



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TÉCNICO DE CAPTACIÓN Y
UTILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
PARA PARCELA AGRÍCOLA EN PINOS
PUENTE, GRANADA.**

Alumno: Daniel Vicente García

Tutor: Prof. D. Francisco José Pérez Latorre
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2022

ÍNDICE DE IMÁGENES.....	2
ÍNDICE DE TABLAS:.....	4
ÍNDICE DE GRÁFICAS:	4
1. Resumen	5
2. Abstract.....	5
3. Objetivos.....	5
4. Introducción	6
4.1 Localización	6
4.2 Breve historia de los sistemas de captación de agua	7
4.3 Climatología	9
4.4 Cálculo de caudales de escorrentía	10
4.5 Dimensionamiento de la balsa.....	11
4.6 Sistema de tratamiento de agua	11
4.7 Sistema de bombeo	11
5. Metodología	12
5.1 Climatología: precipitación y evapotranspiración.....	12
5.1.1 Introducción.....	12
5.1.2 Fuentes de datos.....	13
5.1.3 Estudio de las precipitaciones	16
5.2 Cálculo de caudales	18
5.2.1 Estudio del terreno y necesidades de riego en el olivar	18
5.2.2 Subcuenca de estudio con Sistema de Información Geográfica (SIG).....	24
5.2.3 Método racional.....	25
5.2.4 Método simplificado	30
5.2.5 Comparación entre métodos.....	30
5.3 Cálculo de volúmenes con Método Simplificado.....	31
5.4 Sistema de captación de agua.....	33
5.4.1 Diseño y cálculo de la balsa	33
5.4.2 Sistema de tratamiento de agua	41
5.4.3 Sistema de bombeo	42
6. Conclusiones	44
7. Referencias bibliográficas	45

ÍNDICE DE IMÁGENES

- Imagen 1: Mapa provincial de Granada y ámbito de actuación
Fuente: Propia
- Imagen 2: Mapa zona de estudio
Fuente: Google Earth
- Imagen 3: Sistema de captación de agua en Yemen
Fuente: Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.
- Imagen 4: Pont du Gard, acueducto romano
Fuente: Wikipedia
- Imagen 5: Chultunes en Méjico
Fuente: Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia
- Imagen 6: Terrazas de cultivo en la Alpujarra
Fuente: <https://www.flickr.com/photos/danieljescalera/8083724880>
- Imagen 7: Pluviógrafo
Fuente: <https://www.intesco.com.co/sabes-en-que-se-diferencian-un-pluviometro-y-un-pluviografo/>
- Imagen 8: Tanque de evaporación
Fuente: https://ecometta.fandom.com/es/wiki/Tanque_de_evaporaci%C3%B3n
- Imagen 9: Ubicación de las 2 estaciones meteorológicas
Fuente: Propia, IGN
- Imagen 10: Portada del manual
- Fuente: Manual para el diseño de balsas
- Imagen 11: Sistema de filtrado
- Fuente: Regaber
- Imagen 12: Bomba horizontal
Fuente: <https://www.atlascisa.es/producto/bomba-centrifuga/>
- Imagen 13: Mapa de precipitaciones
Fuente: Propia, AEMET
- Imagen 14: Mapa estatal de evapotranspiración
Fuente: https://www.ign.es/espmmap/mapas_clima_bach/Mapa_clima_08.htm
- Imagen 15: Comarcas naturales andaluzas.
Fuente:
- Imagen 16: Clasificación de suelos según la FAO de las comarcas naturales.
Fuente:
- Imagen 17: Fotografía del tipo de suelo de la parcela in situ.
Fuente: Propia. IGN.
- Imagen 18: Ortofoto con QGIS de la subcuenca de drenaje
Fuente: Propia. IGN.
- Imagen 19: Ortofoto con QGIS de la parcela de estudio
Fuente: Propia. IGN.
- Imagen 20: Fotografía de otros tipos de cultivo
Fuente: Propia
- Imagen 21: Fotografía in situ de olivos en límite de la parcela
Fuente: Propia.
- Imagen 22: Ortofoto con tipos de acuíferos
Fuente: Propia. IGN.

- Imagen 23: Evapotranspiración de referencia
Fuente:
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337166142Programacixn_de_riego.pdf
- Imagen 24: Cálculo de evapotranspiración mediante Radiación y Temperaturas
Fuente:
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337166142Programacixn_de_riego.pdf
- Imagen 25: Demarcación de subcuencas en ámbito de estudio.
Fuente: Propia con QGIS.
- Imagen 26: Mapa de cauces y cárcavas en ámbito de estudio
Fuente: Propia con QGIS
- Imagen 27: Mapa de pendientes de la subcuenca de estudio.
Fuente: Propia con QGIS
- Imagen 28: Mapa de elevaciones DEM
Fuente: Propia con QGIS
- Imagen 29: Mapa de dirección de drenaje
Fuente: Propia con QGIS
- Imagen 30: Gráfica de coeficiente de escorrentía según norma 5.2.
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 31: Clasificación de suelos
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 32: Precipitación mínima según cultivo
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 33: Regiones para caracterización del coeficiente corrector de umbral de escorrentía.
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 34: Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 35: Factores de seguridad mínimos
Fuente: Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas
- Imagen 36: Dimensiones del dique de cierre.
Fuente: Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas
- Imagen 37: Talud del dique de cierre según tipo de suelo.
Fuente: Manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas
- Imagen 38: Mapa del índice de torrencialidad
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 39: Fórmula de cálculo de intensidad máxima
Fuente: Norma 5.2. ic
- Imagen 40: Mapa de isolíneas de precipitación y Cv de Granada
Fuente: Máximas lluvias en la España peninsular
- Imagen 41: Sistema de filtrado Regaber
Fuente: regaber.com
- Imagen 42: Tabla con diámetros, caudales, grado de filtración.
Fuente: regaber.com
- Imagen 43: Tubería de impulsión, sistema de riego
Fuente: Propia
- Imagen 44: Modelos de bomba INOXPA según caudal y altura.
Fuente: inoxpa.es

- Imagen 45: Dimensiones de bomba elegida.
- Fuente: inoxpa.es

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Valores de precipitación medios mensuales en mm según AEMET.
Tabla 2: Valores de evapotranspiración medios mensuales en mm según AEMET.
Tabla 3: Valores de precipitación medios mensuales en mm según S.I.A.R.
Tabla 4: Valores de evapotranspiración medios mensuales en mm según S.I.A.R.
Tabla 5: Valores desde 2002 de precipitación según AEMET.
Tabla 6: Valores mensuales característicos (media, desviación...) para la función normal o de Gauss.
Tabla 7: Valores de precipitación mensuales con hasta 84 % de probabilidad de ocurrencia.
Tabla 8: Valores de intensidad horaria del 21/11/16.
Tabla 9: Valores de intensidad horaria del 27/11/17.
Tabla 10: Valores de intensidad horaria del 26/11/20.
Tabla 11: Valores de radiación solar, temperaturas y evapotranspiración.
Tabla 12: Coeficientes mensuales de cultivo.
Tabla 13: Valores de precipitación con hasta 84% de probabilidad de suceso.
Tabla 14: Valores de Evapotranspiración de cultivo.
Tabla 15: Valores de necesidad neta y total de riego.
Tabla 16: Valores de precipitación máxima diaria según LEY SQRT.
Tabla 17: Caudales máximos para distintos periodos de retorno.
Tabla 18: Cálculo de Intensidad de precipitación
Tabla 19: Tiempo de concentración para la cuenca
Tabla 20: Coeficiente de escorrentía.
Tabla 21: Umbral de escorrentía.
Tabla 22: Coeficiente corrector umbral de escorrentía
Tabla 23: Coeficiente de drenaje transversal
Tabla 24: Método simplificado $Q=CIA$
Tabla 25: Cálculo de volúmenes
Tabla 26: Riego en m³ según mes
Tabla 27: Volúmenes entrantes y salientes. Balance
Tabla 28: Dimensiones del canal de piedra

ÍNDICE DE GRÁFICAS:

Gráfica 1. Representación de valores de precipitación medios mensuales en mm.
Gráfica 2. Representación de valores de evapotranspiración medios mensuales en mm.
Gráfica 3. Representación de valores de precipitación medios mensuales en mm del SIAR
Gráfica 4. Representación de valores de evapotranspiración medios mensuales en mm del SIAR.
Gráfica 5. Gráfico de barras de intensidades horarias en mm/h 21/11/16
Gráfica 6. Gráfico de barras de intensidades horarias en mm/h 29/11/17
Gráfica 7. Gráfico de barras de intensidades horarias en mm/h 26/11/20

1. RESUMEN

En el presente Trabajo Fin de Grado se va a realizar un estudio técnico de captación y utilización de agua de con el fin de almacenar el agua de lluvia captada en un depósito para su posterior utilización en el riego de una parcela agrícola en el municipio de Pinos Puente (Los Mochones).

Para ello se determinarán los caudales y volúmenes de agua que se pueden recoger en la subcuenca vertiente. Se analizará la climatología de la zona, en especial la precipitación y la evapotranspiración, se aplicará el Método Racional de la *norma 5.2.- I.C.* para obtener los datos de caudales pico, se ejecutará un Método Simplificado al anterior con el objetivo de poseer unos datos de caudal más probables de ocurrencia en una subcuenca de drenaje localizados en el punto más bajo de las parcelas de estudio lo cual permitirá determinar el volumen óptimo de almacenamiento.

Se establece, después, un sistema de tratamiento y bombeo del agua que distribuirá el agua hacia las parcelas.

2. ABSTRACT

In this Final Degree Project, a technical study of the collection and use of water is going to be carried out in order to store the rainwater collected in a tank for later use in the irrigation of an agricultural plot in the municipality of Pinos Puente (Los Mochones).

For this, the flows and volumes of water that can be collected in the slope sub-basin will be determined. The climatology of the area will be analyzed, especially precipitation and evapotranspiration, the Rational Method of spanish standard 5.2.- I.C. will be applied. To obtain the peak flow data, a Simplified Method will be executed to the previous one with the objective of having flow data more likely to occur in a drainage sub-basin located at the lowest point of the study plots, which will allow determining the volume optimal storage.

Afterwards, a water treatment and pumping system is established that will distribute the water to the plots.

3. OBJETIVOS

Los objetivos que se presentan en este trabajo serán:

- Determinación de la climatología de la zona en especial de los datos de precipitación y evapotranspiración.
- Determinación de la subcuenca de drenaje.
- Aplicación del Método Racional para determinación de caudales máximos en la subcuenca de estudio.
- Diseño de la balsa de regulación
- Se establece un sistema de tratamiento de agua en la balsa.
- Se ejecuta un sistema de bombeo que distribuye el agua a las parcelas de estudio.

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Localización

Las parcelas de estudio se encuentran en el municipio de Pinos Puente en la provincia de Granada, pertenecen a la comarca Vega de Granada.

La Vega de Granada es una comarca española situada en la parte central de la provincia de Granada. Este territorio limita con las comarcas de Los Montes al norte, Guadix al este, la Alpujarra Granadina al sureste, el Valle de Lecrín al sur, Alhama al suroeste y Loja al oeste. La Vega es una comarca caracterizada por su llanura en la parte occidental —a excepción de Sierra Elvira— y su relieve montañoso en el resto, con Sierra Nevada, Sierra de Huétor y Sierra de la Alfaguara.

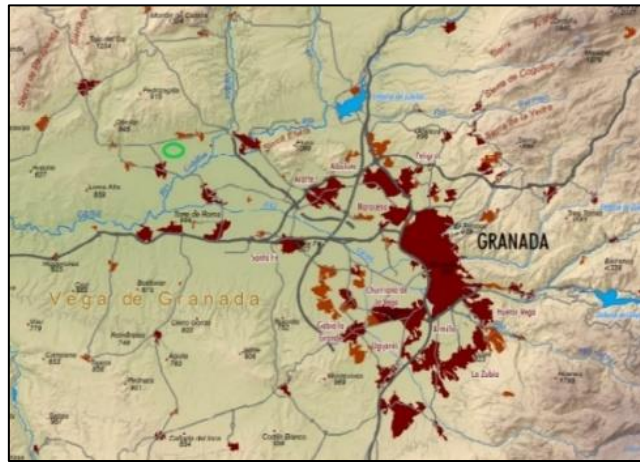


Imagen 1.-Mapa provincial de Granada



Imagen 2.- Mapa de Google Earth, situación de parcelas.

4.2 Breve historia de los sistemas de captación de agua

Desde antaño, el ser humano ha sido capaz de utilizar el agua principalmente como consumidor de la misma y secundariamente como medio de transporte.

Fue después, cuando parte de la civilización decidió moverse a ciertos sitios donde no existía agua superficial por las propias condiciones climáticas (zonas áridas, desiertos...) donde se empiezan a desarrollar los sistemas de captación. [1]

Se tiene constancia de los primeros sistemas de captación en Jérico (actual Israel), el desierto del Negev, donde se comenzó a realizar hace 4000 años, tal y como se indica en la Imagen 3.



Imagen 3.- Sistema antiguo de captación en Yemen

Más tarde, por el año 1000 a.C. en sitios de mayor altitud de Yemen se tiene constancia de que existen edificaciones con terrazas para la captación de agua de lluvia.

En la Antigua Grecia, el agua de lluvia era obtenida de pozos y cisternas; fueron posiblemente los primeros en tratar la calidad del agua; usaban la escorrentía del agua para también evacuar las aguas residuales de la ciudad o asentamiento.

Pero sin duda, fueron los romanos los principales maestros en sistemas de recogida y distribución (acueductos) de agua, utilizando tanto la superficial como la subterránea para su transporte hasta presas de gravedad en las que se sometía el agua a un proceso de desinfección llamado aireación.[2]



Imagen 4. Pont du Gard, puente romano en Francia

Los mayas, presentaron alrededor del siglo X d.C aunque no se tiene constancia exacta, unas cisternas subterráneas con un agujero en el suelo, donde se almacenaba el agua de lluvia, este agujero actuaba como sumidero como muestra la Imagen 5. [1]

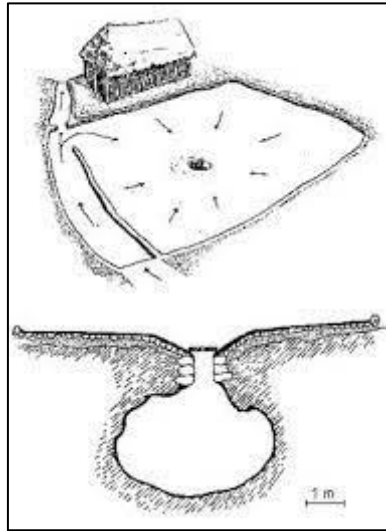


Imagen 5. -Chultunes de México

Algunos ejemplos de tipos de sistemas de recogida de agua tradicionales y que en la actualidad siguen funcionando bastante bien son las terrazas de banco como en la Imagen 6, el riego por derivación, la captación de aguas pluviales en las azoteas y las cisternas.[3]



Imagen 6. Terrazas de banco en la Alpujarra

4.3 Climatología

La climatología es la ciencia que estudia el clima, resulta de la combinación de factores (geográficos y atmosféricos o termodinámicos) y elementos (precipitación, humedad y evaporación, temperatura, insolación y presión atmosférica y viento).

Se usan las estaciones meteorológicas para medir diferentes variables, en este caso se analizarán más detenidamente los elementos de precipitación y evapotranspiración.

Para estos elementos existen los siguientes instrumentos de medición:

-Pluviómetro: mide la cantidad de agua, consiste en un vaso cilíndrico receptor que tiene un aro de bronce para evitar salpicaduras, un embudo profundo y un recipiente colector más estrecho que conserva el agua caída y evita la evaporación por el estrechamiento de la boca.

-Pluviógrafo: mide la cantidad de agua caída junto al tiempo durante el cual ha caído dicha precipitación.



Imagen 7. Pluviógrafo

-Tanque de evaporación: es el instrumento de medición de evaporación potencial, el tanque se llena de agua y se van tomando lecturas diarias del agua evaporada por medio de un tornillo micrométrico.



Imagen 8. Tanque de evaporación

Así pues, las 2 estaciones meteorológicas de las que se tomarán los datos de precipitación y evapotranspiración potencial de este estudio técnico Se Encuentran localizadas en la Imagen 9:

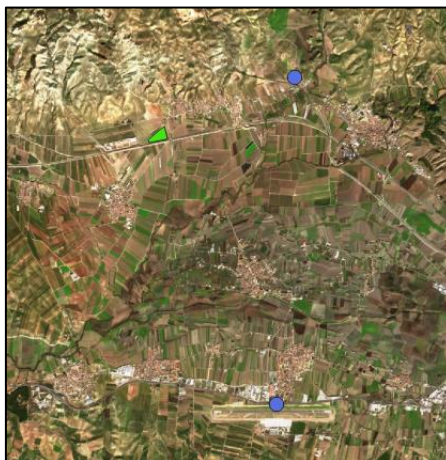


Imagen 9. Mapa 1:100000 de las Estaciones Meteorológicas

1. Estación Granada-Aeropuerto, indicativo 5530E

Representada en la parte baja de la Imagen 9, contiene datos procedentes de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Estos valores fueron tomados desde el 01/01/2002 al 31/12/2021.

Valores obtenidos mediante la media de todos los valores de evapotranspiración mensuales durante 20 años. Las siguientes tablas y gráficas resultan un resumen de todos los años.

En el anejo climatológico se encuentran todos los datos de precipitación y evaporación de cada año.

2. Estación Meteorológica de Pinos Puente, indicativo nº 4

Datos procedentes del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (S.I.A.R.). El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente a través de la Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales pone a disposición de los usuarios de forma gratuita toda la información recogida a través de la Red de estaciones agrometeorológicas de SIAR.

Estos valores fueron tomados desde el 01/01/2001 al 31/12/2014, para quedarnos con años enteros naturales.

4.4 Cálculo de caudales de escorrentía

Se usará el método racional, aunque este método se use para cálculos extraordinarios debido a que se escogen valores máximos, para la determinación del mismo se usará el programa *Excel*.

La metodología consistirá en calcular caudales medios para unos valores medios de lluvias con una probabilidad de ocurrencia aceptable con el fin de no sobredimensionar caudales y posteriormente volúmenes.

4.5 Dimensionamiento de la balsa

Tras determinar la cantidad de agua que puede recoger la subcuenca de estudio, se procede a determinar el dimensionamiento óptimo de una **balsa de regulación**. El volumen de estas balsas coincide con la dotación de la parcela y, suelen ser de pequeño tamaño, se determina gracias al *Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas* del CEDEX.



Imagen 10. Manual para balsas del CEDEX

4.6 Sistema de tratamiento de agua

Se instalará una tubería que se inicia en la balsa de estudio que llevará a un sistema de filtro Sigma de mallas autolimpiantes de marca Regaber, del que saldrá ya el agua limpia hacia el sistema de bombeo.



Imagen 11. Sistema de filtrado

4.7 Sistema de bombeo

Respecto al sistema de bombeo, se calculará en función del punto más desfavorable de las parcelas. Se escogerá una **bomba centrífuga de eje horizontal**, que sea resistente a la intemperie, acoplada de un motor eléctrico que suministrará la energía a la bomba, esta elevará al punto más alto de las parcelas en la que por gravedad se regarán.



Imagen 12. Bomba horizontal

5. METODOLOGÍA

5.1 Climatología: precipitación y evapotranspiración

5.1.1 Introducción

I. Precipitación

Hidrometeoro compuesto de un agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen desde una nube o un grupo de nubes y alcanzan el suelo. La Imagen 13 representa la cantidad de lluvia anual, en la zona de estudio de 300 a 500 mm al año en la zona marrón.



Imagen 13. Mapa de precipitaciones

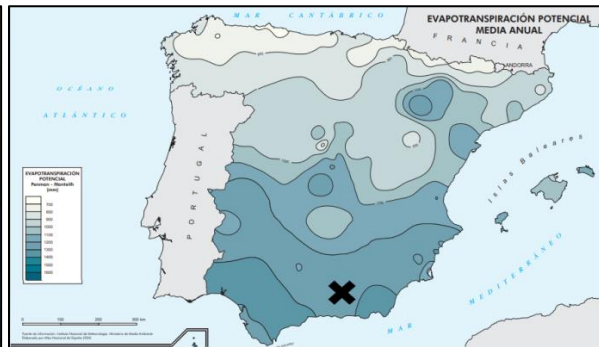


Imagen 14. Mapa de evapotranspiración

II. Evapotranspiración

La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Se suele medir en mm o décimas de mm, según la Imagen 14, en la zona de estudio se tiene una evapotranspiración de entre 1200 y 1300 mm al año.

Existen tres tipos de evapotranspiración: la potencial **ETP**, la del cultivo de referencia **ET_o** y la real o efectiva **ET_r**.

En la Imagen 14 se representa la evapotranspiración potencial media anual.

5.1.2 Fuentes de datos

I. AEMET

-Precipitación

Se exponen en la Tabla 1, los datos de precipitación mensual medios en mm, representados en la Gráfica1.

