

# Tasca M5 T02

## Exercici 1

Parteix el conjunt de dades adjunt en train i test i fes tot el procés d'entrenament i prova. Estudia els dos conjunts per separat, a nivell descriptiu.

In [526...

```
# Tratamiento de datos
# =====
import pandas as pd
import numpy as np

# Gráficos
# =====
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import style
import matplotlib.ticker as ticker
import seaborn as sns

# Preprocesado y análisis
# =====
# import statsmodels.api as sm
# import pingouin as pg
from scipy import stats
import random as rd
from imblearn.over_sampling import SMOTE

# Preprocesado y modelado
# =====
from sklearn.datasets import load_boston
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import accuracy_score
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.model_selection import RepeatedKFold
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
from sklearn.model_selection import ParameterGrid
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor
from sklearn.tree import plot_tree
from sklearn.tree import export_text
from sklearn.inspection import permutation_importance
import multiprocessing
from sklearn import neighbors, datasets, preprocessing
from sklearn.preprocessing import Normalizer
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures

# Test Estadísticos
# =====
from scipy.stats import pearsonr
from statistics import mode
from scipy.stats import shapiro
from scipy.stats import normaltest
from scipy.stats import anderson
from scipy.stats import pearsonr
from scipy.stats import spearmanr
```

```

from scipy.stats import kendalltau
from scipy.stats import chi2_contingency
from statsmodels.tsa.stattools import adfuller
from statsmodels.tsa.stattools import kpss
from scipy.stats import ttest_ind
from scipy.stats import ttest_rel
from scipy.stats import f_oneway
from scipy.stats import mannwhitneyu
from scipy.stats import wilcoxon
from scipy.stats import kruskal
from scipy.stats import friedmanchisquare

# Ajuste de distribuciones
# =====
from scipy import stats
import inspect
from statsmodels.distributions.empirical_distribution import ECDF

# Configuración matplotlib
# =====
plt.style.use('ggplot')
from statsmodels.graphics.gofplots import qqplot
from matplotlib import pyplot

# Configuración warnings
# =====
import warnings
warnings.filterwarnings('ignore')

```

## A) Data Frame

In [527...

```

data= pd.read_csv(r"C:\Users\hecto\OneDrive\Documentos\IT Data Science\Sprint5_DS\data.csv")
data_original =data
data_original.head(5)

```

Out[527...

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0.00632	18.0	2.31	0	0.538	6.575	65.2	4.0900	1	296.0	15.3	396.90	4.98	24.0
1	0.02731	0.0	7.07	0	0.469	6.421	78.9	4.9671	2	242.0	17.8	396.90	9.14	21.6
2	0.02729	0.0	7.07	0	0.469	7.185	61.1	4.9671	2	242.0	17.8	392.83	4.03	34.7
3	0.03237	0.0	2.18	0	0.458	6.998	45.8	6.0622	3	222.0	18.7	394.63	2.94	33.4
4	0.06905	0.0	2.18	0	0.458	7.147	54.2	6.0622	3	222.0	18.7	396.90	5.33	36.2

Relevant Information: Concerns housing values in suburbs of Boston.

Number of Instances: 506

Number of Attributes: 13 continuous attributes (including "class" attribute "MEDV"), 1 binary-valued attribute.

Attribute Information:

1. CRIM : per capita crime rate by town
2. ZN : proportion of residential land zoned for lots over "25,000 sq.ft".
3. INDUS : proportion of non-retail business acres per town

4. CHAS : Charles River dummy variable (= 1 if tract bounds river; 0 otherwise)
5. NOX : nitric oxides concentration (parts per 10 million)
6. RM : average number of rooms per dwelling
7. AGE : proportion of owner-occupied units built prior to 1940
8. DIS: weighted distances to five Boston employment centres
9. RAD . index of accessibility to radial highways
10. TAX : full-value property-tax rate per "\$10,000"
11. PTRATIO: pupil-teacher ratio by town
12. B : "1000(Bk - 0.63)^2" where Bk is the proportion of blacks by town
13. LSTAT : % lower status of the population
14. MEDV : Median value of owner-occupied homes in "\$1000's"

In [528...

```
data.columns = ["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "AGE", "DIS", "RAD", "TAX", "PTRAT
```

In [529...

```
data.head(5)
```

Out[529...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	RAD	TAX	PTRATIO	B	LSTAT	MEDV
0	0.00632	18.0	2.31	0	0.538	6.575	65.2	4.0900	1	296.0	15.3	396.90	4.98	
1	0.02731	0.0	7.07	0	0.469	6.421	78.9	4.9671	2	242.0	17.8	396.90	9.14	
2	0.02729	0.0	7.07	0	0.469	7.185	61.1	4.9671	2	242.0	17.8	392.83	4.03	
3	0.03237	0.0	2.18	0	0.458	6.998	45.8	6.0622	3	222.0	18.7	394.63	2.94	
4	0.06905	0.0	2.18	0	0.458	7.147	54.2	6.0622	3	222.0	18.7	396.90	5.33	

## B) Data Describe

In [530...

```
df= data.describe().transpose()
df
```

Out[530...

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
CRIM	506.0	3.613524	8.601545	0.00632	0.082045	0.25651	3.677083	88.9762
ZN	506.0	11.363636	23.322453	0.00000	0.000000	0.00000	12.500000	100.0000
INDUS	506.0	11.136779	6.860353	0.46000	5.190000	9.69000	18.100000	27.7400
CHAS	506.0	0.069170	0.253994	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
NOX	506.0	0.554695	0.115878	0.38500	0.449000	0.53800	0.624000	0.8710
RM	506.0	6.284634	0.702617	3.56100	5.885500	6.20850	6.623500	8.7800
AGE	506.0	68.574901	28.148861	2.90000	45.025000	77.50000	94.075000	100.0000
DIS	506.0	3.795043	2.105710	1.12960	2.100175	3.20745	5.188425	12.1265
RAD	506.0	9.549407	8.707259	1.00000	4.000000	5.00000	24.000000	24.0000

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>TAX</b>	506.0	408.237154	168.537116	187.00000	279.000000	330.00000	666.000000	711.0000
<b>PTRATIO</b>	506.0	18.455534	2.164946	12.60000	17.400000	19.05000	20.200000	22.0000
<b>B</b>	506.0	356.674032	91.294864	0.32000	375.377500	391.44000	396.225000	396.9000
<b>LSTAT</b>	506.0	12.653063	7.141062	1.73000	6.950000	11.36000	16.955000	37.9700
<b>MEDV</b>	506.0	22.532806	9.197104	5.00000	17.025000	21.20000	25.000000	50.0000

### C) Media y Desviación Estándar de cada una de las variables

Para comparar la separación en muestras de train y test vamos a crear una data frame con las medias y desviaciones estándar de cada una de las variables con el objeto de compararlas posteriormente con las dos muestras.

In [531...

```
data_medias=df[["mean","std"]]
data_medias
```

Out[531...

	mean	std
<b>CRIM</b>	3.613524	8.601545
<b>ZN</b>	11.363636	23.322453
<b>INDUS</b>	11.136779	6.860353
<b>CHAS</b>	0.069170	0.253994
<b>NOX</b>	0.554695	0.115878
<b>RM</b>	6.284634	0.702617
<b>AGE</b>	68.574901	28.148861
<b>DIS</b>	3.795043	2.105710
<b>RAD</b>	9.549407	8.707259
<b>TAX</b>	408.237154	168.537116
<b>PTRATIO</b>	18.455534	2.164946
<b>B</b>	356.674032	91.294864
<b>LSTAT</b>	12.653063	7.141062
<b>MEDV</b>	22.532806	9.197104

La media de MEDV - que corresponde a la media del valor de las casas ocupadas y que es nuestra variable objetivo es 22.532 dólares mientras que la desviación estándar es 9.197 dólares.

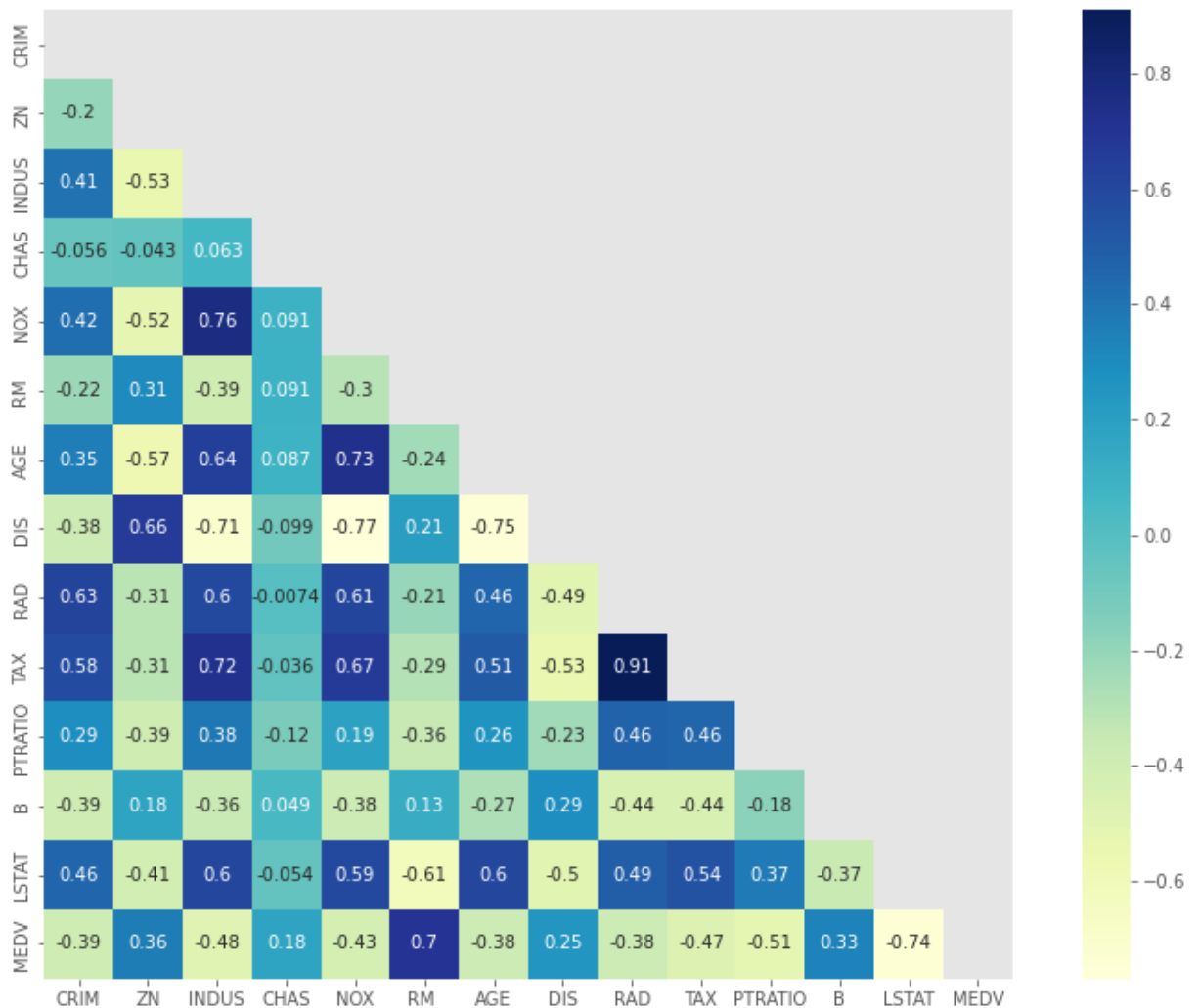
### D) Correlación entre las variables del Data Frame

In [532...

```
plt.figure(figsize=(14,10))
upp_mat = np.triu(data.corr())
sns.heatmap(data.corr(),cmap="YlGnBu", square = True,annot=True, mask = upp_mat)
```

Out[532...

