

# Proyecto final

Iván Arriola, Federico Miquelerena, Damián Rovetta

12-07-2023

## Introducción

Esto es un análisis descriptivo de los datos del tráfico de Montevideo, Uruguay. Hemos tomado los registros desde enero de 2021 hasta mayo de 2023 y nuestro interés es saber el comportamiento de la velocidad y el volumen de tráfico (variables explicativas) dependiendo de varias variables que iremos desarrollando a lo largo de la investigación.

## Datos

### Descripción general de los datos

Todos los datos fueron sacados de Catalogo de Datos Abiertos de **gub.uy**. En particular, los datos elegidos son los siguientes:

- Conteo vehicular en las principales avenidas de Montevideo
- Velocidad promedio vehicular en las principales avenidas de Montevideo
- Ubicación de sensores de medición de conteo vehículos

Los tres dataset son mantenidos por la Intendencia de Montevideo.

### Descripción de variables

Originalmente los datos vienen presentados de la siguiente forma:

#### Conteo vehicular en las principales avenidas de Montevideo

- **cod\_detector**: Numérico - ID de la cámara que monitorea un carril específico para detectar vehículos.
- **id\_carril**: Numérico - Número del carril monitoreado (1, 2, 3, ...).
- **fecha**: Fecha, AAAA-MM-DD - Día en que se realizó la medición.
- **hora**: hh:mm:ss - Hora en que se realizó la medición.
- **dsc\_avenida**: Texto - Nombre de la avenida donde se mide el tráfico.
- **dsc\_int\_anterior**: Texto - Nombre de la vía desde donde vienen los vehículos.
- **dsc\_int\_siguiente**: Texto - Nombre de la vía hacia donde se dirigen los vehículos.
- **latitud**: Float - Latitud del lugar de medición.
- **longitud**: Float - Longitud del lugar de medición.
- **volumen**: Numérico - Cantidad de vehículos detectados en el carril en los últimos 5 minutos.
- **volumen\_hora**: Numérico - Cantidad de vehículos detectados en el carril en la última hora.

## **Velocidad promedio vehicular en las principales avenidas de Montevideo**

- **cod\_detector:** Numérico - ID de la cámara que monitorea un carril específico para detectar vehículos.
- **id\_carril:** Numérico - Número del carril monitoreado (1, 2, 3, ...).
- **fecha:** AAAA-MM-DD - Día en que se realizó la medición.
- **hora:** hh:mm:ss - Hora en que se realizó la medición.
- **dsc\_avenida:** Texto - Nombre de la avenida donde se mide el tráfico.
- **dsc\_int\_anterior:** Texto - Nombre de la vía desde donde vienen los vehículos.
- **dsc\_int\_siguiente:** Texto - Nombre de la vía hacia donde se dirigen los vehículos.
- **latitud:** Float - Latitud del lugar de medición.
- **longitud:** Float - Longitud del lugar de medición.
- **velocidad\_promedio:** Numérico - Promedio de las velocidades de los vehículos que circularon por el carril durante los últimos 5 minutos.

## **Ubicación de sensores de medición de conteo vehículos**

- **dsc\_avenida:** Texto - Nombre de la avenida donde se encuentra el sensor o cámara y donde se mide el tránsito.
- **dsc\_int\_anterior:** Texto - Nombre de la vía que forma el cruce desde donde vienen los vehículos.
- **dsc\_int\_siguiente:** Texto - Nombre de la vía que forma el cruce donde está el sensor. En general, el sensor se encuentra un poco antes de esta vía. El sentido de circulación será desde el cruce con **dsc\_int\_anterior** hacia el cruce con **dsc\_int\_siguiente**.
- **latitud:** Float - Coordenada que indica la latitud de la ubicación del sensor.
- **longitud:** Float - Coordenada que indica la longitud de la ubicación del sensor.

Sobre estos datos en particular, son *100 sensores* que se van cambiando de ubicación mes a mes.

## **Base de datos**

Debido a que los datos están estrechamente relacionados y a su vez son sumamente masivos, hemos decidido utilizar una base de datos quedando de la siguiente manera.

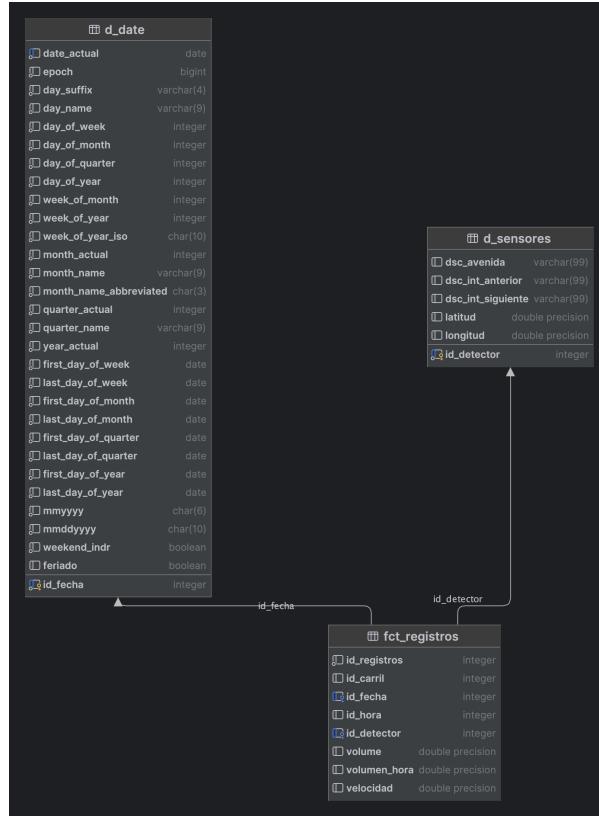


Figure 1: Diagrama de la base de datos

Nuestra tabla principal será `fct_registros`.

#### Tabla: fct\_registros

- Cantidad de datos: 85386695.
- Variables de la tabla:
  - `id_registros`: Numérico (*Primary Key*).
  - `id_carril`: Numérico.
  - `id_fecha`: Numérico (*Foreign Key*, vinculado con `d_sensores`). La fecha de la que fue tomada el registro, tiene el formato *YYYY-MM-DD*
  - `id_hora`: Numérico. Hora en la que fue tomado el registro con formato *HHMM*.
  - `id_detector`: Numérico (*Foreign Key*, vinculado con `d_date`).
  - `volume`: Numérico. Cantidad de vehículos que pasaron en los últimos 5 minutos.
  - `volumen_hora`: Numérico. Cantidad de vehículos que pasaron en la última hora.
  - `velocidad`: Numérico. Velocidad promedio de los vehículos registrados en los últimos 5 minutos. Unidad en km/h

#### Tabla: d\_sensores

- Cantidad de datos: 273
- Variables de la tabla:
  - `id_detector`: Numérico (*Primary Key*).
  - `dsc_avenida`: Texto. Calle donde se encuentra el sensor.

- **dsc\_int\_anterior**: *Texto*. Cruce previo de la calle en **dsc\_avenida**.
- **dsc\_int\_siguiente**: *Texto*. Cruce posterior de la calle en **dsc\_avenida**. Estas dos juntas nos dirá que cada sensor se encuentra en *Avenida* entre *Anterior* y *Siguiente*.
- **latitud**: *Numérico continuo*.
- **longitud**: *Numérico continuo*. Junto a **latitud** nos indica las coordenadas geográficas del sensor.
- **barrio**: *Texto*. Esta variable fue creada a partir del paquete **geouy**

**Tabla: d\_date**

- Cantidad de datos: 3652
- Variables de la tabla:
  - **id\_fecha**: *Numérico (Primary Key)*
  - **date\_actual**: *Fecha*. Secuencia de fechas desde el 01-01-2021 con formato *YYYY-MM-DD*
  - **epoch**
  - **day\_suffix**: *Texto*. Fecha del día abreviado.
  - **day\_name**: *Texto*. Nombre del día
  - **day\_of\_week**: *Numérico*. Día de la semana que indica 1 como lunes, 2 como martes, etc.
  - **day\_of\_month**: *Numérico*. Fecha del mes, va desde 1 hasta 31.
  - **day\_of\_quarter**: *Numérico*. Día del cuatrimestre.
  - **day\_of\_year**: *Numérico*. Día del año, del 1 al 366.
  - **week\_of\_month**: *Numérico*. Semana de cada mes, valores del 1 al 5.
  - **week\_of\_year**: *Numérico*. Semana del año, valores del 1 al 53.
  - **week\_of\_year\_iso**: *Texto*. Variable que combina el año, la semana del año y el día de la semana.
  - **month\_actual**: *Numérico*. Mes del año tomado como número, enero como 1, febrero como 2 y así sucesivamente.
  - **month\_name**: *Texto*. Mes del año traducido en texto, de enero a diciembre
  - **month\_name\_abbreviated**: *Texto*. Mes del año en formato abreviado.
  - **quarter\_actual**: *Numérico*. Indica el cuatrimestre correspondiente con números del 1 al 4.
  - **quarter\_name**: *Texto*. Indica el cuatrimestre en formato de texto, primero, segundo, tercero y cuarto.
  - **year\_actual**: *Numérico*. Indica el año.
  - **first\_day\_of\_week**: *Fecha*. Indica el primer día de la semana que corresponde tal fecha.
  - **last\_day\_of\_week**: *Fecha*. Indica el último día del rango de la semana correspondiente.
  - **first\_day\_of\_month**: *Fecha*. Límite inferior que indica a qué mes corresponde cada fecha.
  - **last\_day\_of\_month**: *Fecha*. Límite superior que indica a qué mes corresponde cada fecha.
  - **first\_day\_of\_quarter**: *Fecha*. Límite inferior que indica a qué cuatrimestre corresponde cada fecha.
  - **last\_day\_of\_quarter**: *Fecha*. Límite superior que indica a qué cuatrimestre corresponde cada fecha.
  - **first\_day\_of\_year**: *Fecha*. Límite inferior que indica a qué año corresponde cada fecha.
  - **last\_day\_of\_year**: *Fecha*. Límite superior que indica a qué año corresponde cada fecha.
  - **mmyyyy**: *Numérico*. Secuencia de caracteres que indica el mes y el año en formato MMYYYY
  - **mmddyyyy**: *Numérico*. Secuencia de caracteres que indica el mes, la fecha y el año en formato MMDDYYYY.
  - **weekend\_indr**: *Lógico*. TRUE si la fecha tiene como día de la semana sábado o domingo, FALSE en caso contrario.
  - **feriado**: *Lógico*. TRUE si la fecha correspondiente coincide con días feriados en Uruguay, FALSE en caso contrario.

## Análisis exploratorio

En nuestro proyecto tenemos datos que tienen una dimension geo-espacial, por lo que es importante tener en cuenta que la informacion que tenemos no es homogenea. Tambien es importante tener en cuenta que la informacion que tenemos es de un periodo de tiempo acotado.