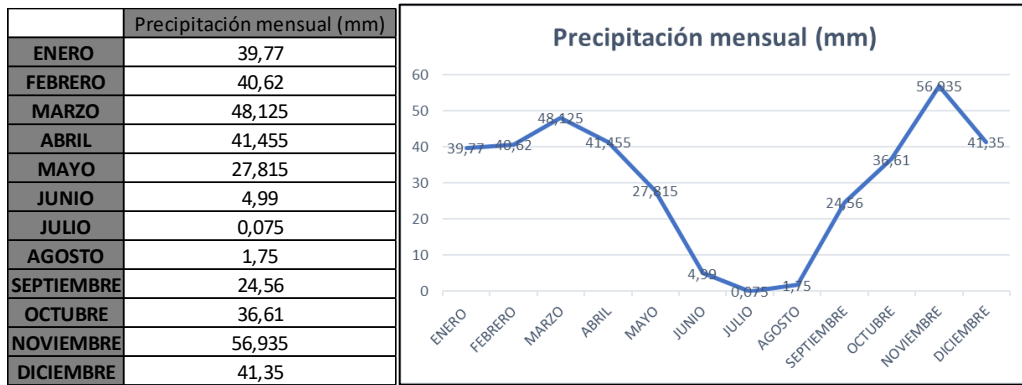


Tabla 1

Gráfica 1

-Evapotranspiración

Se exponen en la Tabla 2, los datos de evapotranspiración mensual en mm, representados igualmente.

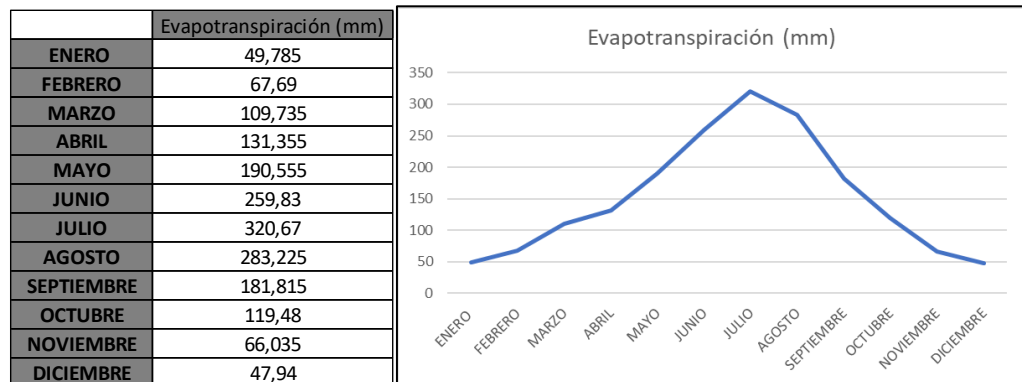


Tabla 2

Gráfica 2

II. S.I.A.R.

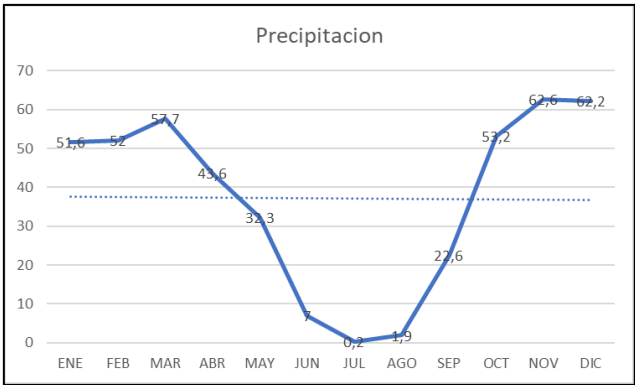
Del mismo modo de obtención que en el apartado anterior (I. AEMET), se obtienen los siguientes datos.

-Precipitación

Se expresan en la Tabla 3 los valores de precipitación mensuales medios en mm, representados en la Gráfica 3.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitacion	51,6	52	57,7	43,6	32,3	7	0,2	1,9	22,6	53,2	62,6	62,2	37,2416667

Tabla 3



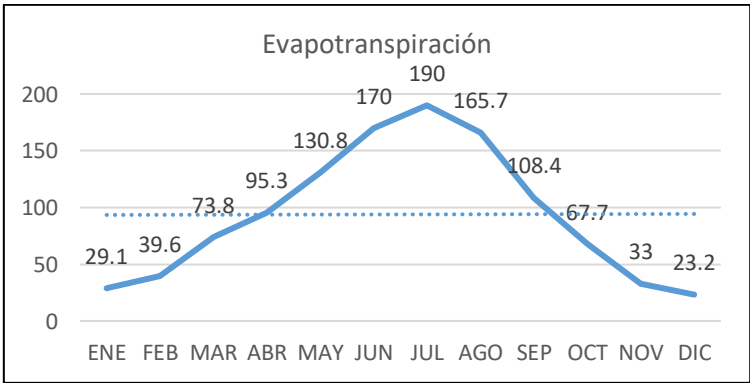
Gráfica 3

-Evapotranspiración

Se expresan en la Tabla 4 los valores de evapotranspiración mensuales medios en mm, representados en la Gráfica 4.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Eto	29,1	39,6	73,8	95,3	130,8	170	190	165,7	108,4	67,7	33	23,2	93,8833333

Tabla 4



Gráfica 4

III. Comparación entre estaciones

Es evidente que existe una diferencia no en calidad de las muestras, sino en cantidad.

La principal causa de esta diferencia puede deberse a que en los datos del SIAR no se reflejaron los últimos años del 2015 al 2021, ya que cesó su actividad, sin embargo, los datos de la AEMET si recogen los años anteriormente mencionados.

La mayor distintiva existe en la cantidad de evapotranspiración, en la que el SIAR infravalora los datos mientras sobrevalora los datos de precipitación.

En el Anejo Climatológico se puede observar que hay un mayor número de datos por parte de la AEMET.

Conclusión: se escogen los datos de precipitación y evapotranspiración de la AEMET

5.1.3 Estudio de las precipitaciones

➤ Valores frecuentes de precipitación

Se realiza un estudio más exhaustivo de los datos de precipitación, a través de la función de Gauss o normalizada.

La siguiente tabla representa los valores de precipitación mensual en mm desde 2002 hasta 2021, datos de la Estación Granada-Aeropuerto de la AEMET:

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ENERO	19,1	59,2	13,1	0	48,8	21,9	33,8	52,3	104,9	41,1	17,3	76,5	75,4	52,3	17	4,8	23,4	45,5	32,8	56,2
FEBRERO	8	65,1	46,3	42,1	39	22,2	31,8	65,7	126,3	44,4	2,8	49,3	85,9	16,5	44,1	46,7	20,6	10,3	1,2	44,1
MARZO	79,8	46,9	79,6	29,4	53,5	5,1	5,2	52,9	61,7	42,9	6,5	172,7	23,6	15,5	16	25,2	191,3	17,1	28,9	8,7
ABRIL	92,7	19,7	53,7	4,1	26,5	41,6	40,7	46,3	14,7	51,2	46,1	44	26	45,1	52,9	19,9	33,4	78,8	47,7	44
MAYO	23,9	8,2	56,2	9,7	39,5	35,9	50,4	19	19,4	51,6	21,4	22,7	9,9	4,4	40	15,7	40,3	3,2	54,5	30,4
JUNIO	2	7,3	4,6	0	2,5	0	3,2	0,3	20,7	18,8	0	0	15,5	1,1	0	0,7	4,3	0	8,8	10
JULIO	0	0,4	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	3,5	0	0	0	14,2	0,2	0	0	9,8	0	0	0,2	0	2,1	0	3,3	0,9	0	0,7	0,1
SEPTIEMBRE	9,5	2,1	9,5	23,3	18	41,3	23	27,1	13,8	0	50,9	43,5	25,1	48	0	0,9	65,2	70,6	12,2	7,2
OCTUBRE	23,3	91,7	17,1	36,3	16	42,2	48,4	24,4	22,7	34,5	106,6	17,6	38,4	46,1	24,8	35,9	53	16,9	28,6	7,7
NOVIEMBRE	103,9	51	8,9	20,5	71	6,8	52,2	28,2	59	77,2	158,8	8,6	76,8	25,4	86,9	78,5	64,9	56,2	63,3	40,6
DICIEMBRE	62,1	40,4	44,4	21,1	14,8	7,6	60,9	184,4	110,4	5,1	16,7	66	7	0,6	27,8	32,7	8,4	52,2	33,1	31,3

Tabla 5

Se calcula la media, la desviación típica, el máximo y el mínimo de cada mes durante 20 años y se calcula las gráficas del *Anejo de Función de Gauss*, para determinar la lluvia que cayó con una probabilidad de hasta 84 %.

	Media	Desviación	Máximo	Mínimo	<i>Gauss</i>	Precipitación hasta 84% de probabilidad (mm)
ENERO	39,77	26,7307452	104,9	0	ENERO	66,5
FEBRERO	40,62	30,0655704	126,3	1,2	FEBRERO	70,7
MARZO	48,125	51,3828035	191,3	5,1	MARZO	99,5
ABRIL	41,455	20,6270001	92,7	4,1	ABRIL	62,1
MAYO	27,815	17,2786535	56,2	3,2	MAYO	45,1
JUNIO	4,99	6,55678837	20,7	0	JUNIO	11,5
JULIO	0,075	0,20228953	0,8	0	JULIO	0,3
AGOSTO	1,75	3,73722385	14,2	0	AGOSTO	5,5
SEPTIEMBRE	24,56	21,7660141	70,6	0	SEPTIEMBRE	46,3
OCTUBRE	36,61	24,6929971	106,6	7,7	OCTUBRE	61,3
NOVIEMBRE	56,935	36,7683399	158,8	6,8	NOVIEMBRE	93,6
DICIEMBRE	41,35	43,1087425	184,4	0,6	DICIEMBRE	84,5

Tabla 6

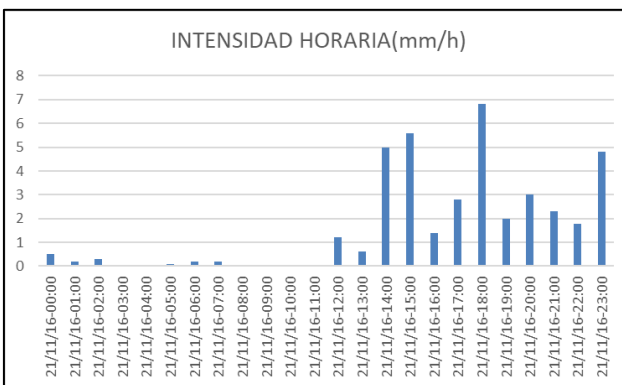
Tabla 7

➤ Valores extremos de precipitación

Se representa mediante unas tablas Excel los días de mayor precipitación con sus intensidades de cada hora procedentes de la plataforma S.A.I.H. (Sistema Automático de Información Hidrológica) del Guadalquivir, días de mayor precipitación en las tablas del Anexo de Climatología de los datos de la AEMET.

FECHA	INTENSIDAD HORARIA(mm/h)
21/11/16-00:00	0,5
21/11/16-01:00	0,2
21/11/16-02:00	0,3
21/11/16-03:00	0
21/11/16-04:00	0
21/11/16-05:00	0,1
21/11/16-06:00	0,2
21/11/16-07:00	0,2
21/11/16-08:00	0
21/11/16-09:00	0
21/11/16-10:00	0
21/11/16-11:00	0
21/11/16-12:00	1,2
21/11/16-13:00	0,6
21/11/16-14:00	5
21/11/16-15:00	5,59
21/11/16-16:00	1,39
21/11/16-17:00	2,79
21/11/16-18:00	6,8
21/11/16-19:00	2
21/11/16-20:00	3
21/11/16-21:00	2,29
21/11/16-22:00	1,79
21/11/16-23:00	4,8

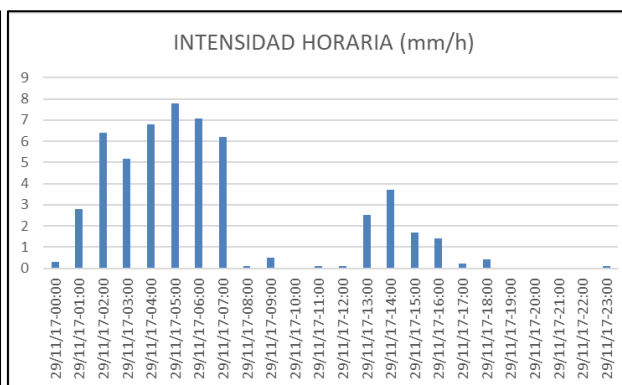
Tabla 8



Gráfica 5

FECHA	INTENSIDAD HORARIA (mm/h)
29/11/17-00:00	0,3
29/11/17-01:00	2,79
29/11/17-02:00	6,4
29/11/17-03:00	5,19
29/11/17-04:00	6,8
29/11/17-05:00	7,8
29/11/17-06:00	7,09
29/11/17-07:00	6,19
29/11/17-08:00	0,1
29/11/17-09:00	0,5
29/11/17-10:00	0
29/11/17-11:00	0,1
29/11/17-12:00	0,1
29/11/17-13:00	2,5
29/11/17-14:00	3,7
29/11/17-15:00	1,7
29/11/17-16:00	1,39
29/11/17-17:00	0,2
29/11/17-18:00	0,4
29/11/17-19:00	0
29/11/17-20:00	0
29/11/17-21:00	0
29/11/17-22:00	0
29/11/17-23:00	0,1

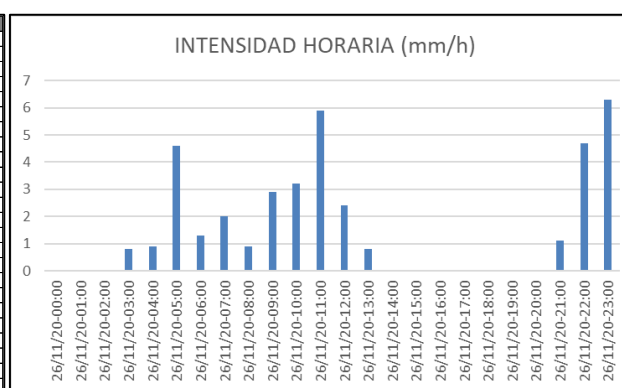
Tabla 9



Gráfica 6

FECHA	INTENSIDAD HORARIA (mm/h)
26/11/20-00:00	0
26/11/20-01:00	0
26/11/20-02:00	0
26/11/20-03:00	0,8
26/11/20-04:00	0,89
26/11/20-05:00	4,59
26/11/20-06:00	1,29
26/11/20-07:00	2
26/11/20-08:00	0,89
26/11/20-09:00	2,9
26/11/20-10:00	3,2
26/11/20-11:00	5,9
26/11/20-12:00	2,4
26/11/20-13:00	0,8
26/11/20-14:00	0
26/11/20-15:00	0
26/11/20-16:00	0
26/11/20-17:00	0
26/11/20-18:00	0
26/11/20-19:00	0
26/11/20-20:00	0
26/11/20-21:00	1,1
26/11/20-22:00	4,69
26/11/20-23:00	6,3

Tabla 10



Gráfica 7

Conclusión: tras 20 años de estudio, se concluye que la mayor precipitación en 1 hora es igual a 7.8 mm, datada desde las 5 a.m. a las 6 a.m. del 29/11/2017. Además, este día resulta el más lluvioso del periodo de estudio con una concentración de 40 mm en 6 horas.

La siguiente mayor precipitación será de 6.8 mm en una hora el 21/11/2016 de 6 p.m. a 7 p.m.

5.2 Cálculo de caudales

5.2.1 Estudio del terreno y necesidades de riego en el olivar

5.2.1.1 Estudio del terreno

➤ Clasificación agronómica del suelo

Para esta clasificación se ha consultado el proyecto Evaluación del Catálogo de Andalucía en Escenarios de Cambio Climático, en el que se expone una clasificación de todas las comarcas naturales de Andalucía y una clasificación de la FAO de tipo de suelo para estas comarcas. [6]

Se trata de suelos pertenecientes, según la clasificación de la FAO, al grupo de los Regosoles gleycos que se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina, sus propiedades gleicas con un decremento importante por saturación de sábana de agua proveniente del nivel freático de la zona.

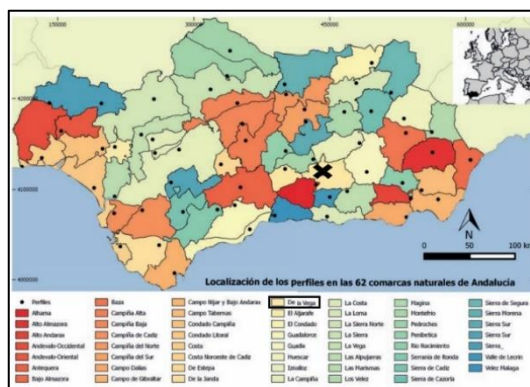


Imagen 15. Comarcas naturales de Andalucía

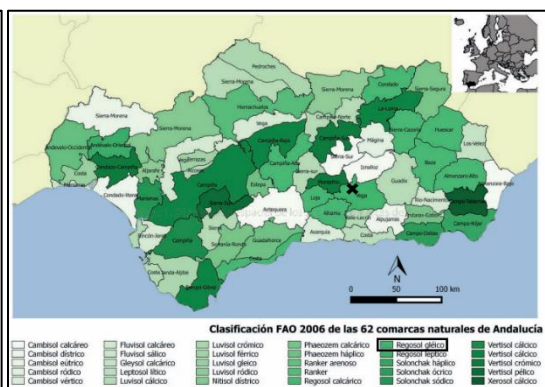


Imagen 16. Clasificación de suelos FAO



Imagen 17

➤ Tipo de cultivo

Se expone la Imagen 18 y la Imagen 19 en la que a través de una ortofoto de máxima actualidad se pueden visualizar el tipo cultivo de la zona.



Imagen 18



Imagen 19

Se puede asegurar que predominan los **olivos** tanto en la subcuenca de drenaje como en las parcelas de estudio.

En dichas parcelas se practican también otro tipo de cultivos como hortalizas en la Imagen 9 u otros arboles como higueras o membrillos.



Imagen 20



Imagen 21

-Infiltración

Las parcelas y la cuenca de estudio se encuentran en un **acuífero detrítico**, color marrón más claro. Este tipo de acuíferos suele ser poco permeables, es decir compuesto de materiales arcillosos.



Imagen 22. Tipos de acuíferos

5.2.1.2 Necesidades de riego en el olivar

- Diseño agronómico

El diseño agronómico es fundamental a la hora de poder ubicar la balsa del proyecto en base a las necesidades que van a existir.

Esta información se apoya en la *Programación de riegos en olivar* de la Junta de Andalucía. Previamente se va a definir la Evapotranspiración de referencia **ETo**:

1. La **Eto** cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera y corresponde a la evapotranspiración de una pradera de gramíneas que cubre totalmente el suelo y que se mantiene, con una altura entre 10 y 15 cm, que crece sin limitaciones de ningún tipo.

$ETo = 0,0023 \times Ra \times (Tm + 17,8) \times (Tmx - Tmin)^{1/2}$												
donde ETo es la evapotranspiración de referencia en mm/día; Tmx , Tmin y Tm son las temperaturas medias (°C) de las máximas, las mínimas y las medias durante el período considerado, Ra es la radiación extraterrestre, expresada en mm/día, parámetro que para los distintos días, meses y latitudes, está tabulado.												
LATITUD	MES											
Ra (mm/día)	E	F	M	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D
32° N	8,3	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8
36° N	7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6
40° N	6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7
44° N	5,3	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7

Imagen 24. Evapotrans. de referencia

Se usan los datos de radiación de la Imagen 11 y se aplican junto a los datos de temperatura para obtener la **Eto** mensual en la Tabla 11:

	Ra (mm/día)	Tm	Tmax	Tmin	Eto (mm/día)	ETo mensual (mm)
ENERO	7,4	6,7	20,7	-4	2,072402544	64,24447886
FEBRERO	9,4	9,1	22,5	-1,6	2,855068227	79,94191035
MARZO	12,1	11,5	27,23	-1,1	4,340143749	134,5444562
ABRIL	14,7	14,3	32,7	2,6	5,954337549	178,6301265
MAYO	16,4	18,4	34,3	5,6	7,315115757	226,7685885
JUNIO	17,2	24,2	39,1	10,1	8,94755903	268,4267709
JULIO	16,7	27,2	41,1	13,5	9,080533437	281,4965366
AGOSTO	15,4	26,6	41,3	13,1	8,351338386	258,89149
SEPTIEMBRE	13,1	21,8	37	9,7	6,234126939	187,0238082
OCTUBRE	10,6	16,9	32	4,5	4,436388011	137,5280283
NOVIEMBRE	8	10,9	25	-0,5	2,666673284	80,00019852
DICIEMBRE	6,6	7,8	20,7	-2,9	1,887851105	58,52338424

Tabla 11

2. El coeficiente de cultivo **K_c**, se sabe sus valores gracias al *Reglamento Específico de Producción Integrada del Olivar, Orgaz y Fereres, 2001*:

	K _c
ENERO	0,5
FEBRERO	0,5
MARZO	0,65
ABRIL	0,65
MAYO	0,65
JUNIO	0,6
JULIO	0,6
AGOSTO	0,6
SEPTIEMBRE	0,6
OCTUBRE	0,65
NOVIEMBRE	0,65
DICIEMBRE	0,5

Tabla 12

3. Coeficiente reductor **K_r**, cuando los olivares no llegan a cubrir más del 50 % de la superficie este coeficiente se ve afectado, como en nuestro caso, el olivo cubre más del 50 % se escoge K_r=1.
4. La evapotranspiración máxima del cultivo **E_{tc}**, viene determinada de la siguiente ecuación:

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r$$

- Necesidades netas de riego

Para el cálculo de las necesidades netas se impondrá que dichas necesidades equivalen a la evapotranspiración del cultivo (E_{tc}).

