

# Trabajo Práctico 2: Machine Learning

## Índice

- Trabajo Práctico 2: Machine Learning
  - Índice
  - Introducción
    - Filtrado
    - PCA
    - Nulos
  - Features
    - Feature engineering
      - ◊ Independientes del precio
      - ◊ Dependientes del precio
      - ◊ En relación a los textos
      - ◊ Distancias
      - ◊ One Hot Encoding
      - ◊ KD trees
      - ◊ Rankings
      - ◊ Intervalos
  - Clustering
    - Feature Selection
      - ◊ SelectKBest
      - ◊ SelectFromModel
      - ◊ Recursive Feature Elimination (RFE)
      - ◊ Recursive Feature Elimination w/ Cross Validation (RFECV)
      - ◊ Shap
  - Parameter tuning
    - Hyperopt
    - Random Search
    - Grid Search
  - Modelos
    - XGBoost
    - LightGBM
    - Catboosting
    - Random Forest
    - Extra Randomized Tree
    - Redes neuronales
      - ◊ Keras
  - Ensamblés
    - Stacking
    - Blending
  - Conclusiones

## Introducción

El objetivo principal del trabajo es determinar, para cada propiedad presentada, cuál es su valor de mercado. La realización del trabajo se hace con algoritmos de Machine Learning, una disciplina que busca poder generar clasificaciones en base a un entrenamiento sobre información pasada, seguida de una validación de las predicciones generadas. En el trabajo se prueban distintos algoritmos, los cuales todos en distinta manera hacen uso de los datos. Es por esto que es muy importante saber qué datos usar, y buscar cómo codificarlos de tal forma que mejor se aprovechen.

El primer paso del trabajo consistió en realizar una breve investigación sobre lo ya hecho en el trabajo anterior. En el primer trabajo práctico de la materia se realizó un análisis exploratorio de datos de la Zona Prop. Si bien no son exactamente los mismos datos que los trabajados acá, son de la misma índole.

## Filtrado

La detección de anomalías (outliers) implica el reconocimiento y corrección o eliminación de datos erróneos, un dato anómalo es aquel que tiene valores imposibles para uno o más de sus atributos. Por lo que en una primera instancia se decide, filtrar aquellos registros que semánticamente son posible pero no tiene sentido en el contexto de los demás datos, es decir que probablemente se trate de un dato mal ingresado. En las Figuras I-IV se pueden observar los recortes realizados.

## PCA

Se utilizó PCA en un intento de manipular la dimensionalidad de los datos. La idea de PCA es encontrar las "direcciones" principales de los datos, es decir, aquellas direcciones sobre las cuales podemos proyectar los datos reteniendo su variabilidad. Sin embargo, en un intento de reducir el ruido del set de datos, los resultados no fueron buenos ya que *overfiteaban*.

## Nulos

Algunos algoritmos admiten datos incompletos y otros no. En los casos en los que los datos incompletos no son admisibles, por lo tanto debemos solucionarlos de alguna forma.

El proceso de imputación de valores faltantes puede hacerse de muchas formas, una forma muy simple es completar con el valor promedio para atributos numéricos y con el valor más popular para atributos categóricos. Esto se realiza tanto con las habitaciones, garages, baños y antigüedad.