<AxesSubplot:>



Entre la variable objetivo MEDV y el resto de variables, la correlación (inversa) más elevada se da con la variable LSTAT que es el porcentaje de población con menos ingresos. En los barrios con más trabajadores de clase baja (mayor valor de 'LSTAT') los inmuebles valdrán menos.

La siguiente variable con mayor correlación es RM que es el promedio de habitaciones por vivienda. Las casas con más habitaciones (valor más alto de 'RM') valdrán más. Por lo general, las casas con más habitaciones son más grandes y pueden acomodar a más personas, por lo que es razonable que cuesten más dinero. Son variables directamente proporcionales.

Los vecindarios con más proporción de estudiantes por maestro (mayor valor de 'PTRATIO') el valor de las casas está inversamente correlacionado. Si el porcentaje de estudiantes por maestro es mayor, es probable que en el vecindario haya menos escuelas, o mayor densidad de población, por lo que influye negativamente en el valor de los inmuebles.

### E) División de los datos en X\_train - X\_test, y\_train - y\_test

In [533...

```
# División de los datos en train y test
# =====
#X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.33, random_st
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(data.drop(columns = "MEDV"), data
print(X_train.shape, X_test.shape, y_train.shape, y_test.shape)
```

```
(339, 13) (167, 13) (339,) (167,)
```

In [534...

```
X_train.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 339 entries, 378 to 37
Data columns (total 13 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
#   ...
```

```
-----
0  CRIM      339 non-null    float64
1  ZN        339 non-null    float64
2  INDUS     339 non-null    float64
3  CHAS      339 non-null    int64
4  NOX       339 non-null    float64
5  RM        339 non-null    float64
6  AGE       339 non-null    float64
7  DIS       339 non-null    float64
8  RAD       339 non-null    int64
9  TAX       339 non-null    float64
10 PTRATIO   339 non-null    float64
11 B         339 non-null    float64
12 LSTAT     339 non-null    float64
dtypes: float64(11), int64(2)
memory usage: 37.1 KB
```

```
In [535... X_train.describe().transpose()
```

Out[535...

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>CRIM</b>	339.0	3.793986	8.669966	0.00632	0.08577	0.25387	3.81234	73.5341
<b>ZN</b>	339.0	10.963127	23.058729	0.00000	0.00000	0.00000	12.50000	100.0000
<b>INDUS</b>	339.0	11.377493	6.874160	0.46000	5.64000	9.90000	18.10000	27.7400
<b>CHAS</b>	339.0	0.079646	0.271145	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
<b>NOX</b>	339.0	0.556238	0.117996	0.39200	0.44800	0.53800	0.62750	0.8710
<b>RM</b>	339.0	6.247490	0.669953	3.86300	5.87300	6.16700	6.58250	8.3980
<b>AGE</b>	339.0	69.173451	28.246657	6.00000	45.75000	79.70000	94.30000	100.0000
<b>DIS</b>	339.0	3.799550	2.114897	1.12960	2.09445	3.26280	5.03375	12.1265
<b>RAD</b>	339.0	9.622419	8.768838	1.00000	4.00000	5.00000	24.00000	24.0000
<b>TAX</b>	339.0	408.890855	169.654094	187.00000	279.00000	330.00000	666.00000	711.0000
<b>PTRATIO</b>	339.0	18.418584	2.176714	12.60000	17.00000	19.00000	20.20000	22.0000
<b>B</b>	339.0	356.552537	92.095470	0.32000	375.99000	391.45000	396.06000	396.9000
<b>LSTAT</b>	339.0	13.087522	7.340139	1.73000	7.41500	12.03000	17.13500	37.9700

```
In [536... X_test.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 167 entries, 307 to 347
Data columns (total 13 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   CRIM        167 non-null    float64
1   ZN          167 non-null    float64
2   INDUS       167 non-null    float64
3   CHAS        167 non-null    int64
4   NOX         167 non-null    float64
5   RM          167 non-null    float64
6   AGE         167 non-null    float64
7   DIS         167 non-null    float64
8   RAD         167 non-null    int64
9   TAX         167 non-null    float64
10  PTRATIO     167 non-null    float64
```

```

11 B          167 non-null    float64
12 LSTAT      167 non-null    float64
dtypes: float64(11), int64(2)
memory usage: 18.3 KB

```

In [537...

```
X_test.describe().transpose()
```

Out[537...

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>CRIM</b>	167.0	3.247195	8.474939	0.01096	0.076945	0.26169	3.122525	88.9762
<b>ZN</b>	167.0	12.176647	23.898258	0.00000	0.000000	0.00000	20.000000	95.0000
<b>INDUS</b>	167.0	10.648144	6.826662	1.25000	4.675000	8.56000	18.100000	27.7400
<b>CHAS</b>	167.0	0.047904	0.214206	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
<b>NOX</b>	167.0	0.551563	0.111736	0.38500	0.458000	0.53200	0.624000	0.8710
<b>RM</b>	167.0	6.360036	0.761180	3.56100	5.979500	6.31000	6.630500	8.7800
<b>AGE</b>	167.0	67.359880	27.994376	2.90000	41.700000	73.30000	93.150000	100.0000
<b>DIS</b>	167.0	3.785894	2.093240	1.17810	2.101800	3.09230	5.307650	10.7103
<b>RAD</b>	167.0	9.401198	8.605168	1.00000	4.000000	5.00000	16.000000	24.0000
<b>TAX</b>	167.0	406.910180	166.745525	188.00000	281.000000	337.00000	666.000000	711.0000
<b>PTRATIO</b>	167.0	18.530539	2.145399	13.00000	17.400000	19.10000	20.200000	22.0000
<b>B</b>	167.0	356.920659	89.921726	3.65000	373.715000	390.68000	396.660000	396.9000
<b>LSTAT</b>	167.0	11.771138	6.653123	1.92000	6.605000	10.24000	15.695000	30.8100

f) Sumario de datos comparados de medias y desviaciones estándar entre: datos originales - train - test.

f.1) Diferencias entre medias: data - X\_train

In [538...

```

# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes1 = {'data_mean':data_medias["mean"], 'train_mean':X_train.mean()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes1 = pd.DataFrame(outcomes1, index=["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes1['_error1'] = (abs(outcomes1['data_mean'] - outcomes1['train_mean']))/outc

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes1.sort_values(by='_error1')
outcomes1

```

Out[538...

	data_mean	train_mean	%_error1
<b>CRIM</b>	3.613524	3.793986	4.994092
<b>ZN</b>	11.363636	10.963127	3.524484
<b>INDUS</b>	11.136779	11.377493	2.161433
<b>CHAS</b>	0.069170	0.079646	15.145386
<b>NOX</b>	0.554695	0.556238	0.278117

	data_mean	train_mean	%_error1
<b>RM</b>	6.284634	6.247490	0.591040
<b>AGE</b>	68.574901	69.173451	0.872841
<b>DIS</b>	3.795043	3.799550	0.118757
<b>RAD</b>	9.549407	9.622419	0.764569
<b>TAX</b>	408.237154	408.890855	0.160128
<b>PTRATIO</b>	18.455534	18.418584	0.200208
<b>B</b>	356.674032	356.552537	0.034063
<b>LSTAT</b>	12.653063	13.087522	3.433626

## f.2) Diferencias entre Desviación Estándar: data - X\_train

In [539...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes2 = {'data_std':data_medias["std"],'train_std':X_train.std()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes2 = pd.DataFrame(outcomes2, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes2['%_error2'] = round((abs(outcomes2['data_std'] - outcomes2['train_std']))/

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes2.sort_values(by='%_error2')
outcomes2
```

Out[539...

	data_std	train_std	%_error2
<b>CRIM</b>	8.601545	8.669966	0.7954
<b>ZN</b>	23.322453	23.058729	1.1308
<b>INDUS</b>	6.860353	6.874160	0.2013
<b>CHAS</b>	0.253994	0.271145	6.7524
<b>NOX</b>	0.115878	0.117996	1.8285
<b>RM</b>	0.702617	0.669953	4.6489
<b>AGE</b>	28.148861	28.246657	0.3474
<b>DIS</b>	2.105710	2.114897	0.4363
<b>RAD</b>	8.707259	8.768838	0.7072
<b>TAX</b>	168.537116	169.654094	0.6627
<b>PTRATIO</b>	2.164946	2.176714	0.5436
<b>B</b>	91.294864	92.095470	0.8769
<b>LSTAT</b>	7.141062	7.340139	2.7878

## f.3) Diferencias entre Medias: Data - X\_test

In [540...

```
# Data Summary
```



```
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes3 = {'data_mean':data_medias["mean"],'test_mean':X_test.mean()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes3 = pd.DataFrame(outcomes3, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes3['_error3'] = round((abs(outcomes3['data_mean'] - outcomes3['test_mean'])))

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes3.sort_values(by='_error3')
outcomes3
```

Out[540]...

	data_mean	test_mean	%_error3
<b>CRIM</b>	3.613524	3.247195	10.1377
<b>ZN</b>	11.363636	12.176647	7.1545
<b>INDUS</b>	11.136779	10.648144	4.3876
<b>CHAS</b>	0.069170	0.047904	30.7442
<b>NOX</b>	0.554695	0.551563	0.5646
<b>RM</b>	6.284634	6.360036	1.1998
<b>AGE</b>	68.574901	67.359880	1.7718
<b>DIS</b>	3.795043	3.785894	0.2411
<b>RAD</b>	9.549407	9.401198	1.5520
<b>TAX</b>	408.237154	406.910180	0.3250
<b>PTRATIO</b>	18.455534	18.530539	0.4064
<b>B</b>	356.674032	356.920659	0.0691
<b>LSTAT</b>	12.653063	11.771138	6.9701

#### f.4) Diferencias entre Desviación Estándar: Data - X\_test

In [541]...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes4 = {'data_std':data_medias["std"],'test_std':X_test.std()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes4 = pd.DataFrame(outcomes4, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes4['_error4'] = round((abs(outcomes4['data_std'] - outcomes4['test_std']))/o

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes4.sort_values(by='_error4')
outcomes4
```

Out[541]...

	data_std	test_std	%_error4
<b>CRIM</b>	8.601545	8.474939	1.4719
<b>ZN</b>	23.322453	23.898258	2.4689
<b>INDUS</b>	6.860353	6.826662	0.4911

	data_std	test_std	%_error4
<b>CHAS</b>	0.253994	0.214206	15.6650
<b>NOX</b>	0.115878	0.111736	3.5746
<b>RM</b>	0.702617	0.761180	8.3350
<b>AGE</b>	28.148861	27.994376	0.5488
<b>DIS</b>	2.105710	2.093240	0.5922
<b>RAD</b>	8.707259	8.605168	1.1725
<b>TAX</b>	168.537116	166.745525	1.0630
<b>PTRATIO</b>	2.164946	2.145399	0.9029
<b>B</b>	91.294864	89.921726	1.5041
<b>LSTAT</b>	7.141062	6.653123	6.8329

### f.5) Diferencias entre Medias: X\_train - X\_test

In [542...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes5 = {'train_mean':X_train.mean(),'test_mean':X_test.mean()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes5 = pd.DataFrame(outcomes5, index=["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes5['%_error5'] =round( (abs(outcomes5['train_mean'] - outcomes5['test_mean']))