Dicho esto, para empezar, me parecio adecuado comprobar la integridad de los datos, es decir, ver si tenemos datos faltantes o datos que no tienen sentido.

### Datos faltantes y nulos

```
##      atributo cant_total cant_null cant_0 porc_null porc_0
## 1    velocidad  85386695        0 8873659  0.000000 10.39232
## 2 volumen_hora  85386695        0 8873659  0.000000 10.39232
## 3      volume   85386695        0 8873659  0.000000 10.39232
## 4     id_fecha  85386695        0        0  0.000000  0.00000
## 5   id_detector  85386695     2274        0  0.002663  0.00000
```

En 2274 datos se perdio la informacion de la ubicacion del sensor, por lo que no sabemos de que calle se trata. En el 10.39232% de los datos se detecto velocidad 0 y en el mismo porcentaje se detecto volumen 0.

Se descubrio que la cantidad de datos que tienen los tres campos en 0 es 8873659 registros, lo que representa el 100% de los datos nulos.

De los 8873659 registros que tienen los tres campos en 0, 264 no tienen id\_detector y 8873395 si tienen id\_detector.

No queda claro si los datos que tienen los tres campos en 0 son datos que representan que no paso ningun vehiculo por el sensor o si son datos que no se pudieron obtener.

Sobre los datos faltantes de la ubicacion del sensor, son datos que no se pueden recuperar, por lo que se tendran que descartar.

Se quiso averiguar en que fecha se perdio la informacion de la ubicacion del sensor, para ver si se podia recuperar la informacion de otra forma, pero no se pudo.

```
##      id_fecha cant_total cant_null porc_null
## 1 20210724      131083      259  0.197585
## 2 20210725      131607      287  0.218074
## 3 20210726      132574      288  0.217237
## 4 20210727      132635      288  0.217137
## 5 20210728      131988      288  0.218202
## 6 20210729      130631      288  0.220468
## 7 20210730      130224      288  0.221157
## 8 20210731      129410      288  0.222548

##      id_registros      id_carril      id_fecha      id_hora
##  Min.   :91804143   Min.   :2   Min.   :20210724   Min.   : 0
##  1st Qu.:91954682   1st Qu.:2   1st Qu.:20210726   1st Qu.: 610
##  Median :92116584   Median :2   Median :20210728   Median :1205
##  Mean   :92111331   Mean   :2   Mean   :20210728   Mean   :1192
##  3rd Qu.:92265955   3rd Qu.:2   3rd Qu.:20210730   3rd Qu.:1800
##  Max.   :92403719   Max.   :2   Max.   :20210731   Max.   :2355
##      id_detector      volume      volumen_hora      velocidad
##  Mode:logical      Min.   : 0.000   Min.   : 0.00   Min.   : 0.00
```

```

##  NA's:2274      1st Qu.: 2.000    1st Qu.: 24.00    1st Qu.:37.00
##                Median : 4.000     Median : 48.00     Median :43.00
##                Mean   : 4.978     Mean   : 59.74     Mean   :38.39
##                3rd Qu.: 7.000     3rd Qu.: 84.00     3rd Qu.:47.00
##                Max.   :37.000     Max.   :444.00     Max.   :90.00
##      fecha          hora
##  Min.   :2021-07-24  Min.   : 0
##  1st Qu.:2021-07-26  1st Qu.: 610
##  Median :2021-07-28  Median :1205
##  Mean   :2021-07-27  Mean   :1192
##  3rd Qu.:2021-07-30  3rd Qu.:1800
##  Max.   :2021-07-31  Max.   :2355

```

Se puede ver que los datos faltantes de la ubicacion del sensor van desde el 24/07/2021 hasta el 31/07/2021. Tambien se puede ver que todos los datos faltantes son del carril 2. Quizá se podrian recuperar los datos de la ubicacion del sensor revisando los datos originales pero es irrelevante ya que son pocos datos y no afectan al analisis.

### Datos faltantes en la base de datos

```

##      count month_actual year_actual
## 1  3830149           1       2022
## 2  3898585           1       2023
## 3  3714726           2       2021
## 4  3374893           2       2022
## 5  3455550           2       2023
## 6  3908628           3       2021
## 7  3746326           3       2022
## 8  3879877           3       2023
## 9  3759551           4       2021
## 10 3620380           4       2022
## 11 3930695           5       2021
## 12 2701766           5       2023
## 13 3873954           6       2021
## 14 3731149           6       2022
## 15 4078328           7       2021
## 16 3679998           7       2022
## 17 4032694           8       2021
## 18 3857623           9       2021
## 19 2501798           9       2022
## 20 3748052          10      2021
## 21 4072685          10      2022
## 22 3979504          11      2021
## 23 4009784          12      2021

```

Haciendo una observación de los meses cubiertos por los datos, nos hemos dado cuenta que faltan algunos meses en la base de datos

### Ubicacion de los sensores

Los datos que tenemos son de 100 sensores ubicados todos en Montevideo y estos van cambiando de ubicacion cada mes. Por lo que el primer paso es ver cuantas ubicaciones distintas tenemos y cuantos sensores hay en cada ubicacion.

Para mostrarlo, hemos decidido utilizar un mapa de Montevideo con los barrios y mostramos la cantidad de sensores ubicados en el. En el mapa se puede ver que los sensores estan ubicados en 42 de los 62 barrios de Montevideo. Los barrios que tienen sensores son 42 sobre 62 siendo los barrios de Buceo, Centro, Pocitos y Unión con mas de 20 sensores.

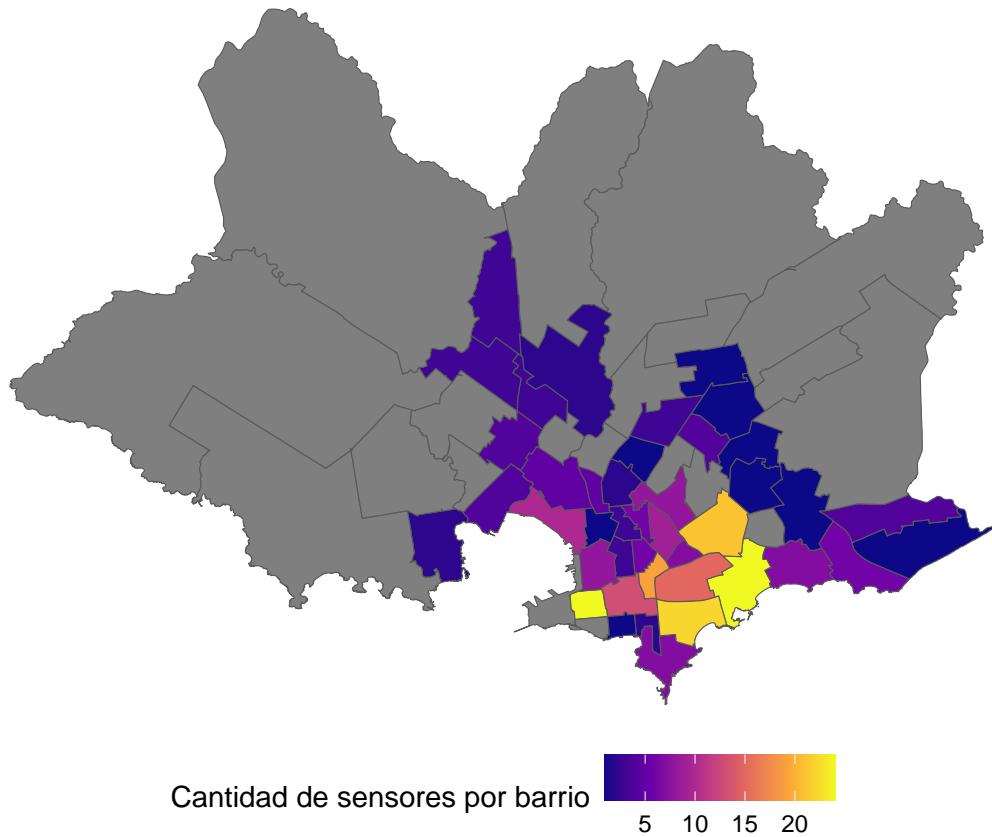


Figure 2: Mapa de Montevideo con cantidad de sensores por barrio.

Ahora quiero mostrar la cantidad de datos que tenemos por ubicacion, para ver si hay alguna ubicacion en particular que tenga mas o menos datos que las demás.

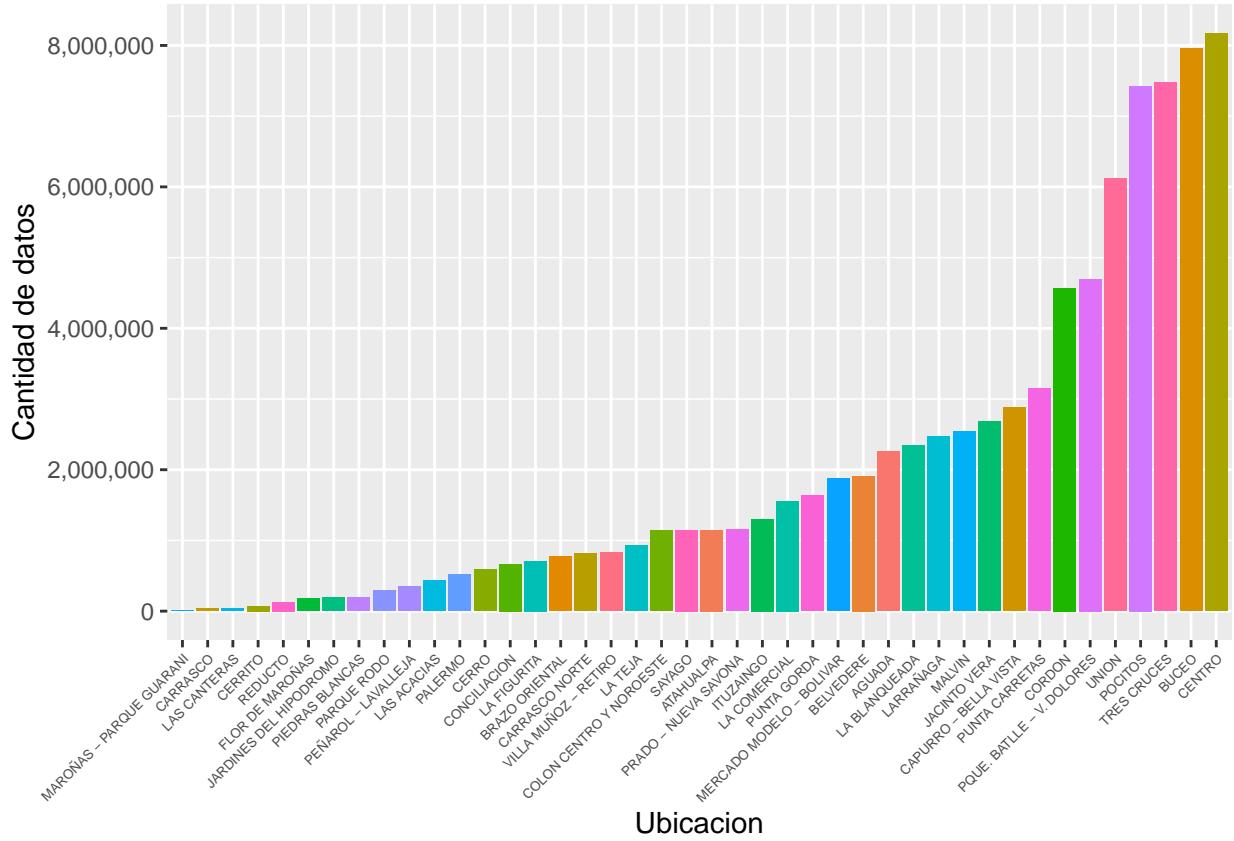


Figure 3: Cantidad de datos por ubicacion

Se puede observar que la cantidad de datos por ubicacion no es para nada homogenea. Los barrios con mayor cantidad de datos aportados al dataset son Union, Pocitos, Tres Cruces, Buceo y Centro. Por otro lado Maroñas, Carrasco, Las Canteras y Cerrito son los que menos datos aportan.

