accuracy: 0.9672 - val_loss: 0.1117
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9748 - loss: 0.0848 - val_accuracy: 0.9699 - val_loss: 0.0986
100/100 ————— 0s 770us/step - accuracy: 0.9578 - loss: 0.1469
Pérdida de prueba: 0.13. Precisión de prueba: 96.27%
```

Respecto a la precisión de prueba inicial, el valor es menor. Sin embargo, el valor de pérdida es menor que el valor obtenido con la función Sigmoid.

6. Tamaño de Tanda

valor: 10,000

```
Epoch 1/5
5/5 - 1s - 158ms/step - accuracy: 0.2238 - loss: 2.2078 - val_accuracy: 0.3492 - val_loss: 2.0312
Epoch 2/5
5/5 - 0s - 35ms/step - accuracy: 0.3925 - loss: 1.9267 - val_accuracy: 0.4927 - val_loss: 1.7454
Epoch 3/5
5/5 - 0s - 37ms/step - accuracy: 0.5364 - loss: 1.6387 - val_accuracy: 0.6272 - val_loss: 1.4420
Epoch 4/5
5/5 - 0s - 37ms/step - accuracy: 0.6534 - loss: 1.3472 - val_accuracy: 0.7258 - val_loss: 1.1513
Epoch 5/5
5/5 - 0s - 36ms/step - accuracy: 0.7374 - loss: 1.0803 - val_accuracy: 0.7917 - val_loss: 0.9043
1/1 ————— 0s 79ms/step - accuracy: 0.7863 - loss: 41.8038
Pérdida de prueba: 41.80. Precisión de prueba: 78.63%
```

Se observa que los tiempos de las épocas disminuyen. Sin embargo, la pérdida de prueba aumentó drásticamente, así como la precisión de prueba disminuyó en gran medida (comparado con las ejecuciones anteriores).

7. Tamaño de Tanda (SGD).

valor: 1

```
Epoch 1/5
50000/50000 - 38s - 760us/step - accuracy: 0.9212 - loss: 0.2655 - val_accuracy: 0.9483 - val_loss: 0.1846
Epoch 2/5
50000/50000 - 37s - 744us/step - accuracy: 0.9548 - loss: 0.1592 - val_accuracy: 0.9593 - val_loss: 0.1583
Epoch 3/5
50000/50000 - 37s - 745us/step - accuracy: 0.9622 - loss: 0.1409 - val_accuracy: 0.9601 - val_loss: 0.1661
Epoch 4/5
50000/50000 - 38s - 761us/step - accuracy: 0.9655 - loss: 0.1305 - val_accuracy: 0.9597 - val_loss: 0.1859
Epoch 5/5
50000/50000 - 38s - 755us/step - accuracy: 0.9688 - loss: 0.1239 - val_accuracy: 0.9640 - val_loss: 0.1960
10000/10000 - 5s 479us/step - accuracy: 0.9528 - loss: 63.9141
Pérdida de prueba: 55.19. Precisión de prueba: 95.83%
```

Los tiempos de cada época aumentaron drásticamente. La pérdida de prueba también fue bastante amplia. Sin embargo, se obtuvo una precisión de prueba de 96%. Esto es coherente con la teoría, ya que un tamaño de batch pequeño, puede introducir mucha variabilidad en la pérdida, ya que cada actualización de los pesos se basa en una sola muestra.

optimizer: SGD