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes5.sort_values(by='%_error5')
outcomes5
```

Out[542...

	train_mean	test_mean	%_error5
<b>CRIM</b>	3.793986	3.247195	14.4120
<b>ZN</b>	10.963127	12.176647	11.0691
<b>INDUS</b>	11.377493	10.648144	6.4105
<b>CHAS</b>	0.079646	0.047904	39.8536
<b>NOX</b>	0.556238	0.551563	0.8403
<b>RM</b>	6.247490	6.360036	1.8015
<b>AGE</b>	69.173451	67.359880	2.6218
<b>DIS</b>	3.799550	3.785894	0.3594
<b>RAD</b>	9.622419	9.401198	2.2990
<b>TAX</b>	408.890855	406.910180	0.4844
<b>PTRATIO</b>	18.418584	18.530539	0.6078
<b>B</b>	356.552537	356.920659	0.1032
<b>LSTAT</b>	13.087522	11.771138	10.0583

### f.6) Diferencias entre Desviación Estándar: X\_train - X\_test

In [543...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes6 = {'train_std':X_train.std(),'test_std':X_test.std()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes6 = pd.DataFrame(outcomes6, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM","AGE","DIS","RAD","TAX","PTRATIO","B","LSTAT"])

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes6['%_error6'] = round( (abs(outcomes6['train_std'] - outcomes6['test_std']))/outcomes6['train_std'], 2)

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes6.sort_values(by='%_error6')
outcomes6
```

Out[543...

	train_std	test_std	%_error6
<b>CRIM</b>	8.669966	8.474939	2.2495
<b>ZN</b>	23.058729	23.898258	3.6408
<b>INDUS</b>	6.874160	6.826662	0.6910
<b>CHAS</b>	0.271145	0.214206	20.9994
<b>NOX</b>	0.117996	0.111736	5.3060
<b>RM</b>	0.669953	0.761180	13.6169
<b>AGE</b>	28.246657	27.994376	0.8931
<b>DIS</b>	2.114897	2.093240	1.0240
<b>RAD</b>	8.768838	8.605168	1.8665
<b>TAX</b>	169.654094	166.745525	1.7144
<b>PTRATIO</b>	2.176714	2.145399	1.4387
<b>B</b>	92.095470	89.921726	2.3603
<b>LSTAT</b>	7.340139	6.653123	9.3597

g) Gráfico de diferencias de errores en la media y desviación estándar entre:  
Data - X\_train - X\_test

In [544...

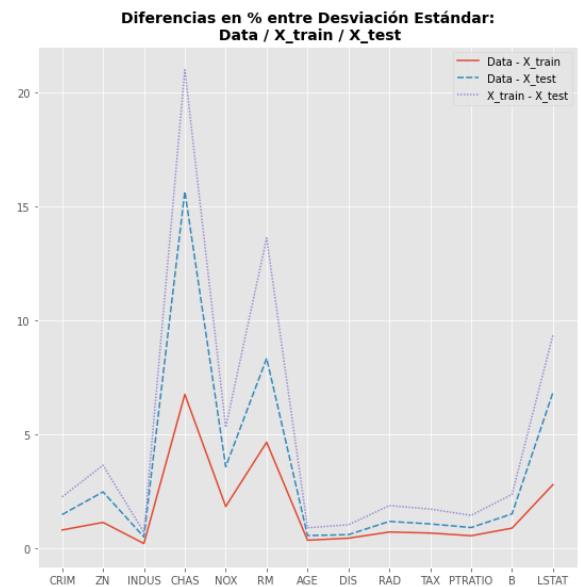
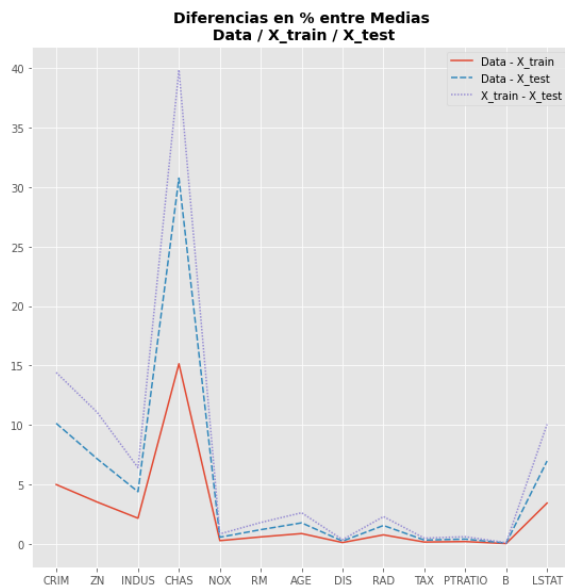
```
dif_medias=pd.concat([outcomes1['%_error1'], outcomes3['%_error3'], outcomes5['%_error5']])
dif_medias=dif_medias.rename({'%_error1': 'Data - X_train', '%_error3': 'Data - X_test', '%_error5': 'Data - X_train'})
```

In [545...

```
dif_dEst=pd.concat([outcomes2['%_error2'], outcomes4['%_error4'], outcomes6['%_error6']])
dif_dEst=dif_dEst.rename({'%_error2': 'Data - X_train', '%_error4': 'Data - X_test', '%_error6': 'Data - X_train'})
```

In [546...

```
fig, axes = plt.subplots(ncols=2, nrows=1, figsize=(20, 9))
axes = axes.flat
axes[0].set_title("Diferencias en % entre Medias\n Data / X_train / X_test", fontsize=12)
sns.lineplot(data=dif_medias,ax=axes[0])
axes[1].set_title("Diferencias en % entre Desviación Estándar:\n Data / X_train / X_test", fontsize=12)
sns.lineplot(data=dif_dEst,ax=axes[1])
plt.savefig("Gafico1_Diferencias_medias_std.png")
```



Las mayores diferencias en % se producen entre la comparación de las medias y desviaciones estándar de  $X_{train}$  con  $X_{test}$  (línea gris)

La variable CHAS -Charles River dummy variable (= 1 if tract bounds river; 0 otherwise)- es la que genera mayores diferencias de media y desviación estándar entre los tres grupos de datos, y es debido a que los datos informados son binarios 0 y 1, lo que puede producir mayores sesgos en las muestras.

#### h) Diferencias de medias y desviación estándar entre: Data - $y_{train}$ - $y_{test}$

In [547...

```
medias_y= [data.MEDV.mean(), y_train.mean(), y_test.mean()]
print("\nMedia de MEDV del Data Frame:", round(medias_y[0],2), "\nMedia de MEDV y_train", round(medias_y[1],2), "\nMedia de MEDV y_test", round(medias_y[2],2))
dEst_y = [data.MEDV.std(), y_train.std(), y_test.std()]
print("\nDesviación Estándar de MEDV del Data Frame:", round(dEst_y[0],2), "\nstd de MEDV y_train", round(dEst_y[1],2), "\nstd de MEDV y_test", round(dEst_y[2],2))
```

Media de MEDV del Data Frame: 22.53

Media de MEDV  $y_{train}$ : 22.29

Media de MEDV  $y_{test}$ : 23.03

Desviación Estándar de MEDV del Data Frame: 9.2

std de MEDV  $y_{train}$ : 9.09

std de MEDV  $y_{test}$ : 9.41

In [548...

```
err_data_Xtrain= abs((medias_y[0]-medias_y[1])*100/medias_y[0])
err_data_Xtest=abs((medias_y[0]-medias_y[2])*100/medias_y[0])
err_Xtrain_Xtest=abs((medias_y[1]-medias_y[2])*100/medias_y[1])
print("% error de las medias de MEDV", "\nData - X_train: ", round(err_data_Xtrain,2), "\nData - X_test: ", round(err_data_Xtest,2), "\nX_train - X_test: ", round(err_Xtrain_Xtest,2))
```

% error de las medias de MEDV

Data -  $X_{train}$ : 1.08

Data -  $X_{test}$ : 2.19

$X_{train}$  -  $X_{test}$ : 3.3

La mayor diferencia % de las medias de MEDV se produce entre la comparación de los valores de  $y_{train}$  e  $y_{test}$

In [549...

```
err2_data_Xtrain= abs((dEst_y[0]-dEst_y[1])*100/dEst_y[0])
err2_data_Xtest=abs((dEst_y[0]-dEst_y[2])*100/dEst_y[0])
err2_Xtrain_Xtest=abs((dEst_y[1]-dEst_y[2])*100/dEst_y[1])
print("% error de las desviaciones estándar de MEDV", "\nData - X_train: ", round(err2_data_Xtrain,2), "\nData - X_test: ", round(err2_data_Xtest,2), "\nX_train - X_test: ", round(err2_Xtrain_Xtest,2))
```

% error de las desviaciones estándar de MEDV

Data -  $X_{train}$ : 1.13

Data - X\_test: 2.34  
X\_train - X\_test: 3.5

De la misma forma, la mayor diferencia en % en las desviaciones estándar se produce entre la muestra y\_train e y\_test

### i) Ajuste del modelo 1:

La clase DecisionTreeRegressor del módulo sklearn.tree permite entrenar árboles de decisión para problemas de regresión. Se ha ajustado un árbol de regresión empleando como variable respuesta MEDV y como predictores el resto de variables disponibles.

In [550...

```
# Creación del modelo
# -----
modelo = DecisionTreeRegressor(max_depth= 3, random_state = 1)

# Entrenamiento del modelo
# -----
modelo.fit(X_train, y_train)
```

Out[550...

```
DecisionTreeRegressor
DecisionTreeRegressor(max_depth=3, random_state=1)
```

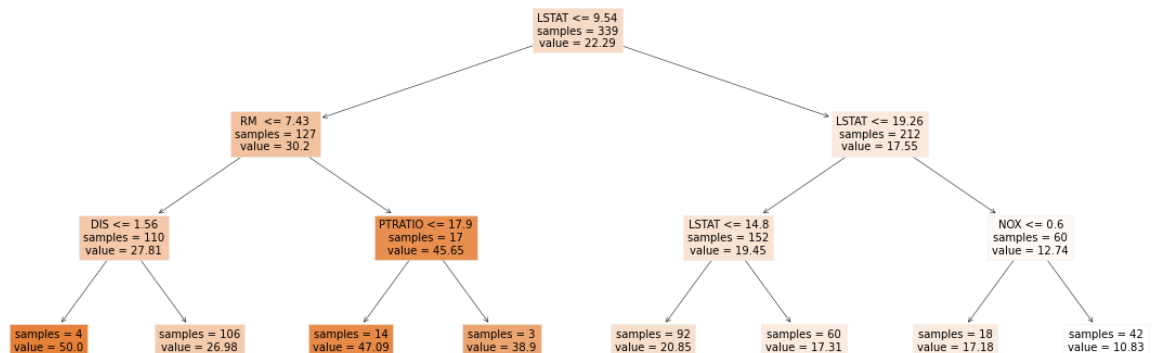
In [551...

```
# Estructura del árbol creado
# -----
fig, ax = plt.subplots(figsize=(20, 7))

print(f"Profundidad del árbol: {modelo.get_depth()}")
print(f"Número de nodos terminales: {modelo.get_n_leaves()}")

plot = plot_tree(
    decision_tree = modelo,
    feature_names = data.drop(columns = "MEDV").columns,
    class_names = 'MEDV',
    filled = True,
    impurity = False,
    fontsize = 10,
    precision = 2,
    ax = ax
)
```

Profundidad del árbol: 3  
Número de nodos terminales: 8



In [552...

```
texto_modelo = export_text(
    decision_tree = modelo,
```

```

feature_names = list(data.drop(columns = "MEDV").columns)
)
print(texto_modelo)

|--- LSTAT <= 9.54
|   |--- RM <= 7.43
|   |   |--- DIS <= 1.56
|   |   |   |--- value: [50.00]
|   |   |--- DIS > 1.56
|   |   |   |--- value: [26.98]
|   |--- RM > 7.43
|   |   |--- PTRATIO <= 17.90
|   |   |   |--- value: [47.09]
|   |   |--- PTRATIO > 17.90
|   |   |   |--- value: [38.90]
|--- LSTAT > 9.54
|   |--- LSTAT <= 19.26
|   |   |--- LSTAT <= 14.80
|   |   |   |--- value: [20.85]
|   |   |--- LSTAT > 14.80
|   |   |   |--- value: [17.31]
|   |--- LSTAT > 19.26
|   |   |--- NOX <= 0.60
|   |   |   |--- value: [17.18]
|   |   |--- NOX > 0.60
|   |   |   |--- value: [10.83]

```

In [553...

```

# Error de test del modelo
#-----
y_predicciones = modelo.predict(X = X_test)

rmse = mean_squared_error(y_true = y_test, y_pred = y_predicciones, squared = False)
print(f"El error (rmse) de test es: {rmse}")

```

El error (rmse) de test es: 4.344171773527096

El modelo predice un valor promedio de MEDV de 50.000 dólares para viviendas que están en una zona con un LSTAT <=9.54, un RM<= 7.43 y un DIS <= 1.56.

