

# **INFORME ESTADÍSTICO**

## ***LLUVIAS MENSUALES EN CEDUNA (AUSTRALIA) 1980-2023***

*REALIZADO POR:*

*Fernando Pastor Peralta - 897113*

*Juanjo José Muñoz Lahoz - 902677*

*Marcos San Julián Fuertes - 899849*

**GRUPO 7**

# **ÍNDICE:**

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Lluvia con todos los datos disponibles.....</b>	<b>3</b>
2.1. Medidas de localización, dispersión y forma.....	3
2.2. Histograma.....	3
2.3. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.....	4
2.4. Estudio de la normalidad.....	4
2.5 Conclusiones.....	5
<b>3. Lluvia por meses.....</b>	<b>6</b>
3.1. Medidas de localización, dispersión y forma.....	6
3.2. Histogramas.....	7
3.3. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.....	8
3.4. Estudio de la normalidad.....	9
3.4.1. Test de Shapiro-Wilk.....	9
3.4.2. Test de Anderson-Darling.....	9
3.4.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	9
<b>4. Lluvia por años.....</b>	<b>11</b>
4.1. Medidas de localización, dispersión y forma.....	11
4.2. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.....	12
4.3. Estudio de la normalidad.....	13
4.3.1 Test Shapiro-Wilk.....	13
4.3.2. Test Anderson-Darling.....	13
4.3.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.....	14
4.4. Conclusiones.....	14
<b>5. Sistemas de componentes independientes.....</b>	<b>15</b>
5.1. Sistema.....	15
5.2 Aproximaciones de la media, varianza y desviación típica de la variable T.....	15
5.3 Valor exacto de la media, varianza y desviación típica de la variable T.....	16
5.4. Conclusiones.....	17

# 1. Introducción.

En este trabajo realizaremos un informe estadístico sobre los datos de lluvia mensual en mm recogida en la estación meteorológica de la región Ceduna en Australia, tenemos datos desde enero de 1980 hasta diciembre de 2023. También realizaremos una simulación siguiendo un sistema de componentes independientes ofrecido por el tutor. Para más detalles mirar el enunciado del trabajo.

## 2. Lluvia con todos los datos disponibles.

A continuación, comenzaremos el ejercicio 1 y analizaremos la totalidad del conjunto de datos que disponemos y aportaremos algunas conclusiones generales obtenidas de los mismos.

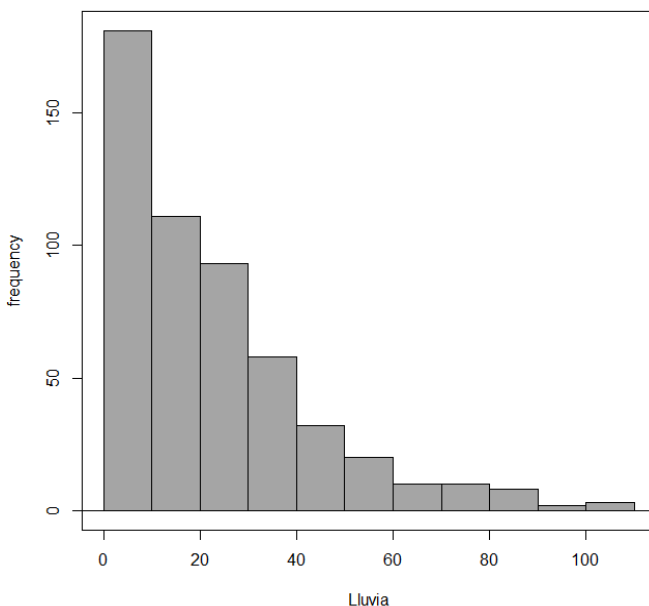
### 2.1. Medidas de localización, dispersión y forma.

```
mean      sd skewness 0%   25%   50%   75%  100%
22.73845 20.73703 1.432393  0  6.95 17.7 31.8 108.4
```

Datos obtenidos:

- Media: 22.738.
- Desviación típica 20.737.
- Gran asimetría positiva, es decir, los datos se tienden a acumular hacia la izquierda respecto a la media.
- Distribución de cuantiles más detallada en el 2.3.

### 2.2. Histograma.

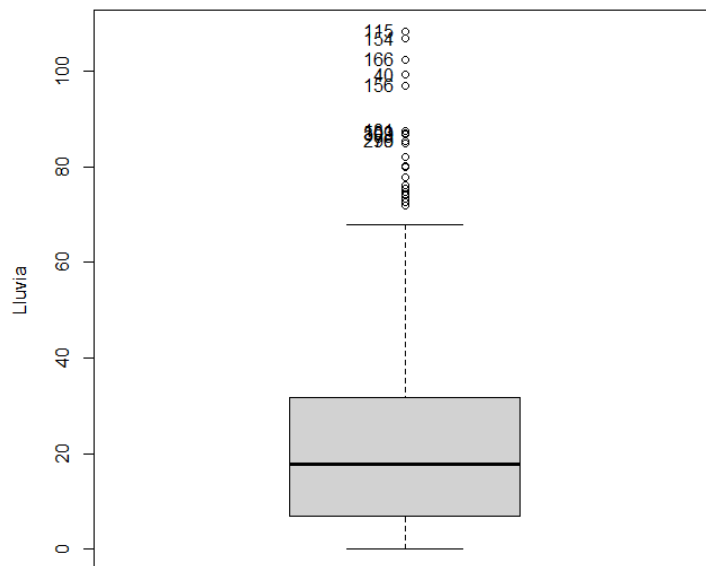


Este es un histograma que representa los datos de lluvia en la región “Ceduna” de Australia. Los datos se distribuyen por meses a lo largo de 43 años, del 1980 al 2023.