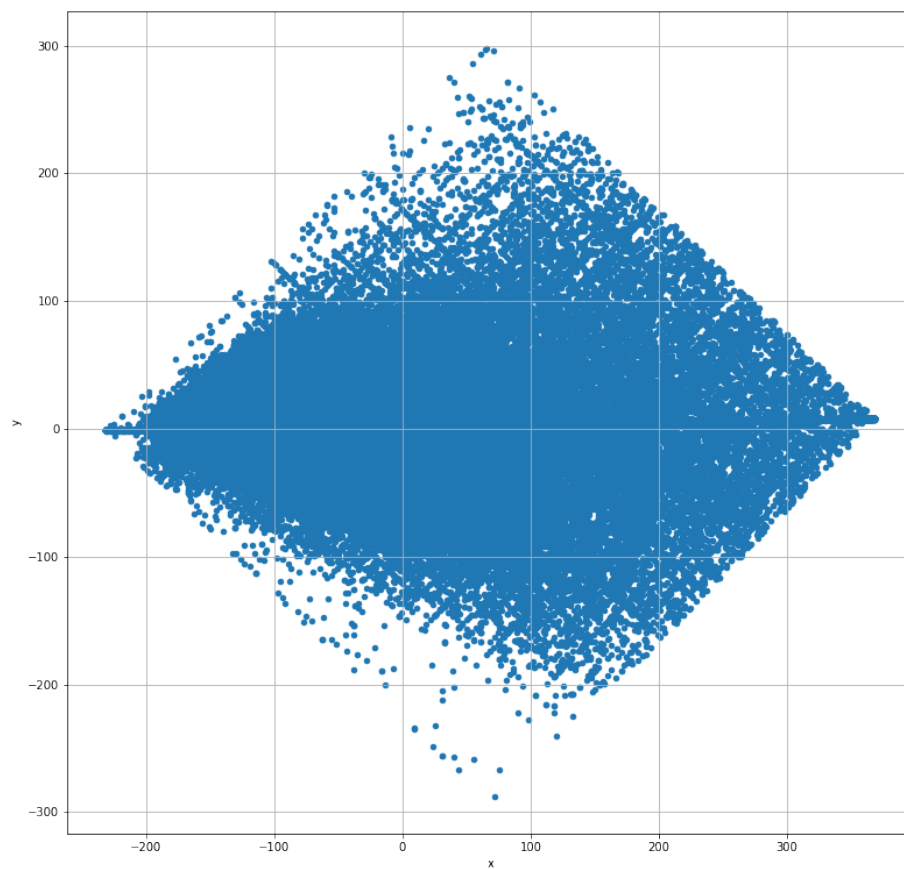


Figura 1: Búsqueda de outliers con features base sin precio

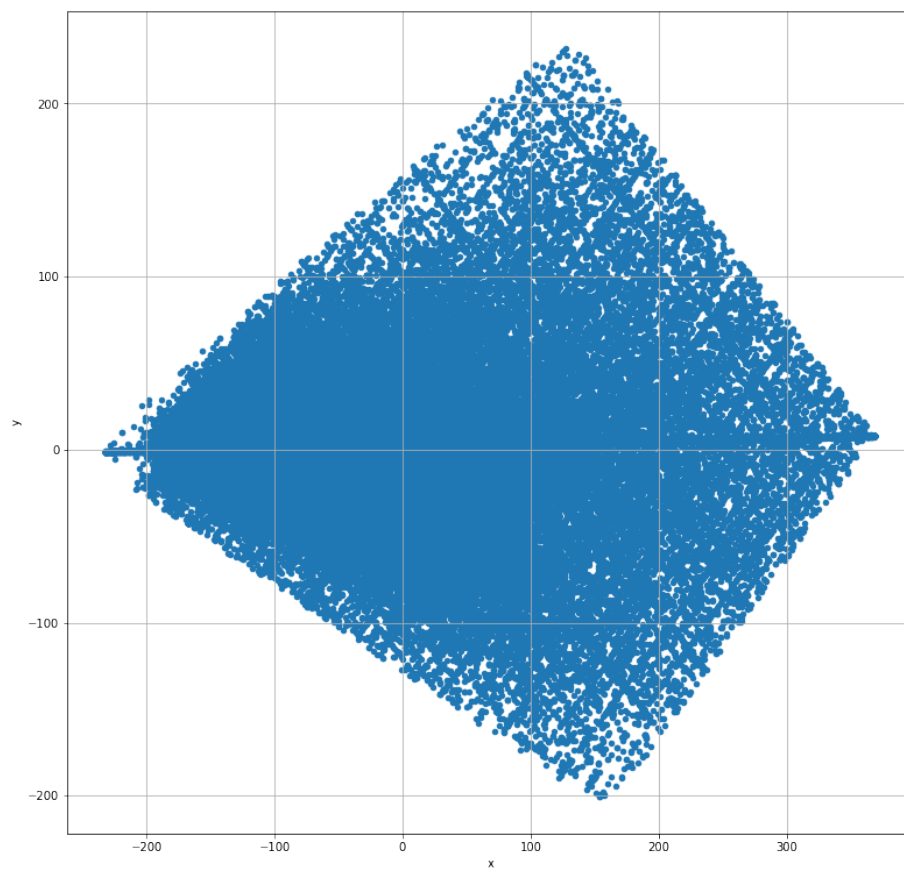


Figura 2: Filtrado de outliers con features base sin precio

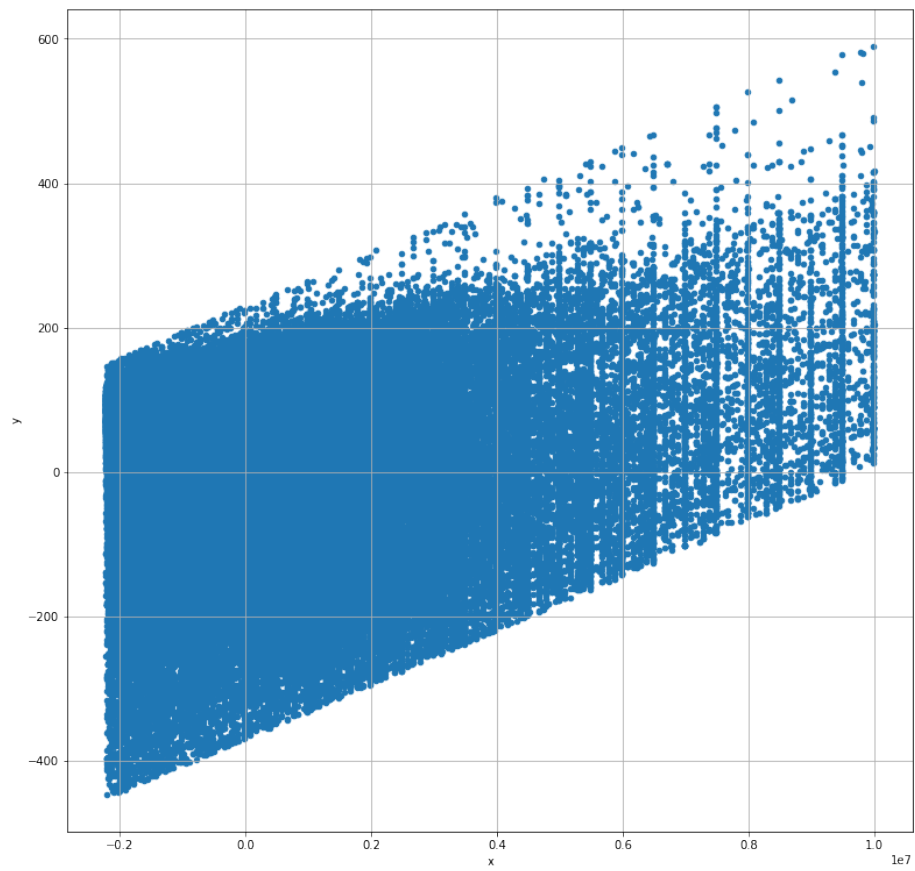


Figura 3: Búsqueda de outliers con features base incluyendo precio

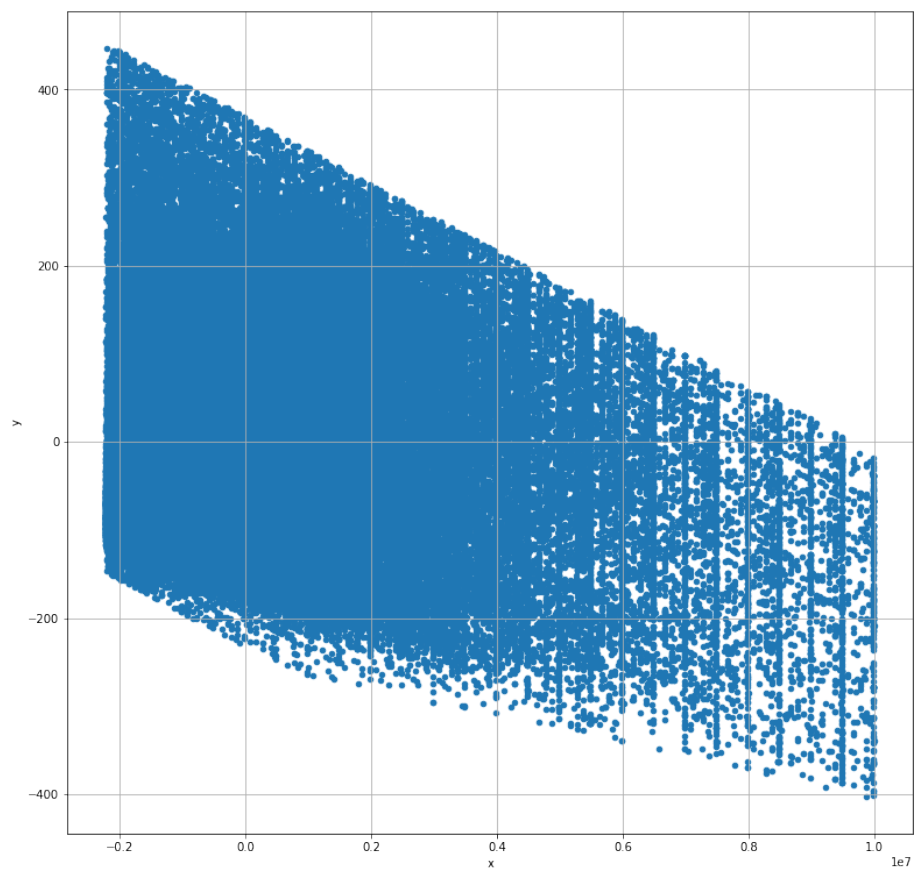


Figura 4: Filtrado de outliers con features base incluyendo precio

Por un otro, se puede ver que para toda propiedad con valor nulo en los metros totales, tiene valor en los metros cubiertos y viceversa. Por lo que se decide completar con este mismo.

Se completan las latitudes y longitudes faltantes con un promedio de estas features para aquellas propiedades que comparten `id_zona`, y en su defecto ciudad, y en el caso de no contar con ninguno de estos datos, con el promedio para las propiedades que comparten provincia. Verificando siempre que el promedio se encuentre dentro del mapa.

