

# Análisis de los supervivientes del Titanic.

Pedro Uceda Martínez

Pablo Campillo Sánchez

4 de enero, 2021

## Abstract

Mediante este documento se desarrolla la **Práctica 2: Limpieza y análisis de datos** de la asignatura de **Tipología y Ciclo de Vida de los Datos** del Máster Universitario en Ciencia de Datos de la Universidad Oberta de Catalunya.

# 1. Descripción del dataset

Durante esta práctica vamos a tratar el *dataset* base de la competición **Titanic - Machine Learning from Disaster**. En este conjunto de datos se nos presenta, para cada pasajero del tan famoso trasatlántico, sus datos personales más importantes, así como otros relacionados con su embarque en el Titanic, y si finalmente sobrevivieron al naufragio del mismo.

De este modo, este estudio es interesante dado que nos permite analizar cuáles fueron los factores que afectaron a la supervivencia de los pasajeros. Así, podremos, entre otras cosas, ver si solamente la clase del billete, el género y la edad condicionaron que un viajero se salvase tal y como hemos visto en la gran pantalla o bien hubiera habido otros factores que pudieran haber determinado la supervivencia del pasajero, como el número de billete.

Las variables de las que disponemos, para cada pasajero, son:

- **PassengerId**: Identificador artificial del pasajero.
- **Survived**: Si sobrevivió (1) o no (0).
- **Pclass**: Clase del pasaje.
- **Name**: Nombre del pasajero.
- **Sex**: Sexo del viajero.
- **Age**: Edad, en años.
- **SibSp**: Número de hermanos o esposas a bordo del Titanic.
- **Parch**: Número de padres / hijos a bordo del Titanic.
- **Ticket**: Número de ticket.
- **Fare**: Tarifa del pasaje.
- **Cabin**: Número de camarote.
- **Embarked**: Puerto desde el que embarcó el pasajero. Las posibles opciones son: Cherbourg (C), Queenstown (Q) o Southampton (S).

## 2. Integración y selección de los datos de interés a analizar.

Los datos a procesar provienen de **una única fuente**, por ello, **no es necesario realizar la fase de integración** o fusión de los datos. En este apartado, primero **se cargarán los datos y se hará una exploración inicial** de los mismos para tener una idea más clara de como se distribuyen y, posteriormente, se procederá a **seleccionar los datos de interés** y a **generar nuevas características** que puedan resultar interesantes para el análisis posterior.

### 2.1 Exploración de los datos (screening)

A continuación, cargamos el **dataset**, sin **factors**, para evitar tratar los nombres de los pasajeros como tales.

```
ds <- read.csv(file = "../data/titanic_survivors.csv", header=TRUE, stringsAsFactors=FALSE)
str(ds)

## 'data.frame':    891 obs. of  12 variables:
##  $ PassengerId: int  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
##  $ Survived   : int  0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 ...
##  $ Pclass     : int  3 1 3 1 3 3 1 3 3 2 ...
##  $ Name       : chr  "Braund, Mr. Owen Harris" "Cumings, Mrs. John Bradley (Florence Briggs Thayer)"
##  $ Sex        : chr  "male" "female" "female" "female" ...
##  $ Age        : num  22 38 26 35 35 NA 54 2 27 14 ...
##  $ SibSp      : int  1 1 0 1 0 0 0 3 0 1 ...
##  $ Parch      : int  0 0 0 0 0 0 0 1 2 0 ...
##  $ Ticket     : chr  "A/5 21171" "PC 17599" "STON/O2. 3101282" "113803" ...
##  $ Fare       : num  7.25 71.28 7.92 53.1 8.05 ...
##  $ Cabin      : chr  "" "C85" "" "C123" ...
##  $ Embarked   : chr  "S" "C" "S" "S" ...
```

Como se puede observar, el **dataset** contiene **891 registros** y **12 atributos**. Están presentes las **variables cuantitativas** **PassengerId**, **Survived**, **Pclass**, **Age**, **SibSp**, **Parch** y **Fare**, todas tratadas como **int** o **num**. También tenemos las **variables cualitativas** **Ticket**, **PClass**, **Sex** y **Cabin**, cargadas como **cadena de caracteres**. **Survived**, aun siendo variable cuantitativa, representa 0 (No) y 1 (Yes), por lo que en realidad es una **variable cualitativa dicotómica**.

Para más claridad de los datos, procedemos a realizar las **siguientes transformaciones**:

- Transformamos el campo **Survived** a uno **categorico** con **dos valores**, “**Yes**” y “**Not**”, representando si el pasajero sobrevivió o no, respectivamente.
- Transformamos el campo cualitativo categorico **Embarked** a un **factor** con **3 posibles valores**, cada uno con el nombre del puerto.
- Transformamos el **campo dicotómico Sex** a un **factor** con **2 niveles**, en lugar de trabajarlo como **cadena de texto**.
- Transformamos el **campo Pclass**, que se ha cargado como campo cuantitativo, a un **factor** con **tres niveles**, **ordenado**, y le asignamos las etiquetas “1st”, “2nd”, “3rd”.

```
#Transformamos Survived a factor
ds$Survived <- factor(ds$Survived, levels=c(0, 1), labels = c("Not", "Yes"))

#Convertimos Embarked a factor con 3 niveles
embarked_labels <- c("Cherbourg", "Queenstown", "Southampton")
ds$Embarked <- factor(ds$Embarked, levels=sort(c("C", "Q", "S")), labels = embarked_labels)

#Convertimos Sex a factor con 2 niveles, female / male
ds$Sex <- factor(ds$Sex)

#Convertimos Pclass a un factor ordenado
```

```
ds$Pclass <- factor(ds$Pclass, ordered=TRUE, levels=c(1, 2, 3), labels=c("1st", "2nd", "3rd"))
```

```
#Revisamos como quedan los datos en el dataset  
str(ds)
```

```
## 'data.frame': 891 obs. of 12 variables:  
## $ PassengerId: int 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...  
## $ Survived : Factor w/ 2 levels "Not","Yes": 1 2 2 2 1 1 1 1 2 2 ...  
## $ Pclass : Ord.factor w/ 3 levels "1st"<"2nd"<"3rd": 3 1 3 1 3 3 1 3 3 2 ...  
## $ Name : chr "Braund, Mr. Owen Harris" "Cumings, Mrs. John Bradley (Florence Briggs Thayer)"  
## $ Sex : Factor w/ 2 levels "female","male": 2 1 1 1 2 2 2 2 1 1 ...  
## $ Age : num 22 38 26 35 35 NA 54 2 27 14 ...  
## $ SibSp : int 1 1 0 1 0 0 0 3 0 1 ...  
## $ Parch : int 0 0 0 0 0 0 0 1 2 0 ...  
## $ Ticket : chr "A/5 21171" "PC 17599" "STON/O2. 3101282" "113803" ...  
## $ Fare : num 7.25 71.28 7.92 53.1 8.05 ...  
## $ Cabin : chr "" "C85" "" "C123" ...  
## $ Embarked : Factor w/ 3 levels "Cherbourg","Queenstown",...: 3 1 3 3 3 2 3 3 3 1 ...
```

Para hacernos una idea de las características más importantes de los atributos, vamos a mostrar las estadísticas básicas:

```
summary(ds)
```

```
## PassengerId Survived Pclass Name Sex  
## Min. : 1.0 Not:549 1st:216 Length:891 female:314  
## 1st Qu.:223.5 Yes:342 2nd:184 Class :character male :577  
## Median :446.0 3rd:491 Mode :character  
## Mean :446.0  
## 3rd Qu.:668.5  
## Max. :891.0  
##  
## Age SibSp Parch Ticket  
## Min. : 0.42 Min. :0.000 Min. :0.0000 Length:891  
## 1st Qu.:20.12 1st Qu.:0.000 1st Qu.:0.0000 Class :character  
## Median :28.00 Median :0.000 Median :0.0000 Mode :character  
## Mean :29.70 Mean :0.523 Mean :0.3816  
## 3rd Qu.:38.00 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:0.0000  
## Max. :80.00 Max. :8.000 Max. :6.0000  
## NA's :177  
## Fare Cabin Embarked  
## Min. : 0.00 Length:891 Cherbourg :168  
## 1st Qu.: 7.91 Class :character Queenstown : 77  
## Median : 14.45 Mode :character Southampton:644  
## Mean : 32.20 NA's : 2  
## 3rd Qu.: 31.00  
## Max. :512.33  
##
```

La información más relevante es:

- **Survived:** Hay más gente que falleció que sobrevivió.
- **Pclass:** Lo más común es viajeros con billetes de tercera clase.
- **Sex:** En el barco viajaban el doble de hombres que de mujeres.
- **Age:** Especifica la edad en años. Podemos ver que el mínimo es 0.42 años, así que se contemplan bebés. La persona más anciana tenía 80 años y la media de edad estaba en torno a los 30 años. La mitad de

los viajeros tenía 28 años o menos.

- **SibSp**: Lo más común es ir sin hermanos ni mujer, es decir, viajar solo.
- **Parch**: Es menos común todavía ir con descendientes o ascendientes.
- **Fare**: La media del precio del billete es 32.2 y la mediana 14. Esto indica que hay mucha disparidad de precios, siendo el máximo 512.
- **Embarked**: La mayoría embarcaron de Southampton, luego de Cherbourg y unos pocos de Queenstown.

Por último, hacemos una inspección visual de los campos que menos sabemos sobre ellos: Ticket y Cabin.

### 2.1.1 Campo Ticket

La codificación del billete (Ticket) parece que sigue diferentes patrones y además, **hay viajeros que comparten ticket** ya que si los ordenamos, podemos comprobar que estos se repiten:

```
#Mostramos los 10 primeros tickets según orden
sort(ds$Ticket)[1:10]
```

```
## [1] "110152" "110152" "110152" "110413" "110413" "110413" "110465" "110465"
## [9] "110564" "110813"
```

Si comprobamos los campos únicos, vemos que pasa de 891 a 681 valores diferentes, lo que indica que **hay valores de ticket repetidos**:

```
length(distinct(ds, Ticket)$Ticket)
```

```
## [1] 681
```

Además, el que un ticket se repita no depende de su tipo:

```
aux <- count(ds, Ticket)
aux[order(aux[,2], decreasing = TRUE), ][1:10, ]
```

```
##      Ticket n
## 81      1601 7
## 334     347082 7
## 569     CA. 2343 7
## 250     3101295 6
## 338     347088 6
## 567     CA 2144 6
## 481     382652 5
## 622 S.O.C. 14879 5
## 34      113760 4
## 38      113781 4
```

Suponemos que se puede comprar un mismo billete para varias personas. ¿Compartirán el camarote? ¿Serán familia? Veamos los datos de estos 8.

**Ticket 1601**: Varias personas de origen chino tienen un billete común y, según los datos, no tienen parentesco entre sí.

```
select(ds[ds$Ticket == "1601", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##      Name Pclass  Fare Cabin Embarked Sex Age SibSp Parch
## 75  Bing, Mr. Lee   3rd 56.4958 Southampton male 32 0 0
## 170 Ling, Mr. Lee   3rd 56.4958 Southampton male 28 0 0
## 510 Lang, Mr. Fang   3rd 56.4958 Southampton male 26 0 0
## 644 Foo, Mr. Choong   3rd 56.4958 Southampton male NA 0 0
## 693 Lam, Mr. Ali   3rd 56.4958 Southampton male NA 0 0
## 827 Lam, Mr. Len   3rd 56.4958 Southampton male NA 0 0
## 839 Chip, Mr. Chang   3rd 56.4958 Southampton male 32 0 0
```

**Ticket 347082:** Familia formada por 2 padres y 5 hijos de 2, 4, 6 y 9 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "347082", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

	Name	Pclass	Fare
## 14	Andersson, Mr. Anders Johan	3rd	31.275
## 120	Andersson, Miss. Ellis Anna Maria	3rd	31.275
## 542	Andersson, Miss. Ingeborg Constanzia	3rd	31.275
## 543	Andersson, Miss. Sigrid Elisabeth	3rd	31.275
## 611	Andersson, Mrs. Anders Johan (Alfrida Konstantia Brogren)	3rd	31.275
## 814	Andersson, Miss. Ebba Iris Alfrida	3rd	31.275
## 851	Andersson, Master. Sigvard Harald Elias	3rd	31.275

	Cabin	Embarked	Sex	Age	SibSp	Parch
## 14	Southampton	male	39	1	5	
## 120	Southampton	female	2	4	2	
## 542	Southampton	female	9	4	2	
## 543	Southampton	female	11	4	2	
## 611	Southampton	female	39	1	5	
## 814	Southampton	female	6	4	2	
## 851	Southampton	male	4	4	2	

**Ticket CA. 2343:** Deben ser hermanos viajando con sus esposas ya que tienen todas el mismo apellido y, aunque no se sabe la edad, el billete es caro (saldrían a 10 libras por cabeza)

```
select(ds[ds$Ticket == "CA. 2343", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

	Name	Pclass	Fare	Cabin	Embarked	Sex	Age
## 160	Sage, Master. Thomas Henry	3rd	69.55	Southampton	male	NA	
## 181	Sage, Miss. Constance Gladys	3rd	69.55	Southampton	female	NA	
## 202	Sage, Mr. Frederick	3rd	69.55	Southampton	male	NA	
## 325	Sage, Mr. George John Jr	3rd	69.55	Southampton	male	NA	
## 793	Sage, Miss. Stella Anna	3rd	69.55	Southampton	female	NA	
## 847	Sage, Mr. Douglas Bullen	3rd	69.55	Southampton	male	NA	
## 864	Sage, Miss. Dorothy Edith "Dolly"	3rd	69.55	Southampton	female	NA	

	SibSp	Parch
## 160	8	2
## 181	8	2
## 202	8	2
## 325	8	2
## 793	8	2
## 847	8	2
## 864	8	2

**Ticket 347088:** Matrimonio con sus 4 hijos de 2, 4, 9 y 10 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "347088", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

	Name	Pclass	Fare	Cabin
## 64	Skoog, Master. Harald	3rd	27.9	
## 168	Skoog, Mrs. William (Anna Bernhardina Karlsson)	3rd	27.9	
## 361	Skoog, Mr. Wilhelm	3rd	27.9	
## 635	Skoog, Miss. Mabel	3rd	27.9	
## 643	Skoog, Miss. Margit Elizabeth	3rd	27.9	
## 820	Skoog, Master. Karl Thorsten	3rd	27.9	

	Embarked	Sex	Age	SibSp	Parch
## 64	Southampton	male	4	3	2
## 168	Southampton	female	45	1	4