Para la realización de la siguiente tabla, se parte de la información de la E_{to}, K_c, K_r y E_{tc}, la precipitación y finalmente el balance para saber qué volumen de agua total es necesario de cara a cubicar la balsa.

Para los datos de precipitación se cogen los de la función normalizada con hasta 84% de probabilidad máxima de ocurrencia en el *Anejo de Climatología en la función normalizada de Gauss* según se representa la Tabla 13.

<i>Gauss</i>	Precipitación hasta 84% de probabilidad (mm)
ENERO	66,5
FEBRERO	70,7
MARZO	99,5
ABRIL	62,1
MAYO	45,1
JUNIO	11,5
JULIO	0,3
AGOSTO	5,5
SEPTIEMBRE	46,3
OCTUBRE	61,3
NOVIEMBRE	93,6
DICIEMBRE	84,5

Tabla 13

Así pues, la Etc del cultivo se puede decir que depende del marco de plantación, de la práctica de la poda y de la historia previa del olivar.

Se sabe que $N_n = Etc$, así que se obtiene las necesidades netas mensuales fijadas en la Tabla 14.

	ET _o	K _c	K _r	ET _c
ENERO	64,24447886	0,5	1	32,12223943
FEBRERO	79,94191035	0,5	1	39,97095517
MARZO	134,5444562	0,65	1	87,45389655
ABRIL	178,6301265	0,65	1	116,1095822
MAYO	226,7685885	0,65	1	147,3995825
JUNIO	268,4267709	0,6	1	161,0560625
JULIO	281,4965366	0,6	1	168,8979219
AGOSTO	258,89149	0,6	1	155,334894
SEPTIEMBRE	187,0238082	0,6	1	112,2142849
OCTUBRE	137,5280283	0,65	1	89,39321842
NOVIEMBRE	80,00019852	0,65	1	52,00012904
DICIEMBRE	58,52338424	0,5	1	29,26169212

Tabla 14

- Necesidades totales de riego

Además de las necesidades consuntivas, hay otras cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas producidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo.

Todas las pérdidas de agua se cuantifican en un término denominado eficiencia de aplicación (E_{fa}). Las necesidades totales de riego vienen dadas por la relación:

$$N_t = \frac{N_n}{E_{fa}}$$

Siendo E_{fa} igual 0.92 y de hasta 0.95 en sistema localizados, entonces la necesidad total de riego según la Tabla 15.

	N _n (mm/mes)	E _{fa}	N _t (mm/mes)
ENERO	32,12223943	0,92	34,91547764
FEBRERO	39,97095517	0,92	43,44669041
MARZO	87,45389655	0,92	95,0585832
ABRIL	116,1095822	0,92	126,2060676
MAYO	147,3995825	0,92	160,2169375
JUNIO	161,0560625	0,92	175,0609376
JULIO	168,8979219	0,92	183,5846978
AGOSTO	155,334894	0,92	168,8422761
SEPTIEMBRE	112,2142849	0,92	121,9720488
OCTUBRE	89,39321842	0,92	97,16654177
NOVIEMBRE	52,00012904	0,92	56,52187939
DICIEMBRE	29,26169212	0,92	31,80618709

Tabla 15

- Riego según la C.H.G.

Tras los cálculos obtenidos gracias al documento *Programación para el olivar*, se expone el dato de riego para el olivar obtenido gracias a la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. Las salidas de agua para riego según C.H.G. no pueden ejecutarse con más de 1500 m³ / ha y año, que se repartirá en los 7 meses de mayor necesidad (de Abril a Octubre) teniendo en cuenta que las parcelas de estudio tienen una superficie de 8.44 ha, sale un riego de 12660 m³ repartidos en 7 meses, 1.808,57 m³ al mes, así que este será el valor de riego designado por la Administración.

5.2.2 Subcuenca de estudio con Sistema de Información Geográfica (SIG)

Se analizan las características de la subcuenca de estudio mediante el SIG “QGIS” que con sus distintas herramientas es capaz de obtener una cuenca para un punto en el terreno en concreto el punto más bajo de las parcelas de estudio, que actuará de desagüe de la subcuenca de estudio como se ve representada en la Imagen 12.

En la Imagen 13 se representa los arroyos o cárcavas por donde transcurriría el agua eligiendo el cauce principal que nos dará el aporte de la subcuenca de estudio.

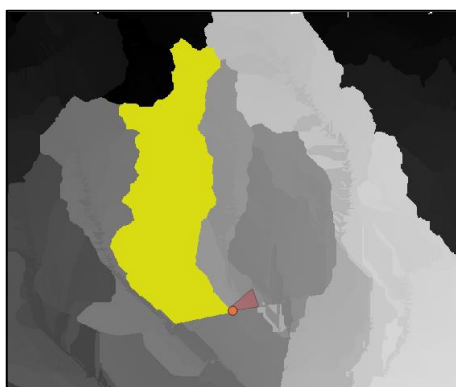


Imagen 25



Imagen 26



Imagen 27

La Imagen 14 representa el mapa de pendientes de la subcuenca de estudio cuya pendiente media es de 7.75%.

Previamente se han juntado dos hojas del Modelo Digital de Elevaciones del IGN la 1009 1-2 y la 1009 1-3. El mapa de dirección de drenaje nos indica hacia donde iría el agua en escorrentía según la elevación.

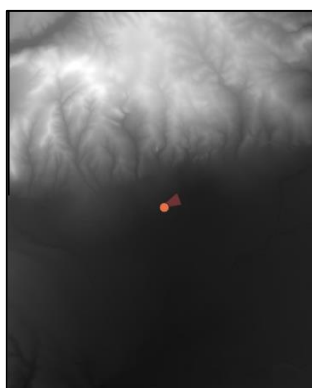


Imagen 28



Imagen 29

5.2.3 Método racional

A continuación, se representa en tablas de Excel el *Método Racional de la norma 5.2. I.C.*, para un punto de desagüe situado en el punto más bajo de las parcelas, el cual considero Obra de Drenaje Transversal (O.D.T.):

1. Consideraciones generales

Primero se define el periodo de retorno T, como el lapso o número de años que en promedio, se cree que será igualado o excedido cualquier evento extremo (lluvia, temperatura, sismo...), es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento.

Para 3 periodos de retorno distintos de 5, 25 y 100 años y una superficie de cuenca igual a 5.18 km².

Se escoge el periodo de retorno de 25 años por no considerarse una obra civil.

Se escoge P= 38 mm/día y un coeficiente de variación de 0.4, del documento *Máximas lluvias diarias en la España peninsular* para nuestra zona de estudio en un mapa de isolíneas.

A esa precipitación diaria se le aplica unos coeficientes como en la Tabla 17.

MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS		
Datos mapas documento máx. lluvias diarias		
Cv	P (mm/día)	Máx. lluvias diarias
0,4	38	
Tabla 7.1 doc. Máx. lluvias diarias		
Y _{T1}	1,289	LEY SQRT-ET max.
Y _{T2}	2,007	
Y _{T3}	2,708	
Precipitación máxima		
P _{d1}	48,98	mm/día
P _{d2}	76,27	mm/día
P _{d3}	102,90	mm/día

Tabla 16

2. Fórmula general de cálculo

El caudal máximo anual en m³/s será:

$$Q = \frac{I(T, tc) * C * A * K_t}{3.6}$$

CAUDAL		
Caudal para drenaje transversal		
Q(T ₁)	5,572	m ³ /s
Q(T ₂)	8,676	m ³ /s
Q(T ₃)	11,707	m ³ /s

Tabla 17

2.1 Intensidad de precipitación ($I(T,tc)$)

Es la intensidad correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero t , a emplear en la estimación de caudales por el método racional en mm/h:

$$I(T, t) = I_d \times F_{int}$$

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN $I(T,tc)$		
Factor reductor por área		
K_A	0,95	
Intensidad media diaria corregida		
Id_1	1,94	mm/h
Id_2	3,03	mm/h
Id_3	4,08	mm/h
Factor de intensidad		
$1/I_d$	9	
F_a	6,56	
$F_b(T_1)$	5,51	
$F_b(T_2)$	5,72	
$F_b(T_3)$	5,79	
$F_{int}(T_1)$	6,56	
$F_{int}(T_2)$	6,56	
$F_{int}(T_3)$	6,56	
Intensidad		
$I(T_1,tc)$	12,75	mm/h
$I(T_2,tc)$	19,85	mm/h
$I(T_3,tc)$	26,79	mm/h

Tabla 18

Siendo $I(T, t)=19,85$ mm/h

-Intensidad media diaria de precipitación corregida, Id

Siendo P_d la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T en mm

$$I_d = \frac{P_d \times K_a}{24}$$

Entonces, $I_d = 3.03$ mm/h

-Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca, K_a

Tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie:

$$Si A > 1 \text{ km}^2 ; K_a = 1 - \frac{\log_{10} \times A}{15}$$

Entonces $K_a = 0.953$

-Factor de intensidad, F_{int}

Introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero y del periodo de retorno T .

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

$$F_a = \frac{I_1}{I_d}^{3.5287 - 2.5287 t^{0.1}}$$

$$F_b = K_b \times \frac{I_{IDF}(T, tc)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

-Tiempo de concentración

Es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la subcuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe.

Se tendrá en consideración que nuestra cuenca es principal:

$$t_c = 0.3 \times L_c^{0.76} \times J_c^{-0.19}$$

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN				
Cuenca principal				
L_c	5,213	km	Cota superior	Cota inferior
dif. de cota	0,370	km	915	545
J_c	0,071			m
t_c	1,739	horas		

Tabla 19

2.2 Coeficiente de escorrentía

Se define como la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones.

Se coge 0,27 de coeficiente de escorrentía, aunque en el *método simplificado* del apartado 5.4. este coeficiente variará según el mes.

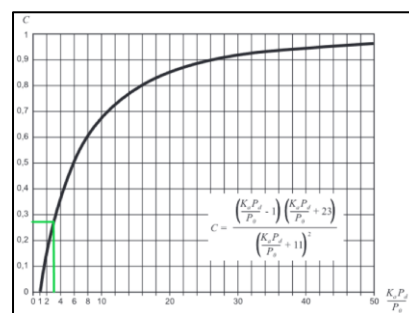


Imagen 30. Coef. escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	
Drenaje transversal	
C_1	0,27
C_2	0,27
C_3	0,27

Tabla 20

-Umbral de escorrentía (P_0)

Representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que inicie la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía.

$$P_0 = P_0^i \times \beta$$

$P_0 = 32.19$ mm.

-Valor inicial del umbral de escorrentía (Poi)

Se define a partir de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, o en la tabla 2.3 de la norma 5.2. I.C. sino disponemos de lo anterior:

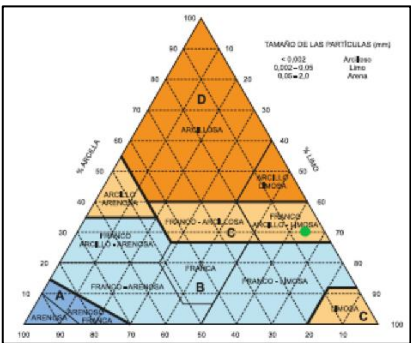


Imagen 31

22300	Oliveros	≥ 3	62	28	15	10
22300	Oliveros	< 3	75	34	19	14
22310	Oliveros en secano	≥ 3	62	28	15	10
22310	Oliveros en secano	< 3	75	34	19	14
22320	Oliveros en regadío	≥ 3	62	28	15	10
22320	Oliveros en regadío	< 3	75	34	19	14

Imagen 32

UMBRAL DE ESCORRENTÍA (P ₀)	
Poi	
	Uso suelo
P ₀ Valor inicial umbral	15
Área (km ²)	5,18

Tabla 21

-Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para β DT:

Es el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza al 50 %, por un factor dependiente del periodo de retorno Ft:

Nos encontramos en la región 53.



Imagen 33

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F _T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56

Imagen 34

COEFICIENTE CORRECTOR UMBRAL DE ESCORRENTÍA	
Valor medio en la región	
β_m	2,1
Factor función de T	
F _{T1}	0,87
F _{T2}	1,16
F _{T3}	1,38
Desviación respecto al valor medio	
Δ_{50}	0,25

Tabla 22

Coeficiente drenaje transversal	
β^{DT}_1	1,610
β^{DT}_2	2,146
β^{DT}_3	2,553

Tabla 23

2.3 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

Tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación, $K_t=1.12$.

- **Caudal de cálculo**

Por lo tanto, usando el método racional, para un periodo de retorno de 25 años y una precipitación máxima diaria de 38 mm/día, según la localización del entorno determinado gracias al documento de Máximas Precipitaciones de la España Peninsular, da como resultado un caudal de 8,676 m³/segundo.

5.2.4 Método simplificado

Se va a determinar los caudales con la fórmula simplificada $Q=C*I*A$, siendo C (Coeficiente de escorrentía), I (Intensidad) y A (área de la subcuenca).

Se requiere una estimación de las lluvias más medias

Sin embargo, cabe destacar que este método no tiene en cuenta el coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación **Kt**, además se requiere una estimación de las lluvias más medias con una intensidad menor respecto al Método Racional.

La intensidad se ha obtenido con las precipitaciones normalizadas mensuales obtenidas en el Anejo de Lluvia más frecuente dividiendo estas precipitaciones en tantos números de días al mes de precipitación mayor de 1 mm suponiendo que esta intensidad es la máxima en una hora de un día del mes correspondiente.

En este método se variará el Coeficiente de Escorrentía C, según el mes del año en el que se evalúe, que aumentará en época estival por estar el suelo más seco y por lo tanto menos permeable como se establece en la Tabla 24.

	C	I(mm/h)	A(km ²)	Q(m ³ /s)
ENERO	0,22	6,65	5,18	2,11
FEBRERO	0,22	6,43	5,18	2,03
MARZO	0,22	6,63	5,18	2,10
ABRIL	0,24	6,90	5,18	2,38
MAYO	0,24	5,64	5,18	1,95
JUNIO	0,27	0,00	5,18	0,00
JULIO	0,27	0,00	5,18	0,00
AGOSTO	0,27	0,00	5,18	0,00
SEPTIEMBRE	0,24	0,00	5,18	0,00
OCTUBRE	0,22	6,81	5,18	2,16
NOVIEMBRE	0,22	6,24	5,18	1,98
DICIEMBRE	0,22	6,50	5,18	2,06

Tabla 24

5.2.5 Comparación entre métodos

Es obvio que el método racional mayorará el caudal con el factor Kt y la intensidad determinada como máxima según el documento *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*.

Es por ello que se escogerá unas lluvias medias con el fin de no sobredimensionar la balsa.

5.3 Cálculo de volúmenes con Método Simplificado

En este apartado se pretende determinar el volumen generado en la superficie de la subcuenca de estudio a partir del caudal de los dos métodos anteriores.

Se obtiene sabiendo el caudal obtenido anteriormente y el tiempo de concentración de la subcuenca de estudio.

Se obtiene el riego del cultivo del olivar, sabiendo que el consumo del olivar es de unos 1500 m³/ha al año y hay 8.44 ha de superficie en las parcelas de olivo. Se separa en 7 meses de riego (de Abril a Octubre), meses necesarios el riego, 1.808,57 m³/mes como se observa en la tabla 26.

	Q(m ³ /s)	Duración (s)	V (m ³)
ENERO	2,10509444	3600	7578,34
FEBRERO	2,03458889	3600	7324,52
MARZO	2,09981852	3600	7559,34667
ABRIL	2,3828	3600	8578,08
MAYO	1,94681667	3600	7008,54
JUNIO	0	3600	0
JULIO	0	3600	0
AGOSTO	0	3600	0
SEPTIEMBRE	0	3600	0
OCTUBRE	2,15609506	3600	7761,94222
NOVIEMBRE	1,97530667	3600	7111,104
DICIEMBRE	2,05761111	3600	7407,4

Tabla 25

Primero, se obtiene el riego del cultivo del olivar, sabiendo que el consumo del olivar es de unos 1500 m³/ha al año y hay 8.44 ha de superficie en las parcelas de olivo. Se separa en 7 meses de riego (de Marzo a Septiembre), meses para los que son necesarios el riego, 1871 m³/mes como se observa en la tabla 26.

	Riego (m ³)
ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	0
ABRIL	1810
MAYO	1810
JUNIO	1810
JULIO	1810
AGOSTO	1810
SEPTIEMBRE	1810
OCTUBRE	1810
NOVIEMBRE	0
DICIEMBRE	0

Tabla 26

■ BALANCES DE VOLÚMENES

Se establece en la siguiente tabla el balance de volúmenes en m³:

	Volumen entrante	Volumen de riego	Diferencia	Balances
ENERO	7.578,34		7.578,34	7.578,34
FEBRERO	7.324,52		7.324,52	14.902,86
MARZO	7.559,35		7.559,35	22.462,21
ABRIL	8.578,08	1.810,00	6.768,08	29.230,29
MAYO	7.008,54	1.810,00	5.198,54	34.428,83
JUNIO	0,00	1.810,00	-1.810,00	32.618,83
JULIO	0,00	1.810,00	-1.810,00	30.808,83
AGOSTO	0,00	1.810,00	-1.810,00	28.998,83
SEPTIEMBRE	0,00	1.810,00	-1.810,00	27.188,83
OCTUBRE	7.761,94	1.810,00	5.951,94	33.140,77
NOVIEMBRE	7.111,10		7.111,10	40.251,87
DICIEMBRE	7.407,40		7.407,40	47.659,27

Tabla 27

El balance es muy positivo así que se dispondrá de una balsa no superior a 12000 m³ y el resto de agua se evacuará o bien por el aliviadero o bien por la propia balsa natural previa a la balsa.

5.4 Sistema de captación de agua

5.4.1 Diseño y cálculo de la balsa

Este apartado se basará en *El manual de diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas*, del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente y otros organismos.

5.4.1.1 Criterios generales de diseño

Las balsas están formadas por 2 estructuras fundamentales: el dique de cierre que actúa de contención y el vaso de la balsa.

1. Diseño del dique de cierre

+*Cimentación del dique de cierre*

Es la parte del dique que queda por debajo de la superficie natural del terreno (como mínimo 1 m)

Se debe asegurar: la capacidad portante y resistencia al deslizamiento, la deformabilidad y garantizar la estanqueidad.

+*Cuerpo del dique*

De forma general, hecho con material procedente de las excavaciones

Requisitos: Estabilidad, Integridad e Impermeabilidad

Debe poseer estabilidad frente al agua, la presión intersticial y al sismo e integridad, frente a la erosión interna, externa, estabilidad del talud, desbordamiento y impermeabilidad.

2. Diseño del vaso de la balsa

Debe ser impermeable: por serlo el propio terreno o por colocación de elementos impermeables: arcilla o geosintéticos. Además debe ser drenado y usar en él materiales poco permeables como la arcilla o cualquier malla geosintética para el drenaje.

5.4.1.2 Estudio previo del terreno y materiales

-Objetivos

- Conocer adecuadamente las características del cimientado del dique de cierre y del vaso.
- Especial atención al nivel freático

-Reconocimiento del terreno

- Mapas de suelos en la zona
- Campaña de campo (Calicatas, ensayos de penetración dinámica, sondeos)
- Ensayos de laboratorio

5.4.1.3 Tipología del dique de cierre

Criterio de selección: en función de la existencia o no de materiales impermeables ($k \leq 10^{-5}$ cm/sg) procedentes de la excavación o préstamos próximos.

Se realizará con elemento de impermeabilización externo, dique de cierre homogéneo.

5.4.1.4 Análisis de estabilidad

Se deben contemplar las siguientes situaciones a analizar en la construcción de una balsa:

A) Estabilidad estática

1. Final de construcción.
de la presión intersticial durante el proceso de construcción.
2. Embalse lleno.
3. Rotura del elemento de impermeabilización externo.
4. Desembalse rápido.

B) Estabilidad dinámica

5. Sismo en situación de embalse lleno: “En aquellas zonas cuya aceleración básica (ab) sea igual o superior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad, se debe tener en cuenta el efecto del terremoto en la estabilidad del dique de cierre, mediante el método pseudoestático”.

4. COEFICIENTES DE SEGURIDAD (F. S.) Valores mínimos a adoptar	
Situación de diseño	F. S.
Final de construcción	1,3
Embalse lleno	1,5
Rotura de lámina	1,3
Sismo a embalse lleno	1,3
Desembalse rápido	1,1

Imagen 35

5.4.1.5 Ábacos de dimensionamiento

Los ábacos se han definido realizando cálculos de estabilidad por equilibrio límite, con una sección de cálculo que cumple las siguientes condiciones:

- es homogénea
- los taludes exterior e interior son iguales
- el cimiento se supone del mismo material que el dique
- las dimensiones de la sección considerada en los cálculos son las que se recogen en la tabla:

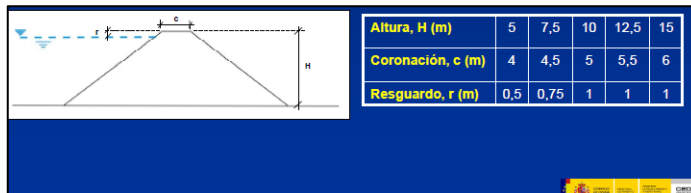


Imagen 36

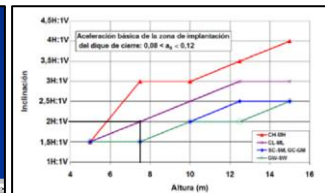


Imagen 37

Así pues, el dique de cierre de la balsa será de 7.5m de altura, 4.5m de coronación y un resguardo igual a 0.75m, con lo que cumplirá de sobra el volumen de recogida de agua para riego.