## Features

### Feature engineering

Con lo investigado del previo trabajo y todos los dataframes generados, se busca todo tipo de atributos de los usuarios, para que luego puedan ser seleccionados y aprovechados por los algoritmos a aplicar.

Primero se separan las features según su dependencia con el precio de la propiedad:

#### Independientes del precio

##### ■ Metros Totales y Cubiertos

- *metrostotales\_log, metroscubiertos\_log*: Escala logarítmica de los metros totales y cubiertos.
- *porcentaje\_metros*: Metros cubiertos sobre metros totales.
- *diferencia\_metros*: La diferencia entre los metros totales y cubiertos.
- *intervalo\_metros\_totales, intervalo\_metros\_cubiertos*: Se agrupan en 5 intervalos dependiendo del tamaño de la propiedad.
- *metros\_totales\_normalizados, metros\_cubiertos\_normalizados*: Los metros totales y cubiertos normalizados.

##### ■ Por tipo de propiedad

- *escomercial*: Booleano que indica si la propiedad es del tipo comercial(Bodega comercial, centro comercial, etc.) o no(Casa, apartamento, etc.).
- *tipo\_propiedad\_compartida*: Booleano que indica si la propiedad es compartida(Casa en condominio, Duplex, etc.) o no(Casa, apartamento, etc.).
- *promedio\_metros\_tipo\_propiedad, promedio\_metros\_cub\_tipo\_propiedad*: el promedio de metros que tiene cada tipo de propiedad.
- *prop\_frecuente*: Aquellas propiedades que aparecen en el mercado mayor cantidad de veces.

#### ■ Por ubicación

- *zona*: División del mapa por Norte, Centro o Sur.
- *top\_provincia*: Ranking de provincias ordenadas de las más caras a las menos (No depende del precio específicamente, solo se basa en los datos encontrados en el primer trabajo práctico).
- *es\_ciudad\_centrica*: Booleano que indica si la ciudad es la más poblada de la provincia (Ej: en Distrito Federal, Benito Juárez).
- *promedio\_metros\_totales\_provincia*, *promedio\_metros\_cubiertos\_provincia*: el promedio de metros que tiene cada provincia.

#### ■ Por fecha

- *anio\_mes\_dia*: Separó del feature fecha en día, mes y año.
- *trimestre*: Indicó en qué trimestre del año pertenece la propiedad.
- *dias\_desde\_datos*, *meses\_desde\_datos*: Distancias entre las diferentes publicaciones.

#### ■ Propiedades booleanas

- *escuelas\_centros\_cercanos*: Verifica si tiene escuelas cercanas, centros comerciales cercanos, ambos o ninguno.
- *delincuencia*: Booleano indicando si es una ciudad con alta tasa de delincuencia.
- *turismo*: Booleano indicando si es una ciudad considerada turística.
- *es\_lujoso*: Booleano que determina si una propiedad es lujosa o no, esto se verifica si la propiedad cuenta con piscina, usos múltiples y gimnasio.
- *es\_capital*: Booleano que indica si es la capital federal del país o no lo es.

#### ■ Por cantidad de habitaciones, garages y baños

- *cantidad\_inquilinos*: Promedio aproximado de personas que viven en la propiedad según la cantidad de habitaciones, garages y baños.
- *tam\_ambientes*: Los metros cubiertos dividido la cantidad de habitaciones y baños.

#### ■ Antigüedad

- *es\_antigua*: Booleano que indica si la propiedad tiene más de 30 de antigüedad, indicando si es o no antigua.
- *habitaciones\_antigüedad*: El promedio de habitaciones según la cantidad de años de la propiedad.

### Dependientes del precio

#### ■ Por ubicación



- *promedio\_precio\_provincia, promedio\_provincia\_log*: Agrupo por provincia y calculo el promedio del precio de cada una. Se genera un feature con el promedio normal y otro con una escala logarítmica.
- *promedio\_precio\_ciudad, promedio\_ciudad\_log*: Idem para cada una de las ciudades de México.
- *promedio\_precio\_ciudad\_gen*: Se generaliza el feature.
- *varianza\_precio\_ciudad*: Agrupo por ciudades y calculo la varianza del precio.
- *count\_ciudad*: Agrupo por ciudades y calculo la cantidad de propiedades que hay en esta.
- *promedio\_id\_zona, promedio\_id\_zona\_log, promedio\_id\_zona\_gen, varianza\_id\_zona count\_id\_zona*: Idem provincia y ciudades.

#### ■ Por tipo de propiedad

- *promedio\_precio\_tipo\_propiedad*: Se agrupa por tipo de propiedad y le asignó el promedio del precio.
- *promedio\_precio\_tipo\_propiedad\_ciudad, promedio\_precio\_tipo\_propiedad\_ciudad\_gen*: Agrupó tanto por el tipo de propiedad como para la ciudad a la que pertenece y le asignó el precio promedio.
- *count\_tipo\_propiedad*: Agrupo por tipo de propiedad y calculo la cantidad de propiedades de ese mismo tipo hay.
- *count\_tipo\_propiedad\_ciudad*: Se agrupó por tipo de propiedad y ciudad y calculo la cantidad de propiedades de ese mismo tipo hay en cada ciudad.

#### ■ Por fecha

- *promedio\_por\_mes*: Se calcula el promedio de precios por cada mes del año.
- *varianza\_por\_mes*: Se calcula la varianza de precios por cada mes del año.

#### ■ Por cantidad de habitaciones, garages y baños

- *promedio\_precio\_habitaciones*: Agrupo por cantidad de habitaciones y calculo el precio promedio.
- *promedio\_precio\_banos\_garages*: Idem pero agrupo por cantidad de baños y garages.
- *promedio\_precio\_habitaciones\_banos\_garages*: Idem pero agrupo por cantidad de habitaciones, garages y baños.
- *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad*: Idem pero agrupo también por tipo de propiedad.
- *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia*: Idem pero también agrupo por provincia.
- *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia\_gen*: Generalizó el último feature.

#### ■ Por propiedades booleanas

- *promedio\_precio\_booleanos*: Agrupo por las propiedades booleanas (si tiene o no piscina, gimnasio y usos múltiples) y calcular el precio promedio.

#### ■ Por puntajes (Insight)

- *puntaje*: A partir de lo aprendido en el Trabajo Práctico I, se realizó un importante aporte a Navent donde calificamos cada una de las propiedades con el objetivo de poder encontrar el ‘precio ideal’ para todas. Por ende teniendo en cuenta: la piscina, gimnasio, usos múltiples, cantidad de baños, habitaciones, garages, metros totales, cubiertos y provincia se van a rankear todas las propiedades.

### En relación a los textos

- *idf\_titulo, idf\_descripcion*: La idea de TF-IDF es darle a cada término un peso que sea inversamente proporcional a su frecuencia. Los términos que aparecen en muchas propiedades serán entonces menos importantes que los términos que solo aparecen en unos pocos. El IDF de un término se calcula de la forma:  $IDF(t_i) = \log\left(\frac{N+1}{f(t_i)}\right)$  Donde N es la cantidad de documentos y  $f(t_i)$  es la cantidad de registros en los que aparece el término. Y TF es el term frequency. Se calculan tanto para el título, como para la descripción de cada propiedad.
- *peso\_titulo, peso\_descripcion*: Un contador de palabras importantes en el título y la descripción.