El rmse de test implica que las predicciones del modelo se alejan en promedio 4.344 dólares del valor real

## j) Ajuste Modelo 2:

Se ajusta un modelo empleando como variable respuesta MEDV y como predictores todas las otras variables disponibles. La clase RandomForestRegressor del módulo sklearn.ensemble permite entrenar modelos random forest para problemas de regresión

In [554...

```

# Creación del modelo
# =====
modelo = RandomForestRegressor(random_state=1)

# Entrenamiento del modelo
# =====
modelo.fit(X_train, y_train)

# Predicciones
# =====
y_predicciones = modelo.predict(X_test)

# Evaluación de las predicciones
# =====

```

```
mae = mean_absolute_error(y_test, y_predicciones)
print(f'El error MAE es: %.3f' % mae)
rmse = mean_squared_error(y_true=y_test, y_pred=y_predicciones, squared = False)
print(f'El error (rmse) de test es: %.3f' % rmse)
```

El error MAE es: 2.171

El error (rmse) de test es: 3.051

El "rmse" de test del segundo modelo, implica que las predicciones del modelo se alejan en promedio 3.051 dólares del valor real.

Al ser un valor inferior que el del primer modelo, utilizaremos éste para contrastar los resultados con los datos normalizados y aplicando dummy en las variables categóricas para evaluar si las predicciones mejoran con dichos ajustes.

## Exercici 2

Aplica algun procés de transformació (estandarditzar les dades numèriques, crear columnes dummies, polinomis...).

### a) Data Frame

In [555...

```
data.select_dtypes(include=['float64', 'int']).describe().round(3)
```

Out[555...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	RAD	TAX	PTR
<b>count</b>	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	506.000	50
<b>mean</b>	3.614	11.364	11.137	0.069	0.555	6.285	68.575	3.795	9.549	408.237	1
<b>std</b>	8.602	23.322	6.860	0.254	0.116	0.703	28.149	2.106	8.707	168.537	
<b>min</b>	0.006	0.000	0.460	0.000	0.385	3.561	2.900	1.130	1.000	187.000	1
<b>25%</b>	0.082	0.000	5.190	0.000	0.449	5.885	45.025	2.100	4.000	279.000	1
<b>50%</b>	0.257	0.000	9.690	0.000	0.538	6.208	77.500	3.207	5.000	330.000	1
<b>75%</b>	3.677	12.500	18.100	0.000	0.624	6.624	94.075	5.188	24.000	666.000	2
<b>max</b>	88.976	100.000	27.740	1.000	0.871	8.780	100.000	12.126	24.000	711.000	2

### b) Distribución gráfica de cada variable numérica

In [556...

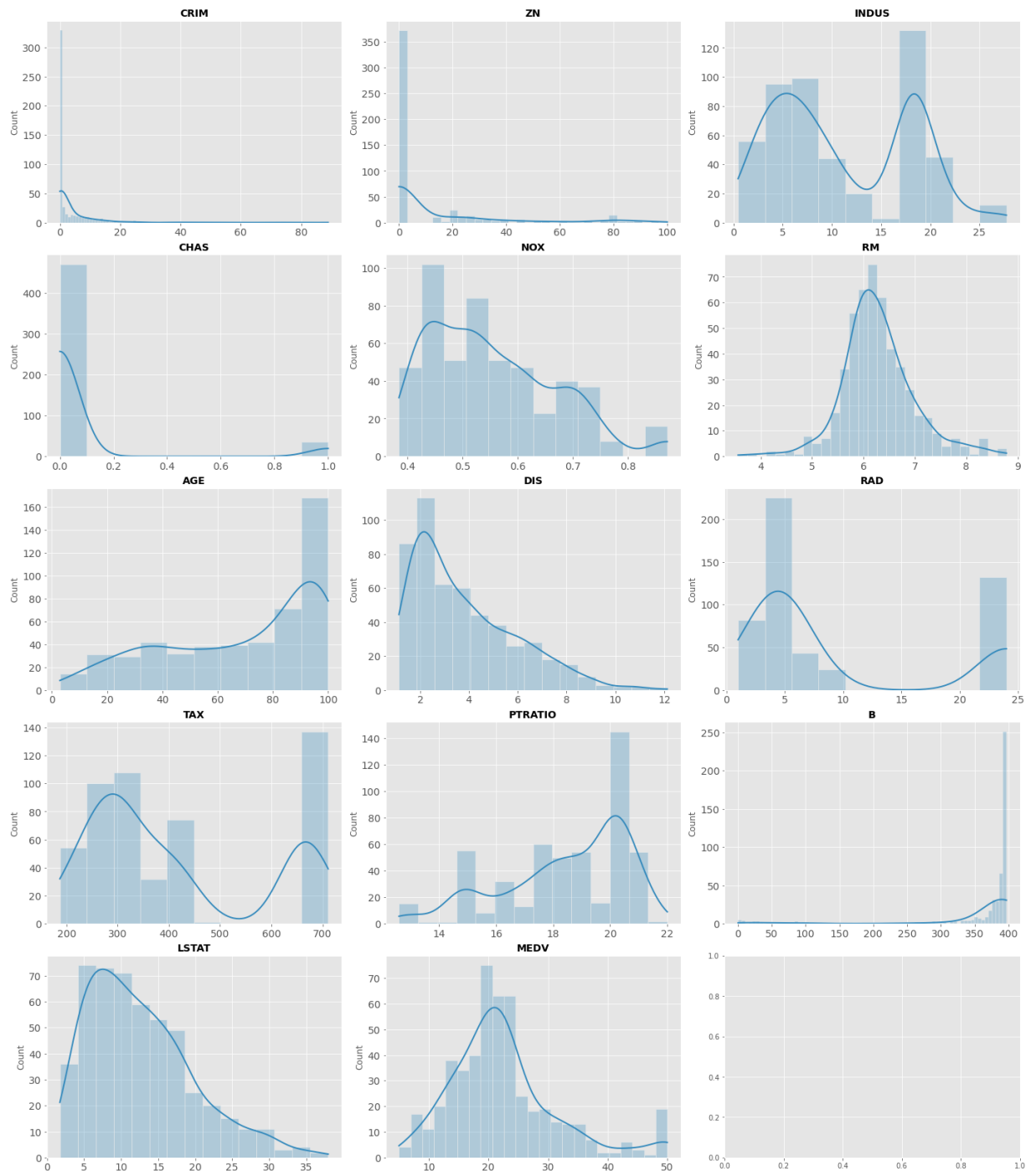
```
# Distribución gráfica de cada variable numérica
# =====

fig, axes = plt.subplots(ncols=3, nrows=5, figsize=(20, 25))
axes = axes.flat
columnas_numeric = data.select_dtypes(include=['float64', 'int']).columns

for i, column in enumerate(columnas_numeric):
    sns.histplot(data = data, x= column, stat= "count", kde = True, line_kws= {'linewi
    axes[i].set_title(column, fontsize = 14, fontweight = "bold")
    axes[i].tick_params(labelsiz = 14)
    axes[i].set_xlabel("")

fig.tight_layout()
plt.subplots_adjust(top = 0.9)
fig.suptitle('Distribución de las Variables Numéricas', fontsize = 24, fontweight =
plt.savefig("Gafico2_Dist_Variables_Numericas.png")
```

## Distribución de las Variables Numéricas



RM sigue claramente una distribución normal así como MEDV la variable objetivo.

Las variables INDUS, RAS Y TAX siguen una distribución que se aproximan más a una distribución polinómica.

LSTAT, AGE, DIS, PTRATIO y NOX se aproximan más a una distribución Gaussiana con sesgo

El resto de variables CRIM, ZN, CHAS podrían ajustarse a exponenciales decrecientes o crecientes en el caso de B.

### c) Gráficos de correlación entre las variables numéricas y la variable objetivo

In [557...

```
# Gráficos de correlación entre las variables numéricas y la variable objetivo
# =====
# Adjust number of subplots based on the number of columns
fig, axes = plt.subplots(ncols=3, nrows=5, figsize=(20, 25))
axes = axes.flat
```



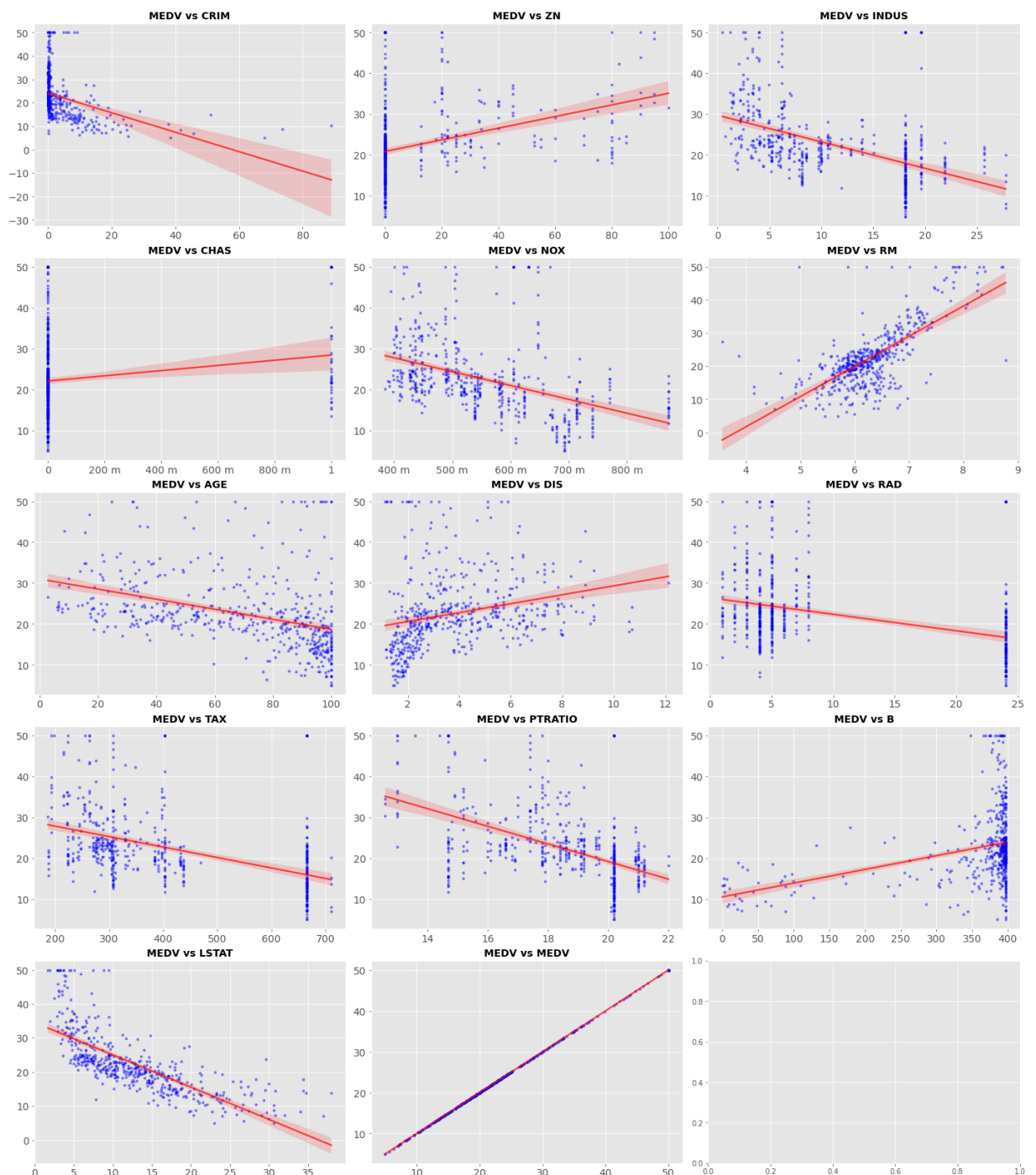
```

columnas_numeric = data.select_dtypes(include=['float64', 'int']).columns
i=0
for i, column in enumerate(columnas_numeric):
    sns.regplot( x = data[column],y = data['MEDV'], color = "blue", marker= '.', scat
axes[i].set_title(f"MEDV vs {column}", fontsize = 14, fontweight = "bold")
axes[i].yaxis.set_major_formatter(ticker.EngFormatter())
axes[i].xaxis.set_major_formatter(ticker.EngFormatter())
axes[i].tick_params(labelsize = 14)
axes[i].set_xlabel("")
axes[i].set_ylabel("")

fig.tight_layout()
plt.subplots_adjust(top=0.9)
fig.suptitle('Correlación con MEDV', fontsize = 24, fontweight = "bold")
plt.savefig("Grafico3_Distribucion_Corr_MEDV.png")

```

### Correlación con MEDV



LSTAT y RM son las variables que tiene una correlación más evidente con la variable objetivo MEDV.