```
## 361 Southampton male 40 1 4
## 635 Southampton female 9 3 2
## 643 Southampton female 2 3 2
## 820 Southampton male 10 3 2
```

**Ticket 3101295:** Madre con sus 5 hijos de 1, 2, 7, 14 y 16 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "3101295", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##                               Name Pclass   Fare Cabin   Embarked
## 51                Panula, Master. Juha Niilo    3rd 39.6875   Southampton
## 165              Panula, Master. Eino Viljami    3rd 39.6875   Southampton
## 267              Panula, Mr. Ernesti Arvid    3rd 39.6875   Southampton
## 639 Panula, Mrs. Juha (Maria Emilia Ojala)    3rd 39.6875   Southampton
## 687              Panula, Mr. Jaako Arnold    3rd 39.6875   Southampton
## 825              Panula, Master. Urho Abraham    3rd 39.6875   Southampton
##      Sex Age SibSp Parch
## 51   male  7    4    1
## 165   male  1    4    1
## 267   male 16    4    1
## 639 female 41    0    5
## 687   male 14    4    1
## 825   male  2    4    1
```

**Ticket 347088:** Matrimonio con sus 4 hijos de 2, 4, 9 y 10 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "347088", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##                               Name Pclass Fare Cabin
## 64                Skoog, Master. Harald    3rd 27.9
## 168 Skoog, Mrs. William (Anna Bernhardina Karlsson)    3rd 27.9
## 361                Skoog, Mr. Wilhelm    3rd 27.9
## 635                Skoog, Miss. Mabel    3rd 27.9
## 643                Skoog, Miss. Margit Elizabeth    3rd 27.9
## 820                Skoog, Master. Karl Thorsten    3rd 27.9
##      Embarked Sex Age SibSp Parch
## 64 Southampton male  4    3    2
## 168 Southampton female 45    1    4
## 361 Southampton male 40    1    4
## 635 Southampton female  9    3    2
## 643 Southampton female  2    3    2
## 820 Southampton male 10    3    2
```

**Ticket CA 2144:** Madre con sus 5 hijos de 1, 9, 11, 14 y 16 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "CA 2144", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##                               Name Pclass Fare Cabin   Embarked
## 60      Goodwin, Master. William Frederick    3rd 46.9   Southampton
## 72      Goodwin, Miss. Lillian Amy    3rd 46.9   Southampton
## 387      Goodwin, Master. Sidney Leonard    3rd 46.9   Southampton
## 481      Goodwin, Master. Harold Victor    3rd 46.9   Southampton
## 679 Goodwin, Mrs. Frederick (Augusta Tyler)    3rd 46.9   Southampton
## 684      Goodwin, Mr. Charles Edward    3rd 46.9   Southampton
##      Sex Age SibSp Parch
## 60   male 11    5    2
## 72 female 16    5    2
## 387   male  1    5    2
```

```
## 481   male    9    5    2
## 679 female  43    1    6
## 684   male   14    5    2
```

**Ticket 382652:** Madre con sus 4 hijos de 2, 4, 7 y 8 años.

```
select(ds[ds$Ticket == "382652", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##                               Name Pclass   Fare Cabin   Embarked   Sex
## 17                        Rice, Master. Eugene    3rd 29.125   Queenstown  male
## 172                      Rice, Master. Arthur    3rd 29.125   Queenstown  male
## 279                      Rice, Master. Eric     3rd 29.125   Queenstown  male
## 788                      Rice, Master. George Hugh 3rd 29.125   Queenstown  male
## 886 Rice, Mrs. William (Margaret Norton)    3rd 29.125   Queenstown female
##      Age SibSp Parch
## 17    2    4    1
## 172   4    4    1
## 279   7    4    1
## 788   8    4    1
## 886  39    0    5
```

**Ticket S.O.C. 14879:** Billeto de 2a clase compartido entre hermanos e, imaginamos, que amigos.

```
select(ds[ds$Ticket == "S.O.C. 14879", ], Name, Pclass, Fare, Cabin, Embarked, Sex, Age, SibSp, Parch)
```

```
##                               Name Pclass Fare Cabin   Embarked   Sex Age SibSp
## 73                      Hood, Mr. Ambrose Jr    2nd 73.5   Southampton  male  21    0
## 121 Hickman, Mr. Stanley George    2nd 73.5   Southampton  male  21    2
## 386    Davies, Mr. Charles Henry    2nd 73.5   Southampton  male  18    0
## 656    Hickman, Mr. Leonard Mark    2nd 73.5   Southampton  male  24    2
## 666          Hickman, Mr. Lewis    2nd 73.5   Southampton  male  32    2
##      Parch
## 73        0
## 121       0
## 386       0
## 656       0
## 666       0
```

La exploración del campo Ticket nos revela que **los billetes se comparten**, este hecho se ha confirmado tras estudiar un poco de historia en Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Passengers\\_of\\_the\\_Titanic](https://en.wikipedia.org/wiki/Passengers_of_the_Titanic)). Resulta que **el precio típico de los billetes del Titanic era de 7, 13 y desde 30 libras tercera, segunda y primera clase, respectivamente**. El precio de los niños de tercera era 3 libras. Por tanto, al menos, para hacer un análisis por persona, habría que:

- Adaptar el **precio por persona**: dividiendo fare por el número de personas que disponen del billete.
- Un campo nuevo podría indicar con **cuántas personas se compartía el billete**.
- Si del nombre nos quedamos con el apellido, podemos analizar también la **probabilidad de muerte en función del apellido**. ¿Hay apellidos más afortunados que otros o de clases sociales diferentes?

Por otro lado, al nombre del Ticket no hemos conseguido sacar una relación o significado claro a primera vista.

### 2.1.1 Campo Cabin

Al igual que con el campo Ticket, se han agrupado y contado los valores del campo Cabin. Como se puede ver en la tabla de abajo, **la gran cantidad de registros no contiene el nombre del camarote (687)**. Los nombres de los camarotes parece que están **formados por la letra de la cubierta (A-F) y seguido**



de un número. La mayoría de los registros corresponden a 1a clase, aunque también hay registros con 2a y 3a. También llama la atención, que recoge más de un camarote.

```
aux <- count(ds, Cabin)
head(aux[order(aux[,2], decreasing = TRUE), ])
```

```
##      Cabin    n
## 1          687
## 49    B96 B98    4
## 65    C23 C25 C27  4
## 147         G6    4
## 64     C22 C26    3
## 92         D     3
```

## 2.2 Selección y creación de características

Como hemos visto en el apartado anterior, tras explorar el campo Ticket, vimos que podíamos **crear nuevos campos**:

- **Surname**: Campo del apellido del propietario del billete.
- **TicketOwners**: Número de propietarios de un billete.
- **PricePerPerson**: Precio del billete por persona, ya que Fare contiene el precio del billete total.

Los nombres están formados primero por el apellido, luego una coma y después el nombre. **Para extraer el apellido, simplemente separamos por coma y nos quedamos con la primera parte:**

```
ds <- separate(ds, Name, c("Surname", NA))
```

```
head(ds)
```

```
## PassengerId Survived Pclass Surname Sex Age SibSp Parch Ticket
## 1          1      Not    3rd  Braund  male  22     1     0    A/5 21171
## 2          2       Yes    1st Cumings female 38     1     0    PC 17599
## 3          3       Yes    3rd Heikkinen female 26     0     0 STON/O2. 3101282
## 4          4       Yes    1st Futrelle female 35     1     0    113803
## 5          5      Not    3rd Allen male 35     0     0    373450
## 6          6      Not    3rd Moran male NA     0     0    330877
##      Fare Cabin Embarked
## 1  7.2500      Southamton
## 2 71.2833    C85  Cherbourg
## 3  7.9250      Southamton
## 4 53.1000   C123 Southamton
## 5  8.0500      Southamton
## 6  8.4583      Queenstown
```

Luego, obtenemos el **número de propietarios por billete** (TicketOwners) y con este campo **obtenemos el precio por persona** (PricePerPerson). Los campos nuevos generados serían:

```
aux <- count(ds, Ticket)
ds <- merge(x = ds, y = aux, by = "Ticket", all.x = TRUE)
colnames(ds)[13] <- "TicketOwners"
ds$PricePerPerson <- ds$Fare / ds$TicketOwners
head(select(ds, Surname, TicketOwners, PricePerPerson))
```

```
## Surname TicketOwners PricePerPerson
## 1 Cherry           3      28.83333
## 2 Rothes           3      28.83333
## 3 Maioni           3      28.83333
```

```
## 4 Taussig      3      26.55000
## 5 Taussig      3      26.55000
## 6 Taussig      3      26.55000
```

Los atributos **PassengerId**, **Ticket**, **Fare** y **Name** no serán objeto de análisis. Por tanto, los campos que finalmente se consideran para ser limpiados y analizados son:

```
ds <- subset(ds, select = -c(PassengerId, Ticket, Fare) )
str(ds)
```

```
## 'data.frame':  891 obs. of  11 variables:
## $ Survived      : Factor w/ 2 levels "Not","Yes": 2 2 2 2 1 2 1 1 2 2 ...
## $ Pclass        : Ord.factor w/ 3 levels "1st"<"2nd"<"3rd": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
## $ Surname       : chr  "Cherry" "Rothes" "Maioni" "Taussig" ...
## $ Sex           : Factor w/ 2 levels "female","male": 1 1 1 1 2 1 2 2 2 1 ...
## $ Age           : num  30 33 16 39 52 18 47 NA 28 60 ...
## $ SibSp         : int   0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 ...
## $ Parch         : int   0 0 0 1 1 2 0 0 0 0 ...
## $ Cabin         : chr   "B77" "B77" "B79" "E67" ...
## $ Embarked      : Factor w/ 3 levels "Cherbourg","Queenstown",...: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 1 ...
## $ TicketOwners  : int   3 3 3 3 3 3 2 2 1 1 ...
## $ PricePerPerson: num   28.8 28.8 28.8 26.6 26.6 ...
```

A continuación, **salvamos los datos con estas nuevas características** que hemos extraído en un nuevo fichero, que llamaremos **data/titanic\_survivors\_with\_characteristics.csv**:

```
write.csv(ds, "../data/titanic_survivors_with_characteristics.csv", row.names = TRUE)
```

### 3. Limpieza de datos

En este apartado vamos a limpiar los datos para que el análisis posterior y los modelos generados sean más representativos y correctos.

#### 3.1 Elementos vacíos

Primero, vamos comprobar aquellos campos que son nulos o vacíos:

```
#Estadísticas básicas  
summary(ds)
```

```
##   Survived   Pclass      Surname      Sex      Age  
##   Not:549    1st:216    Length:891    female:314  Min.   : 0.42  
##   Yes:342    2nd:184    Class :character  male  :577  1st Qu.:20.12  
##                3rd:491    Mode  :character                Median :28.00  
##                Mean   :29.70  
##                3rd Qu.:38.00  
##                Max.   :80.00  
##                NA's   :177  
##      SibSp      Parch      Cabin      Embarked  
##   Min.   :0.000    Min.   :0.0000  Length:891  Cherbourg :168  
##   1st Qu.:0.000    1st Qu.:0.0000  Class :character  Queenstown : 77  
##   Median :0.000    Median :0.0000  Mode  :character  Southampton:644  
##   Mean   :0.523    Mean   :0.3816                NA's      : 2  
##   3rd Qu.:1.000    3rd Qu.:0.0000  
##   Max.   :8.000    Max.   :6.0000  
##  
##   TicketOwners  PricePerPerson  
##   Min.   :1.000    Min.   : 0.000  
##   1st Qu.:1.000    1st Qu.: 7.763  
##   Median :1.000    Median : 8.850  
##   Mean   :1.788    Mean   :17.789  
##   3rd Qu.:2.000    3rd Qu.:24.288  
##   Max.   :7.000    Max.   :221.779  
##
```

```
# Estadísticas de valores vacíos  
colSums(is.na(ds))
```

```
##      Survived      Pclass      Surname      Sex      Age  
##           0           0           0           0          177  
##      SibSp      Parch      Cabin      Embarked  TicketOwners  
##           0           0           0           2             0  
## PricePerPerson  
##           0
```

```
colSums(ds=="")
```

```
##      Survived      Pclass      Surname      Sex      Age  
##           0           0           0           0          NA  
##      SibSp      Parch      Cabin      Embarked  TicketOwners  
##           0           0          687          NA             0  
## PricePerPerson  
##           0
```

Vemos que los campos que tienen campos nulos o vacíos son:

- **Age** tiene **177 valores nulos** y su valor debe ser mayor de cero. En este caso, lo ideal sería generar un modelo de regresión que predijese la edad ya que puede depender de la clase, el sexo pero sobre todo de la clase y el precio, ya que los niños pagan menos. Por simplicidad, *vamos \_\_imputamos a estos valores nulos la mediana de las edades.*
- **Embarked** tiene **2 valores nulos** y cada persona tiene que haber embarcado desde algún puerto. En este caso, con el ticket a lo mejor se podría deducir desde donde se ha embarcado. En este caso, **asignaremos el puerto más probable**, es decir, **desde donde más gente embarcó.**
- **Cabin** tiene **687 valores vacíos** y cada persona tiene que dormir en algún camarote. La cantidad de nulos es enorme, sobre todo para los de tercera clase. El camarote exacto no se puede averiguar. En base a la clase, se podría asignar una letra de cubierta. Pero para ello habría que cambiar la variable Cabin por Desk. En este caso, lo que haremos será **eliminar la variable.**

Como podemos comprobar, ya no hay nulos:

```
#Imputamos la mediana a los valores nulos de Age
age_median <- median(ds$Age, na.rm = TRUE)
ds[, 'Age'][is.na(ds[, 'Age'])] <- age_median

#Imputamos el puerto de embarque más frecuente al campo Embarked
embarked_most_frequent <- levels(ds$Embarked)[which.max(ds$Embarked)]
ds[, 'Embarked'][is.na(ds[, 'Embarked'])] <- embarked_most_frequent

#Eliminamos el atributo Cabin
ds <- subset(ds, select = -c(Cabin) )

summary(ds)
```

```
## Survived Pclass Surname Sex Age
## Not:549 1st:216 Length:891 female:314 Min. : 0.42
## Yes:342 2nd:184 Class :character male :577 1st Qu.:22.00
## 3rd:491 Mode :character Median :28.00
## Mean :29.36
## 3rd Qu.:35.00
## Max. :80.00
## SibSp Parch Embarked TicketOwners
## Min. :0.000 Min. :0.0000 Cherbourg :170 Min. :1.000
## 1st Qu.:0.000 1st Qu.:0.0000 Queenstown : 77 1st Qu.:1.000
## Median :0.000 Median :0.0000 Southampton:644 Median :1.000
## Mean :0.523 Mean :0.3816 Mean :1.788
## 3rd Qu.:1.000 3rd Qu.:0.0000 3rd Qu.:2.000
## Max. :8.000 Max. :6.0000 Max. :7.000
## PricePerPerson
## Min. : 0.000
## 1st Qu.: 7.763
## Median : 8.850
## Mean : 17.789
## 3rd Qu.: 24.288
## Max. :221.779
```