El ábaco siguiente representa las dimensiones a escoger para evitar el peligro del daño que pueda producir un terremoto:

Nuestro talud tanto interior como exterior será un 2.H:1V. Y sabiendo que estamos en un terreno limo de baja plasticidad, según la recomendación se usan 7,5 metros de altura.

5.4.1.6 Cálculo del sistema previo a la balsa junto a la propia

I. Aliviadero

- Cálculo del caudal de entrada al aliviadero

El caudal que deberá ser capaz de evacuar el aliviadero, será el correspondiente a la máxima precipitación sobre la superficie del embalse.

Es por ello que para estar del lado de la seguridad, supondremos un periodo de retorno de 500 años, a propósito sabiendo el sobredimensionamiento que esto conlleva.

Para España se ha desarrollado la siguiente formulación para estimar la intensidad de precipitación para cualquier intervalo de tiempo (< 24 horas), a partir de la precipitación diaria [4]:

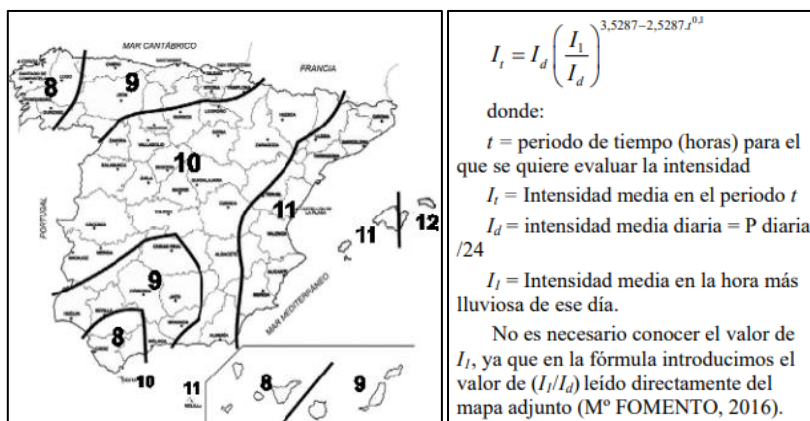


Imagen 38

Imagen 39

Para el cálculo de la precipitación máxima para un periodo de retorno de 500 años se ha utilizado la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”, de la Dirección General de Carreteras. [8]

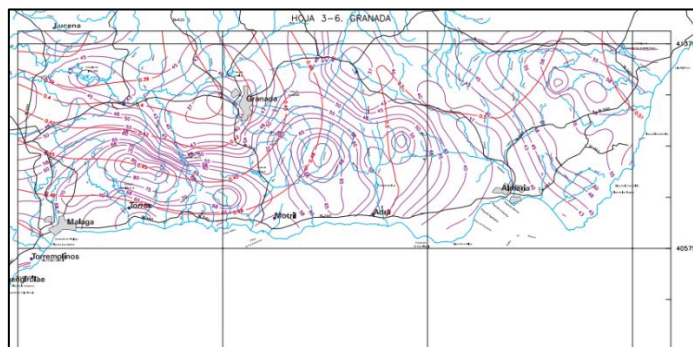


Imagen 40. Mapa de isolíneas de precipitación

El valor medio de la máxima precipitación diaria anual es $P_{\text{máxima}} = 38 \text{ mm/día}$, al que habría que aplicarle un factor $K_{500} = 3.126$ (dependiendo del cuantil $C_v = 0.4$ y del periodo de retorno $T = 500$ años del mapa de isolineas).

$$P_{500} = P_{\text{media}} \times K_{500}$$

$$P_{500} = 38 \times 3.126 = 118.79 \text{ mm/día}$$

$$I_d = P_{500} / 24 \text{ h} = 4.95 \text{ mm/h}$$

$$I_1/I_d = 8.8$$

Por lo tanto:

$$I(t) = I_d \times \frac{I_1}{I_d}^{3.5287 - 2.5287 \cdot t^{0.1}}$$

$$I(t=1 \text{ h}) = 43.56 \text{ mm/h}$$

Sabiendo la superficie de la cuenca, podemos obtener cuanto caudal podría aguantar nuestro aliviadero.

$$\text{Superficie} = 5.18 \text{ km}^2 = 5180000 \text{ m}^2$$

$$Q = 43.56 \text{ l/m}^2\text{h} \times 5180000 \text{ m}^2 = 225641 \text{ m}^3/\text{h} = 62.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal máximo provocado por la superficie de la cuenca, al que aplicaré un coeficiente de escorrentía de 0.27 por ser la mayoría cultivo de olivos.

$$\text{Así pues, } Q = 16.92 \text{ m}^3/\text{s}$$

Así la fórmula de Rehbock:

$$Q = C_0 \times L \times H^{3/2}$$

- Q: caudal de alivio (m^3/s)
- L: longitud de vertido en metros
- C: coeficiente de descarga
- H: sobrelevación de la lámina de agua en metros

$$Q = 16.92 \text{ m}^3/\text{s} \quad C_0 = m \cdot \sqrt{2g} = 0.40 \sqrt{2g} = 1.77$$

Suponiendo una elevación de agua $H = 1 \text{ m}$, tendremos una **longitud de vertido** de unos 10 metros.

II. Canal de piedra

Suponemos que el caudal de descarga es en un canal de geometría rectangular, usamos la Ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

con $n = 0.014$ (coeficiente de rugosidad del hormigón), S pendiente del canal y R_h es el Radio Hidráulico.

El canal en cuestión se dimensiona así:

Altura	0,5	m
Base	1	m
Area	0,5	m ²
Perim Mojado	2	m
Radio Hidrau	0,25	m
Pendiente	0,005	-
Velocidad	2,004396515	m/s
Caudal	1,002198257	m ³ /s

Tabla 28

Sale un caudal superior al calculado previamente, así nos aseguraremos de que es capaz de soportarlo, es decir, lo sobredimensionamos del lado de la seguridad.

Antes de entrar en el desarenador el agua de la escorrentía se desbasta pasando por una balsa natural previa.

III. Balsa pequeña previa

Se dispondrá de una balsa de menores dimensiones con función de aliviadero y decantador de materiales granulares en suspensión de las aguas provenientes del canal de piedra anterior. Se realizará de forma manual excavando y se dejará en tierra.

IV. Balsa

-Resguardo

Se denomina resguardo a la diferencia entre la altura de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa (Z_{cor}). El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

a) Resguardo normal (RN): máximo nivel que puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación.

$$RN (m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5r_2$$

b) Resguardo mínimo (Rm): nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero.

$$Rm (m) = Z_{cor} - NME \geq 1,5r_2$$

Se dejará un resguardo mínimo de 0.75m.

5.4.1.7 Impermeabilización

Respecto a las balsas de agua de riego, la impermeabilización cobra cada vez más importancia, sobre todo en aquellos sitios donde no disponen de recursos de agua para destinar a estos fines. Es preciso utilizar impermeabilizantes con ciclos de vida largos.

Y por supuesto, también se debe trabajar con materiales que eviten fisuras por las que escape el agua almacenada.

Se usarán geomembranas de polietileno como frontera límite impermeable.

5.4.1.8 Recomendaciones constructivas

1. Inicio de la obra:

- Replanteo topográfico
- Instalaciones provisionales
- Caminos de acceso y acceso al vaso
 - Definir una buena red de caminos y accesos
 - Buen trazado y plataforma adecuada
 - Dimensiones para el cruce de vehículos y velocidad requerida
 - Equipo de mantenimiento
- Reposición de servicios

2. Movimientos de tierras

- Desbroce y saneo del terreno
- Excavaciones y desmontes
- Formación de terraplenes para los diques de cierre
- Coronación
- Drenajes
- Impermeabilización de taludes interiores
- Protección de taludes exteriores

3. Construcción de dispositivos de entrada y salida de agua

- Conducciones de agua
- Válvulas y conexiones de tuberías
- Dispositivos de entrada de agua
- Aliviaderos
- Otras obras de fábrica y albañilería

4. Varios

- Líneas eléctricas y automatización
- Pruebas de funcionamiento

- Medidas ambientales
- Seguridad y salud

5.4.2 Sistema de tratamiento de agua

Tras la balsa de cálculo, se instalará una tubería que llevará a un sistema de filtro Sigma de mallas autolimpiantes de marca Regaber; el proceso de filtrado es el siguiente: el agua sucia de la balsa pasa por la entrada atravesando las mallas así el agua limpia fluye hasta la salida. La acumulación de suciedad en la malla generará cada vez más presión hasta que salte el interruptor de presión diferencial y cuando alcance cierto valor se activará el autolimpiado.

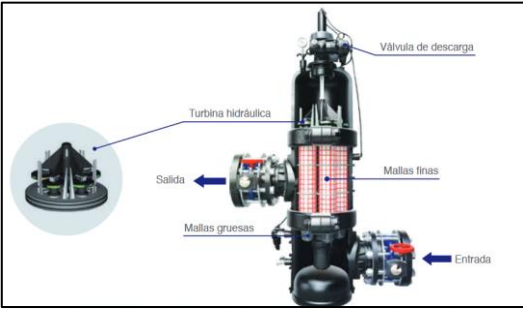


Imagen 41. Mallas autofiltrantes

	4"	6"	8"
Caudales	30-120 m³/h	50-180 m³/h	50-280 m³/h
Diámetro de entrada / salida	100 mm (4")	150 mm (6")	200 mm (8")
Grados de filtración	80 - 500 micras		
Presión operación mínima durante el ciclo de lavado	1,5 bar		
Presión máxima de trabajo	10 bar		

Imagen 42. Caudal y filtración

Los filtros automáticos Sigma están diseñados de forma que ocupen el mínimo espacio y permitan una limpieza eficiente con la mínima energía y agua. Los filtros Sigma Pro con múltiples mallas, están operados por un mecanismo simple compuesto por una turbina hidráulica. Tienen una capacidad de caudal de hasta 280 m3/h (1.232 gpm) y operan en un rango de filtración de 80 – 500 micrones, que traducido al sistema U.S. MESH equivale a entre 200 y 35 respectivamente. Posee una tubería de entrada y salida de diámetro de 200 mm u 8 pulgadas y una presión dentro de las mallas de entre 1.5 y 10 bares.

5.4.3 Sistema de bombeo

Del sistema de filtrado anterior el agua, ya limpia, pasa a un sistema de bombeo compuesto por una bomba horizontal y una tubería que atraviesa la parcela en diagonal y que posteriormente suministrará agua ayudándose de la gravedad y caballones que forma el propio cultivo.



Imagen 43. Sistema de bombeo y riego

Antes de comenzar, se va a definir la ecuación de la energía para una bomba de un sistema de bombeo, para determinar la altura de agua que salvará la bomba llevando el agua de la balsa del punto de menor cota al de mayor de las parcelas de estudio.

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + h_{bomba} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_r$$

Siendo los valores: $z_1=545$ metros, $z_2=550$ metros y h_r como la pérdida por carga de la conducción de tuberías.

El cálculo de h_r se hará con la fórmula de Hazen-Williams, siendo v la velocidad del agua de la tubería que se supone como 1.8 m/s, f el coeficiente de fricción, L longitud de la misma 522 m y D el diámetro de la misma 200 mm.

$$h_r = f \times \left(\frac{L}{D}\right) \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Para averiguar el coeficiente f , se usa la fórmula de Blasius con un numero de Reynolds $Re=5000$:

$$f = 0.3164 \times Re^{-0.25} = 0.0376$$

Entonces una pérdida de carga $h_r = 16.2$ metros.

Así pues, la energía en forma de altura que debe elevar la bomba es $h_{bomba}= 66.2$ metros
Se debe suponer un caudal de agua proveniente de la bomba de 2.51 m3/hora para el tipo de cultivo arbóreo que predomina en el lugar (olivos) y la superficie de 8.44 ha.

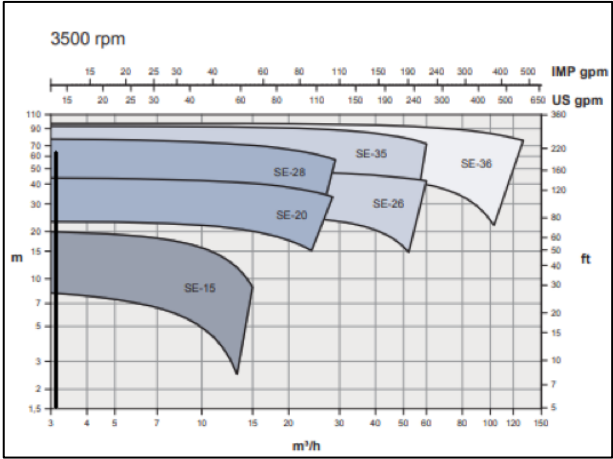
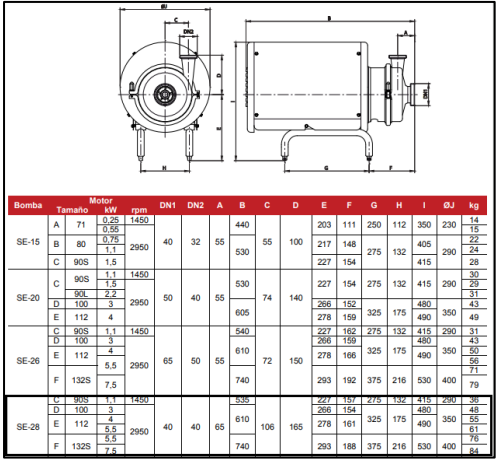


Imagen 44



Bomba	Tamaño	Motor kW	rpm	DN1	DN2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	kg
SE-15	A	71	0.25	1450												14
	B	80	0.75													22
	C	90S	1.1	2950	40	32	55	530	100	203	111	250	112	350	230	15
SE-20	D	100	3													30
	E	112	4													31
	F	132S	5.5	2950	50	40	55	530	140	227	154	275	132	415	290	28
SE-26	G	150	7.5													30
	H	165	11.1	1450												31
	I	180	15													31
SE-28	J	200	22													31
	K	225	30													31
	L	250	37													31
SE-35	M	300	45													31
	N	350	55													31
	O	400	65													31
SE-36	P	450	75													31
	Q	500	90													31
	R	550	105													31

Imagen 45

Se elige la bomba centrífuga de marca INOXPA, modelo SE 28 cuyas características de caudal como de altura de agua en energía cumplen con lo calculado.

6. CONCLUSIONES

Se establece una balsa de 12000 m³ debido a la limitación que supone el riego dictaminado por la administración competente que en este caso C.H.G. por las dimensiones de las parcelas de estudio. Previa a ella se ejecuta un aliviadero y una balsa pequeña natural.

Se ejecuta una tubería hasta un sistema de filtración de aguas SIGMA de mallas autolimpiantes de marca REGABER que lleva a esta a un sistema de bombeo INOXPA modelo SE 28 que llevará el agua tratada de la balsa al punto más alto de las parcelas donde por goteo y gravedad se distribuirá por todo el cultivo de la parcela.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] José Alejandro Ballén Suárez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera. HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA.
- [2] CSIC, Madrid, 1985. LOS ACUEDUCTOS DE ROMA. SEXTO JULIO FRONTINO
- [3] Jan Van Wambeke et. Al. CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe.
- [4] Ministerio de Fomento, 2015. NORMA 5.2-IC de la Instrucción de carreteras, Drenaje superficial:- SERIE NORMATIVAS
- [5] CEDEX, 2009. JORNADA DE PRESENTACION DEL MANUAL DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BALSAS
- [6] María Anaya-Romero et. Al. EVALUACIÓN DEL CATÁLOGO DE SUELOS DE ANDALUCÍA EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.
- [7] Consejería de Agricultura y pesca, M. Pastor et Al. PROGRAMACIÓN DE RIEGOS EN OLIVAR.
- [8] CEDEX. MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

ANEJOS A LA MEMORIA

1	Anejo climatológico	2
1.1	Introducción y situación catastral	2
1.2	Clasificación climática. Atlas Ibérico.	5
1.3	Precipitación y evapotranspiración	7
1.3.1	Precipitación anual	7
1.3.2	Evapotranspiración anual.....	18
1.4	Función normal o Gaussiana de precipitación mensual en 20 años	23
1.5	Otros elementos del clima	27
2	Anejo de fotografías in situ.....	29

1 ANEJO CLIMATOLÓGICO

1.1 Introducción y situación catastral

Las parcelas del estudio técnico se encuentran entre Pinos Puente y Valderrubio, colindando con la línea AVE Antequera-Granada.

Gracias a la página online del Catastro, se obtiene la referencia catastral de cada parcela a estudiar y los datos descriptivos del inmueble, en este caso se hace referencia a las parcelas 8, 26, 25, 21, 9 y 24.

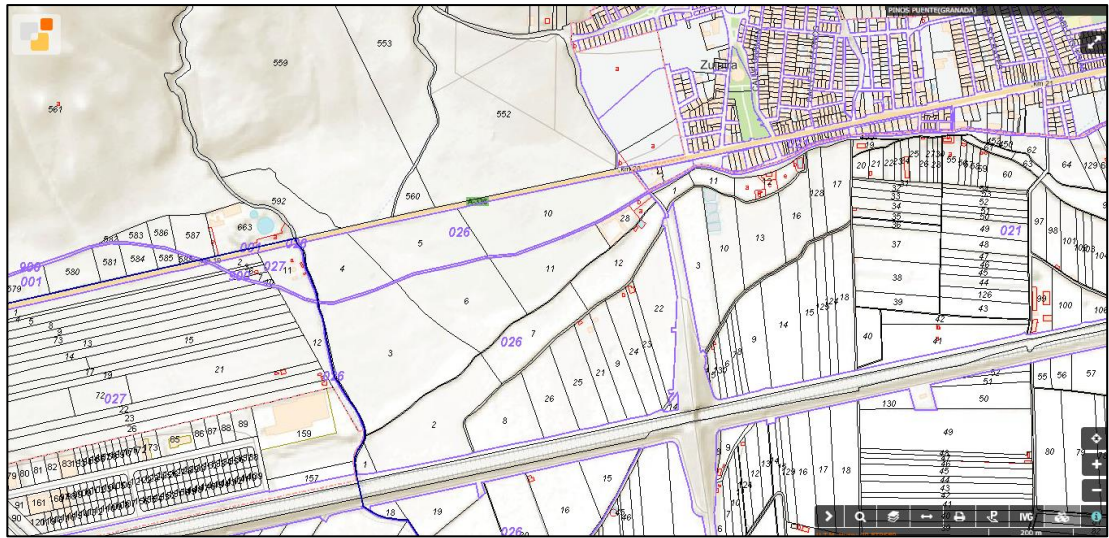
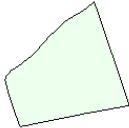
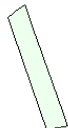
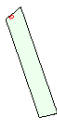
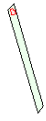
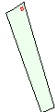
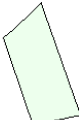


Imagen 1. Parcelas según Catastro

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE
Referencia catastral18161B026000080000YR LocalizaciónPolígono 26 Parcela 8 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) ClaseRústico Uso principalAgrario	Referencia catastral18161B026000090000YD LocalizaciónPolígono 26 Parcela 9 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) ClaseRústico Uso principalAgrario
PARCELA CATASTRAL	PARCELA CATASTRAL
 LocalizaciónPolígono 26 Parcela 8 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica19.872 m²	 LocalizaciónPolígono 26 Parcela 9 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica12.631 m²

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE
Referencia catastral18161B026000210000YZ LocalizaciónPolígono 26 Parcela 21 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) ClaseRústico Uso principalAgrario Superficie construida46 m² Año construcción2013	Referencia catastral18161A026000230000SH LocalizaciónPolígono 26 Parcela 23 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) ClaseRústico Uso principalAgrario Superficie construida185 m² Año construcción2004
PARCELA CATASTRAL	PARCELA CATASTRAL
 Parcela construida sin división horizontal LocalizaciónPolígono 26 Parcela 21 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica10.905 m²	 Parcela construida sin división horizontal LocalizaciónPolígono 26 Parcela 23 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica5.869 m²

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE	DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE
Referencia catastral18161A026000240000SW	Referencia catastral18161A026000260000SB
LocalizaciónPolígono 26 Parcela 24 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA)	LocalizaciónPolígono 26 Parcela 26 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA)
ClaseRústico	ClaseRústico
Uso principalAgrario	Uso principalAgrario
Superficie construida48 m²	
Año construcción2001	
PARCELA CATASTRAL	PARCELA CATASTRAL
 Parcela construida sin división horizontal LocalizaciónPolígono 26 Parcela 24 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica13.560 m²	 LocalizaciónPolígono 26 Parcela 26 LOS MOCHONES. PINOS PUENTE (GRANADA) Superficie gráfica15.619 m²

Las imágenes anteriores se corresponden con cada una de las parcelas de estudio.

1.2 Clasificación climática. Atlas Ibérico.

El clima en España se caracteriza fundamentalmente por los distintos tipos de tiempo y la diversidad climática de la zona.

Este clima resulta de la combinación de factores (geográficos o atmosféricos) y de elementos. Me centraré principalmente en los elementos que representan las propiedades de la atmósfera.

