

## **Título**

Análisis y Agrupación de los Operadores del Departamento de Transportes de la Planta Bimbo Azcapotzalco a través de Machine Learning.

## **Resumen**

Dada una ineficiente asignación de los viajes a los operadores de los departamentos de transportes en las plantas de Grupo Bimbo se generan altos costos en la nómina por la generación de altos niveles de “Horas Extras” por los operadores de las plantas, en particular la planta Azcapotzalco, como consecuencia se tienen jornadas de trabajo extenuantes y con poco descanso para los operadores.

El principal objetivo es realizar una adecuada agrupación de los operadores que permita minimizar el tiempo de viaje, así como la reducción significativa del tiempo extra generado y una mejora en la asignación de los destinos para los operadores del departamento de transportes de la planta Bimbo Azcapotzalco

Con la carga de los datos de la plataforma MYGEOTAB, se realizó la limpieza de los datos para dar paso al análisis estadístico, una vez realizado el análisis estadístico se procedió a la aplicación de los algoritmos de clasificación, con lo que se obtuvo que los cuatro clusters categorizados como “Lento”, “Moderado”, “Rápido” y “Muy rápido” han podido agrupar de una manera satisfactoria a los operadores a través de la distancia y velocidad máxima que recorren en los viajes que se les asignan.

Concluyendo que no existe una asignación equitativa de viajes a los operadores, así como que la mayor parte del tiempo extra no es generado durante el trayecto del viaje hacia las plantas, centros de venta y distribución, afirmando también que los operadores tardan más en trayectos más cortos dentro de la ciudad que en trayectos largo fuera de ella, y finalmente, que no todos los operadores usan la llave de telemetría.

## **Introducción**

México al igual que Estados Unidos y Canadá usan como el mayor medio de transportación de productos a los vehículos de vía terrestre, esto sucede gracias a su capacidad de volumen de carga y al basto número de empresas dedicadas a la transportación terrestre en el país.

Este sector moviliza el 82% de la carga terrestre en México, lo que representa 556 millones de toneladas al año, proporcional al 3.2% del PIB nacional.

El transporte de carga distribuye el 56% de la carga nacional, en contraste con el 31.6% del transporte marítimo y el 12.8% del transporte ferroviario, de acuerdo a cifras del Reporte de Estadística Básica del Autotransporte Federal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El autotransporte en México moviliza el 95% del total nacional de pasajeros, además, es el sector que mueve el mayor porcentaje de mercancía exportada del país, los sectores productivos que hacen uso del transporte terrestre son variados, y van desde la agricultura, la ganadería, hasta la industria química, farmacéutica y petrolera, sin embargo, los bienes de consumo alimenticio abarcan el terreno en esta distribución.

Bimbo desde hace más de 70 años ha elegido como medio de expansión y crecimiento de mercado la distribución de sus productos a través del transporte terrestre, con sus más de 15 plantas de producción, una flota vehicular de aproximadamente 500 tractores a nivel nacional y más de 800 operadores de ruta.

## **Planteamiento del problema**

Bimbo cuenta con dos departamentos especializados para la distribución del producto que entrega la planta de producción, el primero es el departamento de transportes encargado de la distribución del producto de la planta de producción hacia otras plantas, centros de venta y distribución, el segundo es el departamento de vehículos encargado de la distribución del producto de los centros de venta y distribución a los clientes directamente.

La operación en las plantas de producción, centros de venta y distribución dependen de muchos factores externos e internos que generalmente causan estancias muy prolongadas de los operadores en las mismas, a lo que se suman los diferentes

esquemas de pago que el departamento de transportes emplea, situaciones que indudablemente generan tiempo extra. Por lo anterior el departamento de transportes es el que representa para la empresa el mayor reto en el manejo, control y generación de tiempo extra por parte de los operadores.

Por su parte la Ley federal del trabajo establece en el artículo 66 que:

*“La jornada laboral con horas extras, no puede sobrepasar las tres horas diarias ni de tres veces en una semana”.*

La situación que presenta la planta Azcapotzalco actualmente es que casi todos los operadores generan más de tres horas de tiempo extra por día y en más de tres ocasiones por semana.

Ley federal también estipula en su artículo 67 que:

*“Las primeras 9 horas extras deben pagarse al 100% más del salario que corresponda a las horas de la jornada laboral y si se excede dicho límite, se deberá pagar al 200% más del salario ordinario”*

Con lo anterior se puede entender que la generación de tiempo extra representa una pérdida económica muy alta para el departamento de transportes de la planta Azcapotzalco, no siendo la única planta con esta problemática dentro de Grupo Bimbo.

### **Propósito del estudio**

Se espera realizar una adecuada agrupación de los operadores que permita minimizar el tiempo de estancia en destino y el tiempo de trayecto a destino, así como la reducción significativa del tiempo extra generado y una mejora en la asignación de los destinos de entrega de producto para los operadores del departamento de transportes de la planta Bimbo Azcapotzalco.