### Distancias

- *distancia\_ciudad\_centrica*: Con la distancia Euclidiana se encuentra la distancia entre la propiedad con la ciudad más importante de la Provincia. es un conjunto de árboles de decisión en donde cada árbol usa un bootstrap del set de entrenamiento y un cierto conjunto de atributos tomados al azar.
- *distancia\_centro\_mexico*: Con la distancia Euclidiana se encuentra la distancia entre la propiedad y en centro de México: Distrito Federal.
- *distancia\_ciudad\_costosa*: A partir de las ciudades con mayores promedios en precio de cada provincia, se calcula la distancia entre cada propiedad y la misma.

### One Hot Encoding

Consiste en dividir el atributo en tantas columnas como valores posibles puede tener y usar cada columna como un dato binario indicando si el atributo toma o no dicho valor. Por lo que esta idea se repite para todos los features categóricos: provincia, tipo de propiedad, zona, etc.

## KD trees

Sklearn nos provee de *neighbors*, funcionalidad que resuelve el problema de los vecinos más cercanos. Este algoritmo consiste en encontrar los vecinos más cercanos del punto a clasificar, y luego simplemente predecir que el punto en cuestión es de la clase del cual la mayoría de sus vecinos sean parte. Se elige este algoritmo debido a que un enfoque con fuerza bruta cuenta con una complejidad algorítmica muy alta, KD Tree trabaja con una estructura muy eficiente ya que si el punto A es lejano del punto B y B es cercano a C, entonces logra darse cuenta que A y C son puntos lejanos sin tener que calcular sus distancias.

## Rankings

HOLAAAAAAAAAAAAAAAAA

Siguiendo la idea del Insight realizada en el Trabajo Práctico I, se realizaron diferentes rankings según las características de la propiedad:

- *ranking\_en\_provincia, ranking\_en\_ciudad*: Organiza las provincias dejando como primer puesto a aquella provincia/ciudad con precio más elevado.
- *ranking\_en\_provincia\_tipodepropiedad\_precio, ranking\_en\_provincia\_tipodepropiedad\_cantidad, ranking\_en\_provincia\_ciudad\_precio, ranking\_en\_provincia\_ciudad\_cantidad*: El ranking se basa en dos atributos, va a depender de su provincia y del tipo de propiedad, o de la provincia y la ciudad. Además se realizan dos tipos de ranking: uno basado en sus precios y el otro en ‘popularidad’, es decir la cantidad de propiedades que cuentan con esas características.
- *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_metros\_totales\_precio* , *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_metros\_totales\_cantidad* , *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_metros\_cubiertos\_precio* , *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_metros\_cubiertos\_cantidad* , *ranking\_en\_tipodepropiedad\_intervalo\_metros\_totales\_precio* , *ranking\_en\_tipodepropiedad\_intervalo\_metros\_totales\_cantidad* , *ranking\_en\_tipodepropiedad\_intervalo\_metros\_cubiertos\_precio* , *ranking\_en\_tipodepropiedad\_intervalo\_metros\_cubiertos\_cantidad*: En una primera instancia se generan intervalos(en cuanto a los percentiles) tanto para los metros totales, como los cubiertos. Una vez separados según su tamaño, estos son agrupados con provincia y con tipo de propiedad y se genera un ranking que dependa de ambos atributos.
- *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_distancia\_ciudad\_cara\_precio* , *ranking\_en\_provincia\_intervalo\_distancia\_ciudad\_cara\_cantidad*: Nuevamente es necesario generar intervalos entre todas las distancias encontradas a partir de los percentiles. Se toman esos intervalos y se agrupan junto con la provincia perteneciente a cada uno de las propiedades y con ello generar el ranking.

## Intervalos

A continuación enumeramos todos los nuevos features que fueron divididos tanto por intervalos **uniformes**, como por intervalos que dependen de sus **percentiles**. Se cuenta con una función genérica que permite generar n intervalos según la conveniencia. Para el trabajo, se eligieron 12 intervalos para cada feature, ya que con un número más elevado podríamos correr el riesgo de overfitear los resultados. - *antiguedad\_bins\_unif*, *antiguedad\_bins\_perc* - *distancia\_centro\_bins\_unif*, *distancia\_centro\_bins\_perc* - *distancia\_centro\_mexico\_bins\_unif* , *distancia\_centro\_mexico\_bins\_perc* - *distancia\_ciudad\_cara\_bins\_unif* , *distancia\_ciudad\_cara\_bins\_perc* - *promedio\_id\_zona\_bins\_unif*, *promedio\_id\_zona\_bins\_perc* - *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia\_bins\_unif*, *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia\_bins\_perc* - *promedio\_precio\_tipo\_propiedad\_ciudad\_bins\_unif*, *promedio\_precio\_tipo\_propiedad\_ciudad\_bins\_perc* - *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia\_bins\_unif* , *promedio\_precio\_hbg\_tipo\_propiedad\_provincia\_bins\_perc* - *tam\_ambientes\_bins\_unif*, *tam\_ambientes\_bins\_perc* - *metrostotales\_bins\_unif*, *metrostotales\_bins\_perc* - *metroscubiertos\_bins\_unif*, *metroscubiertos\_bins\_perc*

## Clustering

Clustering es una técnica de entrenamiento no supervisado, es decir que se va a trabajar con las propiedades del DataFrame, sin tener un tipo de salida esperado. La idea principal es agrupar aquellos ítems similares dentro del mismo grupo. Específicamente, en este trabajo práctico se realizaron varias asociaciones de datos, teniendo en cuenta distintos conjuntos de features para cada una de ellas. En particular, se utilizó k means como método de agrupamiento, el cual tiene como principal hiper parámetro la cantidad de clusters entre los cuales se pretende dividir la información. Como en el resto del trabajo, elegir buenos hiper parámetros es esencial para maximizar los resultados de las predicciones, no obstante, se procedió a graficar en cada caso el score vs la cantidad de clusters. A modo de ejemplo, a continuación se muestra el esquema correspondiente a los features: metrostotales, metroscubiertos, metrostotales\_log, metroscubiertos\_log, porcentaje\_metros, diferencia\_metros, intervalo\_metros\_totales, intervalo\_metros\_cubiertos, metroscubiertos\_bins\_unif y metroscubiertos\_bins\_perc y su respectivo puntaje variando la cantidad de agrupaciones(Figura V).

### Score vs Cantidad de Features

Dado el gráfico se puede observar que a partir de 6 clusters empieza a ser menos relevante el score que se pierde comparado con lo ganado previamente. De esta manera se determinó el número de clusters con los cuales trabajar para los mencionados features. Para obtener una representación visual de como quedaron separadas las propiedades, y a modo de ejemplo, en el siguiente gráfico (Figura VI) se muestra la proyección en dos dimensiones de las columnas: metros totales y metros cubiertos, donde el color de cada punto indica a qué cluster pertenece.