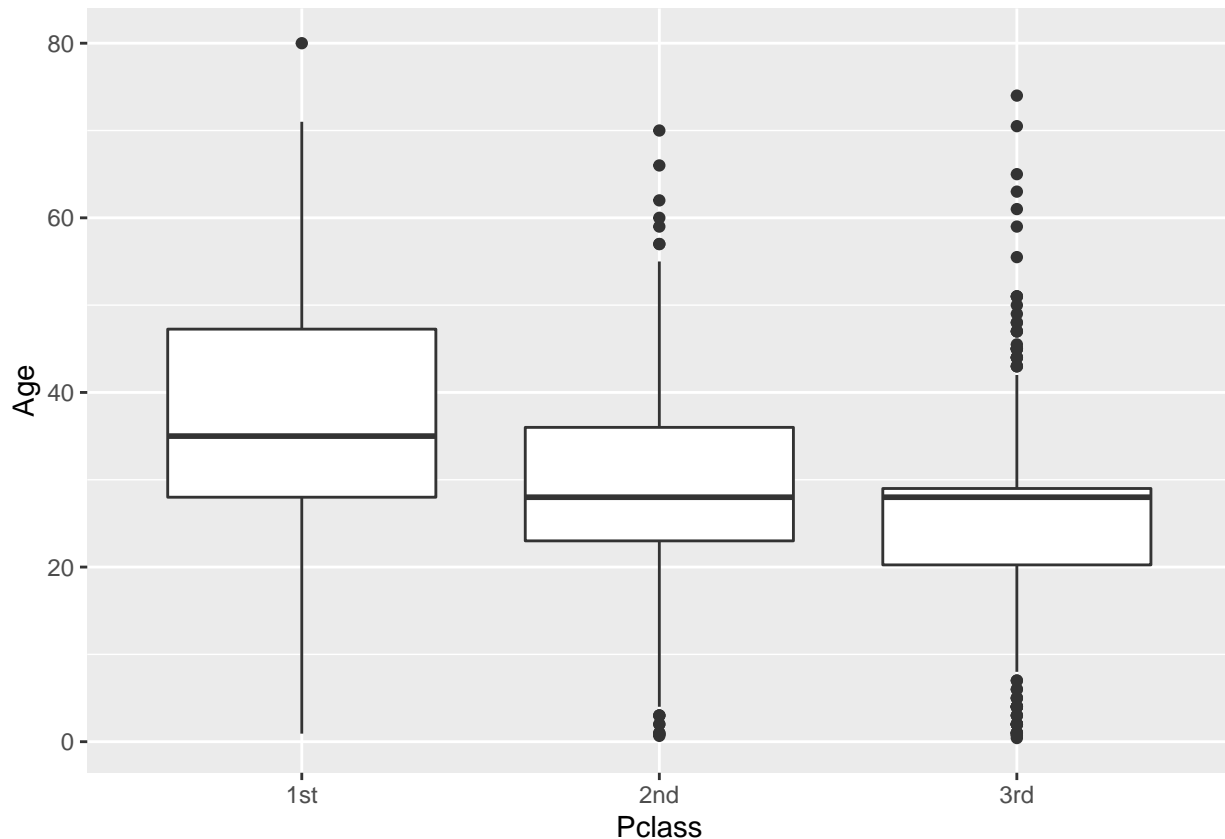
### 3.2 Identificación y tratamiento de valores extremos.

En este apartado vamos a **analizar los valores de los campos numéricos para ver si hay valores que no tienen sentido o resultan extraños**, por ejemplo, los **valores extremos** o *outliers*. Un criterio para identificar los valores extremos son **aquellos que se sitúan a 3 veces la desviación estándar de la media o más**. Una herramienta muy útil para identificar dichos valores son las **gráficas de caja**. Veamos

por variables:

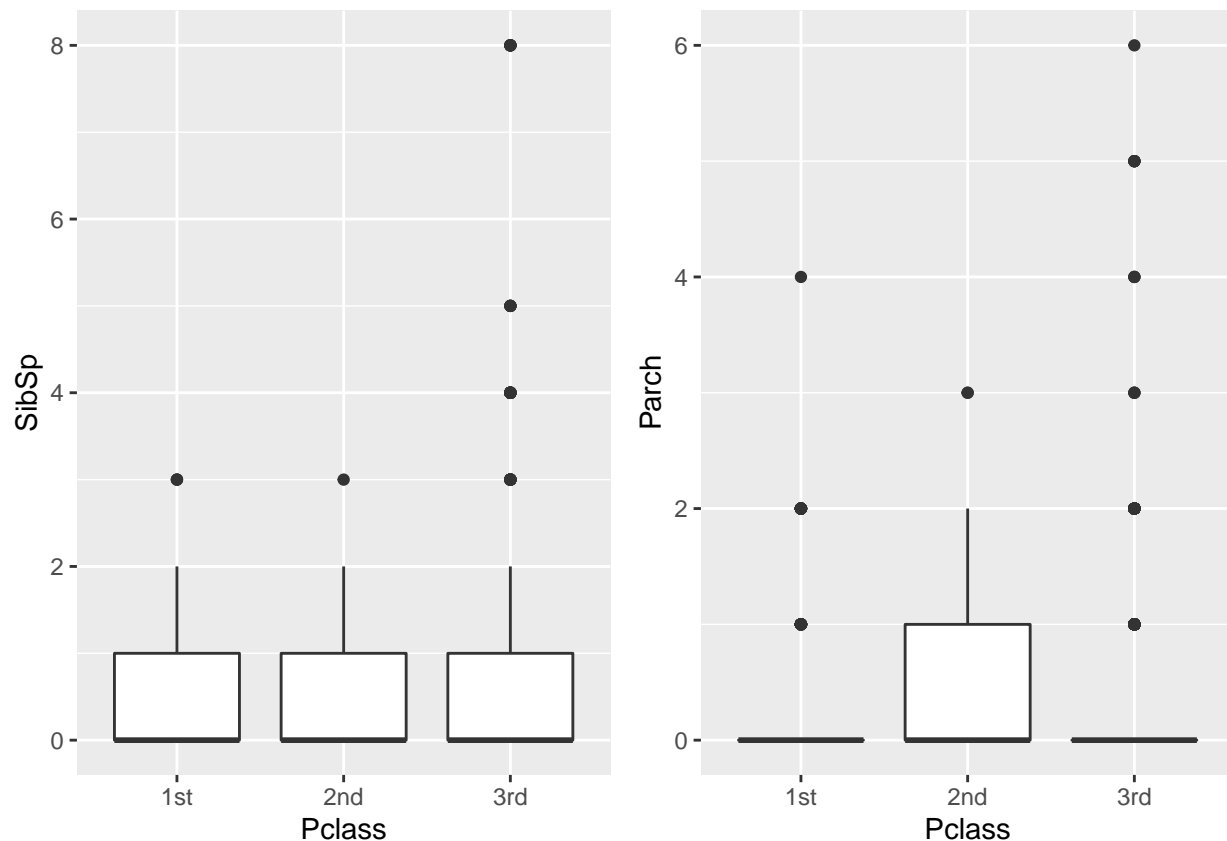
**Age:** Si hacemos las gráficas por clase, podemos ver que hay **valores extremos pero están dentro de un rango de edades normal, entre 0.42 y 80**. Se puede comprobar cómo, **cuanto mejor es la clase, mayor es la edad**.

```
gAge1 <- ggplot(ds, aes(x=Pclass, y=Age)) + geom_boxplot()
gAge1
```



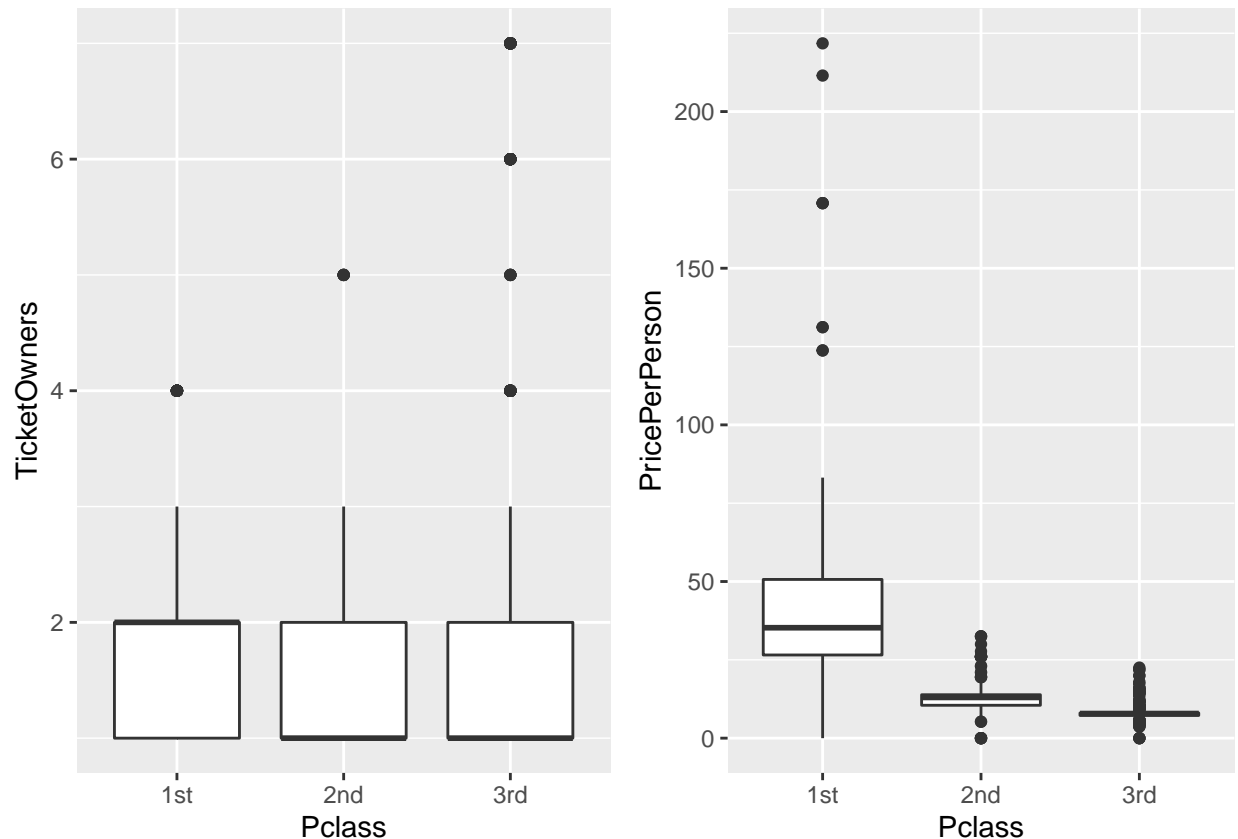
**SibSp y Parch:** En ambos casos se presentan *outliers* porque lo más común es viajar sin familiares y hay casos de 3, 4, 5 y hasta 8 hermanos, lo cual no es extraño en aquella época. Así que los valores para estos campos se consideran correctos.

```
gSibSp <- ggplot(ds, aes(x=Pclass, y=SibSp)) + geom_boxplot()
gParch <- ggplot(ds, aes(x=Pclass, y=Parch)) + geom_boxplot()
grid.arrange(gSibSp, gParch, nrow=1)
```



**TicketOwners** y **PricePerPerson**: Para la tercera y segunda clase, lo más común es viajar sólo y en primera es viajar con un acompañante. El número de personas máximo que comparten billete es 8 pero es normal si se considera que había alguna familiar con hasta 8 hermanos. Los datos son consistentes. Si vemos los precios por clase, vemos cómo son cada vez más elevados en función de la clase. Vemos outliers para tercera y segunda, por ejemplo, no es correcto que billetes de tercera clase cuestan 20 libras. En cambio, para primera clase, no es raro que haya outliers, ya que el lujo nunca tiene techo. Según las investigaciones, hubo pasajeros de primera clase que llegaron a pagar más de 1000 libras.

```
gTicketOwners <- ggplot(ds, aes(x=Pclass, y=TicketOwners)) + geom_boxplot()
gPricePerPerson <- ggplot(ds, aes(x=Pclass, y=PricePerPerson)) + geom_boxplot()
grid.arrange(gTicketOwners,gPricePerPerson,nrow=1)
```



En este caso, lo que vamos a tratar, son **aquellos casos en el que el precio del billete por persona es cero**, ya que eso **no puede darse** a menos que la persona sea de la tripulación pero suponemos que son **todos pasajeros**. Por tanto, lo que haremos será **reemplazar todos los valores 0 del campo PricePerPerson, por la mediana** de dicho precio en función de a la clase que pertenezca el pasajero. Nótese que esta casuística no se localizó en el apartado anterior, que trataba de valores nulos, debido a que el campo vale cero y no NA en este caso.

```
price_per_class <- aggregate(ds$PricePerPerson,                # Median by group
                             list(ds$Pclass),
                             median)
colnames(price_per_class) <- c("Pclass", "PricePerPerson")

#Mostramos la mediana por clases
price_per_class

##   Pclass PricePerPerson
## 1   1st      35.2500
## 2   2nd      13.0000
## 3   3rd       7.8542

#Sustituimos los valores con las medianas
ds[ds$PricePerPerson == 0 & ds$Pclass == "1st", ]$PricePerPerson <- price_per_class[1, 2]
ds[ds$PricePerPerson == 0 & ds$Pclass == "2nd", ]$PricePerPerson <- price_per_class[2, 2]
ds[ds$PricePerPerson == 0 & ds$Pclass == "3rd", ]$PricePerPerson <- price_per_class[3, 2]
```

Con los datos limpios, procedemos a su guardado en el fichero **titanic\_passangers\_processed.csv** y a realizar el análisis en el siguiente apartado.