Los datos del eje y “frequency” representan la cantidad de veces que se repiten los datos del eje x “lluvia”, que representan el volumen de lluvia en la zona a lo largo de todos los meses de nuestro conjunto de datos. Es notable que los datos caen exponencialmente.

Podemos observar que la gran mayoría de los días tienen poco volumen de lluvia y los días de mayores precipitaciones son poco abundantes.

## 2.3. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.



Tal y como se puede ver en el histograma, el diagrama de caja, muestra que los datos obtenidos presentan asimetría positiva.

Junto a ello se pueden ver una cantidad bastante grande de valores atípicos que no entran dentro del diagrama de caja. Todo ello nos permite ver que los datos no siguen una distribución normal de forma clara.

Sin embargo, también vamos a realizar los test de normalidad pertinentes para comprobar si estas observaciones son ciertas.

## 2.4. Estudio de la normalidad.

```
> normalityTest(~Lluvia, test="shapiro.test", data=Dataset)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  Lluvia
W = 0.8702, p-value < 2.2e-16

> normalityTest(~Lluvia, test="lillie.test", data=Dataset)

      Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data:  Lluvia
D = 0.13643, p-value < 2.2e-16

> normalityTest(~Lluvia, test="ad.test", data=Dataset)

      Anderson-Darling normality test

data:  Lluvia
A = 17.438, p-value < 2.2e-16
```

Se puede observar claramente que los p-valores en todos los casos son menores (por mucho) a 0'05, lo que nos confirma que los datos finalmente no siguen una distribución normal.

## 2.5 Conclusiones.

Todo el conjunto de datos forma una gráfica asimétrica positiva, tal y como se muestra en el análisis de medidas de localización, dispersión y forma, además de que podemos verlo gráficamente en el histograma y el diagrama de caja. Por otro lado, esto es confirmado después de hacer el estudio de normalidad, donde finalmente hemos declarado que claramente nuestra distribución no sigue una forma de función gaussiana.

La asimetría positiva que forman nuestros datos, nos hace concluir que la mayor parte de las lluvias que se dan en la región son de un volumen pequeño la mayoría de veces.

### **3. Lluvia por meses.**

Analizaremos los datos por meses y aportaremos algunas conclusiones generales obtenidas de los mismos.