### Metros totales vs metros cubiertos

Como conclusión de los features encontrados se presenta un mapa de correlación con algunos de los features que presentan mayor relación con el precio (Figura VII), es la misma idea presentada en el primer trabajo enlazado con lo aprendido hasta el momento. Como se puede observar, no todos los features cuentan con el mismo *peso*, se podría decir que algunos son más importantes que otros a la hora de predecir los precios de las propiedades. Es por eso que en la siguiente sección nos concentramos en la selección de los mismos con el fin de entrenar los modelos solamente con los mejores. Se excluyen varios features y se separa en 4 gráficos debido a la alta cantidad de features con el fin de facilitar la lectura de los resultados, siempre mostrando una comparación con el precio para poder apreciar principalmente si el feature tiene una fuerte o débil relación con el mismo.

### **Feature Selection**

Una vez que se tienen todos los atributos en un mismo dataframe y luego de un par de pruebas se ve que no siempre hay que entrenar los modelos con la totalidad del dataframe. Viendo que para algunos algoritmos el orden y la selección de los features lograba distintos resultados, se busca la forma de encontrar la combinación óptima de features y eliminar todo el ruido posible.

#### **SelectKBest**

Elige los mejores features tomando los k que cuenten con mayor correlación con el precio.

#### **SelectFromModel**

Este método es muy similar a SelectKBest, entrena un modelo y devuelve los k features con mayor relevancia pero aquí se va a condicionar por el puntaje que le dio el modelo. Es importante que el modelo tiene que ser compatible con la API de sklearn.

#### **Recursive Feature Elimination (RFE)**

RFE fue la herramienta que nos dejó los mejores resultados. Se trata de un método que va eliminando aquellos features que sean débiles hasta quedarse con la cantidad establecida. Para ello, rankea todos los features y a través de una eliminación recursiva obtengo el resultado final.

#### **Recursive Feature Elimination w/ Cross Validation (RFECV)**

Selecciona los mejores subsets de features usando RFE, y se queda con el mejor de ellos basándose en el puntaje obtenido con cross-validation.



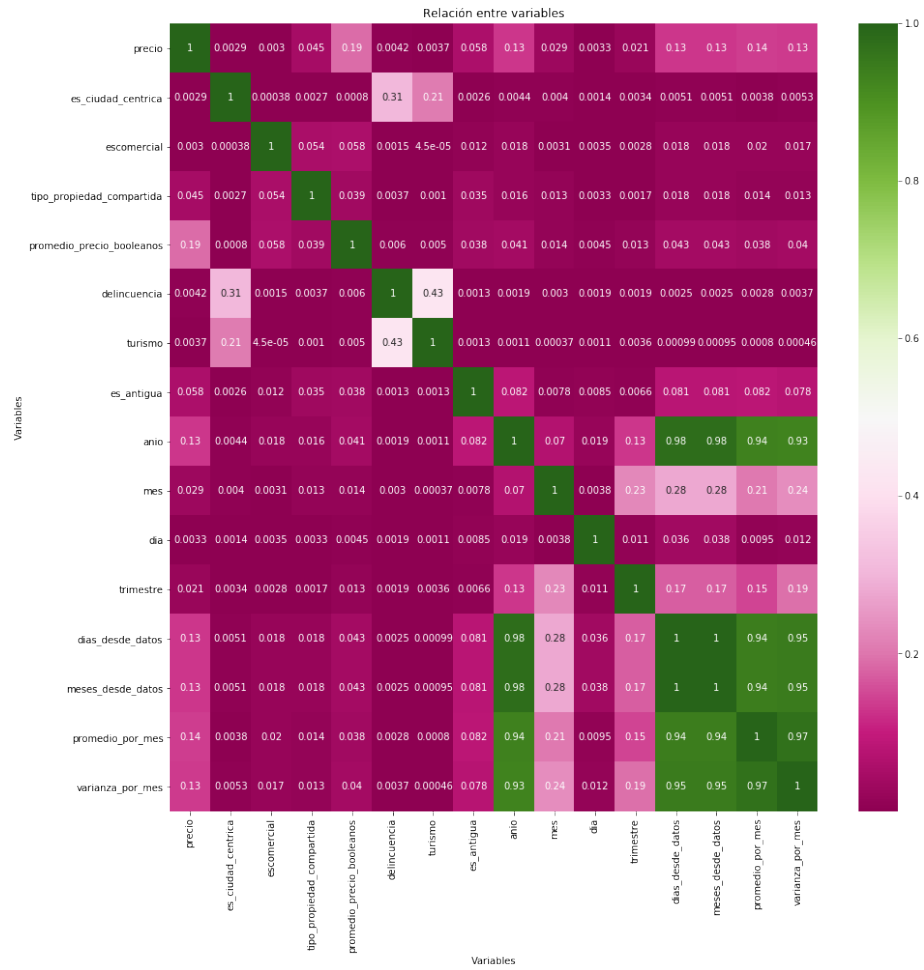


Figura 6: Correlación de los features(booleanos y en relación al tiempo)

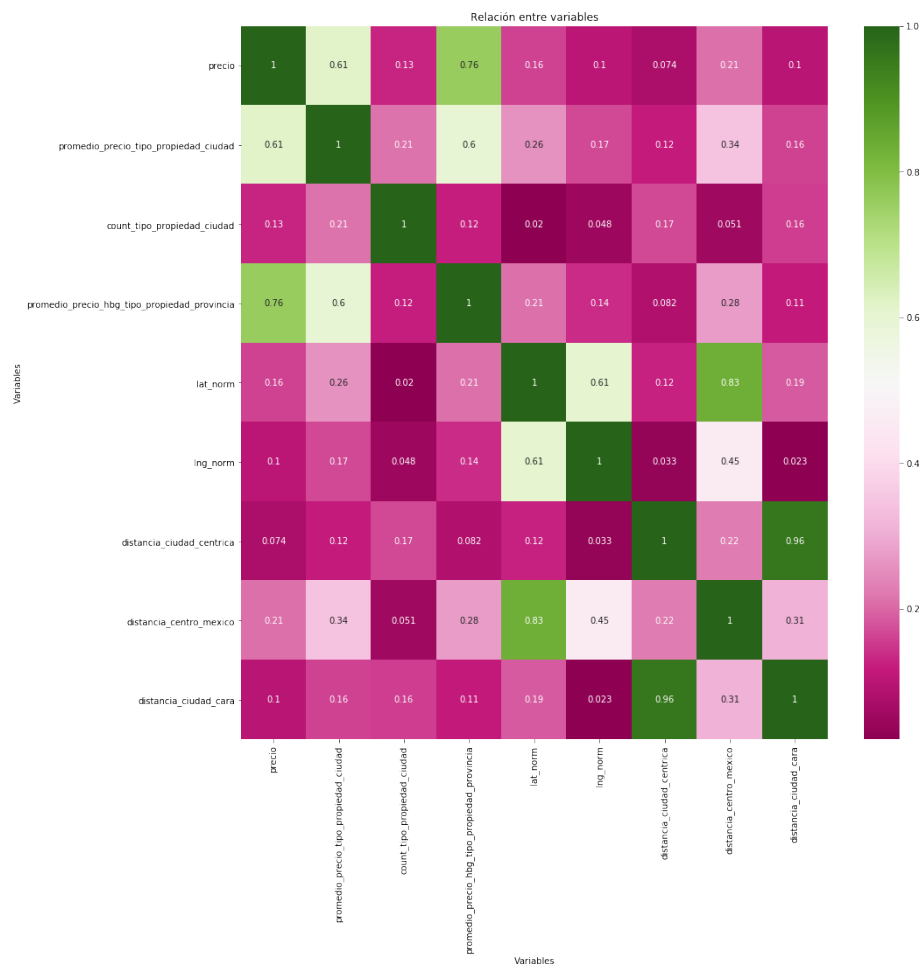


Figura 7: Correlación de los features(Por ubicación)





Figura 8: Correlación de los features(otros)

## Shap

Shap es una herramienta que nos permite evaluar cuánto cambia el modelo a partir del valor de cada uno de los features. Es decir que, estima cuánto aumenta o disminuye la importancia de un feature a la predicción final. Esto, a la vez, permite que sea posible la visualización de un feature que hace mucho ruido, en otras palabras nos alerta cuando un feature no tiene consistencia en cuánto suman o restan considerando su valor.