### **Descripción del Proyecto**

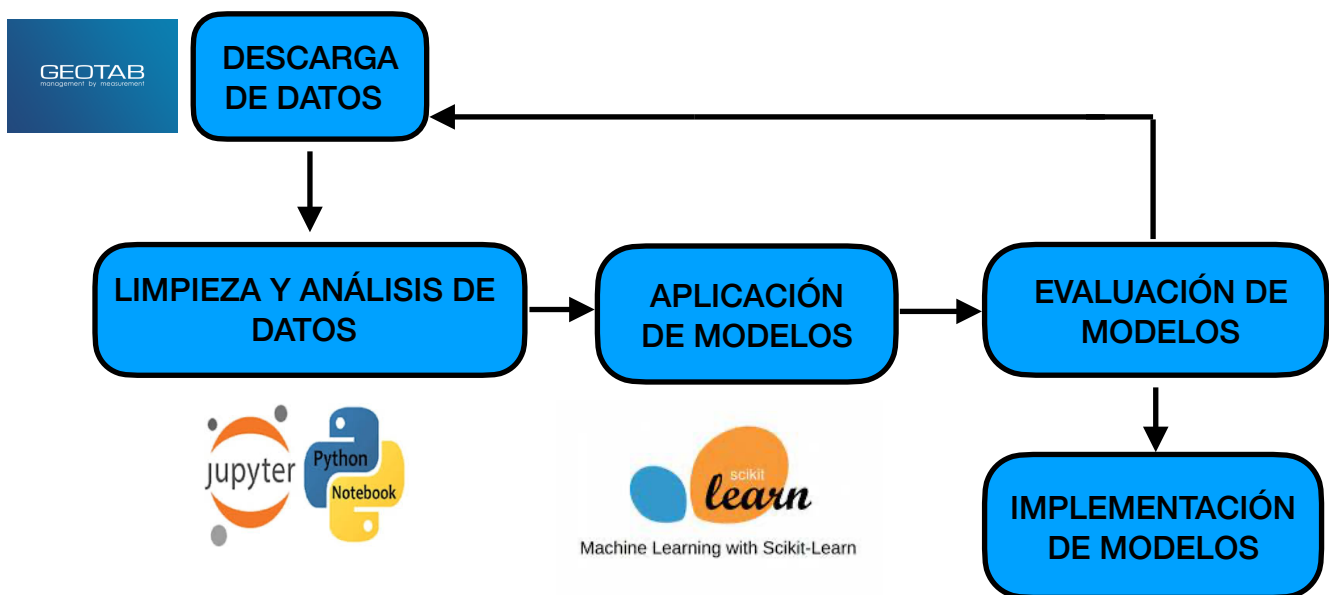
Se cargarán los datos obtenidos de la plataforma MYGEOTAB, posteriormente se limpiarán los datos para dar paso al análisis estadístico, una vez realizado el análisis estadístico se procederá a la aplicación de los algoritmos de clasificación, finalmente,

se analizarán, interpretarán y presentarán los resultados.

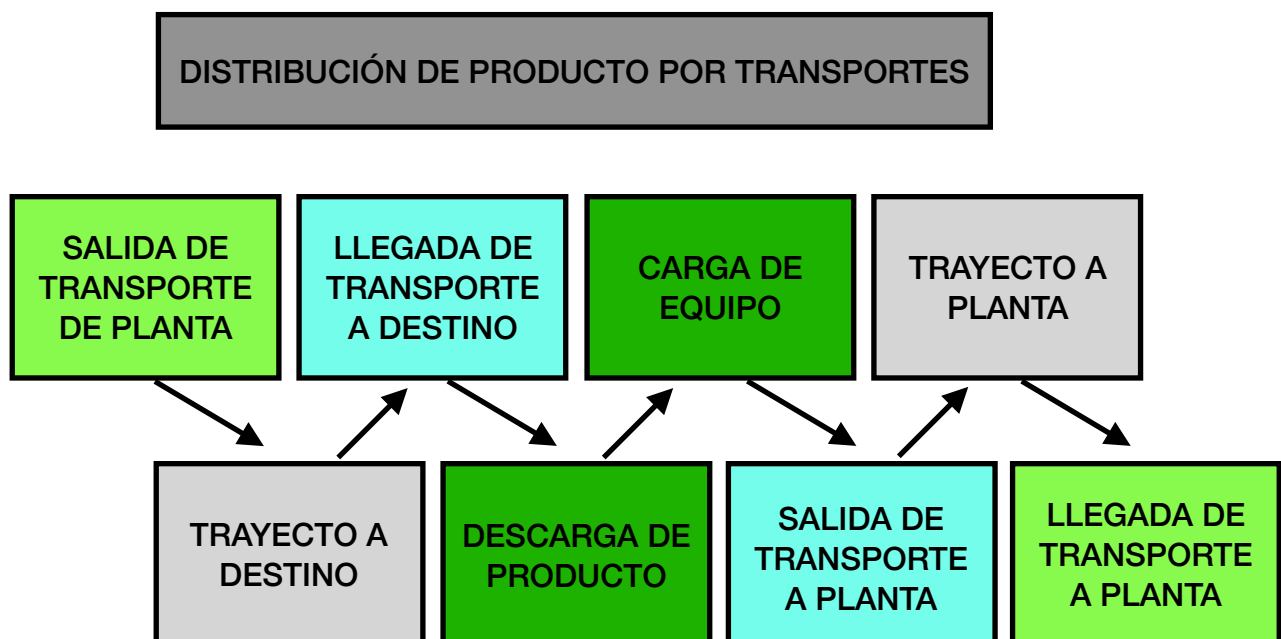
## Hipótesis

No existe una clasificación de operadores del departamento de transportes de la planta Bimbo Azcapotzalco que se base en el tiempo total que demoran en realizar un viaje a los diferentes centros de venta y plantas de Bimbo.