```
Epoch 1/5
50000/50000 - 31s - 612us/step - accuracy: 0.9126 - loss: 0.2838 - val_accuracy: 0.9452 - val_loss: 0.1803
Epoch 2/5
50000/50000 - 28s - 553us/step - accuracy: 0.9571 - loss: 0.1442 - val_accuracy: 0.9584 - val_loss: 0.1369
Epoch 3/5
50000/50000 - 28s - 568us/step - accuracy: 0.9663 - loss: 0.1113 - val_accuracy: 0.9665 - val_loss: 0.1217
Epoch 4/5
50000/50000 - 29s - 572us/step - accuracy: 0.9709 - loss: 0.0936 - val_accuracy: 0.9638 - val_loss: 0.1267
Epoch 5/5
50000/50000 - 28s - 568us/step - accuracy: 0.9755 - loss: 0.0808 - val_accuracy: 0.9723 - val_loss: 0.1081
10000/10000 - 5s 462us/step - accuracy: 0.9607 - loss: 26.8626
Pérdida de prueba: 22.06. Precisión de prueba: 96.63%
```

Al especificar un optimizer SGD, se observan tiempos amplios durante cada época. Así mismo, un valor alto de pérdida, junto a un valor alto de precisión de prueba.

8. Tasa de aprendizaje

valor: 0.0001

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.6855 - loss: 1.2770 - val_accuracy: 0.8748 - val_loss: 0.5524
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.8833 - loss: 0.4580 - val_accuracy: 0.9089 - val_loss: 0.3479
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9068 - loss: 0.3423 - val_accuracy: 0.9196 - val_loss: 0.2891
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9185 - loss: 0.2958 - val_accuracy: 0.9270 - val_loss: 0.2587
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9247 - loss: 0.2677 - val_accuracy: 0.9318 - val_loss: 0.2384
100/100 - 0s 772us/step - accuracy: 0.9139 - loss: 34.4986
Pérdida de prueba: 30.74. Precisión de prueba: 92.74%
```

Existe diferente respecto a los valores iniciales. La pérdida de prueba es mayor, y la precisión de prueba es menor.

9. Tasa de aprendizaje

valor: 0.02

```
Epoch 1/5
500/500 - 1s - 2ms/step - accuracy: 0.9056 - loss: 0.3160 - val_accuracy: 0.9464 - val_loss: 0.1905
Epoch 2/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9406 - loss: 0.2089 - val_accuracy: 0.9476 - val_loss: 0.1940
Epoch 3/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9500 - loss: 0.1863 - val_accuracy: 0.9470 - val_loss: 0.2027
Epoch 4/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9555 - loss: 0.1628 - val_accuracy: 0.9550 - val_loss: 0.1807
Epoch 5/5
500/500 - 1s - 1ms/step - accuracy: 0.9578 - loss: 0.1524 - val_accuracy: 0.9365 - val_loss: 0.2193
100/100 ————— 0s 760us/step - accuracy: 0.9211 - loss: 48.9121
Pérdida de prueba: 43.08. Precisión de prueba: 93.12%
```

Tanto la pérdida como la precisión de pruebas son mayores respecto del caso anterior.

10. Precisión de validación de 98.5%

```
Epoch 1/5
334/334 - 5s - 16ms/step - accuracy: 0.9061 - loss: 0.3182 - val_accuracy: 0.9473 - val_loss: 0.2066
Epoch 2/5
334/334 - 3s - 9ms/step - accuracy: 0.9610 - loss: 0.1433 - val_accuracy: 0.9682 - val_loss: 0.1247
Epoch 3/5
334/334 - 3s - 9ms/step - accuracy: 0.9708 - loss: 0.1110 - val_accuracy: 0.9701 - val_loss: 0.1153
Epoch 4/5
334/334 - 4s - 11ms/step - accuracy: 0.9777 - loss: 0.0884 - val_accuracy: 0.9722 - val_loss: 0.1118
Epoch 5/5
334/334 - 5s - 15ms/step - accuracy: 0.9798 - loss: 0.0779 - val_accuracy: 0.9757 - val_loss: 0.1063
67/67 ————— 1s 6ms/step - accuracy: 0.9661 - loss: 17.4262
Pérdida de prueba: 15.72. Precisión de prueba: 97.15%
```

Se realizaron diversas pruebas con el objetivo de obtener una precisión de validación de 98.5%. Sin embargo, el valor más cercano fue de 97.57%, utilizando un tamaño de tanda de 150, una tasa de aprendizaje de 0.003, un ancho de 250 y una profundidad de 7 capas escondidas. Es posible concluir que la modificación de los hiperparámetros anteriores no es suficiente para lograr una precisión de 98.5%.