PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA. TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL

ANEJO Nº 4 GEOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE MATERIALES

Fichero: TMM6202APR0_A04-Geología y procedencia de materiales_Rev02.docx

Lista de Revisiones anteriores

Fecha	Revisión modificada	Causa de la modificación
Feb- 2016	Rev00	Definición a nivel de proyecto constructivo.
Mar-2016	Rev01	Informe supervisión

Equipo Redactor

Redactado:	Revisado y aprobado:
Mª Isabel Fiestas Carpena	**Juan Herrera Moscardó** **Marzo de 2016**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN 1

2.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA 1

3.- GEOLOGÍA 2

3.1 Marco geológico regional 2
3.2 Geología de la zona de estudio 3
3.3 Estratigrafía 4
3.3.1 Mioceno-Plioceno 4
3.3.2 Cuaternario 4
3.4 Tectónica 5
3.5 Geomorfología 5
3.6 Hidrogeología 6
3.7 Riesgos geológicos 6

4.- PROCEDENCIA DE MATERIALES 8

4.1 Necesidades de material 8
4.1.1 Suelos y áridos: Canteras y planta de reciclaje de RDC 8
4.1.2 Instalaciones de suministro 8
4.1.3 Volúmenes necesarios 8
4.2 Estudio de aprovechamiento de materiales de la propia traza 8
4.3 Suelos y áridos: Canteras y planta de reciclaje de RCD 9
4.4 Plantas de suministro 10
4.4.1 Plantas de fabricación de hormigones 10
4.4.2 Plantas de mezclas bituminosas 10
4.5 Vertederos de inertes 10

APÉNDICE 1.- MAPA GEOLÓGICO 1:50.000 (IGME)

APÉNDICE 2.- PLANO DE SITUACIÓN DE CANTERAS, INSTALACIONES DE SUMINISTRO Y VERTEDEROS DE INERTES

APÉNDICE 3.- INVENTARIO DE CANTERAS, PLANTA DE RECICLADO RCD, INSTALACIONES DE SUMINISTRO Y VERTEDEROS DE INERTES

Anejo nº 4 Geología y procedencia de materiales

1.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de este anejo se estudian los condicionantes de índole geológica para el Proyecto de Construcción de la Prolongación de la Línea 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Hospital Civil.

El objetivo principal del presente estudio es aportar la información necesaria para la caracterización geológica del tramo y el conocimiento de los materiales presentes en el subsuelo del corredor estudiado y con ello servir de base a los estudios de análisis y cálculos en los que intervengan las características geológicas de estos materiales.

En este documento se presentan las principales características geológicas de la zona, en concreto:

- Litología de los materiales atravesados.
- Disposición estructural.
- Aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos generales y con especial incidencia en la traza.

Para la redacción de este anejo se ha partido de la amplia información geológico-geotécnica disponible, procedente de los proyectos del resto de líneas del Metro de Málaga, de las experiencias obtenidas durante su construcción, de numerosos estudios geotécnicos recopilados en la proximidad del trazado proyectado y de la campaña de geotecnia realizada específicamente para la presente actuación.

2.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

La documentación genérica que se ha consultado para la redacción de este anejo es la siguiente:

- Hoja Nº 83 (Granada-Málaga) a escala 1:200.000 del Mapa Geotécnico General de España (IGME).
- Hoja Nº 83 (Granada-Málaga) a escala 1:200.000 del Mapa de Rocas Industriales de España (IGME).
- Hoja Nº 83 (Granada-Málaga) a escala 1:200.000 del Mapa Geológico de España (IGME).
- Hojas Nº 1053-1067 (Málaga-Torremolinos), a escala 1:50.000 del Mapa Geológico de España (IGME).
- SIGECO, Sistema de Información de cartografía geológica continua. Accesible por Internet. Instituto Geológico y Minero de España. (IGME).

Asimismo, se ha considerado información más particularizada, procedente de los numerosos estudios realizados para la infraestructura del Metro de Málaga:

- Estudio Informativo de la Red de Metro de Málaga. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Transportes. Junta de Andalucía. Julio de 2002.
- Anteproyecto de las líneas 1 y 2 de la red de metro de Málaga (Septiembre de 2003).
- Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: La Malagueta-Guadalmedina. Redactado por AYESA para Metro de Málaga en Diciembre de 2006.
- Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina a Héroe de Sostoa y a Juan XXIII. Redactado por AYESA para Metro de Málaga en Febrero de 2007.
- Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina-Renfe. Redactado por AYESA para la Consejería de Obras Públicas y Transportes, Ferrocarriles de la Junta de Andalucía en Junio de 2008.
- Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: RENFE a Héroe de Sostoa y a Juan XXIII. Redactado por AYESA para Metro de Málaga en Septiembre de 2008.
- Proyecto de Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina-La Malagueta. Redactado por TYPSA para la Consejería de Obras Públicas y Transportes, Ferrocarriles de la Junta de Andalucía en Marzo de 2010.

- Infraestructura y Urbanización del Trazado en Superficie de la Línea 1 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina-La Malagueta. Consejería de Fomento y Vivienda. Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Abril de 2013.

- Documento de Avance: "Prolongación de la Línea 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina- Hospital Civil", redactado por PROSER para la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía en mayo de 2014.

De forma complementaria se cuenta con los resultados de una campaña de reconocimiento geotécnico realizada específicamente para la presente actuación, que se ha tenido en cuenta en la caracterización geológica de la zona.

3.- GEOLOGÍA

3.1 Marco geológico regional

La ciudad de Málaga se encuadra en las Cordilleras Béticas, conjunto montañoso ligeramente arqueado que, prolongándose en tierra se extiende desde el Estrecho de Gibraltar hasta el cabo de Nao continuándose en el mar en las Islas Baleares.

En el NE están unidas a la cobertera del zócalo de la Meseta y la terminación oriental de la Cadena Ibérica. Por el tramo central y occidental la depresión del Guadalquivir se interpone entre la Meseta.

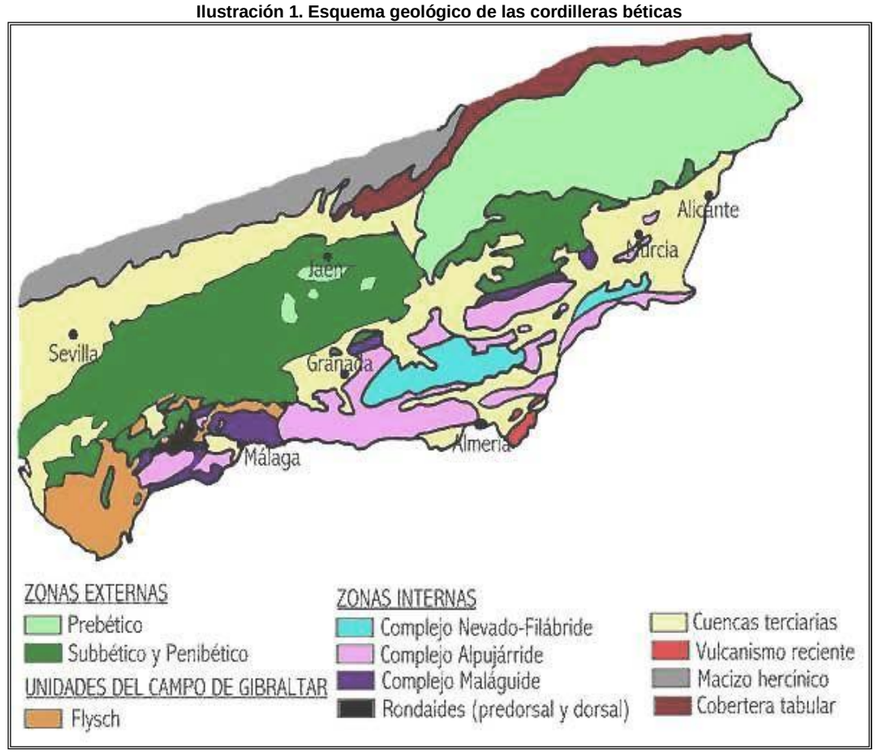
La Cordillera Bética, junto con la Cordillera del Rift del norte de África, forma el segmento más occidental del orógeno alpino mediterráneo. Estas dos cordilleras se encuentran actualmente separadas por la cuenca neógena de Alborán y se localizan entre dos zócalos hercínicos, el Ibérico al norte y el africano al sur.

Al igual que el Pirineo, esta cadena se formó como consecuencia del régimen compresivo que comenzó a finales del Cretácico y que afectó principalmente a los bordes N y S de la placa Ibérica. Sin embargo, a diferencia del Pirineo, su estructura y evolución posterior es mucho más compleja, ya que la zona Bética resulta de la interacción de dos grandes placas y de un bloque continental (microplaca de Alborán, actuales Zonas Internas) que se desplaza hacia el O y que finalmente colisiona contra los márgenes mesozoicos de Iberia y NO de África, formando la Cordillera Bético-Rifeña.

A nivel cortical, el hecho más destacable es que no se detecta una raíz notable bajo la cordillera como ocurre con otros orógenos alpinos, y aunque se observa cierto engrosamiento de la corteza, no se superan en ningún caso los 40 km.

La falta de una raíz cortical y litosférica clara puede explicarse si se supone que lo que observamos hoy es sólo una parte de una gran orógeno que se localizaba más al E y que por una serie de procesos geodinámicos fue parcialmente desmembrado, de forma que parte de este orógeno estaría sumergido bajo el mar Mediterráneo. Otro hecho destacable es el rápido adelgazamiento que se observa hacia la zona costera donde el espesor de la corteza se sitúa en torno a los 20-22 km, continuándose el adelgazamiento hacia el interior de la cuenca de Alborán, donde se alcanzan valores mínimos en torno a los 15 km.

Ilustración 1. Esquema geológico de las cordilleras béticas



Este concepto de dominio cortical, así como los criterios petrológicos y estructurales, han llevado a distintos autores a distinguir tanto en la Cordillera Bética como en el Rift dos grandes zonas o dominios diferenciados y separados por un contacto tectónico, que tienen además un origen paleogeográfico distinto:

Zonas Externas (Prebético y Subbético): Son distintas en ambas cordilleras y están formadas por materiales mesozoicos y cenozoicos cabalgados y plegados, sin metamorfizar, que se corresponden con los sedimentos de la cuenca marina que existía, el mar de Tethys.

Zonas Internas (Zona Bética y Circumbética). La Zona Bética, por la que discurre la traza de la presente actuación, está compuesta por un apilamiento de mantos de corrimiento con materiales esencialmente metamórficos, cuyo origen está relacionado con la migración de la microplaca de Alborán, localizada en su origen más al Este.

Las Béticas están caracterizadas, por tanto, por el sucesivo engrosamiento tectónico de los mantos de corrimiento, que en orden creciente de metamorfismo (de arriba a abajo) son: Complejo Maláguide, Complejo Alpujárride y Complejo Nevado Filábride, cada uno de ellos formados por una secuencia de mantos o submantos.

Dentro de las Zonas Internas, la zona de estudio, se localiza fundamentalmente dentro de la unidad conocida como “Cuenca del Guadalhorce”, situada entre el Complejo Maláguide (al Norte), el Complejo Alpujárride (al Este y Oeste) y el mar de Alborán (al Sur).

El Complejo Alpujárride está constituido por una serie de esquistos negros de grano fino con abundante moscovita, así como con intercalaciones locales de cuarcitas de tonos verdes y azulados.

El Complejo Maláguide presenta una mayor complejidad estratigráfica; en su base existe una serie de filitas con metamorfismo débil y calizas que se apoyan de forma discordante sobre los esquistos del Complejo Alpujárride.

En la parte superior, el Complejo Maláguide está representado por areniscas, conglomerados y calizas. Este nivel constituye el sustrato de la cuenca del Guadalhorce que se encuentra rellena por sedimentos terciarios y cuaternarios.

Los sedimentos terciarios, más específicamente del Mioceno y del Plioceno, se apoyan discordantemente sobre el Complejo Maláguide. Están representados principalmente por arcillas y margas más o menos arenosas de colores gris verdoso y amarillento. Localmente se pueden reconocer intercalaciones de arenas finas o bien de conglomerados bastante cementados. La potencia de estos sedimentos terciarios es variable, alcanzando un espesor máximo de unos 400 m en el centro de la cuenca.

Por encima de estas arcillas y margas se apoyan capas de arenas de grano fino alternando con niveles conglomeráticos a modo de lentejones, cuya potencia puede alcanzar unos 25 m. Estos sedimentos se clasifican según su origen en marinos y continentales.

Los sedimentos cuaternarios están ampliamente representados en la cuenca del Guadalhorce. Según su origen, se puede realizar la siguiente clasificación:

- Cuaternarios marinos, representados por areniscas y conglomerados, con gran cantidad de fósiles marinos. Se trata de un nivel que está muy erosionado, por lo que sólo se conservan retazos aislados. Dentro de este grupo de sedimentos marinos se incluyen las playas actuales de granulometría gruesa y las dunas costeras en las que predominan las arenas con transporte eólico.
- Los sedimentos cuaternarios continentales están representados por:
- Conos de deyección, de granulometría gruesa, asociados a los relieves que limitan la cuenca del Guadalhorce y que se extiende en forma de grandes mantos, con granulometrías gruesas en los bordes y más finas hacia el centro.
- Coluviales, de distribución muy irregular y de granulometría y litología muy heterogénea. No suelen presentar grandes espesores.
- Aluviales, que constituyen los sedimentos cuaternarios más significativos de esta cuenca. Están asociados a los cauces del Guadalmedina así como a los arroyos y ramblas que la cruzan. Su superficie resultante es generalmente plana y están conformados por arenas de diferente granulometría, gravillas y gravas y hasta bloques.

3.2 Geología de la zona de estudio

A escala local, el tramo en estudio discurre por los materiales cuaternarios y pliocenos que rellenan la denominada Hoya de Málaga – Torremolinos aunque, dado el ámbito urbano donde se proyecta la obra y al discurrir la mayor parte del trazado en superficie, estos materiales sólo se encontrarán en los tramos soterrados, disponiéndose el resto de trazado sobre rellenos de origen antrópico.

El Cuaternario ocupa la antigua vega del Río Guadalmedina, a lo largo de una banda de 400 m. de anchura, que se abre a unos 2 km de su desembocadura, donde el aluvial del Guadalmedina se funde, por el Oeste, con el de la Vega del Río Guadalhorce.

Se trata de una formación sedimentaria de llanura de inundación constituida por limos y arenas con niveles de grava, siendo frecuentes los niveles “blandos”, formados por limos con abundante materia orgánica.

En la zona del Guadalmedina el Cuaternario incluye los niveles históricos y los terrenos ganados al mar con rellenos en la fachada portuaria.

El espesor de los sedimentos varía una decena de metros, en el pié de la presa del Limonero, y próximo a los 30 m. junto a la desembocadura del Guadalmedina. Los espesores máximos coinciden en el sector del Guadalmedina, con el eje del río, observándose una reducción del espesor, bajo la iglesia de S. Agustín, para volver a aumentar en el eje de la C/ Alcazabilla.

Hacia el Este, partiendo de los rellenos del Parque y de la fachada del puerto, el Cuaternario se reduce a la franja litoral, que se amplía en los cauces de los arroyos de Carnicero, Jabonero y Gálica, desapareciendo a la altura del Puerto deportivo del Candado.

Por el Oeste, tras recibir las aportaciones de los arroyos de Los Ángeles, Teatinos, Roldán y de la Cañas, se une al aluvial del río Guadalhorce, donde la potencia de sedimentos aumenta por encima de los 60 m, constituidos por sedimentos limo arenosos, con niveles detríticos, siendo en general terrenos de baja consistencia.

Bajo el Cuaternario y completando el relleno de la Hoya de Málaga se encuentran los sedimentos pliocenos, y en profundidad miocenos, que afloran en el borde del aluvial.

Dentro del Plioceno, formación de carácter dominante arcilloso, existen niveles detríticos, a techo de la formación y, en general en la zona del Guadalmedina y cuencas del litoral Este, donde predomina el carácter arenoso, en relación con la zona Oeste, de marcado carácter arcilloso.

En general el Plioceno constituye el sustrato del Cuaternario en la cuenca del Guadalmedina, a excepción de la margen izquierda, próxima a las estribaciones de Gibralfaro.

La potencia del Plioceno supera los 500 m en el eje del río Guadalhorce, 140 m bajo el Guadalmedina, y aumenta con inclinación superior a los 30º a medida que se separa de los afloramientos del sustrato Maláguide.

3.3 Estratigrafía

A continuación se describen de manera más exhaustiva cada uno de estos materiales.

3.3.1 Mioceno-Plioceno

Esta formación constituye el sustrato del trazado.

Se trata de sedimentos marinos, con abundante fauna. Litológicamente se pueden distinguir arcillas, arenas y conglomerados.

Las arcillas se sitúan en la base y las arenas a techo, mientras que los conglomerados son una típica facies de borde, por lo cual aparece indentada con el resto de los materiales e incluso llega a situarse a techo.

En la zona de estudio, se ha identificado únicamente un grupo litológico de limos y arcillas, que se describe a continuación:

Arcillas y limos. (Ar-Am)

Discordante sobre la Unidad Maláguide se localiza un conjunto de arcillas y limos, en general con escaso contenido en arenas, de tonos marrones a techo y gris oscuro hacia la base. Los tramos arcillosos incluyen con frecuencia lentejones de margas. Dentro de este conjunto pueden encontrarse niveles arenosos y conglomeráticos que constituyen buenos acuíferos, aunque en los sondeos consultados y en los realizados para el presente proyecto estos niveles no se han detectado, destacando el carácter arcilloso.

Hacia la base de esta formación se detectan niveles con presencia de bioclastos.

La potencia de esta formación es variable y se calcula aproximadamente en unos 400 m en las zonas de mayor desarrollo, en el centro de la cuenca.

En cuanto a la edad, este tramo se sitúa entre el Andaluciense y el Plioceno inferior.

3.3.2 Cuaternario

Los depósitos cuaternarios de la zona están genéticamente relacionados con la dinámica fluvial, fundamentalmente con el cauce de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina y de los arroyos de Teatinos y el Cuarto, o bien corresponden con rellenos antrópicos.

Las distintas campañas geotécnicas realizadas en la zona han permitido distinguir los siguientes grupos litológicos:

Arenas limosas y limos arenosos. (Dr-Am)

Se trata de un conjunto de niveles en forma de lentejones constituidos por arenas, en general finas, con un porcentaje variable de limos, y limos arenosos con escaso contenido en arcillas. Ocasionalmente en estos niveles se encuentra un pequeño porcentaje de gravas de pequeño tamaño.

Presentan tonalidades desde marrones a grises, observándose un predominio de tonos grisáceos hacia techo y marrones hacia la base. Los niveles con mayor contenido en arcillas suelen tener tonalidades marrón-rojizas.

Todos estos materiales se encuentran sobre la unidad litológica de arcillas y limos, y alternando con la unidad de gravas y arenas. Su potencia es variable debido a su carácter lenticular.

Dentro de este grupo litológico, en el perfil geotécnico se han diferenciado dos subunidades (Dr-Am y Dr-Am*), debido a que presentan destacables variaciones desde el punto de vista de su comportamiento geotécnico.

Arenas y arenas con gravas. (Dr-G)

Este conjunto litológico, también de carácter lenticular, está constituido por gravas poligénicas de tamaño muy variable, desde gravilla hasta bolos, con un contenido en arenas, finas a gruesas, también muy variable. El porcentaje de arcillas en estos niveles es muy bajo, prácticamente nulo, y el de limos es también bajo.

La tonalidad varía de gris, generalmente a techo, a marrón hacia base.

Estos materiales se encuentran alternando con la unidad de arenas y limos, a techo de la unidad de arcillas y limos. La potencia de este nivel también es muy variable, de forma que en algunas zonas no aparece, y en otras se han medido espesores de hasta 20 m.

Fangos

En lo que en su día fueron vaguadas aluviales se han detectado niveles de fangos relativos a algunos episodios de sedimentación de antiguos arroyos.

Rellenos antrópicos. (Qx)

Los materiales cuaternarios que existen en la zona de estudio corresponden a los rellenos antrópicos de la ciudad de Málaga. Se trata de un grupo de materiales muy heterogéneos (aglomerados asfálticos, pavimentos de hormigón, fragmentos de ladrillos, arenas, arcillas....), procedentes de la actividad humana. Se encuentran presentes en toda la superficie estudiada, con una potencia variable de orden métrico.

En el entorno de la actuación se han detectado espesores de hasta 6 m.

3.4 Tectónica

La cuenca del Guadalhorce es una zona deprimida que se encuentra limitada al norte por los montes de Málaga y está abierta al sur hacia el Mar Mediterráneo.

Su zócalo está formado por los materiales del Complejo Maláguide que se encuentran intensamente deformados y tectonizados. Por encima de ellos se ha depositado, de forma discordante, un potente depósito de arcillas marinas relacionadas con cuencas marinas profundas y datadas como del Plio-Mioceno.

En la etapa final de la sedimentación marina se depositaron arenas finas limosas o bien limos arenosos que corresponden a facies marinas de plataforma abierta y que indican una mayor energía que en el depósito de las arcillas. Estas arenas limosas-limo arenosas pueden presentar cambios graduales de granulometría, lo que bien puede indicar una removilización del material por las corrientes marinas.

Una vez finalizada la etapa marina se produjo una sedimentación continental asociada a los cauces de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina, así como a varios arroyos de menor entidad. Los materiales cuaternarios son predominantemente de granulometría gruesa.

En la zona de estudio, en los sedimentos marinos terciarios (arcillas y arenas limosas), así como en los sedimentos aluviales (gravas y arenas), no existen evidencias de neotectónica.

La disposición de las capas es generalmente subhorizontal. Los sedimentos terciarios más antiguos, las arcillas de color gris, presentan a nivel general un ligero buzamiento hacia el sur. Por encima de ellas se atraviesan las arcillas marrón amarillento que bien pueden constituir un cambio lateral de facies y que, en todo caso, son siempre concordantes con las arcillas grises infrayacentes.

Las arenas limosas o limos arenosos se depositan sobre las arcillas en un ambiente con mayor energía con un contacto erosivo poco importante. Estos sedimentos pueden presentar morfología de canales o bien de lentejones debido a que pueden haber sido removilizadas y es frecuente dentro de este nivel apreciar cambio lateral de facies tanto en la horizontal como en la vertical de arenas limosas a limo-arenosas, siempre de grano fino.

Las gravas y arenas se apoyan indistintamente sobre las arcillas marrón amarillento o sobre los limos arenosos. El contacto se realiza mediante una superficie de erosión importante, que dio lugar a la desaparición en algunos tramos de las arenas limosas y provocó la reducción del espesor de las arcillas marrón amarillento.

Las arenas y gravas se disponen de forma subhorizontal y presentan una suave pendiente hacia el sur. Ninguna de las formaciones atravesadas en la zona de estudio presenta estructuras sedimentarias. Las arcillas y arenas del Terciario se presentan masivas y muy homogéneas y las arenas y gravas se presentan muy desordenadas y generalmente caóticas, no pudiendo distinguirse en ellas secuencias sedimentarias grano decrecientes o grano crecientes.

3.5 Geomorfología

A escala regional, la Cuenca del Guadalhorce se caracteriza por estar rellena de sedimentos detríticos en disposición subhorizontal que dan lugar a una extensa planicie

limitada al norte por los Montes de Málaga y al sur por el Mar Mediterráneo y que, en general, presenta una muy suave pendiente hacia el Sur.

Se han identificado algunas pequeñas elevaciones de suave pendiente que corresponden a afloramientos de materiales terciarios. Muchos de estos afloramientos se han excavado y su morfología se ha transformado para la urbanización de la zona.

La morfología de la red fluvial de la zona está condicionada por los cauces de los ríos Guadalmedina y Guadalhorce, y por los arroyos de El Cuarto y Teatinos.

Gran parte del recorrido del río se encuentra encauzado, al atravesar la zona urbana; el tramo no encauzado presenta una morfología de cauce ancho bien delimitado y que en épocas lluviosas del año presenta abundante caudal y gran cantidad de acarreos.

3.6 Hidrogeología

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona se encuadra, en su totalidad, en la denominada Cuenca Sur. La Cuenca Sur, con una superficie de 18.000 km^2, se divide, por su compleja estructura geológica y su especial morfología, en dos sectores, el Occidental y el Oriental, delimitados por la divisoria de aguas de los ríos Adra y Guadalfeo.

El área de estudio se localiza en el Sector Occidental, en concreto en el sistema detrítico de Málaga conocido como la unidad hidrogeológica número 32.

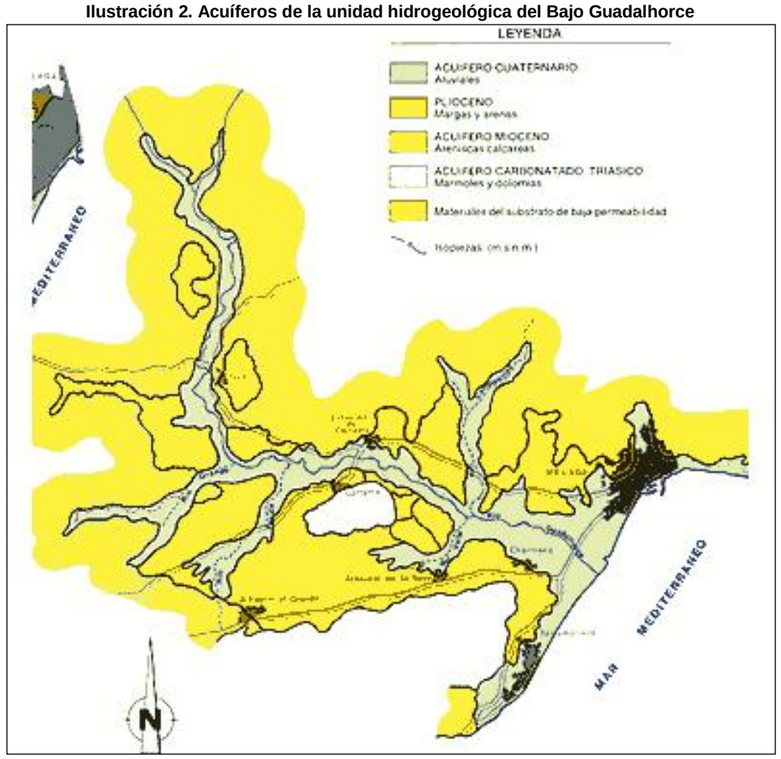
Este sistema está drenado principalmente por el río Guadalhorce. De ahí que este sistema también se conozca como Bajo Guadalhorce.

Está constituido por una serie de acuíferos superpuestos, desarrollados en materiales mioceno-cuaternarios, rodeados por formaciones impermeables (esquistos maláguides), salvo en la zona sur, donde están en contacto con los mármoles de Sierra de Mijas y de la Sierra Blanca.

En conjunto, se distinguen tres acuíferos:

- Acuífero Mioceno, formado por areniscas y calcarenitas miocenas.
- Acuífero Plioceno constituido por margas, arenas y conglomerados de edad pliocena.
- Acuífero Cuaternario formado por gravas, arenas y arcillas cuaternarias, este último es un acuífero libre con un espesor máximo de 50 m.

Ilustración 2. Acuíferos de la unidad hidrogeológica del Bajo Guadalhorce



La recarga se produce por infiltración de lluvia directa, ríos, aportes laterales y retorno de regadíos.

En lo que concierne al trazado en estudio, el acuífero afectado es el cuaternario de arenas y gravas. La potencia de este acuífero junto a los ríos Guadalhorce y Guadalmedina es elevada. A medida que nos acercamos al mar aparecen materiales más permeables, que constituyen el acuífero libre sobre el que se encuentra asentada la ciudad de Málaga.

3.7 Riesgos geológicos

Los principales riesgos geológicos del trazado en estudio vendrán derivados de la posición del nivel freático y de la existencia de rellenos antrópicos.

Nivel freático

El nivel freático será un aspecto a tener en cuenta de forma especial en el diseño del tramo que discurre entre pantallas, y también para el tramo de rampa de salida que se proyecta con sección en U.

Según la información disponible, el agua se sitúa a unos 6,00 m de profundidad en la zona de la estación de Guadalmedina, y en los sondeos realizados en la traza su profundidad oscila entre 4,60 y 7,20 m. Por este motivo, el nivel freático será un aspecto básico a tener en cuenta tanto en el tramo entre pantallas como en el tramo en rampa. Sin embargo, los máximos saneos previstos para el tramo en superficie alcanzan una profundidad de 1,80 m, por lo que no es esperable que se alcance el nivel freático.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la construcción de pantallas en el tramo soterrado puede suponer un obstáculo para el flujo subterráneo de agua. En este caso, el tramo que discurre soterrado tiene una primera alineación S-N, que corresponde aproximadamente al tramo de pantalla ya construido, y vira hacia el Noroeste a partir del PK 0+100 aproximadamente, manteniendo esta dirección hasta el inicio del tramo en rampa, que discurre en dirección E-W. De este modo, parte del trazado discurre de forma oblicua a las líneas de flujo, y hay un tramo, que corresponde a la rampa de ascenso, en el que se sitúa de forma perpendicular. Para evitar el efecto barrera, se adoptarán las mismas medidas ya ejecutadas en el resto de la red (portillos o almenados en las pantallas, sifones, etc.).

Rellenos antrópicos

En algunos tramos es difícil diferenciar los rellenos que se deben a la acción antrópica de los rellenos originados por procesos aluviales, puesto que en ocasiones los primeros se realizan con los mismos materiales que se encuentran en la zona. Hay aspectos, como la disposición del material en el testigo de los sondeos y los resultados de los ensayos de resistencia, que pueden servir como orientación de cara a establecer si se trata de un tipo de relleno u otro, pero es difícil establecer con fiabilidad el origen del relleno.

En el sondeo S-1 (PK 0+375), el espesor del relleno antrópico se puede fijar en 2,00 m. El golpeo y la disposición del material existente bajo estos rellenos parece indicar que por debajo de los 2,00 m se encuentra ya el cuaternario aluvial, concretamente la unidad Dr-Am.

Este espesor se reduce a 1,90 m en el sondeo S-4 (PK 0+490), y los golpeos del penetrómetro P-1 (0+480) parecen indicar que a esa altura el espesor se reduce aún más, hasta 1,60 m.

Sin embargo, en el sondeo S-2 (PK 0+605) el espesor del relleno antrópico aumenta hasta 5,40 m, y entre 5,40 y 8,90 m aparecen materiales que no se encuentran en el entorno más próximo (calcarenitas y microconglomerados) y que podrían ser materiales de aportación, utilizados, posiblemente, para cubrir un antiguo cauce. Aunque esto no se puede asegurar, ya que no se ha encontrado información histórica al respecto, sí es algo que ha quedado recogido también en otros proyectos del Metro de Málaga. Concretamente, en el proyecto del tramo adyacente, “Guadalmedina-RENFE”, se hace referencia a este tema.

A la altura del penetrómetro P-2 (PK 0+840), el relleno parece tener una potencia de 1,20 m, que en el penetrómetro P-3 (PK 0+195) aumenta hasta 1,60 m, y que en el penetrómetro P4 (PK 1+385) se puede fijar en 2,60 m. Esta tendencia creciente parece mantenerse a lo largo del resto del trazado, de forma que en el sondeo S-3 (PK 1+815) aumenta hasta 4,50 m.