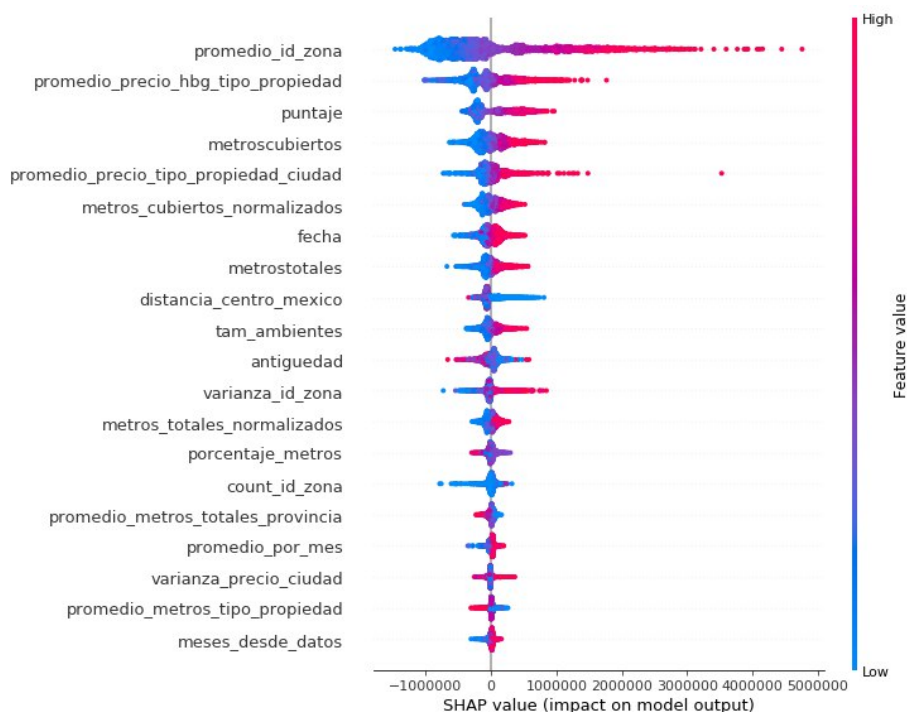


Figura 9: 20 features más relevantes según Shap

Se puede observar en la Figura XX los 20 features más relevantes y el impacto en la predicción final según su valor. Los features como *antigüedad*, *\_varianza\_id\_zona* y *varianza\_precio\_ciudad* generan mucho ruido por tener poca correlación entre sus respectivos valores y su peso al momento de predecir.

## Parameter tuning

En los primeros modelos corridos fue cuando se empezó a notar lo que ya se sabía: los hiper-parámetros son muy importantes y puede marcar la diferencia entre un buen modelo y uno promedio o incluso malo. Inicialmente, debido a la gran

cantidad de opciones para algunos algoritmos, optamos por utilizar hyperopt, random search y grid search.

## Hyperopt

En primera instancia se utilizó Hyperopt para hallar los mejores hiperparametros de cada uno de los modelos debido a que es una API bastante simple y fácil de utilizar. Se podría describir como una RandomSearch *guiado*, ya que la misma API puede dar cuenta de cuando es necesario modificar los resultados, es decir que, trabaja tomando muestras al azar y logra entender qué combinaciones probar y cuáles no. Este método permite usar distintos y amplios set de opciones (hp.choice, hp.randit, hp.quniform, hp.qloguniform, hp.normal, hp.uniform, hp.lognormal, etc.) lo cual facilita la búsqueda automatizada para las distintas combinaciones de hiperparametros. Los resultados a partir del uso de Hyperopt fueron en su mayoría buenos, sin embargo el tiempo de ejecución no es de lo mejor.

## Random Search

Este modelo cuenta con varias diferencias importantes con hyperot. La principal ventaja es que usa Cross-Validation, de esta forma se puede asegurar que los hiperparametros no overfiteen el modelo. Es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis y garantizar que sean independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. Consiste en repetir los cálculos sobre las diferentes particiones.

En cuanto a las desventajas: por un lado, a diferencia de hyperopt, no permite un rango continuo de valores, es necesario establecer un arreglo con valores discretos. Y aún así, el modelo es más costoso, ya que va a evaluar cada combinación de hiperparametros k veces por cada k fold (con el beneficio de asegurarse que no overfiteen hacia un resultado)

## Grid Search

Se importa GridSearchCV de la librería de sklearn. Es importante tener en cuenta que es extremadamente costoso este método ya que prueba todas las combinaciones posibles para cada una de las opciones que le designamos. Para evitar esto, se toman los resultados obtenidos en hyperopt o RandomSearch con el objetivo de acotar los valores y a partir de ellos poder trabajar con Grid Search. No deja de ser un modelo extremadamente costoso pero de esta manera se reduce en un gran porcentaje el tiempo de ejecución y se logra encontrar valores óptimos.

## Modelos

### XGBoost

XGBoost es un algoritmo muy eficiente de gradient boosting en árboles. A diferencia de otros modelos de gradient boosting utilizados, este no puede utilizar features categóricos, solamente acepta numéricas. Por ende fue necesario generar los features de forma manual, ya sea con one hot encoding, mean encoding, etc. Con el objetivo de evitar el overfitteo fue importante considerar el valor de los hiperparametros de `learning_rate`, `max_depth` y `min_child_weight`. Al ser un modelo que tiene un tiempo de ejecución tanto para el entrenamiento como para la predicción alto, se tomaron en cuenta diferentes hiperparametros para controlar la velocidad: `colsample_bytree`, `subsample` y `n_estimators`.

### LightGBM

LightGBM es simplemente el algoritmo que constantemente mejores resultados nos dio. Este algoritmo de gradient boosting sobre árboles se diferencia de XGBoost en que construye los árboles según las hojas, y no los niveles. Es importante que sus hiper-parámetros estén bien configurados (por ejemplo, la profundidad máxima de los árboles), para que rápidamente se encuentran muy buenos saltos de calidad en el modelo. Algunos de los hiperparametros más importantes buscados que se encargaron de controlar el overfitteo fueron: `learning_rate`, `max_depth`, `min_data_in_leaf` y `num_leaves`. Por otro lado, también se tuvieron en cuenta hiperparametros que facilitarían el control de la velocidad del modelo, tales como `bagging_fraction` o `num_iterations`. Este algoritmo también se destaca por ser rápido y consumir poca memoria. También, tiene un gran manejo de la dimensionalidad de los datos, sin cambiar mucho frente a ellos.