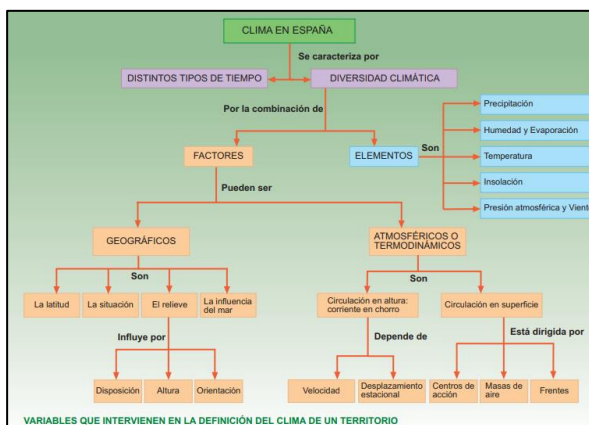


Imagen 2 Clasificación climática en España

Analizo el Atlas Climático Ibérico (1971-2000), en el cual se constituye como un medio de presentar, de forma gráfica, una síntesis de los conocimientos referentes al clima.

En el cual se representa los distintos tipos y características climáticas de España y Portugal.

La información utilizada será la de normales climatológicas (valores medios), se suelen utilizar para clasificar el clima y para determinar ciertas anomalías climáticas de una zona.

-Clasificación climática de Köppen-Geiger

Define diferentes tipos de clima a través de los valores medios mensuales de precipitación y temperatura.

A continuación, se expone una tabla con los valores normales climatológicos de la Estación Meteorológica Granada Aeropuerto de 1981-2010.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	6.5	13.0	0.0	42	72	5.6	0.7	0.2	4.4	16.8	9.8	168
Febrero	8.5	15.4	1.6	38	67	5.9	0.3	0.3	2.6	9.9	7.6	175
Marzo	11.4	19.0	3.8	32	59	4.9	0.0	0.6	1.5	3.8	6.8	223
Abril	13.3	20.6	6.0	36	57	6.2	0.0	0.9	0.9	0.8	5.3	234
Mayo	17.2	25.0	9.4	28	51	4.2	0.0	1.8	0.4	0.1	6.5	288
Junio	22.3	31.0	13.6	11	44	1.7	0.0	1.9	0.1	0.0	13.2	338
Julio	25.3	34.8	15.7	2	38	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	22.3	372
Agosto	24.8	34.2	15.5	4	42	0.6	0.0	1.1	0.1	0.0	19.1	340
Septiembre	21.1	29.4	12.8	19	52	2.8	0.0	1.4	0.3	0.0	9.5	258
Octubre	16.0	23.2	8.7	40	64	5.0	0.0	1.1	1.6	0.2	7.1	210
Noviembre	10.6	17.0	4.2	54	72	6.8	0.1	0.5	3.8	4.8	6.7	163
Diciembre	7.6	13.4	1.7	56	76	7.4	0.1	0.3	5.6	12.4	7.2	146
Año	15.4	23.0	7.8	365	58	52.1	1.0	11.0	21.4	48.5	121.1	2917

Imagen 3. Valores normales climatológicos. Estación Granada-Aeropuerto

Leyenda	
T	Temperatura media mensual/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
H	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol

Imagen 4. Leyenda de Valores

La Estación Meteorológica del Aeropuerto de Granada registra una temperatura media anual de 15.4 °C y una precipitación media acumulada anual de 365 mm.

En la siguiente figura se representa la Clasificación Climática de Köppen-Geiger para la Península Ibérica y Baleares.

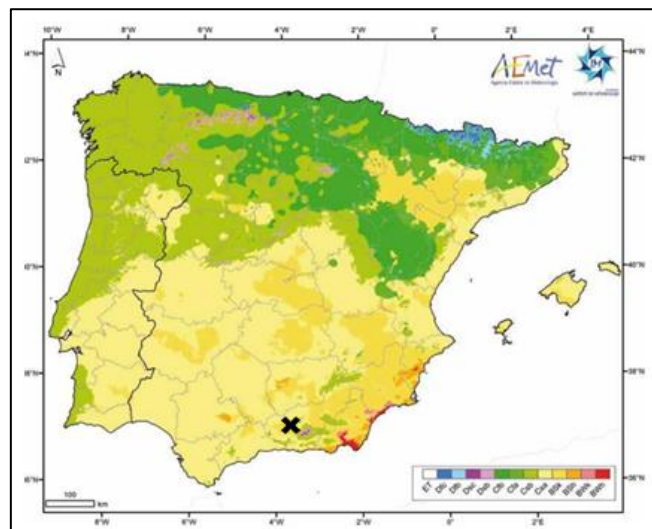


Imagen 5. Clasificación climática de Köppen-Geiger

Tras analizarla puedo concluir que el clima de nuestra zona será un Clima Seco- Tipo B, subtipo BSk (estepa fría) al estar la media de temperatura anual menor a 18 °C.

1.3 Precipitación y evapotranspiración

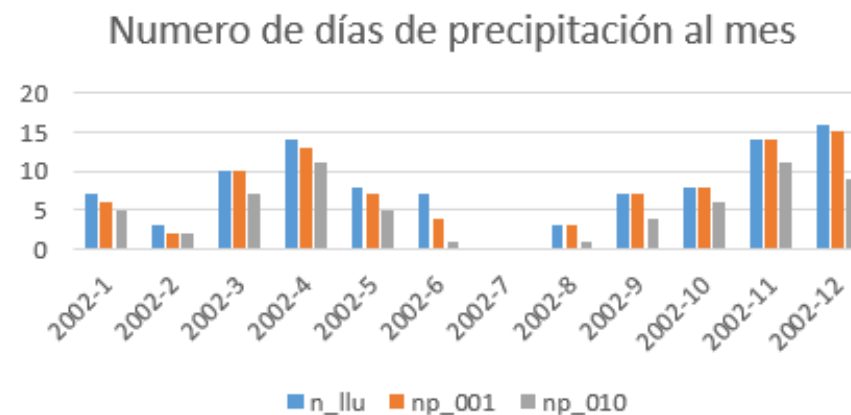
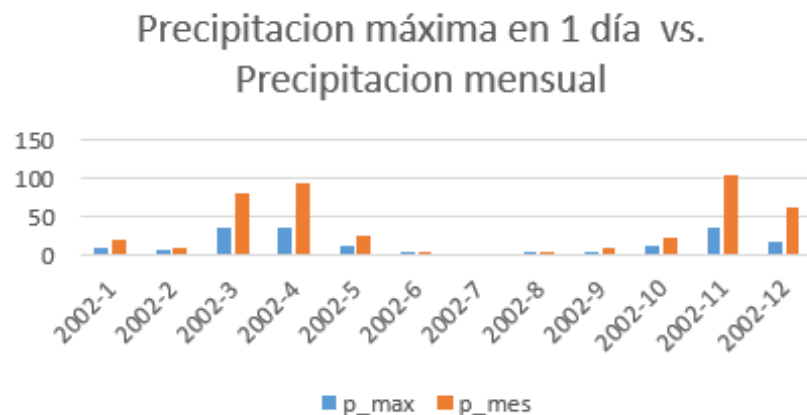
1.3.1 Precipitación anual

Los datos de las gráficas siguientes se obtuvieron de la página de la AEMET.

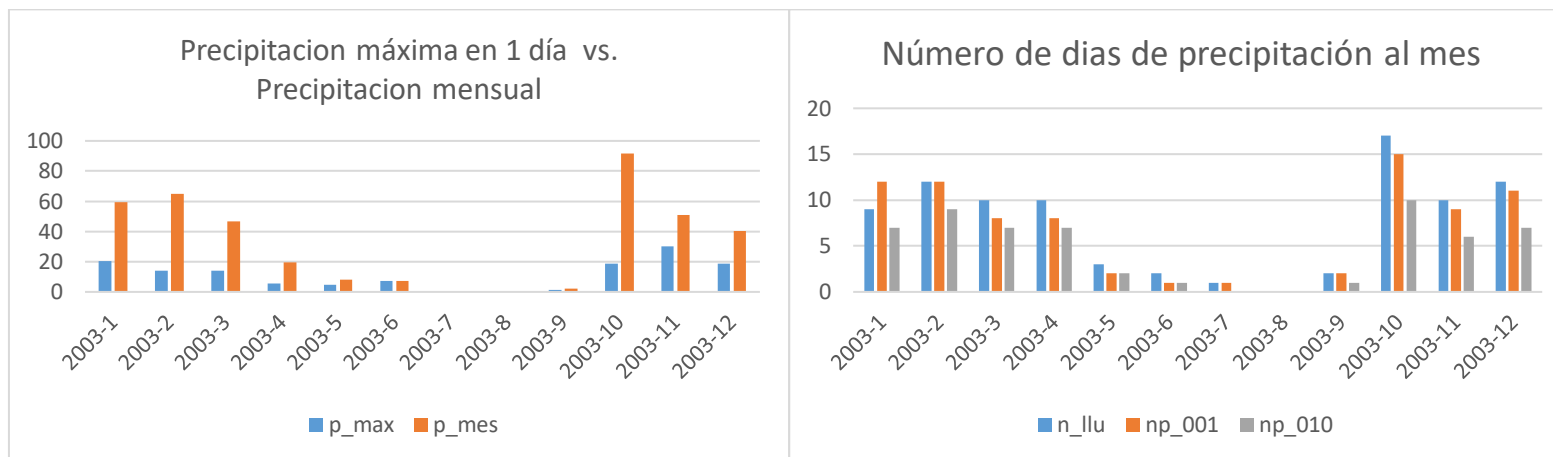
Las gráficas de la parte izquierda poseen dos variables: **p_max** (representa la mayor precipitación en 1 día en el mes/año en cuestión) y **p_mes** (la precipitación total en el mes/año en cuestión).

Las gráficas de la parte derecha poseen tres variables: **n_ll** (número de días de lluvia en el mes), **np_001** (número de días de precipitación apreciable ($\geq 0,1$ mm) en el mes/año) y **np_010** (número de días de precipitación apreciable (≥ 1 mm) en el mes/año).