Se plantean algunas dudas en la interpretación del penetrómetro P-5 (PK 1+515) en lo que se refiere al espesor del relleno antrópico, ya que los golpeos marcan una tendencia de golpeo ascendente desde el principio, que podría indicar que el espesor del relleno en esta zona es muy reducido, hecho que se vería apoyado por el hecho de que la zona se encuentra algo más elevada que la de su entorno. Sin embargo, y ante la falta de información directa (sondeos) que corrobore este hecho, se ha optado por hacer una interpretación más conservadora de los datos. De este modo, en la gráfica de golpeo del penetrómetro se señalan dos zonas, la primera a 3,60 m de profundidad y la segunda a 5,00 m, que podrían estar marcando el muro del relleno. Para el perfil longitudinal se ha considerado la profundidad más desfavorable (5,00 m), teniendo en cuenta los datos aportados por el sondeo S-3.

Los elementos del tramo que discurre en túnel y del tramo en rampa se calcularán teniendo en cuenta la presencia de estos materiales. Para ello, y dada la naturaleza heterogénea de los rellenos, se adoptarán parámetros conservadores, que tengan en cuenta tanto la información específica del presente tramo como otros datos que se hayan obtenido en la caracterización de las formaciones en tramos cercanos, especialmente en los casos en los que estos últimos han sido más desfavorables.

Para el tramo en superficie, la situación proyectada supone una reducción de las cargas transmitidas al terreno frente a la situación actual, por lo que no se espera que la presencia de rellenos antrópicos suponga un condicionante de cara al diseño. No obstante, no se puede descartar la posibilidad de que sea preciso realizar saneos localizados. De forma complementaria, y dada la naturaleza de la infraestructura que se proyecta, y con objeto de asegurar su durabilidad, se colocará una geomalla biaxial de regularización en el fondo de la excavación.

En cualquier caso, hay aspectos, como la posible necesidad de realizar saneos puntuales, que no pueden quedar resueltos a nivel de proyecto, por lo que es preciso que durante los trabajos de excavación de la totalidad de la traza haya presente un técnico especialista en geología y geotecnia, integrado en el equipo de Dirección de Obra, que pueda tomar las decisiones oportunas, siempre con el visto bueno del Director de Obra.

4.- PROCEDENCIA DE MATERIALES

Este apartado tiene como finalidad establecer las necesidades de materiales para la ejecución de las obras proyectadas para la prolongación de la Línea 2 del Metro de Málaga y estudiar las posibles procedencias de cada uno de estos materiales. Para ello, se ha partido de la abundante información disponible de los proyectos adyacentes a este trazado y de la campaña de geotecnia realizada. Los trabajos que se han llevado a cabo son los siguientes:

- Caracterización de las distintas litologías procedentes de la excavación susceptibles de ser explotadas mediante el análisis de los terrenos existentes a lo largo del trazado.
- Elaboración de un inventario de canteras y plantas de suministro situadas a una distancia razonable del trazado, incluyendo una descripción del material a explotar (o procedencia del mismo), capacidad de producción, accesibilidad, distancia a la obra y toda la información que pueda ser considerada de interés.

4.1 Necesidades de material

Dentro de los distintos tipos de materiales necesarios para completar todas las unidades de obra necesarias en la ejecución de presente obra, pueden diferenciarse los siguientes:

4.1.1 Suelos y áridos: Canteras y planta de reciclaje de RDC

Se han buscado tanto suelos (tolerables, adecuados y seleccionados) como zahorras, que se utilizarán, fundamentalmente, en zonas de zanja, en trabajos de reurbanización y sobre el dintel del tramo en túnel.

Parte de los materiales procederán de las excavaciones a realizar en la propia traza, mientras que otros procederán de canteras. Por esta razón se han incluido los inventarios de las distintas instalaciones existentes en las proximidades de la ciudad de Málaga.

4.1.2 Instalaciones de suministro

El comienzo del tramo estudiado se ha proyectado en túnel, construido con un recinto entre pantallas. Por ello, la mayor parte de los elementos estructurales se ejecutarán con hormigón armado.

Así mismo, para la colocación de la vía y la reorganización de viales se necesitarán distintos tipos de hormigones.

Además, en los trabajos de reurbanización será preciso emplear mezclas bituminosas.

Por este motivo se ha recopilado información sobre instalaciones de ambos tipos existentes a una distancia razonable de la obra e inventariadas en anteriores proyectos.

4.1.3 Volúmenes necesarios

En la siguiente tabla se incluyen los datos referentes al volumen de excavación previsto y las mediciones de suelos y hormigones:

Unidad	Medición total
m³ excavación bajo cubierto	62.492,59 m³
m³ excavación a cielo abierto	34.613,53 m³
m³ relleno con RAP/suelo adecuado	6.396,00 m³
m³ relleno con suelo seleccionado	4.264,00 m³
m³ relleno con zahorra artificial	3.303,64 m³
m³ relleno con HM-20	478,76 m³
m^3 HA-30/F/15/IIa+Qa	19.787,76 m^3
m^3 HA-30/B/20/IIa	11.195,42 m^3
m^3 HA-30/B/20/IIa+Qa	4.061,40 m^3

4.2 Estudio de aprovechamiento de materiales de la propia traza

Una vez establecidos en el apartado anterior los diferentes tipos de materiales para la ejecución de la obra proyectada, se pasa a describir, en primer lugar, el material procedente de las excavaciones, para establecer su posible uso en las distintas unidades de obra.

Hay que señalar que la utilización de los materiales procedentes de las excavaciones precisa de un estudio de aprovechamiento en fase de obra, que deberá irse ajustando en función de los resultados de los ensayos de caracterización que se vayan realizando. A nivel de proyecto, se considera que todo el material se envía a vertedero.

En el tramo excavado en subterráneo dentro del trazado se encontrarán las siguientes unidades geológicas:

Arenas y arenas con gravas. (Dr-G)

Aparecerán en mayor o menor medida en la excavación entre pantallas, alternándose con las arenas limosas y limos arenosos. Se detectarán una vez superados los niveles superiores de niveles antrópicos, y a muro se encontrará el Plioceno.

Son los materiales que mejores características en cuanto a su reutilización presentan clasificándose de forma general como suelos adecuados según la ICAFIR.

Arenas limosas y limos arenosos. (Dr-Am)

Estos materiales, aparecen entremezclados con los anteriores, en forma de cambios laterales de facies. En cuanto a su reutilización según la ICAFIR, se clasificarían como suelos tolerables de acuerdo con los ensayos disponibles, por lo que también podrán ser utilizados como rellenos dentro de esa categoría.

Rellenos antrópicos. (Qx)

Los rellenos antrópicos se excavarán a lo largo de toda la traza, con un espesor que oscila entre 1,20 y 5,40 m en los puntos reconocidos, información que concuerda con la recabada de otros trabajos realizados en el entorno.

A excepción de la parte correspondiente a paquetes de firme, que podría ser susceptible de reaprovechamiento, se recomienda su retirada a vertedero.

4.3 Suelos y áridos: Canteras y planta de reciclaje de RCD

Las canteras de áridos e instalaciones de reciclaje más susceptibles de ser utilizadas en la obra para el suministro de suelos seleccionados, adecuados, zahorras artificiales, etc., son las siguientes:

El Troconal

- Material: Caliza dolomítica
- Situación: Alhaurín de la Torre (Málaga)
- Acceso: C-344
- Empresa: ÁRIDOS Y REFORESTACIÓN. GRUPO SANDO
- Persona de contacto: José Miguel Barbancho
- Producción: 600.000 t/año
- Distancia a la traza: 22 km

El Sillero

- Material: Calizas tableadas de grano fino
- Situación: Málaga
- Acceso: Por carretera N-340
- Empresa: ÁRIDOS Y REFORESTACIÓN. GRUPO SANDO
- Persona de contacto: José Miguel Barbancho
- Distancia a la traza: 16 km

Los Arenales

- Material: Calizas dolomíticas
- Situación: Mijas (Málaga)
- Acceso: N-340 Málaga-Cádiz, salida Mijas Benalmádena
- Empresa: COMPAÑÍA GENERAL DE CANTERAS
- Persona de contacto: Rafael Colmenero
- Distancia a la traza: 34 km

Cantera Taralpe

- Material: Calizas dolomíticas
- Situación: Alhaurín de la Torre (Málaga)
- Acceso: N-340 Málaga-Cádiz, salida Coín
- Empresa: COMPAÑÍA GENERAL DE CANTERAS
- Persona de contacto: Rafael Colmenero
- Producción: 500.000 t/año
- Distancia a la traza: 24 Km
- Distancia a la traza: 25 km

Planta Reciclaje de RCD el Tarajal

- Material: Zahorra artificial reciclada de Hormigón 0/32
- Situación: Málaga , carril de los Chopos s/n
- Acceso: Por paseo marítimo o por A-357 y Avda. Andalucía.

- Empresa: ARISTERRA, S.L.-
- Persona de contacto: Pablo Pérez González
- Producción: 200.000 Tn/año
- Distancia a la traza: 9,8 Km hasta el paseo del Parque.

En el anejo 5 se incluyen las fichas correspondientes.

4.4 Plantas de suministro

Se han diferenciado dos tipos de plantas de suministro, en función de que se precisen hormigones o mezclas bituminosas. Las fichas de las plantas diferentes plantas de suministro se incluyen en el apéndice 5.

4.4.1 Plantas de fabricación de hormigones

A continuación se relacionan las instalaciones de suministro que se han inventariado en relación con la unidad de obra de hormigones:

Villarrosa

- Situación: Polígono Industrial Villarrosa
- Empresa: READYMIX
- Persona de contacto: José María Ballesteros
- Teléfono/s: 952 230 229
- Producción: 8.000 m³/mes
- Distancia a la traza: 10,5 km
- Áridos empleados: Cantera Pinar y áridos de Compañía General de Canteras

HORMICEM

- Situación: Polígono Industrial La Huertecilla (Málaga)
- Empresa: HORMIGONES Y CEMENTOS ANDALUCES
- Persona de contacto: Juan Jiménez
- Teléfono/s:952 179 277 / 661 828 092
- Producción: No facilitada
- Distancia a la traza: 14 km
- Áridos empleados: Canteras Alhaurín de la Torre

4.4.2 Plantas de mezclas bituminosas

Las plantas de aglomerado más próximas a Málaga son las siguientes:

- PAMASA, Pavimentos y Asfaltos de Málaga en la localidad de Churriana de la Vega.
- CONACON, de la empresa de construcción malagueña SANDO en la localidad de Alhaurin de la Torre.
- RUS, del grupo constructor sevillano RUS en Manilva.
- PAVESUR, en la localidad de Bobadilla.

4.5 Vertederos de inertes

El proyecto objeto de estudio es excedentario en tierras al tratarse de una obra en la que habrá que llevar a cabo excavaciones importantes en el tramo en túnel y saneos de diversa entidad a lo largo de toda la traza, y en la que no hay previstos rellenos importantes salvo los derivados de las unidades de obra de servicios afectados y reorganización de viales.

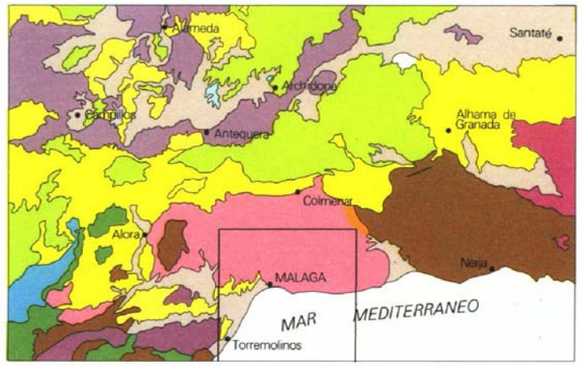
Por otra parte, el material procedente de las excavaciones será muy heterogéneo, lo que hace que no sea posible establecer un modelo de comportamiento fiable tras su puesta en obra. Por este motivo, y a nivel de proyecto, se considera que todo el material procedente de las excavaciones, que asciende a un volumen aproximado de 100.000 m^3, deberá ser trasladado a vertedero.

Con estos condicionantes, la opción que debe considerarse es la de trasladar el material sobrante procedente de las excavaciones al complejo medioambiental “Los Ruices”, cuya titularidad pertenece al Ayuntamiento de Málaga, que cuenta con una zona específica para el almacenamiento de sobrantes de excavación que no precisan de tratamientos adicionales. En estas instalaciones, además, se puede realizar el tratamiento de los productos que, por sus características, lo puedan requerir.

Se incluye ficha en el apéndice 3.

Apéndice 1.- Mapa geológico 1:50.000 (IGME)

ESQUEMA REGIONAL



Escala 1:1.000.000

- Cuaternario
- Terciario
- Unidades terciarias alóctonas

SUBBETICO
- Mesozoico post-triásico y terciario
- Triásico

UNIDAD DE LAS NIEVES

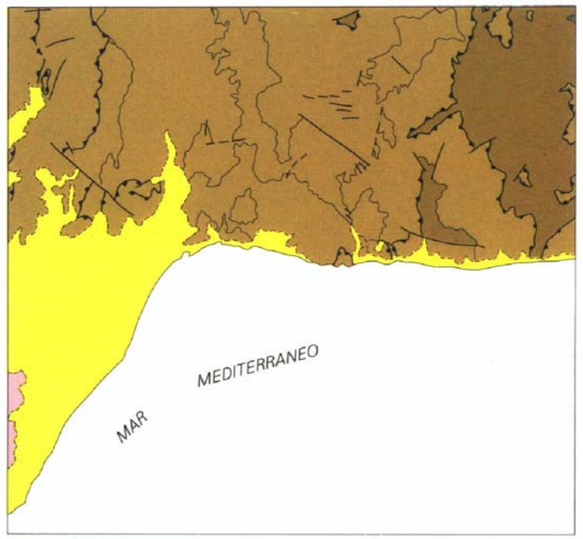
MALAGUIDE

ALPUJARRIDE
- Cámbrico-Permotrias
- Permotrias- Triásico

UNIDAD DE BLANCA

ROCAS ULTRABASICAS

ESQUEMA DE UNIDADES TECTONICAS



Escala 1:250.000

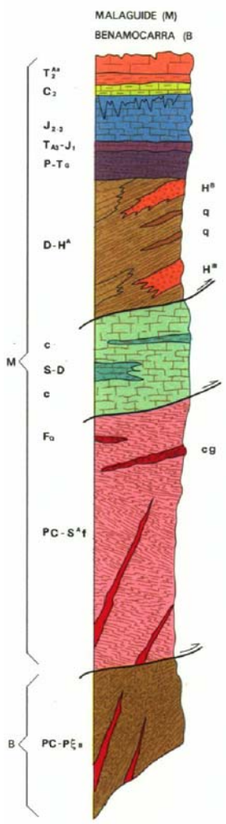
- Post-Manto
- Maláguide
- Unidad de Benamocarra
- Alpujárride
- Unidad de Blanca

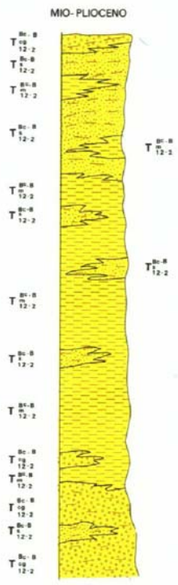
SIGNOS CONVENCIONALES

- Contacto normal
- Contacto discordante
- Contacto mecanico
- Falla
- Falla supuesta o deducida
- Cabalgamiento
- Cabalgamiento supuesto o deducido
- Anticlinal
- Dirección y buzamiento horizontal
- Dirección y buzamiento vertical
- Dirección y cantidad de buzamiento
- Esquistosidad,dirección y buzamiento
- Fósiles (invertebrados)
- Microfauna
- Mina inactiva
- Cantera activa
- Cantera inactiva
- Mena metálica de cobre (Cu)

SP EDITA: SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
C.S.G. 1972
Base topográfica y tirada : Instituto Geográfico Nacional
Grabado y fotomecánica: Cartográfica Ibérica S A. (Cibesa)
Depósito legal: M- 6.789-1978

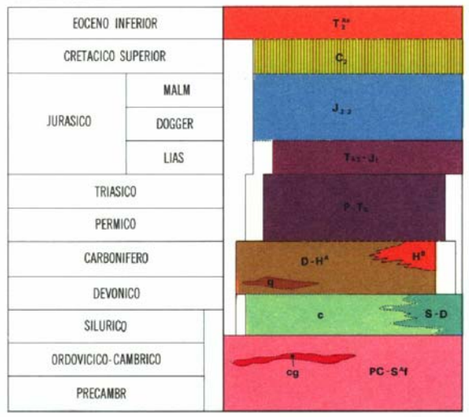
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS





Escala 1:1.000

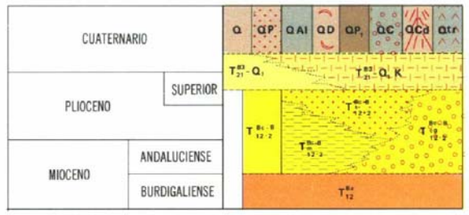
MALAGUIDE



- T_2^{Ae} Calizas y margas
- C_2 Calizas rojas
- J_{2-3} Calizas blancas
- $T_{A3}-J_1$ Dolomias
- $P-T_G$ Areniscas, conglomerados, yesos y arcillas
- H^B Conglomerado poligénico
- q Liditas
- $D-H^A$ Grauwacas y filitas
- S-D Calizas,filitas y grauwacas
- c Calizas
- cg Conglomerados siliceos
- $PC-S^Af$ Filitas y metareniscas

LEYENDA

SEDIMENTOS POST-MANTOS



- Q Indiferenciado
- QP Playas
- QAl Aluvial
- QD Dunas
- QP_1 Arenisca y conglomerados
- QC Coluviones
- QCd Conos
- Qtr Tobas
- $T_{21}^{B3}-Q_1$ Piedemontes sin costras calcareas
- $T_{21}^{B3}-Q_1K$ Piedemontes con costras calcareas
- T_{12-2}^{Bc-B} Indiferenciado: Arenas y arcillas
- T_{12-2}^{Bc-B} Conglomerados
- T_{12-2}^{Bc-B} Arenas
- T_{12-2}^{Bc-B} Arcillas y/o Margas
- T_{12}^{Ba} Areniscas y conglomerados

LEYENDA

UNIDAD DE BENAMOCARRA

PALEOZOICO	$PC-P\xi_B$	$PC-P\xi_B$ Micaesquistos con granate, andalucita y estaurolita
PRECAMBRICO		

ALPUJARRIDE

PERMICO- TRIAS INFERIOR?	$P-T_{A1}\xi T_A$	$P-T_{A1}\xi T_A$ Esquistos y cuarcitas

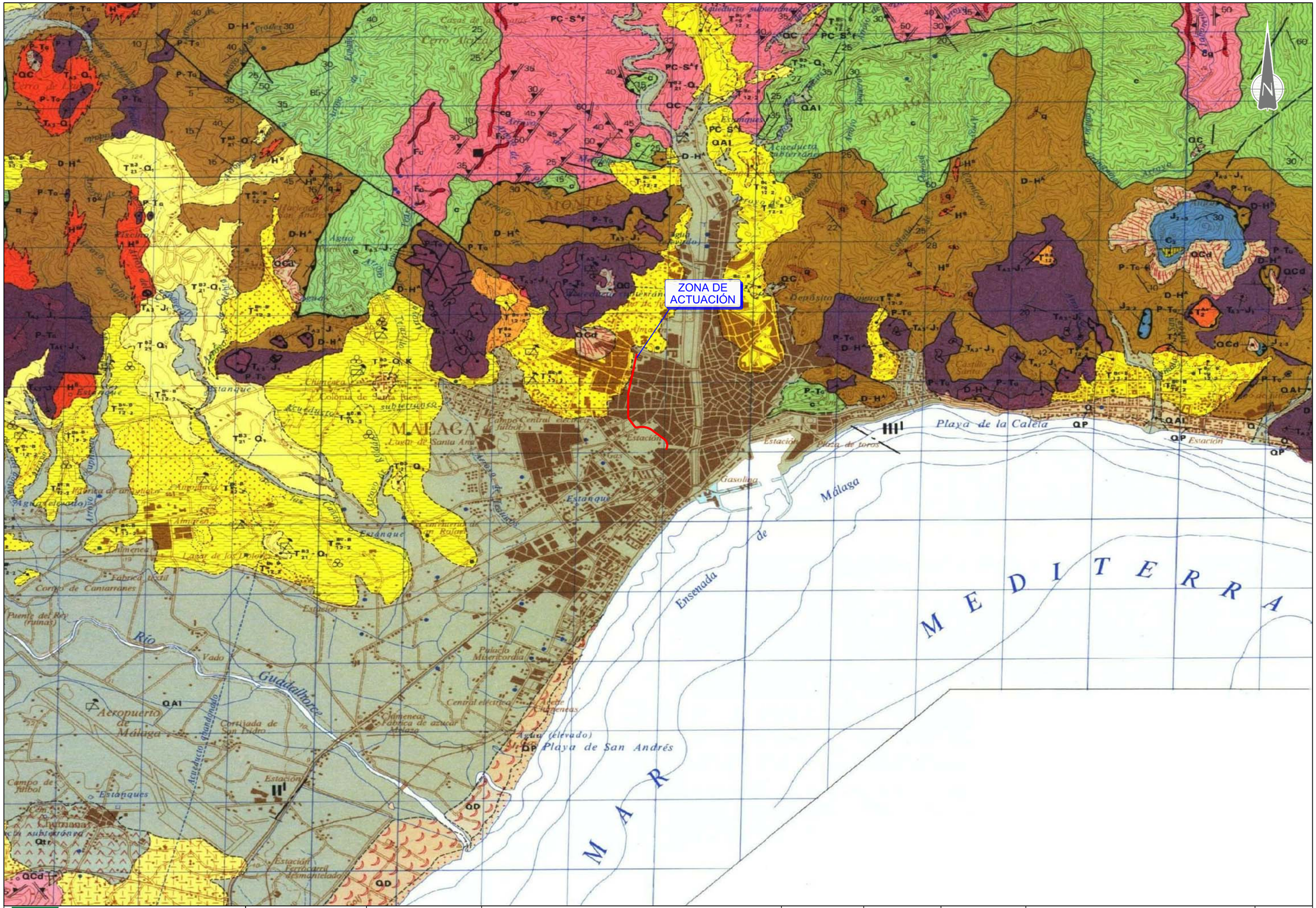
UNIDAD DE BLANCA

TRIASICO?	$T_A\Delta\xi A$	$T_A\Delta\xi A$ Mármol azul tableado

ROCAS FILONIANAS

	F_G	F_G Diques de cuarzo

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA	AUTOR DEL PLANO: D. HORACIO PEDRAZA MARTINEZ	REVISADO POR: D. JUAN HERRERA MOSCARDÓ	TÍTULO DEL PROYECTO PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA. TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL	SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	FECHA Enero - 2016 EXPEDIENTE T-MM6202/APR0	ESCALA INDICADAS FORMATO ORIGINAL UNE A-1	PLANO MAPA GEOLÓGICO 1:50.000 (IGME) NOMBRE DEL FICHERO DIGITAL:	NÚMERO DE PLANO AN-04 AP-1 HOJA 1 DE 2



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA

AUTOR DEL PLANO:	REVISADO POR:	TÍTULO DEL PROYECTO	SUSTITUYE A	FECHA	ESCALA	PLANO	NÚMERO DE PLANO
D. HORACIO PEDRAZA MARTÍNEZ	D. JUAN HERRERA MOSCARDÓ	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA. TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL	SUSTITUIDO POR	Enero - 2016	S/E	MAPA GEOLÓGICO 1:50.000 (IGME)	AN-04 AP-1
				EXPEDIENTE T-MM6202/APR0	FORMATO ORIGINAL UNE A-1	NOMBRE DEL FICHERO DIGITAL:	HOJA 2 DE 2

Apéndice 2.- Plano de situación de canteras, instalaciones de suministro y vertederos de inertes

COMPLEJO MEDIOAMBIENTAL "LOS RUICES"
HORMIGONES "HORMICEN"
ZONA DEL PROYECTO
CANTERA "SILLERO"
CANTERA "TARALPE"
CANTERA "LOS ARENALES"
CANTERA "EL TRONCONAL"
Pizarra
Cártama
Campanillas
Sierra Espartales
Alhaurín de la Torre
Alhaurín el Grande
Torremolinos
Churriana
Sierra de Mijas
Mijas
Benalmádena
Arroyo de la Miel-Benalmádena-Costa
Paraje Natural Desembocadura del Guadalhorce
Guadalmar-San Julián
Playa de la Malagueta
Playa de San Andrés
Playa la Misericordia
Playa de San Julián
Playa del Lido
Playa de la Carihuela
ENSENADA DE MÁLAGA
Aeropuerto de Málaga
Aquapark Torremolinos
Crocodile Park
Tivoli World
See Life Benalmádena
Finca la Concepción
Emb. del Limonero
Puerto de los Pescadores 305
Cristo de la Agonía
Puerto de la Media Luna
Pinos de Alhaurín
Estación
Maqueda
Sta. Rosalía
Puerto Terrón
Estación de Cártama
Estación de Aljaima
Estación de Guadalhorce
Estación de Fuensanta
Estación de Benalmádena
Estación de Arroyo de la Miel
Estación de Torremolinos
Estación de Churriana
Estación de Campanillas
Estación de Cómeres
Estación de Pizarra
Estación de Alhaurín el Grande
Estación de Alhaurín de la Torre
Estación de Mijas
Estación de Cártama
Estación de Aeropuerto
Estación de Ataraya

Apéndice 3.- Inventario de canteras, planta de reciclado RCD, instalaciones de suministro y vertederos de inertes

INVENTARIO DE CANTERAS Y PLANTA DE RECICLAJE RCD

CANTERA EL TROCONAL

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL: Alhaurín de la Torre PROVINCIA: Málaga

HOJA ESCALA 1:50.000: 1.066 HOJA ESCALA 1:200.000: 87

EMPRESA: ÁRIDOS Y REFORESTACIÓN. GRUPO SANDO
Avenida Ortega y Gasset, 194-196.
26006 Málaga

DIRECTOR FACULTATIVO: José Miguel Barbancho
Teléfonos: 952 326 083 / 699 961 749
Fax: 952 322 050

INSTALACIONES: Planta de primario y secundario.

DISTANCIA A LA OBRA: 22 Km a la estación de Guadalmedina

ACCESOS: Buenos, por N-340 (Málaga-Cádiz), salida Coín y por C-344

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:

LITOLOGÍA: Calizas dolomíticas

ESTRUCTURA: Bancos de potencia de 30 cm

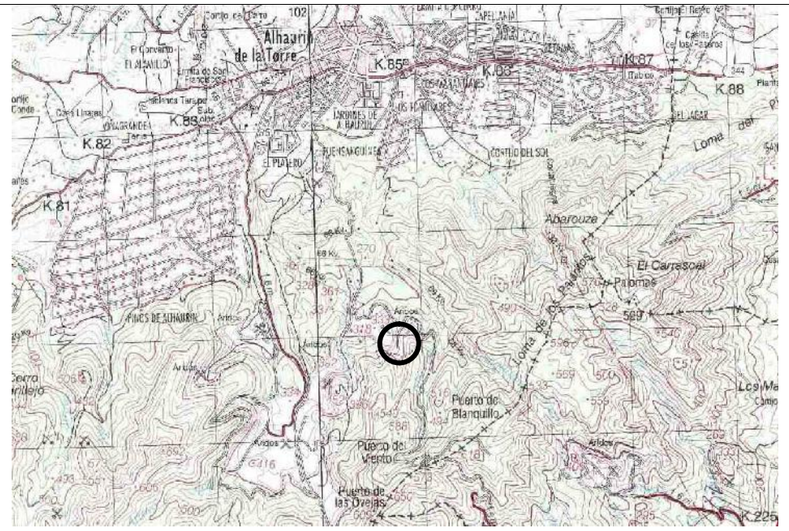
EXPLOTACIÓN:

PRODUCCIÓN: 600.000 Tn/año RESERVAS:

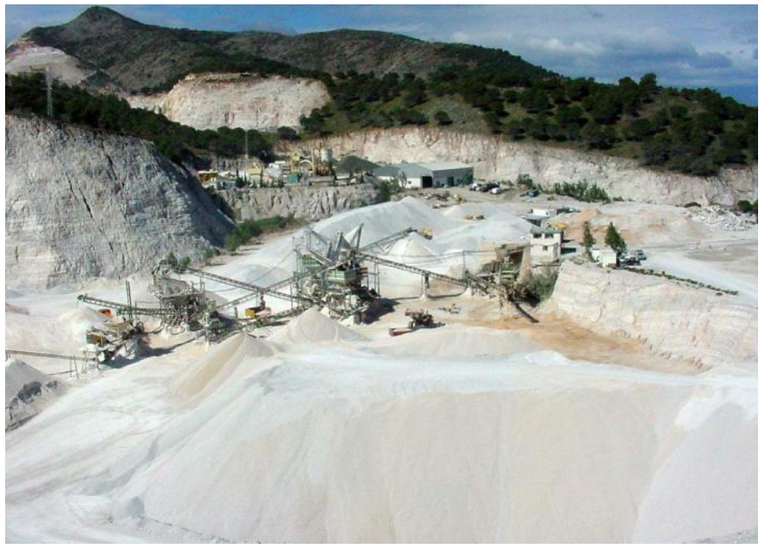
POSIBLE USO EN LA OBRA: Áridos, zahorras, escollera,...

ENSAYOS DE LABORATORIO:	Árido 0/5	Árido 5/8	Árido 5/15	Árido 0/16	Zahorra ZA 0/20	Zahorra ZA 0/40
Equivalente Arena	66	-	-	74	46	60
Azul de Metileno	0,2	-	-	-	-	-
Módulo de finura	2,81	-	-	3,48	-	-
Pasa # 63	15	0,5	0,4	11,5	9,4	8,8

OBSERVACIONES:



Mapa topográfico 1:50.000 situación de la cantera



Vista general de la cantera El Troconal

CANTERA EL SILLERO

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL: Málaga PROVINCIA: Málaga

HOJA ESCALA 1:50.000: 1.066 HOJA ESCALA 1:200.000: 87

EMPRESA: ÁRIDOS Y REFORESTACIÓN. GRUPO SANDO
Avda. Ortega y Gasset, 194-196.
26006 Málaga

DIRECTOR FACULTATIVO: José Miguel Barbancho
Teléfonos: 952 326 083 / 699 961 749
Fax: 952 322 050

INSTALACIONES: Planta de primario y secundario.