En la figura X, se muestra una porción del árbol de decisión tras correr el algoritmo. El objetivo es llegar a nodos hoja en los cuáles podemos clasificar correctamente nuestros datos.

Como se puede ver en la Figura xxx, la mejora a partir de la iteración 30 es despreciable, es decir que el error absoluto medio no baja de lo encontrado.

### Catboosting

Una propiedad a favor de este modelo es que acepta las variables categóricas. A diferencia de otros modelos como LightGBM que no acepta categóricos, por ende la conversión es manual por parte de los usuarios. Sin embargo cuenta con una gran contra que es que no acepta features del tipo float. Con el objetivo de no dejar de lado los features importantes, se decidió multiplicar por un valor elevado constante y convertir en integer. Este modelo de *gradient boosting*, entrena y



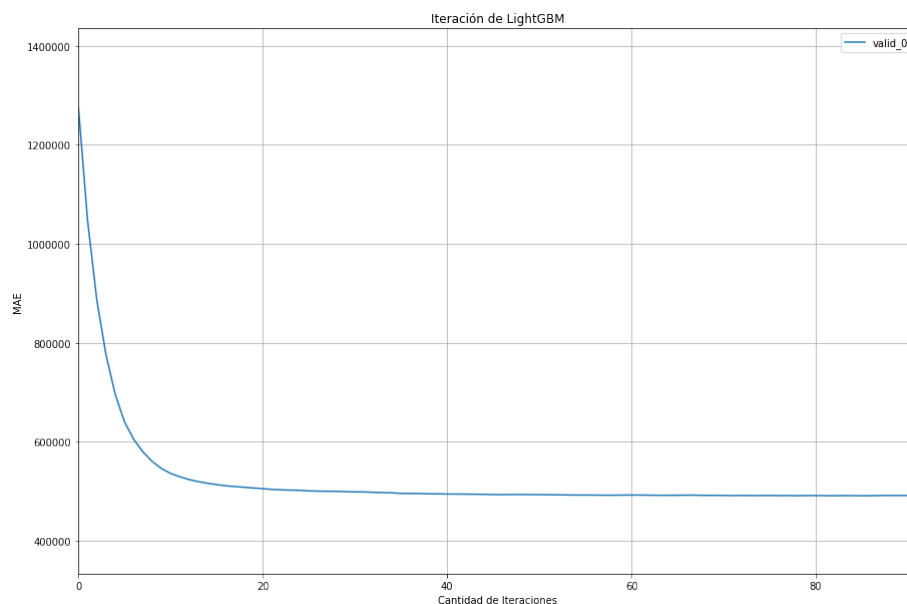


Figura 11: Iteraciones vs MAE

predice de forma bastante rápida. Se buscaron los mejores hiper parámetros para `learning_rate`, `depth` y `l2-leaf-reg` con la idea de evitar el overfiteo. Además se repitió este proceso para `iterations` para poder controlar el tiempo del mismo.

En la Figura XX se puede ver como va disminuyendo el error a medida que aumentan las iteraciones tanto para el entrenamiento como para el testeo.

## Random Forest

Es un conjunto de árboles de decisión en donde cada árbol usa un bootstrap del set de entrenamiento y un cierto conjunto de atributos tomados al azar. Es una aplicación directa de bagging a árboles de decisión pero con una diferencia, cada árbol no usa el total de atributos sino un subset de los mismos. El modelo produjo buenos resultados para la mayoría de los sets de datos, esto se debe a su habilidad para evitar overfitting.

## Extra Randomized Tree

Teniendo en cuenta que los resultados de Random Forest fueron muy buenos, se utilizó un modelo bastante similar ya que ambos modelos son un ensamble de un árbol individual. Se presentan dos diferencias fundamentales: En este nuevo modelo, cada árbol es entrenado con todo el set de entrenamiento, por otro lado,

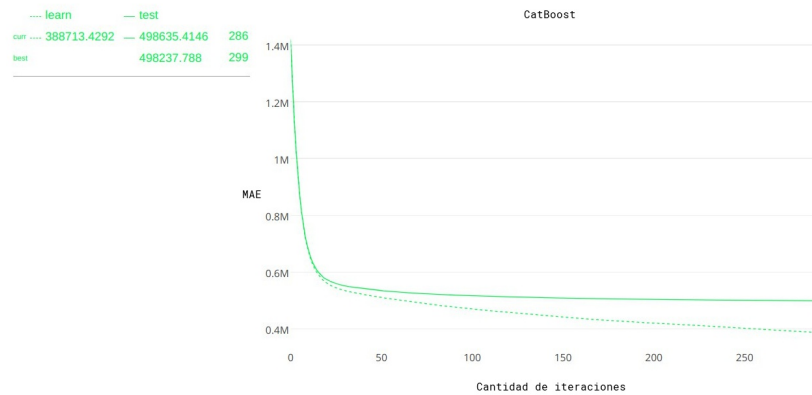


Figura 12: Iteraciones vs MAE

el 'split' es completamente random. A partir de todos los cortes generados, nos vamos a quedar con aquel que cuente con el mayor score. Los resultados obtenidos con este método, son levemente peores que Random Forest, sin embargo vale la pena considerarlo.

## Redes neuronales

### Keras

Se planteó una red neuronal sencilla que define un procedimiento que nos devuelve una red neuronal. Con la instrucción Dense, se añade una capa oculta(hidden layer) de la red, en cada una de las instrucciones se definen la cantidad de nodos, la función de activación para las capas(En las capas ocultas ReLu y para la capa de salida linear). Para obtener buenos resultados fue necesario normalizar todos los features previamente al entrenamiento. Con ello obtenemos que el set comprenderá valores de entre 0 y 1. Con esto el entrenamiento suele aportar mejores resultados.

### Ensamblados

Los mejores algoritmos de Machine Learning suelen surgir de la combinación de varios algoritmos. A continuación se detallan diferentes ensambles que se tuvieron en cuenta en el trabajo práctico:

## Stacking

Se utilizó una API llamada `vecstack` para implementar el ensamble, conveniente para la automatización OOF(out of fold), predicción y bagging de cualquier cantidad de modelos. Es decir que es utilizado para combinar diferentes algoritmos de machine learning, con el uso de k-fold validation de esta forma nos aseguramos de que no se overfit a un resultado agrupando de a k intervalos. Por cada tipo de algoritmo se realizan k fracciones del dataset, se realizan las predicciones de los modelos y luego se calcula un promedio de los k resultados. Este promedio de las predicciones será una nueva feature del modelo. Este proceso se repite para todos los modelos que serán ensamblados. Una vez que me encuentro con todos los features nuevos, existen varios caminos para continuar. Por un lado, la idea más sencilla sería realizar simplemente un promedio de todos los valores(average), lo cual generó muy buenos resultados. Por el otro lado, se puede utilizar un modelo para nuevamente realizar predicciones con las nuevas features. Se tomó primero únicamente las nuevas features generadas y se probó con LightGBM, luego se repitió la idea pero esta vez utilizamos todas las features y se añadieron las recientemente generadas.