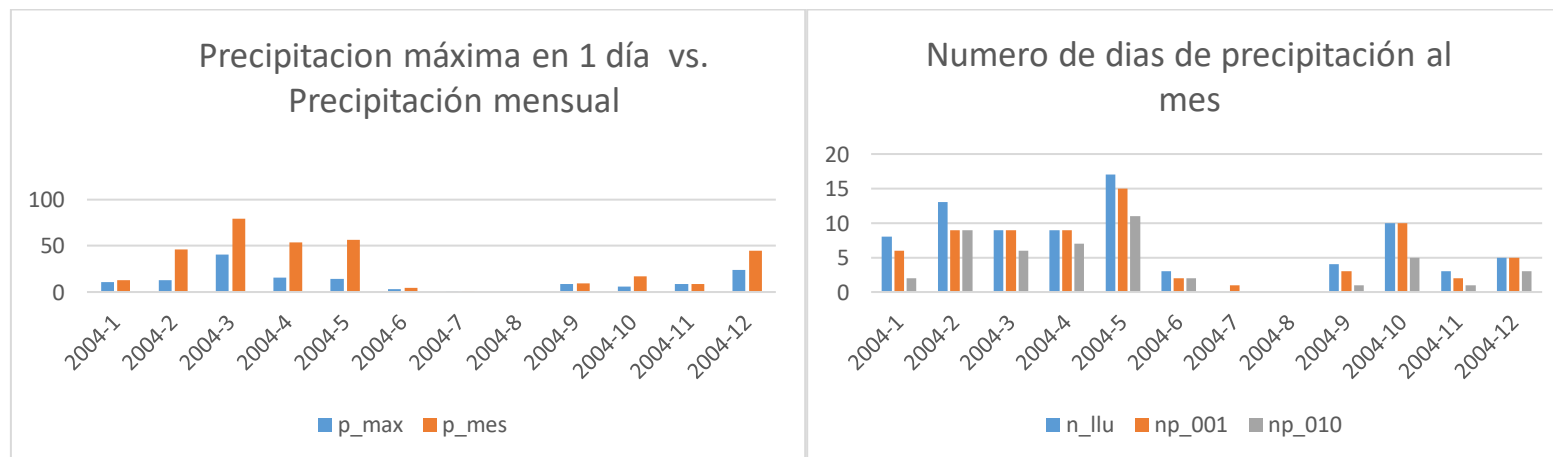
*Año 2002



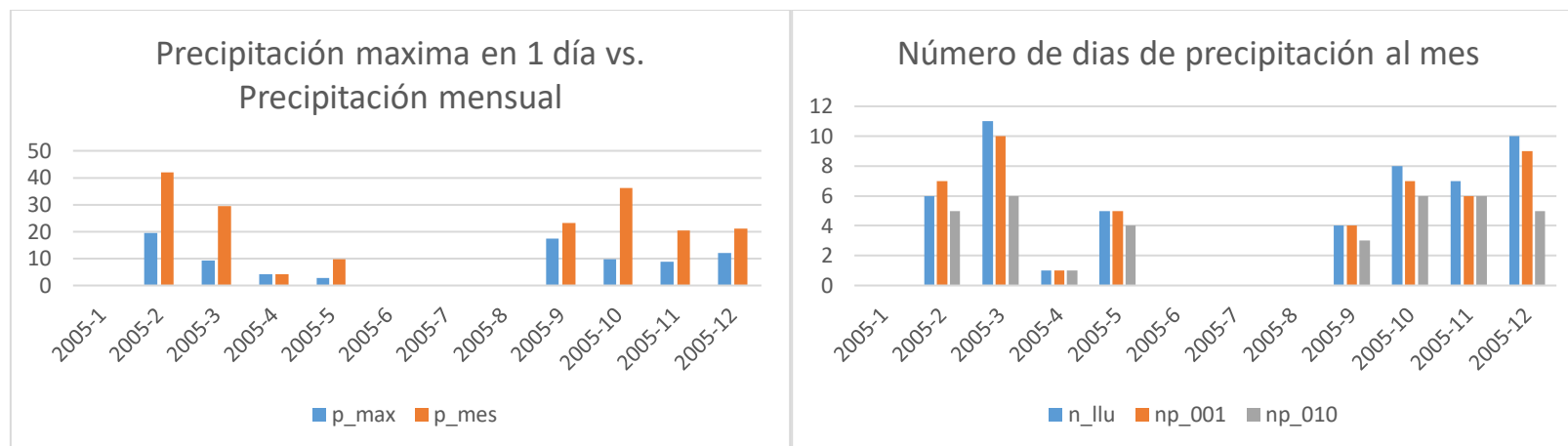
*Año 2003



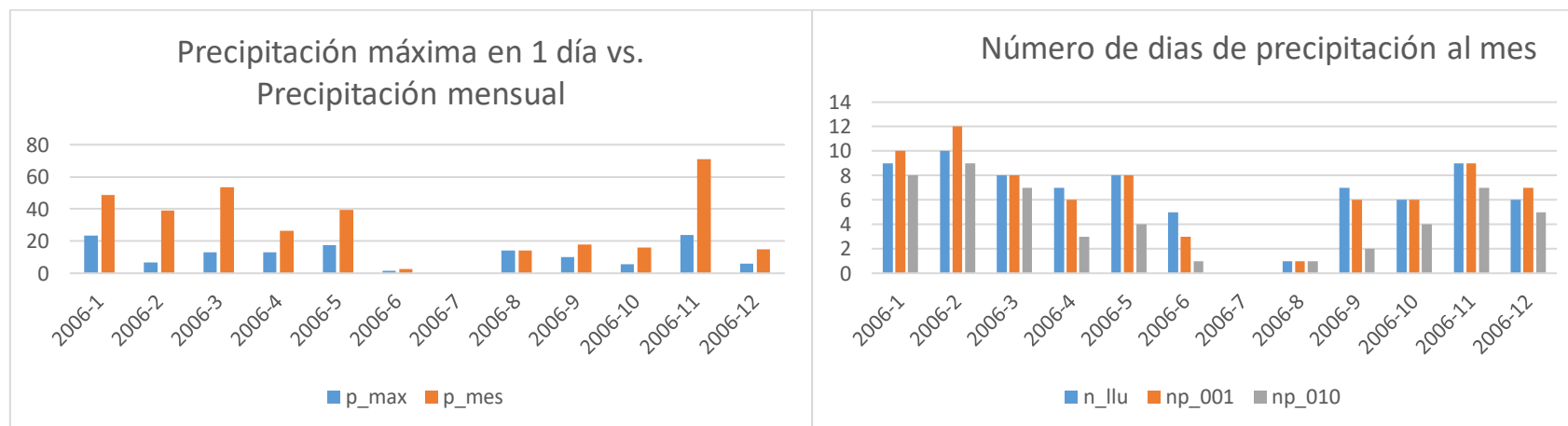
*Año 2004



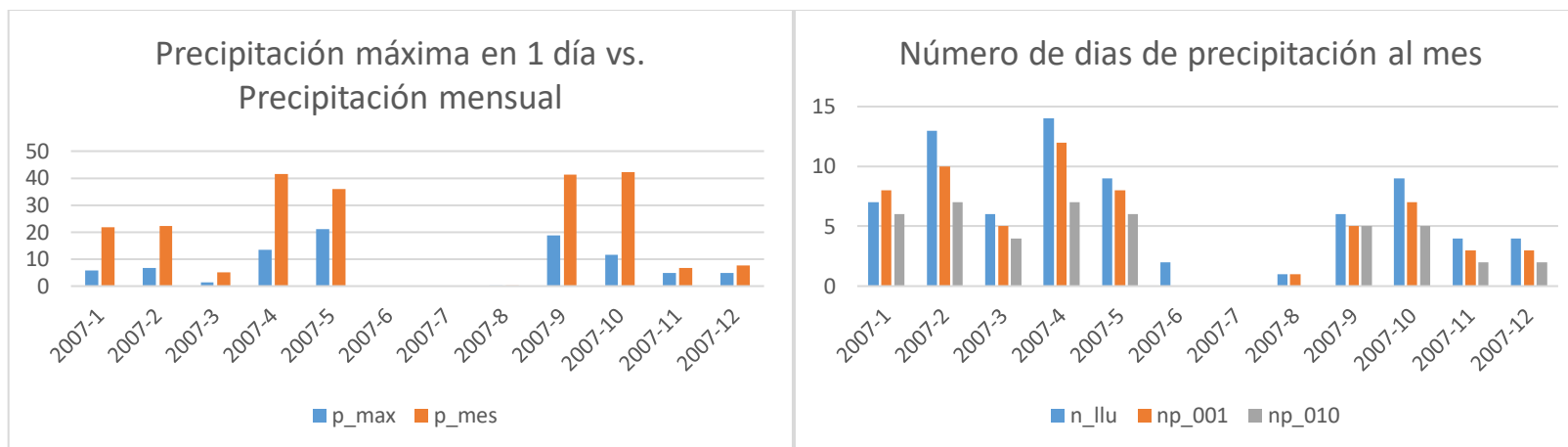
*Año 2005



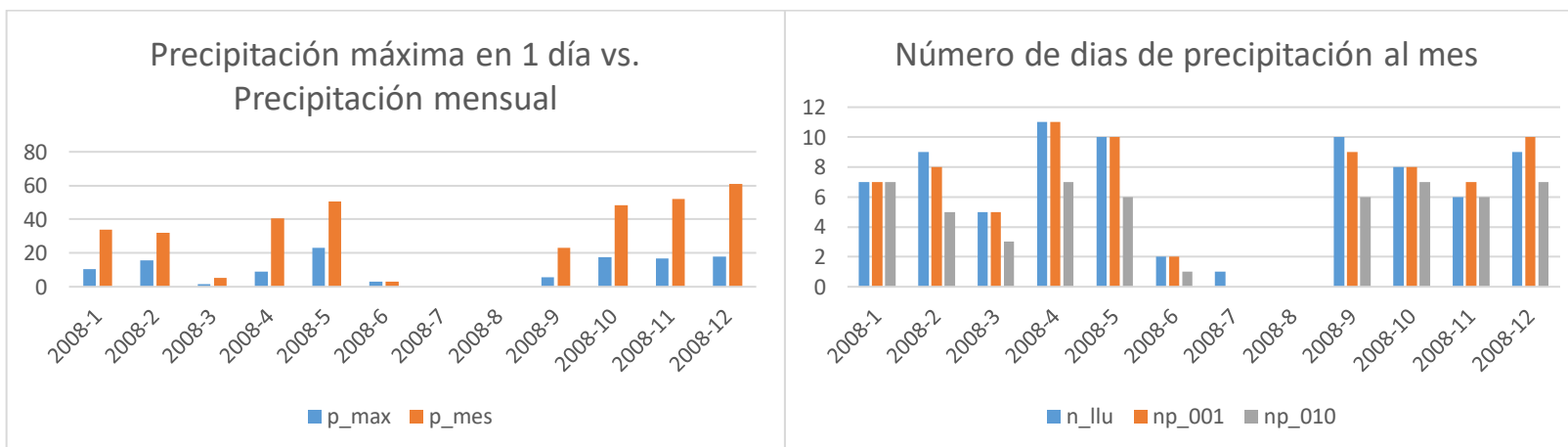
*Año 2006



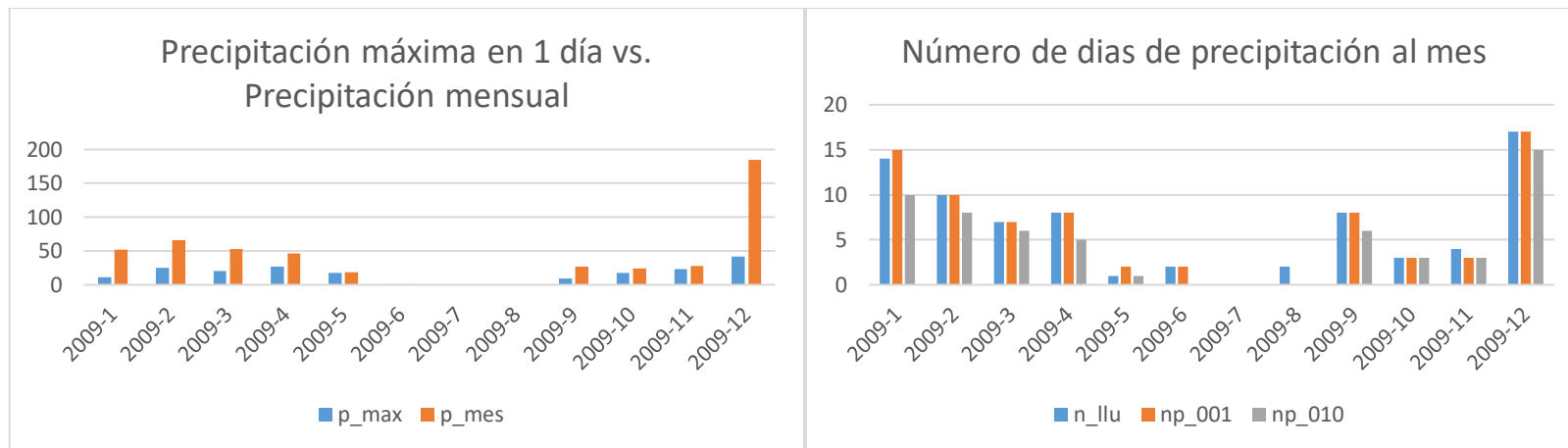
*Año 2007



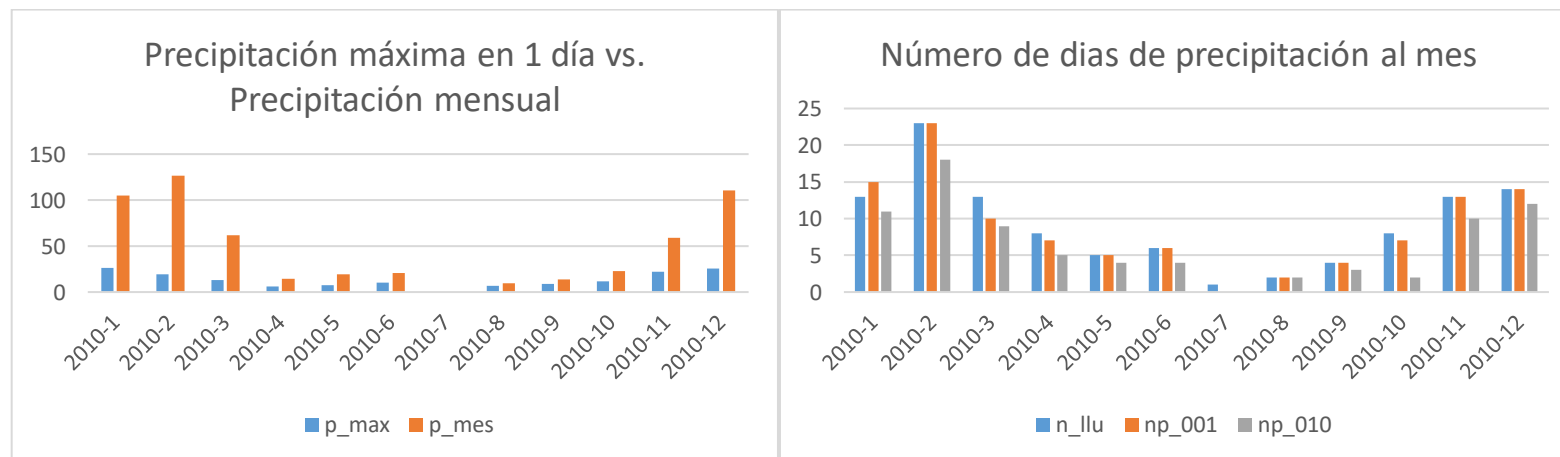
*Año 2008



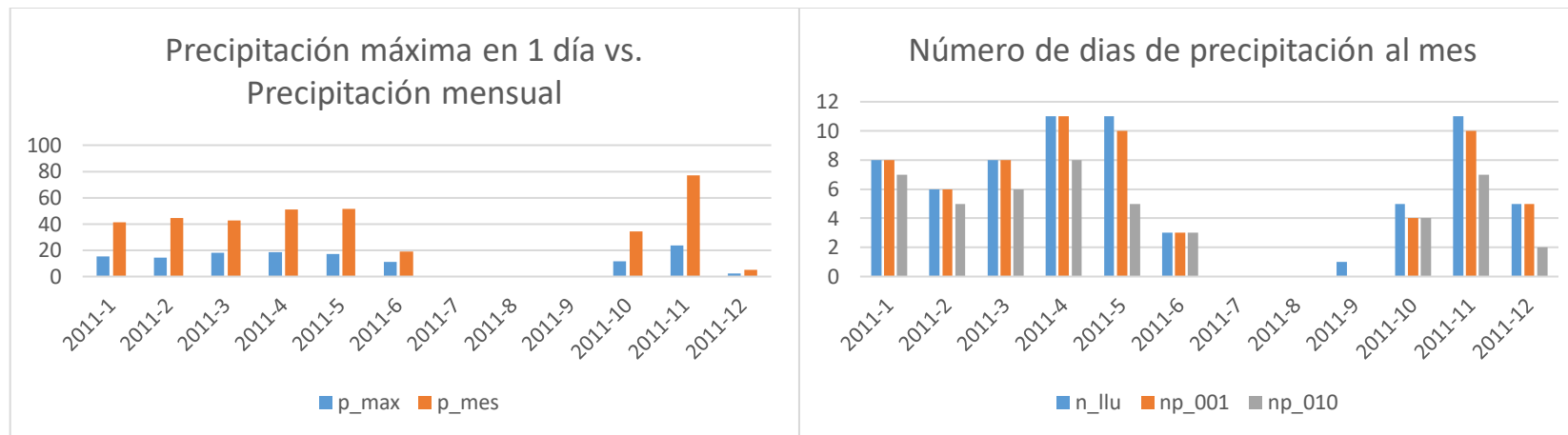
*Año 2009



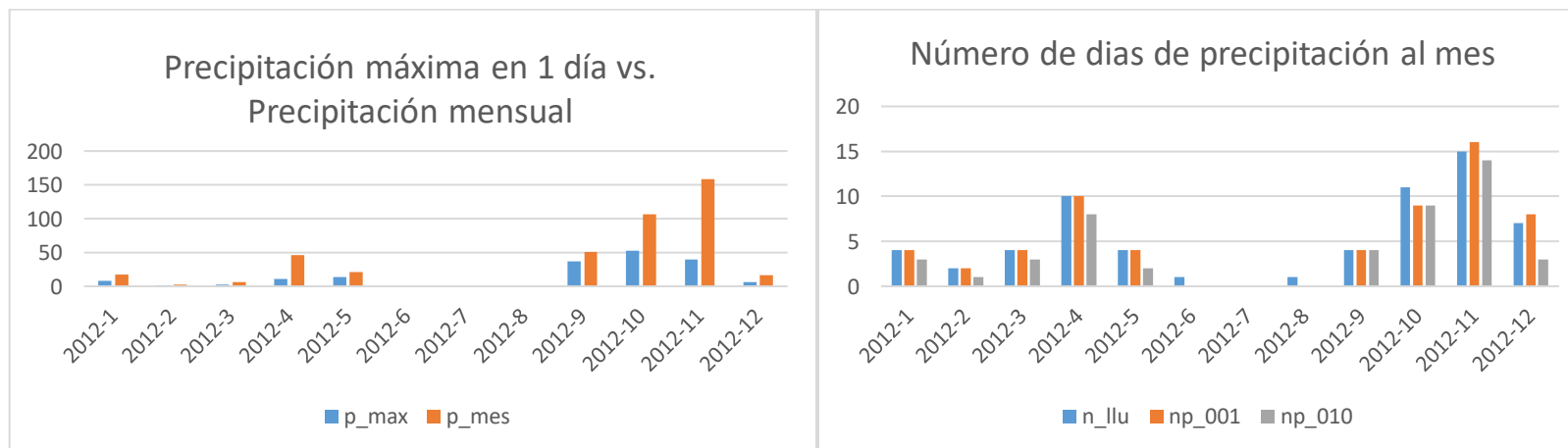
*Año 2010



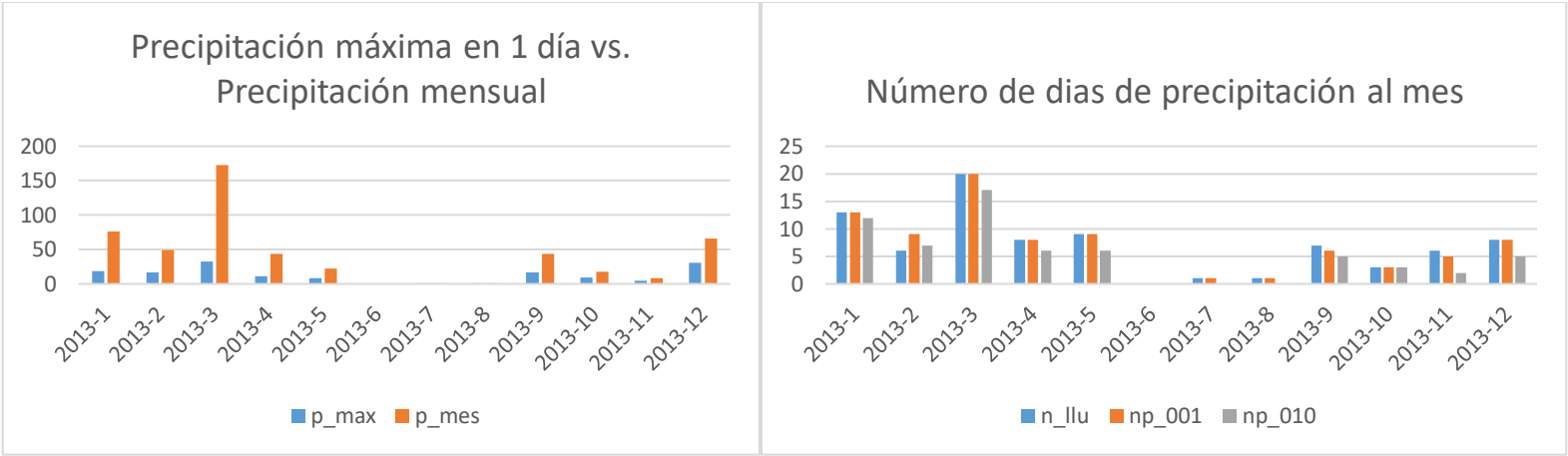
*Año 2011



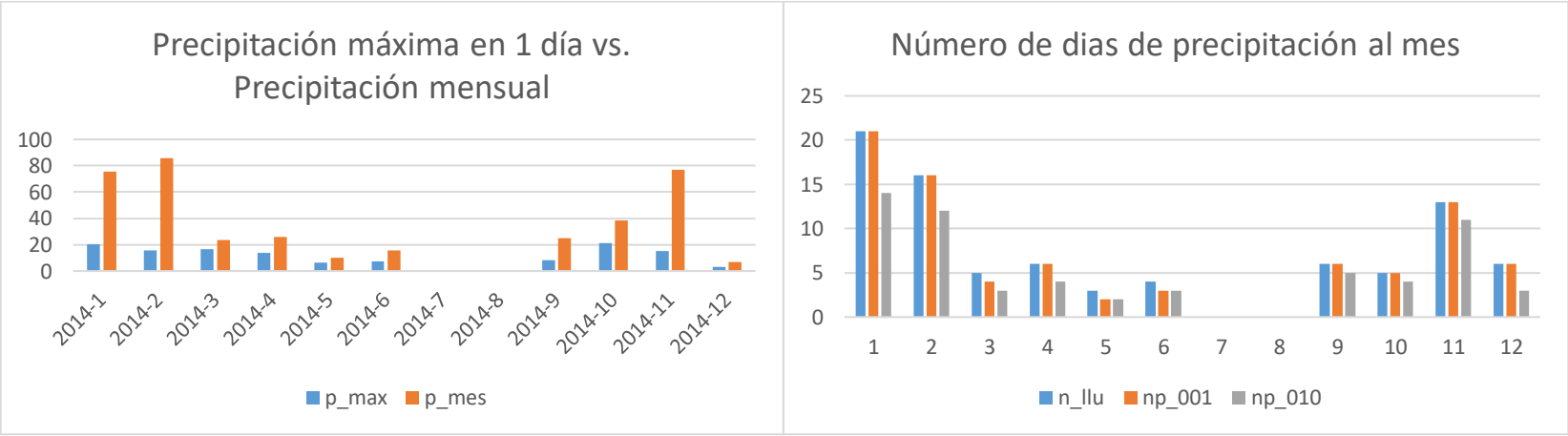
*Año 2012



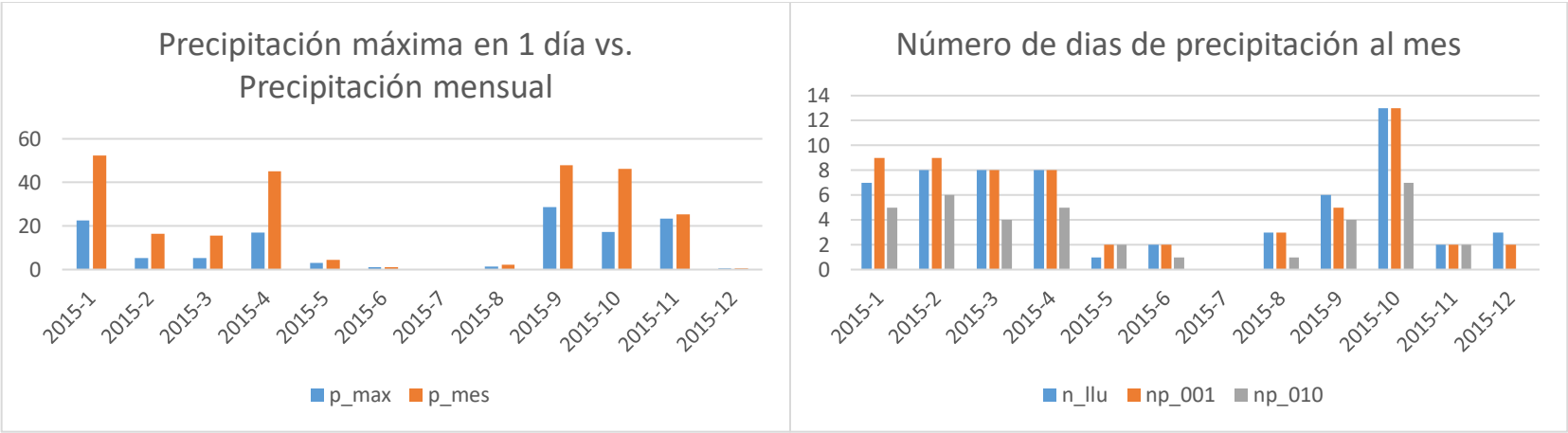
*Año 2013



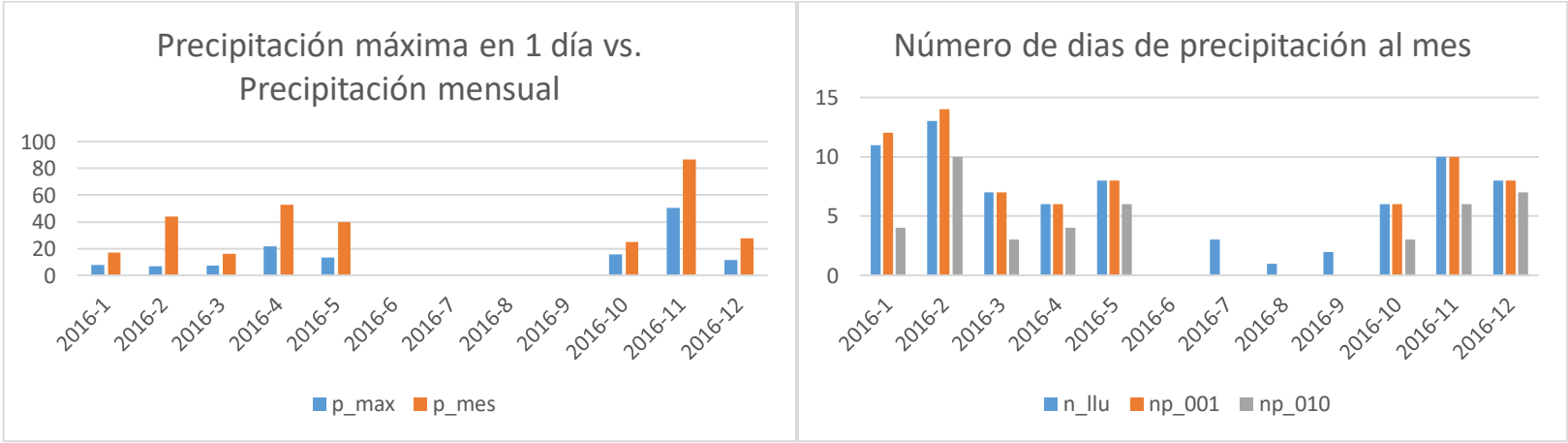
*Año 2014



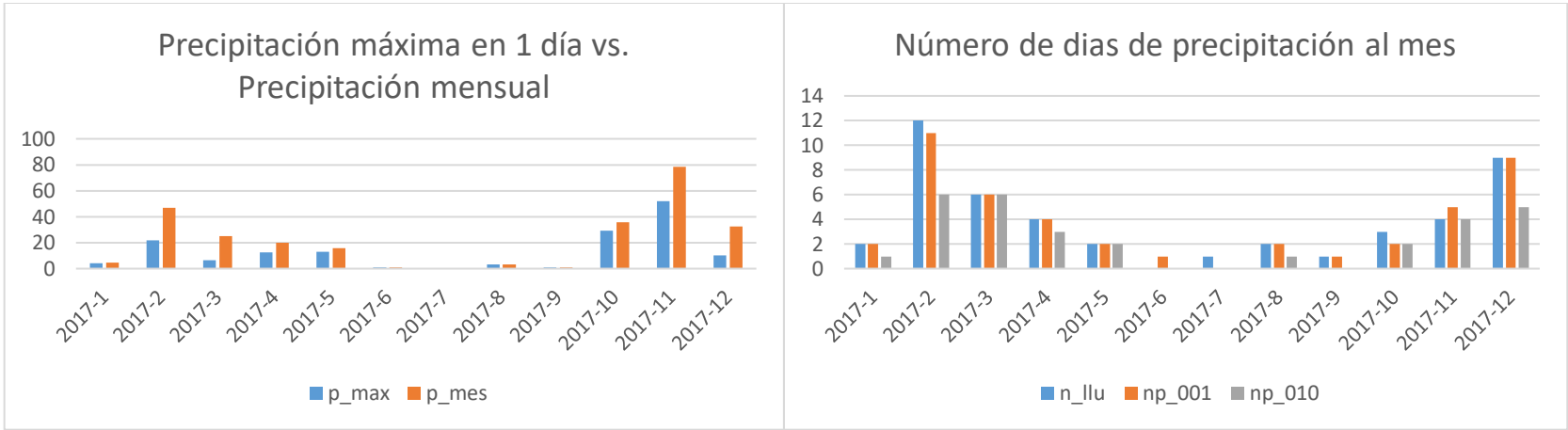
*Año 2015