DISTANCIA A LA OBRA: 15 Km a la estación de Guadalmedina

ACCESOS: Buenos, por carretera N-340 (Málaga-Cádiz)

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:

LITOLOGÍA: Calizas tableadas de grano fino

ESTRUCTURA:Masiva, en bancos horizontales

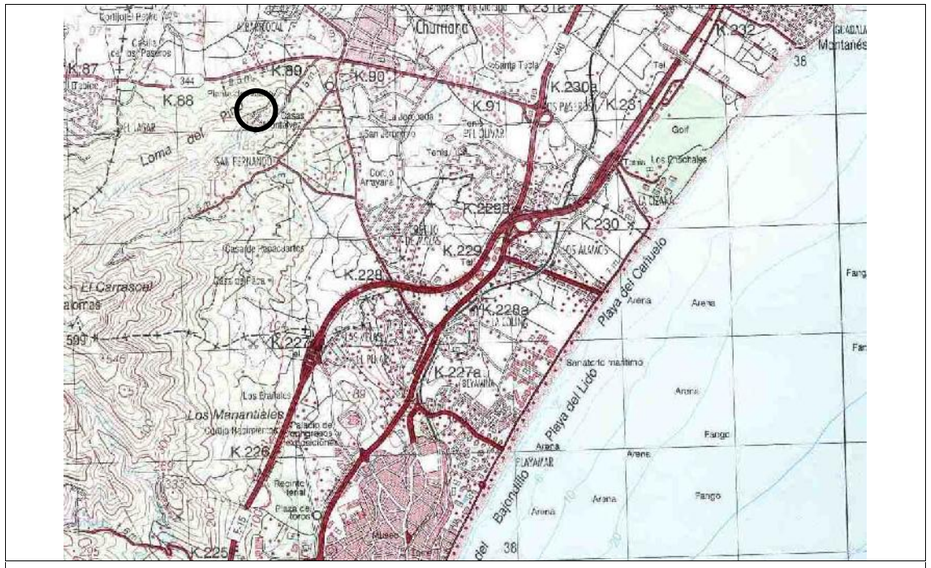
EXPLOTACIÓN:

PRODUCCIÓN: RESERVAS:

POSIBLE USO EN LA OBRA: Zahorra artificial, zahorra natural, escollera...

ENSAYOS DE LABORATORIO:

OBSERVACIONES:



Mapa topográfico 1:50.000 situación de la cantera

Vista general de la cantera El Sillero

CANTERA LOS ARENALES

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL: Mijas PROVINCIA: Málaga

HOJA ESCALA 1:50.000: 1.066 HOJA ESCALA 1:200.000: 87

EMPRESA: COMPAÑÍA GENERAL DE CANTERAS, S.A.
Cañada de Las Grajas s/n. Mijas (Málaga)

DIRECTOR FACULTATIVO: Rafael Colmenero (producción)
Juan José Álvarez Rueda (comercial)
Teléfonos: 952 209 161 / 629 568 838
Fax: 952 209 132

INSTALACIONES:

DISTANCIA A LA OBRA: 33 Km a la estación de Guadalmedina

ACCESOS: Por carretera N-340 (Málaga-Cádiz) salida Mijas Benalmádena

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:

LITOLOGÍA: Caliza dolomítica

ESTRUCTURA:

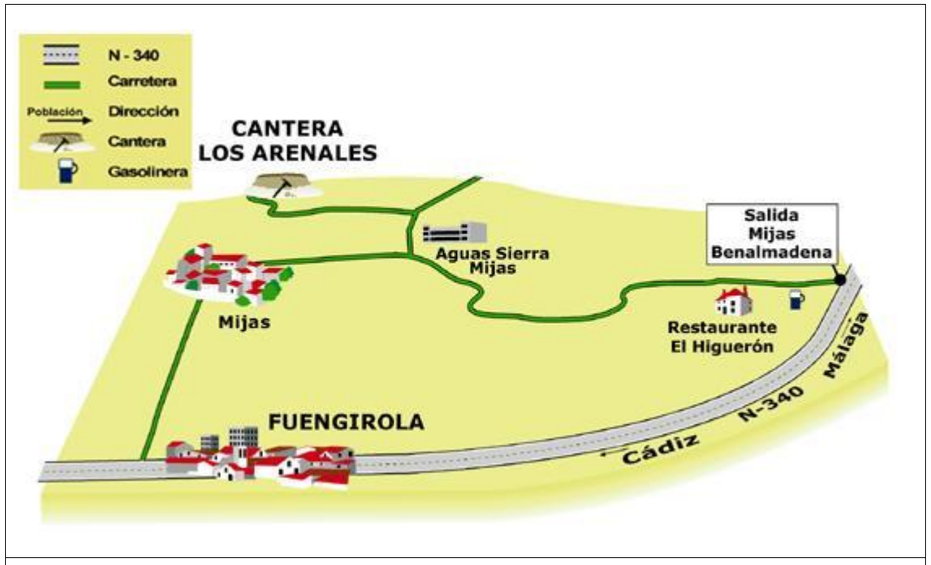
EXPLOTACIÓN:

PRODUCCIÓN: 500.000 Tm/año RESERVAS:

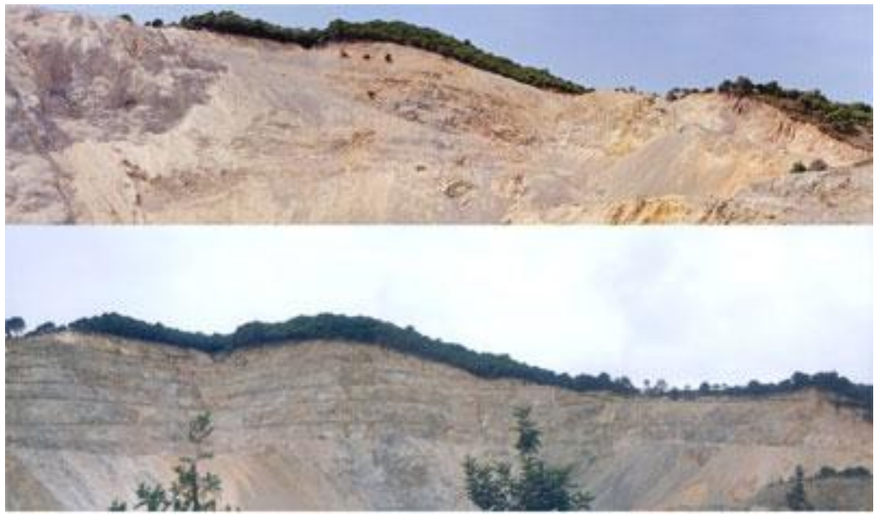
POSIBLE USO EN LA OBRA: Gravas, zahorra artificial, todo uno.

ENSAYOS DE LABORATORIO:

OBSERVACIONES: Página web www.financierayminera.com



Croquis de situación de la cantera



Detalle del antes y después de una zona restaurada de la cantera

CANTERA TARALPE

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL: Alhaurín de la Torre PROVINCIA: Málaga

HOJA ESCALA 1:50.000: 1.066 HOJA ESCALA 1:200.000: 87

EMPRESA: COMPAÑÍA GENERAL DE CANTERAS, S.A.

DIRECTOR FACULTATIVO: Rafael Colmenero (producción)
Juan José Álvarez Rueda (comercial)
Teléfonos: 952 209 161 / 629 568 838
Fax: 952 209 132

INSTALACIONES:

DISTANCIA A LA OBRA: 23 Km a la estación de Guadalmedina

ACCESOS: Por carretera N-340 (Málaga-Cádiz) salida Coín
luego por C-344 sentido Coín

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:

LITOLOGÍA: Caliza dolomítica

ESTRUCTURA:

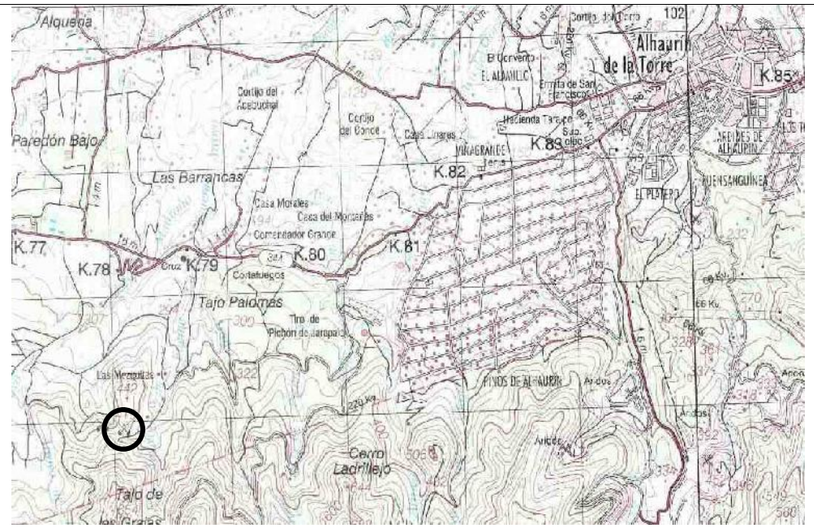
EXPLOTACIÓN:

PRODUCCIÓN: 500.000 Tm/año RESERVAS:

POSIBLE USO EN LA OBRA: Gravas, zahorra artificial, todo uno, escollera.

ENSAYOS DE LABORATORIO:

OBSERVACIONES: Página web www.financierayminera.com



Mapa topográfico 1:50.000 situación de la cantera

Croquis de situación de la cantera

PLANTA RECICLAJE de RCD EL TARAJAL

LOCALIZACIÓN: carril de los Chopos s/n, Málaga.

TÉRMINO MUNICIPAL: Málaga PROVINCIA: Málaga

EMPRESA: ARISTERRA, S.L. - GRUPO CONTRAT
San Andrés, 19
29002 Málaga

DIRECTOR FACULTATIVO: Pablo Pérez González
Teléfonos: 952 002439 / 662334706
Fax: 952 357664

INSTALACIONES: Trituración primaria, precribado, molienda secundario y cribado.

DISTANCIA A LA OBRA: 9,8 kms hasta el paseo del parque

ACCESOS: Buenos, por paseo marítimo o por A-357 y Avda. Andalucía.

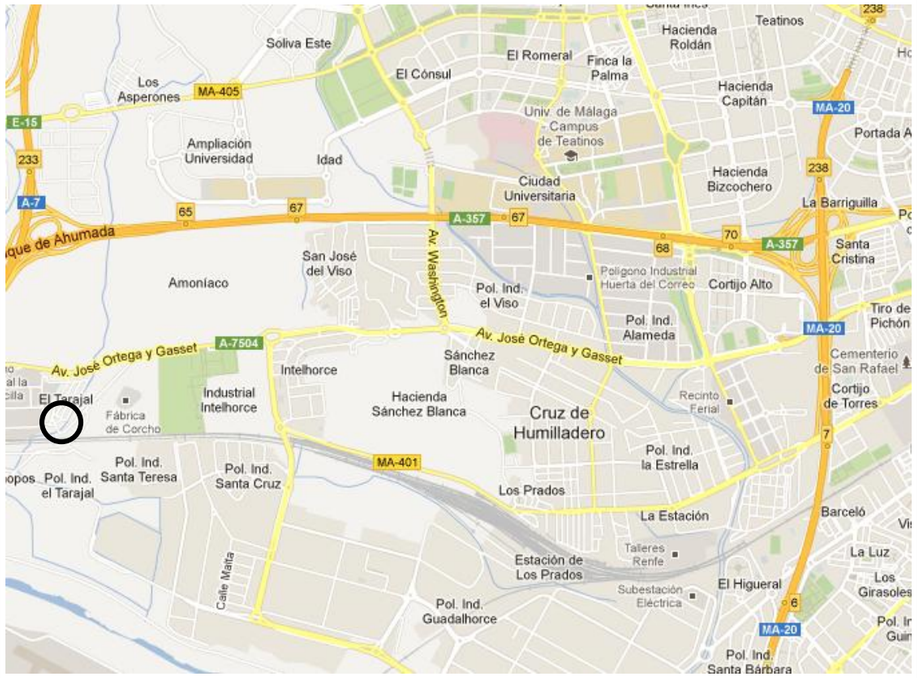
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:

- Hormigón, asfalto, cerámico.

PRODUCCIÓN: 200.000 Tn/año

POSIBLE USO EN LA OBRA: Zahorra artificial, Suelo seleccionado, arenas, gravas.

ENSAYOS DE LABORATORIO: La Zahorra artificial reciclada de Hormigón tiene marcado CE y Declaración de Conformidad



Situación de la Planta de Reciclaje de RCD El Tarajal y vista general

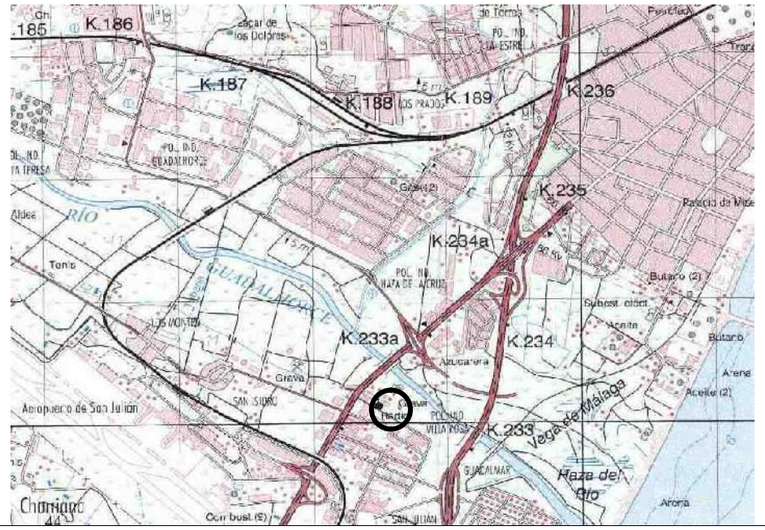
INVENTARIO DE INSTALACIONES DE SUMINISTRO

HORMIGONES VILLARROSA

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL:	Málaga	PROVINCIA:	Málaga
HOJA ESCALA 1:50.000:	1.053	HOJA ESCALA 1:200.000:	83

EMPRESA:	READYMIX ASLAND
PERSONA DE CONTACTO:	José María Ballesteros Lara Teléfonos: 952 244 745 / 952 230 229
DIRECCIÓN:	Pasaje Villarrosa, 4 Polígono Industrial Villarrosa
DISTANCIA A LA OBRA:	9,2 Km a la estación de Guadalmedina
ACCESOS:	Acceso directo por carretera
PRODUCCIÓN:	8.000 m³/mes
INSTALACIONES:	Planta torre
ÁRIDOS EMPLEADOS	Cantera Taralpe y los Arenales (Compañía General de Canteras) Cantera Pinar (Áridos Premezclados)
OBSERVACIONES:	



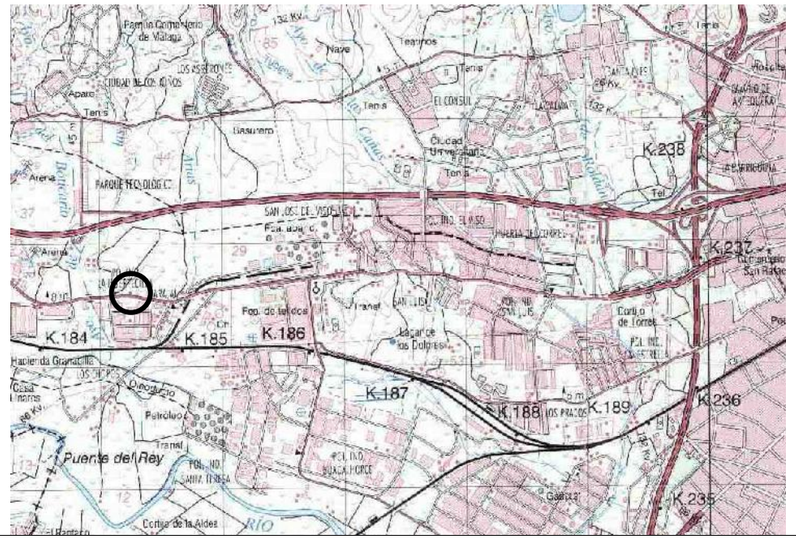
Situación de la planta de hormigón en plano topográfico 1:50.000

Vista general de las instalaciones de la planta de hormigón.

HORMICEN

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL:	Málaga	PROVINCIA:	Málaga
HOJA ESCALA 1:50.000:	1.053	HOJA ESCALA 1:200.000:	83



Situación de la planta de hormigón en plano topográfico 1:50.000

EMPRESA: HORMIGONES Y CEMENTOS ANDALUCES

PERSONA DE CONTACTO: Juan Jiménez
Teléfonos: 952 179 277 / 661 828 092
Fax: 952 179278

DIRECCIÓN: C/ Fedra, 28
Polígono Industrial La Huertecilla

DISTANCIA A LA OBRA: 13 Km a la estación de Guadalmedina

ACCESOS: Acceso directo por carretera

PRODUCCIÓN:

INSTALACIONES:

ÁRIDOS EMPLEADOS Canteras de Alhaurín de la Torre

OBSERVACIONES: No facilitada más información por parte de la empresa

VERTEDERO DE INERTES

COMPLEJO MEDIOAMBIANTAL DE MÁLAGA "LOS RUICES" (MÁLAGA)

LOCALIZACIÓN:

TÉRMINO MUNICIPAL: Málaga PROVINCIA: Málaga

COORDENADAS: UTM: X = 365350, Y = 4.067125 , Zona: 30

TITULAR: Ayuntamiento de Málaga

GESTOR: Servicio Integral de Limpieza III, S.A.

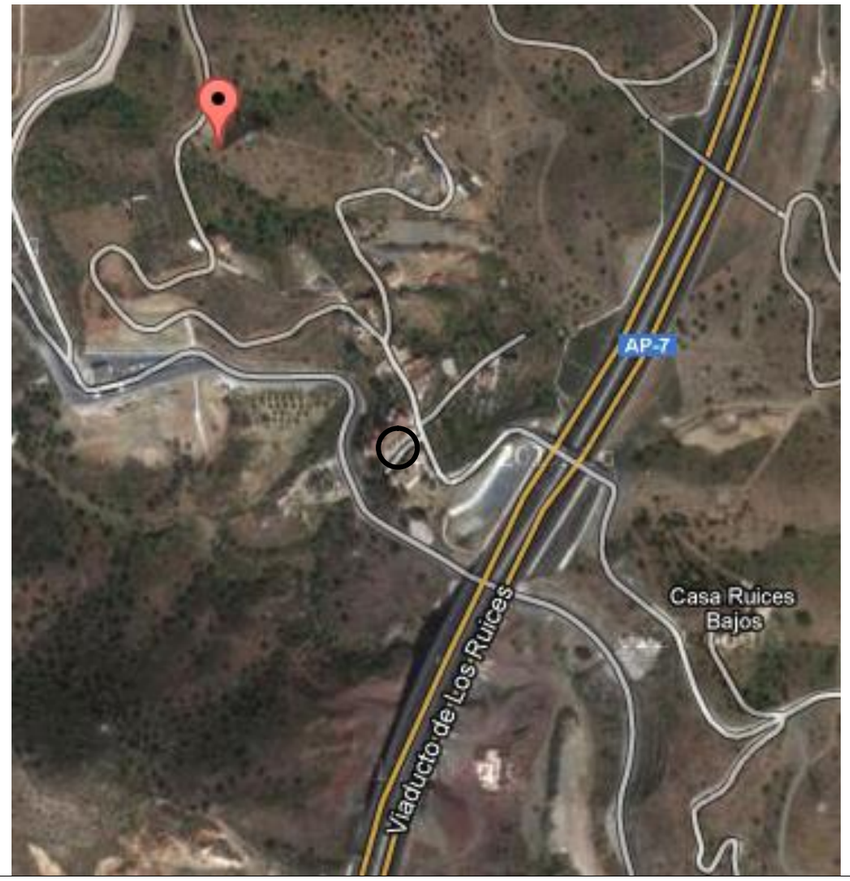
ACTIVIDAD: Valoración y eliminación de residuos no peligrosos

PERSONA DE CONTACTO: Desconocido
Teléfono: 951440200
Fax: 951440201

DIRECCIÓN: C/ Los Asperones, s/n (Finca Los Ruices), 29010 Málaga

EMPLAZAMIENTO: El vertedero se encuentra en el Centro Ambiental de Málaga "Los Ruices"

ACCESOS: Acceso directo por carretera



Situación del vertedero de inertes

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:

Superficie total: 305 hectáreas

Tipo de suelo; No urbanizable común

Pertenece a espacio natural protegido: No

Existencia de vías pecuarias: No

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA. TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL

ANEJO Nº 5 EFECTOS SÍSMICOS

Fichero: TMM6202APR0_A05-Efectos sismicos_Rev 02.docx

Lista de Revisiones anteriores

Fecha	Revisión modificada	Causa de la modificación
Feb. 2016	Rev00	Definición a nivel de proyecto de construcción.
Mar. 2016	Rev01	Informe de supervisión

Equipo Redactor

Redactado:	Revisado y aprobado:
Mª Isabel Fiestas Carpena	**Juan Herrera Moscardó** **Marzo de 2016**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN..... 1

2.- APLICACIÓN DE LA NORMA SÍSMICA..... 1

3.- ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA..... 1

4.- VALORACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES..... 2

5.- VALORACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO..... 2

6.- ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO 3

7.- COMPROBACIONES COMPLEMENTARIAS 3

8.- CONSIDERACIONES FINALES 3

Anejo nº 5 Efectos sísmicos

1.- INTRODUCCIÓN

El presente documento pretende definir la influencia de los fenómenos sísmicos sobre el diseño de las estructuras en proyecto. Para ello, se aplica la normativa vigente, que en este caso es la NCSE-02, aprobada por el Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre de 2002. Es de aplicación también la “Norma de Construcción Sismorresistente. Puentes (NCSP-07)”, aprobada por el Real Decreto 637/2007 de 18 de mayo.

2.- APLICACIÓN DE LA NORMA SÍSMICA

La norma NCSE-02 es de aplicación a proyectos de edificaciones.

No obstante, la NCSE-02 y, en particular, los valores de la aceleración sísmica básica y de los correspondientes coeficientes de contribución, ambos prescritos para los municipios que se incluyen en ella, constituyen, desde la aprobación de la Norma, la referencia para el proyecto de puentes.

Sin embargo, desde un punto de vista sísmico, en el proyecto de puentes deben tomarse en consideración determinadas características específicas de los mismos: frecuencia de vibraciones, proceso constructivo, respuesta estructural, vida útil, etc., aspectos que no se tratan en la NCSE-02 con el grado de detalle con el que se desarrolla para edificación, y que quedan recogidos en la NCSP-07.

En los apartados siguientes se obtienen los diferentes valores de aceleración sísmica de cálculo que corresponden a los distintos tramos de la traza, y se realizan una serie de consideraciones referentes al análisis sísmico espectral y a las condiciones de seguridad frente al sismo de la estructura, una vez que ésta se calcula y dimensiona para las acciones estáticas.

3.- ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA

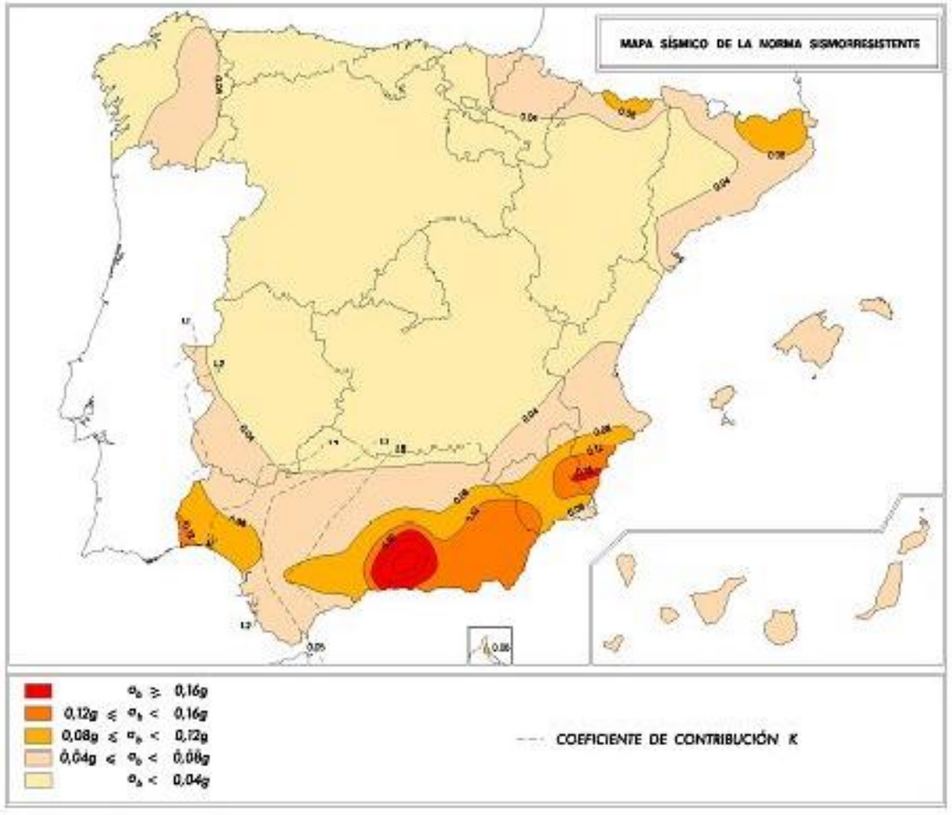
En el Anejo 1 de la norma NCSE-02 se incluyen los valores de aceleración sísmica básica, ordenados por Términos Municipales y Comunidades Autónomas.

Sólo se recogen aquellos municipios cuya aceleración sísmica básica a_b es superior a 0,04•g, siendo g el valor de la aceleración de la gravedad expresado en metros por segundo cuadrado. En aquellos municipios cuya aceleración básica no supere dicho valor, la normativa sismorresistente NCSE-02 no será de aplicación.

El Proyecto se desarrolla dentro del ámbito municipal de la ciudad de Málaga, en una alineación sensiblemente perpendicular a la línea de costa. Según la normativa sísmica NCSE-02, la aceleración básica de la ciudad de Málaga es de 0,11•g aproximadamente.

A continuación se adjunta el mapa de España de aceleraciones sísmicas básicas de la norma sismorresistente:

Ilustración 1. Acelareción sísmica básica



4.- VALORACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES

Este aspecto se cuantifica según el coeficiente adimensional de riesgo ρ. Se define como la probabilidad aceptable de que se exceda la aceleración sísmica de cálculo, obtenida en el apartado 6 de este documento, durante el período de vida para el que se proyecta la construcción.

Los valores de este coeficiente se toman en función de la importancia de las construcciones. A continuación se indican los valores:

ρ = 1,0 Construcciones de *importancia normal*

ρ = 1,3 Construcciones de *importancia especial*

Las construcciones de importancia normal se definen según la NCSE-02 como "*aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importante pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos*". Las construcciones de importancia especial se definen como "*aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos*".

En este caso, las obras se consideran de importancia especial, por lo que el factor de riesgo se tomará ρ = 1,3.

5.- VALORACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO

La aceleración sísmica de cálculo se ve influenciada de manera muy importante por el terreno existente situado por debajo de la cota de cimentación, hasta una profundidad aproximada de 30 m.

Para caracterizar el comportamiento del material frente a las acciones sísmicas, se define un coeficiente C, cuyo valor depende del tipo de terreno.

La norma NCSE-02 diferencia hasta cuatro tipos de terreno, denominados I, II, III y IV. En la tabla adjunta se resumen las características principales para clasificar estos terrenos.

Tabla 1. Coeficiente del suelo en función del tipo de terreno. Norma NCSE-02

Tipo de terreno	Descripción	Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales v_s (m/s)	Coeficiente C
I	Roca sana, suelo cementado o granular muy denso	$v_s > 750$	1,0
II	Roca muy fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro	$750 \geq v_s \geq 400$	1,3
III	Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme	$400 \geq v_s > 200$	1,6
IV	Suelo granular suelto o cohesivo blando	$v_s \leq 200$	2,0

Para considerar la influencia de la posible existencia de terrenos de tipos diferentes en los 30 m que se encuentran bajo la estructura en proyecto, se realiza una media ponderada según el espesor de cada tipo de terreno.

De acuerdo con la investigación geotécnica realizada y las conclusiones recogidas en el Anejo nº 9, "Geotecnia del corredor y estructuras", el terreno sobre el que discurre el tramo en estudio responde a la clasificación:

- Qx: Rellenos antrópicos. Tipo de suelo IV.
- Dr-G: Arenas y arenas con gravas. Tipo de suelo III.
- Dr-Am*: Arenas limosas y limos arenosos, SPT≤10. Tipo de suelo IV.
- Dr-Am: Arenas limosas y limos arenosos, SPT>10. Tipo de suelo III.
- Ar-Am: Arcillas y limos. Tipo de suelo III-IV.

En base a los espesores de las diferentes capas, que quedan reflejados en el perfil longitudinal que se incluye en el anejo 9, se obtienen los siguientes valores para C:

Por lo tanto, el coeficiente C toma el siguiente valor:

Tabla 2. Coeficiente del suelo, C, a considerar en los distintos tramos

Tramo	0+000-0+415	0+415-0+500	0+500-0+900	0+900-fin del tramo
C	1,57	1,56	1,59	1,52

La transmisión de la onda a través del terreno se cuantifica mediante el coeficiente de amplificación del terreno S, cuyo valor se obtiene según las siguientes expresiones:

$\rho\, a_b \leq 0{,}1\, g$ $$S = \frac{C}{1{,}25}$$

$0{,}1\, g < \rho\, a_b < 0{,}4\, g$ $$S = \frac{C}{1{,}25} + 3{,}33 \cdot \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0{,}1\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1{,}25}\right)$$

$0{,}4\, g \leq \rho\, a_b$ $$S = 1{,}00$$

En este caso, el valor máximo de $\rho \cdot a_b$ es 0,11•g, luego el coeficiente S se calcula mediante la segunda expresión de la tabla anterior. Por lo tanto, este coeficiente toma los siguientes valores:

Tabla 3. Coeficiente de amplicicación del terreno, S, a considerar en los distintos tramos

Tramo	0+000-0+415	0+415-0+500	0+500-0+900	0+900-fin del tramo
S	1,22	1,21	1,23	1,19

6.- ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La aceleración de cálculo se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$a_c = S \cdot \circ \cdot a_b$$

Tabla 4. Aceleración sísmica de cálculo a considerar en los distintos tramos

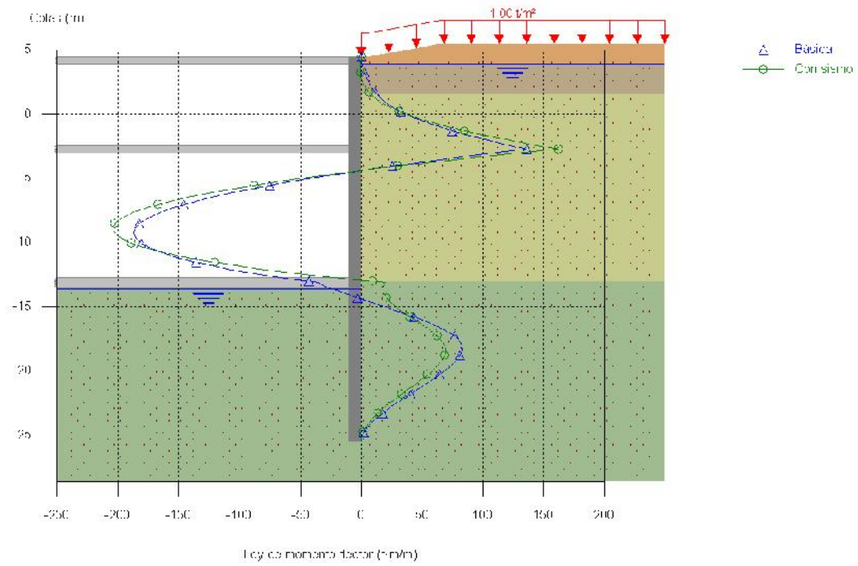
Tramo	0+000-0+415	0+415-0+500	0+500-0+900	0+900-fin del tramo
a_c (m/s^2)	0,174g	0,173g	0,176g	0,170g

En el anejo de cálculo de estructuras se realizarán las consideraciones precisas referentes a los aspectos relacionados con la sismicidad.