Vamos a ajustar todas las variables a la distribución normal ya que LSTAT y RM son las que tienen una correlación más clara con MEDV y como se indicaba en el apartado anterior la distribución de probabilidad de ambas se ajustan a la normal.

Las variables chas y rad se distribuyen de forma vertical, esto se debe a que son datos categóricos.

CHAS indica si las casas están cerca del río Charles; 1 si el tramo limita con el río, 0 en caso contrario.

RAD contiene los índices de accesibilidad a las carreteras radiales. Un índice más grande denota una mejor accesibilidad.

#### d) Creación de Columnas Dummies

Dado que la variable CHAS solo tiene dos valores, 1,0, no tiene sentido separar en Dummies esa información, ya que la propia columna la contiene. Sin embargo, si vamos a crear columnas Dummies de RAD, para ver si esta separación de la información, añade más precisión al modelo.

In [558...

```
# creamos dummy RAD
df=data
df=pd.get_dummies(df, columns=["RAD"],drop_first = False)
df.head()
```

Out [558...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	TAX	PTRATIO	...	MEDV	RAD_1	RA
0	0.00632	18.0	2.31	0	0.538	6.575	65.2	4.0900	296.0	15.3	...	24.0	1	
1	0.02731	0.0	7.07	0	0.469	6.421	78.9	4.9671	242.0	17.8	...	21.6	0	
2	0.02729	0.0	7.07	0	0.469	7.185	61.1	4.9671	242.0	17.8	...	34.7	0	
3	0.03237	0.0	2.18	0	0.458	6.998	45.8	6.0622	222.0	18.7	...	33.4	0	
4	0.06905	0.0	2.18	0	0.458	7.147	54.2	6.0622	222.0	18.7	...	36.2	0	

5 rows × 22 columns



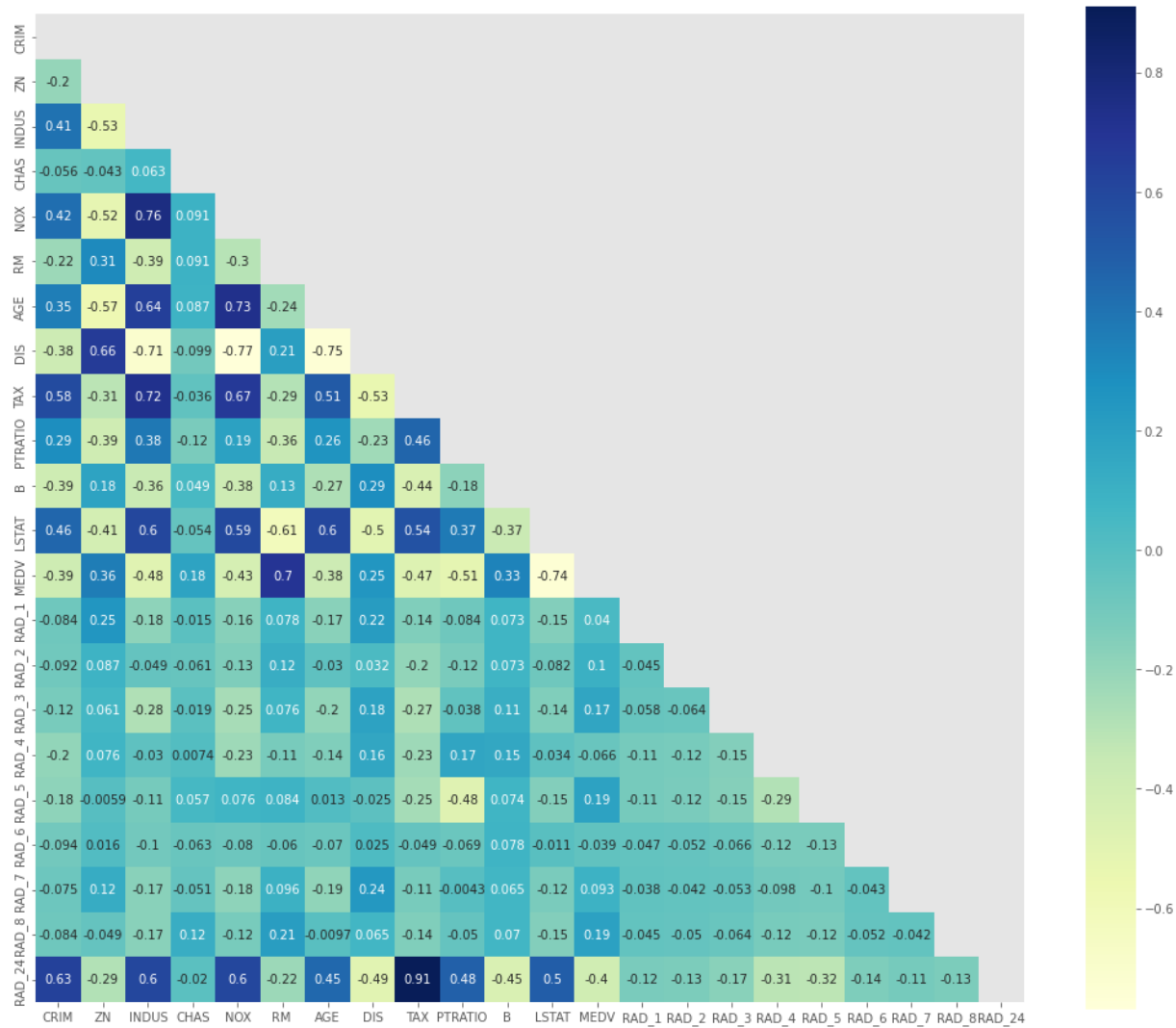
#### e) Mapa de correlaciones con las columnas dummies

In [559...

```
plt.figure(figsize=(18,15))
upp_mat = np.triu(df.corr())
sns.heatmap(df.corr(),cmap="YlGnBu", square = True,annot=True, mask = upp_mat)
```

Out [559...

<AxesSubplot:>



Una vez aplicados los dummies sobre la variable RAD, los rangos de correlación de cada una de las variables RAD\_\* generadas vs MEDV, oscilan entre [-0,4 y 0.19] mientras que la correlación inicial era de -0.38.

f) División de los datos en train y test

```
In [560... # División de Los datos en train y test
# =====
#X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.33, random_st
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(df.drop(columns = "MEDV"),df["ME
print(X_train.shape, X_test.shape, y_train.shape, y_test.shape)
```

(339, 21) (167, 21) (339,) (167,)

```
In [561... X_train.describe().transpose()
```

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
CRIM	339.0	3.793986	8.669966	0.00632	0.08577	0.25387	3.81234	73.5341
ZN	339.0	10.963127	23.058729	0.00000	0.00000	0.00000	12.50000	100.0000
INDUS	339.0	11.377493	6.874160	0.46000	5.64000	9.90000	18.10000	27.7400
CHAS	339.0	0.079646	0.271145	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
NOX	339.0	0.556238	0.117996	0.39200	0.44800	0.53800	0.62750	0.8710
RM	339.0	6.247490	0.669953	3.86300	5.87300	6.16700	6.58250	8.3980

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
AGE	339.0	69.173451	28.246657	6.00000	45.75000	79.70000	94.30000	100.0000
DIS	339.0	3.799550	2.114897	1.12960	2.09445	3.26280	5.03375	12.1265
TAX	339.0	408.890855	169.654094	187.00000	279.00000	330.00000	666.00000	711.0000
PTRATIO	339.0	18.418584	2.176714	12.60000	17.00000	19.00000	20.20000	22.0000
B	339.0	356.552537	92.095470	0.32000	375.99000	391.45000	396.06000	396.9000
LSTAT	339.0	13.087522	7.340139	1.73000	7.41500	12.03000	17.13500	37.9700
RAD_1	339.0	0.038348	0.192319	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_2	339.0	0.056047	0.230353	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_3	339.0	0.070796	0.256864	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_4	339.0	0.209440	0.407510	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_5	339.0	0.230088	0.421511	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_6	339.0	0.053097	0.224559	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_7	339.0	0.032448	0.177450	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_8	339.0	0.044248	0.205949	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.0000
RAD_24	339.0	0.265487	0.442245	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.0000

In [562...

```
X_test.describe().transpose()
```

Out[562...

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
CRIM	167.0	3.247195	8.474939	0.01096	0.076945	0.26169	3.122525	88.9762
ZN	167.0	12.176647	23.898258	0.00000	0.000000	0.00000	20.000000	95.0000
INDUS	167.0	10.648144	6.826662	1.25000	4.675000	8.56000	18.100000	27.7400
CHAS	167.0	0.047904	0.214206	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
NOX	167.0	0.551563	0.111736	0.38500	0.458000	0.53200	0.624000	0.8710
RM	167.0	6.360036	0.761180	3.56100	5.979500	6.31000	6.630500	8.7800
AGE	167.0	67.359880	27.994376	2.90000	41.700000	73.30000	93.150000	100.0000
DIS	167.0	3.785894	2.093240	1.17810	2.101800	3.09230	5.307650	10.7103
TAX	167.0	406.910180	166.745525	188.00000	281.000000	337.00000	666.000000	711.0000
PTRATIO	167.0	18.530539	2.145399	13.00000	17.400000	19.10000	20.200000	22.0000
B	167.0	356.920659	89.921726	3.65000	373.715000	390.68000	396.660000	396.9000
LSTAT	167.0	11.771138	6.653123	1.92000	6.605000	10.24000	15.695000	30.8100
RAD_1	167.0	0.041916	0.201000	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
RAD_2	167.0	0.029940	0.170935	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
RAD_3	167.0	0.083832	0.277970	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
RAD_4	167.0	0.233533	0.424351	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
RAD_5	167.0	0.221557	0.416543	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>RAD_6</b>	167.0	0.047904	0.214206	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
<b>RAD_7</b>	167.0	0.035928	0.186671	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
<b>RAD_8</b>	167.0	0.053892	0.226484	0.00000	0.000000	0.00000	0.000000	1.0000
<b>RAD_24</b>	167.0	0.251497	0.435178	0.00000	0.000000	0.00000	0.500000	1.0000

### f.1) Diferencias entre Medias: X\_train - X\_test

In [563...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con Los resultados de las medias de los datos y train
outcomes5 = {'train_mean':X_train.mean(),'test_mean':X_test.mean()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes5 = pd.DataFrame(outcomes5, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes5['_error5'] =round( (abs(outcomes5['train_mean'] - outcomes5['test_mean']))