#### **3.1. Medidas de localización, dispersión y forma.**

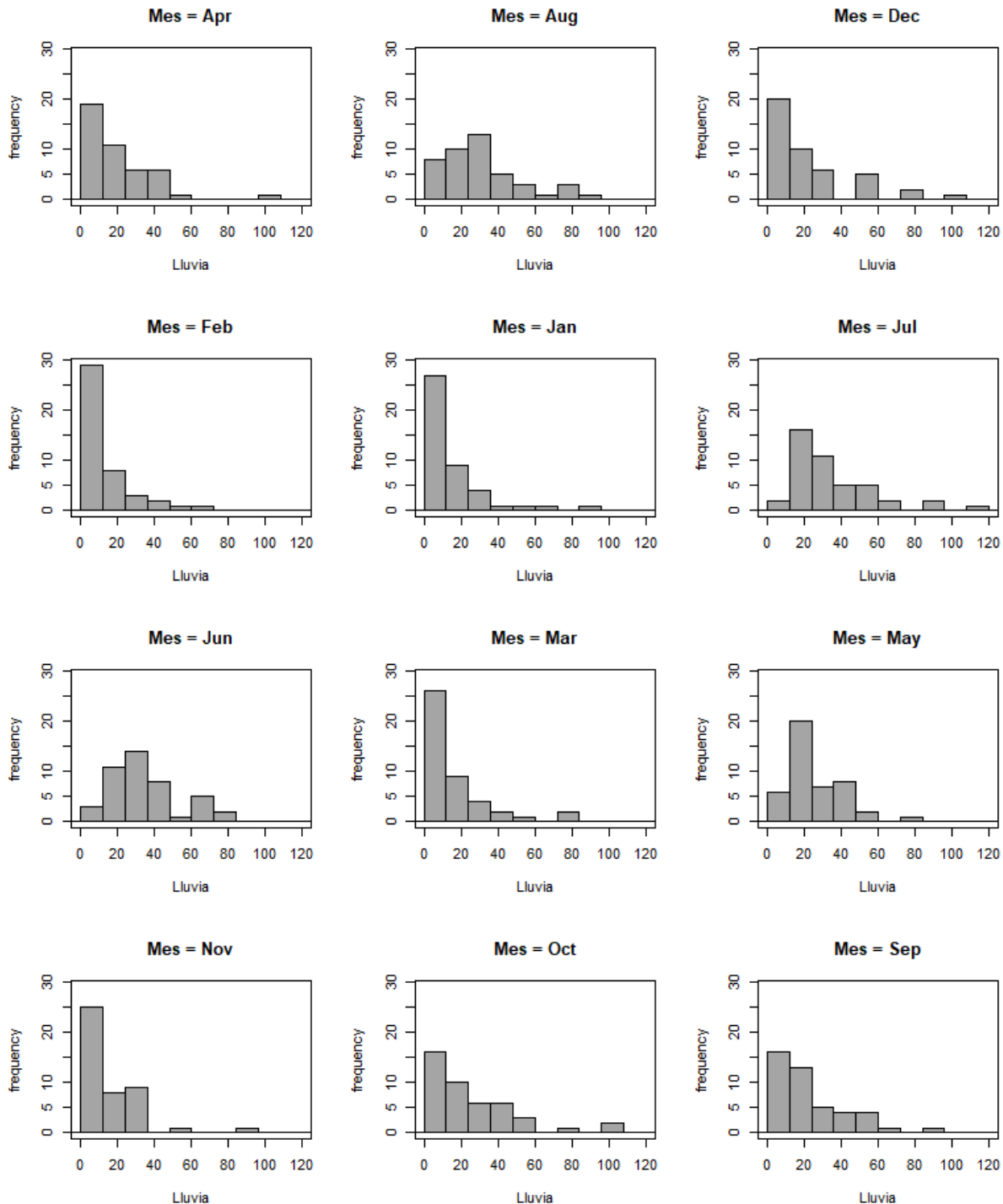
	mean	sd	skewness	0%	25%	50%	75%	100%
Apr	19.63864	19.17107	1.8840927	0.0	6.20	14.0	31.80	99.2
Aug	30.90000	21.30673	0.9320637	1.0	16.55	29.2	39.40	85.4
Dec	21.87273	23.77828	1.5425716	0.4	4.00	13.5	28.70	97.0
Feb	12.12727	14.91446	1.8726134	0.0	1.80	6.7	19.05	64.6
Jan	14.72273	18.35015	2.4592658	0.0	3.55	9.5	19.90	87.6
Jul	35.52273	22.00982	1.4187731	7.6	21.00	28.8	45.45	108.4
Jun	33.81591	18.37354	0.6332659	2.8	21.60	30.1	42.20	73.4
Mar	14.81364	18.58789	2.0338946	0.0	2.50	7.8	19.60	80.2
May	25.59773	14.91611	1.3704962	5.6	15.65	20.0	33.80	80.0
Nov	16.11364	15.99578	2.3268739	0.0	6.55	9.7	24.20	87.0
Oct	24.76818	25.19660	1.7077258	0.2	5.85	17.6	37.25	106.8
Sep	22.96818	19.21288	1.3546393	1.2	8.25	17.8	32.15	86.8

Estos datos representan los datos de cada mes del año a lo largo de todos los años en los que se han obtenido datos.

La media más alta de todos los meses es la de julio por lo que ese es el mes en el que más suele llover, aunque su desviación típica de datos es de las más altas por lo que los datos obtenidos pueden variar bastante entre distintos años.

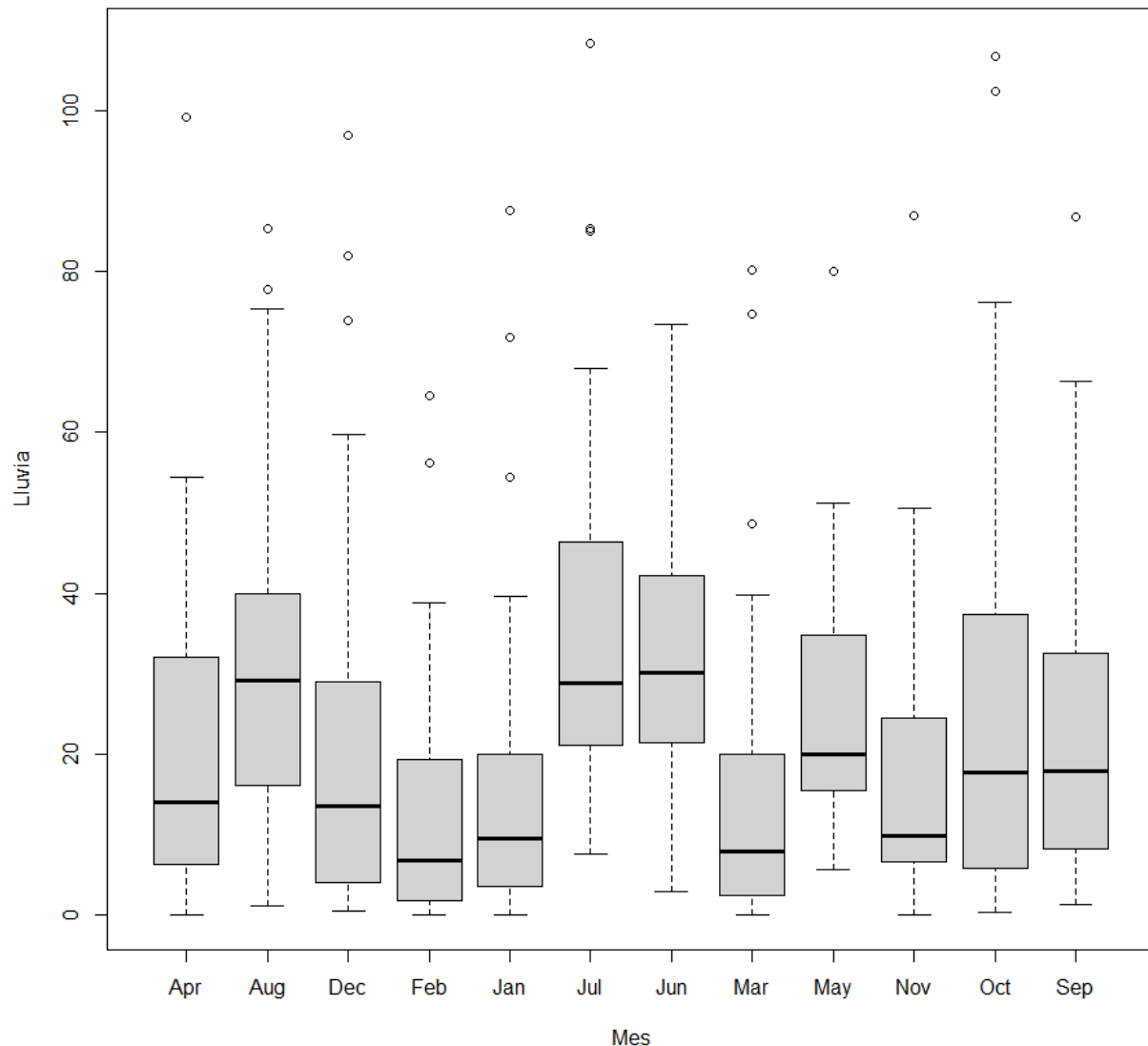
El mes en el que menos llueve de media es febrero, teniendo este una de las desviaciones típicas más bajas. Por último podemos ver que la mayoría de meses puede presentar asimetría positiva con excepción de junio y agosto.