## Flujo de trabajo



## Mapeo del sistema



Métricas

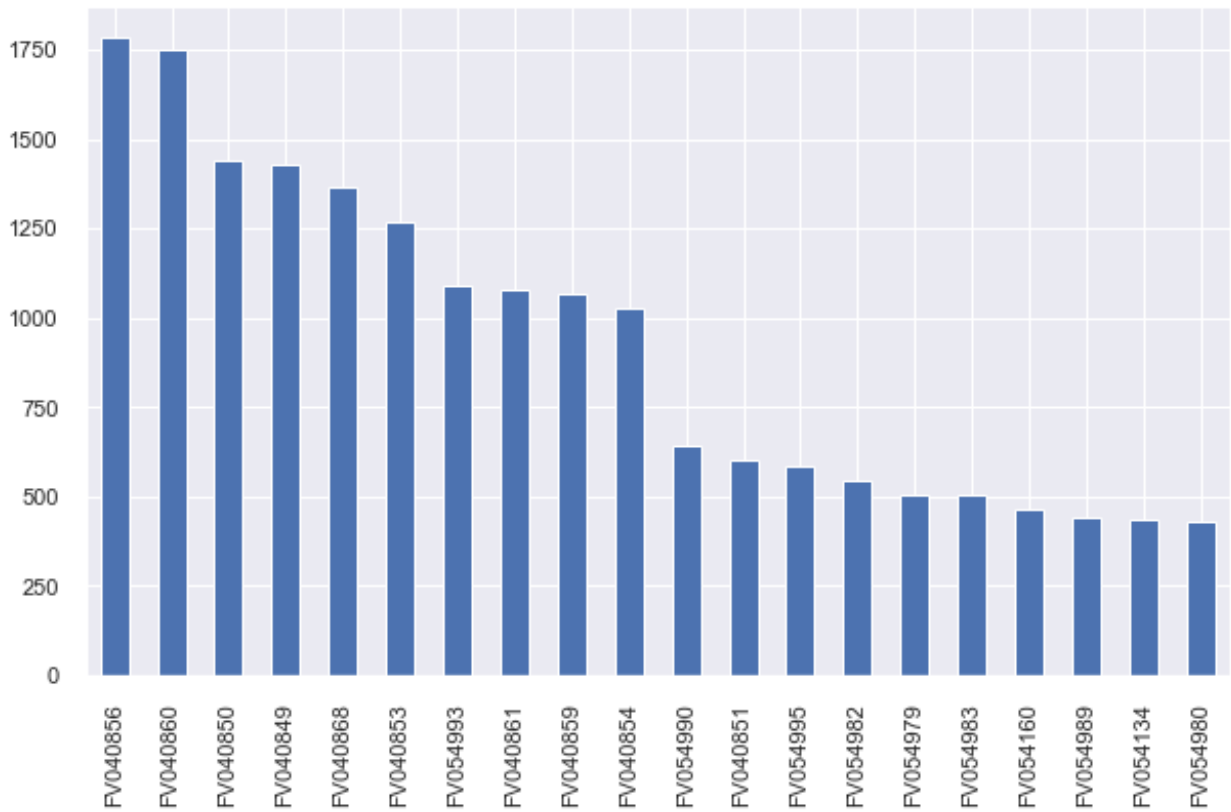
Variable	Tipo
Dispositivo	Categórica
Nombre_Comp	Categórica
Duración de conducción	Datetime
Duración de la parada	Datetime
Ubicación	Categórica
Tipos de zonas de parada	Categórica
Distancia	Int
Velocidad máxima	Int

Las métricas que se usaron en el análisis están definidas de la siguiente manera:

Dispositivo

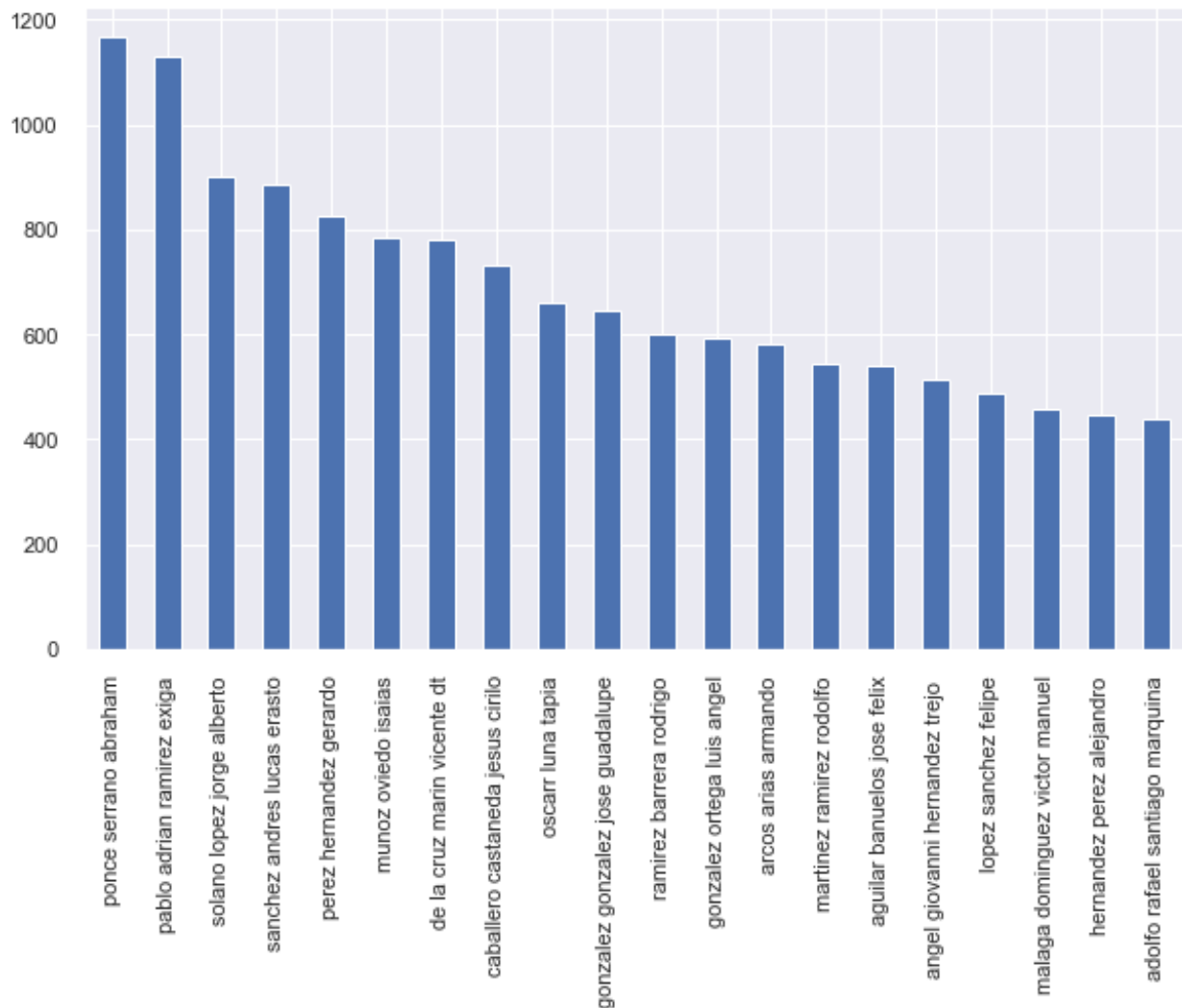
La variable dispositivo contiene los diferentes números con los que se registran los tractores de la flota vehicular usada por el departamento de transportes.

Los registros se identifican por las letras FV al inicio, lo que significa Flota Vehicular.



### Nombre\_Comp

Esta variable se definió como la unión de las dos variantes Nombre y Apellido del dataframe original, y contiene los nombres de los operadores que realizan la distribución del producto de la planta Azcapotzalco.

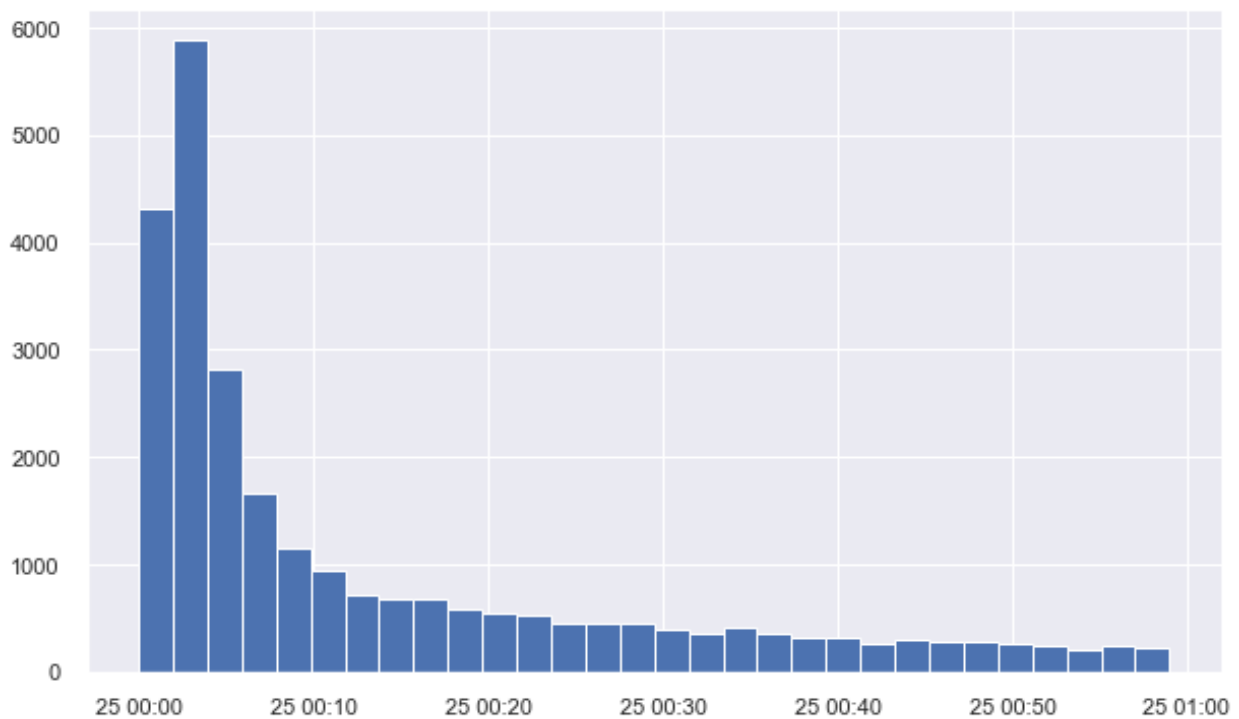


### Duración de conducción

Esta variable contiene los registros de la duración de conducción del trayecto registrada por cada evento medido en minutos.