7.- COMPROBACIONES COMPLEMENTARIAS

La acción sísmica incrementa los efectos generales del empuje de tierras. Sin embargo tanto los coeficientes de mayoración de las acciones como los de minoración de resistencia de materiales en situación sísmica son menores. Esto supone que para que la situación sísmica sea condicionante, el incremento de esfuerzos que se debe producir debe ser mayor en un 50 % (coeficiente de mayoración de empuje del terreno considerado) que los efectos del empuje en situación no sísmica.

A modo de comprobación para este caso específico, se incluye un diagrama de momentos flectores para la pantalla tipo 1, en la que se ha considerado la acción del sismo en la fase final de servicio.



Pantalla tipo 1. Se ha suavizado el talud para estar dentro del campo de aplicación del método de Mononobe-Okabe ($\theta - \beta - \sigma \geq 0$).

En el diagrama anterior se puede comprobar que el aumento de esfuerzos en la hipótesis sísmica es inferior al 50 % y, por tanto, la situación sísmica no es condicionante para la estructura. A ello hay que añadir que la situación de dimensionamiento considerada corresponde con una posible elevación del nivel freático, que incrementa notablemente los esfuerzos.

8.- CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de que la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de Obras Subterráneas para el transporte terrestre, IOS-98, del Ministerio de Fomento, se encuentra derogada, continúa siendo un referente para este tipo de obras, puesto que no hay otro documento que la sustituya. En el apartado III.1.2., "Acciones a considerar" de la citada instrucción, se indica que se considerará el efecto sísmico "*en los tramos subterráneos de aquellas obras cuya destrucción pueda impedir un servicio imprescindible o aumentar los daños del terremoto, y situadas en zonas en las que, según la norma de construcción sismorresistente pueda preverse la incidencia de una aceleración sísmica básica probable mayor de 150 cm/s^2*", es decir, que en el caso de Málaga, con una aceleración básica de 0,11g=108 cm/s^2, no sería de consideración la acción sísmica.

No obstante, y como medida adicional de comprobación, para el proyecto de la línea 2 del Metro de Málaga se realizó un análisis sísmico espectral del túnel de línea, considerando una sección tipo, análoga a la más desfavorable del presente proyecto, y un estado de

cargas y sección del terreno muy similar. Dicha comprobación se consideró válida para el tramo adyacente, Guadalmedina-RENFE, del que es continuación el tramo actual y con el que se encuentra muy relacionado. De hecho, los primeros 100 m de las pantallas del presente proyecto están incluidos en la obra del tramo anterior.

La comprobación, que quedó recogida en el anejo 6 del proyecto, incluía un análisis sísmico espectral con el programa ANSYS, y un cálculo aproximado adicional con el programa CYPE, y, en ambos casos, los esfuerzos de combinación adicional accidental por sismo resultaron ser inferiores a los de la combinación en servicio, por lo que se concluye que el sismo no es dimensionante.

De forma complementaria, en el apartado 7 del presente anejo se incluye una representación gráfica de los esfuerzos inducidos con el sismo para el caso específico del presente proyecto, y se comprueba, una vez más, que la situación sísmica no es condicionante para la estructura.

Por todo lo anteriormente expuesto, queda suficientemente justificado que una estructura enterrada como la que se proyecta, calculada y dimensionada para las acciones estáticas, cumple adecuadamente los criterios de seguridad ante la presencia de una acción sísmica como la que puede presentarse con una probabilidad razonable en la zona. Por este motivo, el caso del sismo no se ha tenido en cuenta en el estudio de la presente actuación.

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA. TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL

ANEJO Nº 6 CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Fichero: TMM6202APR0_A06-Climatología e hidrología_Rev00.docx

Lista de Revisiones anteriores

Fecha	Revisión modificada	Causa de la modificación

Equipo Redactor

Redactado:	Revisado y aprobado:
Horacio Pedraza Martínez	**Juan Herrera Moscardó** **Julio 2015**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN 1

2.- CLIMATOLOGÍA 1

2.1 Características generales de la zona de proyecto 1

2.2 Variables climatológicas en la zona de proyecto 2

2.3 Caracterización y clasificaciones climáticas 5

2.3.1 Clasificación de Papadakis 5

2.3.2 Clasificación de Koppen 6

2.3.3 Índices Climáticos 9

2.4 Coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo 10

2.4.1 Restricciones climatológicas a las unidades de obra 10

2.4.2 Resumen de los datos climáticos con incidencia en la obra. 14

2.4.3 Coeficientes medios anuales. 14

2.5 Pluviometría 17

2.5.1 Introducción 17

2.5.2 Precipitaciones calculadas a partir de los datos de estaciones de la AEMET. Tratamiento de datos 17

2.5.3 Precipitaciones obtenidas a partir del método de Gumbel 25

2.5.4 Precipitaciones obtenidas a partir del método de SQRT-ETmax 33

2.5.5 Precipitaciones obtenidas a partir del método del Ministerio de Fomento33

2.5.6 Precipitación máxima diaria para T años 40

3.- HIDROLOGÍA 41

3.1 Introducción. 41

3.2 Periodos de retorno a considerar en el cálculo de caudales. 41

3.3 Determinación de la máxima avenida de proyecto 41

3.3.1 Fórmula de cálculo 41

3.3.2 Datos de las cuencas 41

3.3.3 Tiempo de concentración 41

3.3.4 Intensidad de lluvia. 42

3.3.5 Coeficiente de escorrentía. 42

3.3.6 Resultados 42

4.- HIDROLOGEOLOGÍA 45

4.1 Introducción 45

4.2 Hidrogeología en Málaga 45

APÉNDICE 1.- PLANOS

APÉNDICE 2.- DATOS DE LA AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA

APÉNDICE 3.- ESTUDIO Y MODELO HIDROGEOLÓGICO INCLUIDO EN EL TRAMO “GUADALMEDINA – RENFE”

Anejo nº 6 Climatología e hidrología

1.- INTRODUCCIÓN

El clima es, entre otros factores físicos, uno de los más importantes y determinantes en la definición y caracterización de una determinada región, ya que incide sobre procesos tan relevantes para el entorno como son la formación del suelo, determina la morfología del entorno, la evolución de la vegetación, etc., que son las variables que definen de manera predominante el relieve y la fisonomía de una determinada zona.

También el clima es un factor fundamental a la hora de redactar proyectos y llevarlos a cabo, sobre todo si se trata de ejecutar obras lineales, influyendo notablemente en las distintas unidades de obra que se realizan al aire libre.

Para definir la climatología del presente proyecto se ha partido de los datos obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología, de la Guía resumida del Clima en España del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, de los datos climáticos para carreteras del Ministerio de Obras Públicas 1.964, del atlas Agroclimático Nacional de España del Ministerio de Agricultura y de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”, del Ministerio de Fomento.

El fin último de este documento consiste en la determinación de los datos de caudales fundamentalmente necesarios para el dimensionamiento hidráulico de todos los elementos de drenaje proyectados. Además, se determinarán ciertos valores climáticos significativos que pueden tener una incidencia constructiva directa o indirecta.

Con los valores aquí determinados se procederá al dimensionamiento hidráulico del drenaje de la obra y a su perfecta definición, tanto a nivel de diseño como en los planos de disposición y detalle.

2.- CLIMATOLOGÍA

2.1 Características generales de la zona de proyecto

Las temperaturas medias anuales de la provincia de Málaga, se sitúan entre los 16 y 18º centígrados que se superan en la franja litoral que discurre desde Marbella hasta el límite de la provincia de Granada. Las zonas que por término medio no superan los 16º centígrados de media anual se localizan en las comarcas del interior (Antequera y Ronda), así como en las zonas más altas de las sierras y montes del sur.

El territorio que disfruta de las temperaturas más suaves se localiza fundamentalmente en la fachada litoral, con valores que favorecen la actividad turística a lo largo de todo el año, pero este privilegio no es privativo de las zonas costeras porque la disposición norte-sur de algunos valles abiertos al litoral propician la penetración de estas buenas condiciones climáticas hasta lugares relativamente apartados de la costa, especialmente cuando a la influencia marítima se une el amparo de la sierra, como ocurre en el Valle del Genal, en plena Serranía de Ronda, o con la cornisa de las sierras Tejeda y Almijara, en la comarca de la Axarquía.

Existe una diferente distribución de precipitaciones a lo largo del año con precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 600 y los 800 litros por metro cuadrado en la que se encuentran una serie de territorios que se extienden por la mayor parte de la costa occidental.

El régimen de precipitaciones de la provincia de Málaga no presenta importantes limitaciones para el desarrollo de la actividad turística, ya que las lluvias suelen concentrarse en períodos muy concretos y los cielos tienden a despejarse con facilidad.

El tipo de clima dominante en la provincia de Málaga es templado cálido mediterráneo, y se caracteriza fundamentalmente por una estación marcadamente seca, calor estival y temperaturas invernales generalmente suaves y un clima mediterráneo oceánico, de inviernos suaves y lluviosos, veranos largos y no muy calurosos, de la zona más occidental de la provincia (Cortes de la Frontera y valle del Guadiaro).

No cabe duda que el clima ha sido uno de los factores determinantes del desarrollo en la provincia de Málaga y especialmente en el litoral, ha sido utilizado como imagen de marca en la denominación Costa del Sol. Pero el elemento climático que más influye en la bondad del clima costasoleño es la suavidad de las temperaturas. Con una temperatura media del mes de enero entorno a los 13 grados y diurnas que rebasan con frecuencia los 18 grados. Además, durante el verano las temperaturas son sensiblemente más suaves que las del interior de la Península, con una media del mes de agosto que rara vez supera los 25 grados establecidos por los especialistas como barrera de calor. En estas excepcionales condiciones climáticas influyen dos factores locales: el mar que mediante las brisas regula a modo de termostato la temperatura de la costa y la cadena montañosa litoral que actúa a modo de barrera respecto a los vientos fríos del interior.

En el Apéndice “Planos” se adjunta el correspondiente plano de situación de estaciones.

2.2 Variables climatológicas en la zona de proyecto

Existen una serie de datos climáticos (variables), que permiten conocer las características meteorológicas de la zona que pueden tener una incidencia constructiva directa e indirecta.

Se han ajustado los datos de las diferentes variables, contrastando los datos de la publicación "Datos Climáticos para Carreteras 1964" (MOPT) referidos a una serie de valores de estos parámetros, con la información suministrada por las distintas estaciones climáticas que la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET.) posee en la zona por donde discurre la traza de la obra.

De la publicación "Datos Climáticos para Carreteras 1964" se han extraído los siguientes índices (referidos al período 1931-60):

- Precipitación media anual = 500 mm.
- Número medio anual de días de lluvia = 58 días.
- Temperatura media anual = 18° C.
- Temperatura máxima absoluta = 43° C.
- Temperatura mínima absoluta = 0° C.
- Oscilación verano-invierno de las temperaturas medias mensuales = 12° C.
- Oscilaciones de los valores medios mensuales de las temperaturas extremas = 21° C.
- Valor máximo de la oscilación de temperaturas = 40°C
- Humedad relativa media diaria en Julio = 65%.
- Humedad relativa media diaria en Enero = 75%.
- Valor medio anual del número de horas de sol = 3.000 h.

En el cuadro que se adjunta seguidamente se recoge una relación de todas las estaciones climáticas seleccionadas en la zona de proyecto.

Respecto al periodo de registro de datos pluviométricos y termométricos, hay que tener en cuenta lo siguiente:

Para determinar los valores medios anuales de temperatura se han contabilizado como años completos aquellos en los que no falta ningún registro mensual. En las estaciones pluviométricas, se han considerado, además, los años en los que faltan uno o varios registros, si en las estaciones cercanas la precipitación observada fue 0, o si en estas estaciones se registró alguna precipitación y no existen diferencias de valores de lluvia entre unas y otras, el año se ha clasificado como completo y se ha contabilizado. Todo ello se indica con mayor precisión en los puntos siguientes.

Tabla 1.- Estaciones meteorológicas seleccionadas en el entorno de la zona de proyecto.

Indicativo hidrológico	Nombre de la estación	Provincia	Tipo de estación	Coordenadas de la estación. Longitud y coordenada X	Coordenadas de la estación. Latitud y coordenada Y	Altitud de la estación	Periodo de funcionamiento	Total Años	Años completos	Años incompletos
6155A	MÁLAGA "AEROPUERTO"	MÁLAGA	TP	4,2917º W 367.012	36,4000º N 4.058.992	7	1.950-2.013	64	63	1
6170	PANTANO DEL AGUJERO	MÁLAGA	P	4,2557º W 372.155	36,4625º N 4.070.781	100	1.961-2.013	53	40	13
6168	MÁLAGA "EL BOTICARIO"	MÁLAGA	TP	4,2303º W 375.898	36,4642º' N 4.072.421	500	1.961-2.013	64	54	10
6171A	MÁLAGA "CARMELITAS"	MÁLAGA	TP	4,2523º W 372.540	36,4337º N 4.064.981	12	1.987-2.013	27	25	2

Los datos de mayor importancia aportados por la AEMET son los siguientes:

- Precipitación total mensual (en décimas de mm).
- Precipitación máxima diaria (en décimas de mm).
- Nº de días al mes con precipitación apreciable.
- Nº de días al mes con precipitación superior a 1 mm, a 10 mm y a 30 mm.
- T. máxima.
- T. mínima.
- T. media de las máximas.
- T. media de las mínimas.
- T. media del mes.

- Etc.

De las estaciones termométricas seleccionadas, se ha tomado como más representativa la estación 6155A Málaga "Aeropuerto", debido a su ubicación y mayor número de datos.

Para cada mes de la serie se consideran 10 valores de la temperatura: temperatura media mensual calculada como la media de las temperaturas medias diarias-, temperatura máxima calculada como la media de las temperaturas máximas diarias, temperatura mínima calculada como la media de las mínimas diarias, temperatura máxima absoluta y temperatura mínima absoluta, días de temperatura < -5, < 0 y días de temperatura > 18, > 25 y 30º C.

Los valores de temperatura media, máxima y mínima que se recogen en el cuadro siguiente para cada mes corresponden al promedio, referido al número de observaciones de las que se dispone, de los valores mencionados. Las temperaturas máximas absolutas y mínimas absolutas que se recogen en el cuadro son el máximo y el mínimo valor, respectivamente, registrado en el mes.

La oscilación de los valores medios mensuales de las temperaturas extremas. Calculada como el máximo de los valores medios de las temperaturas máximas menos el mínimo de los valores medios de las temperaturas mínimas.

El valor máximo de la oscilación de las temperaturas se calcula como la diferencia entre la máxima absoluta y la mínima absoluta de toda la serie de observaciones.

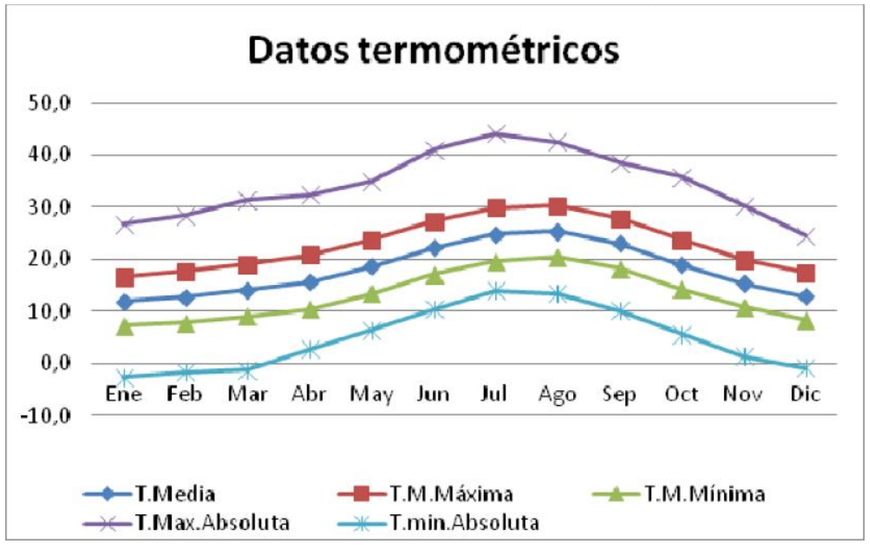
De los datos termopluviométricos registrados a partir del año 1.960 (último año del que existen datos de la publicación de carreteras del Ministerio de Fomento), se ha considerado como "Año hidrológico válido" aquel que tiene registros termopluviométricos en todos los meses del año en al menos tres estaciones de las seleccionadas inicialmente.

Seguidamente se adjunta cuadro resumen con todas las variables mencionadas.

Tabla 2.- Datos termométricos

Estación 6155A .- Málaga-Aeropuerto													
Mes	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**ay**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Anual**
Observaciones	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
T. Media	11,9	12,8	14,1	15,6	18,7	22,2	24,8	25,4	23,1	19	15,4	12,9	17,99
T. M. Máxima	16,6	17,7	19,1	20,9	23,8	27,3	29,9	30,3	27,9	23,7	19,9	17,4	---
T. M. Mínima	7,3	7,9	9	10,4	13,4	17,1	19,7	20,5	18,2	14,3	10,8	8,4	---
T. Máxima Absoluta	26,8	28,4	31,4	32,4	35	41	44,2	42,6	38,6	35,8	30,4	24,6	---
T. Mínima Absoluta	-2,6	-1,6	-1,2	2,8	6,4	10,4	14	13,4	10,2	5,6	1,4	-0,8	---
DT < -5 (Mínima)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DT < 0 (Mínima)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DT > 18 (Mínima)	0	0	0	0	1	11	26	28	18	3	0	0	
DT > 25 (Máxima)	0	0	1	3	10	24	30	31	26	10	1	0	
DT > 30 (Máxima)	0	0	0	0	1	6	13	14	6	1	0	0	
Oscilación Verano Invierno de la Temperatura Media Mensual													**13,5**
Oscilación de los Valores Medios Mensuales de las Temperaturas Extremas													**23**
Valor Máximo de la Oscilación de Temperaturas													**46,8**

Figura 1. Datos termométricos Estación 6155A "Málaga-Aeropuerto"



De los datos expuestos, se observan los siguientes datos de interés. La temperatura máxima absoluta registrada asciende a 44,2°C. La temperatura mínima absoluta es de -2,6°C. La oscilación de temperaturas extremas es de 46,8 ºC. La oscilación de valores medios mensuales de temperaturas extremas es de 21ºC. La oscilación de temperaturas medias mensuales (verano-invierno) es de 13ºC y la temperatura media anual de 18ºC.

En relación a los datos pluviométricos más genéricos (número anual de días de lluvia, nieve, granizo,….), también se han tomado los datos de la estación 6155A "Málaga – Aeropuerto". Para el dato de precipitación media mensual, si se han tomado datos de las estaciones 6155A "Málaga – Aeropuerto", 6170 "Pantano del Agujero", 6168 "Málaga – El Boticario" y 6171A "Málaga – Carmelitas".

Tabla 3.- Datos pluviométricos. Estación 6155A

Estación 6155A Málaga-Aeropuerto													
Mes	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**
Observaciones	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
P. Media	82,99	66,91	58,78	38,81	25,18	10,74	1,29	4,67	24,45	54,88	93,23	91,20	553,13
D. Lluvia	8	6	6	7	5	2	1	1	2	6	7	8	59
D. Nieve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. Granizo	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,6
D. Tormenta	1,23	1	1,03	1,33	1	1	0	1	1	1	1	1	11,59
D. Niebla	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	11
D. Escarcha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días P> 1 Mm	6	5	4	5	3	2	0	0	2	4	5	6	42
Días P>10 Mm	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	3	16
Días P>30 Mm	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4

Tabla 4.- Datos pluviométricos. Estación 6170

Estación 6170 Pantano del Agujero													
Mes	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**
Observaciones	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. Media	65,56	58,59	49,03	41,72	26,05	11,24	2,97	5,31	13,46	43,09	86,39	81,68	485,09

Tabla 5.- Datos pluviométricos. Estación 6168

Estación 6168 Málaga "El Boticario"													
Mes	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**
Observaciones	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
P. Media	64,52	62,40	63,47	49,85	34,44	12.97	1,29	7,39	24,27	58,56	91,44	93,85	551,48

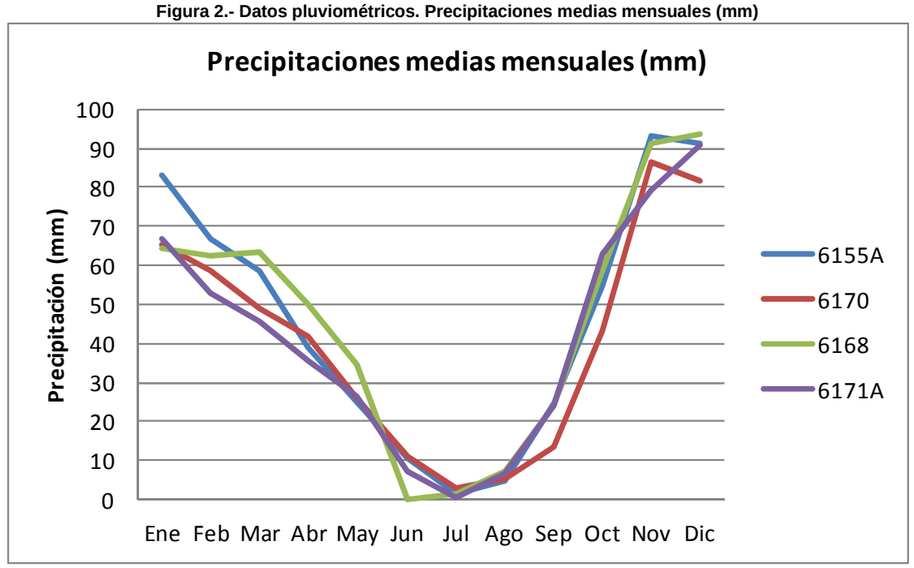
Tabla 6.- Datos pluviométricos. Estación 6168

Estación 6171A Málaga "Carmelitas"													
Mes	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**
Observaciones	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
P. Media	66,57	52,79	45,88	35,53	26,52	7,47	0,30	6,90	24,20	62,92	79,11	90,92	499,11

La precipitación comprende toda el agua que cae procedente de las nubes, cualquiera que sea su forma (lluvia, nieve, granizo, etc.).

Seguidamente, se muestra un cuadro comparativo entre los resultados de las estaciones en relación a los datos de precipitación media.

Figura 2.- Datos pluviométricos. Precipitaciones medias mensuales (mm)



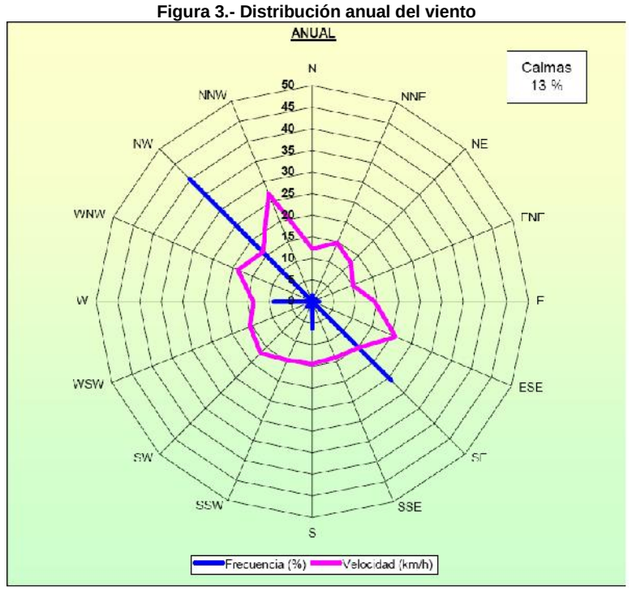
En relación a la insolación, los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 7.- Número medio de horas de sol

Nº medio de horas de sol												
Ene.	**Feb.**	**Mar.**	**Abr.**	**May.**	**Jun.**	**Jul.**	**Agos.**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dic.**	**Año**
171,8	178,2	218,1	228,7	281,9	302,2	338,5	309,2	247,0	212,9	173,1	158,10	2.815,2

Las rachas máximas de viento se producen habitualmente en dirección noroeste y sureste, con una frecuencia del 40% y 26% respectivamente. Las calmas se producen con una frecuencia del 13%. La velocidad media de las rachas máximas es de 64 km/h.

Figura 3.- Distribución anual del viento



2.3 Caracterización y clasificaciones climáticas

2.3.1 Clasificación de Papadakis

Basado en la ecología de los cultivos, Papadakis permite establecer el espectro de los cultivos de un área dada y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma en función de parámetros meteorológicos relativamente sencillos.

Por un lado, Papadakis ordena los cultivos en función de sus requisitos térmicos de invierno y verano y su resistencia a las heladas y a la sequía, expresando tales características en forma cuantitativa.

Una vez realizada esta ordenación, analiza cada lugar a través de sus condiciones térmicas, de invierno y verano, los periodos de helada y de sequía, con lo que, a partir de esta caracterización, y merced al orden inicial establecido para los cultivos, se puede elaborar el espectro cultural de un área determinada con relativa sencillez.

Papadakis considera que las características fundamentales de un clima son dos: el régimen térmico anual, como síntesis de un tipo de invierno y un tipo de verano, y el régimen de humedad.

La definición del tipo de invierno se apoya en tres parámetros meteorológicos básicos: la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, la temperatura media de las mínimas del mes más frío, y la temperatura media de las máximas del mes más frío. A veces, esta definición se precisa utilizando un cuarto parámetro, la temperatura media de las mínimas absolutas anuales.

De esta forma, define seis tipos de invierno fundamentales, que son: Ecuatorial, Tropical, Citrus, Avena, Triticum y Primavera, ordenados en sentido de rigor invernal creciente.

El tipo de verano es función de la duración del periodo libre de heladas. A su vez, este dato se valora a través de la temperatura media de las medias de las máximas temperaturas de los meses más cálidos. Así, define ocho tipos de verano fundamentales, que son los siguientes: Algodón, Cafeto, Arroz, Maíz, Trigo, Polar, Frígido y Andino-Alpino, ordenados en sentido de rigor estival decreciente.

La combinación del tipo de invierno y del tipo de verano en un área, permitirán conocer el régimen térmico anual, así como los periodos de sequía que caracterizarán el régimen de humedad, que se define, fundamentalmente, por los periodos de sequía, su duración, intensidad y situación en el ciclo anual.

Define regímenes térmicos anuales como: Ecuatorial, Tropical, Andino, Subtropical, Marítimo, Templado, Continental, Polar, etc. Como regímenes de humedad define los seis siguientes: Húmedo, Desértico, Mediterráneo, Monzónico, Estepario e Isohigro-Semiárido.

La combinación del régimen térmico y de humedad de un área permite establecer el tipo climático o ecoclima al que pertenece. Los diez fundamentales son: Tropical, Tierra Fría, Desértico, Subtropical, Pampeano, Mediterráneo, Marítimo, Continental Húmedo, Estepa y Polar.

Para la zona de proyecto, la clasificación agroclimática de J. Papadakis es:

- Tipo de verano: g (Algodón menos cálido)
- Tipo de invierno: Ci (Citrus)
- Régimen térmico: Su (Subtropical)
- Régimen de humedad: Me (Mediterráneo seco)
- Índice anual de humedad: 0,48
- Tipo climático: Mediterráneo subtropical

2.3.2 Clasificación de Koppen.

Esta clasificación define el clima en función de una combinación de letras que dependen fundamentalmente de (Temperatura del aire, Altura de la precipitación y Distribución anual de los dos factores anteriores).

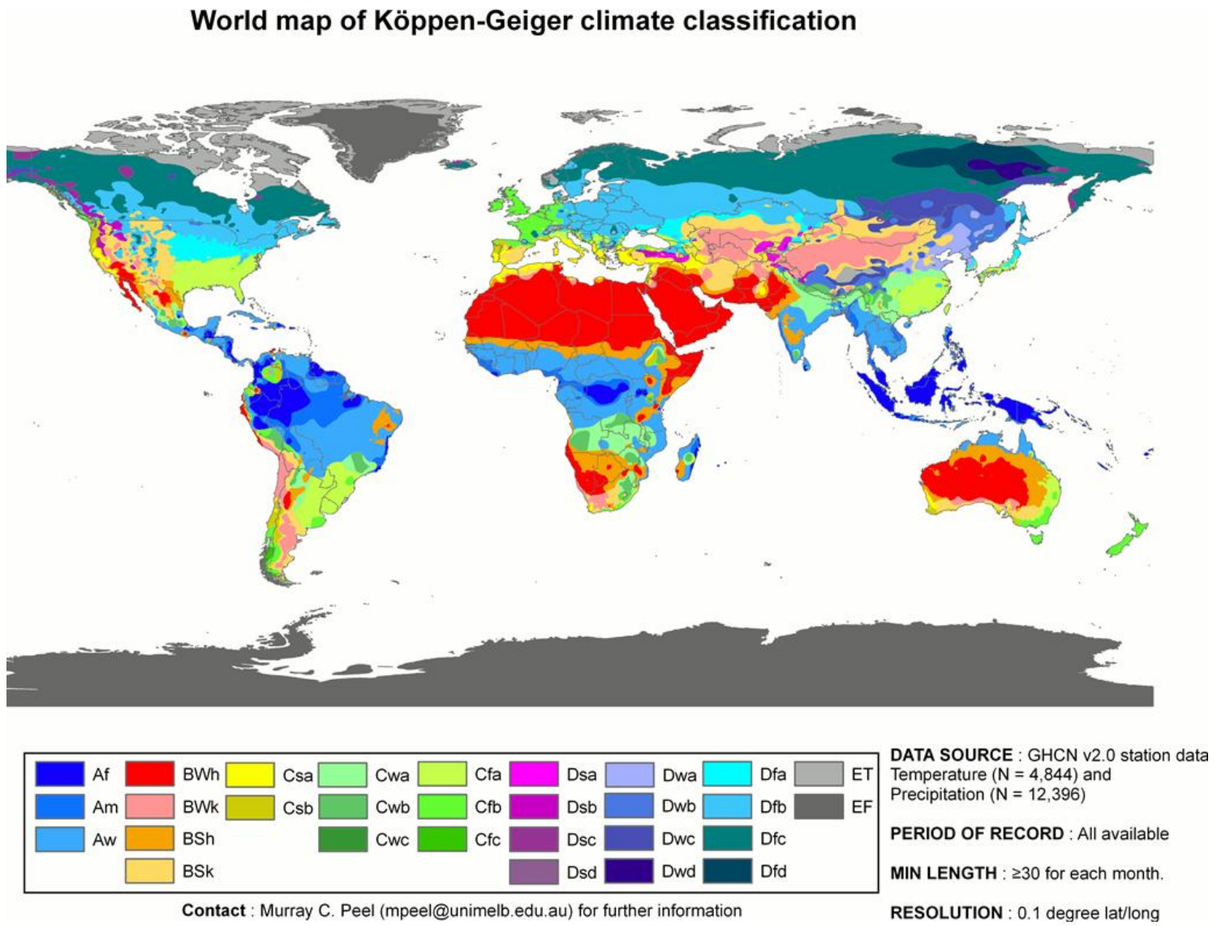
La primera letra indica la latitud de la región (A en el ecuador y E en los polos). La segunda letra precisa el momento de la temporada seca y el régimen térmico estival.