## 3.2. Histogramas.



En los histogramas de los distintos meses podemos observar que predominan las lluvias bajas en la mayoría de los meses, así como la asimetría positiva, con algunas excepciones como agosto y junio como ya se ha dicho anteriormente que pueden acercarse a una distribución normal.

### 3.3. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.



En estos diagramas de caja se puede observar que todos los meses presentan valores atípicos altos así como una tendencia a acumular muchos valores de lluvias bajas, a excepción de junio que no presenta ningún valor atípico. Sin embargo los meses de verano presentan una distribución más homogénea de los datos y una mayor cantidad de lluvia de media, lo que nos puede indicar que en esta época del año es cuando más suele llover. Por último podemos ver que junio no solo es el único mes que no presenta valores atípicos sino que además su histograma se aproxima bastante al de una distribución normal, lo que vamos a comprobar a continuación.



### 3.4. Estudio de la normalidad.

#### 3.4.1. Test de Shapiro-Wilk.

```
Abril      0.000016830705
Agosto    0.00501295
Diciem     0.000005340333
Febrero    0.000000954330
Enero      0.000000059789
Julio      0.00014213
Junio      0.02769845
Marzo      0.000000353199
Mayo       0.00042450
Noviem     0.000001417050
Octubre    0.000007958794
Septiem    0.00024544
```

En este caso la mayoría de los meses no siguen una distribución normal como ya habíamos observado con los datos de los diagramas de caja. También podemos ver que aunque agosto no tiene distribución normal, parece que julio es posible que si que se aproxime a tenerla.

#### 3.4.2. Test de Anderson-Darling.

```
Abril      0.00037767
Agosto    0.00813916
Diciem     0.0000003362471
Febrero    0.0000000889388
Enero      0.0000000014032
Julio      0.0000738150924
Junio      0.02921740
Marzo      0.0000000211375
Mayo       0.00104751
Noviem     0.0000144392175
Octubre    0.0000104844549
Septiem    0.00038122
```

Al igual que en el de Shapiro-Wilk ningún mes tiene distribución normal salvo junio que se acerca bastante al valor crítico de 0,05.

#### 3.4.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.

```
Abril      0.01147782
Agosto    0.02434657
Diciem     0.00061569
Febrero    0.0000035192
Enero      0.0000357057
Julio      0.00052977
Junio      0.33085955
Marzo      0.0000296884
Mayo       0.00142237
Noviem     0.00014451
Octubre    0.00422545
Septiem    0.00165958
```

Tal y como veníamos observando con los dos test anteriores este test nos confirma que efectivamente junio se aproxima a una distribución normal mientras que el resto de los datos no.

### 3.5. Conclusiones.

Como hemos podido observar, los meses en los que más precipitaciones caen de media son los de verano, junio, julio y agosto. Unido a esto, estos meses son los que además presentan una mayor aproximación a una distribución normal, en especial junio, que según los test de normalidad realizados presenta esta distribución. En cuanto al resto de los datos, la mayoría presentan una gran asimetría positiva y valores muy bajos de lluvia. Sin embargo, todos y cada uno de ellos tiene valores atípicos a excepción de junio, lo que es extraño dado el enorme número de años observados.