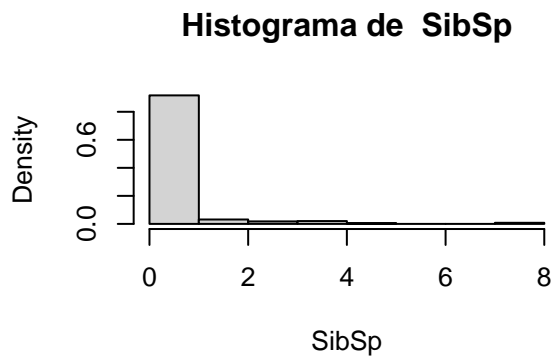
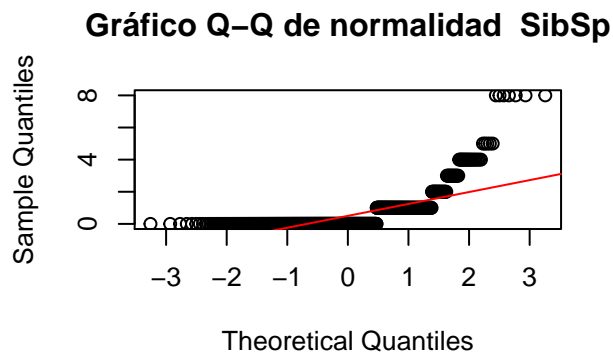
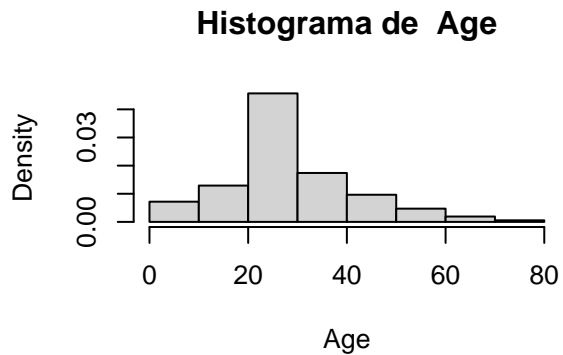
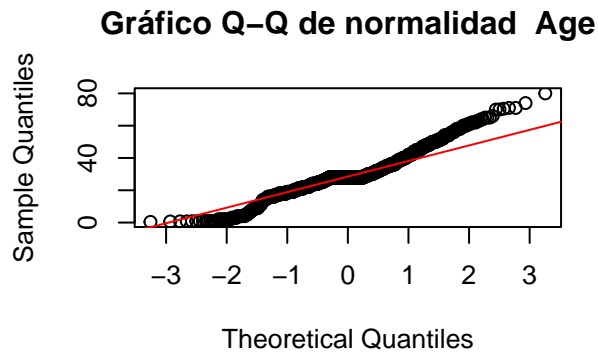
```
write.csv(ds, "../data/titanic_survivors_processed.csv", row.names = TRUE)
```



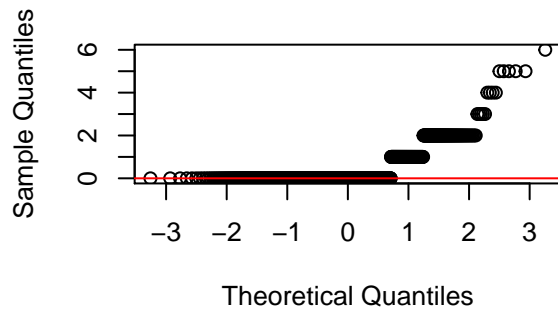
## 4. Análisis de los datos

De manera previa a analizar los datos, **analizamos de manera visual la normalidad** de los mismos, para tener una idea más clara si cabe de cómo se distribuyen los distintos atributos. Asimismo, mostraremos, para cada atributo, el histograma.

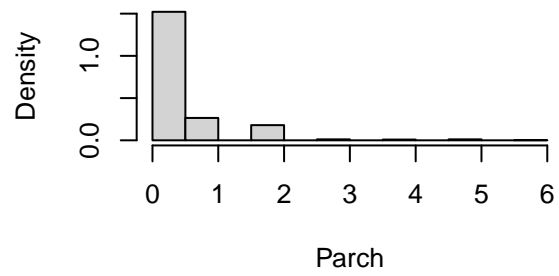
```
par(mfrow=c(2,2))
for(i in 1:ncol(ds)) {
  if (is.numeric(ds[,i])){
    qqnorm(ds[,i],main = paste("Gráfico Q-Q de normalidad ",colnames(ds)[i]))
    qqline(ds[,i],col="red")
    hist(ds[,i],
         main=paste("Histograma de ", colnames(ds)[i]),
         xlab=colnames(ds)[i], freq = FALSE)
  }
}
```



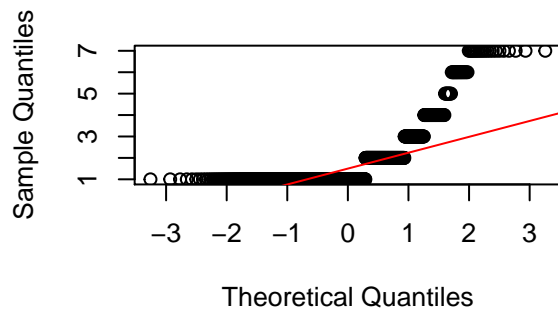
**Gráfico Q–Q de normalidad Parch**



**Histograma de Parch**



**Gráfico Q–Q de normalidad TicketOwn**



**Histograma de TicketOwners**

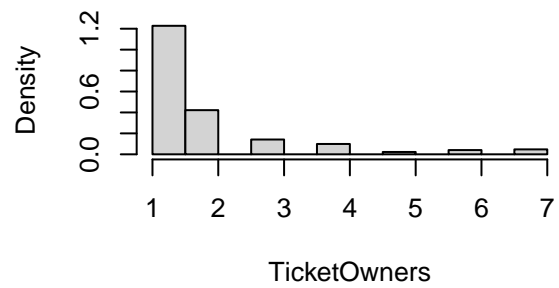
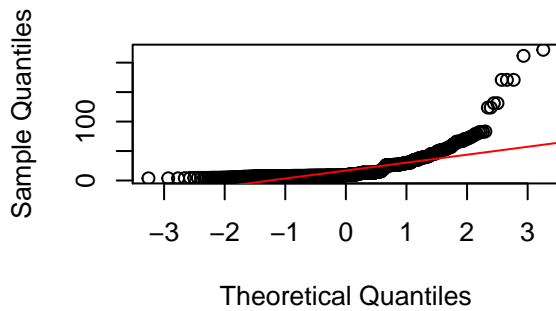
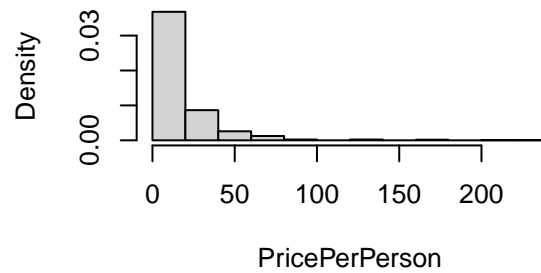


Gráfico Q-Q de normalidad PricePerPer



Histograma de PricePerPerson

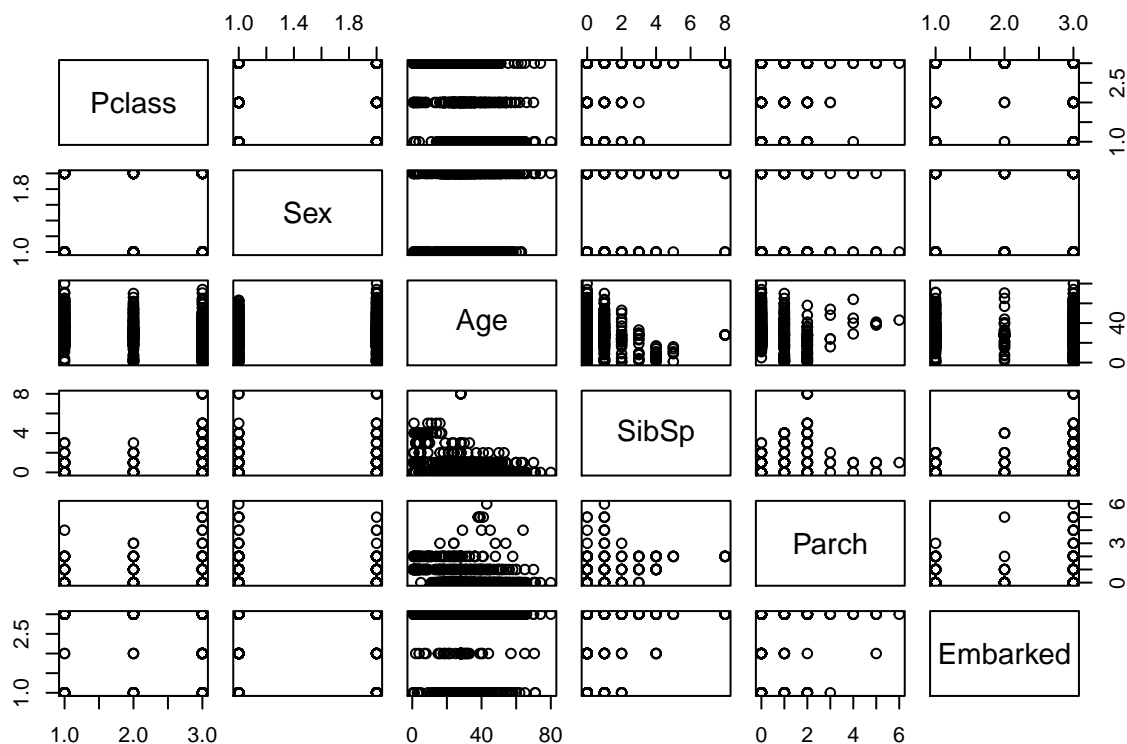


De estos gráficos extraemos que:

- La variable **Age** presenta una distribución más o menos simétrica, unimodal con pico en 28 años (mediana). Podría ser normal.
- El resto de atributos no presenta una distribución normal.
- Como hemos mencionado en apartados anteriores, **lo más común era viajar solo**. Asimismo, el precio por persona -PricePerPerson- presenta una distribución asimétrica con cola a la derecha.

Además, dibujamos estos campos cuantitativos para **ver si podemos establecer alguna correlación entre ellos** a simple vista:

```
plot(ds[,c("Pclass", "Sex", "Age", "SibSp", "Parch", "Embarked")])
```



Vemos que aparentemente no hay relaciones lineales entre estos atributos.

Visualizamos también las variables cuantitativas:

*#Visualizacion de variables cuantitativas*

*#PClass and Survived*

```
sumPClass <- summarize( group_by(ds, Pclass), n=length(Pclass), Survived=mean(Survived))
```

```
## Warning in mean.default(Survived): argument is not numeric or logical: returning
## NA
```

```
## Warning in mean.default(Survived): argument is not numeric or logical: returning
## NA
```

```
## Warning in mean.default(Survived): argument is not numeric or logical: returning
## NA
```

```
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
```

```
gPClass1 <- ggplot( sumPClass, aes(x="", y=n, fill=Pclass)) +
  geom_bar(width = 1, stat = "identity") +
  coord_polar("y", start=0) + ggtitle("PClass")
```

```
gPClass2 <- ds %>%
  group_by(Survived, Pclass) %>%
  tally() %>%
  group_by(Survived) %>%
  mutate(x = n / sum(n)) %>%
  ggplot() +
```

```

    geom_col(aes(
      x = factor(Pclass),
      y = x,
      fill = factor(Survived)
    ), position = "stack")

#Sex and Survived
sumSex <- summarize( group_by(ds, Sex), n=length(Sex), Survived=mean(Survived))

## Warning in mean.default(Survived): argument is not numeric or logical: returning
## NA

## Warning in mean.default(Survived): argument is not numeric or logical: returning
## NA

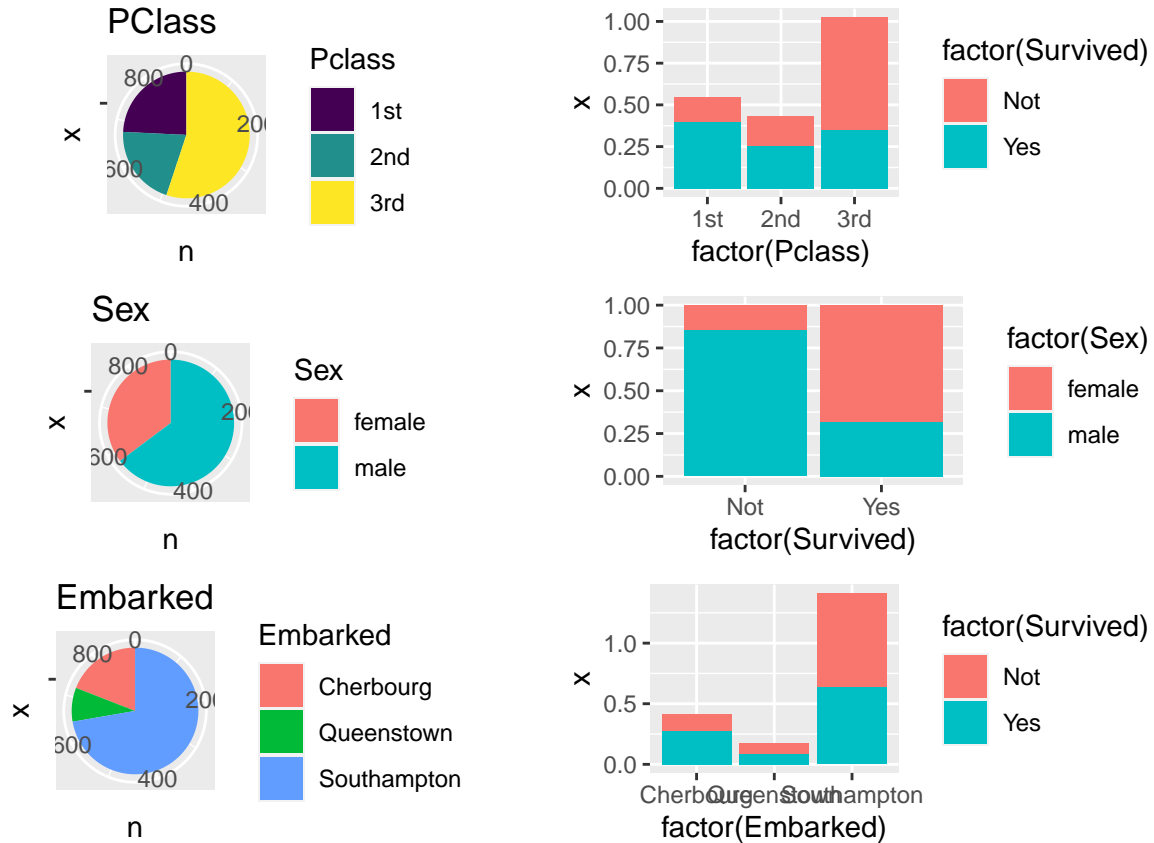
## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
gSex1 <- ggplot( sumSex, aes(x="", y=n, fill=Sex)) +
  geom_bar(width = 1, stat = "identity") +
  coord_polar("y", start=0) + ggtitle("Sex")
gSex2 <- ds %>%
  group_by(Survived, Sex) %>%
  tally() %>%
  group_by(Survived) %>%
  mutate(x = n / sum(n)) %>%
  ggplot() +
  geom_col(aes(
    x = factor(Survived),
    y = x,
    fill = factor(Sex)
  ), position = "stack")

#Embarked and Survived
sumEmbarked <- summarize( group_by(ds, Embarked), n=length(Embarked))

## `summarise()` ungrouping output (override with `.groups` argument)
gEmbarked1 <- ggplot( sumEmbarked, aes(x="", y=n, fill=Embarked)) +
  geom_bar(width = 1, stat = "identity") +
  coord_polar("y", start=0) + ggtitle("Embarked")
gEmbarked2 <- ds %>%
  group_by(Survived, Embarked) %>%
  tally() %>%
  group_by(Survived) %>%
  mutate(x = n / sum(n)) %>%
  ggplot() +
  geom_col(aes(
    x = factor(Embarked),
    y = x,
    fill = factor(Survived)
  ), position = "stack")

grid.arrange(gPClass1,gPClass2, gSex1, gSex2, gEmbarked1, gEmbarked2, ncol=2)

```



Podemos observar que **los pasajeros de primera y segunda clase sobrevivieron mucho más que los de tercera**. Asimismo, **una gran proporción de las mujeres se salvó, frente a la pequeña parte de los varones**. Además, aparentemente **los embarcados en Cherbourg sobrevivieron más** que los embarcados en los otros dos puertos.