Se adjunta tabla con los distintos dominios, subdominios y climas definidos en la presente clasificación.

Tabla 8.- Clasificación de Koppen

		SUB-DOMINIOS		CLIMAS POSIBLES
DOMINIOS	**A: Clima tropical húmedo.** Temperatura media mensual > a 18ºC durante todo el año	f: ausencia de temporada seca w: temporada seca en invierno m: clima de monzón	i (isoterma). Se le añade si la amplitud térmica es < a 5ºC.	Af - Afi - Aw - Awi - Am - Ami
	B: Clima seco.	S. estepa W: desierto	<u>Si las precipitaciones máximas son en invierno:</u> BW si r<t BS si t<r<t r: Precipitación media mensual en cms. t: Temperatura media mensual en ºC.	BW - BS
			<u>Si las precipitaciones son uniformes en al año:</u> BW si r<t+7 BS si t+7<r<2(t+7) r: Precipitación media mensual en cms. t:Temperatura media mensual en ºC.	BW - BS
			<u>Si r supera uno u otro de (2t,2t+14 ó 2t+28) pasa a ser A con las siguientes letras</u>: f: sin temporada seca. s: temporada seca en verano. w: temporada seca en invierno. n: Niebla frecuente. h: durante 12 meses , t>18ºC k: t<18ºC, excepto durante un mes k´: durante 12 meses, t<18ºC	Af - As - Aw - An - Ah - Ak - Ak´
	C: Clima templado. Temperatura media mensual < a 18ºC durante al menos un mes del año, y superior a -3ºC durante todo el año	f: ausencia de temporada seca s: temporada seca de verano w: temporada seca de invierno	Se complementan con: i: Variación de Tª media mensual < 5ºC a: durante un mes t>22ºC b: 5 a 12 meses t>10ºC c: t>-38ºC durante 12 meses, pero t>10ºC de 1 a 4 meses d: t<38ºC al menos un mes	Cf - Cs -Cw - Cfi - Csi -Cwi - Cfa - Csa -Cwa - Cfb - Csb -Cwb - Cfc - Csc -Cwc - Cfd - Csd -Cwd
	D: Clima subártico. Temperatura media del mes más cálido > a 10ºC y la del más frío < -3ºC	f: ausencia de temporada seca s: temporada seca de verano w: temporada seca de invierno	Se complementan con: i: Variación de Tª media mensual < 5ºC a: durante un mes t>22ºC b: 5 a 12 meses t>10ºC c: t>-38ºC durante 12 meses, pero t>10ºC de 1 a 4 meses d: t<38ºC al menos un mes	Cf - Cs -Cw - Cfi - Csi -Cwi - Cfa - Csa -Cwa - Cfb - Csb -Cwb - Cfc - Csc -Cwc - Cfd - Csd -Cwd
	D: Clima polar o nival. Temperatura media del mes más cálido <10 ºC	T (tundra): si algún mes la Tª media mensual > 0ªC F(gelisuelo): si ningún mes la Tª media mensual > 0ªC	Para lugares situados a gran altitud de adiciona la letra H.	ET - EF - ETH - EFH

Figura 4.- Distribución climática del planeta según la clasificación de Koppen



Teniendo en cuenta la zona en la que se ubican las alternativas para el nuevo intercambiador, según la clasificación climática de Köppen, el clima es del tipo Csa (clima templado lluvioso con verano seco y caluroso).

2.3.3 Índices Climáticos

A continuación se incluyen los siguientes índices climáticos:

- Factor de Pluviometría de Lang.
- Índice de Aridez de Martonne.
- Índice Termopluviométrico de DantÍn-Revenga.
- Índices de Potencialidad Agrológica de Turc.

FACTOR DE PLUVIOMETRÍA DE LANG:

Este índice divide el clima en tres grupos:

- I menor de 40 Clima árido.
- I entre 40 y 160 Clima húmedo.
- I mayor de 160 Clima superhúmedo.

El valor de este índice se expresa por la ecuación:

$$I = \frac{P}{t} = \frac{553}{18} = 30{,}72$$

Donde:

P = Precipitación media anual, en mm

t = Temperatura media anual, en ºC

De acuerdo con el valor de este índice, el clima en la zona de estudio es "**Árido**".

ÍNDICE DE ARIDEZ DE MARTONNE:

Este índice clasifica el clima en cuatro grupos:

- I entre 0 y 5: Desierto.
- I entre 5 y 10: Semidesierto.
- I entre 10 y 20: Estepas y países secos mediterráneos.
- I mayor de 20: Cultivo de secano y olivares, siendo arriesgado en él, el cultivo de cereales y conveniente la cría de ganado vacuno si llega a 40.

El índice se determina por la ecuación:

$$I = \frac{P}{t+10} = \frac{553}{18+10} = 19{,}75$$

Donde:

P = Precipitación media anual, en mm

t = Temperatura media anual, en ºC

Según el valor del índice, el clima en la zona se encuentra, según esta clasificación en "**Estepas y países secos mediterráneos**", pero muy cercano al límite con "**Cultivo de secano y olivares**".

ÍNDICE TERMOPLUVIOMÉTRICO DE DANTÍN - REVENGA:

Este índice realiza una clasificación en cuatro zonas en función del clima:

- I entre 0 y 2: Zona húmeda.
- I entre 2 y 3: Zona semiárida.
- I entre 3 y 6: Zona árida.
- I mayor de 6: Zona subdesértica.

El valor del índice se deduce de la ecuación:

$$I = \frac{100 \times t}{P} = \frac{100 \times 18}{553} = 3{,}25$$

Donde:

P = Precipitación media anual, en mm

t = Temperatura media anual, en ºC

Según el valor del índice, nuestro ámbito de estudio se encuentra en una "**Zona árida**",

INDICES DE POTENCIALIDAD AGROLÓGICA DE TURC:

Así como la clasificación de Papadakis permite determinar el espectro cultural de un área, mediante el índice de potencialidad agrológica de Turc es posible establecer el potencial productivo de la misma. Este índice expresa en toneladas métricas la materia seca obtenible por hectárea de la zona, de una planta adaptada y cultivada en condiciones técnicas actuales normales, o sea, sobre suelo bien labrado y fertilizado.

De la publicación "Caracterización agroclimática de la provincia de Málaga" del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (M.A.P.A.) se obtienen de forma directa los valores estacionales y mensuales de este índice.

A continuación se incluyen dos cuadros donde se indica el valor del índice de Turc estacional y mensual para el secano e igualmente para el regadío.

Tabla 9.- Índices estacionales de Turc en secano y regadío

	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	ANUAL
Secano	6,8	8,2	0,0	1,7	**16,7**
Regadío	6,8	15,8	21,9	12,6	**57,1**

Tabla 10.- Índices mensuales de Turc en secano y regadío

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Secano	2,1	3,1	4,1	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,6	**16,7**
Regadío	2,1	3,1	4,1	5,3	6,4	7,5	7,6	6,8	5,6	4,2	2,8	1,6	**57,1**

2.4 Coeficientes medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo

La construcción o acondicionamiento de líneas de metro o ferrocarril en superficie es, entre todos los tipos de obras, uno de los más afectados por las condiciones del clima de la región. El coste de la obra, en consecuencia, viene afectado en gran medida por la época o estación climática en que ha de ejecutarse cada fase de la obra.

Para ello se calculan los rendimientos en cada unidad de obra debido a la climatología, que se realiza según el método indicado en la publicación "Datos Climáticos para Carreteras", que se desarrolla a continuación.

Primero, analizamos las restricciones impuestas desde el punto de vista climatológico, a cada unidad de obra, para después analizar la climatología de la zona y obtener los coeficientes buscados, que nos dan los rendimientos a aplicar a las unidades de obra afectadas.

2.4.1 Restricciones climatológicas a las unidades de obra

Las restricciones climatológicas para la ejecución de las unidades más importantes se han tomado del artículo del "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes" PG-3, actualizado, que a continuación se resumen, para pasar después a estimar los días aprovechables con la información disponible, en función de los valores extremos climatológicos.

Terraplenes. El Art. 330.7 establece: Los rellenos tipo terraplén se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius (2 ºC), debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite, salvo que se justifique adecuadamente la viabilidad de la puesta en obra y la consecución de las características exigidas y esta justificación fuese aceptada por el Director de las Obras.

El Director de las Obras deberá tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación. Si ello no es factible se eliminará el espesor de las tongadas afectado por el paso del tráfico.

Los **Rellenos Localizados** (Art. 332.6): Los rellenos localizados se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius (2 ºC); debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación.

Las **Zahorras** Naturales y Artificiales (Art. 510.8) Las zahorras se podrán poner en obra siempre que las condiciones meteorológicas no hubieran producido alteraciones en la humedad del material, tales que se superasen las tolerancias especificadas en el apartado 510.5.1.

Sobre las capas recién ejecutadas se procurará evitar la acción de todo tipo de tráfico. Si esto no fuera posible, sobre las zahorras artificiales se dispondrá un riego de imprimación con una protección mediante la extensión de una capa de árido de cobertura, según lo indicado en el artículo 530 de este Pliego. Dicha protección se barrerá antes de ejecutar otra unidad de obra sobre las zahorras. En cualquier circunstancia, se procurará una distribución uniforme del tráfico de obra en toda la anchura de la traza. El Contratista será responsable de los daños originados, debiendo proceder a su reparación con arreglo a las instrucciones del Director de las Obras.

Los **Materiales Tratados con Cemento** (Art 513.5) La producción de un material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

a) La identificación y proporción (en seco) del material granular o de cada fracción de árido en la alimentación (en masa).

b) La granulometría del material granular o, en su caso, del árido combinado, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 513.3.

c) La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos.

d) La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE 103501.

e) La densidad mínima a alcanzar.

f) El plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

El **Hormigón Magro Vibrado** (Art. 551.5). La producción del hormigón magro no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

a) La identificación y proporción ponderal en seco de cada fracción del árido en la amasada.

b) La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm; y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

c) La dosificación de cemento, la de agua y, eventualmente, la de cada aditivo, referidas a la amasada (en masa o en volumen, según corresponda).

d) La resistencia mínima a compresión simple, a veintiocho días (28 d).

e) La consistencia del hormigón fresco y el contenido de aire ocluido.

Será preceptiva la realización de ensayos de resistencia a compresión simple, para cada fórmula de trabajo, con objeto de comprobar que los materiales y medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón magro con las características exigidas. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) series de tres (3) probetas por amasada, según la UNE 83301, admitiéndose para ello el empleo de una mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma, para ensayar a compresión simple, según la UNE 83304, una (1) serie de cada una de las amasadas a siete días (7 d) y la otra a veintiocho días (28 d).

La resistencia de cada amasada a una cierta edad se determinará como la media de la resistencia de las probetas confeccionadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad.

Si la resistencia media a siete días (7 d) resultara superior al ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho días (28 d), y no se hubieran obtenido resultados del contenido de aire ocluido y de la consistencia fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con ese hormigón magro. En caso contrario, se deberá esperar a los veintiocho días (28 d) y se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación, y se repetirán los ensayos de resistencia.

Si la marcha de las obras lo aconsejase, el Director de las mismas podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasasen las tolerancias establecidas en este artículo.

Hormigones (Art. 610.6). La puesta en obra del hormigón en condiciones especiales tiene más restricciones, de tipo climatológico, que cumplir:

En tiempo frío (Art 610.6.5.1), se cumplirán las prescripciones del artículo 72 de la vigente "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)" o normativa que la sustituya.

El hormigonado se suspenderá, como norma general, siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes, la temperatura ambiente puede descender por debajo de los cero grados Celsius (0ºC). A estos efectos, el hecho de que la temperatura registrada a las nueve horas (9 h) de la mañana, hora solar, sea inferior a cuatro grados Celsius (4ºC), puede interpretarse como motivo suficiente para prever que el límite prescrito será alcanzado en el citado plazo.

Las temperaturas podrán rebajarse en tres grados Celsius (3ºC) cuando se trate de elementos de gran masa; o cuando se proteja eficazmente la superficie del hormigón mediante sacos, paja u otros recubrimientos aislantes del frío, con espesor tal que pueda asegurarse que la acción de la helada no afectará al hormigón recién ejecutado; y de forma que la temperatura de su superficie no baje de un grado Celsius bajo cero (-1ºC), la de la masa de hormigón no baje de cinco grados Celsius (+5ºC), y no se vierta el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0ºC).

Las prescripciones anteriores serán aplicables en el caso en que se emplee cemento portland. Si se utiliza cemento de horno alto o puzolánico, las temperaturas mencionadas deberán aumentarse en cinco grados Celsius (5ºC); y, además, la temperatura de la superficie del hormigón no deberá bajar de cinco grados Celsius (5ºC).

La utilización de aditivos anticongelantes requerirá autorización expresa del Director de las Obras. Nunca podrán utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en especial los que contengan iones Cloruro.

En los casos en que por absoluta necesidad, y previa autorización del Director de las Obras, se hormigones en tiempo frío con riesgo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para que el fraguado de las masas se realice sin dificultad. En el caso de que se caliente el agua de amasado o los áridos, éstos deberán mezclarse previamente, de manera que la temperatura de la mezcla no sobrepase los cuarenta grados Celsius (40ºC), añadiéndose con posterioridad el cemento en la amasadora. El tiempo de amasado deberá prolongarse hasta conseguir una buena homogeneidad de la masa, sin formación de grumos.

Si no puede garantizarse la eficacia de las medidas adoptadas para evitar que la helada afecte el hormigón, se realizarán los ensayos necesarios para comprobar las resistencias alcanzadas; adoptándose, en su caso, las medidas que prescriba el Director de las Obras.

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso (Art 610.6.5.2), se cumplirán las prescripciones del artículo 73 de la vigente "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)" o normativa que la sustituya.

Los sistemas propuestos por el contratista para reducir la temperatura de la masa de hormigón deberán ser aprobados el Director de las Obras previamente a su utilización.

Si el hormigonado se realiza en tiempo lluvioso (Art 610.6.5.3), si se prevé la posibilidad de lluvia, el Contratista dispondrá toldos u otros medios que protejan al hormigón fresco. Como norma general, el hormigonado se suspenderá en caso de lluvia, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada del agua a las masas de hormigón fresco.

El Director de las Obras aprobará, en su caso, las medidas a adoptar en caso de tiempo lluvioso. Asimismo, ordenará la suspensión del hormigonado cuando estime que no existe garantía de que el proceso se realice correctamente

En lo referente a **Riegos de Imprimación** (Art. 530.6), de Adherencia (Art. 531.6), de Curado (Art. 532.6), a Tratamientos Superficiales mediante Riegos con Gravilla (Art. 533.6) y a Lechadas Bituminosas (Art. 540.8), El riego de imprimación se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 ºC), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar por el Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 ºC), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

La aplicación del riego de imprimación se coordinará con la puesta en obra de la capa bituminosa a aquel superpuesta, de manera que el ligante hidrocarbonado no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Director de las Obras lo estime necesario, se efectuará otro riego de imprimación, el cual no será de abono si la pérdida de efectividad del riego anterior fuese imputable al Contratista.

Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de imprimación, mientras no se haya absorbido todo el ligante o, si se hubiese extendido árido de cobertura, durante las cuatro horas (4 h) siguientes a la extensión de dicho árido. En todo caso, la velocidad de los vehículos no deberá sobrepasar los cuarenta kilómetros por hora (40 km/h).

En lo referente a **Riegos de Adherencia** (Art. 531.6). El riego de adherencia se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 ºC), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar a juicio del Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 ºC), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

La aplicación del riego de adherencia se coordinará con la puesta en obra de la capa bituminosa a aquél superpuesta, de manera que la emulsión bituminosa haya curado o

roto, pero sin que haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Director de las Obras lo estime necesario, se efectuará otro riego de adherencia, el cual no será de abono si la pérdida de efectividad del riego anterior fuese imputable al Contratista.

Se prohibirá todo tipo de circulación sobre el riego de adherencia, hasta que haya terminado la rotura de la emulsión.

En lo referente a **Riegos de Curado** (Art. 532.6). El riego de curado se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 ºC), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar a juicio del Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 ºC), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

Las **Lechadas Bituminosas** (Art.540.8 de la versión anterior) se ejecutarán cuando la aplicación de lechada bituminosa se llevará a cabo sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (10 ºC), y no exista fundado temor de precipitaciones atmosféricas. Dicho límite se podrá rebajar por el Director de las Obras a cinco grados Celsius (5 ºC), si la temperatura ambiente tiende a aumentar.

Mezclas bituminosas. El artículo 542.5 establece la fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por el Director de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

a) La identificación y proporción de cada fracción del árido en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.

b) La granulometría de los áridos combinados, incluido el polvo mineral, por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

c) Tipo y características del ligante hidrocarbonado.

d) La dosificación de ligante hidrocarbonado y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa del total de áridos (incluido dicho polvo mineral), y la de aditivos, referida a la masa del ligante hidrocarbonado.

e) En su caso, el tipo y dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.

f) La densidad mínima a alcanzar.

También se señalarán:

a) Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.

b) Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. En ningún caso se introducirá en el mezclador árido a una temperatura superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 ºC).

c) La temperatura de mezclado con betunes asfálticos se fijará dentro del rango correspondiente a una viscosidad del betún de ciento cincuenta a trescientos centistokes (150-300 cSt). Además en el caso de betunes modificados con polímeros en la temperatura de mezclado se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante, de acuerdo a lo indicado en el artículo 215 de este Pliego.

d) La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.

e) La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a ciento ochenta grados Celsius (180 ºC), salvo en centrales de tambor secador-mezclador, en las que no excederá de los ciento sesenta y cinco grados Celsius (165 ºC). Para mezclas bituminosas de alto módulo dicha temperatura máxima podrá aumentarse en diez grados Celsius (10 ºC). Para las mezclas drenantes dicha temperatura máxima deberá disminuirse en diez grados Celsius (10 ºC), para evitar posibles escurrimientos del ligante. En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por el Director de las Obras de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

Para los **Pavimentos de Hormigón** (Art.550.5). La producción del hormigón no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

a) La identificación y proporción ponderal en seco de cada fracción del árido en la amasada.

b) La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40 mm; 25 mm; 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm y 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

c) La dosificación de cemento, la de agua y, eventualmente, la de cada aditivo, referidas a la amasada (en masa o en volumen según corresponda).

d) La resistencia característica a flexotracción a siete (7) y veintiocho días (28 d).

e) La consistencia del hormigón fresco y el contenido de aire ocluido.

Será preceptiva la realización de ensayos de resistencia a flexotracción para cada fórmula de trabajo, con objeto de comprobar que los materiales y medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón con las características exigidas. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) series de dos (2) probetas por amasada, según la UNE 83301, admitiéndose para ello el empleo de una mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la citada norma, para ensayar a flexotracción, según la UNE 83305, una (1) serie de cada una de las amasadas a siete días (7 d) y la otra a veintiocho días (28 d).

La resistencia de cada amasada a una cierta edad se determinará como media de las probetas confeccionadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad. La resistencia característica a una cierta edad se estimará como el noventa y seis por ciento (96%) de la mínima resistencia obtenida a dicha edad, en cualquier amasada.

Si la resistencia característica a siete días (7 d) resultara superior al ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho días (28 d), y no se hubieran obtenido resultados del contenido de aire ocluido y de la consistencia fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con ese hormigón. En caso contrario, se deberá esperar a los veintiocho días (28 d) y, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación, y se repetirán los ensayos de resistencia.

Si la marcha de las obras lo aconsejase, el Director de las mismas podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante los ensayos oportunos. En todo caso, se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasasen las tolerancias establecidas en este artículo.

2.4.2 Resumen de los datos climáticos con incidencia en la obra.

Como resumen del estudio climatológico desarrollado se pueden obtener los valores más significativos que van a tener incidencia en la obra. Así se pueden señalar según los datos del A.E.M.E.T y la publicación “Datos Climáticos para Carreteras”:

- Precipitación media anual 553 mm.
- Promedio de días de lluvia 59 días anuales
- Temperatura media anual 18 ºC
- Temperatura mensual media máxima 25,4 ºC.
- Temperatura mensual media mínima 11,9 ºC.
- Temperatura máxima absoluta 44,2 ºC
- Temperatura mínima absoluta - 2,6 ºC
- Número medio de horas de insolación media anual 2852 horas

Estos datos se utilizan en el cálculo de rendimientos en cada unida de obra, según el método indicado en dicha publicación, que se desarrolla en el siguiente epígrafe.

2.4.3 Coeficientes medios anuales.

Para calcular el número de días trabajables útiles en las distintas clases de obra, se establecen unos coeficientes de reducción, a aplicar al número de días laborables de cada mes.

Coeficiente de reducción por helada ηm. Es el cociente del número de días del mes en que la temperatura mínima es superior a 0ºC y el número de días del mes.

$$\eta_m = N^{\circ}\ día\ \ c\quad T\min > 0^{\circ}C / N^{\circ}\ día\ \ d\quad m$$

Coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos, tratamientos superficiales o por penetración ζm. Es el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10ºC, al número de días del mes.

$$\zeta_m = N^{\circ}\ día\ \ c\quad T\min > 10^{\circ}C\ a\ la\ \ 9\ ho\quad / N^{\circ}\ día\ \ d\quad m$$

Coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas ζ’m. Es el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5ºC, al número de días del mes.

$$\zeta'_m = N^{\circ}\ día\ \ c\quad T > 5^{\circ}C\ a\ la\ \ 9\ ho\quad / N^{\circ}\ día\ \ d\quad m$$

Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λm. Es el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm, al número de días del mes.

$$\lambda_m = N^{\circ}\ día\ \ c\quad p\qquad a\ \ ón < 10\ m\quad / N^{\circ}\ día\ \ d\quad m$$

Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ’m. Es el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1 mm, al número de días del mes.

λ'_m = Nº día c p il ón < 1 m /Nº día d m

CÁLCULO DE LOS DÍAS TRABAJABLES PARA CADA UNIDAD DE OBRA.

Tabla 11.- Factores que afectan a las distintas clases de obras

Clase de Obra	Factores que afectan a la obra				
	t > 0ºC	P< 10 mm	P < 1 mm	t > 10ºC	t > 5ºC
Hormigones hidráulicos	X	X			
Explanaciones	X	X	X		
Áridos		X			
Riegos y tratamiento superficiales o por penetración			X	X	
Mezclas bituminosas			X		X

Para el cálculo de los coeficientes, se ha partido de los datos proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología. Excepto para los coeficientes de reducción por temperatura límite de riegos, tratamientos superficiales o por penetración y por mezclas bituminosas, de los que no se tienen datos y por lo tanto, se ha interpolado en los planos de las distintas isolíneas mensuales que se obtienen de la publicación "Datos Climáticos para Carreteras" de 1.964.

El coeficiente de reducción correspondiente a cada clase de obra es el resultado de las siguientes ecuaciones:

- Hormigones hidráulicos: Cm = ηm * λm
- Explanaciones: Cm = (λm + λ'm)/2 * ηm
- Producción de áridos: Cm = λm
- Riegos y Tratamientos S.: Cm = ζm * λ'm
- Mezclas bituminosas: Cm = ζ'm * λ'm

Con objeto de determinar el coeficiente medio anual de reducción climatológica para cada clase de obra, se supone está repartida uniformemente a lo largo del año, determinando así un coeficiente de reducción mensual, igual al cociente del nº de días de cada mes y 365.

- Coeficiente reducción mensual: Cp = Nº días mes / 365
- Coeficiente de reducción por días festivos: Cf= Días festivos mes / Días mes
- Coeficiente de reducción total: Ct=1-(1-Cm)*Cf

El coeficiente que ofrece mayores dificultades de determinación, es el correspondiente a explanaciones, en cuanto a compactaciones se refiere, ya que en él influyen de manera decisiva, entre otros, los siguientes factores: tipo de material a compactar, temperatura, humedad relativa del aire o intensidad de los vientos dominantes

Se simplifica esta situación, obteniendo este coeficiente de modo que intervengan con el mismo peso, los coeficientes de lluvia inferior a 1 mm, y 10 mm; así como el coeficiente de helada, al que se supone proporcional Cm, para introducir la temperatura como factor favorable para estos trabajos.

CÁLCULO DE LOS DÍAS TRABAJABLES NETOS.

En el cálculo de los días realmente trabajables, de cada mes, intervienen dos factores de reducción:

- Los días festivos, que son variables según el año y la localidad, pero cuya importancia es notable: su coeficiente de reducción puede establecerse en cada caso a la vista del calendario laboral, habida cuenta de circunstancias extraordinarias (trabajo en días festivos en caso de urgencia, por ejemplo).
- Los días de climatología adversa, cuyo coeficiente de reducción se determina posteriormente en este apartado, para cada clase de obra.

Si para un mes determinado Cf representa el coeficiente de reducción de días festivos, y Cm el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra determinada (1-Cm), representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes, presente climatología adversa para dicha clase de obra; y (1-Cm)•Cf la probabilidad de que un día laborable presente una climatología adversa. Por tanto, el coeficiente de reducción total será:

$$Ct = 1 – (Cm) \times Cf$$

Sin embargo, se empleará un coeficiente medio anual para la obtención del número de días útiles de trabajo, a partir del número de días laborables. Como se ha expuesto, estos coeficientes dependerán de la provincia y de la clase de obra a realizar.

En el ámbito que nos ocupa, se afecta a la provincia de Málaga. Los coeficientes antes señalados se incluyen en la tabla siguiente:

Tabla 12.- Coeficientes de reducción mensual

PARÁMETROS	ŋm	Tm	T'm	λm	λ'm
ENERO	0,997	0,516	0,935	0,926	0,819
FEBRERO	0,996	0,571	0,928	0,932	0,821
MARZO	1,000	0,742	0,968	0,935	0,832
ABRIL	1,000	0,933	1,000	0,953	0,850
MAYO	1,000	1,000	1,000	0,974	0,897
JUNIO	1,000	1,000	1,000	0,990	0,960
JULIO	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990
AGOSTO	1,000	1,000	1,000	0,997	0,984
SEPTIEMBRE	1,000	1,000	1,000	0,980	0,943
OCTUBRE	1,000	1,000	1,000	0,939	0,858
NOVIEMBRE	1,000	0,833	1,000	0,920	0,817
DICIEMBRE	0,997	0,452	0,968	0,910	0,790

Donde:

ŋm = nº días>0ºC/nº días al mes

Tm = nº días>10ºC/nº días al mes

T'm = nº días>5ºC/nº días al mes

λm = nº días>10mm/nº días al mes

λ'm = nº días>1mm/nº días al mes

Tabla 13.- Coeficientes mensuales de reducción correspondientes a cada unidad de obra "Cm"

	Hormigones Cm=ŋmλm	Explanaciones Cm=(λm+λm)/2Nm	Aridos Cm=λm	Riegos y Tratamiento Cm=Tmλ'm	Mezcla Bituminosa Cm=T'mλ'm
ENERO	0,923	0,870	0,926	0,423	0,766
FEBRERO	0,928	0,873	0,932	0,469	0,762
MARZO	0,935	0,884	0,935	0,617	0,805
ABRIL	0,953	0,902	0,953	0,793	0,850
MAYO	0,974	0,936	0,974	0,897	0,897
JUNIO	0,990	0,975	0,990	0,960	0,960
JULIO	1,000	0,995	1,000	0,990	0,990
AGOSTO	0,997	0,991	0,997	0,984	0,984
SEPTIEMBRE	0,980	0,962	0,980	0,943	0,943
OCTUBRE	0,939	0,899	0,939	0,858	0,858
NOVIEMBRE	0,920	0,869	0,920	0,681	0,817
DICIEMBRE	0,907	0,847	0,910	0,357	0,765

Tabla 14.- Coeficientes de reducción mensual proporcionales al total anual "Cp"

Cp	Coef red mensual	Hormigones	Explanaciones	Áridos	Riegos y Tratamiento	Mezcla Bituminosa
ENERO	0,085	0,078	0,074	0,079	0,036	0,065
FEBRERO	0,077	0,071	0,067	0,071	0,036	0,058
MARZO	0,085	0,079	0,075	0,079	0,052	0,068
ABRIL	0,082	0,078	0,074	0,078	0,065	0,070
MAYO	0,085	0,083	0,079	0,083	0,076	0,076
JUNIO	0,082	0,081	0,080	0,081	0,079	0,079
JULIO	0,085	0,085	0,084	0,085	0,084	0,084
AGOSTO	0,085	0,085	0,084	0,085	0,084	0,084
SEPTIEMBRE	0,082	0,081	0,079	0,081	0,078	0,078
OCTUBRE	0,085	0,080	0,076	0,080	0,073	0,073
NOVIEMBRE	0,082	0,076	0,071	0,076	0,056	0,067
DICIEMBRE	0,085	0,077	0,072	0,077	0,030	0,065

Finalmente, los coeficientes de reducción medios anuales para la obtención del número de días útiles de trabajo en función de la climatología son los siguientes:

Tabla 15.- Coeficientes de reducción medios anuales

TIPO DE OBRA	COEFICIENTE
Hormigones Hidráulicos	0,911
Explanaciones	0,843
Producción de áridos	0,912
Riegos y tratamientos superficiales	0,610
Mezclas Bituminosas	0,758

2.5 Pluviometría

2.5.1 Introducción

En este apartado se trata de determinar el valor máximo de la precipitación en 24 horas para los distintos periodos de retorno más habituales, que son de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Para la determinación de la lluvia máxima que puede producirse, para los distintos periodos de retorno se emplean los métodos expuestos a continuación, tomando como valores definitivos los más desfavorables, quedando de esta manera, del lado de la seguridad:

- A partir de los registros pluviométricos de las estaciones seleccionadas de la Agencia Estatal de Meteorología, y ajustando posteriormente la distribución de frecuencias por el Método Gumbel y por el método SQRT-ET max.
- A partir de los datos obtenidos en la aplicación informática que adjunta la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”, del Ministerio de Fomento.

Como resultado de estos procesos, se obtiene la precipitación máxima en 24 horas, con la que se calcularán las intensidades horarias máximas.

Se pasa a continuación al cálculo individual de las precipitaciones por cada método, para finalmente realizar una comparación y elegir el que nos ofrezca resultados más desfavorables.

2.5.2 Precipitaciones calculadas a partir de los datos de estaciones de la AEMET. Tratamiento de datos

Inicialmente se ha obtenido de la AEMET un cuadro con todas las estaciones climatológicas existentes en la zona de estudio.