## 4. Lluvia por años.

Analizaremos los datos por años y aportaremos algunas conclusiones generales obtenidas de los mismos.

### 4.1. Medidas de localización, dispersión y forma.

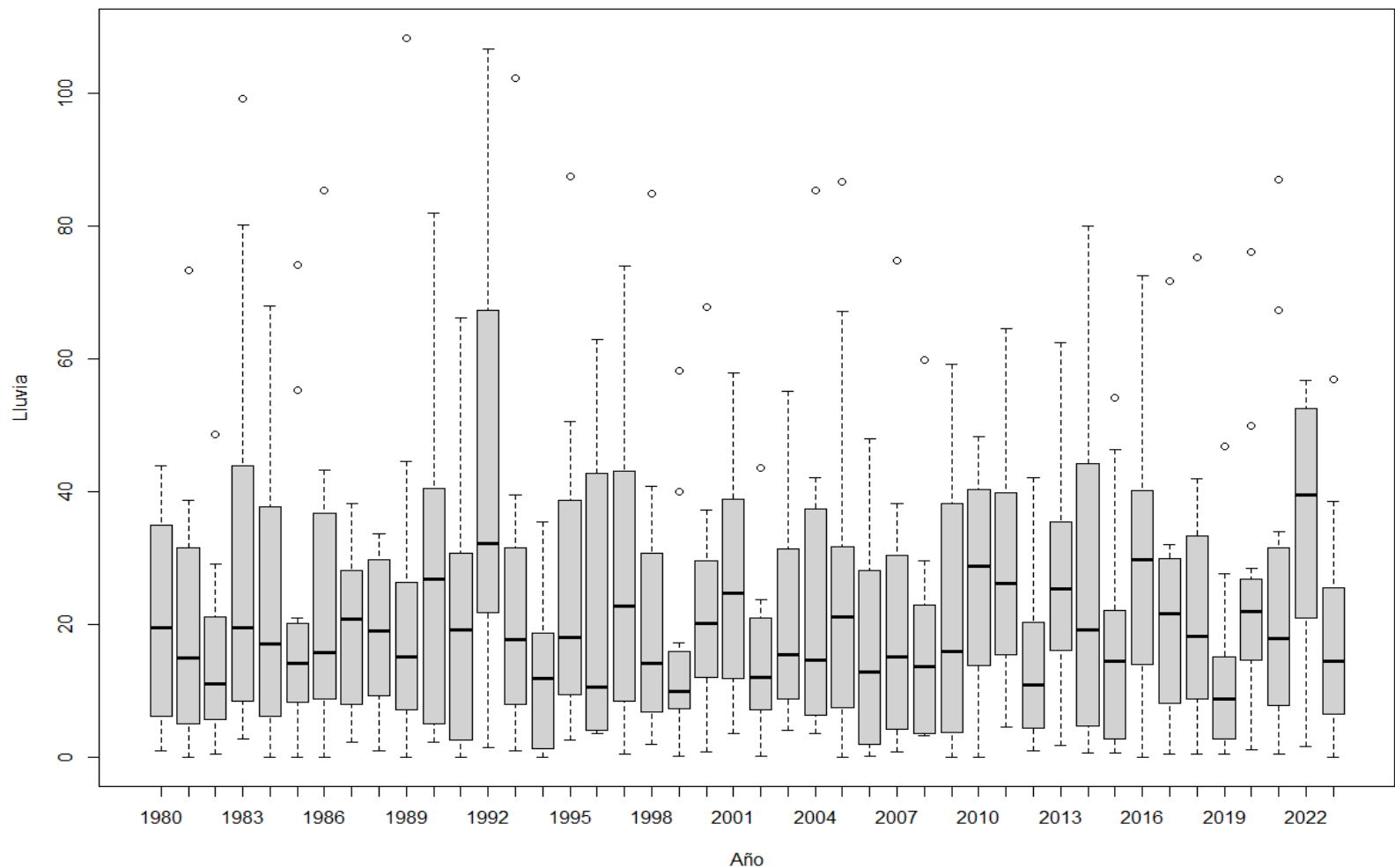
	mean	sd	skewness	0%	25%	50%	75%	100%
1980	20.66667	16.16468	0.32919316	1.0	6.35	19.5	32.150	44.0
1981	20.90000	21.05413	1.46528022	0.0	6.90	15.0	30.300	73.4
1982	15.46667	13.63267	1.36625621	0.4	5.85	11.1	20.900	48.6
1983	30.40000	31.93323	1.34977100	2.8	8.70	19.6	36.000	99.2
1984	23.00000	20.90463	1.03755247	0.0	6.25	17.1	36.100	68.0
1985	20.60000	22.07722	1.76958101	0.0	8.95	14.1	19.650	74.2
1986	23.50000	24.16075	1.65519039	0.0	8.90	15.8	36.200	85.4
1987	19.01667	12.02254	0.06691601	2.2	8.90	20.8	27.850	38.2
1988	18.75000	10.99888	-0.13717836	1.0	10.25	19.1	29.700	33.6
1989	23.38333	29.47091	2.51546438	0.0	7.15	15.2	25.800	108.4
1990	28.01667	24.27007	0.95106372	2.2	6.05	26.9	36.650	82.0
1991	19.85000	19.53070	1.13442560	0.0	3.10	19.2	29.500	66.2
1992	43.51667	33.97705	0.84344428	1.4	22.90	32.2	62.050	106.8
1993	25.41667	27.39057	2.21170996	1.0	10.70	17.7	30.550	102.4
1994	12.80000	11.84629	0.69667265	0.0	1.65	11.8	17.750	35.4
1995	25.88333	24.66112	1.57503549	2.6	10.80	18.0	38.650	87.6
1996	21.20000	21.73259	0.95711183	3.6	4.15	10.6	41.300	63.0
1997	27.98333	24.55279	0.82679015	0.4	9.60	22.8	39.050	74.0
1998	22.08333	23.30953	2.00139822	2.0	7.35	14.1	30.500	85.0
1999	16.05000	16.55429	1.94918206	0.2	7.45	9.9	15.400	58.2
2000	23.15000	17.47832	1.50627917	0.8	14.00	20.2	28.200	67.8
2001	26.75000	17.30415	0.49961552	3.6	12.35	24.7	34.850	58.0
2002	14.28333	11.90186	1.34577105	0.2	7.35	12.1	20.400	43.6
2003	20.68333	15.63178	1.01386788	4.0	9.15	15.4	30.600	55.2
2004	23.56667	24.07471	1.71056947	3.6	7.15	14.6	35.350	85.4
2005	25.98333	26.62582	1.41590686	0.0	8.00	21.1	31.550	86.8
2006	16.23333	15.45523	0.76242936	0.2	2.00	12.8	27.950	48.0
2007	19.83333	21.39581	1.68961288	0.8	4.90	15.2	28.700	74.8
2008	17.23333	16.32841	1.70764247	3.2	3.60	13.7	22.700	59.8
2009	20.55000	19.28525	0.79020872	0.0	3.75	15.9	37.550	59.2
2010	26.86667	15.40775	-0.37331604	0.0	15.25	28.8	39.450	48.4
2011	28.30000	17.20771	0.58033651	4.6	18.60	26.2	39.300	64.6
2012	13.53333	11.88837	1.28805616	1.0	5.10	10.9	20.250	42.2
2013	27.90000	18.39768	0.62353084	1.8	18.25	25.3	33.925	62.5
2014	26.73333	26.79842	0.88763600	0.6	6.55	19.2	38.350	80.0
2015	17.00000	17.63550	1.21821950	0.6	3.30	14.5	20.800	54.2
2016	30.31667	21.22065	0.57220733	0.0	15.00	29.7	39.800	72.6
2017	22.28333	19.10116	1.53386833	0.4	8.95	21.7	29.200	71.8
2018	23.86667	20.81928	1.40881593	0.4	10.45	18.2	31.100	75.4
2019	12.14167	13.50774	1.79266236	0.4	2.85	8.7	14.150	46.9
2020	25.40000	20.07169	1.64695371	1.2	14.75	21.9	26.150	76.2
2021	25.58333	26.57346	1.50274894	0.4	10.60	17.9	30.250	87.0
2022	35.53333	18.41192	-0.48623317	1.6	21.00	39.5	51.550	56.8
2023	18.28333	16.52116	1.28363412	0.0	6.55	14.4	24.550	57.0