Ahora me interesaria saber cuales son los barrios mejores representados en el dataset, es decir, cuales son los barrios que tienen mas datos por metro cuadrado.

primero calculo el area de cada barrio y luego calculo la cantidad de datos por metro cuadrado.

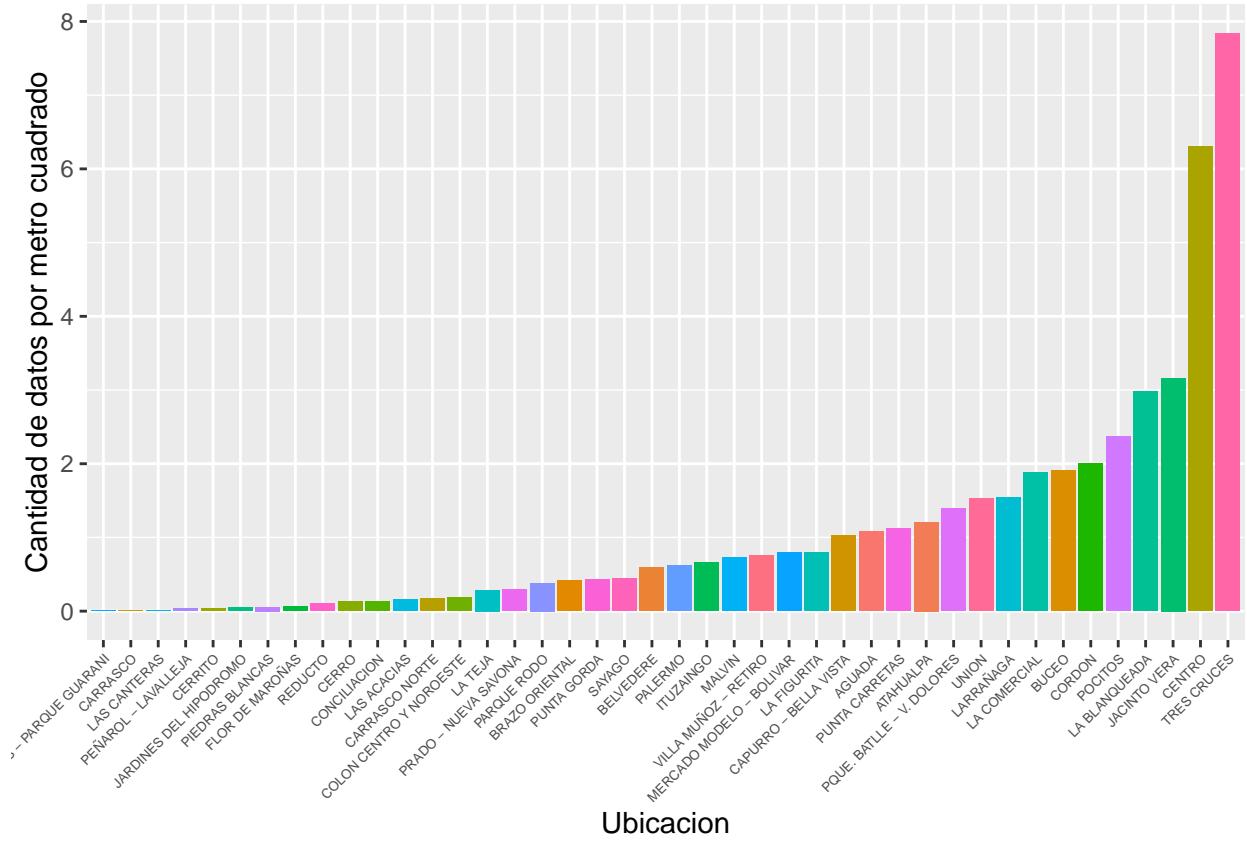


Figure 4: Cantidad de datos por ubicacion ponderado por area

Se puede observar que los barrios con mayor cantidad de datos por metro cuadrado son Pocitos, La Blanqueada, Jancito Vera, Centro y Tres Cruces. Por otro lado Maroñas, Carrasco, Las Canteras, Peñarol y Cerrito son los que menos datos aportan por metro cuadrado.

## Principales variables

Las variables que se van a analizar son las siguientes: - **volume**: Numérico. Cantidad de vehiculos que pasaron en los últimos 5 minutos. - **volumen hora**: Numérico. Cantidad de vehiculos que pasaron en la ultima hora. - **velocidad**: Numérico. Velocidad promedio de los vehiculos registrados en los ultimos 5 minutos. Unidad en km/h

## Velocidad

Resumen de la variable velocidad

```
##   minimo primer_cuartil mediana tercer_cuartil maximo promedio    desvio
## 1      0            22        32             41       144 31.31286 17.07865
```

Ahora veamos la distribucion de la velocidad registrada Para mejor visualizacion, voy a dejar de lado los datos donde la velocidad es 0

```

## Warning: Using 'size' aesthetic for lines was deprecated in ggplot2 3.4.0.
## i Please use 'linewidth' instead.
## This warning is displayed once every 8 hours.
## Call 'lifecycle::last_lifecycle_warnings()' to see where this warning was
## generated.

```

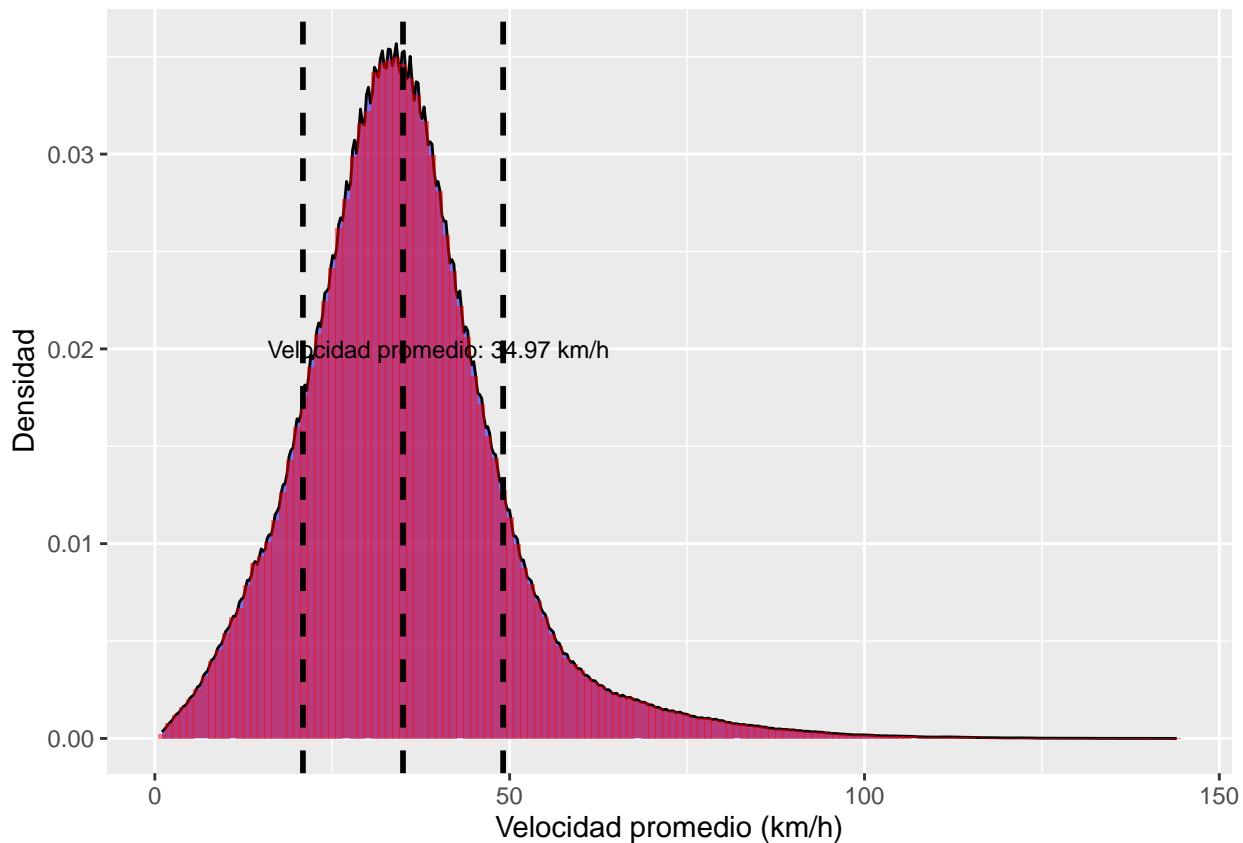


Figure 5: Distribucion de velocidad promedio

Se puede observar que la distribucion de la velocidad es normal, con una media de 31.31 km/h y un desvio de 17.08 km/h. El 68% de los datos se encuentran entre 14.23 km/h y 48.39 km/h.

## Volumen

Resumen de la variable volumen

minimo, maximo, promedio, desvio, cuartiles

```

##   minimo cuartil_1 mediana cuartil_3 maximo promedio    desvio
## 1      0        3       11      26     659 17.27588 19.18341

```

Se ve que la cantidad minima de vehiculos registrados en 5 minutos es 0 y la maxima es 659. El promedio de volumen es 17.28 vehiculos y el desvio estandar es 19.18 vehiculos.