A la hora de seleccionar las estaciones que se presumen más representativas se consideran dos aspectos fundamentales, como son la ubicación de la misma y la representatividad de sus datos.

Con respecto al primer aspecto, se han tomado las estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología más próximas a la zona de estudio.

Dentro de las anteriores, se realiza una segunda selección basándose en la representatividad de los datos de las mismas, para lo que se tiene en cuenta que las estaciones posean una serie de registros superior a 30 años para poder ser representativa.

En caso de no existir en la zona una estación que reúna tal condición, se procede a una segunda criba en la que se seleccionan aquéllas que posean al menos 10 años completos, entendiéndose por año completo aquel que posee al menos 10 meses de registro, siempre y cuando los que falten correspondan a la época de estiaje. Si a una estación le faltan registros, pero posee el registro máximo en un determinado mes, también se incluye en el análisis para no falsear los resultados por defecto.

Atendiendo a estos criterios comentados, de todas las estaciones cercanas a la zona de estudio y con representatividad de sus datos, se han seleccionado las estaciones 6-155A “Málaga Aeropuerto”, 6170 “Pantano del Agujero”, 6-168 “Málaga El Boticario” y 6-171A “Málaga Carmelitas”.

Tabla 16.- Estaciones meteorológicas seleccionadas en el entorno de la zona de proyecto

Indicativo hidrológico	Nombre de la estación	Provincia	Tipo de estación	Coordenadas de la estación. Longitud y coordenada X	Coordenadas de la estación. Latitud y coordenada Y	Altitud de la estación	Periodo de funcionamiento	Total Años	Años completos	Años incompletos
6155A	MÁLAGA “AEROPUERTO”	MÁLAGA	TP	4,2917º W 367.012	36,4000º N 4.058.992	7	1.950-2.013	64	63	1
6170	PANTANO DEL AGUJERO	MÁLAGA	P	4,2557º W 372.155	36,4625º N 4.070.781	100	1.961-2.013	53	40	13
6168	MÁLAGA “EL BOTICARIO”	MÁLAGA	TP	4,2303º W 375.898	36,4642º’ N 4.072.421	500	1.961-2.013	64	54	10
6171A	MÁLAGA “CARMELITAS”	MÁLAGA	TP	4,2523º W 372.540	36,4337º N 4.064.981	12	1.987-2.013	27	25	2

ESTACION METEOROLÓGICA 6-155A: MÁLAGA "AEROPUERTO". MÁLAGA

LONGITUD: 04º 29' 17" W; LATITUD: 36º 40' 00" N; ALTURA S.N.M. 7,0 m.

Precipitación Máxima 24 horas en mm.

Año	MES												Nº de datos	Precipitación Máxima Mensual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
1.942					11,8	0	22,2	0,1	11,2	50,3	164	15,4	8	164,0
1.943	4,3	68	48,6	14,7	4	0	1,6	0	15	15	3	32,9	12	68,0
1.944	1	44	6,8	44,8	1,1	3,5	0	2,4	12,8	25,6	21	25,1	12	44,8
1.945	39,6	0	7,9	2,6	0,5	0,6	0,5	29	0	38	46	79	12	79,0
1.946	30	30	43	31	44	15,6	0	0	6	15,6	85,8	15,4	12	85,8
1.947	8,1	63	24	0	7	0	0	0	36	8	86	8,2	12	86,0
1.948	34	28,2	16,2	27,6	22,6	0	0	0,1	0	12,7	0	24	12	34,0
1.949	35	31	32	41,7	28	0	1,7	36,2	40	0	29	53	12	53,0
1.950	28	3	25	18,2	9	0	0	5,3	36	21	0	12	12	36,0
1.951	29	36	21	17	5	1	0	0	26,2	1,8	42	16,8	12	42,0
1.952	24	0,8	20	14,2	35	0	0	33,1	0,8	33,2	10	15,3	12	35,0
1.953	24,2	75	73	26,4	0	0	0	0	5,6	28,6	44	34,3	12	75,0
1.954	18	27,2	36,8	11,5	0	14,4	5,2	1	0	12,5	37	30,5	12	37,0
1.955	32	67	71	45	2,3	2,5	1,2	0,7	0	57,9	42,7	0	12	71,0
1.956	41,7	16,2	36,5	37	6,3	0	8,5	9	25,3	10	104,4	13	12	104,4
1.957	33,2	5,4	6,6	24	20	2,9	0	0	313	12,5	22	20,7	12	313,0
1.958	15	11,4	27	18	2,5	0	0	0	0	11,7	30	60,9	12	60,9
1.959	90	18,7	9	4	35	0	0	2,5	17	38,3	27,5	16,8	12	90,0
1.960	45	50	20,4	45,5	24	9	0	0	0	60	7,1	6	12	60,0
1.961	0	0	35	43	20	0	0	0	6	2,5	49	73,1	12	73,1
1.962	15	13,3	77,2	18,7	33,5	3,9	0	0	0	26,2	40,5	97,2	12	97,2
1.963	68,7	39,4	38,5	26	19,8	7	0	0	10	11,3	25,5	38	12	68,7
1.964	11,5	46,5	18	7	9,9	13	0	0	2	6	36	34,5	12	46,5
1.965	51,5	30	24	35,1	0	10,6	0	0	28	17	23,5	22,6	12	51,5
1.966	23,8	39,2	4,6	9	3,2	8	0	0	52	15	40,1	0	12	52,0
1.967	32	62	10	3	19	11	0	0	0	26	47	6	12	62,0
1.968	0,6	37,4	16	12,4	5	2	0	11	0	19,8	53	30	12	53,0
1.969	66,6	151	33,6	12,9	38	5,2	0	5,5	31	79	76	29,7	12	151,0
1.970	88,1	0,8	53,8	21,1	14	37	0	0	1,5	47	49	92,6	12	92,6
1.971	22,2	18,8	76	35,5	14,6	10,6	0	0	0	5,6	57,8	61,7	12	76,0
1.972	25,8	14,8	37	4,2	11,3	2,8	0	1,4	22,1	50	54	20,5	12	54,0
1.973	39	61	42,6	8,6	33	3	0	26	0	11,7	15	69,8	12	69,8
1.974	9	20,6	14,4	38	3,2	72,5	0	0	0	32	8,4	0,4	12	72,5
1.975	34,5	23,3	33	20,6	25,6	6	0	0,7	0	9,8	16,2	55,5	12	55,5
1.976	33	26	22	21,1	23,4	0,4	9,8	0	3,4	33,2	5,2	76,6	12	76,6
1.977	39	7	5,6	5,4	3	7,2	13,8	0	0	38,3	48,4	25,9	12	48,4
1.978	3,8	41,7	14,2	9,8	7,2	26,2	0	0	0	23,8	93,8	39,6	12	93,8
1.979	121,5	22,4	27,2	16,4	2,8	0	10,7	0	21	27,6	8,8	0,5	12	121,5
1.980	56,2	41,5	59,2	4	11,6	20	0	0,3	1,2	14	52,2	0	12	59,2
1.981	0	32,4	3,1	34,2	5,5	4,7	0	13,3	9,8	1,4	0	20,2	12	34,2
1.982	41,3	30	30,2	15,1	3	0,3	1	0,1	0,2	7,8	147,1	9,1	12	147,1
1.983	0	15,6	4,4	4,5	1,1	0,5	0	2	0	0,2	82,9	38,1	12	82,9
1.984	2,3	126,6	43,4	6,9	19,2	2,6	0	0	0,4	8	59,7	0,5	12	126,6
1.985	26,5	28,7	6,3	11	6	0	0	0	0,2	0,7	20,4	14,4	12	28,7

ESTACION METEOROLÓGICA 6-155A: MÁLAGA "AEROPUERTO". MÁLAGA (continuación)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Nº de datos	Precipitación máxima mensual
1.986	5,3	4	23,9	43,7	4,6	10,7	1,6	0	0,8	62,8	33,3	3,2	12	62,8
1.987	49,9	13,9	1,5	11,5	0	7,4	0	70,3	3,5	32,4	73,4	31,5	12	73,4
1.988	34,8	38,6	10,7	4,7	15,5	4,6	0,3	0	9,6	35,2	24,4	0,7	12	38,6
1.989	23,4	21,7	6,4	22	10,7	0,1	0	0	38,9	38,3	140,2	62,2	12	140,2
1.990	36,6	0,2	11,2	22,5	3,1	0,2	4,8	0,4	4,3	18,1	22	11,9	12	36,6
1.991	10	46,2	57,2	11,8	0,2	0,6	0	0	16,2	40,4	42	12,9	12	57,2
1.992	15,7	20,6	12,4	10,3	0,3	24,4	1,8	0	13	37,2	9,4	22,2	12	37,2
1.993	26,2	31,6	32,6	8,8	19	0	0	0	1,2	25,6	24,3	0,8	12	32,6
1.994	24,8	97,3	6,2	18,8	4,3	0,2	0	3,1	5,5	13,4	35,7	0	12	97,3
1.995	4,1	3,6	23	1,9	0,3	7,5	0,3	0	0	0,3	59,2	63,6	12	63,6
1.996	66,3	30,4	28,2	43,9	30,3	0	0,3	15,3	26,6	46,9	30,3	58,6	12	66,3
1.997	67,9	15,2	0	11,1	16,8	5,3	0	4,7	83	8,3	57,2	70,6	12	83,0
1.998	24,8	92,2	7	4	14,4	16,9	0	0	7,4	0	11,3	35,8	12	92,2
1.999	23,9	12,2	41,4	8,7	2,8	1,4	0	0	15,6	31,6	16,9	7,7	12	41,4
2.000	23	0	12,4	22,2	12	1,2	0	0	4,2	18,8	6,8	77,9	12	77,9
2.001	26	4,4	17,6	0	10,6	0	0	3,4	37	24,7	53,5	14,5	12	53,5
2.002	15	0,2	24,2	35,1	5,2	0,6	0	1,7	8,9	14,2	69,4	27,4	12	69,4
2.003	3,7	41,1	40	43,1	2,2	0	0	0	4,4	64,3	36,3	84,9	12	84,9
2.004	1,3	51,5	102,1	47,4	23,2	0	0,1	0	0,3	17	62,1	32,2	12	102,1
2.005	2	37	25,2	20,5	6	0	0	0,2	0,5	18,1	19,8	1,9	12	37,0
2.006	21,1	21,1	60,8	12,6	9	12	0	1,9	3	14,6	91,8	31,5	12	91,8
2.007	7	4,8	3,5	45,8	24,7	0	0	12,1	12,2	17,9	9,6	46,1	12	46,1
2.008	14,8	9	16,3	20	3	0	0	0	18,2	109,4	30,3	9,3	12	109,4
2.009	14,8	63,6	48,5	9,6	1,5	0,2	0	0	6,3	23,9	10,7	79,3	12	79,3
2.010	60,4	95,3	18,6	26,7	9,2	3,4	0,2	23,9	7,9	28,5	72	132,7	12	132,7
2.011	17,3	14,8	29,3	15,9	7,8	0,3	0	1	0,8	21,4	36	0,5	12	36,0
2.012	16,5	5,4	10,2	17,7	3,1	0	0	0	48	78,7	42,2	7,5	12	78,7
2.013	19,2	59,8	33,7	6,8	9,3	0	0	4,3	18,9	10,6	3,1	17,9	12	59,8

Media	28,17	32,97	27,58	19,63	11,67	5,57	1,19	4,47	15,69	25,27	42,14	31,68
Máxima	121,50	151,00	102,10	47,40	44,00	72,50	22,20	70,30	313,00	109,40	164,00	132,70
Nº Datos	71	71	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72

ESTACION METEOROLÓGICA 6-170: MÁLAGA "PANTANO DEL AGUJERO". MÁLAGA

LONGITUD: 04º 25' 57" W; LATITUD: 36º 46' 25" N; ALTURA S.N.M. 100,0 m.

Precipitación Máxima 24 horas en mm.

Año	MES												Nº de	Precipitación
	ENE	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**datos**	**Máxima Mensual**
1.961	0	0	30	37,5	14	3,2	0	0	0	5,7	41	67	12	67,0
1.962	21,8	13,5	75	57,3	31,3	0	0	0	0	31	22,5	60	12	75,0
1.963	44,5	40,9	28	14	20	10	0	0	17	0	48	51	12	51,0
1.964	41,5	51,5	20	16	0	0	0	--	0	0	18	40	11	51,5
1.965	36	16	16,5	38	1	15	0	0	26	17	29	12	12	38,0
1.966	14	27	13	6	5	6	0	0	23	27	34	0	12	34,0
1.967	12	82	12	4	19	7	0	--	0	20	60	9	11	82,0
1.968	4	38	13	16	12	0	0	7,5	0	0	58,5	41	12	58,5
1.969	25,5	42	17	15	40,5	--	0	0	84	67	75,5	12	11	84,0
1.970	49	0	21	10	19	30	0	0	0	6	37,5	59	12	59,0
1.971	26	37,5	54	55,5	18	11	0	0	0	11	21	33	12	55,5
1.972	26,5	6	22	4	7	3	--	--	23	50	51	9	10	51,0
1.973	32	22	31	4	31	14	0	0	0	29	--	--	10	32,0
1.974	17	20	16	34	0	48	0	0	0	15	8	0	12	48,0
1.975	33	46,5	29	23	18	6	0	18,5	0	4	8	53	12	53,0
1.976	21	37	18	40	23	0	11	0	5	45	13	--	11	45,0
1.977	55	5	7,5	6	1	7	13	0	0	--	--	25,4	10	55,0
1.978	0	43	32,2	8,3	12,5	28	--	--	--	27,2	120	30,5	9	120,0
1.979	26	29	27,3	17	3,5	0	81,4	0	20	26	0	5	12	81,4
1.980	58	31	27,3	5,2	28,8	24,5	0	0	0	--	47,7	0	11	58,0
1.981	0	30	4,7	27,8	24,6	3,8	0	7,6	7,4	0	0	17,5	12	30,0
1.982	31,3	28,5	15	24,9	13,5	0	2,3	0	2,1	9	88,4	12,5	12	88,4
1.983	0	8	4,8	18	2,5	0	0	5	0	0	80,7	27,5	12	80,7
1.984	1,9	89	20,6	7,5	25	2,3	0	2,4	0	6,7	64,3	17	12	89,0
1.985	22,7	27,8	2,1	3,7	10	10	0	0	14,5	17,5	17,5	9,2	12	27,8
1.986	--	18,2	29,6	33,9	2,4	1	3,7	0	0,8	41,6	54,6	5,5	11	54,6
1.987	49,3	15,3	4	10,5	0	1,8	0	50	7	38	27,4	44,8	12	50,0
1.988	33	39,3	10	10,1	--	13,7	0	0	--	50,3	77,5	2,5	10	77,5
1.989	30,3	22,8	19,3	30,2	--	0	--	--	--	41,9	135,8	107,5	8	135,8
1.990	--	--	5,5	42,5	6	--	--	--	--	--	--	--	3	42,5
1.991	--	54,9	56,7	13	--	--	--	--	--	46,4	60,1	17	6	60,1
1.992	15,1	32,5	11	18	0	29,5	1,5	0	9,5	38	11,8	10,5	12	38,0
1.993	37,5	27,2	31	7	22,5	0	--	--	2,3	40	23,3	0	10	40,0
1.994	32,5	102,4	10	29	14	0	0	14	16,5	10,5	18	14	12	102,4
1.995	6	3	26,5	2,4	0	0	0	0,5	0	--	40	39,1	11	40,0
1.996	46	37	12	27,5	40	0	0	0	24	30	37	47	12	47,0
1.997	46	0	0	6,5	23,5	7	0	7	--	21	29	53	11	53,0
1.998	42	77	4,5	4,5	29	10,7	--	--	--	0	1,5	37,5	9	77,0
1.999	29	7,5	35,5	10	6	0	0	0	12	35,5	19	15	12	35,5
2.000	25,5	0	19,5	34,5	14	0,1	0	0	--	18	8	51,5	11	51,5
2.001	24,5	6	15	0	28,5	0	0	0	52	24,5	46,5	6	12	52,0
2.002	11	0,1	38	19	3	1	0	0,5	9,6	10	56	12,5	12	56,0
2.003	5	19	24,5	39	2	0	0	0	--	53,7	32,6	73	11	73,0
2.004	0,9	68,2	113,8	30,8	32,7	0	0	--	1,9	20,5	8,5	37,3	11	113,8

ESTACION METEOROLÓGICA 6-170: MÁLAGA "PANTANO DEL AGUJERO". MÁLAGA (continuación)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Nº de datos	Precipitación máxima mensual
2.005	2,1	25	13,5	4	5	0	0	0,5	0,5	11,3	41	5,5	12	41,0
2.006	24	25	71	11	12,6	0	0	3,7	43,5	26,5	87,1	19	12	87,1
2.007	16,5	7,8	3,2	77	29,3	0	0	0,2	7,9	27,7	8,4	12,5	12	77,0
2.008	11,2	30,7	30,2	13	1,3	--	--	--	24,7	21,9	71	4,5	9	71,0
2.009	5,5	66,1	22,3	8,7	0,9	0	0	0	6,7	30,1	12	70	12	70,0
2.010	44,5	51	20,7	27	2,8	4	0,1	9	12	23,9	25,5	87,4	12	87,4
2.011	15,4	--	26,4	14,5	19,9	3,8	0	0	0	24,7	53,7	0,8	11	53,7
2.012	4,8	3	11,2	18	10	0	0	0	30	25,8	113,2	3,1	12	113,2

Media	23,60	30,20	23,50	19,89	13,99	6,28	2,57	3,08	11,23	23,46	41,68	27,90
Máxima	58,00	102,40	113,80	77,00	40,50	48,00	81,40	50,00	84,00	67,00	135,80	107,50
Nº Datos	49	50	52	52	49	48	44	41	43	48	49	49

ESTACION METEOROLÓGICA 6-168: MÁLAGA "EL BOTICARIO". MÁLAGA.

LONGITUD: 04º 23' 03" W; LATITUD: 36º 46' 42" N; ALTURA S.N.M. 500,0 m.

Precipitación Máxima 24 horas en mm.

Año	MES												Nº de	Precipitación
	ENE	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**datos**	**Máxima Mensual**
1.950					0	3	3	109	22	7	30		7	109,0
1.951	21	7	14	13	5	3	0	0	28	6	47	18	12	47,0
1.952	12	12	27	16	25			34	2	38	9	30	10	38,0
1.953	8	41	49	19	0	9	0	0	0	34	25	39	12	49,0
1.954	8	25	38	28	0	5	10	2	0	0	37	23	12	38,0
1.955	71	61	39	60	6	5	0	0,5	15	176	17	11	12	176,0
1.956	32	30	23	40	0	0	19	0	24	17	185	6	12	185,0
1.957	28	7	13	32	27	12	2	2	72	12	32	26	12	72,0
1.958	10	6	38	31	3	5	0	0	0	22	27	72	12	72,0
1.959	36	18	15	6	41	0	0	0,5	13	56	36	17	12	56,0
1.960	30	52	37	59	47	38	3	0	2	55	14	10	12	59,0
1.961	5	0	24	33	29	6	0	12	4	10	54	76	12	76,0
1.962	16	28	74	45	36	4	0	0	3	35	25	57	12	74,0
1.963	50	48	30	15	18	11	0	0	27	10	54	50	12	54,0
1.964	45	35	27	14	20	7	0	0	0	3	21	43	12	45,0
1.965	22	18	17	54	5	10	0	0	31	26	20	19	12	54,0
1.966	22	30	19	14	5	8	3	0	26	25	26	0	12	30,0
1.967	19	46	12	6	27			0	3	25	50	9	10	50,0
1.968	8	36	25	10	25	2	0		1	0	50	48	11	50,0
1.969	35	50	17	11	46	15	0	75	66	43	71	16	12	75,0
1.970	55	0	22	15	26	25	0	0	0	8	43	50	12	55,0
1.971	20	35	39	41	20	12	0	0	0	3	26	28	12	41,0
1.972	20	35	39	41	20	12	0	0	0	3	26	28	12	41,0
1.973	20	26	30	11	26	10	0	0	0	25	23	45	12	45,0
1.974	11	20	17	22	4	49	0	0	0	18	0	0	12	49,0
1.975	35	22	33	22	25	4	0	0	0	8	14	55	12	55,0
1.976	33	33	15	37	28	0	6	6	0	15	40		11	40,0
1.977	35	8	3	8	0	13	0	0	0	26	40	37	12	40,0
1.980	70	27	32	8	28	27	0	0	6	17	30	0	12	70,0
1.981	70	27	32	8	28	27	0	0	6	17	30	0	12	70,0
1.982	36	35	45	37	15	0	3	0	0	13	90	0	12	90,0
1.983	0	11	8	20	0	0	0	0	0	0	70	12	12	70,0
1.984	0	92	17	9	34	18	0	3	0	8	41	13	12	92,0
1.987	55	16	14	0	0	3	2	58	8	33	36	48	12	58,0
1.988	46	12	14	25	0	0	3	0	95	64	7		11	95,0
1.989	20	18	13,5	36	12	0	0	0	22	21	162	68,5	12	162,0
1.990	5	0	22	59,2	3	0	5,5	0	20	23,4	14,2	14,5	12	59,2
1.991	7,4	46,3	66,8	11,4	0	0	0	0		48,4		18,7	10	66,8
1.992	7	19,5	16,4	18	1,7	34,8			11,1	38,1	12,9	11,4	10	38,1
1.993	15,2	25,2	34,7	11,5	17,6	0	0	0	0,8	34,5	26,5	0	12	34,7
1.994	26,6	72,2	6,3	18	6,6	0	0	3,1	20	12,7	24	18,3	12	72,2
1.995	26,6	72,2	6,3	18	6,6	0	0	3,1	20	12,7	24	18,3	12	72,2
1.996	55,3	34,5	15,1	28,4	63,4	0	0	24,5	31,9	30,7	58,2	51,9	12	63,4
1.997	61,1	0,5	0	7,8	23,9	7,2	0	5,6	70,2	24,5	16	60	12	70,2

ESTACION METEOROLÓGICA 6-168: MÁLAGA "EL BOTICARIO". MÁLAGA. (continuación)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Nº de datos	Precipitación máxima mensual
1.998	37,8	36,5	8,1	5,6	28,5	16,2	0		11,3	0	2,4	51,6	11	51,6
1.999	31,3	7	24,9	6,1	11,8	0	0		4,7	46	35,3	17,2	11	46,0
2.000	19,8	0	21,3	36,7	12,6	0			0	17,5	14,8	56,6	10	56,6
2.001	19,5	7,5	19	5	34,1	0			55,5	21,1	37,6	8,5	10	55,5
2.002	12,9	1,5	21	12,5	4,2	6	0	0	7,5	8,2	31,8	13,3	12	31,8
2.003	10			43,3	0	0	0		3,5	40,7	40,5	36,2	9	43,3
2.004	3	49,9	59,6	17,1	29,5	0	0	0		12,5	3,1	63,5	11	63,5
2.005	2,2	21,5	25,9	3,6	3,3	0	0		0				8	25,9
2.006													0	0,0
2.007													0	0,0
2.008	14	45,5	64	20	4,3	1,5	0	0	40,3	72,1	20	13,5	12	72,1
2.009	9	70,7	28,5	10	2	0	0	0	13,5	3,8	16,3	49	12	70,7
2.010	41,2	61	26,3	24	7	4	0,1	7,2	10,8	28	30	58	12	61,0
2.011	16,2	17	30	28,1	16	3,7	0,2	0	0,2	33,4	38,8	20	12	38,8
2.012	7	7,5	5	22,2	10,5	0,1	0,2	0	40,1	94	60	3,5	12	94,0
2.013	12	32	26,5	9	2	0	0	1,5	12	11,2	3,5		11	32,0

Media	25,34	28,48	25,70	22,13	15,86	7,44	1,13	6,94	15,17	26,18	36,03	29,03
Máxima	71,00	92,00	74,00	60,00	63,40	49,00	19,00	109,00	95,00	176,00	185,00	76,00
Nº Datos	57	56	56	57	58	56	53	50	56	57	56	53

ESTACION METEOROLÓGICA 6-171A: MÁLAGA "CARMELITAS". MÁLAGA.

LONGITUD: 04º 25' 23" W; LATITUD: 36º 43' 37" N; ALTURA S.N.M. 12,0 m.

Precipitación Máxima 24 horas en mm.

Año	MES												Nº de datos	Precipitación Máxima Mensual
	ENE	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**		
1.987	46,7	11,6	0,8	5,4	0	1,8	0	56,5	10,2	32	29,7	26,4	12	56,5
1.988	38,5	35,5	10	7,5	20,8	5,7	0,3	0	5	51,1	77,5	0,7	12	77,5
1.989	14,5	37,3	4,9	37,3	8	0	0	0	25,9	40,6	76,6	65	12	76,6
1.990	18,9	0	13,3	37,6	4,9	0	4	0	7,7	20	30,3	12,1	12	37,6
1.991	12	45,2	48,1	9	0	1,2	0	0	13,6	33,7	31	12,2	12	48,1
1.992	61,3	24,9	10,1	10,4	0,3	28,4	0	0	21	29,8	11,1	14,9	12	61,3
1.993	19,8	36	29,3	7,1	15	0	0	0	1,3	38,4	25,2	0	12	38,4
1.994	30,5	110	6,8	15,2	3,4	0	0	3,7	7,4	10,8	31,8	43	12	110,0
1.995	7	3	27,3	1,6	0	5,6	0	0	0	2,5	40,3	53	12	53,0
1.996	55	29	16,8	37,7	47,7	0	0	22	21	32,2	39,6	51,2	12	55,0
1.997	64	0	0	8,1	20	9	0	9,2	64	37	33,5	57,6	12	64,0
1.998	44	75,5	7	1,6	23,3	11	0	0	9,1	0	3,5	38	12	75,5
1.999	34,3	6,8	33	5,1	4,2	0	0	0	8,7	36,9	13,5	11,7	12	36,9
2.000	23,5	0	19,1	28,5	16,2	1,5	0	0	3,2	22	5	59,4	12	59,4
2.001	27,5	13,5	12,5	0	33	0	0	0	42,2	22,3	55,5	18	12	55,5
2.002	11	0,5	39	25,8	5,1	1	0	11	17	64	12		11	64,0
2.004	2	46	103,5	23,4	31,7	0	0	0	0	23	61,5	35,2	12	103,5
2.005	2,7	28	17,2	7	5,5	0,1	0,3	0,7	0,3	13	20	3,5	12	28,0
2.006	42,7	22,6	57,2	10,2	16,5	0,7	0	3,2	24,6	8,6	73,2	18,5	12	73,2
2.007	14,7	7,3	4	31,5	30,2	0	0	0	8,3	25,5	11,1	23,2	12	31,5
2.008	9,1	13,4	24	10,8	1,8	0,5	0	0	21,2	69,2	23	4	12	69,2
2.009	16,8	60	30	11,1	1,2	0	0	0	6,1	20,6	14,8	71,8	12	71,8
2.010	33,6	80,8	25,5	31	1,6	4	0,6	4,4	7,3	22	38,7	104,7	12	104,7
2.011	19,6	15	25,5	16,3	7,9	0	0	0,1	0,7		41,8	1,3	11	41,8
2.012	6,2	3,9	7,7	18,8	9,4	0		0	31	92,5	107,5	5,5	11	107,5
2.013		43,6		6,5	4,5	0	0	1,6	16,7	14,5	2,8		9	43,6

Media	26,24	28,82	22,90	15,56	12,01	2,71	0,21	4,32	14,37	30,49	35,02	30,45
Máxima	64,00	110,00	103,50	37,70	47,70	28,40	4,00	56,50	64,00	92,50	107,50	104,70
Nº Datos	25	26	25	26	26	26	25	26	26	25	26	24

2.5.3 Precipitaciones obtenidas a partir del método de Gumbel

Para las estaciones seleccionadas, a partir de la serie anual de intensidades de lluvia máxima en 24 horas, se obtiene por el método Gumbel la precipitación máxima en 24 horas, para un periodo de retorno determinado.

La ley de Gumbel es el modelo universalmente aceptado en distribuciones de variables aleatorias, que sean extremos (máximos o mínimos) de un determinado fenómeno que se produce en el tiempo.

De este modo el método de Gumbel permite obtener a partir de una serie anual de precipitaciones medias máximas, la precipitación media máxima correspondiente al periodo de retorno considerado.

La función de distribución de la variable aleatoria con distribución de Gumbel toma la forma siguiente:

$$T(x)=\left[1-e^{-e^{-a(x-b)}}\right]^{-1}$$

en donde:

x= valor de la variable, en este caso, la intensidad media máxima anual.

T(x)= periodo de retorno considerado.

α y β= parámetros que se deben ajustar según las expresiones siguientes:

$$a=\frac{p}{g*\sqrt{6}}$$

$$b=m-\frac{0{,}5772}{a}$$

γ= desviacion tipica de la muestra.

μ= media de la muestra.

Una vez obtenida Pd, se determina la intensidad media diaria máxima para cada periodo de retorno y a partir de este valor, se obtiene la intensidad media máxima según la duración del aguacero, (It), a partir del cual se estimarán los caudales de cada cuenca aportante. En las páginas siguientes se encuentra se aplica el método de Gumbel a las estaciones seleccionadas en el presente proyecto

Los valores obtenidos por este método para las distintas estaciones son los siguientes:

Tabla 17.- Precipitaciones máx. en 24 h para los distintos periodos de retorno por el método de Gumbel

T (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
6-155A Málaga "Aeropuerto"	68,62	108,15	134,33	167,41	191,94	216,30	240,57	272,58
6-170 Pantano del Agujero	59,95	83,51	99,11	118,82	133,45	147,96	162,43	181,51
6-168 Málaga "El boticario"	56,51	88,19	109,17	135,68	155,34	174,86	194,31	219,96
6-171A Málaga "Carmelitas"	59,75	83,59	99,37	119,31	134,10	148,79	163,41	182,72

ESTIMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO SEGÚN GUMBEL.

ESTACION Nº 6-155A: MÁLAGA "AEROPUERTO". MÁLAGA

LONGITUD: 04” 29’ 17" W; LATITUD: 36” 40’ 00" N; ALTURA S.N.M. 7,0 m.