Los resultados obtenidos con este ensamble fueron muy buenos, y esto se debe a la técnica de OOF que asegura que no se overfitee en el resultado final. En contraparte, debido al uso de muchos modelos, el tiempo de ejecución es de los peores. En conclusión es mayor el beneficio que nos trae, que el costo así que es considerado de los mejores modelos.

## Blending

Otra forma de combinar el resultado de diferentes algoritmos de Machine Learning para obtener un resultado final es el proceso de Blending. Este ensamble se realiza a partir de clasificadores diferentes. La idea es entrenar varios clasificadores y armar un set de datos con sus predicciones para luego entrenar otro clasificador que realice las predicciones finales en base a la combinación de los resultados obtenidos. Se siguieron los pasos detallados en el Apunte de la materia<sup>1</sup>, los cuales incluyen el entrenamiento de n modelos cuatro veces con diferentes particiones de datos y el entrenamiento del modelo blender dos veces. Este proceso se realizó de las dos formas establecidas, tanto con el set de entrenamientos conocido y luego nuevamente con el súper-set. Una gran ventaja de este algoritmo en comparación con Stacking es que los n modelos finales van a estar entrenados con el set de entrenamiento y el de testeo(esto es posible ya que el set de testeo fue actualizado previamente con una nueva columna con precios que se predijeron). En definitiva, este modelo tendrá muchos más datos, lo cual significa, en consecuencia, más tiempo. Además otra desventaja con la que se cuenta es que al no utilizar KCrossValidation, la posibilidad de overfit es más grande(tanto para los datos del set de testeo, como para los nuevos datos que no formaron

---

<sup>1</sup>Organización de Datos, Apunte del Curso: [https://piazza.com/class\\_profile/get\\_resource/jz8g9vqp3nt2c8/jz8ga327u6p2hn](https://piazza.com/class_profile/get_resource/jz8g9vqp3nt2c8/jz8ga327u6p2hn)



parte del proceso de entrenamiento del blending). Con el objetivo de hacer un entrenamiento más representativo, se trabaja con Stratify, es decir que, al realizar la división *train\_test\_split* se tiene en cuenta como categorías las provincias y los intervalos de metros cubiertos, de tal forma de que las proporciones se mantengan en cada una de las particiones.

## Conclusiones

El primer modelo con el que se trabajó fue LightGBM, este algoritmo fue el más rápido de todos y el más liviano. Se utilizó esto como ventaja a lo largo del trabajo para probar nuevos features o nuevos modelos de ensambles ya que se en poco tiempo se puede verificar que funcione y en su mayoría da muy buenos resultados. Se puede concluir que en el caso de contar con un dataframe más grande lo más recomendable es usar este modelo. En contraparte, se noto que es sensible al overfitteo. Luego se trabajó con XGBoost, nuevamente un modelo con la técnica de Gradient boosting. Se consiguieron los mejores resultados, sin embargo es considerablemente más lento que LightGBM. El beneficio conseguido vale el costo, por ende en cuanto a precisión este modelo es muy recomendado. Por último, en cuanto a técnicas de Gradient boosting se utilizó Catboost. En principio, en comparación con los anteriores, no tiene muchos hiperparametros, dejando varias ramas que fueron profundizadas previamente bastante abiertas. Este modelo tiene una gran ventaja y es que permite el uso de variables categóricas, sin embargo no fue del todo útil con el dataset que se nos presenta, y esto se debe a que cuenta con muy pocas variables categóricas realmente relevantes y para aquellas que lo son se buscaron formas de encodear (one hot encoding, mean encoding, etc.). De esta manera, no se aprovechó al máximo la principal ventaja y concluyó siendo más lento y más pesado de lo esperado. No se deja de recomendar este algoritmo en el caso de contar con variables categóricas más fuertes, ya que de ser así es una técnica muy precisa, rápida y con uno de los menores overfiteos. Luego se pasó por Redes Neuronales, y aquí no se encontraron los resultados esperados. En un principio los resultados de Keras fueron malos. Tras normalizar todos los features, se encontraron resultados más amigables. Modificando los diferentes layers de la red neuronal mejoraron incluso un poco más pero no lo suficiente como para considerarlo en el modelo del ensamble final. Random Forest y Extra Randomized Tree son dos modelos pesados en memoria y relativamente lentos comparado a sus alternativas de gradient boosting. Más allá de su tiempo, devolvió muy buenos resultados y la búsqueda de hiperparametros fue simple ya que no cuenta con muchos. Se puede concluir que Random Forest deja mejores resultados que Extra Randomized Tree, lo cual era esperable debido a sus técnicas random que plantea. Una vez que se conocieron todos estos modelos, se pasó a la etapa de ensamble. Primero se trabajó con Stacking: Como se mencionó previamente en la sección de este ensamble, el modelo se preocupa porque no overfiteen los resultados. Esto nos permitió encontrar las mejores predicciones. Además cuenta con diferentes variantes, por ende nos permitió encontrar diferentes soluciones interesantes. Por un lado la más básica, simplemente con el cálculo del promedio

que generó buenos resultados. Luego una opción un poco más compleja, que sin dudas fue de las mejores soluciones entregadas que fue usando layers de stacking adicionales. Con tan solo usar un nivel de stacking y con sus resultados pasarlos por LightGBM, se obtuvieron los mejores resultados hasta la fecha. Esta resolución incluyó en el ensamble: LightGBM, XGBoost, CatBoost y Random Forest. Por último se trabajó con Blending. Los resultados encontrados con el Blending ‘costoso’, es decir la variante que utilizaba un súper-set que reutiliza las predicciones que calculó previamente, fueron mejores en comparación a la versión más corta y menos costosa de Blending explicada en el apartado de Ensamblados. Nuevamente se trabajó con LightGBM, XGBoost, CatBoosting y Random Forest, pero los resultados obtenidos son considerablemente peores que Stacking. Además el modelo es más costoso ya que además de entrenar el modelo múltiples veces, se está aumentando el ser de entrenamiento en cada paso. A modo de conclusión, se pudo comprobar empíricamente que Machine Learning requiere de una serie de trucos. En un primer lugar, se observó que con el agregado de features que a nuestra visión eran irrelevantes para la predicción, el score mejoró notablemente. Un ejemplo de esto es el cálculo de las distancias o lo específico en ubicación relacionado con el idzona. Así mismo, se puede notar que ante mínimos cambios el score empeoraba o mejoraba de forma notable, demostrando el efecto avalancha de esta disciplina. Por otro lado, consideramos que aún quedarían distintas opciones por probar como por ejemplo, teniendo en cuenta que los modelos de ensambles funcionan mejor cuando las predicciones en los modelos varían considerablemente y también considerando que tres de los cuatro modelos elegidos usan la técnica de Gradient Boosting, es decir que no hay una diferencia importante. Se concluye que para mejorar el modelo, lo ideal sería utilizar modelos variados como por ejemplo Keras, el cual no fue utilizado debido al alto error encontrado. También se podrían haber empleado otros tipos de redes neuronales, ya que tras ‘fracasar’ con Keras, se continuó con nuevas ramas y no se profundizó sobre el tema.