Ahora veamos la distribucion del volumen registrado Para mejor visualizacion, voy a dejar de lado los datos donde el volumen es 0

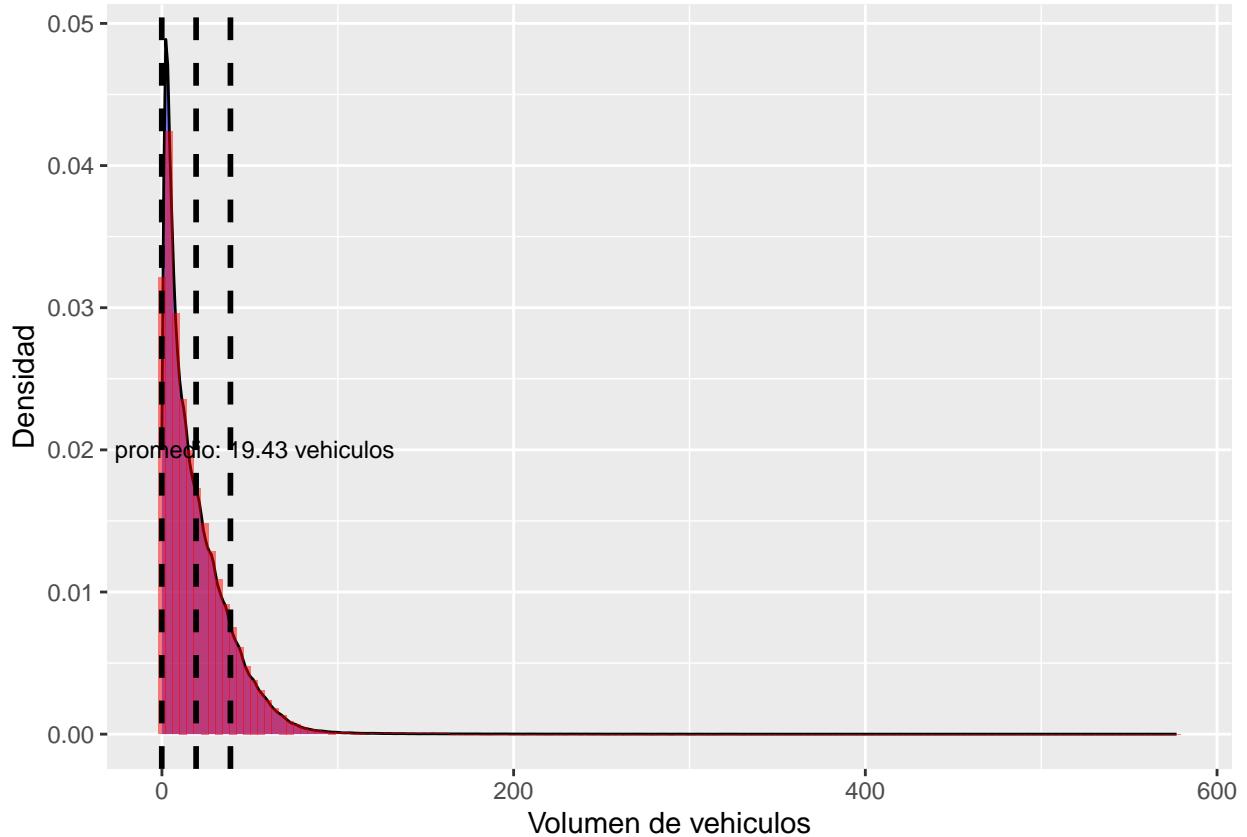


Figure 6: Distribucion de volumen

Se puede observar que la mayoría de los valores son menores a 100, en particular el 75% de los datos son menores a 26 vehículos.

## Preguntas de Investigacion

Las preguntas que dirigen este análisis son las siguientes: 1. ¿Existe alguna correlación entre el volumen y la velocidad? 2. ¿Cuáles son las calles con los mayores promedios de velocidad en Montevideo? ¿Con qué frecuencia se cometan excesos de velocidad? 3. ¿Cómo va variando el volumen y velocidad medidos a través del TIEMPO?

### 1. ¿Existe alguna correlación entre el volumen y la velocidad?

Haremos un gráfico de puntos para visualizarlo. Para los datos usaremos una muestra aleatoria de toda la base de datos

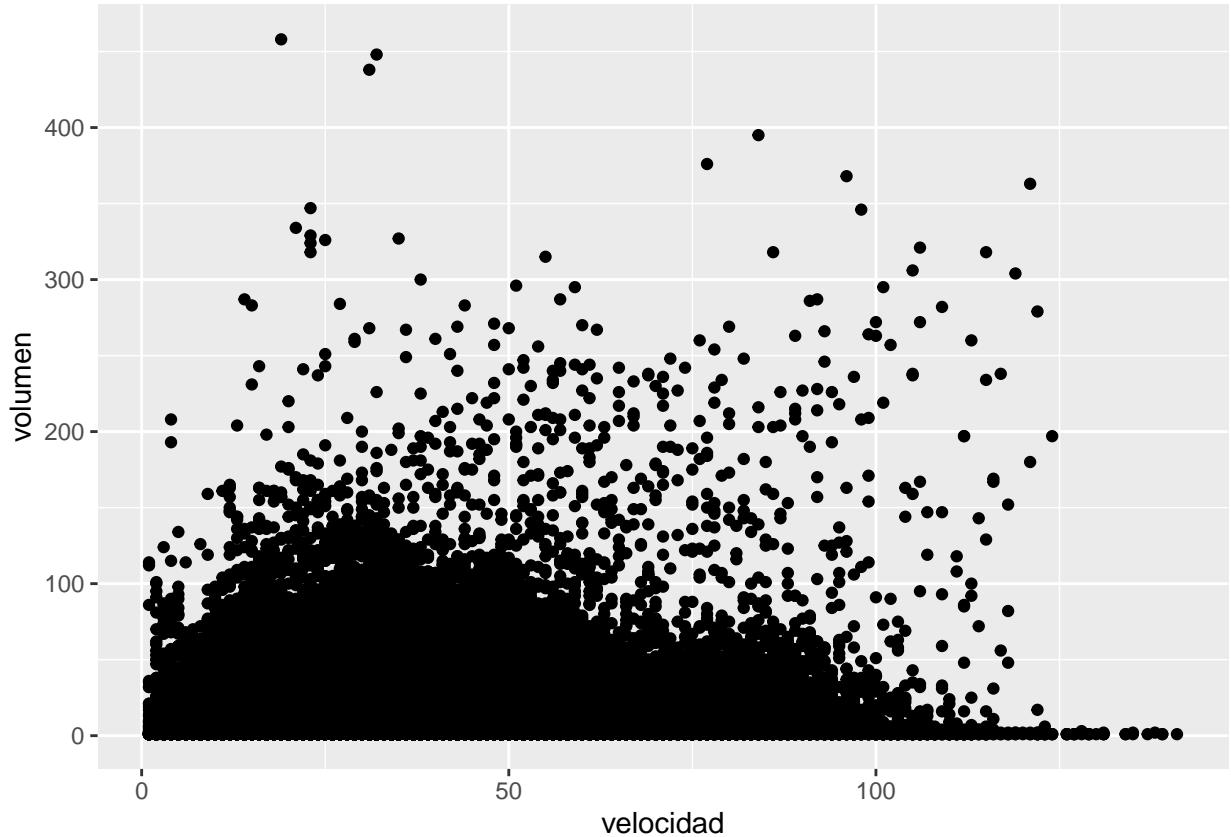


Figure 7: Grafico de puntos de velocidad y volumen

Definitivamente **no hay una relacion lineal** entre velocidad y volumen

```
##           velocidad     volumen
## velocidad  1.0000000 -0.0271949
## volumen    -0.0271949  1.0000000
```

La correlacion dio -0.03, lo que indica que no hay una correlacion lineal entre las variables.

**2. ¿Cuáles son las calles con los mayores promedios de velocidad en Montevideo? ¿Con qué frecuencia se cometen excesos de velocidad?**

Pasemos a investigar las calles con mayor promedio de velocidad.

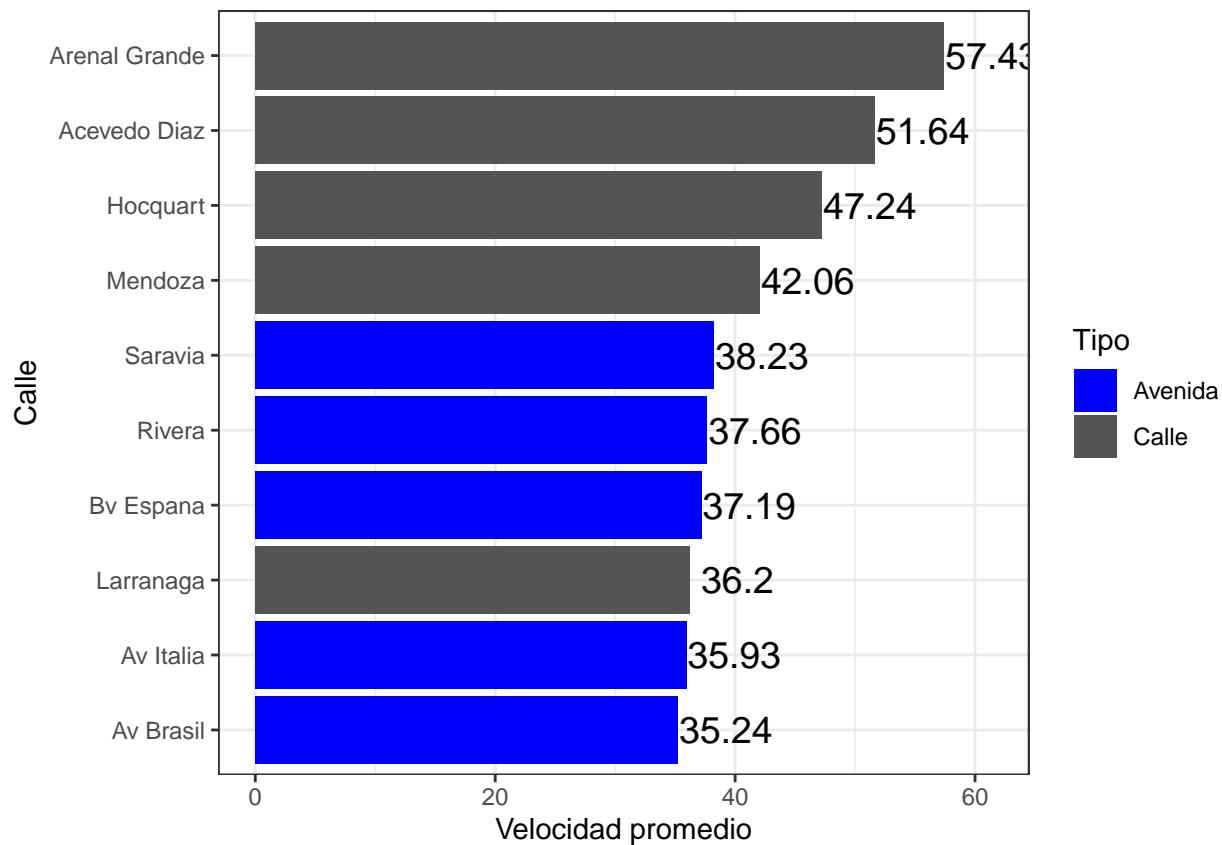


Figure 8: Calles con mayor promedio de velocidad

El siguiente gráfico nos muestra que las 3 calles con mas velocidad en promedio superan el máximo de 45km/h siendo este la velocidad máxima de circulación reglamentaria. La avenida más rápida en promedio no alcanza el máximo de velocidad permitido

En promedio de velocidad circulacion los conductores son prudentes, aun asi vemos con que frecuencia se comenten excesos de velocidad.