#### 4.1 Selección de los grupos de datos que se quieren analizar / comparar.

A continuación, se nombran los distintos grupos de datos que nos parecen interesantes:

- Analizaremos si **los niños**, entendiendo como tales los pasajeros que tenían 16 años o menos, **tuvieron la misma probabilidad de sobrevivir que los adultos o, por el contrario, más**. Compararemos los dos subgrupos de viajeros para responder a la siguientes hipótesis, teniendo  **$P_s(X)$**  como la probabilidad de supervivencia del subgrupo **X**:

$$H_0 : p_s(children) = p_s(adults)$$

$$H_1 : p_s(children) > p_s(adults)$$

- Intentaremos **aproximar los datos** utilizando un **modelo de regresión**. Partiremos de la **edad**, con la que habremos trabajado anteriormente, **y el sexo**, y veremos si podemos incluir una tercera variable que nos permita que mejore el comportamiento de nuestro modelo
- Haremos un **análisis de correlación** de los datos con la variable objetivo. ¿Cuanto más cuesta el billete hay más probabilidades de sobrevivir?
- Por último, realizaremos un **modelo no supervisado jerárquico** para ver cómo afectan cada variable a la supervivencia de los pasajeros.

A continuación, creamos un dataset para los pasajeros que son niños y otro para los adultos. Utilizaremos tales dataset posteriormente para realizar el contraste de hipótesis del primer caso.

```
children_passengers <- ds[ds$Age <= 16,]  
adults_passengers <- ds[ds$Age > 16,]
```

## 4.2. Comprobación de la normalidad y homogeneidad de la varianza

Comprobamos si el atributo Age de los pasajeros, objeto de nuestro análisis, sigue una distribución normal, utilizando el test de Shapiro-Wilk:

```
shapiro.test(ds$Age)
```

```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: ds$Age  
## W = 0.9541, p-value = 4.651e-16
```

Obtenemos un **p-palor muy pequeño, menor al nivel de significancia 0.05**, por lo que podemos rechazar la hipótesis nula del **test** y asumimos que **la variable Age no sigue una distribución normal**. No obstante, al tener un número de registros lo suficientemente grande ( $n > 30$ ), en virtud del **Teorema del Límite Central** podemos considerar que los **datos sí se distribuirán siguiendo una distribución normal**.

Dado que la variable Age no sigue una distribución normal, utilizaremos el **test de Fligner-Killeen** para comprobar la homocedasticidad de la variable:

```
fligner.test(Age~Survived, data = ds)
```

```
##  
## Fligner-Killeen test of homogeneity of variances  
##  
## data: Age by Survived  
## Fligner-Killeen:med chi-squared = 5.706, df = 1, p-value = 0.01691
```

Observamos que dado el p-value obtenido, menor que 0.05, no podemos rechazar la hipótesis nula y concluimos que **la variable Age presenta una distribución homogénea de la varianza**.

Asimismo comprobamos si ambos subgrupos que vamos a comparar tienen la misma varianza:

```
var.test(children_passengers$Age, adults_passengers$Age)
```

```
##  
## F test to compare two variances  
##  
## data: children_passengers$Age and adults_passengers$Age  
## F = 0.26025, num df = 99, denom df = 790, p-value = 6.71e-14  
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1  
## 95 percent confidence interval:  
## 0.1967717 0.3563239  
## sample estimates:  
## ratio of variances  
## 0.2602506
```

Por el p-value obtenido, muy pequeño, y el ratio que nos devuelve el test concluimos que **la varianza no es la misma para los dos grupos de supervivientes (niños y adultos)**.

## 4.3. Aplicación de pruebas estadísticas para comparar los grupos de datos

### 4.3.1 Supervivencia de niños vs adultos

Aunque la variable Age presente una distribución de la varianza homogénea, no tiene una distribución normal, por lo que no podemos utilizar tests paramétricos para comparar ambos grupos de datos. Utilizaremos pues el **test de Wilcoxon, no paramétrico, para comprobar si los niños sobrevivieron más que los adultos**. Nótese que suponiendo la normalidad de los datos gracias al TLC, podríamos haber utilizado una t-student (función `t.test` en R) para realizar el contraste de hipótesis.

```
wilcox.test(children_passengers$Age, adults_passengers$Age, alternative = "greater")
```

```
##
## Wilcoxon rank sum test with continuity correction
##
## data: children_passengers$Age and adults_passengers$Age
## W = 0, p-value = 1
## alternative hypothesis: true location shift is greater than 0
```

Como vemos por el p-value con valor 1, el test nos arroja de manera decisiva que **los niños** (primer grupo) **sobrevivieron mucho más que los adultos** (segundo grupo).

A modo de comprobación, comprobamos que mediante la utilización del test obtenemos que para la hipótesis nula contraria:

```
wilcox.test(children_passengers$Age, adults_passengers$Age, alternative = "less")
```

```
##
## Wilcoxon rank sum test with continuity correction
##
## data: children_passengers$Age and adults_passengers$Age
## W = 0, p-value < 2.2e-16
## alternative hypothesis: true location shift is less than 0
```

En este caso el test nos arroja un valor p muy pequeño, lo que nos permite rechazar la hipótesis nula, si la hiciésemos, de que los niños sobrevivieron significativamente menos que los adultos.

### 4.3.2 Modelo de regresión

Como hemos comentado en el apartado 4.1, comenzaremos a construir nuestro modelo de regresión con los atributos Age y Sex. Dado que la variable **Survived es una variable cualitativa categórica**, utilizamos un **modelo de regresión logística** en detrimento del lineal, ya que el rendimiento del primero es mejor en este caso.

Procedemos construir este primer modelo y ver cómo se comporta:

```
# Modelo logístico con Survived explicado por Age y Sex
model.logist1 = glm(formula = Survived ~ Age + Sex, family=binomial(link=logit), data = ds)

summary(model.logist1)
```

```
##
## Call:
## glm(formula = Survived ~ Age + Sex, family = binomial(link = logit),
##      data = ds)
##
## Deviance Residuals:
```



```
##      Min      1Q   Median      3Q      Max
## -1.7019 -0.6532 -0.6373  0.7723  1.9304
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  1.189804   0.221918   5.361 8.26e-08 ***
## Age         -0.004738   0.006378  -0.743   0.458
## Sexmale     -2.505314   0.167450 -14.962 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 1186.66  on 890  degrees of freedom
## Residual deviance:  917.25  on 888  degrees of freedom
## AIC: 923.25
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Vemos por el estadístico de Wald que la variable **Sex** ( $p\text{-value}<0.05$ ) sí es estadísticamente significativa, pero **Age** ( $p\text{-value}>0.05$ ) no. Por lo tanto, procedemos a **quitar la variable Age del modelo**.

Del *data screening* observamos que el **Pclass** parecía tener relación con la supervivencia, puesto que los pasajeros de primera y segunda clase sobrevivieron mucho más que los de tercera. Procedemos a **incluirlo en el modelo en detrimento del atributo Age** y vemos también el rendimiento del nuevo modelo:

```
# Modelo logístico con Survived explicado por Sex y Pclass
```

```
model.logist2.formula = Survived ~ Sex + Pclass
```

```
model.logist2 = glm(formula = model.logist2.formula, family=binomial(link=logit), data = ds)
```

```
summary(model.logist2)
```

```
##
## Call:
## glm(formula = model.logist2.formula, family = binomial(link = logit),
##      data = ds)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median      3Q      Max
## -2.1877 -0.7312 -0.4476  0.6465  2.1681
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  1.38264   0.14690   9.412 <2e-16 ***
## Sexmale     -2.64188   0.18410 -14.351 <2e-16 ***
## Pclass.L    -1.34739   0.15142  -8.898 <2e-16 ***
## Pclass.Q    -0.09373   0.16889  -0.555   0.579
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 1186.66  on 890  degrees of freedom
## Residual deviance:  826.89  on 887  degrees of freedom
```

```
## AIC: 834.89
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Podemos observar que la variable **Pclass** es estadísticamente significativa y vemos que el modelo mejora, ya que el Akaike Information Criterion (AIC) es menor que en el primer modelo que realizamos.

Probamos a incluir también la variable **SibSp** en el modelo, ya que de manera intuitiva tiene sentido que los hombres que viajasen solos sobreviviesen más que los que viajasen con esposa.

```
# Modelo logístico con Survived explicado por Sex, Pclass y SibSp

model.logist3.formula = Survived ~ Sex + Pclass + SibSp

model.logist3 = glm(formula = model.logist3.formula, family=binomial(link=logit), data = ds)

summary(model.logist3)
```

```
##
## Call:
## glm(formula = model.logist3.formula, family = binomial(link = logit),
##      data = ds)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -2.2572  -0.6733  -0.4713   0.6013   2.5182
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  1.56138    0.16444   9.495 < 2e-16 ***
## Sexmale      -2.74124    0.19048 -14.391 < 2e-16 ***
## Pclass.L     -1.31980    0.15194  -8.686 < 2e-16 ***
## Pclass.Q     -0.07035    0.17032  -0.413  0.67959
## SibSp        -0.24651    0.09468  -2.604  0.00922 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 1186.66  on 890  degrees of freedom
## Residual deviance:  819.15  on 886  degrees of freedom
## AIC: 829.15
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Vemos que **SibSp** también es estadísticamente significativa y que mejora un poco el rendimiento del algoritmo.

Probamos a incorporar del mismo modo la variable **Parch**:

```
# Modelo logístico con Survived explicado por Sex, Pclass, SibSp y Parch

model.logist4 = glm(formula = Survived ~ Sex + Pclass + SibSp + Parch, family=binomial(link=logit), data = ds)

summary(model.logist4)

##
```

```
## Call:
## glm(formula = Survived ~ Sex + Pclass + SibSp + Parch, family = binomial(link = logit),
##      data = ds)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -2.2677  -0.6835  -0.4727   0.5945   2.5325
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  1.58671    0.17428   9.105 <2e-16 ***
## Sexmale      -2.76028    0.19552 -14.117 <2e-16 ***
## Pclass.L     -1.32010    0.15205  -8.682 <2e-16 ***
## Pclass.Q     -0.06965    0.17038  -0.409  0.6827
## SibSp        -0.23255    0.09933  -2.341  0.0192 *
## Parch        -0.04985    0.11045  -0.451  0.6518
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 1186.66  on 890  degrees of freedom
## Residual deviance:  818.94  on 885  degrees of freedom
## AIC: 830.94
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Vemos que la variable **Parch** no es estadísticamente significativa, ya que su estadístico de Wald es mayor que 0.05, por lo que **la descartamos**. Comprobamos por último si el precio que pagó cada pasajero por el ticket mejoraría el modelo:

*# Modelo logístico con Survived explicado por Sex, Pclass, SibSp y PricePerPerson*

```
model.logist5 = glm(formula = Survived ~ Sex + Pclass + SibSp + PricePerPerson, family=binomial(link=logit),
data = ds)
summary(model.logist5)
```

```
##
## Call:
## glm(formula = Survived ~ Sex + Pclass + SibSp + PricePerPerson,
##      family = binomial(link = logit), data = ds)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -2.2480  -0.6791  -0.4713   0.6026   2.5188
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  1.528908    0.201452   7.589 3.21e-14 ***
## Sexmale      -2.739235    0.190606 -14.371 < 2e-16 ***
## Pclass.L     -1.283190    0.200893  -6.387 1.69e-10 ***
## Pclass.Q     -0.084521    0.177780  -0.475  0.63449
## SibSp        -0.247118    0.094754  -2.608  0.00911 **
## PricePerPerson 0.001449    0.005209   0.278  0.78085
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 1186.66  on 890  degrees of freedom
## Residual deviance:  819.07  on 885  degrees of freedom
## AIC: 831.07
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Podemos observar que la **variable PricePerPerson** tampoco es estadísticamente significativa, por lo que también la eliminamos del modelo.

Tras este proceso, podemos concluir que **el modelo logístico que mejor explica la variable Survived es nuestro tercer modelo**, que utiliza Age , Pclass y SibSp para explicar la variable Survived:

$$Survived = \exp(3.43 - 2.74 * Sex_{male} - 0.93 * Pclass - 0.24 * SibSp)$$

### 4.3.3 Análisis del modelo no supervisado

En este apartado vamos a ver cómo métodos de agregación agrupa los pasajeros en función de sus características. Para ello, es importante que la función de distancia esté bien definida y los valores estén en el mismo rango para que no haya sesgos. Posteriormente, habrá que averiguar cuál es el número de clusters óptimo, en principio, debería ser el número de valores de la variable objetivo (en este caso 2). Y finalmente analizar qué propiedades tiene cada cluster.

Las variables disponibles son:

```
colnames(ds)
```

```
## [1] "Survived"      "Pclass"        "Surname"       "Sex"
## [5] "Age"           "SibSp"         "Parch"        "Embarked"
## [9] "TicketOwners"  "PricePerPerson"
```

Pero vamos a centrarnos en **las propiedades más importantes: “Sex”, “Age”, “Pclass” y “Survived”**.

Primero calculamos la **matriz de distancia** normalizando con minMax y haciendo distancia de Mahalanobis.