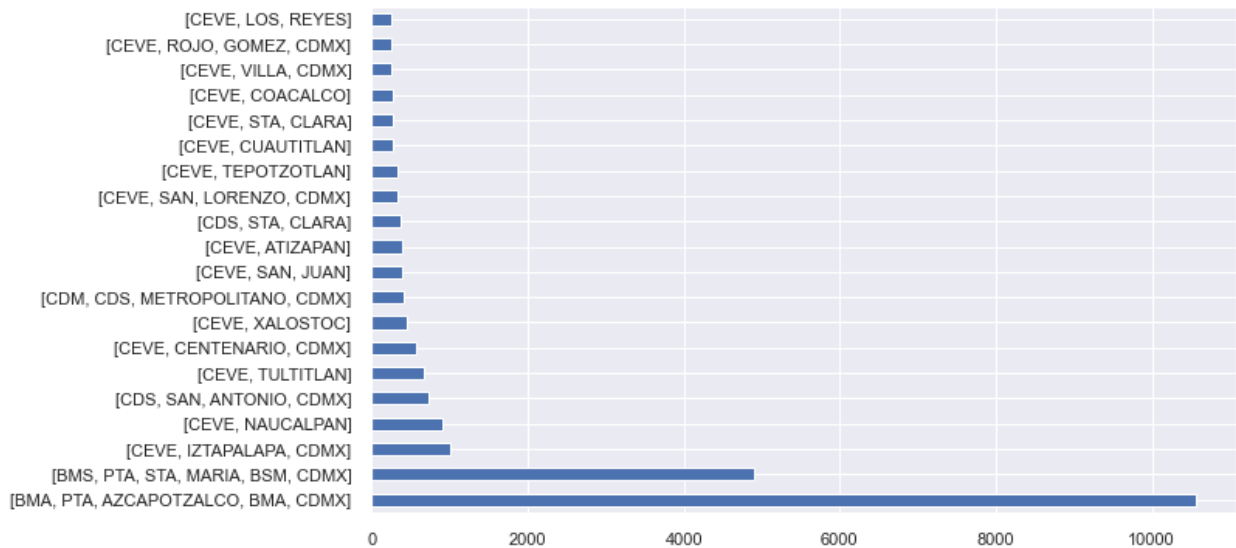
### Duración de la parada

Esta variable contiene los registros de la duración de las paradas registradas por cada operador medidas en minutos.



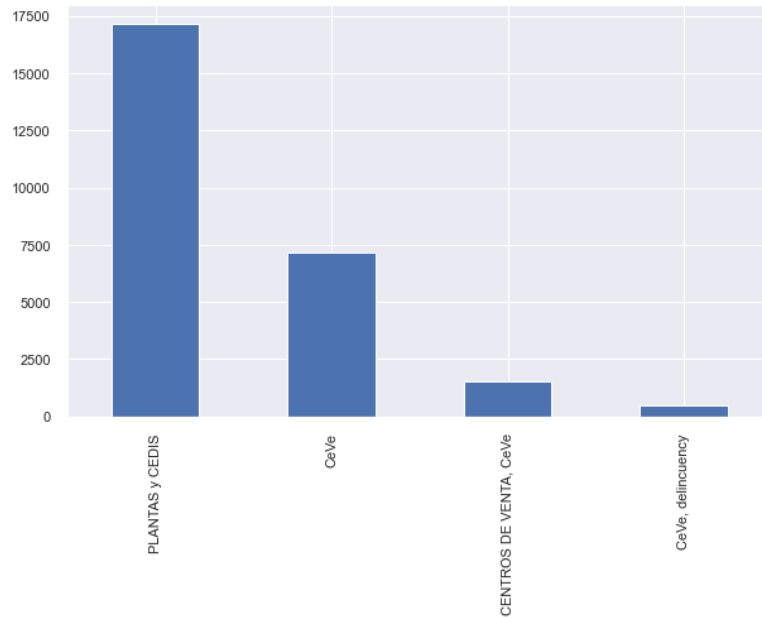
## Ubicación

Esta variable contiene los registros de las direcciones que genera el dispositivo GPS en la aplicación de MYGEOTAB, estos registros son generados a través de las geocercas que previamente fueron definidas por parte del departamento de transportes.