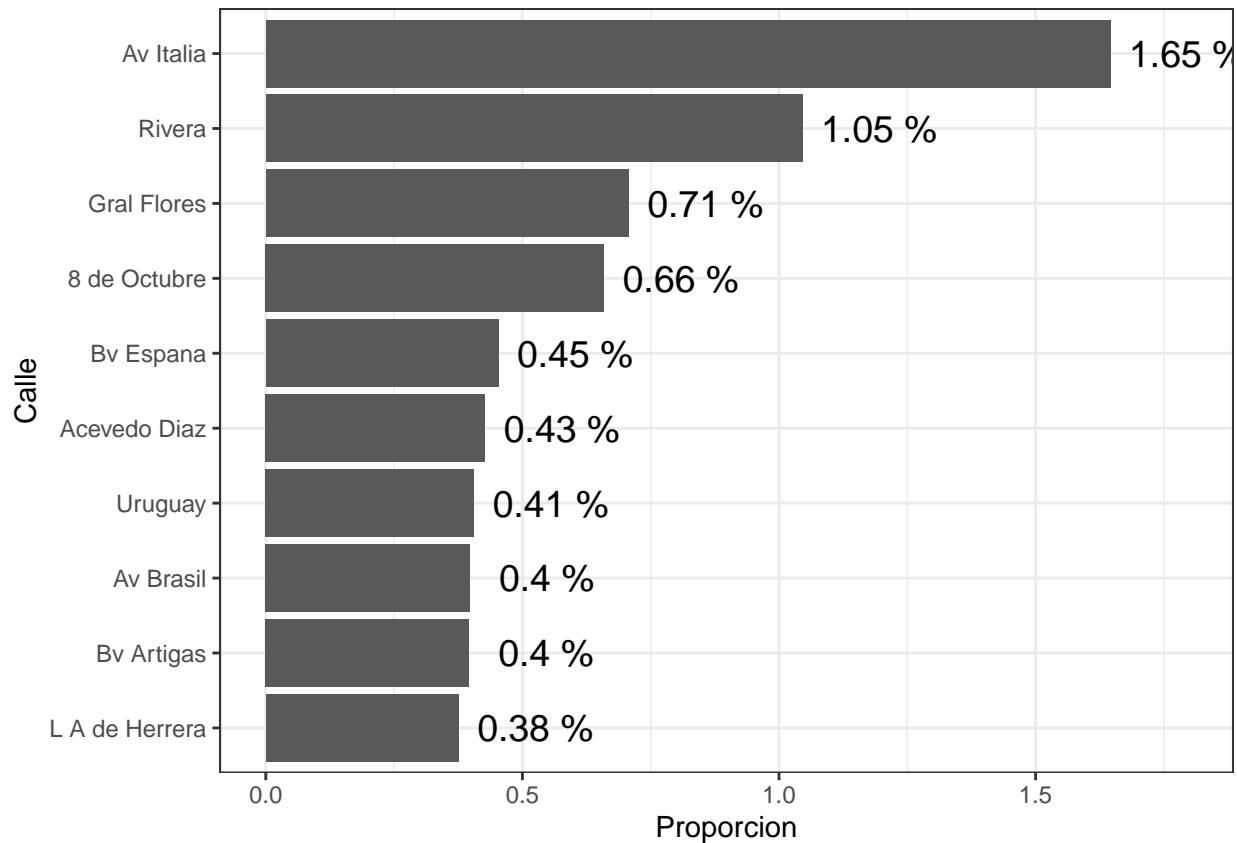


Figure 9: Es netamente nula la proporción de excesos de velocidad, podemos decir el los conductores en general respetan los limites de velocidad

### 3. ¿Cómo va variando el volumen y velocidad medidos a traves de el tiempo?

#### Volumen

Primero observemos como va variado volumen y volumen\_hora

#### Variacion por hora del dia

```
## Coordinate system already present. Adding new coordinate system, which will
## replace the existing one.
```

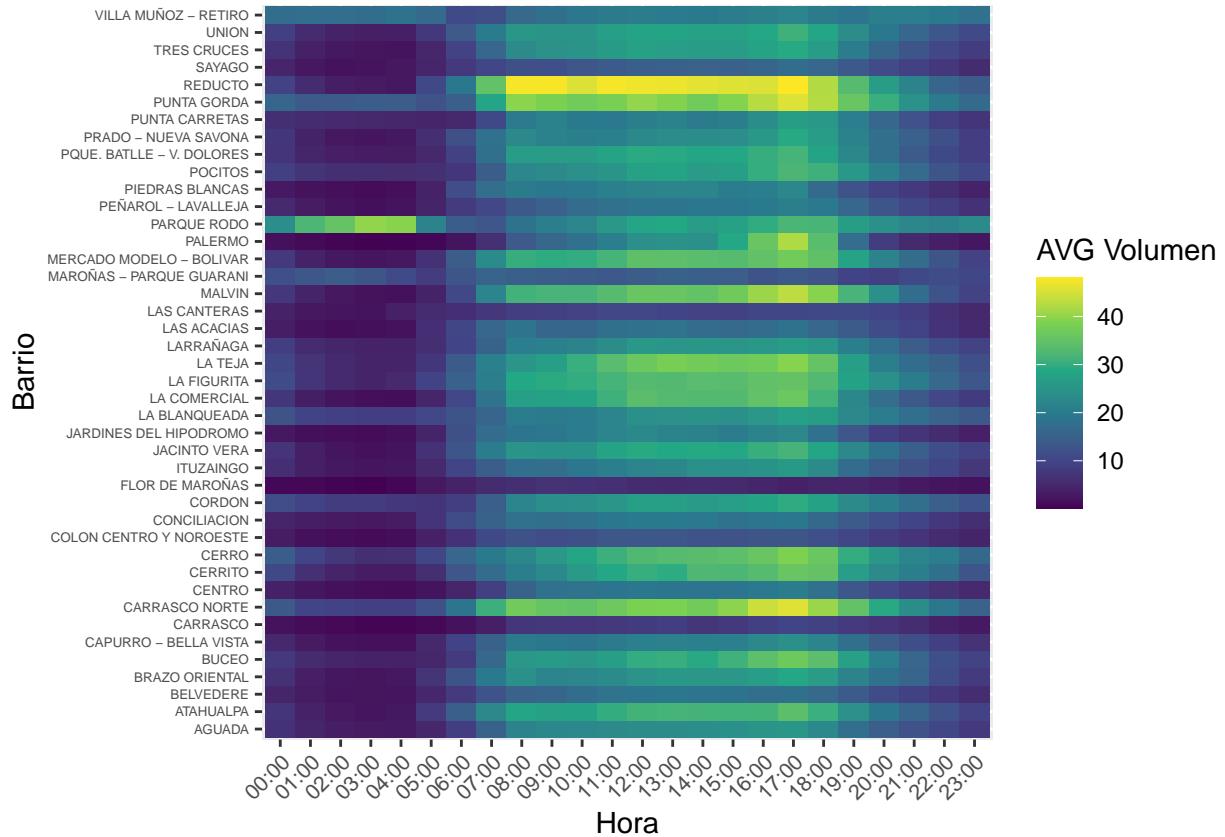
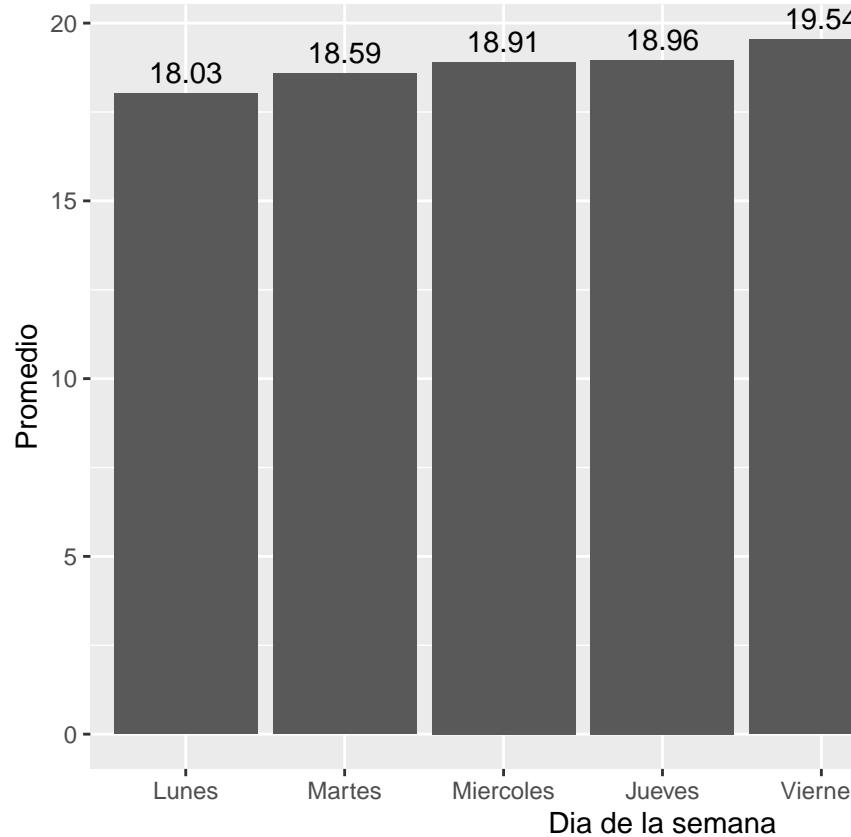


Figure 10: Mapa de calor de volumen maxima por barrio por rango de hora

En Parque Rodo hay valores altos durante la noche, que lo diferencia del resto de los barrios.



#### Variacion del volumen por dia de la semana

Se puede notar un volumen claramente más alto los días de semana, yendo en aumento de lunes a viernes, hasta bajar el promedio los fines de semana. El día de la semana con más volumen de tránsito es el viernes, y el de menor volumen es el domingo.