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes5.sort_values(by='%_error5')
outcomes5
```

Out[563...

	train_mean	test_mean	%_error5
<b>CRIM</b>	3.793986	3.247195	14.4120
<b>ZN</b>	10.963127	12.176647	11.0691
<b>INDUS</b>	11.377493	10.648144	6.4105
<b>CHAS</b>	0.079646	0.047904	39.8536
<b>NOX</b>	0.556238	0.551563	0.8403
<b>RM</b>	6.247490	6.360036	1.8015
<b>AGE</b>	69.173451	67.359880	2.6218
<b>DIS</b>	3.799550	3.785894	0.3594
<b>TAX</b>	408.890855	406.910180	0.4844
<b>PTRATIO</b>	18.418584	18.530539	0.6078
<b>B</b>	356.552537	356.920659	0.1032
<b>LSTAT</b>	13.087522	11.771138	10.0583
<b>RAD_1</b>	0.038348	0.041916	9.3045
<b>RAD_2</b>	0.056047	0.029940	46.5805
<b>RAD_3</b>	0.070796	0.083832	18.4132
<b>RAD_4</b>	0.209440	0.233533	11.5038
<b>RAD_5</b>	0.230088	0.221557	3.7080
<b>RAD_6</b>	0.053097	0.047904	9.7804
<b>RAD_7</b>	0.032448	0.035928	10.7240
<b>RAD_8</b>	0.044248	0.053892	21.7964

	train_mean	test_mean	%_error5
<b>RAD_24</b>	0.265487	0.251497	5.2695

## f.2) Diferencias entre Desviaciones Estándar: X\_train - X\_test

In [564...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con los resultados de las medias de los datos y train
outcomes6 = {'train_std':X_train.std(),'test_std':X_test.std()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes6 = pd.DataFrame(outcomes6, index=["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes6['%_error6'] =round( (abs(outcomes6['train_std'] - outcomes6['test_std']))/

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes6.sort_values(by='%_error6')
outcomes6
```

Out [564...

	train_std	test_std	%_error6
<b>CRIM</b>	8.669966	8.474939	2.2495
<b>ZN</b>	23.058729	23.898258	3.6408
<b>INDUS</b>	6.874160	6.826662	0.6910
<b>CHAS</b>	0.271145	0.214206	20.9994
<b>NOX</b>	0.117996	0.111736	5.3060
<b>RM</b>	0.669953	0.761180	13.6169
<b>AGE</b>	28.246657	27.994376	0.8931
<b>DIS</b>	2.114897	2.093240	1.0240
<b>TAX</b>	169.654094	166.745525	1.7144
<b>PTRATIO</b>	2.176714	2.145399	1.4387
<b>B</b>	92.095470	89.921726	2.3603
<b>LSTAT</b>	7.340139	6.653123	9.3597
<b>RAD_1</b>	0.192319	0.201000	4.5140
<b>RAD_2</b>	0.230353	0.170935	25.7944
<b>RAD_3</b>	0.256864	0.277970	8.2168
<b>RAD_4</b>	0.407510	0.424351	4.1326
<b>RAD_5</b>	0.421511	0.416543	1.1786
<b>RAD_6</b>	0.224559	0.214206	4.6105
<b>RAD_7</b>	0.177450	0.186671	5.1965
<b>RAD_8</b>	0.205949	0.226484	9.9709
<b>RAD_24</b>	0.442245	0.435178	1.5978

## g) Ajuste del modelo con Dummies

In [565...

```

# Creación del modelo
# =====
modelo = RandomForestRegressor(random_state=1)

# Entrenamiento del modelo
# =====
modelo.fit(X_train, y_train)

# Predicciones
# =====
y_predicciones = modelo.predict(X_test)

# Evaluación de las predicciones
# =====
mae = mean_absolute_error(y_test, y_predicciones)
print(f'El error MAE es: %.3f' % mae)
rmse = mean_squared_error(y_true=y_test, y_pred=y_predicciones, squared = False)
print(f'El error (rmse) de test es: %.3f' % rmse)

```

El error MAE es: 2.179

El error (rmse) de test es: 3.087

No aporta una mayor precisión al modelo separar en columnas dummies la variable RAD

## h) Normalización

Cuando los predictores son numéricos, la escala en la que se miden, así como la magnitud de su varianza pueden influir en gran medida en el modelo. Muchos algoritmos de machine learning (SVM, redes neuronales, lasso...) son sensibles a esto, de forma que, si no se igualan de alguna forma los predictores, aquellos que se midan en una escala mayor o que tengan más varianza dominarán el modelo aunque no sean los que más relación tienen con la variable respuesta.

Existen principalmente 2 estrategias para evitarlo:

- Centrado: consiste en restarle a cada valor la media del predictor al que pertenece. Si los datos están almacenados en un dataframe, el centrado se consigue restandole a cada valor la media de la columna en la que se encuentra. Como resultado de esta transformación, todos los predictores pasan a tener una media de cero, es decir, los valores se centran en torno al origen. `StandardScaler(with_std=False)`
- Normalización (estandarización): consiste en transformar los datos de forma que todos los predictores estén aproximadamente en la misma escala. Hay dos formas de lograrlo:

a) Normalización Z-score (`StandardScaler`): dividir cada predictor entre su desviación típica después de haber sido centrado, de esta forma, los datos pasan a tener una distribución normal.

$$z = (x - \mu) / \sigma$$

b) Estandarización max-min (`MinMaxScaler`): transformar los datos de forma que estén dentro del rango [0, 1].

$$X_{\text{norm}} = (X - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})$$

Nunca se deben estandarizar las variables después de ser binarizadas.

### h.1) Separación de las variables y Estandarización de las variables numéricas

In [566...

```
df_dummies=df
```

```
df_RAD=df[["MEDV","RAD_1","RAD_2","RAD_3","RAD_4","RAD_5","RAD_6","RAD_7","RAD_8","R
```

```
In [567... df=df[["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","AGE","DIS","TAX","PTRATIO","B","LSTAT"]
df
```

Out[567...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	TAX	PTRATIO	B	LSTAT
0	0.00632	18.0	2.31	0	0.538	6.575	65.2	4.0900	296.0	15.3	396.90	4.98
1	0.02731	0.0	7.07	0	0.469	6.421	78.9	4.9671	242.0	17.8	396.90	9.14
2	0.02729	0.0	7.07	0	0.469	7.185	61.1	4.9671	242.0	17.8	392.83	4.03
3	0.03237	0.0	2.18	0	0.458	6.998	45.8	6.0622	222.0	18.7	394.63	2.94
4	0.06905	0.0	2.18	0	0.458	7.147	54.2	6.0622	222.0	18.7	396.90	5.33
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
501	0.06263	0.0	11.93	0	0.573	6.593	69.1	2.4786	273.0	21.0	391.99	9.67
502	0.04527	0.0	11.93	0	0.573	6.120	76.7	2.2875	273.0	21.0	396.90	9.08
503	0.06076	0.0	11.93	0	0.573	6.976	91.0	2.1675	273.0	21.0	396.90	5.64
504	0.10959	0.0	11.93	0	0.573	6.794	89.3	2.3889	273.0	21.0	393.45	6.48
505	0.04741	0.0	11.93	0	0.573	6.030	80.8	2.5050	273.0	21.0	396.90	7.88

506 rows × 12 columns

```
In [568... #Estandarización max-min
#from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
scaler = MinMaxScaler().fit(df)
X_normal= scaler.transform(df)
```

```
In [569... X_normal.shape
```

Out[569... (506, 12)

```
In [570... X_normal= pd.DataFrame(X_normal)
X_normal.columns =["CRIM","ZN","INDUS","CHAS","NOX","RM ","AGE","DIS","TAX","PTRATIO
```

```
In [571... df_E=pd.concat([X_normal,df_RAD],axis=1)
df_E.head()
```

Out[571...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	TAX	PTRATIO	...	I
0	0.000000	0.18	0.067815	0.0	0.314815	0.577505	0.641607	0.269203	0.208015	0.287234	...	
1	0.000236	0.00	0.242302	0.0	0.172840	0.547998	0.782698	0.348962	0.104962	0.553191	...	
2	0.000236	0.00	0.242302	0.0	0.172840	0.694386	0.599382	0.348962	0.104962	0.553191	...	
3	0.000293	0.00	0.063050	0.0	0.150206	0.658555	0.441813	0.448545	0.066794	0.648936	...	
4	0.000705	0.00	0.063050	0.0	0.150206	0.687105	0.528321	0.448545	0.066794	0.648936	...	

5 rows × 22 columns



In [572...

```
# División de Los datos en train y test
# =====
#X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.33, random_st
X_train_Norm, X_test_Norm, y_train_Norm, y_test_Norm = train_test_split(df_E.drop(co
print(X_train_Norm.shape, X_test_Norm.shape, y_train_Norm.shape, y_test_Norm.shape)
```

(339, 21) (167, 21) (339,) (167,)

In [573...

```
# Creación del modelo
# =====
modelo = RandomForestRegressor(random_state=1)

# Entrenamiento del modelo
# =====
modelo.fit(X_train_Norm, y_train_Norm)

# Predicciones
# =====
y_pred_norm = modelo.predict(X_test_Norm)

# Evaluación de Las predicciones
# =====
mae = mean_absolute_error(y_test_Norm, y_pred_norm)
print(f'El error MAE es: %.3f' % mae)
rmse = mean_squared_error(y_true= y_test_Norm, y_pred= y_pred_norm, squared = False)
print(f'El error (rmse) de test es: %.3f' % rmse)
```

El error MAE es: 2.178

El error (rmse) de test es: 3.087

Los datos son similares al modelo inicial, por tanto no mejora las predicciones en relación al modelo 2 inicial.

## h) Generacion de Caracteristicas Polinomiales

In [574...

```
df_dummies.head()
```

Out[574...

	CRIM	ZN	INDUS	CHAS	NOX	RM	AGE	DIS	TAX	PTRATIO	...	MEDV	RAD_1	RA
0	0.00632	18.0	2.31	0	0.538	6.575	65.2	4.0900	296.0	15.3	...	24.0	1	
1	0.02731	0.0	7.07	0	0.469	6.421	78.9	4.9671	242.0	17.8	...	21.6	0	
2	0.02729	0.0	7.07	0	0.469	7.185	61.1	4.9671	242.0	17.8	...	34.7	0	
3	0.03237	0.0	2.18	0	0.458	6.998	45.8	6.0622	222.0	18.7	...	33.4	0	
4	0.06905	0.0	2.18	0	0.458	7.147	54.2	6.0622	222.0	18.7	...	36.2	0	

5 rows × 22 columns

In [575...

```
# División de Los datos en train y test
# =====
#X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.33, random_st
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(df_dummies.drop(columns = "MEDV"
print(X_train.shape, X_test.shape, y_train.shape, y_test.shape)
```

(339, 21) (167, 21) (339,) (167,)

```
In [576... #from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
#Se define el grado del polinomio
poli_reg = PolynomialFeatures(degree = 3)
#Se transforma las características existentes en características de mayor grado
X_train_poli = poli_reg.fit_transform(X_train)
X_test_poli = poli_reg.fit_transform(X_test)
```

```
In [577... X_train_poli.shape
```

```
Out[577... (339, 2024)
```

```
In [578... X_test_poli.shape
```

```
Out[578... (167, 2024)
```

```
In [580... # Creación del modelo
# =====
modelo = RandomForestRegressor(random_state=1)

# Entrenamiento del modelo
# =====
modelo.fit(X_train_poli, y_train)

# Predicciones
# =====
y_pred_poli = modelo.predict(X_test_poli)

# Evaluación de las predicciones
# =====
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred_poli)
print(f'El error MAE es: %.3f' % mae)
rmse = mean_squared_error(y_true=y_test, y_pred=y_pred_poli, squared = False)
print(f'El error (rmse) de test es: %.3f' % rmse)
```

```
El error MAE es: 2.341
```

```
El error (rmse) de test es: 3.506
```

Los datos son superiores al modelo inicial, por tanto no mejora las predicciones en relación al modelo 2 inicial.