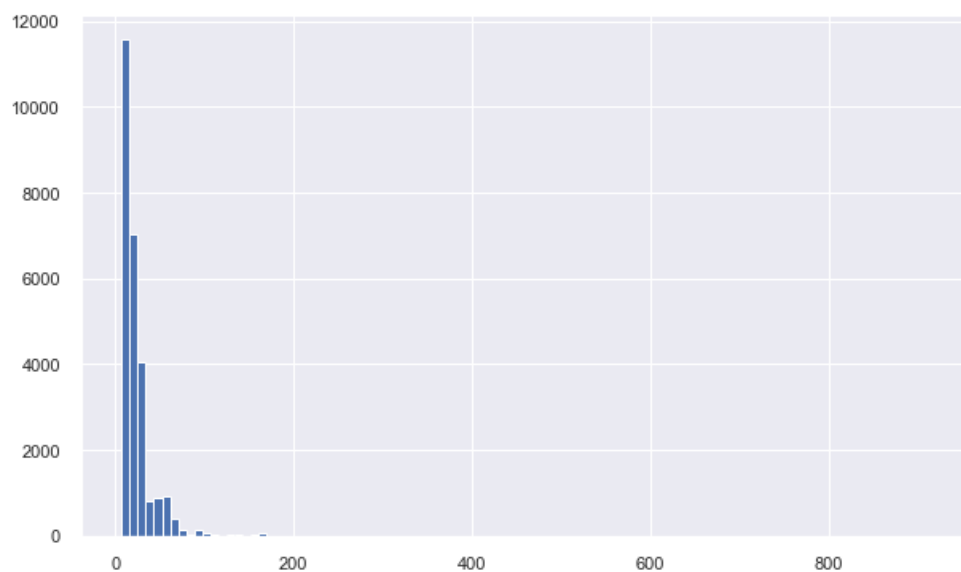
## Tipos de zonas de parada

Esta variable contiene las diferentes categorías con las que se definen a las geocercas.



## Distancia

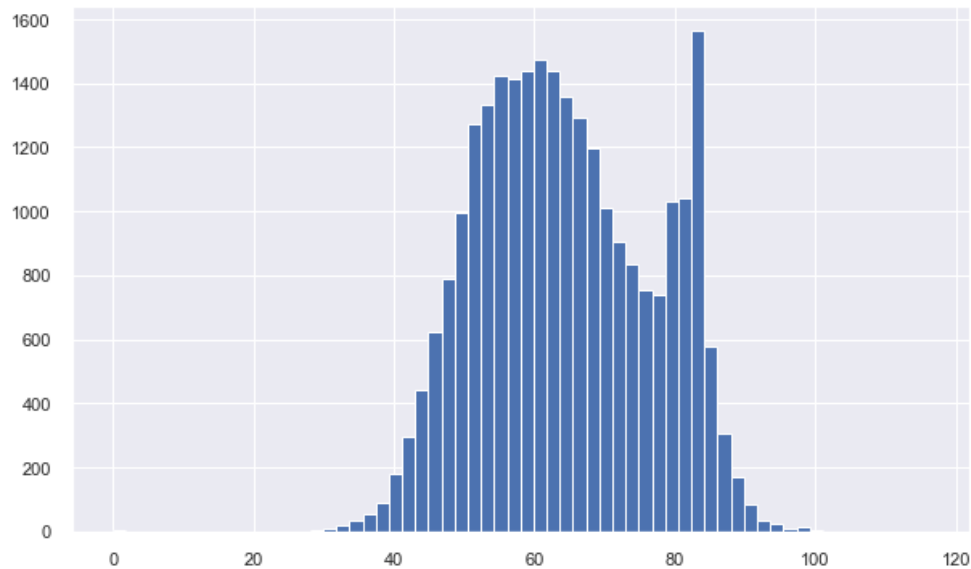
Esta variable contiene los registros de la distancia total por trayecto generada por cada operador





## Velocidad máxima

Esta variable contiene los registros de la velocidad máxima alcanzada por los operadores en los trayectos realizados.



## Métodos y modelos

Se realizó la clasificación de los operadores a través del Análisis por Conglomerados (Clusters).

El Análisis por Conglomerados (Clusters) permite agrupar elementos o variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y hacer notar la mayor diferencia entre los grupos.

Básicamente existen cuatro etapas a realizar en el Análisis por Conglomerados (Clusters):

### 1) Elección de Variables:

En el proyecto se emplearon las variables cuantitativas discretas Distancia y Duración de conducción.

### 2) Elección de la medida de asociación:

Se empleó la distancia Euclidiana como Distancia métrica.