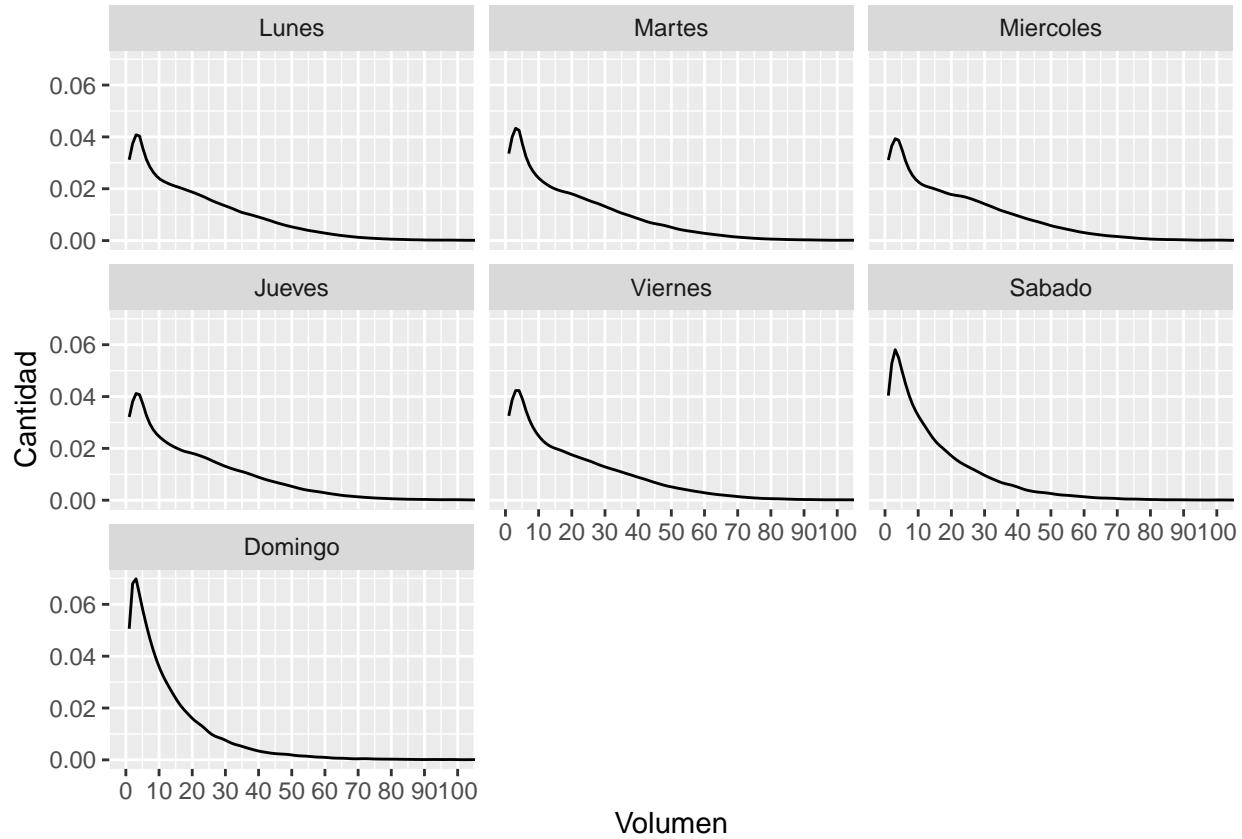
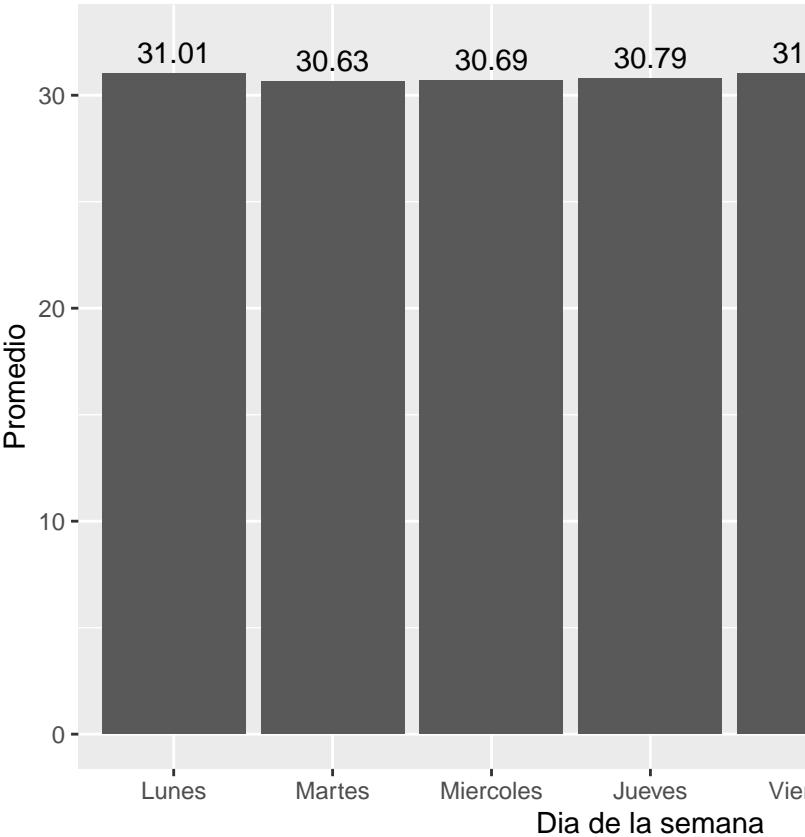


Figure 11: Densidad de Volumen

Se puede notar un comportamiento casi idéntico en la cantidad de observaciones del volumen, según el día de la semana. La mayoría de los datos se concentra cuando el volumen está entre 0 y 10, la mayoría de los días. Los fines de semana (En especial el domingo) se puede observar un comportamiento distinto, ya que cuando el volumen está entre 0 y 10, la cantidad de observaciones es mucho mayor, y no hay tanta concentración de datos cuando el volumen aumenta.



#### **Variacion de la velocidad por dia de la semana**

Podemos observar que el promedio de velocidad es casi el mismo para cada día de la semana, a excepción de los fines de semana, donde la velocidad aumenta levemente. Esto concuerda con la disminución del volumen los fines de semana, visto anteriormente.