```
maxAge <- max(ds$Age)
minAge <- min(ds$Age)

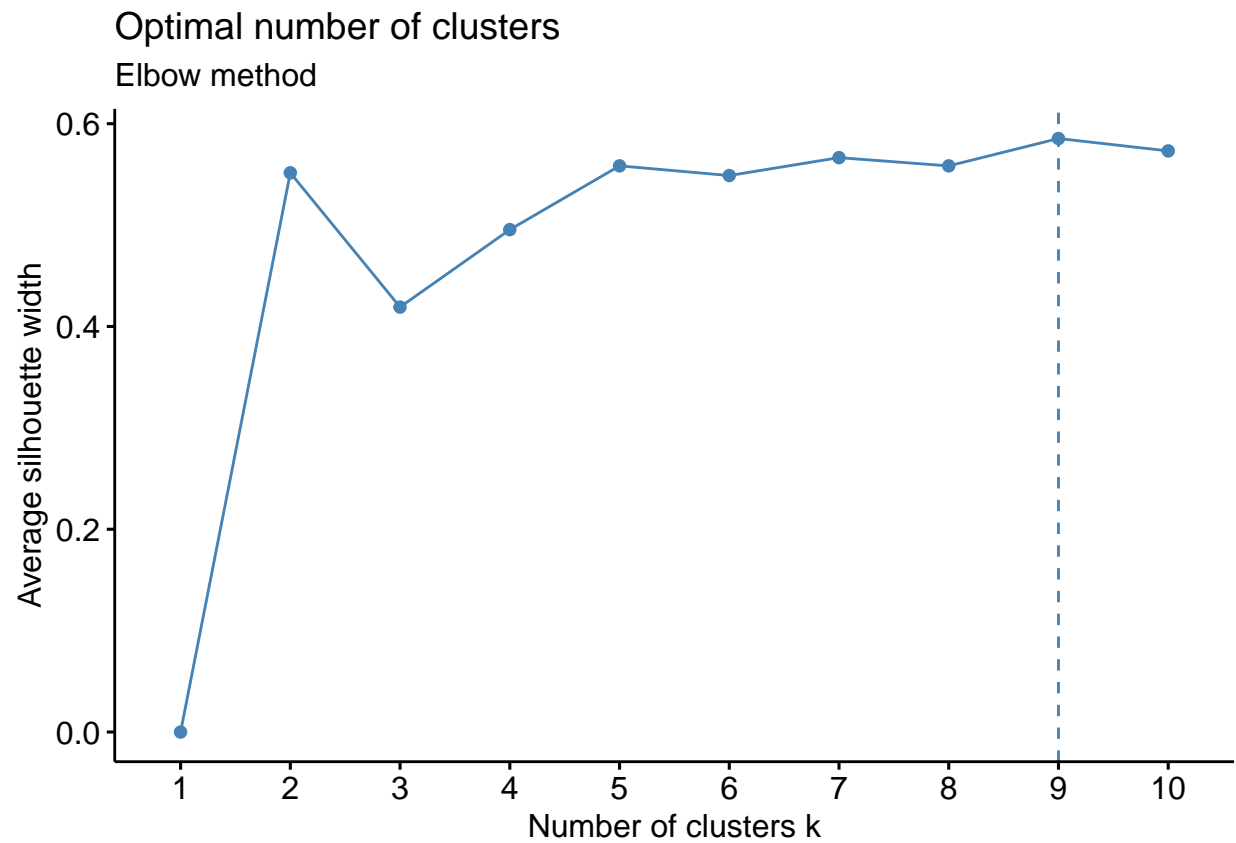
distance <- function (v1, v2) (as.integer(v1$Survived != v2$Survived) + as.integer(v1$Sex != v2$Sex) + as.integer(v1$Age != v2$Age) + as.integer(v1$Pclass != v2$Pclass))

distance_matrix <- dist_make(ds, distance)
```

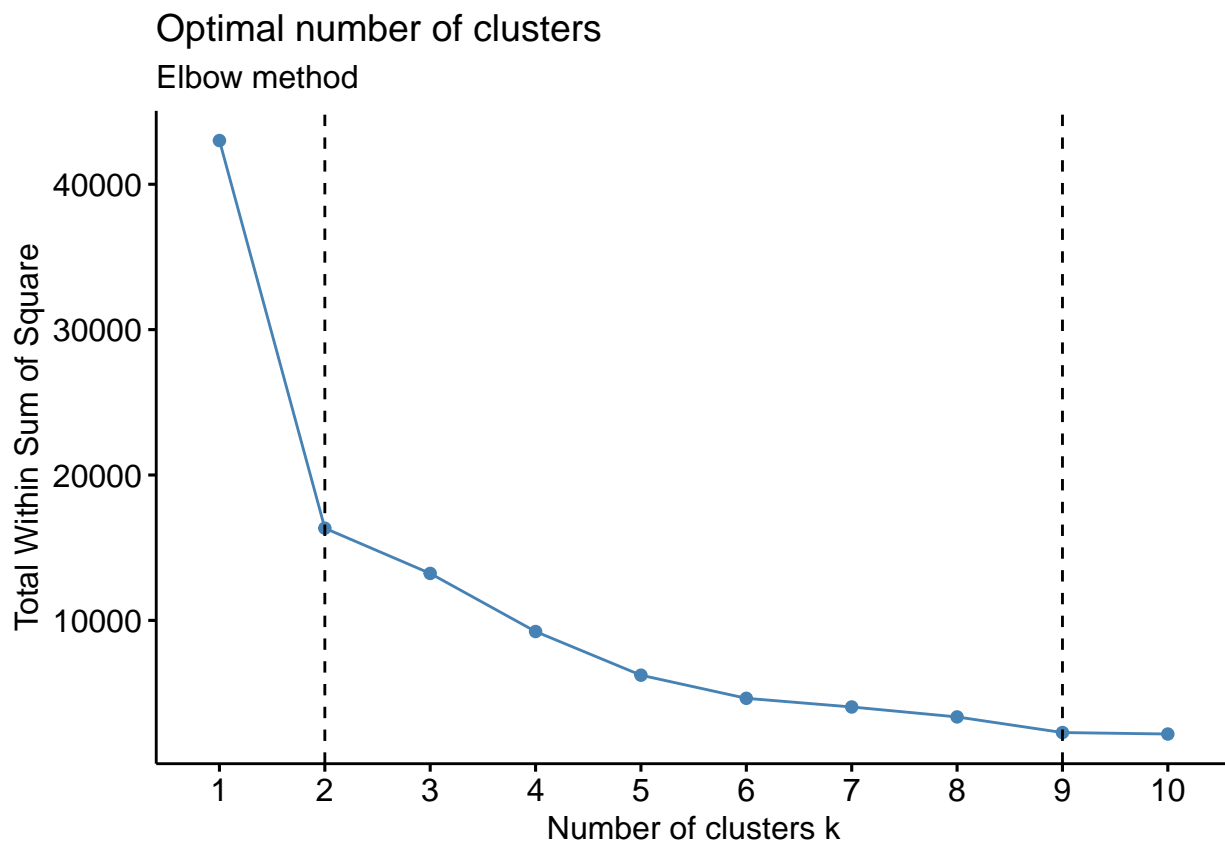
Ahora vamos a utilizar la matriz de distancia para **generar las agrupaciones**. El método que se va a emplear es el **k-medoids** ya que no tiene sentido hacer medias con registros categóricos y, por ello, se ha dado una matriz de distancias a medida. Hemos utilizado la función `fviz_nbclust` que imprime el utilizando varios métodos cómo evoluciona una métrica conforme se va ampliando el número de clusters. La **técnica del codo** consiste en seleccionar aquel cluster en el que la ganancia de información se estabiliza. Hemos empleado **dos métodos**:

- **silhouette** que directamente da el número k de agrupaciones óptimo, en este caso 9.
- **wss** que no lo da, pero que coincide a simple vista con el anterior.

```
fviz_nbclust(as.matrix(distance_matrix), pam, method = "silhouette") +
  labs(subtitle = "Elbow method")
```



```
fviz_nbclust(as.matrix(distance_matrix), pam, method = "wss") +  
  geom_vline(xintercept = 2, linetype = 2) + geom_vline(xintercept = 9, linetype = 2) +  
  labs(subtitle = "Elbow method")
```



Si vemos el número de individuos por cada **cluster** diferenciando aquellos que sobreviven de los que **no**, podemos comprobar que están **perfectamente delimitados**. Sólo hay unos pocos casos para el grupo 1 y el 9:

```
kmedoids.res1 <- pam(distance_matrix, 9)
table(ds$Survived, kmedoids.res1$cluster)
```

```
##
##      1  2  3  4  5  6  7  8  9
## Not  1 100  0 68 78 164  0  0 138
## Yes 95  0 100  0  0  0 62 78  7
```

Si analizamos los centroides o **individuos más representativos de cada grupo**, obtenemos las siguientes conclusiones:

- Los grupos **supervivientes** son: **mujeres jóvenes de primera y más mayores de segunda y tercera**, y, aún pareciendo un poco extraño, también se incluyen **hombres mayores de segunda clase**.
- Los grupos que **no sobreviven** son en general los **hombres de todas las clases y algunas mujeres y niños pequeños de segunda clase**.

```
aux <- ds
aux$Cluster = kmedoids.res1$cluster
aux <- select(aux[kmedoids.res1$medoids, ], Cluster, Sex, Age, Pclass, Survived)
aux[order(aux$Survived), ]
```

```
##      Cluster   Sex  Age Pclass Survived
## 891         2  male 70.0   1st     Not
## 701         4  male 70.0   2nd     Not
## 885         5 female 48.0   3rd     Not
## 595         6  male 70.5   3rd     Not
## 343         9  male  1.0   3rd     Not
## 3          1 female 16.0   1st     Yes
## 827         3  male 62.0   2nd     Yes
## 635         7 female 63.0   3rd     Yes
## 879         8 female 50.0   2nd     Yes
```

## 5. Representación de los resultados a partir de tablas y gráficas

### 5.1 Comparación de la supervivencia de niños y de los adultos

En el apartado anterior, hemos visto que los niños sobrevivieron mucho más que los adultos. Podemos **visualizar** esto de manera gráfica:

*#Calculamos la media para los dos tipos de pasajeros y lo pintamos en un diagrama de barras*

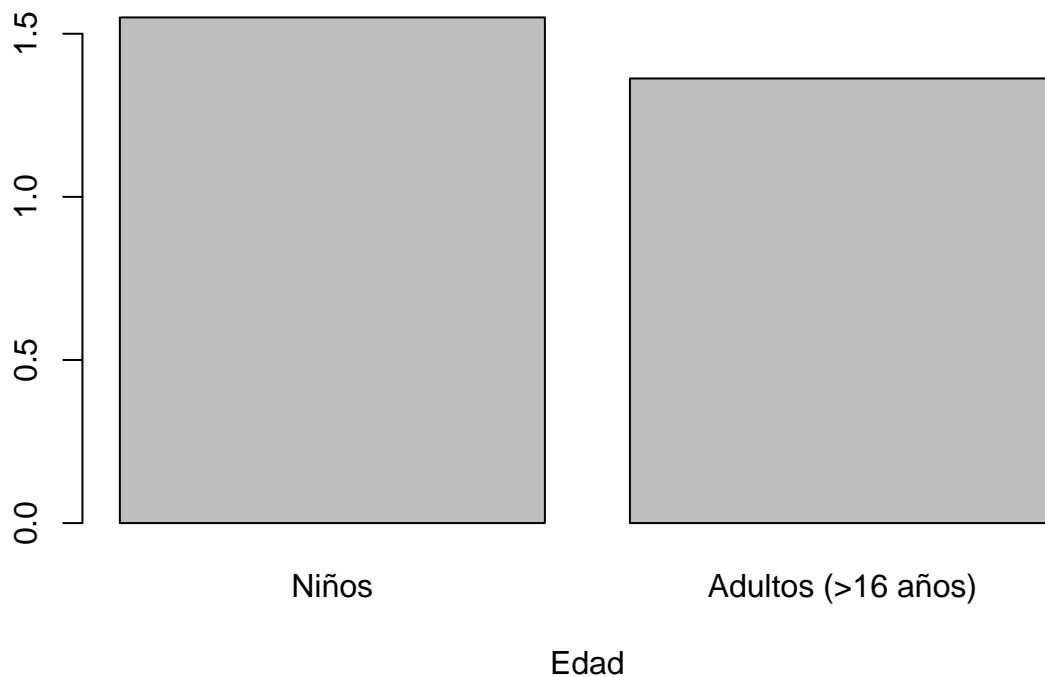
```
children_passengers$Survived <- as.integer(children_passengers$Survived)
adults_passengers$Survived <- as.integer(adults_passengers$Survived)
```

```
mean_children_passengers <- mean(children_passengers$Survived)
mean_adults_passengers <- mean(adults_passengers$Survived)
```

*#Las dibujamos*

```
barplot(c(mean_children_passengers, mean_adults_passengers), names = c("Niños", "Adultos (>16 años)"), m
```

## Media de supervivencia de los viajeros



Podemos ver también **cómo se distribuye la supervivencia**, agrupando los pasajeros por edades:

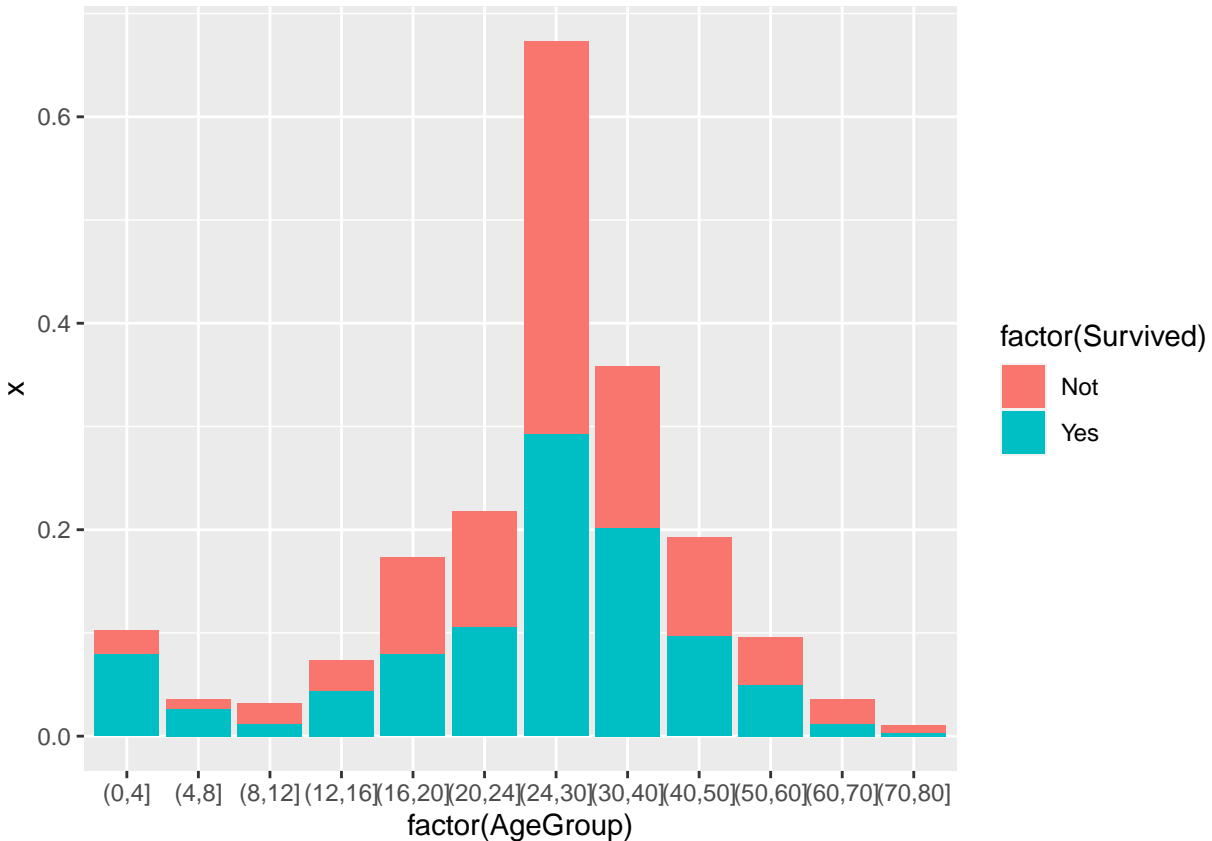
```
#Agrupamos por tramos de edad
ds$AgeGroup <- cut(ds$Age, breaks=c(0,4,8,12,16,20,24,30,40,50,60,70,80))