Como en las otras ocasiones, en los datos de este punto se muestra la media, desviación típica, asimetría y cuartiles, en esta ocasión de todos los años que tenemos en nuestros datos. Hagamos un pequeño análisis de las partes más interesantes:

Los años en los que más precipitaciones ha habido son 1992, 2022, 1983 y 2016 en los que sus medias han sido 43'517, 35'533, 30'400 y 30'317 respectivamente. Destacar también que 1992 y 1983 son los años con más dispersión de datos ya que su desviación típica es de 33'977 y 31'933 respectivamente.

En cuanto a la simetría, los años con mayor asimetría positiva han sido 1989 con 2'515 y 1993 con 2'211, por otro lado la asimetría negativa es muy escasa y prácticamente inapreciable, solo se aprecia en los años 1988, 2010 y 2022 con sus valores negativos, sin embargo, al ser valores tan cercanos a cero podemos considerarlos más simétricos que asimétricos.

## 4.2. Diagrama de caja y detección de datos atípicos.



## 4.3. Estudio de la normalidad.

### 4.3.1 Test Shapiro-Wilk.

1980	0.12082324	1.000000	2002	0.13837552	1.000000
1981	0.05766582	1.000000	2003	0.13900060	1.000000
1982	0.05519844	1.000000	2004	0.00979835	0.362539
1983	0.00946667	0.359733	2005	0.02585015	0.788509
1984	0.13179326	1.000000	2006	0.13804607	1.000000
1985	0.00429135	0.175946	2007	0.01767605	0.583310
1986	0.02397589	0.767229	2008	0.01210644	0.423725
1987	0.66702600	1.000000	2009	0.11991235	1.000000
1988	0.50976029	1.000000	2010	0.75162702	1.000000
1989	0.00081543	0.035879	2011	0.69634290	1.000000
1990	0.18365249	1.000000	2012	0.11093593	1.000000
1991	0.07352261	1.000000	2013	0.53419982	1.000000
1992	0.15805955	1.000000	2014	0.07917094	1.000000
1993	0.00340506	0.143012	2015	0.02754278	0.798740
1994	0.20695194	1.000000	2016	0.67162818	1.000000
1995	0.02899077	0.811742	2017	0.04821592	1.000000
1996	0.00578236	0.225512	2018	0.10730460	1.000000
1997	0.16212931	1.000000	2019	0.00998768	0.362539
1998	0.00488947	0.195579	2020	0.02543576	0.788509
1999	0.00250535	0.107730	2021	0.01706660	0.580264
2000	0.09859041	1.000000	2022	0.24163810	1.000000
2001	0.51887335	1.000000	2023	0.14154107	1.000000