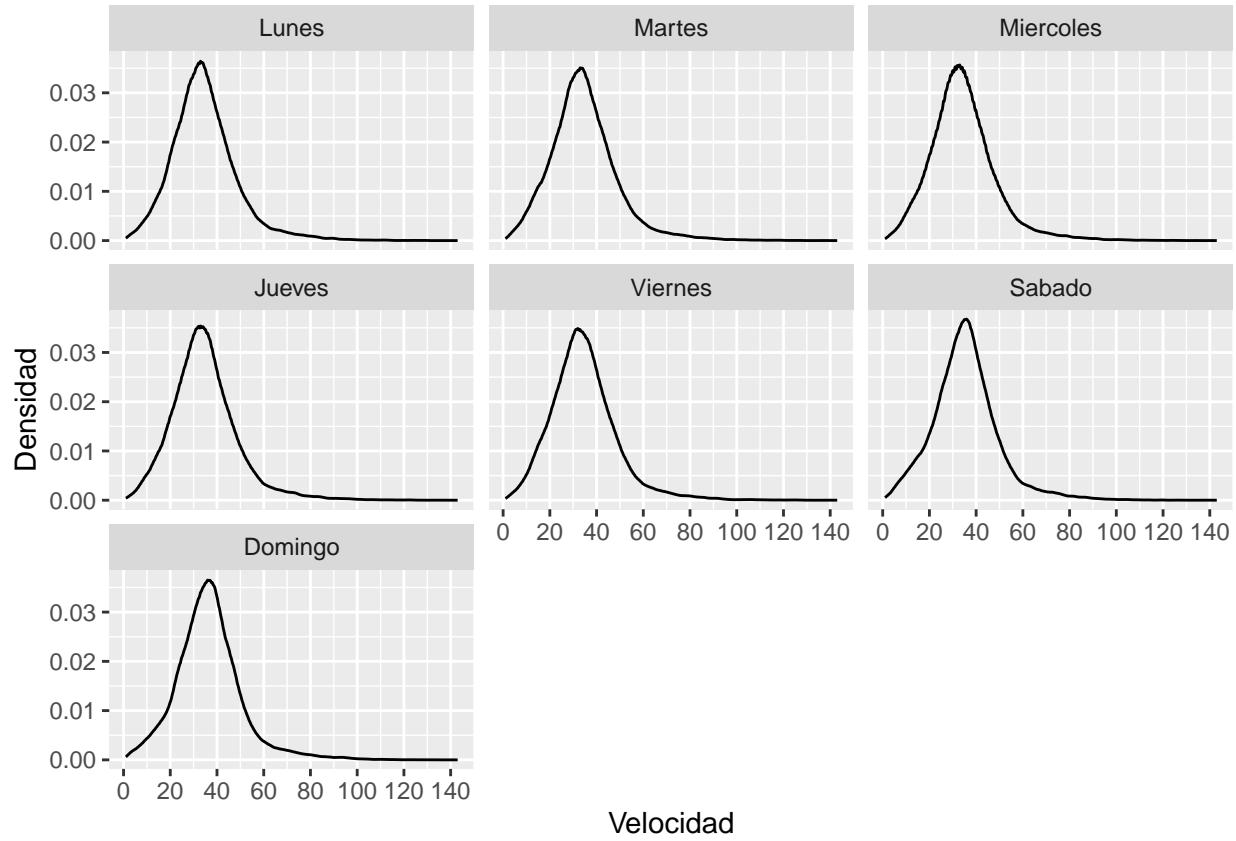
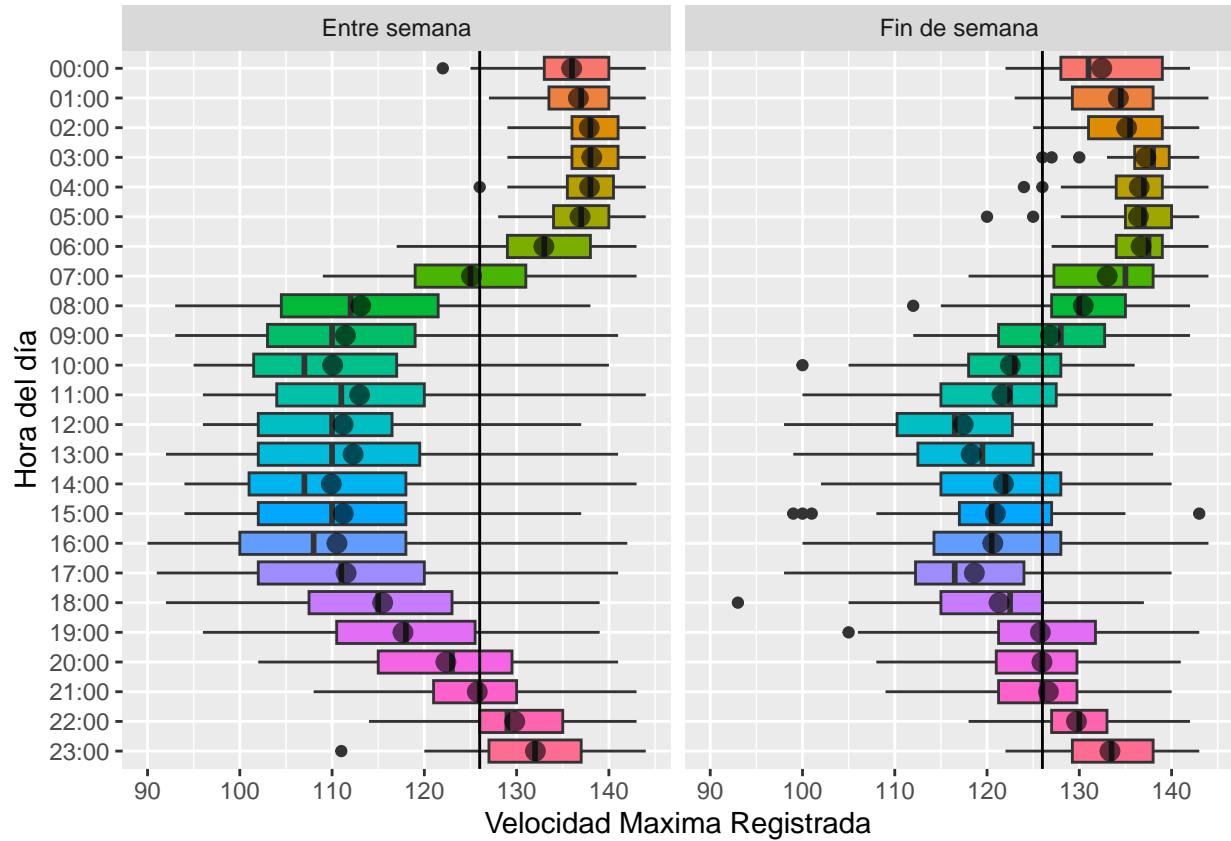
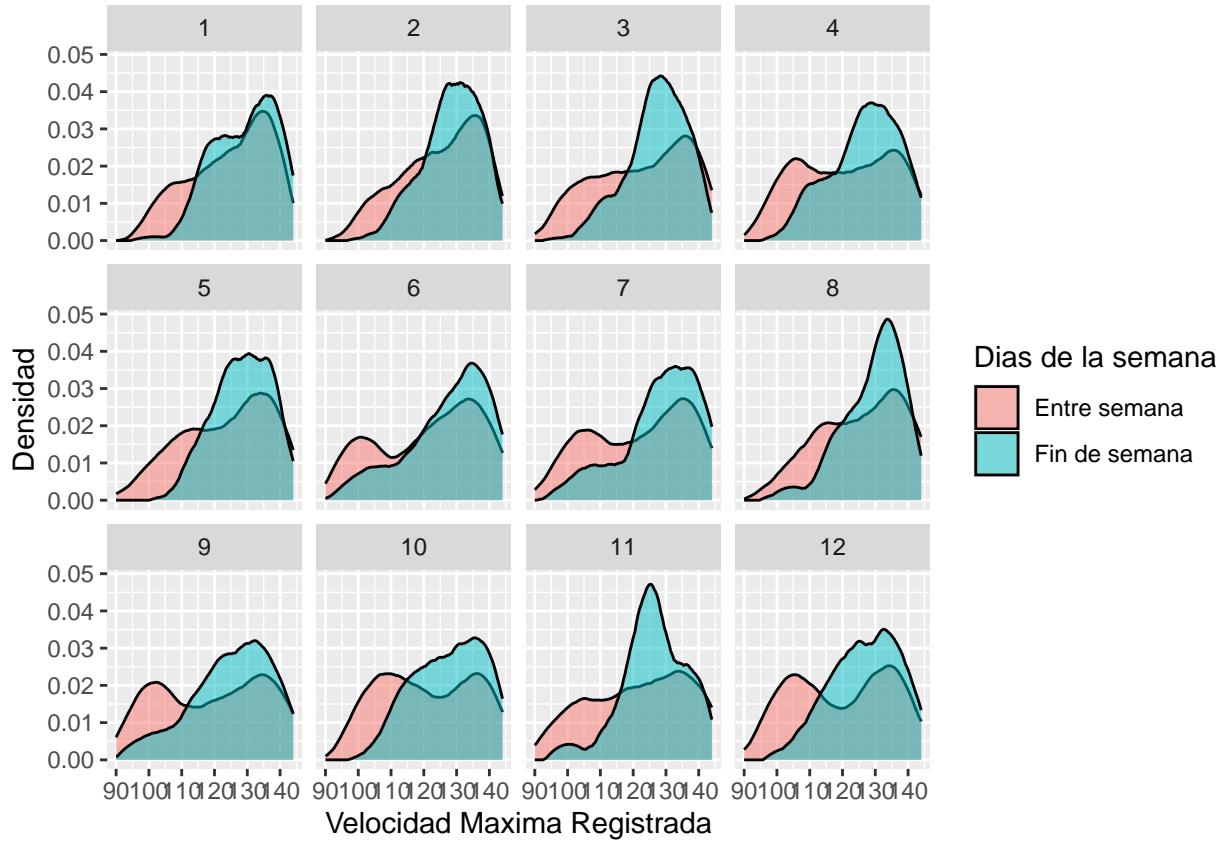


Figure 12: Densidad de Velocidad

La velocidad parece no variar a lo largo de los días de la semana. Alcanzan su valor máximo alrededor de los 35km/h.



Entre las 00:00 y las 08:00 es donde se alcanzan picos de casi 140 km/h, luego de ese rango se reduce la tendencia por ser horario laboral para luego crecer a medida de que cae la noche. Durante el fin de semana las velocidades máximas durante el horario laboral de lunes a viernes es totalmente diferente, los conductores durante el fin de semana aprovechan la baja de volumen para circular mas rápido. También se observa un comportamiento distinto los fines de semana, ya que hay muchos más casos atípicos de valores inferiores; esto puede ser causado por la sensación de relax que suele haber en los fines de semana, por no ser días laborables.



Este gráfico nos revela cosas interesantes, ya que podemos notar que los fines de semana, los máximos de velocidad registrados son mayores que los días de semana. De manera contraria, los máximos de velocidad con valores bajos son más comunes los días de semana. Esto también está muy relacionado a lo visto anteriormente sobre el volumen, ya que los fines de semana el volumen es menor, y eso permite facilidad a alcanzar picos de velocidad mayores. Como los días de semana el volumen de tráfico es mayor, es esperable que los máximos de velocidad no escalen demasiado.

Luego, con respecto a los meses, se puede ver que los dos meses en los cuales la densidad de la velocidad máxima es más similar los días de semana y los fines de semana son enero y febrero, y esto puede ser causado por las vacaciones de verano.

**Variacion por año** Si entramos en cada año vemos como crece la densidad de velocidad máxima registrada de lunes a viernes,

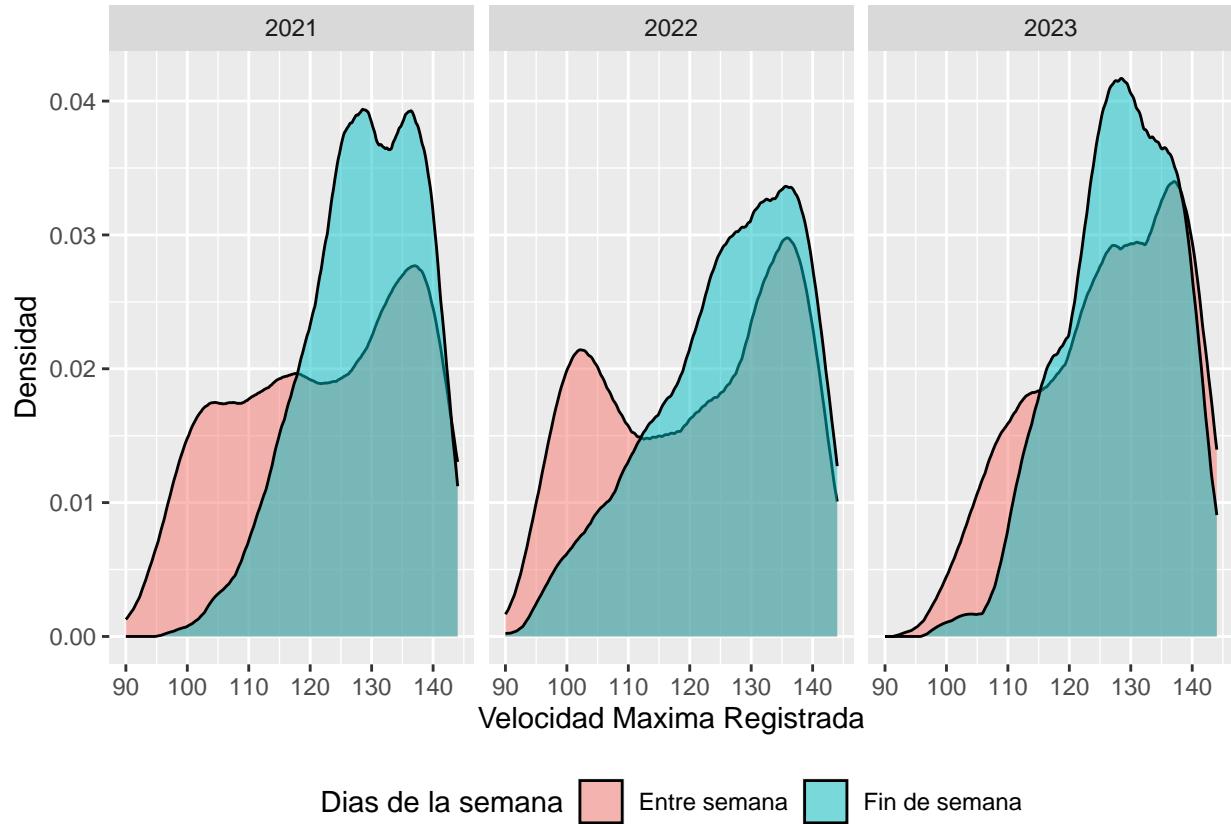
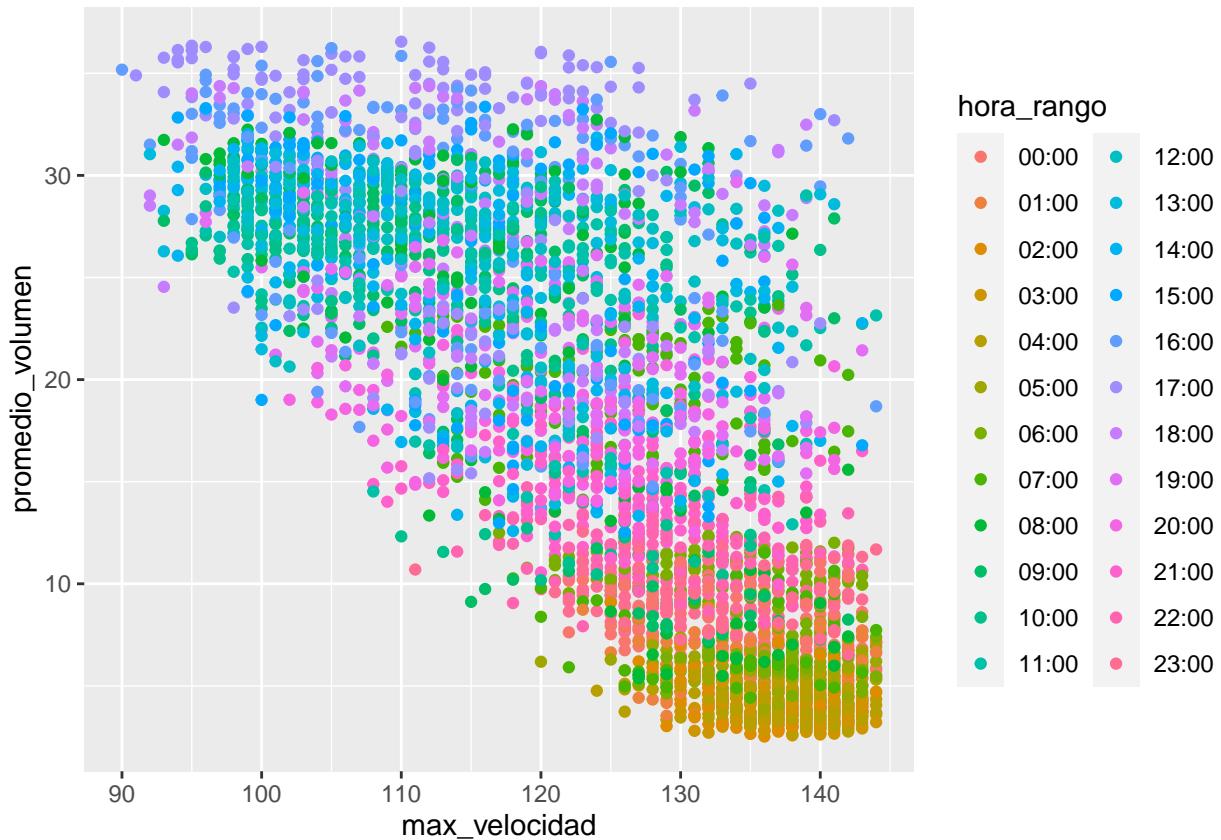