### 3) Elección de la técnica Cluster:

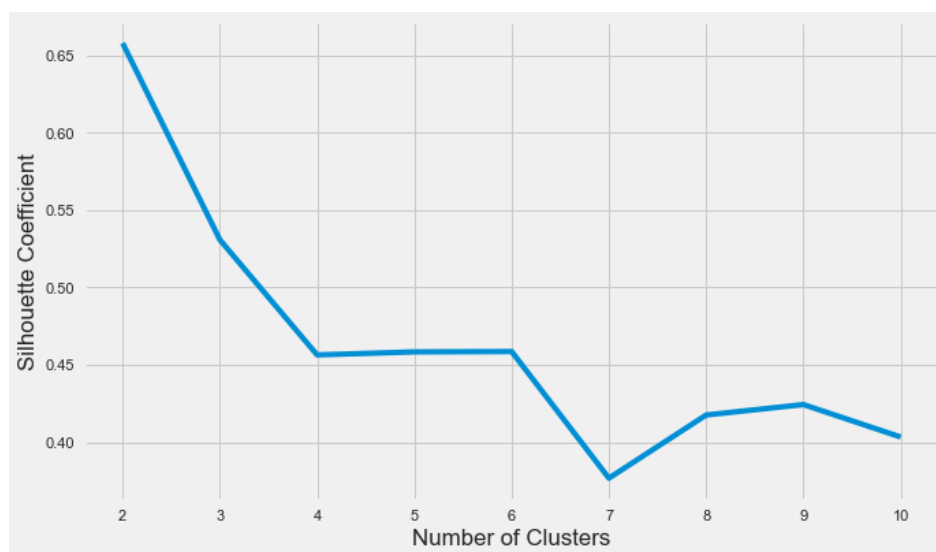
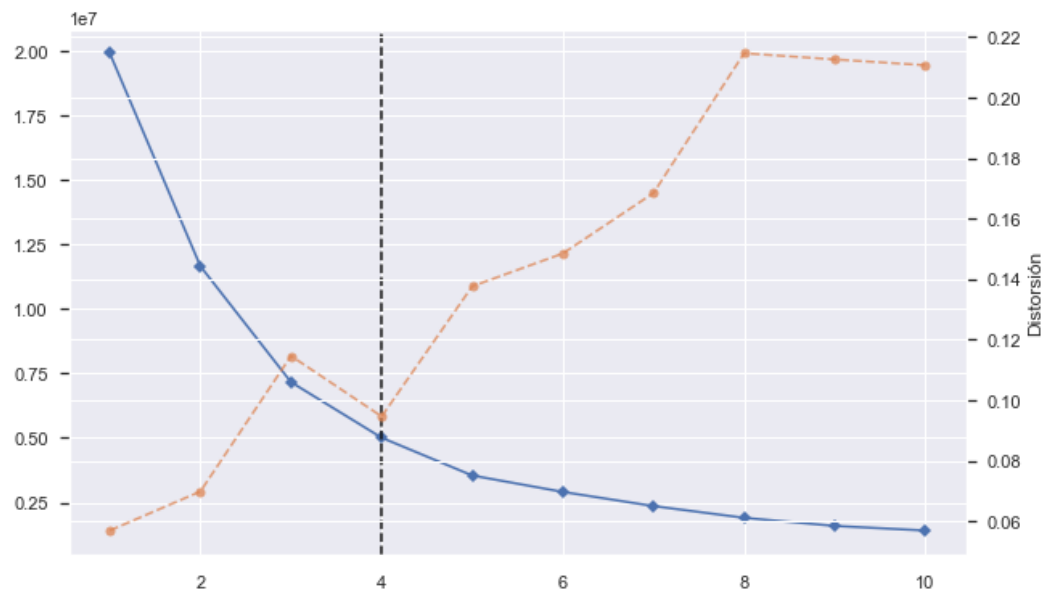
Dada la naturaleza del proyecto se hizo uso de los métodos no jerárquicos, específicamente el llamado cluster K-means.

#### 4) Validación e interpretación de los resultados:

Al finalizar el agrupamiento se debe ser muy cuidadoso con la interpretación de los clusters resultantes, dado que no existe una única solución, a pesar de lo anterior no se deben encontrar soluciones contradictorias.

#### Evaluación de modelos

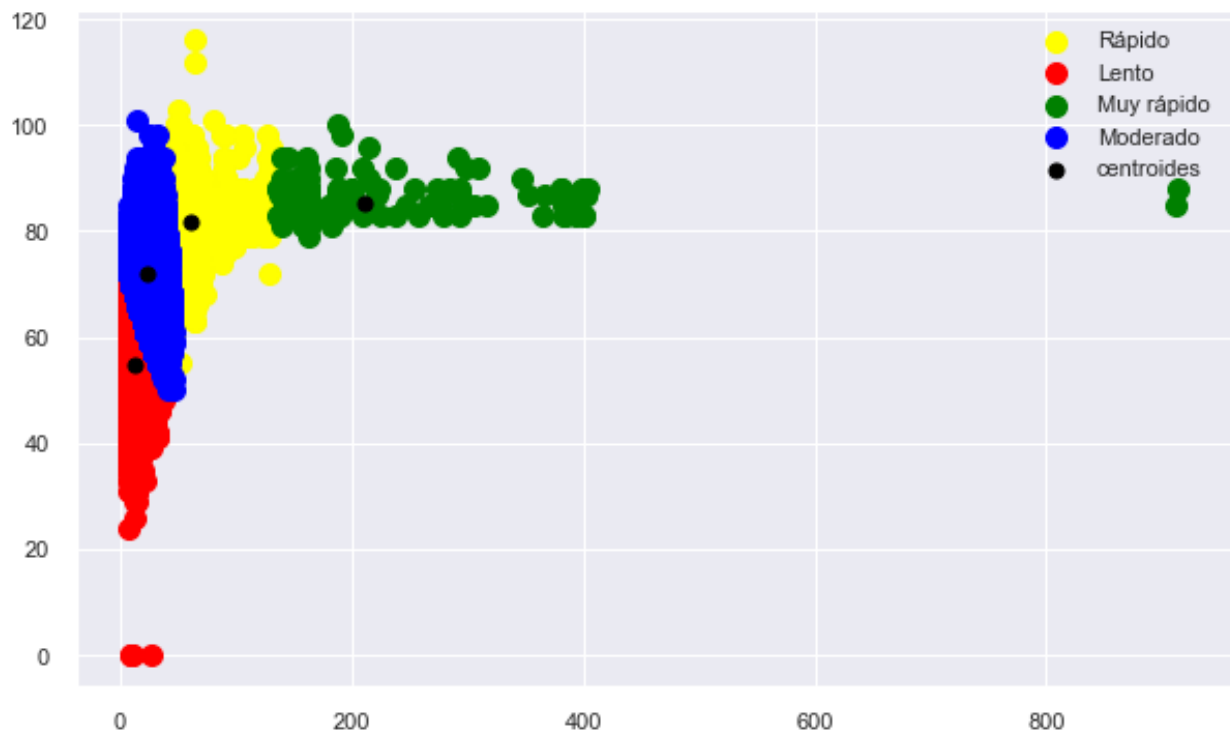
La evaluación del modelo se hizo a través del método de “Elbow” y “Sihloutte coefficient”, los resultados se muestran en las siguientes imágenes:



```
silhouette_coefficients
```

```
[0.6577639457859461,  
 0.5307967675898946,  
 0.4564735334217488,  
 0.45843306530837313,  
 0.4586669311783341,  
 0.37690230605675246,  
 0.41768123944246005,  
 0.4244264320260279,  
 0.4034723855534253]
```