AÑO	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)
1.942	164,0
1.943	68,0
1.944	44,8
1.945	79,0
1.946	85,8
1.947	86,0
1.948	34,0
1.949	53,0
1.950	36,0
1.951	42,0
1.952	35,0
1.953	75,0
1.954	37,0
1.955	71,0
1.956	104,4
1.957	313,0
1.958	60,9
1.959	90,0
1.960	60,0
1.961	73,1
1.962	97,2
1.963	68,7
1.964	46,5
1.965	51,5
1.966	52,0
1.967	62,0
1.968	53,0
1.969	151,0
1.970	92,6
1.971	76,0
1.972	54,0
1.973	69,8
1.974	72,5
1.975	55,5
1.976	76,6
1.977	48,4
1.978	93,8
1.979	121,5
1.980	59,2
1.981	34,2
1.982	147,1
1.983	82,9
1.984	126,6
1.985	28,7
1.986	62,8
1.987	73,4
1.988	38,6
1.989	140,2
1.990	36,6
1.991	57,2
1.992	37,2
1.993	32,6
1.994	97,3
1.995	63,6
1.996	66,3
1.997	83,0
1.998	92,2
1.999	41,4
2.000	77,9
2.001	53,5
2.002	69,4
2.003	84,9
2.004	102,1
2.005	37,0
2.006	91,8
2.007	46,1
2.008	109,4
2.009	79,3
2.010	132,7
2.011	36,0
2.012	78,7
2.013	59,80

N” ORDEN	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)	PROBABILIDAD INTR´NSECA	VARIABLE REDUCIDA	Y(T)	X(T)
1	28,7	1,37	-1,46		
2	32,6	2,74	-1,28	0,37	68,62
3	34,0	4,11	-1,16	0,90	87,32
4	34,2	5,48	-1,07	1,25	99,29
5	35,0	6,85	-0,99	1,50	108,15
6	36,0	8,22	-0,92	1,70	115,20
7	36,0	9,59	-0,85	1,87	121,06
8	36,6	10,96	-0,79	2,01	126,07
9	37,0	12,33	-0,74	2,14	130,44
10	37,0	13,70	-0,69	2,25	134,33
11	37,2	15,07	-0,64	2,35	137,83
12	38,6	16,44	-0,59	2,44	141,01
13	41,4	17,81	-0,55	2,53	143,92
14	42,0	19,18	-0,50	2,60	146,60
15	44,8	20,55	-0,46	2,67	149,10
16	46,1	21,92	-0,42	2,74	151,43
17	46,5	23,29	-0,38	2,80	153,61
18	48,4	24,66	-0,34	2,86	155,66
19	51,5	26,03	-0,30	2,92	157,60
20	52,0	27,40	-0,26	2,97	159,44
21	53,0	28,77	-0,22	3,02	161,19
22	53,0	30,14	-0,18	3,07	162,85
23	53,5	31,51	-0,14	3,11	164,43
24	54,0	32,88	-0,11	3,16	165,95
25	55,5	34,25	-0,07	3,20	167,41
26	57,2	35,62	-0,03	3,24	168,80
27	59,2	36,99	0,01	3,28	170,14
28	59,80	38,36	0,04	3,31	171,44
29	60,0	39,73	0,08	3,35	172,68
30	60,9	41,10	0,12	3,38	173,89
31	62,0	42,47	0,15	3,42	175,05
32	62,8	43,84	0,19	3,45	176,17
33	63,6	45,21	0,23	3,48	177,27
34	66,3	46,58	0,27	3,51	178,32
35	68,0	47,95	0,31	3,54	179,35
36	68,7	49,32	0,35	3,57	180,35
37	69,4	50,68	0,39	3,60	181,31
38	69,8	52,05	0,43	3,62	182,26
39	71,0	53,42	0,47	3,65	183,18
40	72,5	54,79	0,51	3,68	184,07
41	73,1	56,16	0,55	3,70	184,94
42	73,4	57,53	0,59	3,73	185,79
43	75,0	58,90	0,64	3,75	186,62
44	76,0	60,27	0,68	3,77	187,44
45	76,6	61,64	0,73	3,80	188,23
46	77,9	63,01	0,77	3,82	189,00
47	78,7	64,38	0,82	3,84	189,76
48	79,0	65,75	0,87	3,86	190,50
49	79,3	67,12	0,92	3,88	191,23
50	82,9	68,49	0,97	3,90	191,94
51	83,0	69,86	1,03	3,92	192,64
52	84,9	71,23	1,08	3,94	193,32
53	85,8	72,60	1,14	3,96	194,00
54	86,0	73,97	1,20	3,98	194,65
55	90,0	75,34	1,26	4,00	195,30
56	91,8	76,71	1,33	4,02	195,93
57	92,2	78,08	1,40	4,03	196,56
58	92,6	79,45	1,47	4,05	197,17
59	93,8	80,82	1,55	4,07	197,77
60	97,2	82,19	1,63	4,09	198,36
61	97,3	83,56	1,72	4,10	198,94
62	102,1	84,93	1,81	4,12	199,52
63	104,4	86,30	1,92	4,14	200,08
64	109,4	87,67	2,03	4,15	200,63
65	121,5	89,04	2,15	4,17	201,18
66	126,6	90,41	2,29	4,18	201,71
67	132,7	91,78	2,46	4,20	202,24
68	140,2	93,15	2,65	4,21	202,76
69	147,1	94,52	2,88	4,23	203,28
70	151,0	95,89	3,17	4,24	203,78
71	164,0	97,26	3,58	4,26	204,28
72	313,0	98,63	4,28	4,27	204,77

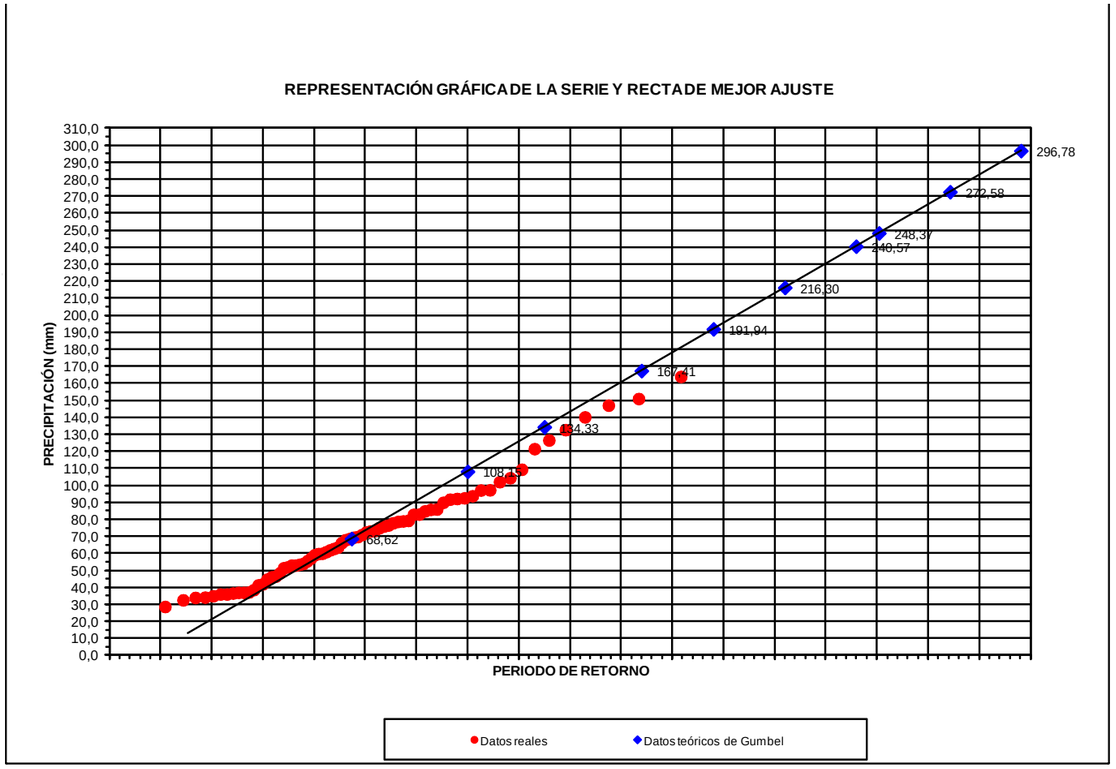
DATOS		VARIABLE REDUCIDA		PAR`METROS	
N” DATOS	72	N” DATOS	72	C.CORRE.	0,8310
MEDIA	75,20	MEDIA	0,56	BETA	55,8302
DESV. T´PICA	41,41	DESV. T´PICA	1,19	ALFA	0,0287

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	Y(T)	PRECIPITACIÓN Pd (mm)
2	0,5	0,37	68,62
5	0,8	1,50	108,15
10	0,9	2,25	134,33
25	0,96	3,20	167,41
50	0,98	3,90	191,94
100	0,99	4,60	216,30
200	0,995	5,30	240,57
250	0,996	5,52	248,37
500	0,998	6,21	272,58
1000	0,999	6,91	296,78

$$T(x) = \left[1 - e^{-e^{-a(x-b)}}\right]^{-1}$$

$$a = \frac{p}{g * \sqrt{6}}$$

$$b = m - \frac{0,5772}{a}$$



PRUEBA ESTAD´STICA X^2 EN LA SERIE

N" INTERVALOS=	8
N" DE GRADOS DE LIBERTAD n= k-r-1= k-2-1=	5
NIVEL DE CONFIANZA=	95%

INTERVALO (k)	N" OBSERV. (Oi)	PROBABILIDAD OBSERVADA (Oi/N" DATOS)	PROBABILIDAD ESPERADA (F(x)=EXP(-EXP(-a(x-b)))	X^2 ((Oi-Ei)^2/Ei)
Hasta 35	5	0,069	0,163	3,838
35-40	7	0,097	0,045	4,463
40-45	3	0,042	0,048	0,069
45-50	3	0,042	0,051	0,125
50-55	6	0,083	0,052	1,311
55-60	5	0,069	0,053	0,387
60-65	4	0,056	0,052	0,020
Mayor de 65	39	0,542	0,536	0,004
			X^2 muestral	**10,216**
			Función X^2 (95%)	**11,1**

El valor muestral es menor que la función.

El ajuste se considera ADECUADO para el nivel de confianza exigido.

ESTIMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO SEGÚN GUMBEL.

ESTACION METEOROLÓGICA 6-170: MÁLAGA "PANTANO DEL AGUJERO". MÁLAGA

LONGITUD: 04” 25’ 57" W; LATITUD: 36” 46’ 25" N; ALTURA S.N.M. 100,0 m.

AÑO	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)
1.961	67,0
1.962	75,0
1.963	51,0
1.964	51,5
1.965	38,0
1.966	34,0
1.967	82,0
1.968	58,5
1.969	84,0
1.970	59,0
1.971	55,5
1.972	51,0
1.973	32,0
1.974	48,0
1.975	53,0
1.976	45,0
1.977	55,0
1.978	120,0
1.979	81,4
1.980	58,0
1.981	30,0
1.982	88,4
1.983	80,7
1.984	89,0
1.985	27,8
1.986	54,6
1.987	50,0
1.988	77,5
1.989	135,8
1.990	42,5
1.991	60,1
1.992	38,0
1.993	40,0
1.994	102,4
1.995	40,0
1.996	47,0
1.997	53,0
1.998	77,0
1.999	35,5
2.000	51,5
2.001	52,0
2.002	56,0
2.003	73,0
2.004	113,8
2.005	41,0
2.006	87,1
2.007	77,0
2.008	71,0
2.009	70,0
2.010	87,4
2.011	53,7
2.012	113,2

N” ORDEN	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)	PROBABILIDAD INTR´NSECA	VARIABLE REDUCIDA	Y(T)	X(T)
1	27,8	1,89	-1,38		
2	30,0	3,77	-1,19	0,37	59,95
3	32,0	5,66	-1,05	0,90	71,09
4	34,0	7,55	-0,95	1,25	78,23
5	35,5	9,43	-0,86	1,50	83,51
6	38,0	11,32	-0,78	1,70	87,71
7	38,0	13,21	-0,71	1,87	91,20
8	40,0	15,09	-0,64	2,01	94,19
9	40,0	16,98	-0,57	2,14	96,79
10	41,0	18,87	-0,51	2,25	99,11
11	42,5	20,75	-0,45	2,35	101,20
12	45,0	22,64	-0,40	2,44	103,09
13	47,0	24,53	-0,34	2,53	104,83
14	48,0	26,42	-0,29	2,60	106,43
15	50,0	28,30	-0,23	2,67	107,91
16	51,0	30,19	-0,18	2,74	109,30
17	51,0	32,08	-0,13	2,80	110,60
18	51,5	33,96	-0,08	2,86	111,83
19	51,5	35,85	-0,03	2,92	112,98
20	52,0	37,74	0,03	2,97	114,08
21	53,0	39,62	0,08	3,02	115,12
22	53,0	41,51	0,13	3,07	116,11
23	53,7	43,40	0,18	3,11	117,05
24	54,6	45,28	0,23	3,16	117,96
25	55,0	47,17	0,29	3,20	118,82
26	55,5	49,06	0,34	3,24	119,66
27	56,0	50,94	0,39	3,28	120,46
28	58,0	52,83	0,45	3,31	121,23
29	58,5	54,72	0,51	3,35	121,97
30	59,0	56,60	0,56	3,38	122,69
31	60,1	58,49	0,62	3,42	123,38
32	67,0	60,38	0,68	3,45	124,05
33	70,0	62,26	0,75	3,48	124,70
34	71,0	64,15	0,81	3,51	125,33
35	73,0	66,04	0,88	3,54	125,94
36	75,0	67,92	0,95	3,57	126,54
37	77,0	69,81	1,02	3,60	127,11
38	77,0	71,70	1,10	3,62	127,68
39	77,50	73,58	1,18	3,65	128,22
40	80,7	75,47	1,27	3,68	128,76
41	81,4	77,36	1,36	3,70	129,28
42	82,0	79,25	1,46	3,73	129,78
43	84,0	81,13	1,56	3,75	130,28
44	87,1	83,02	1,68	3,77	130,76
45	87,4	84,91	1,81	3,80	131,23
46	88,4	86,79	1,95	3,82	131,70
47	89,0	88,68	2,12	3,84	132,15
48	102,4	90,57	2,31	3,86	132,59
49	113,2	92,45	2,55	3,88	133,02
50	113,8	94,34	2,84	3,90	133,45
51	120,0	96,23	3,26	3,92	133,86
52	135,8	98,11	3,96	3,94	134,27

DATOS		VARIABLE REDUCIDA		PAR`METROS	
N” DATOS	52	N” DATOS	52	C.CORRE.	0,8404
MEDIA	63,75	MEDIA	0,55	BETA	52,3275
DESV. T´PICA	24,20	DESV. T´PICA	1,16	ALFA	0,0481

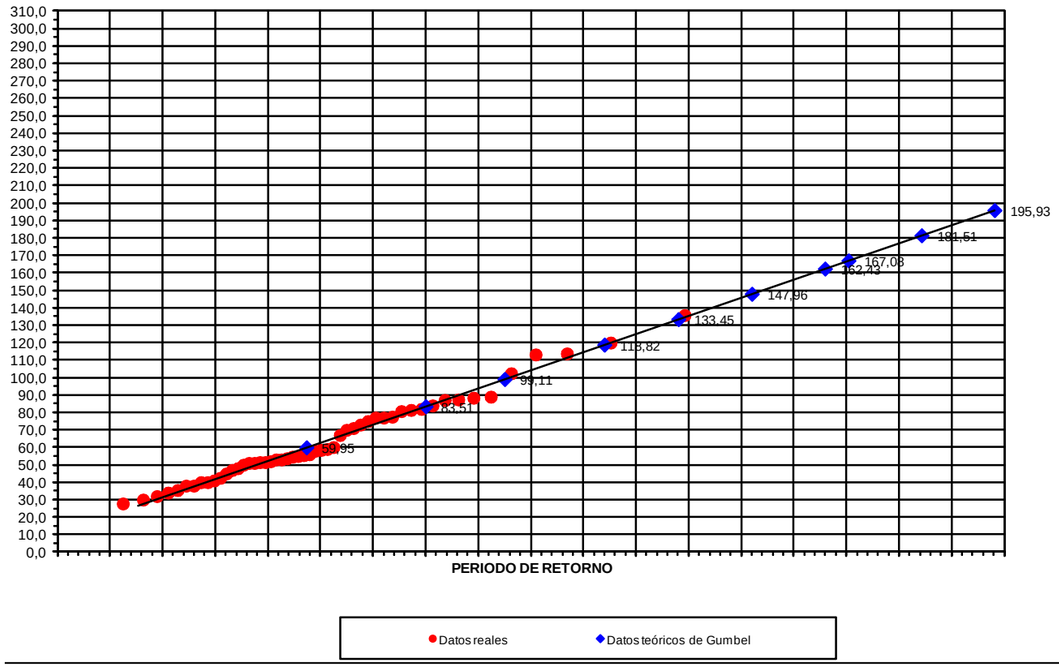
PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	Y(T)	PRECIPITACIÓN Pd (mm)
2	0,5	0,37	59,95
5	0,8	1,50	83,51
10	0,9	2,25	99,11
25	0,96	3,20	118,82
50	0,98	3,90	133,45
100	0,99	4,60	147,96
200	0,995	5,30	162,43
250	0,996	5,52	167,08
500	0,998	6,21	181,51
1000	0,999	6,91	195,93

$$T(x) = \left[1 - e^{-e^{-a(x-b)}}\right]^{-1}$$

$$a = \frac{p}{g * \sqrt{6}}$$

$$b = m - \frac{0,5772}{a}$$

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SERIE Y RECTA DE MEJOR AJUSTE



PRUEBA ESTAD´STICA X^2 EN LA SERIE

N" INTERVALOS= 8
N" DE GRADOS DE LIBERTAD n= k-r-1= k-2-1= 5
NIVEL DE CONFIANZA= 95%

INTERVALO (k)	N" OBSERV. (Oi)	PROBABILIDAD OBSERVADA (Oi/N" DATOS)	PROBABILIDAD ESPERADA (F(x)=EXP(-EXP(-a(x-b)))	X^2 ((Oi-Ei)^2/Ei)
Hasta 35	4	0,077	0,100	0,280
35-40	5	0,096	0,064	0,864
40-45	3	0,058	0,077	0,259
45-50	3	0,058	0,086	0,476
50-55	10	0,192	0,088	6,378
55-60	5	0,096	0,086	0,064
60-65	1	0,019	0,080	2,390
Mayor de 65	21	0,404	0,419	0,030
			X^2 muestral	**10,741**
			Función X^2 (95%)	**11,1**

El valor muestral es menor que la función.

El ajuste se considera ADECUADO para el nivel de confianza exigido.

ESTIMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO SEGÚN GUMBEL.

ESTACION Nº 6-168: MÁLAGA "EL BOTICARIO". MÁLAGA.

LONGITUD: 04” 23’ 03" W; LATITUD: 36” 46’ 42" N; ALTURA S.N.M. 500,0 m.

AÑO	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)
1.950	109,0
1.951	47,0
1.952	38,0
1.953	49,0
1.954	38,0
1.955	176,0
1.956	185,0
1.957	72,0
1.958	72,0
1.959	56,0
1.960	59,0
1.961	76,0
1.962	74,0
1.963	54,0
1.964	45,0
1.965	54,0
1.966	30,0
1.967	50,0
1.968	50,0
1.969	75,0
1.970	55,0
1.971	41,0
1.972	41,0
1.973	45,0
1.974	49,0
1.975	55,0
1.976	40,0
1.977	40,0
1.980	70,0
1.981	70,0
1.982	90,0
1.983	70,0
1.984	92,0
1.987	58,0
1.988	95,0
1.989	162,0
1.990	59,2
1.991	66,8
1.992	38,1
1.993	34,7
1.994	72,2
1.995	72,2
1.996	63,4
1.997	70,2
1.998	51,6
1.999	46,0
2.000	56,6
2.001	55,5
2.002	31,8
2.003	43,3
2.004	63,5
2.005	25,9
2.006	0,0
2.007	0,0
2.008	72,1
2.009	70,7
2.010	61,0
2.011	38,8
2.012	94,0
2.013	32,0

N” ORDEN	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)	PROBABILIDAD INTR´NSECA	VARIABLE REDUCIDA	Y(T)	X(T)
1	0,0	1,64	-1,41		
2	0,0	3,28	-1,23	0,37	56,51
3	25,9	4,92	-1,10	0,90	71,50
4	30,0	6,56	-1,00	1,25	81,09
5	31,8	8,20	-0,92	1,50	88,19
6	32,0	9,84	-0,84	1,70	93,84
7	34,7	11,48	-0,77	1,87	98,53
8	38,0	13,11	-0,71	2,01	102,55
9	38,0	14,75	-0,65	2,14	106,05
10	38,1	16,39	-0,59	2,25	109,17
11	38,8	18,03	-0,54	2,35	111,97
12	40,0	19,67	-0,49	2,44	114,52
13	40,0	21,31	-0,44	2,53	116,85
14	41,0	22,95	-0,39	2,60	119,01
15	41,0	24,59	-0,34	2,67	121,01
16	43,3	26,23	-0,29	2,74	122,87
17	45,0	27,87	-0,25	2,80	124,62
18	45,0	29,51	-0,20	2,86	126,27
19	46,0	31,15	-0,15	2,92	127,82
20	47,0	32,79	-0,11	2,97	129,29
21	49,0	34,43	-0,06	3,02	130,69
22	49,0	36,07	-0,02	3,07	132,02
23	50,0	37,70	0,02	3,11	133,29
24	50,0	39,34	0,07	3,16	134,51
25	51,6	40,98	0,11	3,20	135,68
26	54,0	42,62	0,16	3,24	136,79
27	54,0	44,26	0,20	3,28	137,87
28	55,0	45,90	0,25	3,31	138,91
29	55,0	47,54	0,30	3,35	139,90
30	55,5	49,18	0,34	3,38	140,87
31	56,0	50,82	0,39	3,42	141,80
32	56,6	52,46	0,44	3,45	142,70
33	58,0	54,10	0,49	3,48	143,58
34	59,0	55,74	0,54	3,51	144,42
35	59,2	57,38	0,59	3,54	145,25
36	61,0	59,02	0,64	3,57	146,05
37	63,4	60,66	0,69	3,60	146,82
38	63,5	62,30	0,75	3,62	147,58
39	66,8	63,93	0,80	3,65	148,31
40	70,0	65,57	0,86	3,68	149,03
41	70,0	67,21	0,92	3,70	149,73
42	70,0	68,85	0,99	3,73	150,41
43	70,2	70,49	1,05	3,75	151,08
44	70,7	72,13	1,12	3,77	151,73
45	72,0	73,77	1,19	3,80	152,36
46	72,0	75,41	1,27	3,82	152,98
47	72,1	77,05	1,34	3,84	153,59
48	72,2	78,69	1,43	3,86	154,19
49	72,2	80,33	1,52	3,88	154,77
50	74,0	81,97	1,62	3,90	155,34
51	75,0	83,61	1,72	3,92	155,90
52	76,0	85,25	1,83	3,94	156,45
53	90,0	86,89	1,96	3,96	156,98
54	92,0	88,52	2,10	3,98	157,51
55	94,0	90,16	2,27	4,00	158,03
56	95,0	91,80	2,46	4,02	158,54
57	109,0	93,44	2,69	4,03	159,04
58	162,0	95,08	2,99	4,05	159,53
59	176,0	96,72	3,40	4,07	160,01
60	185,0	98,36	4,10	4,09	160,48

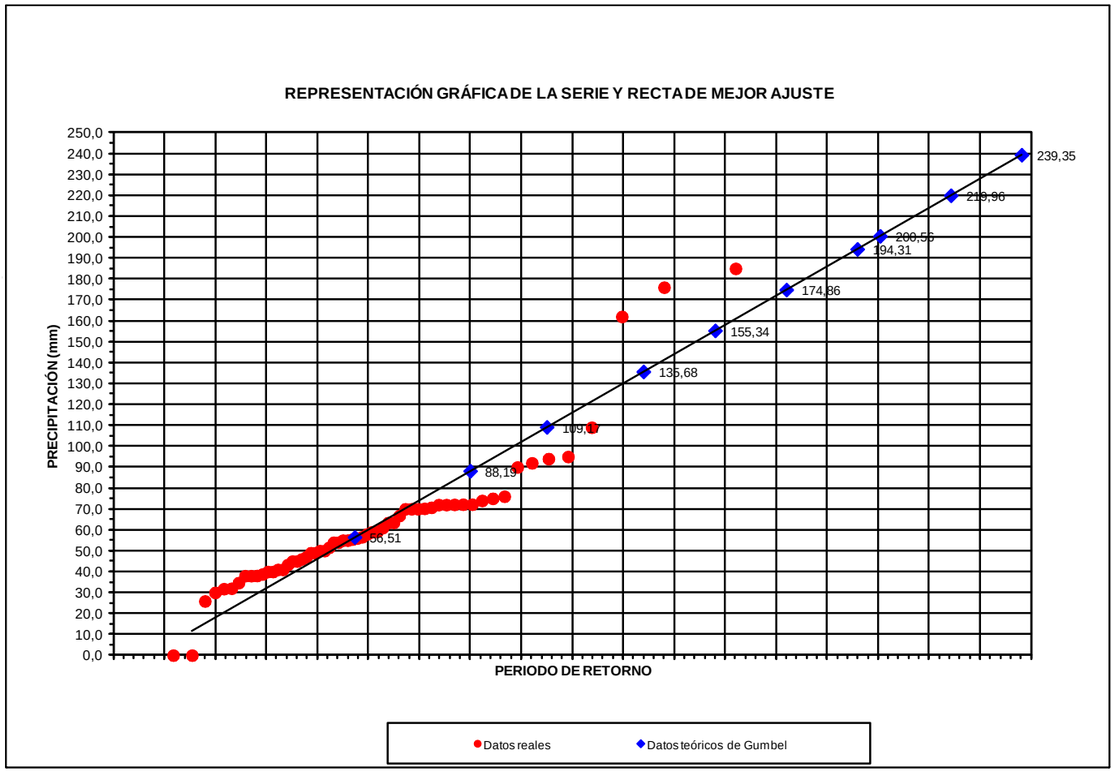
DATOS		VARIABLE REDUCIDA		PAR`METROS	
N” DATOS	60	N” DATOS	60	C.CORRE.	0,8361
MEDIA	61,69	MEDIA	0,55	BETA	46,2596
DESV. T´PICA	32,84	DESV. T´PICA	1,17	ALFA	0,0358

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	Y(T)	PRECIPITACIÓN Pd (mm)
2	0,5	0,37	56,51
5	0,8	1,50	88,19
10	0,9	2,25	109,17
25	0,96	3,20	135,68
50	0,98	3,90	155,34
100	0,99	4,60	174,86
200	0,995	5,30	194,31
250	0,996	5,52	200,56
500	0,998	6,21	219,96
1000	0,999	6,91	239,35

$$T(x) = \left[1 - e^{-e^{-a(x-b)}}\right]^{-1}$$

$$a = \frac{p}{g * \sqrt{6}}$$

$$b = m - \frac{0,5772}{a}$$



PRUEBA ESTAD˝STICA X^2 EN LA SERIE

N" INTERVALOS=	8
N" DE GRADOS DE LIBERTAD n= k-r-1= k-2-1=	5
NIVEL DE CONFIANZA=	95%

INTERVALO (k)	N" OBSERV. (Oi)	PROBABILIDAD OBSERVADA (Oi/N" DATOS)	PROBABILIDAD ESPERADA (F(x)=EXP(-EXP(-a(x-b)))	X^2 ((Oi-Ei)^2/Ei)
Hasta 40	13	0,217	0,286	1,014
40-45	5	0,083	0,065	0,307
45-50	6	0,100	0,066	1,078
50-55	5	0,083	0,064	0,341
55-60	6	0,100	0,061	1,472
60-65	3	0,050	0,057	0,054
65-70	4	0,067	0,052	0,233
Mayor de 55	18	0,300	0,348	0,398
			X^2 muestral	**4,897**
			Función X^2 (95%)	**11,1**

El valor muestral es menor que la función.
El ajuste se considera ADECUADO para el nivel de confianza exigido.

ESTIMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO SEGÚN GUMBEL.

ESTACION Nº 6-171A: MÁLAGA "CARMELITAS". MÁLAGA.

LONGITUD: 04” 25’ 23" W; LATITUD: 36” 43’ 37" N; ALTURA S.N.M. 12,0 m.

AÑO	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)
1.987	56,5
1.988	77,5
1.989	76,6
1.990	37,6
1.991	48,1
1.992	61,3
1.993	38,4
1.994	110,0
1.995	53,0
1.996	55,0
1.997	64,0
1.998	75,5
1.999	36,9
2.000	59,4
2.001	55,5
2.002	64,0
2.004	103,5
2.005	28,0
2.006	73,2
2.007	31,5
2.008	69,2
2.009	71,8
2.010	104,7
2.011	41,8
2.012	107,5
2.013	43,6

N” ORDEN	PRECIPITACIÓN M`XIMA (mm/24h)	PROBABILIDAD INTR´NSECA	VARIABLE REDUCIDA	Y(T)	X(T)
1	28,0	3,70	-1,19		
2	31,5	7,41	-0,96	0,37	59,75
3	36,9	11,11	-0,79	0,90	71,03
4	37,6	14,81	-0,65	1,25	78,25
5	38,4	18,52	-0,52	1,50	83,59
6	41,8	22,22	-0,41	1,70	87,84
7	43,6	25,93	-0,30	1,87	91,37
8	48,1	29,63	-0,20	2,01	94,39
9	53,0	33,33	-0,09	2,14	97,03
10	55,0	37,04	0,01	2,25	99,37
11	55,5	40,74	0,11	2,35	101,48
12	56,5	44,44	0,21	2,44	103,39
13	59,4	48,15	0,31	2,53	105,15
14	61,3	51,85	0,42	2,60	106,77
15	64,0	55,56	0,53	2,67	108,27
16	64,0	59,26	0,65	2,74	109,68
17	69,2	62,96	0,77	2,80	110,99
18	71,8	66,67	0,90	2,86	112,23
19	73,2	70,37	1,05	2,92	113,40
20	75,5	74,07	1,20	2,97	114,51
21	76,6	77,78	1,38	3,02	115,56
22	77,5	81,48	1,59	3,07	116,56
23	103,5	85,19	1,83	3,11	117,52
24	104,7	88,89	2,14	3,16	118,43
25	107,5	92,59	2,56	3,20	119,31
26	110,0	96,30	3,28	3,24	120,15

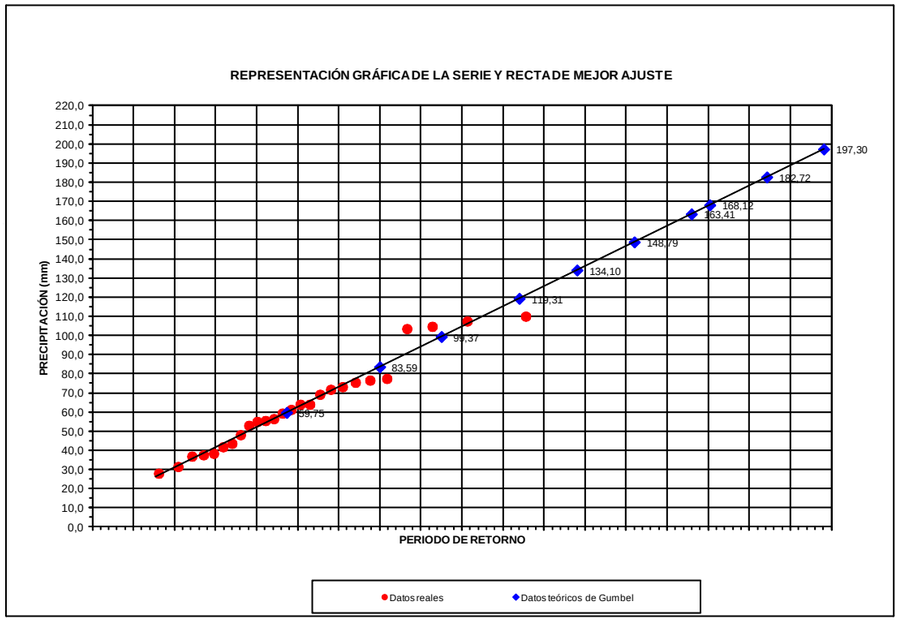
DATOS		VARIABLE REDUCIDA		PAR`METROS	
N” DATOS	26	N” DATOS	26	C.CORRE.	0,8649
MEDIA	63,23	MEDIA	0,53	BETA	52,0455
DESV. T´PICA	23,05	DESV. T´PICA	1,10	ALFA	0,0476

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	Y(T)	PRECIPITACIÓN Pd (mm)
2	0,5	0,37	59,75
5	0,8	1,50	83,59
10	0,9	2,25	99,37
25	0,96	3,20	119,31
50	0,98	3,90	134,10
100	0,99	4,60	148,79
200	0,995	5,30	163,41
250	0,996	5,52	168,12
500	0,998	6,21	182,72
1000	0,999	6,91	197,30

$$T(x) = \left[1 - e^{-e^{-a(x-b)}}\right]^{-1}$$

$$a = \frac{p}{g * \sqrt{6}}$$

$$b = m - \frac{0,5772}{a}$$



PRUEBA ESTAD´STICA X^2 EN LA SERIE

N” INTERVALOS= 8
N” DE GRADOS DE LIBERTAD n= k-r-1= k-2-1= 5
NIVEL DE CONFIANZA= 95%

INTERVALO (k)	N” OBSERV. (Oi)	PROBABILIDAD OBSERVADA (Oi/N” DATOS)	PROBABILIDAD ESPERADA (F(x)=EXP(-EXP(-a(x-b)))	X^2 ((Oi-Ei)^2/Ei)
Hasta 25	0	0,000	0,027	0,697
25-30	1	0,038	0,031	0,049
30-35	1	0,038	0,048	0,048
35-40	3	0,115	0,064	1,055
40-45	2	0,077	0,077	0,000
45-50	1	0,038	0,085	0,664
50-55	2	0,077	0,087	0,032
Mayor de 55	16	0,615	0,581	0,054
			X^2 muestral	**2,599**
			Función X^2 (95%)	**11,1**

El valor muestral es menor que la función.
El ajuste se considera ADECUADO para el nivel de confianza exigido.