Aquellos p-valores (columna izquierda) que son mayores de 0.05, pasarán el test de Shapiro-Wilk.

Los valores marcados en amarillo fijan los años en los que no se ha pasado el test y los que no han sido subrayados son aquellos que son mayores que 0.05 y por lo tanto han pasado el test.

### 4.3.2. Test Anderson-Darling.

1980	0.16534357	1.000000	2002	0.27361073	1.000000
1981	0.27014521	1.000000	2003	0.31687697	1.000000
1982	0.07180980	1.000000	2004	0.18494316	1.000000
1983	0.01005511	0.412259	2005	0.04693147	1.000000
1984	0.06592859	1.000000	2006	0.24331257	1.000000
1985	0.00094234	0.041463	2007	0.11411220	1.000000
1986	0.07706579	1.000000	2008	0.23544037	1.000000
1987	0.94770078	1.000000	2009	0.18840685	1.000000
1988	0.42704868	1.000000	2010	0.91325404	1.000000
1989	0.01182211	0.472884	2011	0.85363982	1.000000
1990	0.42235495	1.000000	2012	0.46228299	1.000000
1991	0.37074700	1.000000	2013	0.60732244	1.000000
1992	0.04499732	1.000000	2014	0.24768430	1.000000
1993	0.11548412	1.000000	2015	0.23004222	1.000000
1994	0.61787014	1.000000	2016	0.69038212	1.000000
1995	0.06451772	1.000000	2017	0.10448936	1.000000
1996	0.00186003	0.079981	2018	0.32291152	1.000000
1997	0.47131908	1.000000	2019	0.11614979	1.000000
1998	0.14008629	1.000000	2020	0.01325946	0.517119
1999	0.00284302	0.119407	2021	0.09068960	1.000000
2000	0.43929046	1.000000	2022	0.43132831	1.000000
2001	0.56513699	1.000000	2023	0.69803550	1.000000

De nuevo, los valores de la columna izquierda son los p-valores, los cuales nos marcan si el año pasa el test o no, con el mismo criterio de antes.

Podemos observar que los valores que no han pasado el test son los mismos que en el test anterior. Sin embargo, hay años los cuales antes no han pasado el test y ahora sí (1995 y 2017).



### 4.3.3. Test de Kolmogorov-Smirnov.

1980	0.1788490	1.000000	2002	0.2227005	1.000000
1981	0.1309824	1.000000	2003	0.1739469	1.000000
1982	0.0709895	1.000000	2004	0.0192810	0.674834
1983	0.0064627	0.258508	2005	0.0307371	1.000000
1984	0.1345436	1.000000	2006	0.1740284	1.000000
1985	0.0022535	0.094646	2007	0.0394310	1.000000
1986	0.0438604	1.000000	2008	0.0323682	1.000000
1987	0.7688647	1.000000	2009	0.1229812	1.000000
1988	0.5734565	1.000000	2010	0.7793019	1.000000
1989	0.0009151	0.040264	2011	0.7018485	1.000000
1990	0.2906220	1.000000	2012	0.2145783	1.000000
1991	0.1444452	1.000000	2013	0.5045469	1.000000
1992	0.1217110	1.000000	2014	0.1021181	1.000000
1993	0.0084439	0.329310	2015	0.0375097	1.000000
1994	0.3299418	1.000000	2016	0.5412210	1.000000
1995	0.0501748	1.000000	2017	0.1098439	1.000000
1996	0.0023978	0.098309	2018	0.1917782	1.000000
1997	0.2003331	1.000000	2019	0.0170257	0.629950
1998	0.0090622	0.344363	2020	0.0199242	0.677423
1999	0.0010205	0.043883	2021	0.0173887	0.629950
2000	0.1478994	1.000000	2022	0.2592887	1.000000
2001	0.5106411	1.000000	2023	0.2065628	1.000000

Como en los anteriores test seguiremos las mismas directrices.

Los años que no han superado los test han sido los mismos que en casos anteriores y se ha añadido a los años no superados el 1992. Por otro lado, los años 1986, 1993, 1998, 2004, 2007, 2008, 2015, 2019 y 2021 han superado el test cuando en los anteriores casos no lo habían superado.