## Exercici 3

Resumeix les noves columnes generades de manera estadística i gràfica

### 1. Descripción estadística y gráfica de X\_train\_Norm

#### 1.a) Data frame X\_train\_Norm

```
In [581... X_train_Norm = pd.DataFrame(X_train_Norm)
X_train_Norm.columns = ["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "AGE", "DIS", "TAX", "PTR
```

```
In [582... X_train_Norm.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 339 entries, 378 to 37
```

```
Data columns (total 21 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  -
0   CRIM         339 non-null    float64
1   ZN            339 non-null    float64
2   INDUS        339 non-null    float64
3   CHAS         339 non-null    float64
4   NOX          339 non-null    float64
5   RM           339 non-null    float64
6   AGE          339 non-null    float64
7   DIS          339 non-null    float64
8   TAX          339 non-null    float64
9   PTRATIO      339 non-null    float64
10  B            339 non-null    float64
11  LSTAT        339 non-null    float64
12  RAD_1        339 non-null    uint8
13  RAD_2        339 non-null    uint8
14  RAD_3        339 non-null    uint8
15  RAD_4        339 non-null    uint8
16  RAD_5        339 non-null    uint8
17  RAD_6        339 non-null    uint8
18  RAD_7        339 non-null    uint8
19  RAD_8        339 non-null    uint8
20  RAD_24       339 non-null    uint8
dtypes: float64(12), uint8(9)
memory usage: 37.4 KB
```

1.b) X\_train\_Norm.Describe

```
In [583... X_train_Norm.describe().transpose()
```

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
CRIM	339.0	0.042572	0.097448	0.000000	0.000893	0.002782	0.042779	0.826435
ZN	339.0	0.109631	0.230587	0.000000	0.000000	0.000000	0.125000	1.000000
INDUS	339.0	0.400201	0.251985	0.000000	0.189883	0.346041	0.646628	1.000000
CHAS	339.0	0.079646	0.271145	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
NOX	339.0	0.352341	0.242791	0.014403	0.129630	0.314815	0.498971	1.000000
RM	339.0	0.514752	0.128368	0.057865	0.442997	0.499329	0.578942	0.926806
AGE	339.0	0.682528	0.290903	0.031926	0.441298	0.790937	0.941298	1.000000
DIS	339.0	0.242791	0.192318	0.000000	0.087738	0.193982	0.355023	1.000000
TAX	339.0	0.423456	0.323767	0.000000	0.175573	0.272901	0.914122	1.000000
PTRATIO	339.0	0.618998	0.231565	0.000000	0.468085	0.680851	0.808511	1.000000
B	339.0	0.898261	0.232224	0.000000	0.947274	0.986258	0.997882	1.000000
LSTAT	339.0	0.313397	0.202542	0.000000	0.156871	0.284216	0.425083	1.000000
RAD_1	339.0	0.038348	0.192319	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
RAD_2	339.0	0.056047	0.230353	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
RAD_3	339.0	0.070796	0.256864	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
RAD_4	339.0	0.209440	0.407510	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
RAD_5	339.0	0.230088	0.421511	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
RAD_6	339.0	0.053097	0.224559	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>RAD_7</b>	339.0	0.032448	0.177450	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_8</b>	339.0	0.044248	0.205949	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_24</b>	339.0	0.265487	0.442245	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000

### 1.c) Distribución gráfica de cada variable numérica estandarizada: X\_train\_Norm

In [584...

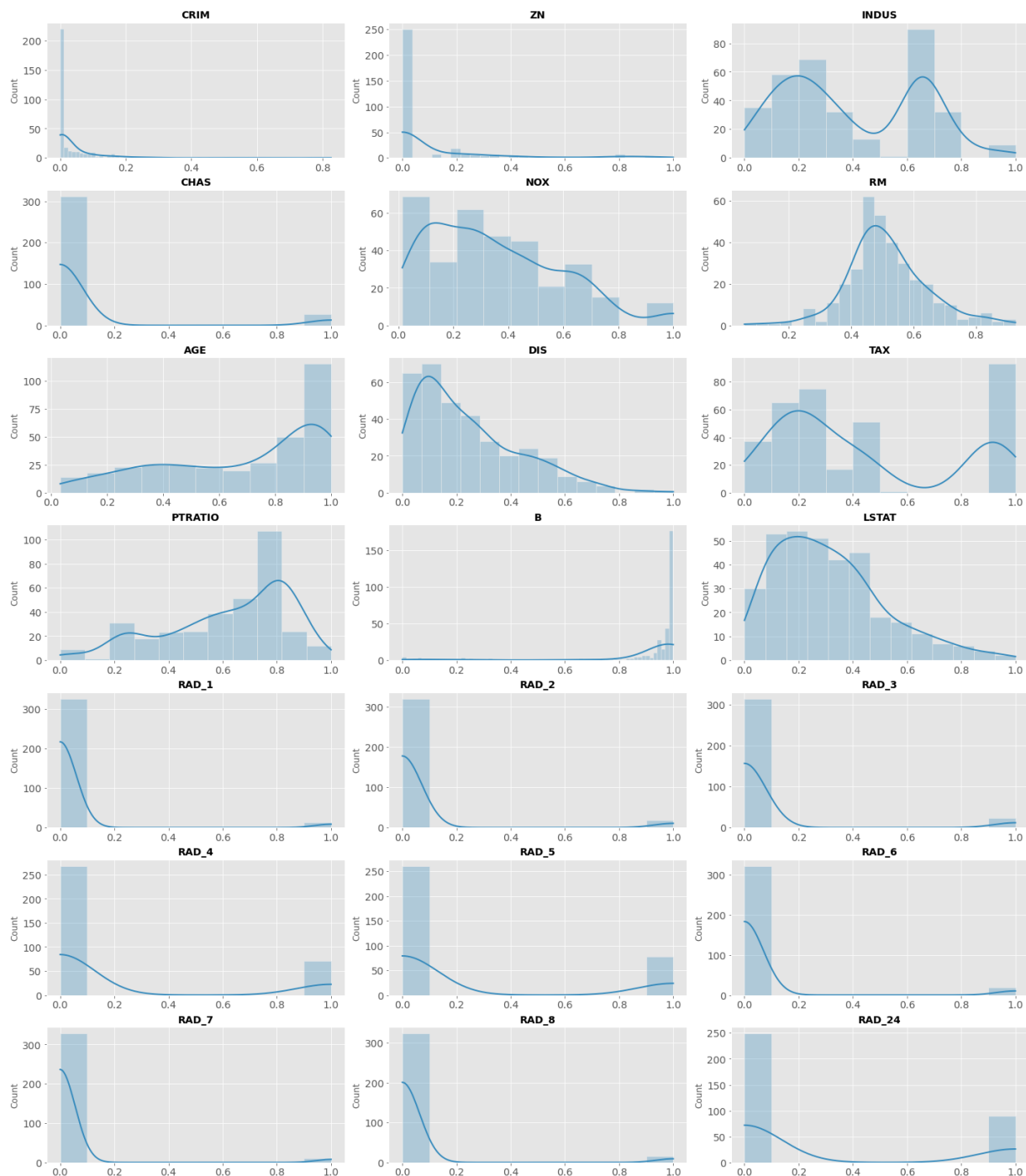
```
# Distribución gráfica de cada variable numérica estandarizada: X_train_Norm
# =====

fig, axes = plt.subplots(ncols=3, nrows=7, figsize=(20, 25))
axes = axes.flat
columnas_numeric = X_train_Norm.select_dtypes(include=['float64', 'int', 'uint8']).co

for i, colum in enumerate(columnas_numeric):
    sns.histplot(data = X_train_Norm, x= colum, stat= "count", kde = True, line_kws=
    axes[i].set_title(colum, fontsize = 14, fontweight = "bold")
    axes[i].tick_params(labelsize = 14)
    axes[i].set_xlabel("")

fig.tight_layout()
plt.subplots_adjust(top = 0.9)
fig.suptitle('Distribución de las Variables Numéricas X_train_Norm', fontsize = 24,
plt.savefig("Gafico4_Dist_Variabales_Numericas.png")
```

### Distribución de las Variables Numéricas X\_train\_Norm



La distribución de la muestra X\_train\_Norm facilita que las variables se distribuyan en el eje de las x en un rango de [0,1], por lo que se redimensionan las funciones de distribución de las variables de forma que resultan comparables en cuanto a su distribución de probabilidad.

Vemos que las funciones de distribución mantienen la misma forma que las de los datos originales, pero se equilibra el peso de las desviaciones estándar en un rango inferior al original.

## 2. Descripción estadística y gráfica de X\_test\_Norm

### 2.a) Data frame X\_test\_Norm

In [585...

```
X_test_Norm = pd.DataFrame(X_test_Norm)
X_test_Norm.columns = ["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM", "AGE", "DIS", "TAX", "PTRATIO", "B", "LSTAT", "RAD_1", "RAD_2", "RAD_3", "RAD_4", "RAD_5", "RAD_6", "RAD_7", "RAD_8", "RAD_24"]
```

In [586...

```
X_test_Norm.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
Int64Index: 167 entries, 307 to 347
Data columns (total 21 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  -
0   CRIM        167 non-null    float64
1   ZN          167 non-null    float64
2   INDUS       167 non-null    float64
3   CHAS        167 non-null    float64
4   NOX         167 non-null    float64
5   RM          167 non-null    float64
6   AGE         167 non-null    float64
7   DIS         167 non-null    float64
8   TAX         167 non-null    float64
9   PTRATIO     167 non-null    float64
10  B           167 non-null    float64
11  LSTAT       167 non-null    float64
12  RAD_1       167 non-null    uint8
13  RAD_2       167 non-null    uint8
14  RAD_3       167 non-null    uint8
15  RAD_4       167 non-null    uint8
16  RAD_5       167 non-null    uint8
17  RAD_6       167 non-null    uint8
18  RAD_7       167 non-null    uint8
19  RAD_8       167 non-null    uint8
20  RAD_24      167 non-null    uint8
dtypes: float64(12), uint8(9)
memory usage: 18.4 KB
```

2.b) X\_test\_Norm.Describe

```
In [587... X_test_Norm.describe().transpose()
```

Out[587...

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>CRIM</b>	167.0	0.036427	0.095256	0.000052	0.000794	0.002870	0.035025	1.000000
<b>ZN</b>	167.0	0.121766	0.238983	0.000000	0.000000	0.000000	0.200000	0.950000
<b>INDUS</b>	167.0	0.373466	0.250244	0.028959	0.154509	0.296921	0.646628	1.000000
<b>CHAS</b>	167.0	0.047904	0.214206	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>NOX</b>	167.0	0.342723	0.229909	0.000000	0.150206	0.302469	0.491770	1.000000
<b>RM</b>	167.0	0.536317	0.145848	0.000000	0.463403	0.526729	0.588139	1.000000
<b>AGE</b>	167.0	0.663850	0.288305	0.000000	0.399588	0.725026	0.929454	1.000000
<b>DIS</b>	167.0	0.241549	0.190348	0.004410	0.088407	0.178478	0.379930	0.871218
<b>TAX</b>	167.0	0.419676	0.318217	0.001908	0.179389	0.286260	0.914122	1.000000
<b>PTRATIO</b>	167.0	0.630908	0.228234	0.042553	0.510638	0.691489	0.808511	1.000000
<b>B</b>	167.0	0.899190	0.226743	0.008397	0.941538	0.984316	0.999395	1.000000
<b>LSTAT</b>	167.0	0.277073	0.183585	0.005243	0.134520	0.234823	0.385348	0.802428
<b>RAD_1</b>	167.0	0.041916	0.201000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_2</b>	167.0	0.029940	0.170935	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_3</b>	167.0	0.083832	0.277970	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>RAD_4</b>	167.0	0.233533	0.424351	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_5</b>	167.0	0.221557	0.416543	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_6</b>	167.0	0.047904	0.214206	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_7</b>	167.0	0.035928	0.186671	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_8</b>	167.0	0.053892	0.226484	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000
<b>RAD_24</b>	167.0	0.251497	0.435178	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	1.000000

## 2.c) Distribución gráfica de cada variable numérica estandarizada: X\_test\_Norm

In [588...