#Pintamos AgeGroup y Survived
sumAgeGroup <- summarize( group_by(ds, AgeGroup), n=length(AgeGroup))

gAgeGroup1 <- ds %>%
  group_by(Survived, AgeGroup) %>%
  tally() %>%
  group_by(Survived) %>%
  mutate(x = n / sum(n)) %>%
  ggplot() +
  geom_col(aes(
    x = factor(AgeGroup),
    y = x,
    fill = factor(Survived)
  ), position = "stack")

gAgeGroup1
```





Puede verse que **para los pasajeros con 16 años o menos la supervivencia es significativamente mayor, con la excepción del rango de edad de 4 a 8 años**. Por lo tanto, la supervivencia de los niños es mayor, pero tiene **más dispersión** que la de los adultos.

## 5.2 Modelo de regresión logística

Vemos los coeficientes del modelo que hemos calificado como mejor (el tercero) para ver cómo se comportan las variables que lo explican:

```
exp(coefficients(model.logist3))
```

```
## (Intercept)      Sexmale      Pclass.L      Pclass.Q      SibSp
##  4.76539580  0.06449016  0.26718830  0.93206951  0.78152046
```

```
##IC
```

```
exp(confint(model.logist3))
```

```
## Waiting for profiling to be done...
```

```
##              2.5 %      97.5 %
## (Intercept) 3.48107697 6.63840587
## Sexmale      0.04401861 0.09296145
## Pclass.L     0.19744638 0.35845643
## Pclass.Q     0.66820012 1.30385355
## SibSp        0.64213086 0.93250417
```

La variable **Sex** tiene un **OR** de **0.064**, la **Pclass** un **OR** de **0.39** y la **SibSp** un **0.78**, por lo que a la hora de explicar la variable **Survived** sorprendentemente tiene **mucho más peso** la variable **SibSp** que

el sexo o la clase, también debido en parte a que es una variable cuantitativa y su valor puede llegar a 8, si bien tiene un Intervalo de Confianza, con una confianza del 95%, más amplio que las otras dos variables.

Procedemos a ver cómo se comportaría nuestro modelo de regresión logística a clase y SibSp constantes y distinto sexo:

```
#Males
new_passengers_male <- data.frame(
  Sex = rep("male", times = 3),
  Pclass = c("1st", "2nd", "3rd"),
  SibSp = c(1,1,1)
)

#Females
new_passengers_female <- data.frame(
  Sex = rep("female", times = 3),
  Pclass = c("1st", "2nd", "3rd"),
  SibSp = c(1,1,1)
)

prob_males <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_male, type="response")

prob_females <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_female, type="response")

prob_males

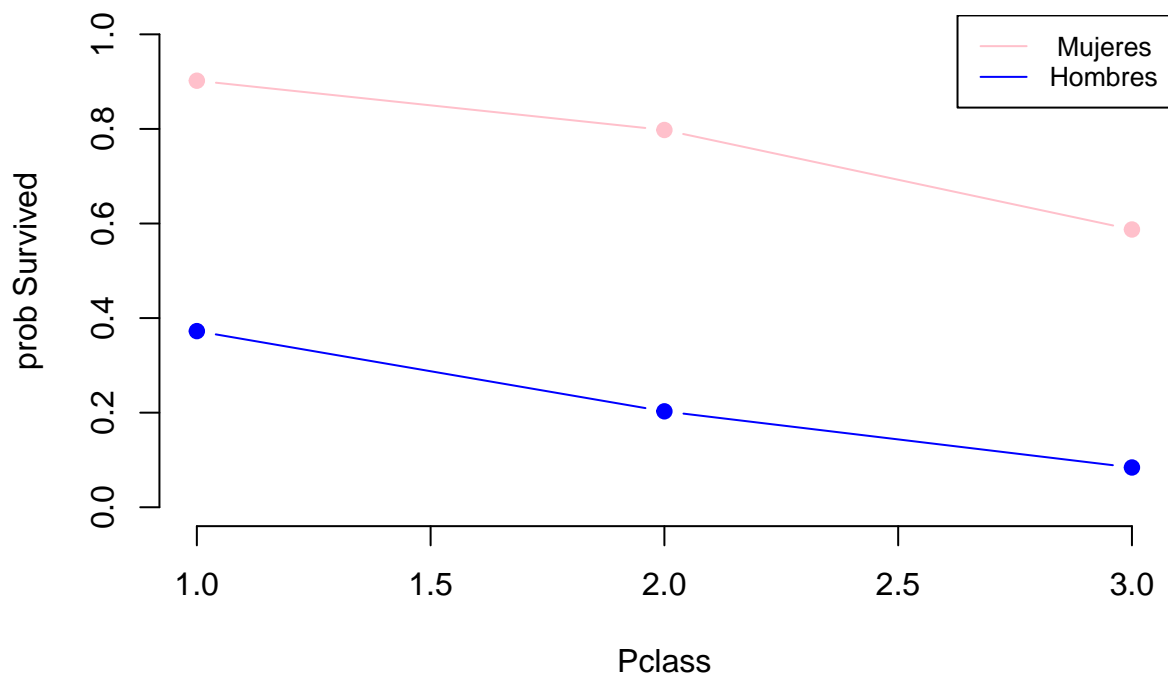
##           1           2           3
## 0.37241865 0.20279162 0.08406647

prob_females

##           1           2           3
## 0.9019771 0.7977524 0.5873222

plot(c(1,2,3), prob_females, type = "b", frame = FALSE, pch = 19, col = "pink", xlab = "Pclass", ylab =
lines(c(1,2,3), prob_males, pch = 19, col = "blue", type = "b")

legend("topright", legend=c(" Mujeres", "Hombres"), col=c("pink", "blue"), lty = c(1,1), cex=0.8)
```



Ahora visualizaremos cómo se comporta con **clase** y **SibSps** constantes y **distinto sexo**:

```
new_passengers_class_1 <- data.frame(
  Sex = c("male", "female"),
  Pclass = c("1st", "1st"),
  SibSp = c(1,1)
)

new_passengers_class_2 <- data.frame(
  Sex = c("male", "female"),
  Pclass = c("2nd", "2nd"),
  SibSp = c(1,1)
)

new_passengers_class_3 <- data.frame(
  Sex = c("male", "female"),
  Pclass = c("3rd", "3rd"),
  SibSp = c(1,1)
)

prob_1 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_1, type="response")
prob_2 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_2, type="response")
prob_3 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_3, type="response")

plot(c(1, 2), prob_1, type = "b", frame = FALSE, pch = 19, col = "red", xlab = "Sex", ylab = "prob Survived")
```

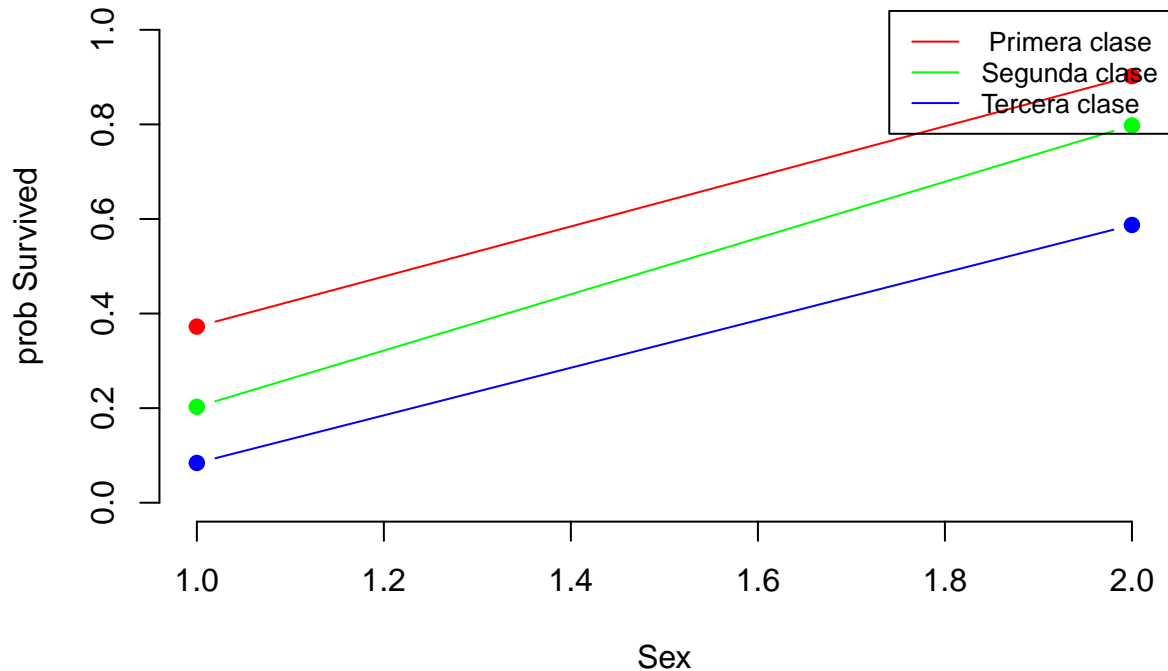
```

lines(c(1, 2), prob_2, pch = 19, col = "green", type = "b")

lines(c(1, 2), prob_3, pch = 19, col = "blue", type = "b")

legend("topright", legend=c(" Primera clase", "Segunda clase", "Tercera clase"), col=c("red", "green",

```



Por último, **solamente** variaremos el atributo **SibSp**. En el caso de los **hombres**:

```

new_passengers_class_1 <- data.frame(
  Sex = rep("male", times = 10),
  Pclass = rep("1st", times = 10),
  SibSp = 1:10
)

new_passengers_class_2 <- data.frame(
  Sex = rep("male", times = 10),
  Pclass = rep(c("2nd"), times = 10),
  SibSp = 1:10
)

new_passengers_class_3 <- data.frame(
  Sex = rep("male", times = 10),
  Pclass = rep("3rd", times = 10),
  SibSp = 1:10
)

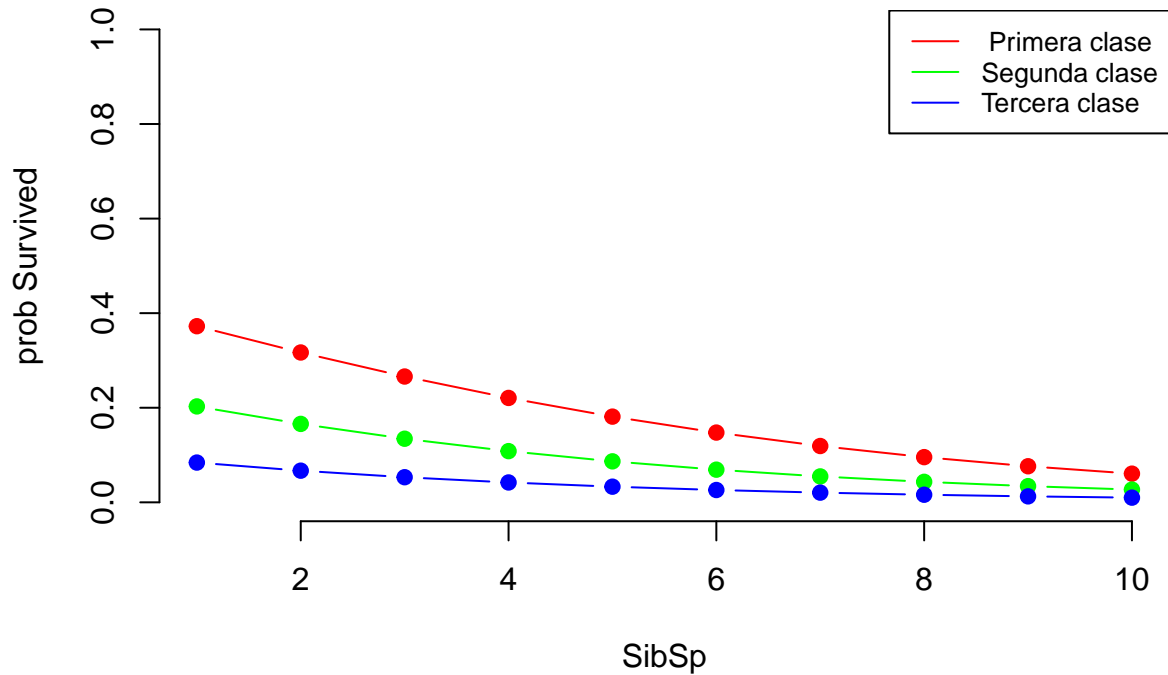
```

```

prob_1 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_1, type="response")
prob_2 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_2, type="response")
prob_3 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_3, type="response")

plot(c(1:10), prob_1, type = "b", frame = FALSE, pch = 19, col = "red", xlab = "SibSp", ylab = "prob Surv")
lines(c(1:10), prob_2, pch = 19, col = "green", type = "b")
lines(c(1:10), prob_3, pch = 19, col = "blue", type = "b")
legend("topright", legend=c(" Primera clase", "Segunda clase", "Tercera clase"), col=c("red", "green", "blue"))

```



Y en el de las **mujeres**:

```

new_passengers_class_1 <- data.frame(
  Sex = rep("female", times = 10),
  Pclass = rep("1st", times = 10),
  SibSp = 1:10
)

new_passengers_class_2 <- data.frame(
  Sex = rep("female", times = 10),
  Pclass = rep("2nd", times = 10),
  SibSp = 1:10
)

```

```

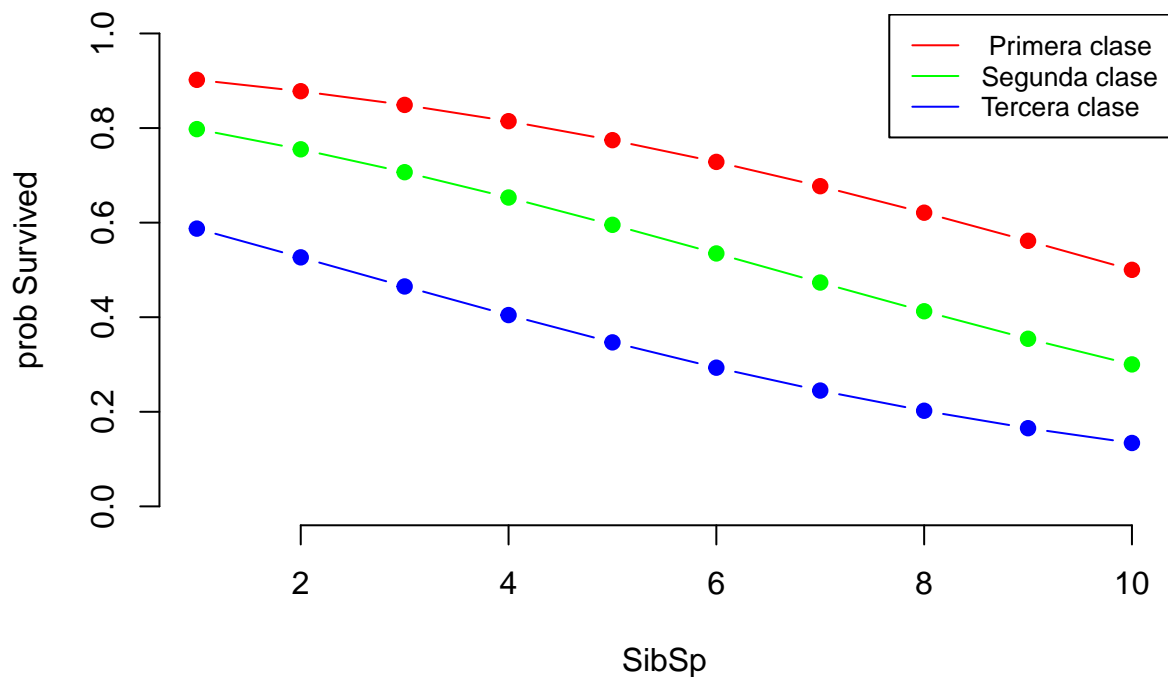
)

new_passengers_class_3 <- data.frame(
  Sex = rep("female", times = 10),
  Pclass = rep("3rd", times = 10),
  SibSp = 1:10
)

prob_1 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_1, type="response")
prob_2 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_2, type="response")
prob_3 <- predict(model.logist3, newdata = new_passengers_class_3, type="response")

plot(c(1:10), prob_1, type = "b", frame = FALSE, pch = 19, col = "red", xlab = "SibSp", ylab = "prob Surv")
lines(c(1:10), prob_2, pch = 19, col = "green", type = "b")
lines(c(1:10), prob_3, pch = 19, col = "blue", type = "b")
legend("topright", legend=c("Primera clase", "Segunda clase", "Tercera clase"), col=c("red", "green", "blue"))

```



Vemos cómo se comporta nuestro modelo:

```
model=model.logist3
```

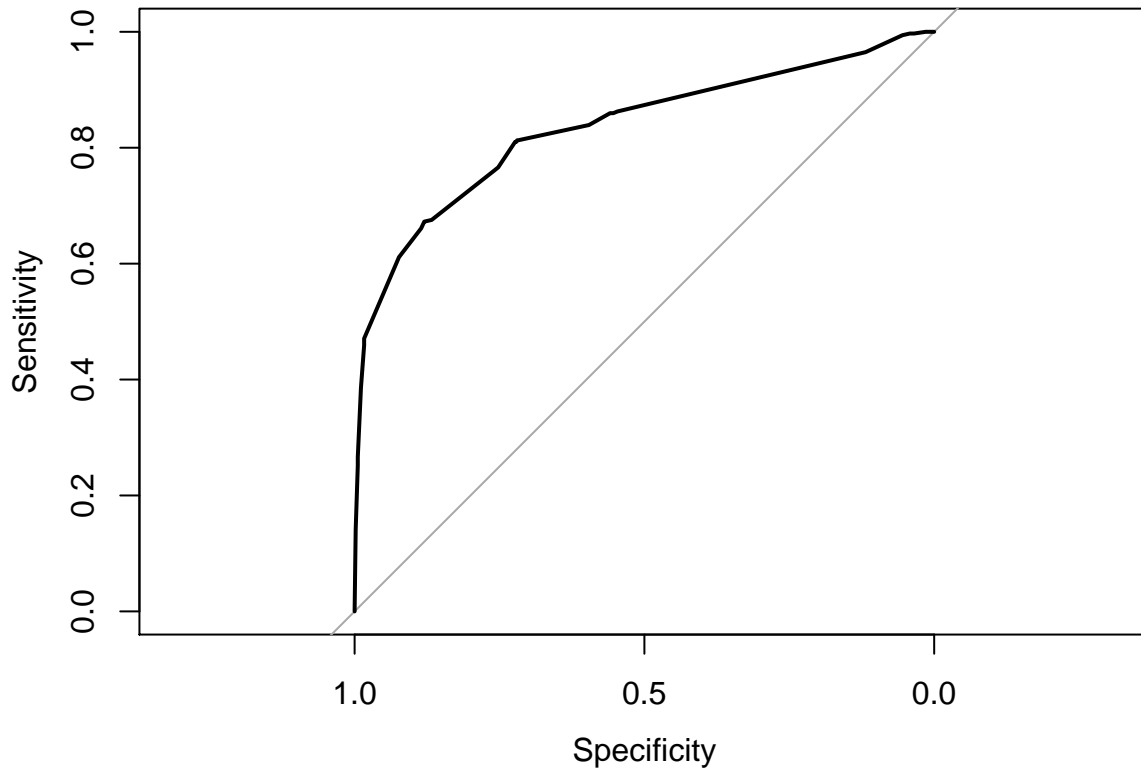
```
prob=predict(model, ds, type="response")
```

```
r=roc(ds$Survived,prob, data=ds)
```

```
## Setting levels: control = Not, case = Yes
```

```
## Setting direction: controls < cases
```

```
plot (r)
```



```
auc(r)
```

```
## Area under the curve: 0.835
```

Vemos que el área bajo la curva es de 0.8328, por lo que la capacidad de predicción de nuestro modelo es bastante buena. Definimos varias funciones que nos ayudarán a calcular la sensibilidad y la especificidad:

```
calculate_sensibility <- function(confusion_matrix){  
  if(ncol(confusion_matrix) != 2) return(0)  
  
  yes_yes <- confusion_matrix[2,2]  
  yes_no <- confusion_matrix[1,2]  
  
  sensibility <- yes_yes / (yes_yes + yes_no)  
  
  return(sensibility)  
}
```

```

calculate_specifity <- function(confusion_matrix){
  if(ncol(confusion_matrix) != 2) return(0)

  no_no <- confusion_matrix[1,1]
  no_yes <- confusion_matrix[2,1]

  specifity <- no_no / (no_no + no_yes)

  return(specifity)
}

calculate_global_accuracy <- function(confusion_matrix){
  if(ncol(confusion_matrix) != 2) return(0)

  yes_yes <- confusion_matrix[2,2]
  yes_no <- confusion_matrix[1,2]
  no_no <- confusion_matrix[1,1]
  no_yes <- confusion_matrix[2,1]

  ok_results <- yes_yes + no_no
  ko_results <- yes_no + no_yes

  ok_results / (ok_results + ko_results)
}

calculate_confusion_matrix <- function(model, data, real_values, threshold){
  predictions <- ifelse(predict(model, newdata = data, type="response")<threshold, "No","Yes")

  table(real_values, predictions, dnn = c("Valor Real","Valor Predicho"))
}

```

A continuación, observamos a ver **cómo evoluciona la calidad (sensibilidad, especificidad y calidad total) cambiando el umbral según el cual aceptaremos que nuestro modelo predice si un viajero se salvó o no:**

```

calculate_quality_params <- function(model, data, real_values, threshold){

  confusion_matrix <- calculate_confusion_matrix(model, data, real_values, threshold)

  specifity <- calculate_specifity(confusion_matrix)

  sensibility <- calculate_sensibility(confusion_matrix)

  global_accuracy <- calculate_global_accuracy(confusion_matrix)

  list("threshold" = threshold, "confusion_matrix" = confusion_matrix, "specificity" = specifity, "sensibil
}

quality_params_06 <- calculate_quality_params(model.logist3, ds, ds$Survived, 0.6)

quality_params_07 <- calculate_quality_params(model.logist3, ds, ds$Survived, 0.7)

```



```
quality_params_08 <- calculate_quality_params(model.logist3, ds, ds$Survived, 0.8)
quality_params_85 <- calculate_quality_params(model.logist3, ds, ds$Survived, 0.85)
quality_params_09 <- calculate_quality_params(model.logist3, ds, ds$Survived, 0.9)
quality_params_06
```

```
## $threshold
## [1] 0.6
##
## $confusion_matrix
##          Valor Predicho
## Valor Real No Yes
##      Not 507  42
##      Yes 133 209
##
## $specifity
## [1] 0.7921875
##
## $sensibility
## [1] 0.8326693
##
## $`global accuracy`
## [1] 0.8035915
```

```
quality_params_07
```

```
## $threshold
## [1] 0.7
##
## $confusion_matrix
##          Valor Predicho
## Valor Real No Yes
##      Not 540   9
##      Yes 181 161
##
## $specifity
## [1] 0.7489598
##
## $sensibility
## [1] 0.9470588
##
## $`global accuracy`
## [1] 0.7867565
```

```
quality_params_08
```

```
## $threshold
## [1] 0.8
##
## $confusion_matrix
##          Valor Predicho
## Valor Real No Yes
##      Not 543   6
```

```

##          Yes 210 132
##
## $specifity
## [1] 0.7211155
##
## $sensibility
## [1] 0.9565217
##
## `$global accuracy`
## [1] 0.7575758
quality_params_85

## $threshold
## [1] 0.85
##
## $confusion_matrix
##          Valor Predicho
## Valor Real  No Yes
##          Not 546  3
##          Yes 253 89
##
## $specifity
## [1] 0.6833542
##
## $sensibility
## [1] 0.9673913
##
## `$global accuracy`
## [1] 0.7126824
quality_params_09

```

```

## $threshold
## [1] 0.9
##
## $confusion_matrix
##          Valor Predicho
## Valor Real  No Yes
##          Not 546  3
##          Yes 256 86
##
## $specifity
## [1] 0.680798
##
## $sensibility
## [1] 0.9662921
##
## `$global accuracy`
## [1] 0.7093154

```

Vemos que **con un umbral del 0.6, obtenemos una gran sensibilidad (83%) sin comprometer la calidad total (80%)** por lo que la calidad de nuestro modelo es bastante aceptable.

## 6. Resolución del problema. A partir de los resultados obtenidos, ¿cuáles son las conclusiones? ¿Los resultados permiten responder al problema?

En primer lugar nos hemos preguntado si los niños sobrevivieron más que los adultos, **comparando el atributo Age entre estas dos subpoblaciones**. Si bien la variable Age no sigue una distribución normal y no podemos explicar el comportamiento de la variable Survived a partir de ella, **sí hemos concluido, con un 95% de confianza, que los niños sobrevivieron mucho más que los adultos**. Asimismo, la supervivencia de los niños está mucho más dispersa que la de los adultos.

Posteriormente, hemos construido un **modelo de regresión lineal logística** que explica la variable Survived de una manera bastante fidedigna. El modelo es el siguiente:

$$Survived = \exp(3.43 - 2.74 * Sexmale - 0.93 * Pclass - 0.24 * SibSp)$$

A través del modelo mismo y de las gráficas de predicciones del mismo, hemos descubierto que:

- Aunque los niños sobreviviesen mucho más que los adultos, **no podemos establecer un modelo que explique la variable Survived con el atributo Age**.
- En general, **los hombres tienen muchas menos probabilidades de sobrevivir que las mujeres**.
- **La clase también tiene un papel fundamental**. Sin importar si viajaba con su esposa o hermanos, **un hombre de tercera clase *a priori* tiene muy pocas probabilidades de haber sobrevivido**.
- La variable SibSp, que explica **el número de acompañantes** de un viajero, **tiene un peso significativo en la supervivencia del pasajero**. **A partir de 6 acompañantes, un hombre, independientemente de su clase, tiene muy pocas probabilidades de sobrevivir**. Podemos observar también cómo **en las mujeres este efecto es menos acusado**, y que una mujer de primera clase, incluso yendo con muchos hermanos, sí tenía mucha más probabilidad de sobrevivir que un hombre.

Por último, también hemos **separado en clusters** la población de viajeros del Titanic, obteniendo **9 grupos bien diferenciados** en los que prácticamente todos los componentes sobrevivían o no. Esto nos ha ayudado a **profundizar** en el conocimiento de **qué tipo de pasajeros sobrevivió o no**, de modo que hemos podido conocer también que las **mujeres que sobrevivían eran especialmente las jóvenes de primera clase y las no tan jóvenes de segunda y tercera además de los hombres mayores de segunda clase**. Asimismo, hemos podido confirmar, una vez más, como ya sabíamos por el modelo, que **por lo general los hombres sobrevivían muchísimo menos** (aunque no todos murieron) y, **adicionalmente, hemos llegado a conocer que en algunos casos también fallecían mujeres y niños de segunda clase**.

## 7. Recursos

- Calvo M, Subirats L, Pérez D (2019). Introducción a la limpieza y análisis de los datos. Editorial UOC.
- Squire, Megan (2015). Clean Data. Packt Publishing Ltd.

## 8. Contribuciones

```
contributions_table <- tibble::tribble(  
  ~Contribuciones, ~Firma,  
  "Investigación previa", "Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez",  
  "Redacción de las respuestas", "Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez",  
  "Desarrollo código", "Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez",  
)  
  
kable(contributions_table, digits = 3, row.names = FALSE, align = "c",  
      caption = NULL)
```

Contribuciones	Firma
Investigación previa	Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez
Redacción de las respuestas	Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez
Desarrollo código	Pedro Uceda Martínez, Pablo Campillo Sánchez