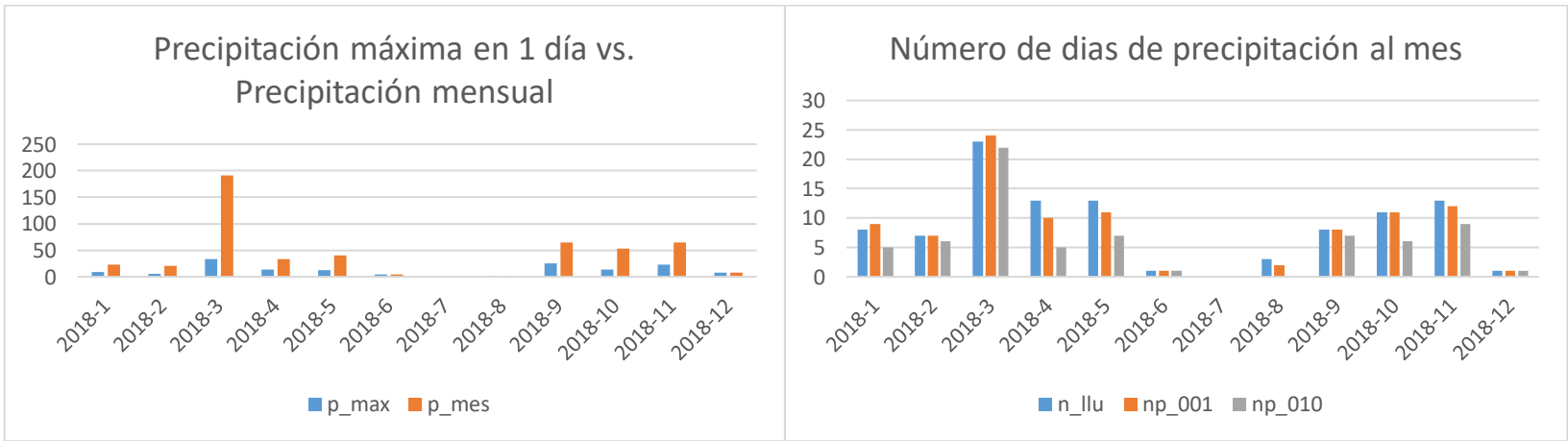
*Año 2016



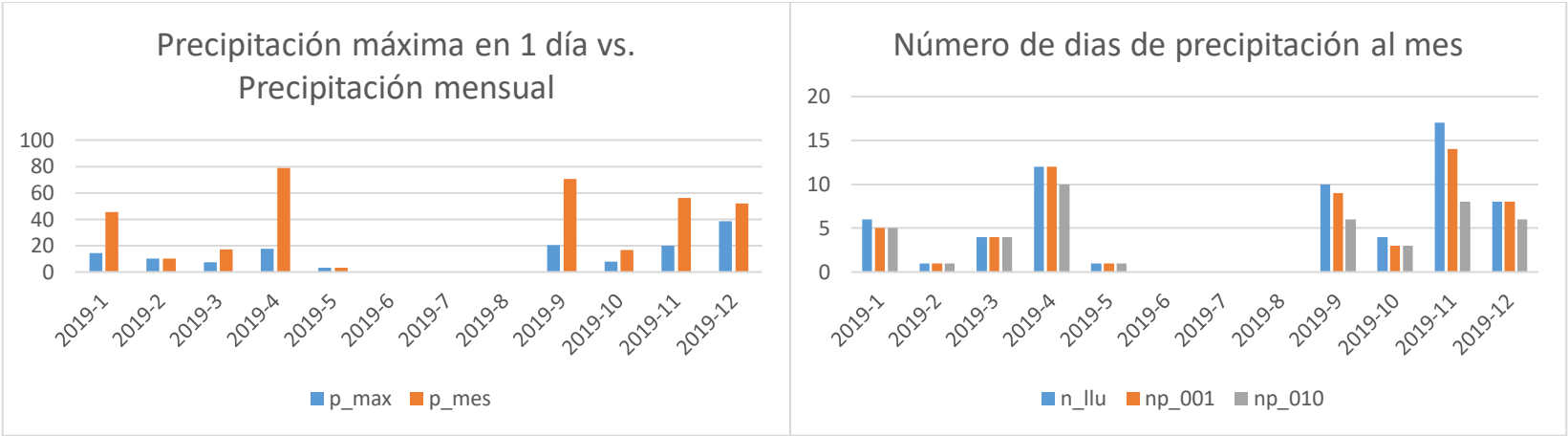
*Año 2017



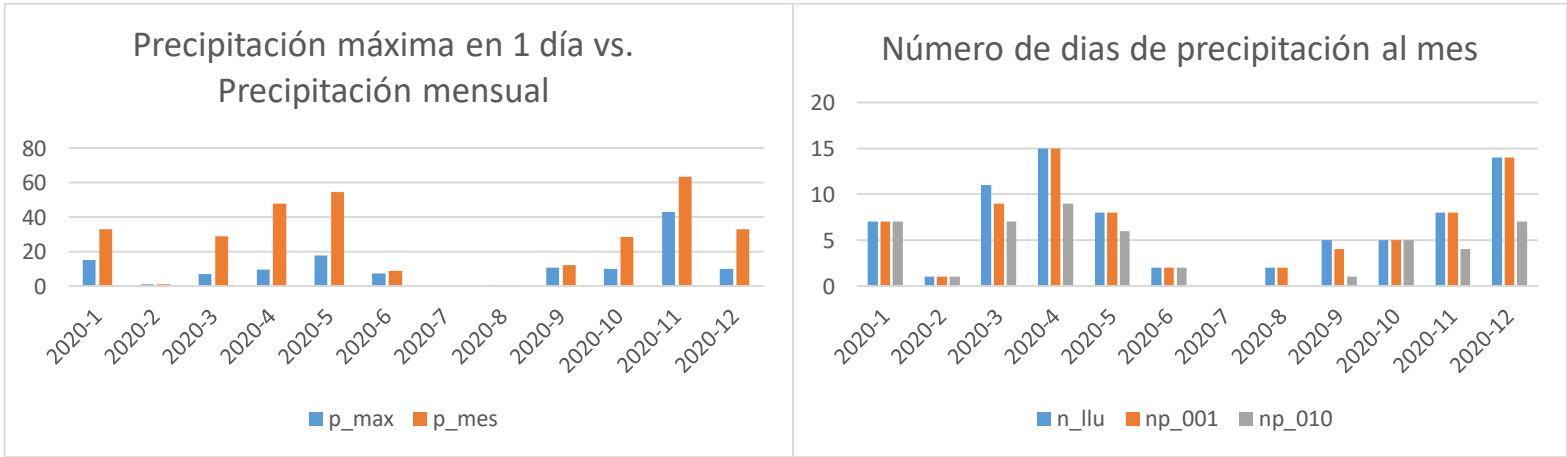
*Año 2018



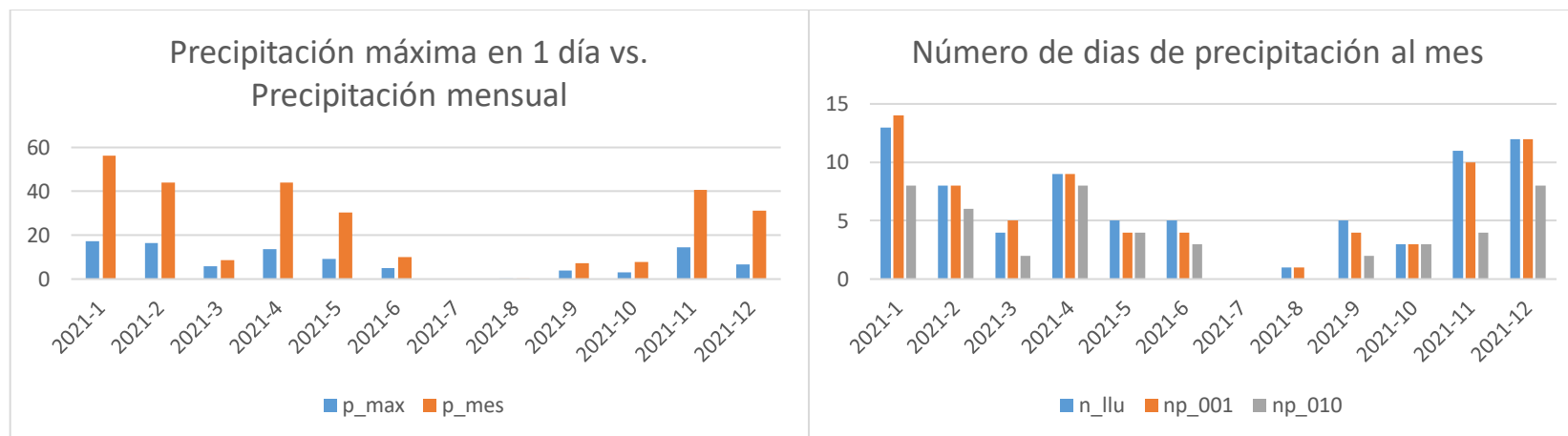
*Año 2019



*Año 2020



-Año 2021



-Observación y contraste de los datos

Tras analizar los datos mensuales durante 20 años de la AEMET para la estación Granada-Aeropuerto podemos afirmar que otoño y primavera son las estaciones más lluviosas.

Después cabe destacar que los meses que mayor precipitación presentan en un día:

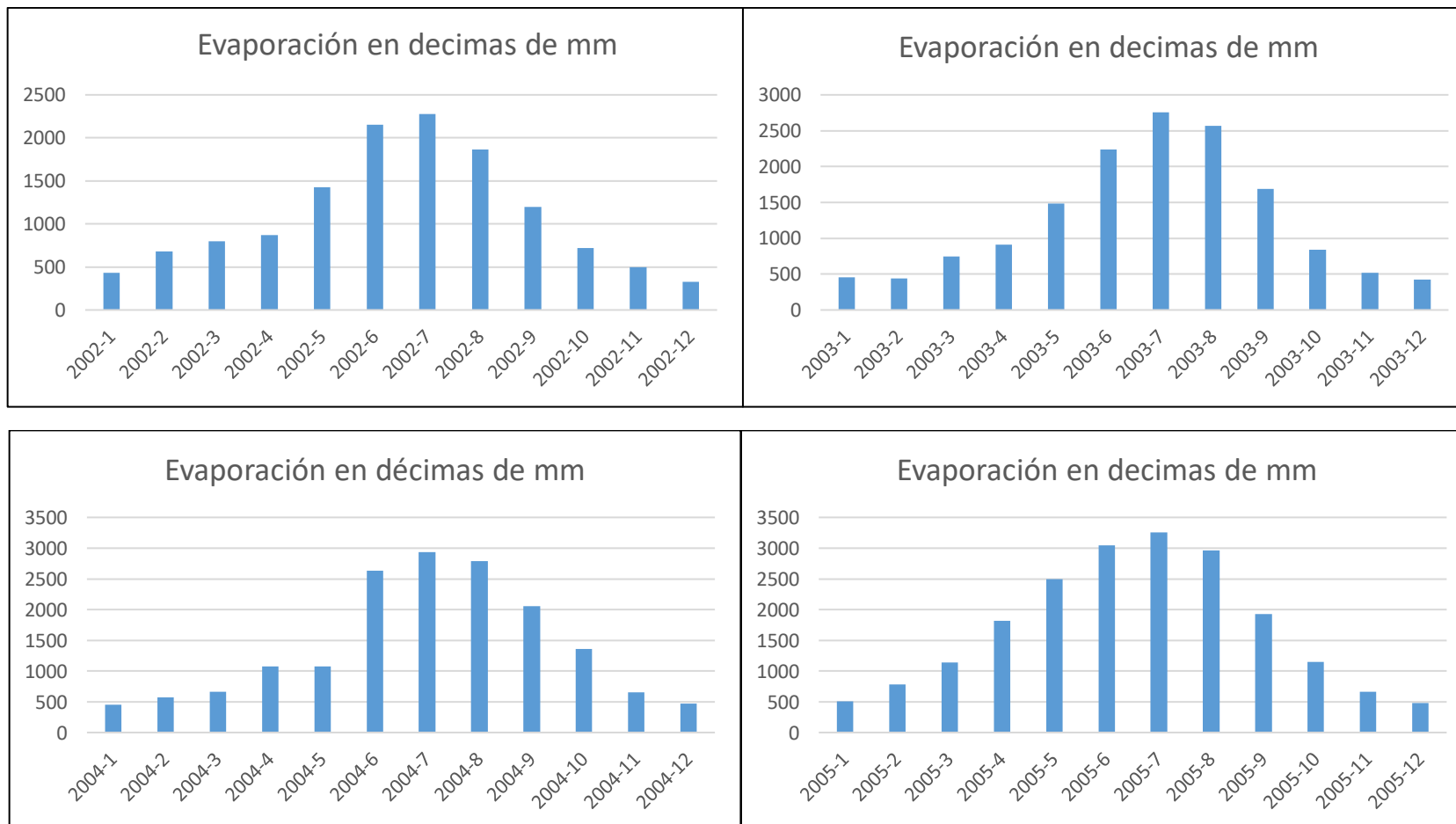
+Octubre: del año 2012

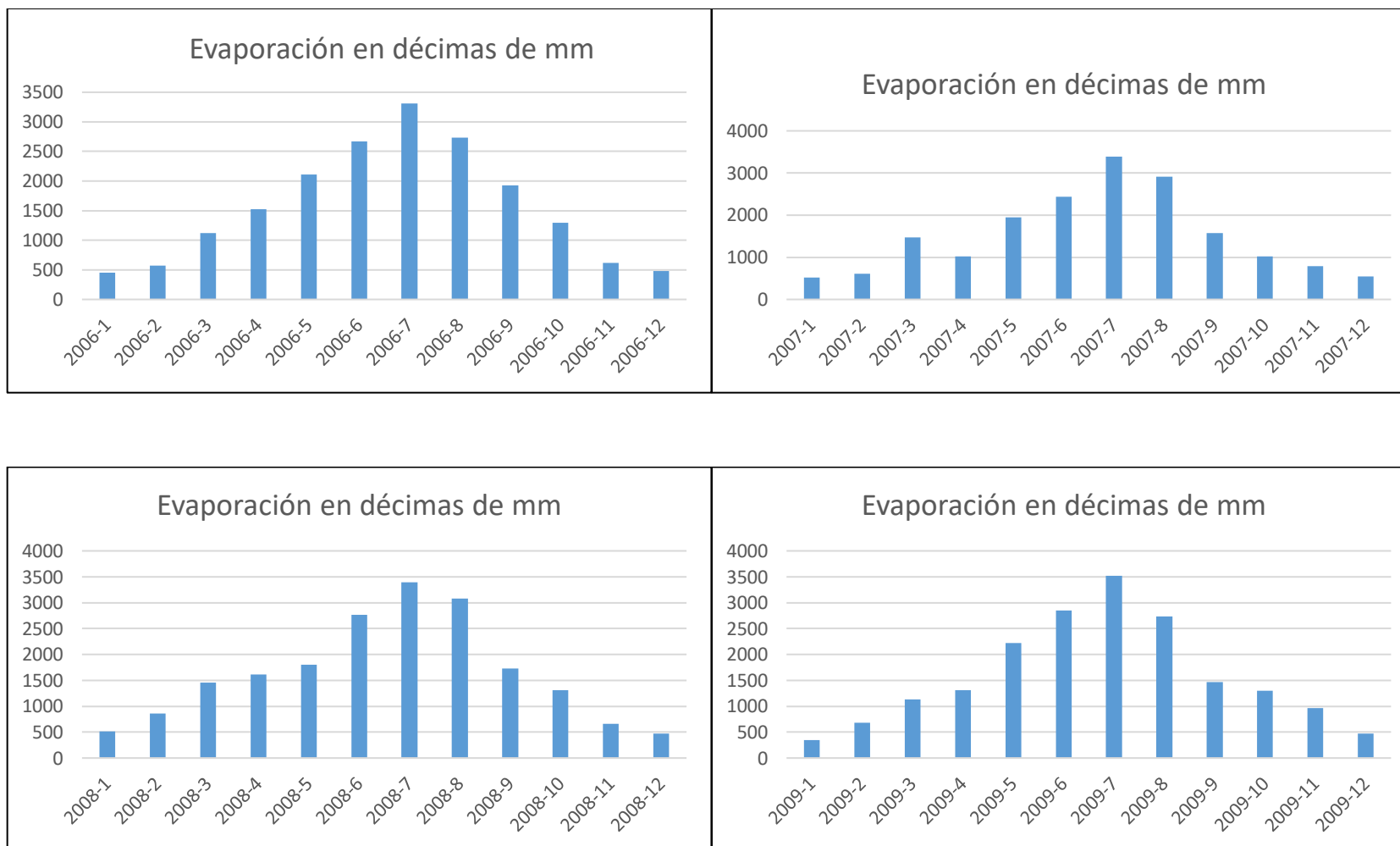
+Noviembre: de los años 2016, 2017 y 2020.

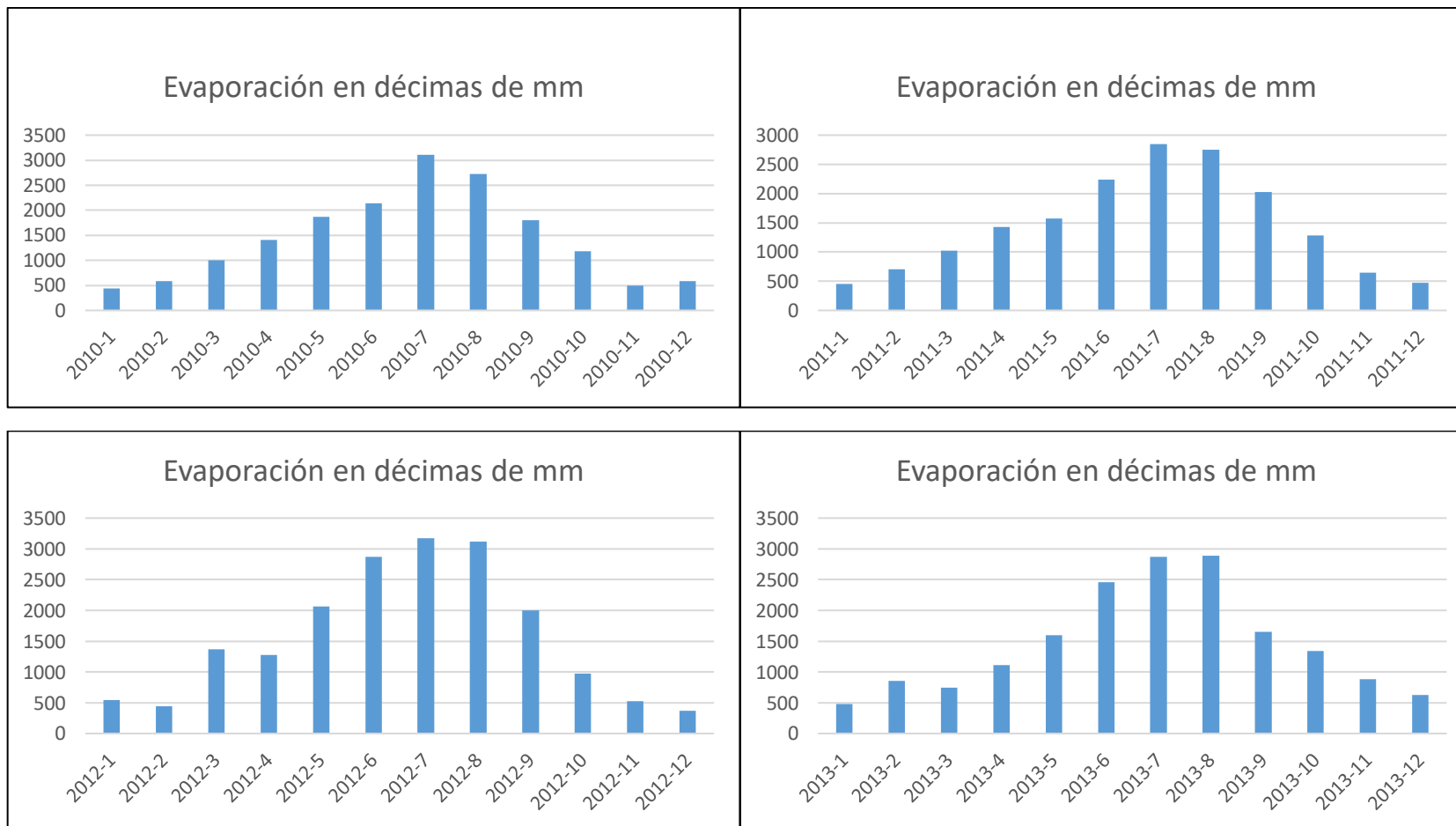
Con una P diaria máxima de entre 50 y 60 mm