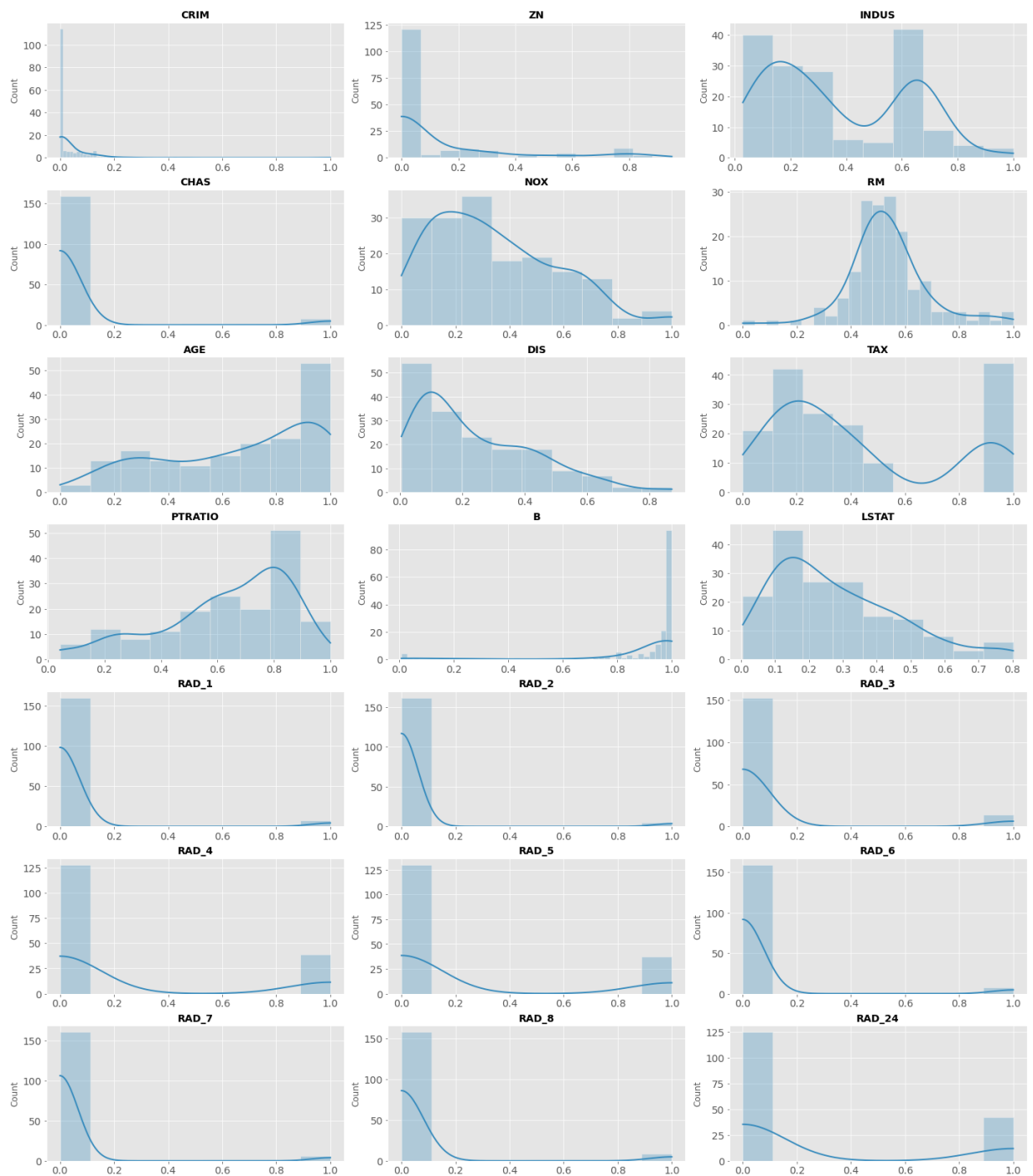
```
# Distribución gráfica de cada variable numérica estandarizada: X_test_Norm
# =====

fig, axes = plt.subplots(ncols=3, nrows=7, figsize=(20, 25))
axes = axes.flat
columnas_numeric = X_test_Norm.select_dtypes(include=['float64', 'int', 'uint8']).columns

for i, column in enumerate(columnas_numeric):
    sns.histplot(data = X_test_Norm, x= column, stat= "count", kde = True, line_kws=
    axes[i].set_title(column, fontsize = 14, fontweight = "bold")
    axes[i].tick_params(labelsize = 14)
    axes[i].set_xlabel("")

fig.tight_layout()
plt.subplots_adjust(top = 0.9)
fig.suptitle('Distribución de las Variables Numéricas X_test_Norm', fontsize = 24, fontweight = "bold")
plt.savefig("Gafico5_Dist_Variabales_Numericas.png")
```

## Distribución de las Variables Numéricas X\_test\_Norm



La distribución de la muestra X\_test\_Norm facilita también, que las variables se distribuyan en el eje de las x en un rango de [0,1], por lo que se redimensionan las funciones de distribución de las variables de forma que resultan comparables en cuanto a su distribución de probabilidad.

También vemos que las funciones de distribución mantienen la misma forma que las de los datos originales, pero se equilibra el peso de las desviaciones estándar en un rango inferior al original.

### 3. Resumen de las diferencias en medias y desviación estándar entre X\_train\_Norm y X\_test\_Norm

#### 3.a) Diferencias % en las medias

In [589...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con Los resultados de Las medias de los datos y train
outcomes7 = {'train_mean':X_train_Norm.mean(),'test_mean':X_test_Norm.mean()}
```



```
# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes7 = pd.DataFrame(outcomes7, index=["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes7['_error7'] =round( (abs(outcomes7['train_mean'] - outcomes7['test_mean']))

# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes7.sort_values(by='_error7')
outcomes7
```

Out [589...

	train_mean	test_mean	%_error7
<b>CRIM</b>	0.042572	0.036427	14.4361
<b>ZN</b>	0.109631	0.121766	11.0691
<b>INDUS</b>	0.400201	0.373466	6.6806
<b>CHAS</b>	0.079646	0.047904	39.8536
<b>NOX</b>	0.352341	0.342723	2.7297
<b>RM</b>	0.514752	0.536317	4.1893
<b>AGE</b>	0.682528	0.663850	2.7365
<b>DIS</b>	0.242791	0.241549	0.5115
<b>RAD</b>	NaN	NaN	NaN
<b>TAX</b>	0.423456	0.419676	0.8926
<b>PTRATIO</b>	0.618998	0.630908	1.9241
<b>B</b>	0.898261	0.899190	0.1033
<b>LSTAT</b>	0.313397	0.277073	11.5904
<b>RAD_1</b>	0.038348	0.041916	9.3045
<b>RAD_2</b>	0.056047	0.029940	46.5805
<b>RAD_3</b>	0.070796	0.083832	18.4132
<b>RAD_4</b>	0.209440	0.233533	11.5038
<b>RAD_6</b>	0.053097	0.047904	9.7804
<b>RAD_7</b>	0.032448	0.035928	10.7240
<b>RAD_8</b>	0.044248	0.053892	21.7964
<b>RAD_24</b>	0.265487	0.251497	5.2695

### 3.b) Diferencias % en las desviaciones estándar

In [590...

```
# Data Summary
# Creación de un diccionario con Los resultados de Las medias de Los datos y train
outcomes8 = {'train_dEst':X_train_Norm.std(), 'test_dEst':X_test_Norm.std()}

# Transformación del diccionario en un data frame
outcomes8 = pd.DataFrame(outcomes8, index=["CRIM", "ZN", "INDUS", "CHAS", "NOX", "RM ", "A

# Se añade el valor correspondiente al error %
outcomes8['_error8'] =round( (abs(outcomes8['train_dEst'] - outcomes8['test_dEst']))
```

```
# Salida de información en función del menor valor del error %.
#outcomes8.sort_values(by='%_error8')
outcomes8
```

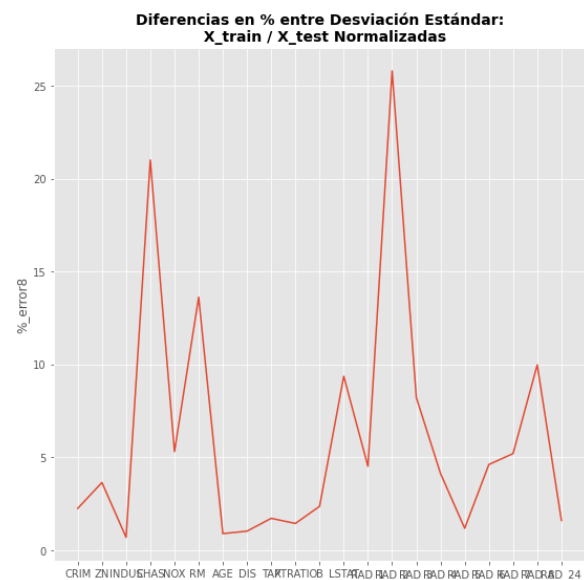
Out [590...

	train_dEst	test_dEst	%_error8
<b>CRIM</b>	0.097448	0.095256	2.2495
<b>ZN</b>	0.230587	0.238983	3.6408
<b>INDUS</b>	0.251985	0.250244	0.6910
<b>CHAS</b>	0.271145	0.214206	20.9994
<b>NOX</b>	0.242791	0.229909	5.3060
<b>RM</b>	0.128368	0.145848	13.6169
<b>AGE</b>	0.290903	0.288305	0.8931
<b>DIS</b>	0.192318	0.190348	1.0240
<b>TAX</b>	0.323767	0.318217	1.7144
<b>PTRATIO</b>	0.231565	0.228234	1.4387
<b>B</b>	0.232224	0.226743	2.3603
<b>LSTAT</b>	0.202542	0.183585	9.3597
<b>RAD_1</b>	0.192319	0.201000	4.5140
<b>RAD_2</b>	0.230353	0.170935	25.7944
<b>RAD_3</b>	0.256864	0.277970	8.2168
<b>RAD_4</b>	0.407510	0.424351	4.1326
<b>RAD_5</b>	0.421511	0.416543	1.1786
<b>RAD_6</b>	0.224559	0.214206	4.6105
<b>RAD_7</b>	0.177450	0.186671	5.1965
<b>RAD_8</b>	0.205949	0.226484	9.9709
<b>RAD_24</b>	0.442245	0.435178	1.5978

### 3.c) Gráfico de diferencias de errores en la media y desviación estándar entre: X\_train - X\_test Normalizadas

In [591...

```
fig, axes = plt.subplots(ncols=2, nrows=1, figsize=(20, 9))
axes = axes.flat
axes[0].set_title("Diferencias en % entre Medias\n X_train / X_test Normalizadas", f
sns.lineplot(data=outcomes7["%_error7"],color="blue", ax=axes[0])
axes[1].set_title("Diferencias en % entre Desviación Estándar:\n X_train / X_test N
sns.lineplot(data=outcomes8["%_error8"],ax=axes[1])
plt.savefig("Gafico5_Diferencias_medias_std.png")
```



file:///C:/Users/hecto/Downloads/Tasca M5- T02.html