Por lo que se eligieron cuatros Clusters para la agrupación de los datos con la siguiente clasificación: Lento, Moderado, Rápido, Muy rápido.



## Análisis

Se cuenta con registros de 74 tractores

Son 113 los operadores con registros y sólo 2 tienen más de 1000 observaciones

El intervalo de duración de conducción va desde los 15 minutos hasta las 13 horas con 58 minutos

El tiempo de parada máximo fue de 59 minutos

Se registraron 64 ubicaciones diferentes entre Plantas, Centros de Ventas y Distribución

La distancia mínima es de 7 kms y la máxima de 914 kms, con una distancia media de 23.39kms

La velocidad máxima registrada fue de 116 kms/hr, con una velocidad máxima media de 64.43 kms/hr

## Resultados

Cluster	Distancia mínima	Distancia máxima	Tractores más utilizados	Operador	Destino
Lento	7	37	FV054993 FV040868 FV040860 FV040850 FV040849	pablo adrian ramirez exigia de la cruz marin vicente dt sanchez andres lucas erasto solano lopez jorge alberto angel giovanni hernandez trejo	[BMA, PTA, AZCAPOTZALCO, BMA, CDMX] [BMS, PTA, STA, MARIA, BSM, CDMX] [CEVE, NAUCALPAN] [CDS, SAN, ANTONIO, CDMX] [CEVE, IZTAPALAPA, CDMX]
Moderado	7	47	FV040856 FV040860 FV040849 FV040853 FV040850	ponce serrano abraham caballero castaneda jesus cirilo perez hernandez gerardo aguilar banuelos jose felix munoz oviedo isaias	[BMA, PTA, AZCAPOTZALCO, BMA, CDMX] [BMS, PTA, STA, MARIA, BSM, CDMX] [CEVE, IZTAPALAPA, CDMX] [CEVE, CENTENARIO, CDMX] [CEVE, TULTITLAN] [CEVE, TEPOTZOTLAN]
Rápido	40	133	FV040856 FV040860 FV054134 FV054159 FV054137	caballero castaneda jesus cirilo solano lopez jorge alberto hernandez moreno fernando horacio garcia garcia sergio maldonado verde roberto carlos	[BMA, PTA, AZCAPOTZALCO, BMA, CDMX] [CEVE, CHALCO] [BTJ, PTA, TEPEJIL] [CEVE, TIZAYUCA] [BMS, PTA, STA, MARIA, BSM, CDMX]
Muy Rápido	136	914	FV023827 FV023808 FV054132 FV018461 FV054137	paredes albarran jose luis becerril mendoza jose alfredo genarocruz baena garcia zamudio jorge cruz duran abel	[BPU, PTA, PUEBLA, BPU] [BMA, PTA, AZCAPOTZALCO, BMA, CDMX] [CDM, CDS, METROPOLITANO, CDMX] [BSL, PTA, SAN, LUIS, POTOSI, BSL] [CEVE, ACAPULCO, SAN, ISIDRO]

Los clusters han podido agrupar de una manera satisfactoria a los operadores a través de la distancia y velocidad máxima que recorren en los viajes que se les asignan, sin embargo, se puede observar que en el cluster “Lento” y “Moderado” hay un traslape en el intervalo de las distancias que ha agrupado, por otro lado los clusters “Rápido” y “Muy rápido” han diferenciado y agrupado muy bien las distancias, así como los tractores, operadores y destinos que pertenecen a estos clusters, Es notable también que algunos operadores se han clasificado en más de un cluster, con lo que se afirma que la asignación de los viajes no es la adecuada por parte de la administración.

## **Conclusiones**

No existe una asignación equitativa de viajes a los operadores

La mayor parte del tiempo extra no es generado durante el trayecto del viaje hacia las plantas, centros de venta y distribución

Los operadores tardan más en trayectos más cortos dentro de la ciudad que en trayectos largo fuera de ella

No todos los operadores usan la llave de telemetría

Con la clasificación se ha podido entender mejor el comportamiento de manejo de los operadores de la planta Azcapotzalco

La clasificación también servirá para una mejora en la asignación de los viajes a los operadores

Se han identificado áreas de oportunidad tras la realización del proyecto en el departamento de transportes de la planta Azcapotzalco