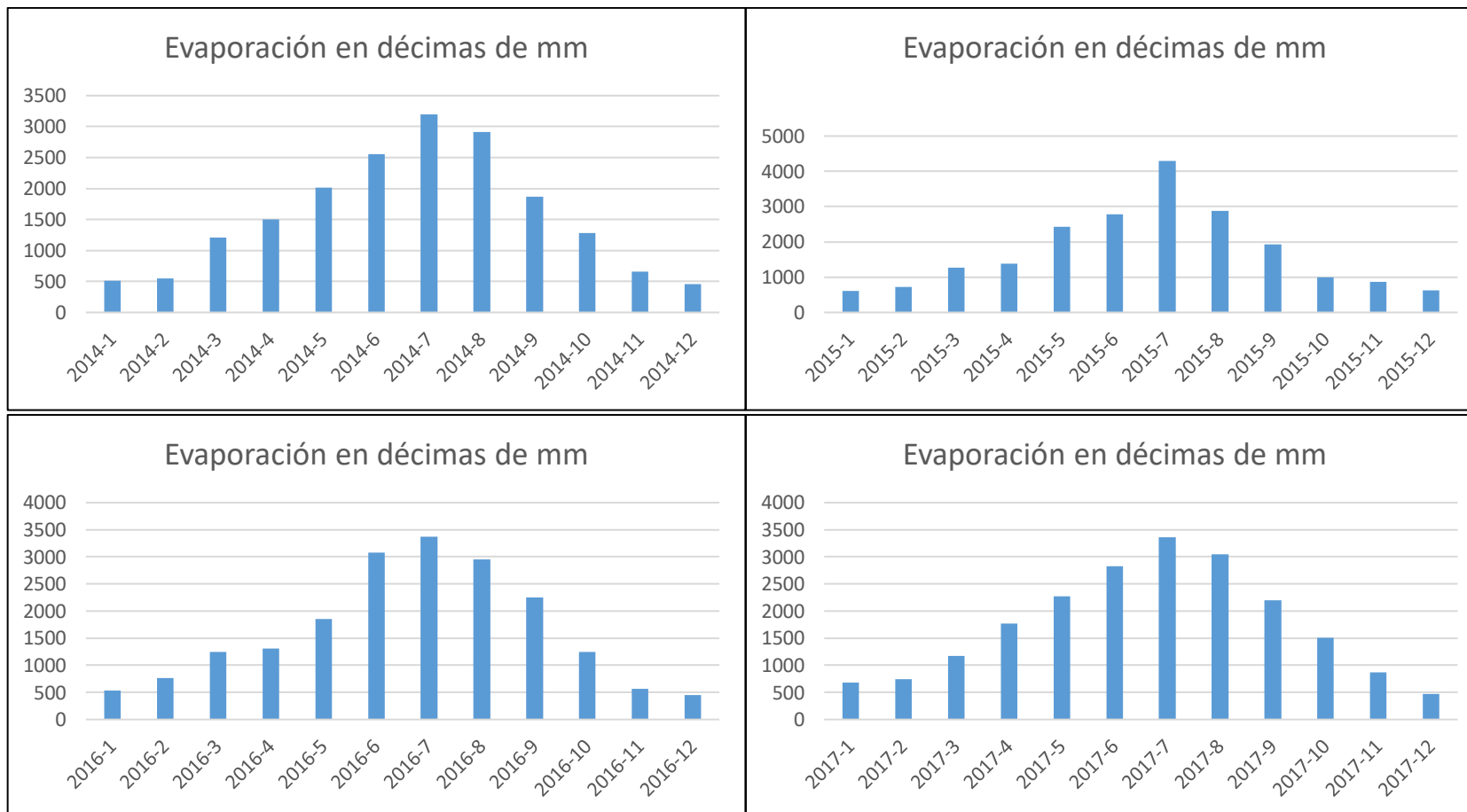
1.3.2 Evapotranspiración anual

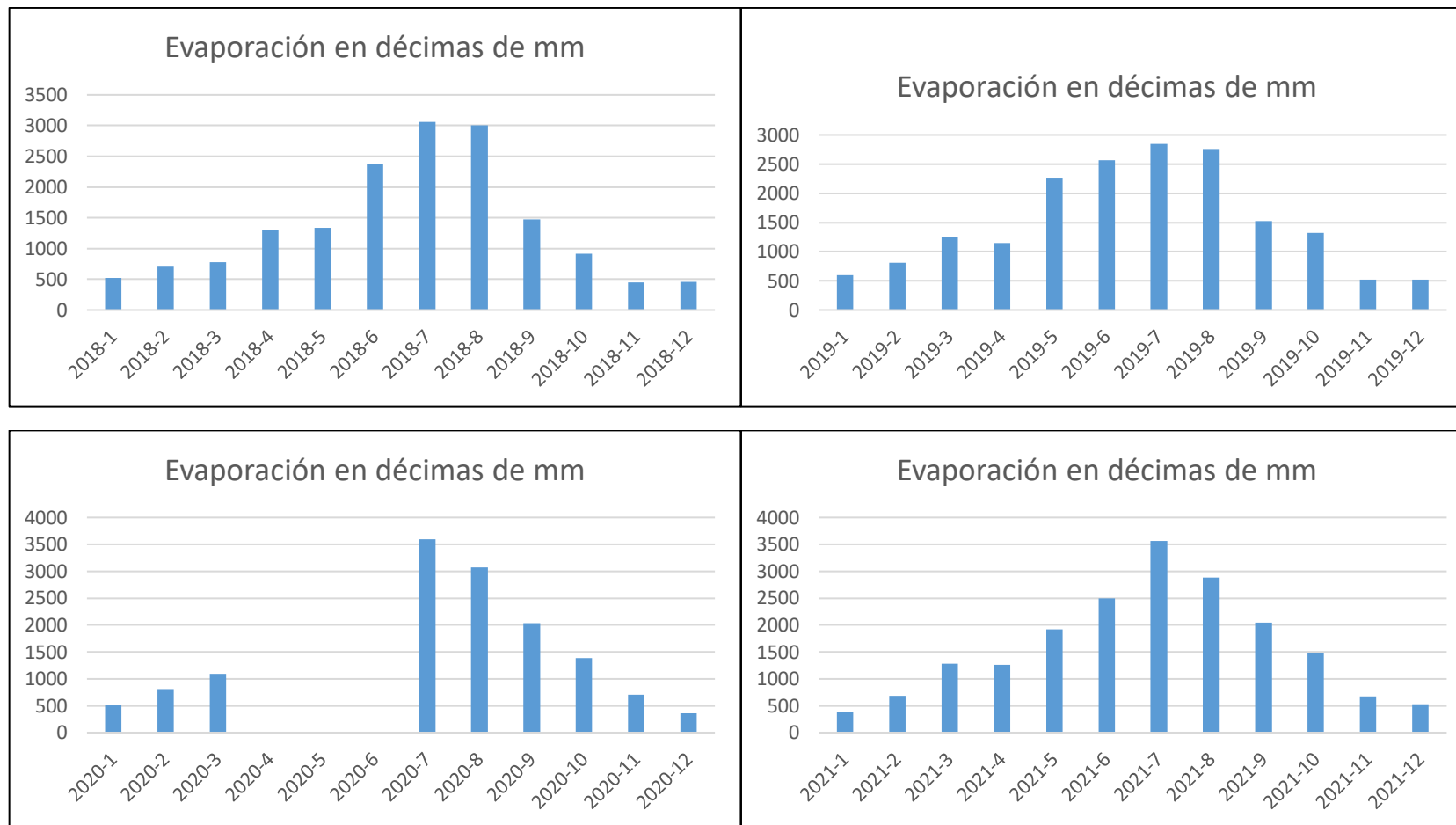
En las siguientes gráficas se muestran la evapotranspiración mensual durante 20 años en décimas de mm:











-Observaciones y contraste de los datos

La mayor cantidad de evapotranspiración se produce en los meses de verano con topes de hasta 400 mm de evapotranspiración en julio de 2015.

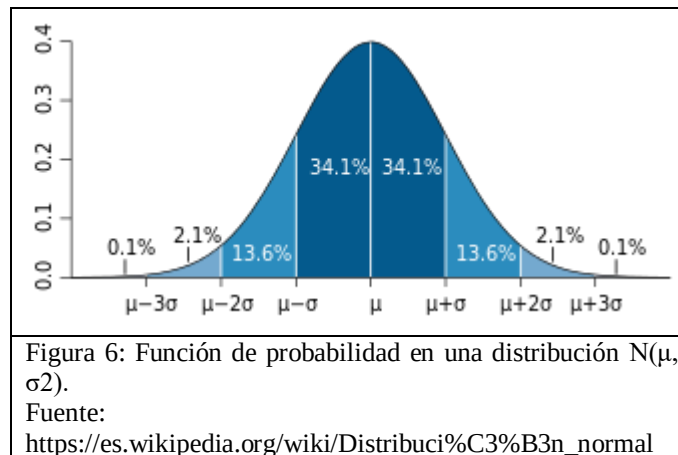
1.4 Función normal o Gaussiana de precipitación mensual en 20 años

La función de Gauss es una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en estadística y en la teoría de probabilidades.

Algunas propiedades de la distribución normal son las siguientes:

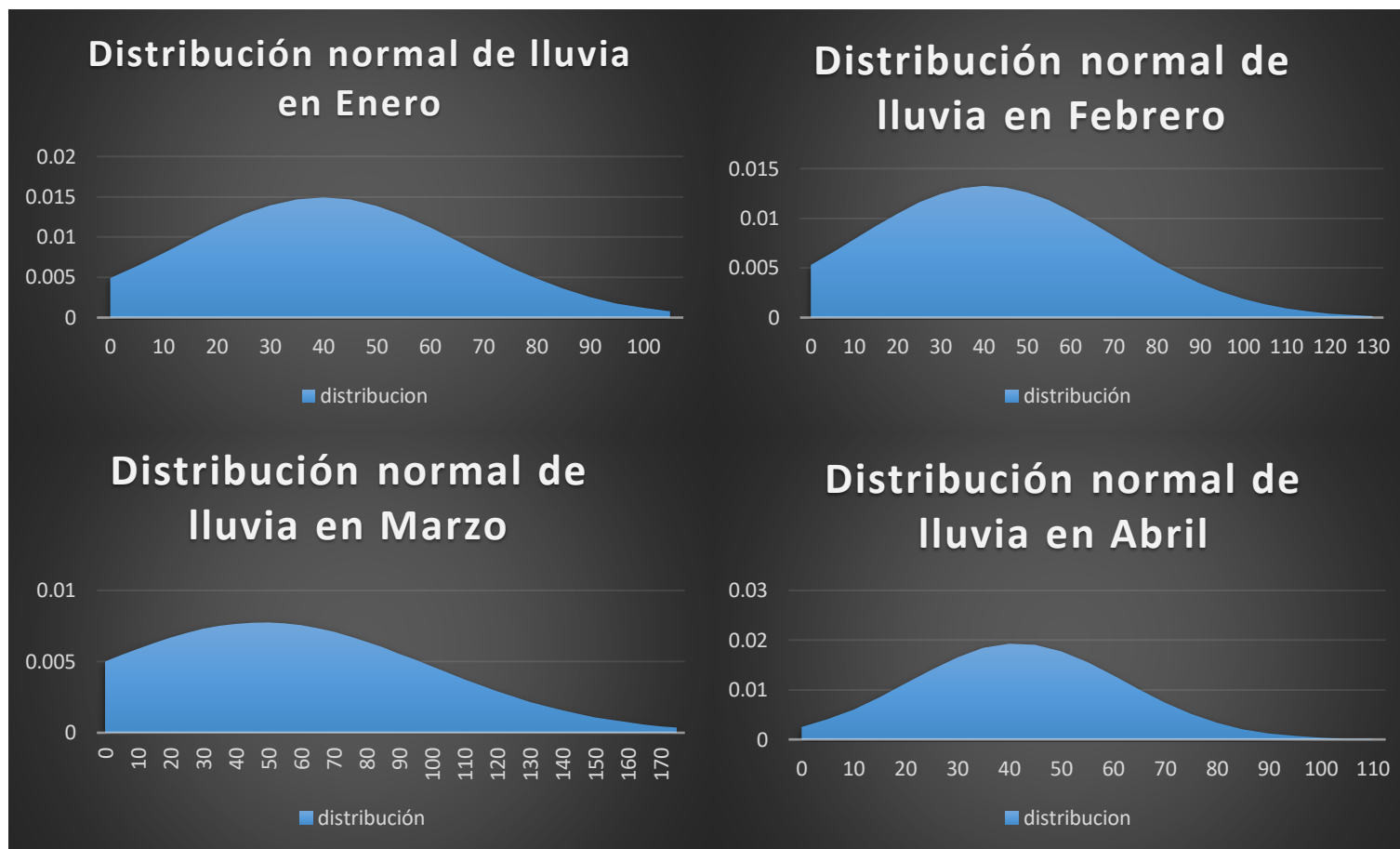
1. Es simétrica respecto de su media, μ
2. Distribución de probabilidad alrededor de la media en una distribución $N(\mu, \sigma^2)$. La moda y la mediana son ambas iguales a la media, μ
3. Distribución de probabilidad en un entorno de la media:
En el intervalo $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$ se encuentra comprendida, aproximadamente, el 68,26 % de la distribución;
En el intervalo $[\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma]$ se encuentra, aproximadamente, el 95,44% de la distribución;

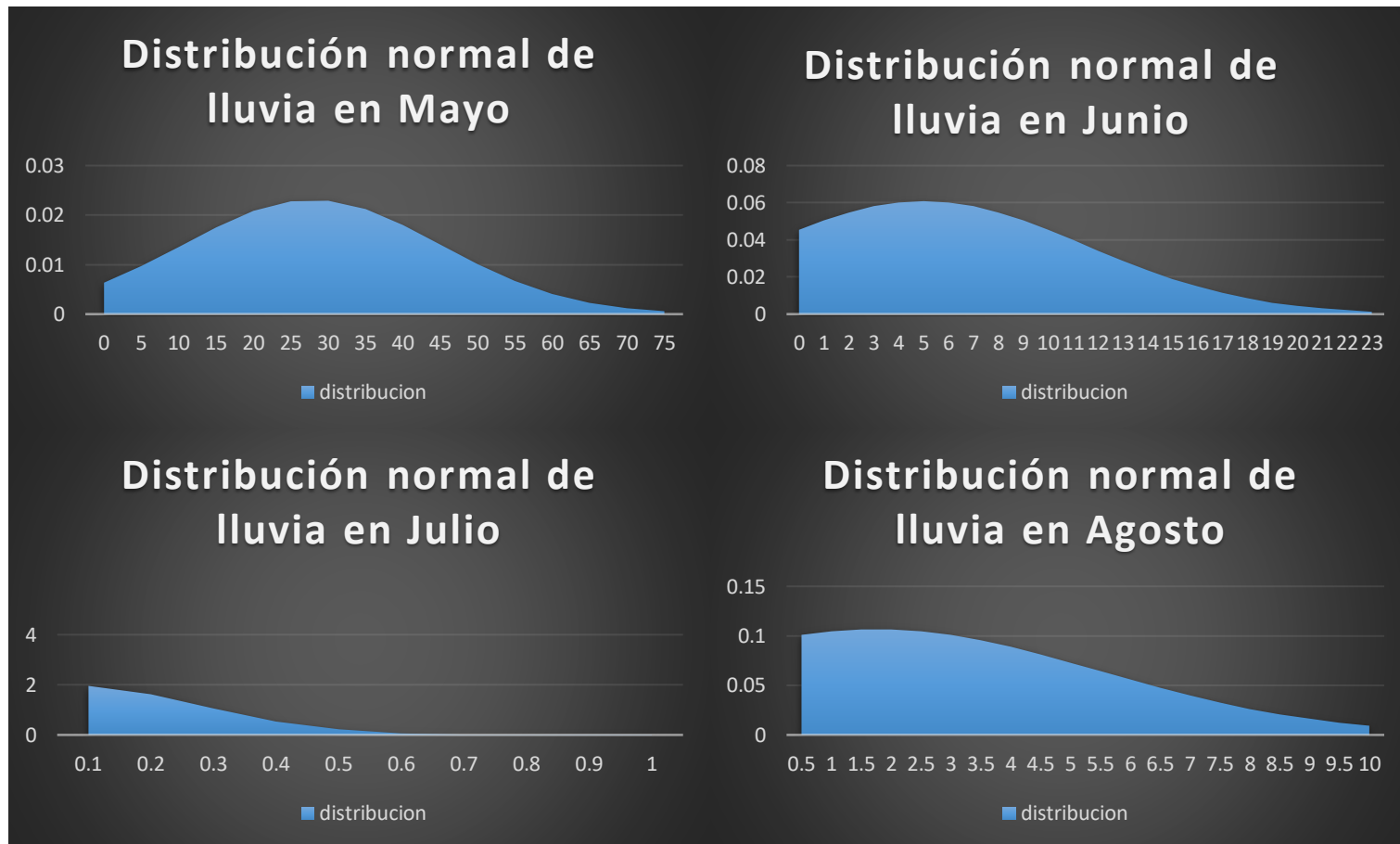
Estas propiedades son de gran utilidad para el establecimiento de intervalos de confianza.

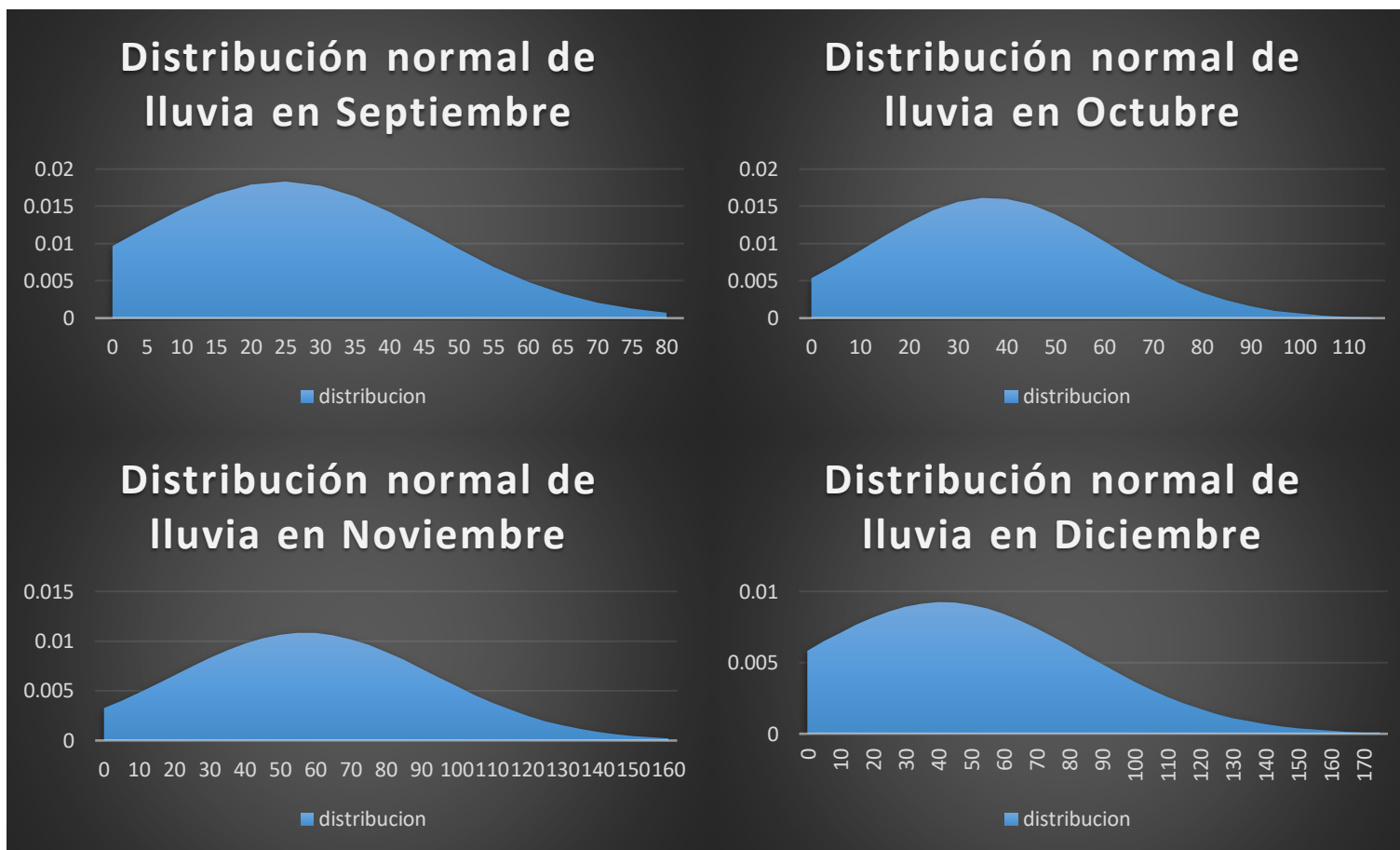


Se escoge valores de precipitación con confianza de hasta $\mu + \sigma$. Es decir, se supondrá que el valor de lluvia alcanza (0.1 + 2.1 + 13.6 + 34.1 + 34.1 por ciento) hasta el 84 % de los datos recogidos.

A continuación, las funciones de Gauss de los meses del año desde el 2002 al 2021, donde en el eje de abscisas aparece la lluvia en mm y en el eje de ordenadas la distribución:







1.5 Otros elementos del clima

Se estudia por otro lado los elementos que nos quedan por evaluar como son la temperatura, la humedad, la insolación y el viento y/o presión atmosférica.

Recojo datos de la Estación Meteorológica de Pinos Puente nº4, desde el 01/01/2002 hasta el 31/12/2011, cogiendo las medias de cada mes, obteniendo así un valor representativo para cada mes en ese periodo de tiempo.

Los siguientes datos se obtuvieron del SIAR, Sistema de Información Agroclimática para el Regadío:

-Temperatura

La temperatura es el parámetro que indica el mayor o menor grado de calor que existe en una zona, por lo que su determinación es básica para todo estudio climatológico.

Unidades: se mide en grados Celsius (°C).

Para obtener mayor precisión en la muestra se expone la temperatura media, la temperatura máxima y mínima durante este periodo.

Temperaturas mensuales medias (°C)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6,958	9,038	11,548	14,332	18,373	24,196	27,194	26,6	21,845	16,941	10,887	7,804

Temperaturas mensuales máximas (°C)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
20,751	22,544	27,23	32,739	34,32	39,129	41,12	41,223	37,016	31,96	24,982	20,682

Temperaturas mensuales mínimas (°C)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-3,969	-1,643	-1,089	2,591	5,641	10,091	13,492	13,115	9,656	4,529	-0,455	-2,883

-Humedad

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

Humedad mensual media (%)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
74,557	70,194	65,112	61,848	54,204	42,932	33,606	37,545	50,965	63,011	71,648	77,207

Humedad mensual máxima (%)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
97,51	97,4	96,98	96,3	96,09	92,47	81,828	86,2	92,68	93,69	87,08	97,78

Humedad mensual mínima (%)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
22,466	16,327	12,824	13,773	11,71	9,152	7,137	10,017	10,017	13,351	19,355	22,531

-Insolación

Es la cantidad de energía en forma de radiación que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto, o en un año. La unidad de la radiación se expresa en Mega Julios partido metros cuadrados.

Radiación Media (MJ/m2)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,238	11,833	16,572	20,713	24,242	27,872	28,739	25,762	20,02	14,258	10,178	8,194

-Viento y/o presión atmosférica

El viento es un mecanismo natural para equilibrar las diferencias considerables de presión atmosférica entre masas de aire, debida a las diferentes temperaturas, el aire fluye desde zonas con alta presión a zonas de baja presión

Medición: la velocidad del viento se mide con el anemómetro, en las tablas se mide en m/s.

Velocidad Viento Media (m/s)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,672	0,782	0,851	0,855	0,894	0,98	1	0,952	0,869	0,814	0,693	0,645

Velocidad Viento Máxima (m/s)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7,53	8,069	8,145	7,452	7,244	7,735	7,581	7,55	7,659	7,79	7,808	7,593

2 ANEJO DE FOTOGRAFÍAS IN SITU