Figure 13: 2023 no esta completo, vamos a profundizar mas en nuestro modelo predictivo

En 2021 y 2022, los días de semana hubo una densidad de velocidad máxima muy similar, aunque los fines de semana hubo mayor densidad en valores altos de velocidad en 2021. En 2023 podemos ver una densidad mayor los días de semana, con menos diferencia de los días de semana como los años anteriores. Cabe aclarar que los datos de 2023 solo abarcan hasta mayo. Esto puede dar una explicación de la diferencia menor entre fin de semana y día de semana, ya que anteriormente vimos que los primeros meses del año muestran un comportamiento similar.

## Variacion conjunta de velocidad y volumen



Se observa una relación negativa, ya que cuanto mayor es el volumen, menor es el máximo de velocidad, y cuando el volumen es menor, los picos de velocidad tienden a ser mucho mayores. Además, podemos ver que los momentos de mayor volumen de tráfico suelen darse a la tarde, entre las 16:00 y las 18:00. También, los momentos donde el volumen es menor, y los picos de velocidad mayores suelen darse en la madrugada, entre las 2:00 y las 4:00

## Resultados interesantes

[Presentar los resultados más relevantes obtenidos durante el análisis exploratorio.]

## Modelo estadístico

Para el diseño del modelo, nos pareció interesante evaluar la interacción entre el volumen y la velocidad, además de otros factores planteados en las preguntas iniciales, como la hora o el día de la semana. Para esto, observamos que estas variables están claramente correlacionadas, por lo cual no es viable hacer un modelo de regresión ya que es necesaria la independencia de los errores. Por esto, concluimos en que es una mejor opción hacer un arbol de decisión, ya que nos permite observar esta dependencia con más claridad.

## Predictir velocidad promedio de un sensor

Ya definido el tipo de modelo, nos resta definir la variable de respuesta y sus predictoras. Nos pareció que la mejor opción para ser variable de respuesta era la velocidad, ya que vemos que cada uno de los otros factores

son condicionantes para esta variable.

Luego, nuestras variables predictoras serán el volumen, la hora y el día de la semana.

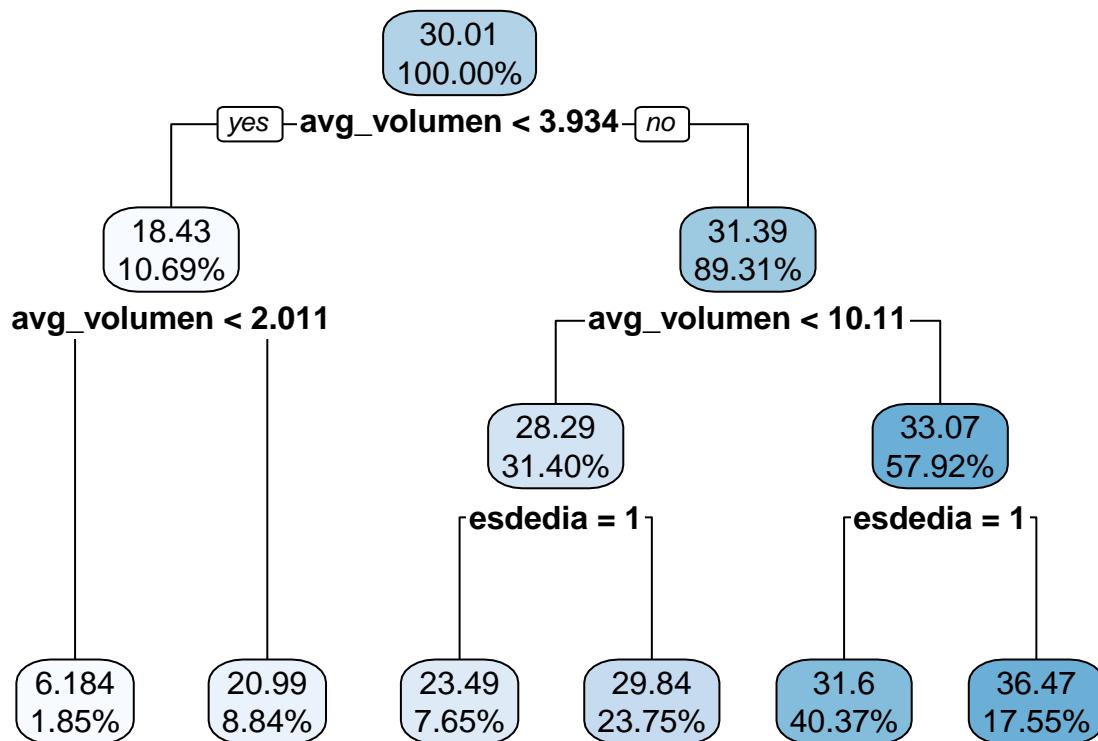
Para la hora y el día, decidimos seccionar las variables de forma binaria, ya que observamos en la velocidad una tendencia de comportamiento distinta en dos bloques bien definidos de cada variable. La hora estará seccionada en “día” y “noche” siendo “día” entre las 8:00 y las 20:00, y “noche” el caso contrario. Para el día de la semana, seccionaremos los datos en “fin de semana” y “día de semana”, ya que el tráfico suele comportarse de maneras diferentes en cada caso.

Para el volumen y la velocidad, tomamos el promedio para simplificar los datos. Los datos están agrupados por detector, hora, y día de la semana (Fin de semana o no).

```
## [1] 1083
```

Ya tenemos los datos, nos queda armar el arbol. Primero, tomaremos una muestra para crear los conjuntos de entrenamiento y prueba. La proporción será de un 70% para entrenamiento y un 30% para prueba. Antes de tomar la muestra fijaremos una semilla para poder analizar el mismo modelo de forma reproducible.

Al observar el modelo, notaremos que el volumen aparece repetidas veces seccionando los datos. Esto es porque, al ser continua, hay una variabilidad mucho más alta, y hay más casos para observar.



En concordancia con el comentario anterior, la variable volumen divide los datos en 4 categorías (Con límites 2.01; 3.93; 10.11) y la variable “esdia” solo actúa una vez, mientras la del fin de semana ni siquiera es utilizada por el arbol.

Podemos observar que los datos donde el volumen es menor a 3.93 es una minoría, ya que abarcan poco más de una décima parte. De todas formas, hay una división marcada en estos datos, ya que si el volumen es menor a 2, la velocidad suele ser de 6km/h, mientras que cuando el volumen es mayor a 2, la velocidad aumenta a casi 21km/h (Además es más significativa la cantidad de datos).

Cuando el volumen es mayor a 3.93 también hay un límite que demarca un comportamiento distinto entre los datos que superan y no este número, y es el 10.11. Los datos que tienen un volumen menor a 10.11, abarcan casi un tercio de los datos con una velocidad promedio de 28.29km/h, y los datos con volumen mayor a 10.11 abarcan casi un 58% de los datos con una velocidad promedio de 33 km/h. Se observa que la velocidad es mayor cuando el volumen es mayor a 10.11, aunque no es una diferencia tan significativa.

Una observación interesante es la diferencia de comportamiento entre los datos del día y de noche según el volumen. En todos los casos la velocidad es considerablemente mayor de noche que de día, pero la cantidad de datos observados es mayor de noche si el volumen es menor a 10, pero es mayor de día si el volumen es mayor a 10. Es decir, cuando el volumen es menor, hay más observaciones de noche, pero cuando hay mucho volumen de tráfico, hay menos observaciones de noche y de día hay muchas más.

Para saber la fiabilidad del modelo, calculamos el error cuadrado medio, y en base a eso fuimos ajustando los parámetros del modelo hasta llegar al actual, ya que es el que menor error tiene.

```
## [1] 9.881231
```

```
## [1] 11.08959
```

El modelo se aleja alrededor de esa cantidad de kilometros de los datos reales. Hay un mayor error en el conjunto de prueba, ya que son menos valores.

## Random Forest

```
## [1] 66127
```

El modelo le erra por esa cantidad de kilometros/hora en promedio

Este grafico muestra que variables son mas significativas para la predicción del promedio de velocidad

## Aplicación Shiny

### Descripción

La aplicación consta de 4 partes. Un mapa con la ubicación de los sensores, un análisis univariado y otro multivariado. La aplicación resume todo lo hecho anteriormente. Enlace

### Comentarios finales

#### Hallazgos principales

[Resumir los principales hallazgos del proyecto.]

#### Posibles extensiones

[Discutir posibles extensiones o mejoras para el proyecto.]

## Referencias

WICKHAM, HADLEY. 2023. *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data.* O'REILLY MEDIA.