### 4.4. Conclusiones.

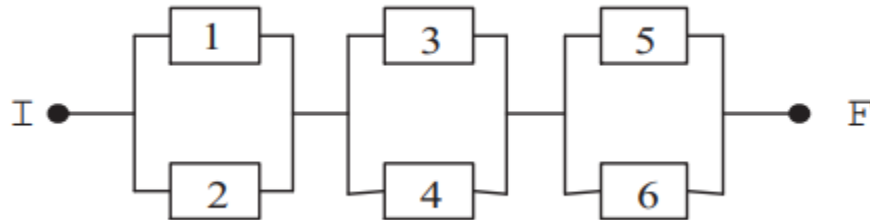
Hemos realizado un estudio de localización, dispersión y forma que nos ha ayudado a conocer datos sobre la media, desviación típica, asimetría y cuartiles de los años, datos que se han podido confirmar y ver de forma más visual en el diagrama de caja.

También hemos estudiado la normalidad de los datos, con ello los años que posiblemente sigan una distribución normal, serán únicamente aquellos que hayan superado los tres test los cuales son: 1980, 1981, 1982, 1984, 1987, 1988, 1990, 1991, 1994, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2018, 2022 y 2023.

## 5. Sistemas de componentes independientes.

Comenzamos en esta parte el ejercicio 2, en que resolveremos un sistema de componentes independientes obteniendo distintos valores.

### 5.1. Sistema.



Para resolver este circuito podemos dividirlo en los 3 grupos más claros, que serían las componentes 1 y 2, que se encuentran en paralelo, así como las 3 y 4 y las 5 y 6. Por último, solo hay que unir estos 3 bloques en serie.

### 5.2 Aproximaciones de la media, varianza y desviación típica de la variable T.

Primero vamos a calcular los parámetros de forma aproximada usando el programa “R Commander”. El código siguiente es el utilizado para la simulación del circuito. Comentar que el tiempo de funcionamiento de cada una de las componentes del circuito es una variable aleatoria que sigue una distribución exponencial de parámetro  $1/(2*i)$ , siendo  $i$  el número de la componente en cada caso, y que la variable  $n$  en el código varía en función del tamaño de la muestra escogido (consultar tabla):

```
rm(list=ls())
n<-500000
X1<-rexp(n,1/(2*1))
X2<-rexp(n,1/(2*2))
X3<-rexp(n,1/(2*3))
X4<-rexp(n,1/(2*4))
X5<-rexp(n,1/(2*5))
X6<-rexp(n,1/(2*6))
X12<-pmax(X1,X2)
X34<-pmax(X3,X4)
X56<-pmax(X5,X6)
X1234<-pmin(X12,X34)
T<-pmin(X1234,X56)
muT<-mean(T)
varT<-var(T)
desT<-sqrt(varT)
muT;varT;desT
```

N	E[T]	Var[T]	sqrt(Var[T])
10000	3.484504	6.11107	2.472058
50000	3.517013	6.286436	2.507277
100000	3.505085	6.331292	2.516206
500000	3.513901	6.315292	2.513024

### 5.3 Valor exacto de la media, varianza y desviación típica de la variable T.

Para el cálculo exacto de los parámetros, calcularemos la función de distribución de la variable T usando las funciones de distribución de las diferentes componentes del circuito. Posteriormente hallaremos la función de densidad haciendo la derivada de la función de distribución y seguiremos las definiciones de E[T] y Var[T] para el cálculo de los parámetros. El programa a utilizar será SageMath debido a su simplicidad y a nuestra familiaridad con el mismo. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

```
[15]: Par(x) = 1/(2*x)

[16]: X1 = Par(1)
      X2 = Par(2)
      X3 = Par(3)
      X4 = Par(4)
      X5 = Par(5)
      X6 = Par(6)

[17]: X12 = ( ( 1-e^(-Par(1)*x) ) * ( 1-e^(-Par(2)*x) ) )

[18]: X34 = ( ( 1-e^(-Par(3)*x) ) * ( 1-e^(-Par(4)*x) ) )

[19]: X56 = ( ( 1-e^(-Par(5)*x) ) * ( 1-e^(-Par(6)*x) ) )

[20]: X1234 = 1-( ( 1-X12 ) * ( 1-X34 ) )
```



```
[21]: DistT = 1-( ( 1-X1234 ) * ( 1-X56 ) )
```

```
[22]: DensT = diff(DistT,x)
```

```
[23]: EX = integrate(x*DensT,x,0,oo)  
EX.n()
```

```
[23]: 3.51190505179759
```

```
[24]: VarX1 = integrate(x*x*DensT,x,0,oo)
```

```
[25]: VarX2 = EX*EX
```

```
[26]: VarX = VarX1-VarX2  
VarX.n()
```

```
[26]: 6.30021542873418
```

```
[27]: DesTX = sqrt(VarX)  
DesTX.n()
```

```
[27]: 2.51002299366643
```

Por tanto, los valores exactos de los parámetros a calcular son:

- $E[X] = 3.51190505179759$
- $\text{Var}[x] = 6.30021542873418$
- $\text{sqrt}(\text{Var}[X]) = 2.51002299366643$

## 5.4. Conclusiones.

En definitiva, para poder calcular la función que define a la variable T es necesario segmentar el circuito para ser capaz de calcular la función por partes. Una vez se tiene la función ya es sencillo calcular, tanto de manera aproximada como exacta, los valores de la media, varianza y desviación típica, aplicando sus definiciones teóricas.