2.5.4 Precipitaciones obtenidas a partir del método de SQRT-ETmax

La ley de distribución SQRT-ET es una ley con dos parámetros. La formulación es la siguiente:

$$F(x) = \exp\left[-\lambda * \left(1+\sqrt{\beta x}\right) * \exp\left(-\sqrt{\beta x}\right)\right]$$

donde:

F(x): Frecuencia de ocurrencia de una determinada precipitación

x: Precipitación máxima para cada periodo de retorno

λ, β: parámetros que definen la ley y que se deben ajustar

Los parámetros se obtienen por el método de máxima verosimilitud, siendo la función logarítmica de máxima verosimilitud:

$$L = \sum_{i=1}^{N} \ln f(x_i)$$

Siendo

$$f(x_i) = \frac{\lambda\beta}{2} * \exp\left(-\sqrt{\beta x_i}\right) * F(x_i)$$

Derivando la expresión de L con respecto a los parámetros λ y β e igualando a cero se obtienen los valores:

$$\lambda = \frac{N}{\sum_{i=1}^{N}\left(1+\sqrt{\beta x_i}\right) * \exp\left(-\sqrt{\beta x_i}\right)}$$

N= número de datos

y β es el valor que hace cero la siguiente expresión:

$$\frac{N}{\beta} - \frac{1}{2} * \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i}{\sqrt{\beta x_i}} + \frac{\lambda}{2} * \sum_{i=1}^{N} x_i * \exp\left(-\sqrt{\beta x_i}\right)$$

Esta ecuación se resuelve mediante un programa de desarrollo propio, el programa LEYES y la subcarpeta GRAPHER, un programa que funciona bajo MS-DOS.

Una vez introducidos los datos en dicho programa, mediante un archivo de datos (*.dat), archivo en formato ASCII que contiene una columna con la serie de valores anuales de precipitaciones máximas en 24h, en décimas de mm, pues el programa "pierde" los decimales, se obtiene los archivos de salida que se muestran a continuación con los valores del método SQRT-EX para distintos periodos de retorno.

En resumen, los valores obtenidos por este programa para las distintas estaciones son los siguientes:

Tabla 18.- Precipitaciones máx. en 24 h para los distintos periodos de retorno por el método SQRT-ET max

T (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
6-155A Málaga "Aeropuerto"	65	95	118	149	175	203	232	273
6-170 Pantano del Agujero	53	74	90	112	129	148	167	195
6-168 Málaga "El boticario"	58	80	96	120	137	157	177	206
6-171A Málaga "Carmelitas"	56	78	94	116	134	153	172	200

2.5.5 Precipitaciones obtenidas a partir del método del Ministerio de Fomento

Para la obtención de los datos, se ha recurrido a la publicación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

Esta publicación, junto con el “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular” (1.997), tienen por objeto sustituir a otra publicación de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U, “Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día”, que data del año 1.978, que se apoya en los datos de la red de estaciones pluviométricas existentes hasta 1.970, introduciendo mejoras en la estimación de las máximas lluvias previsibles en las distintas regiones de la España peninsular, no sólo en la aportación de nuevos datos desde 1970 sino en la aplicación de nuevas tecnologías estadísticas.

Ello, unido al tratamiento informático, hace de esta publicación una herramienta idónea para la redacción de los proyectos de nuevas carreteras o mejoras de drenaje de las ya existentes, permitiendo de una forma rápida obtener las máximas precipitaciones en un determinado lugar de la España peninsular con solo conocer sus coordenadas geográficas o U.T.M en función de los distintos periodos de retorno.

Se evita de esta manera realizar interpolaciones en los planos de isomáximas, lo que redunda en una mayor exactitud de este método.

La particularidad de este método radica en que, frente a anteriores trabajos a escala nacional en que se empleaban exclusivamente los datos locales en cada una de las distintas estaciones pluviométricas, se ha optado por un enfoque regional que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con similar comportamiento, por lo que asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región.

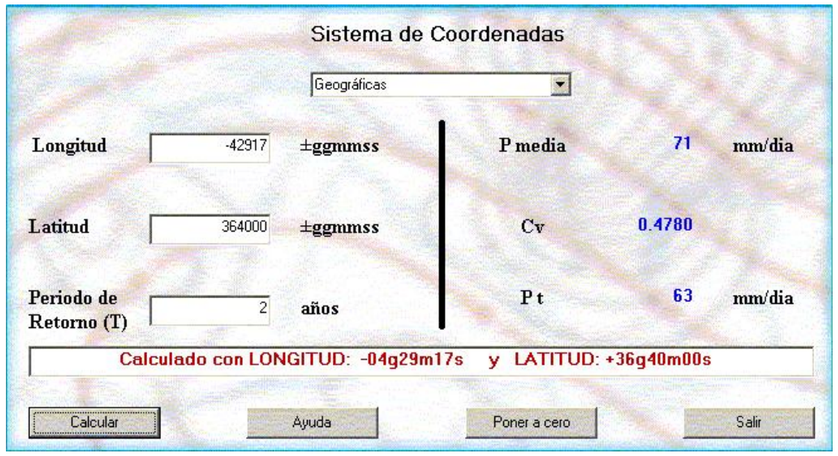
Por tanto, se agrupan las 1.545 estaciones básicas, con 30 o más años de registro, en 26 regiones geográficas. Las regiones fueron definidas tratando de agrupar zonas del territorio con características meteorológicas comunes y analizando de forma complementaria los Cv (coeficientes de variación) muestrales. Posteriormente la homogeneidad de las regiones fue contrastada mediante un test estadístico, siendo la ley SQRT-ET max la finalmente seleccionada.

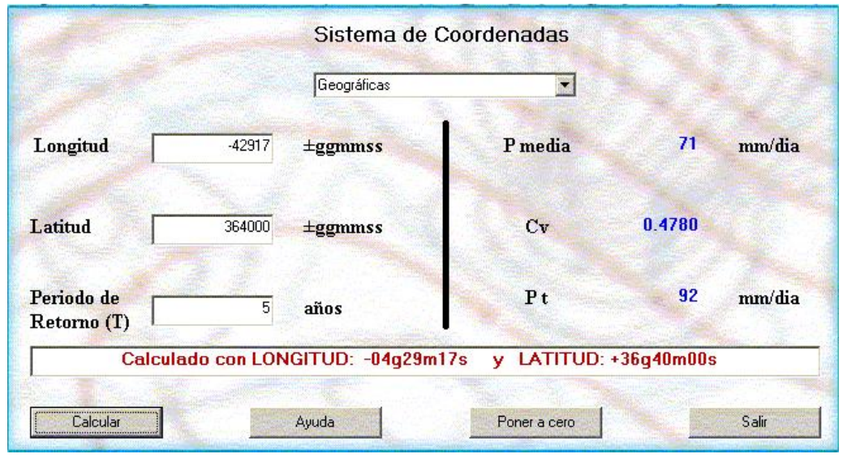
Por tanto, utilizando el programa informático, se ha realizado una consulta de resultados mediante el empleo de la aplicación Informática para los períodos de retorno siguientes, 2, 5, 10, 25, 50 100, 200 y 500 años, obteniendo los resultados adjuntos.

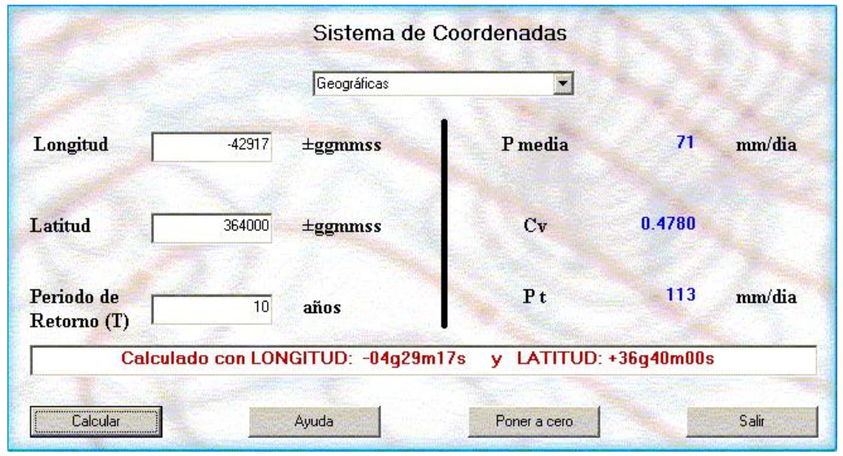
Tabla 19.- Precipitaciones máx. en 24 h para los distintos periodos de retorno por el método del Ministerio

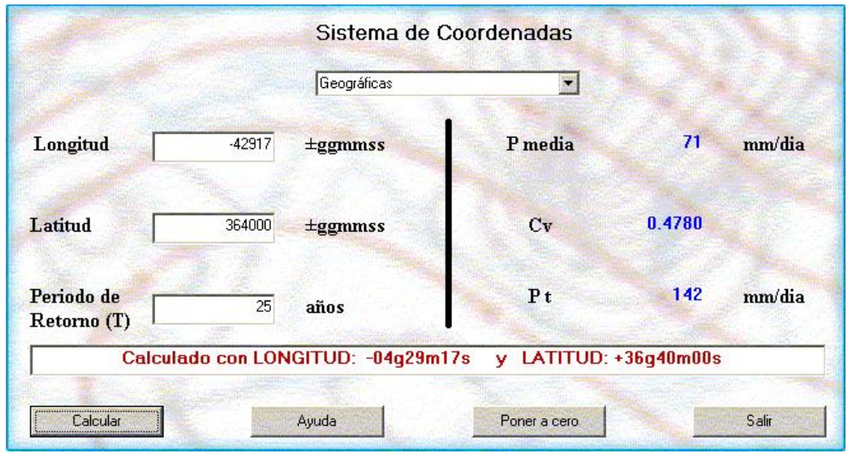
T (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
6-155A Málaga "Aeropuerto"	63	92	113	142	167	192	218	257
6-170 Pantano del Agujero	60	88	109	137	161	185	212	249
6-168 Málaga "El boticario"	59	87	107	135	159	183	210	245
6-171A Málaga "Carmelitas"	60	88	108	137	161	185	212	249

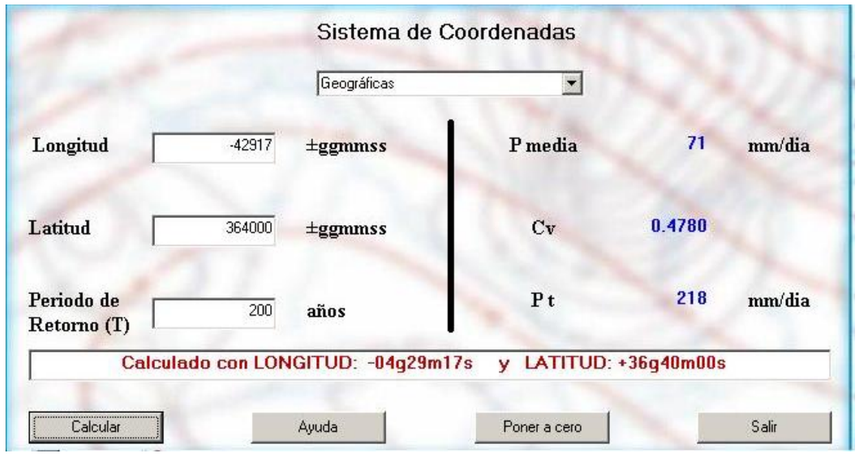
ESTACIÓN 6155A “Málaga Aeropuerto”.

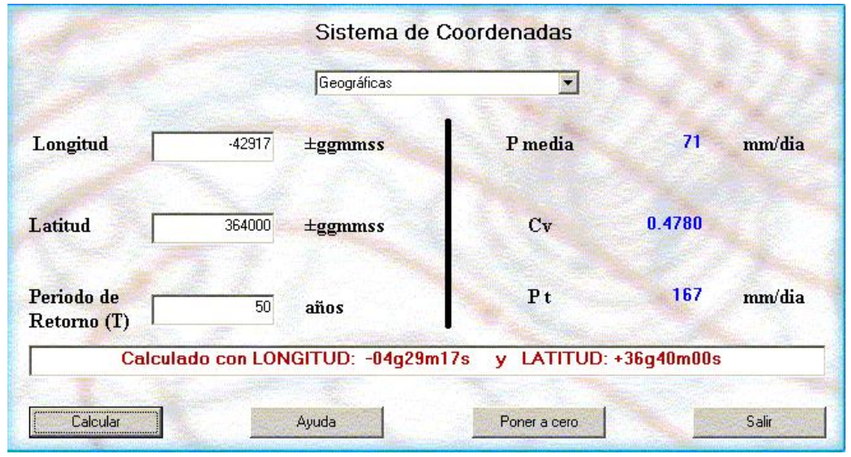


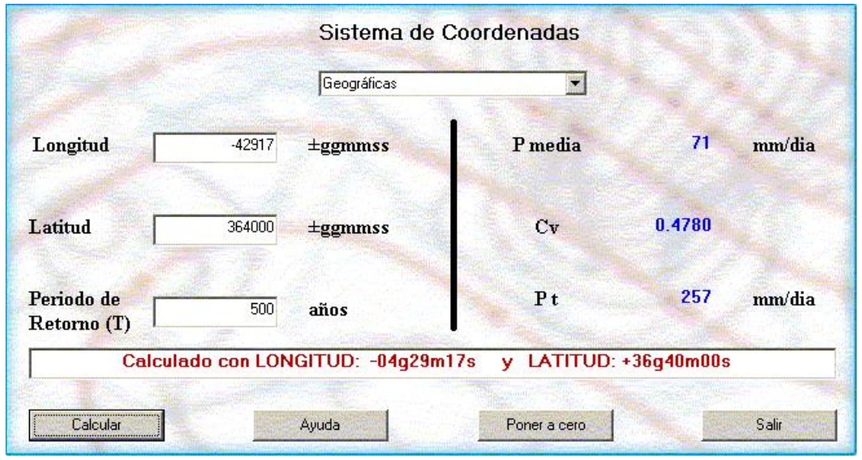


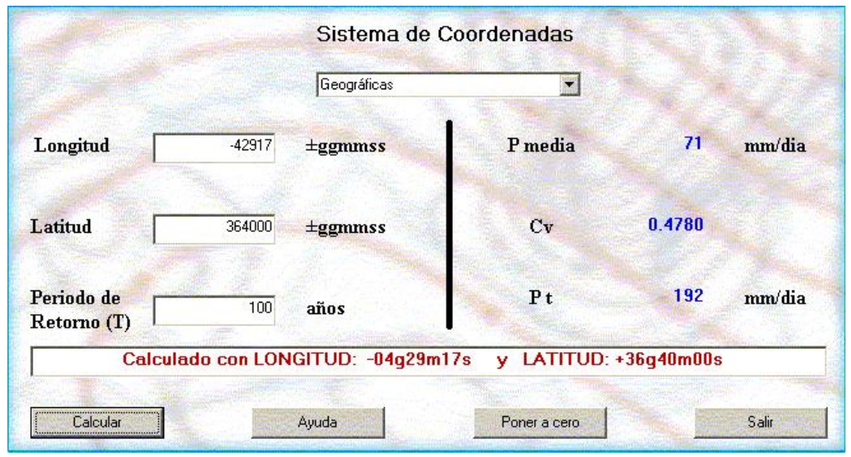



Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42917
±ggmmss
Latitud
364000
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
25
años
P media
71
mm/dia
Cv
0.4780
P t
142
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g29m17s y LATITUD: +36g40m00s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

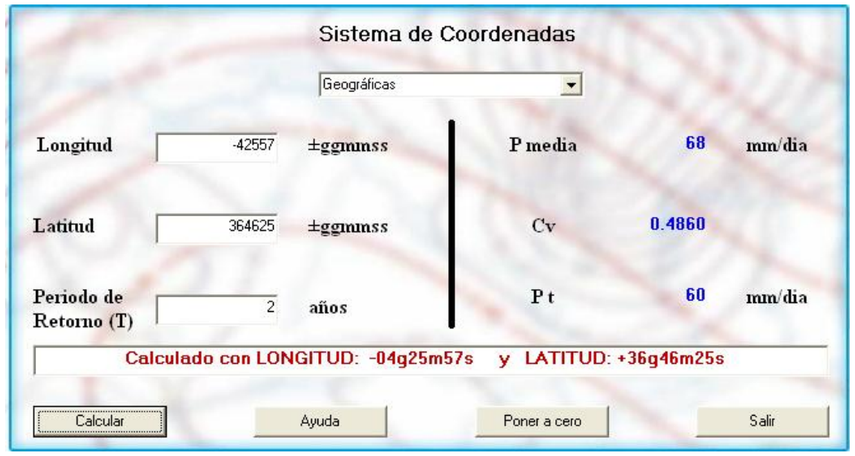

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42917
±ggmmss
Latitud
364000
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
200
años
P media
71
mm/dia
Cv
0.4780
P t
218
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g29m17s y LATITUD: +36g40m00s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

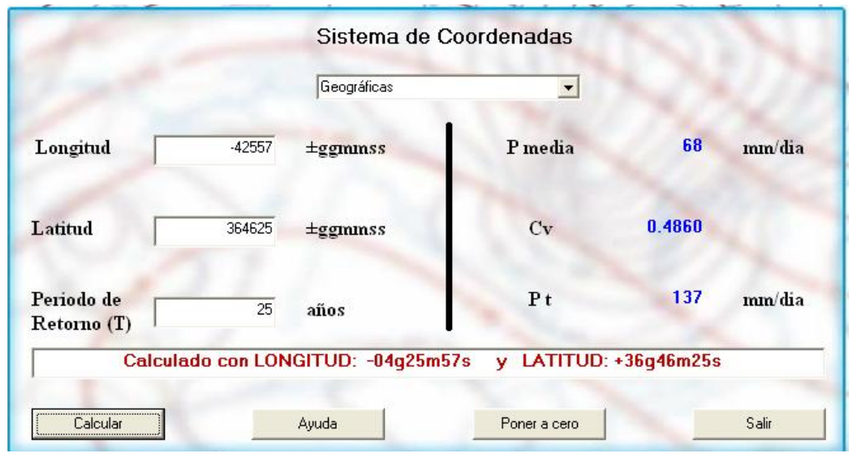

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42917
±ggmmss
Latitud
364000
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
50
años
P media
71
mm/dia
Cv
0.4780
P t
167
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g29m17s y LATITUD: +36g40m00s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

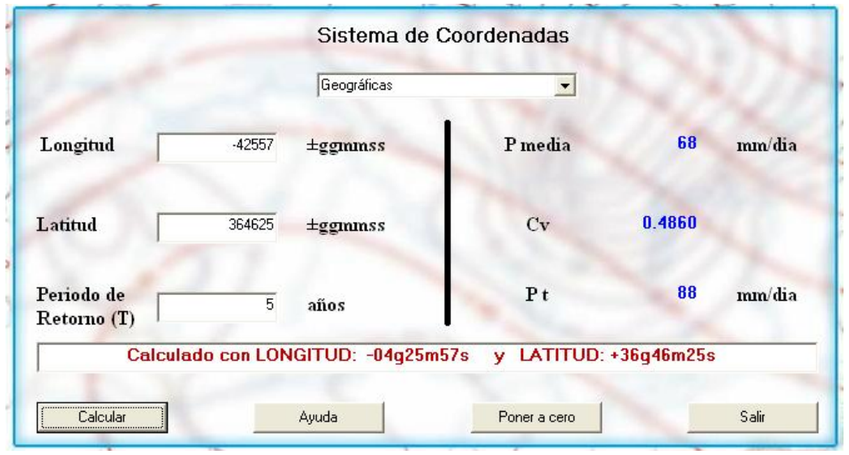

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42917
±ggmmss
Latitud
364000
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
500
años
P media
71
mm/dia
Cv
0.4780
P t
257
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g29m17s y LATITUD: +36g40m00s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

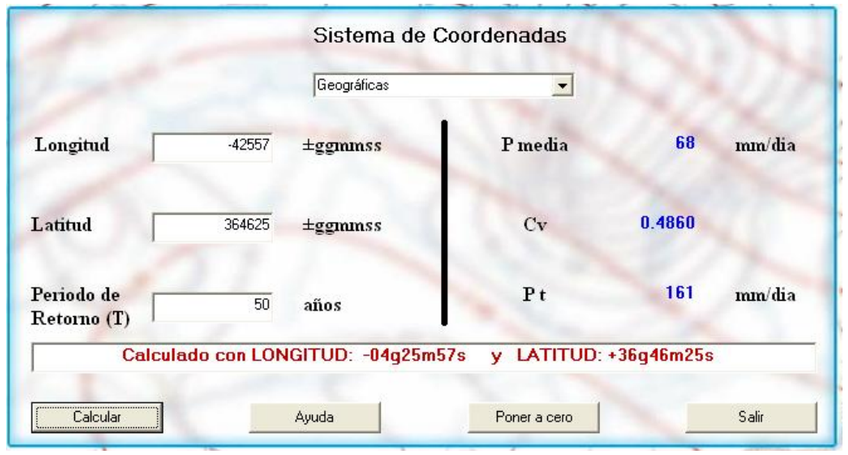

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42917
±ggmmss
Latitud
364000
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
100
años
P media
71
mm/dia
Cv
0.4780
P t
192
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g29m17s y LATITUD: +36g40m00s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

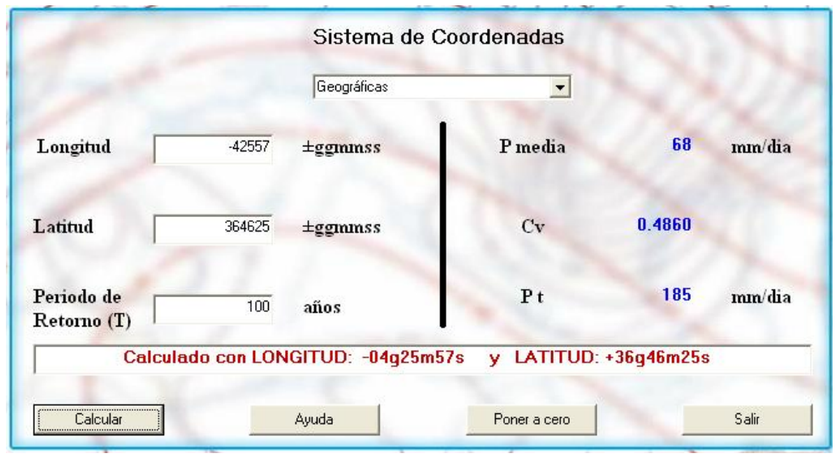
ESTACIÓN 6170 “Pantano del Agujero”.

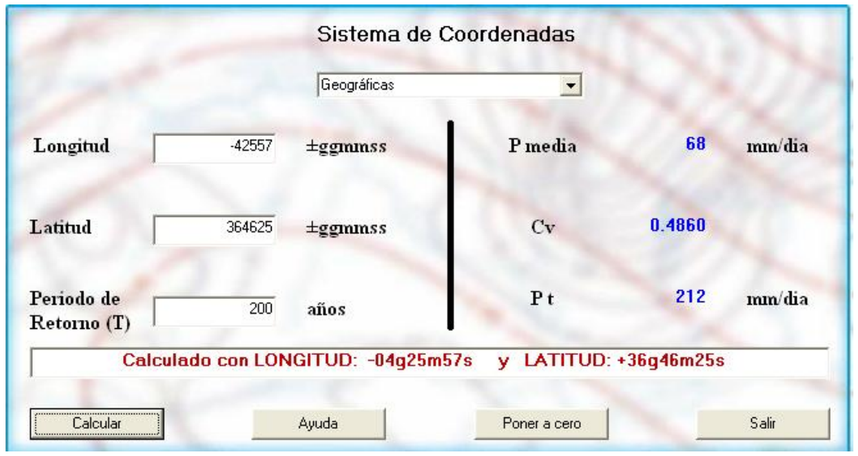


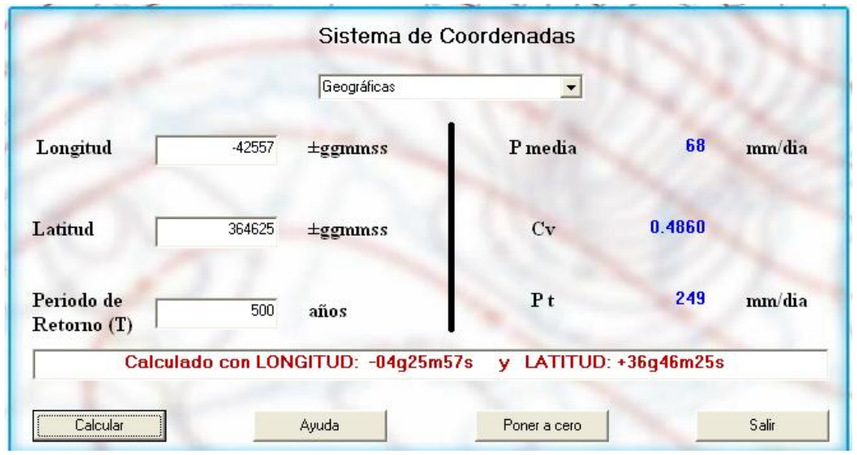




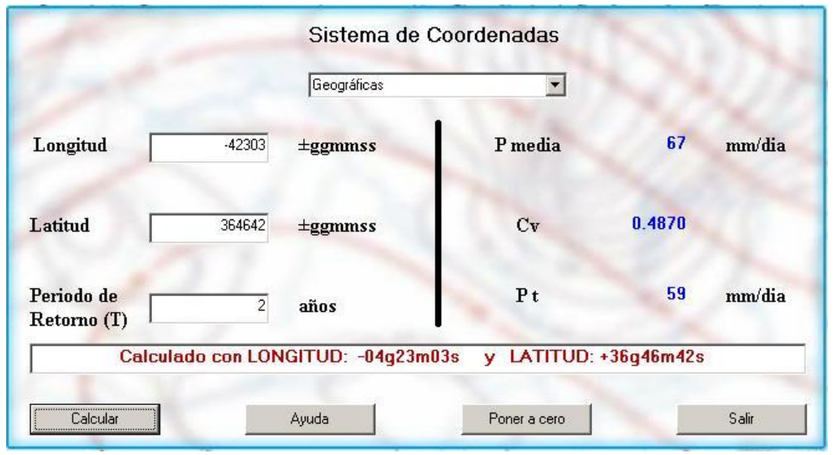


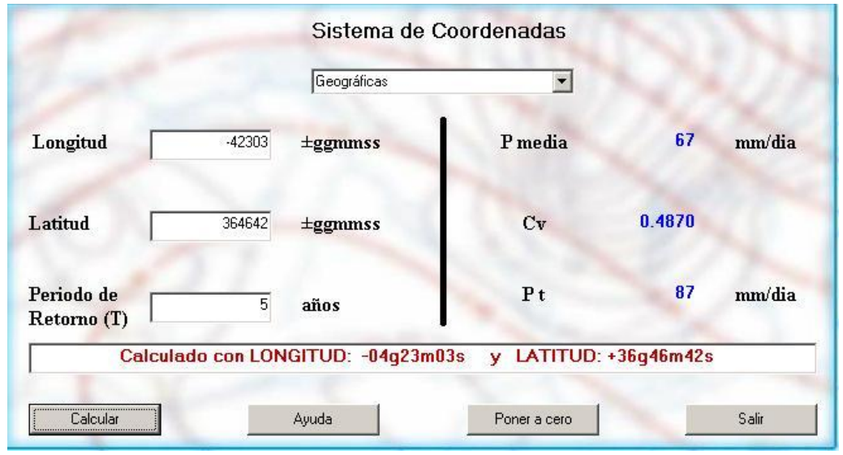


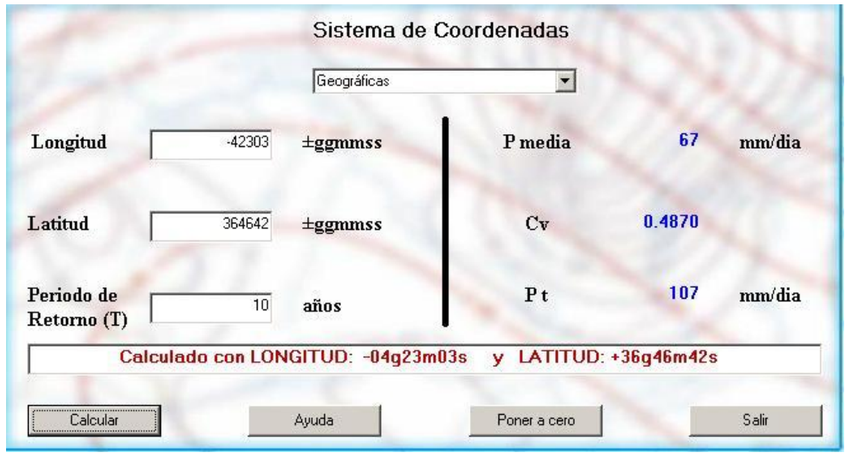


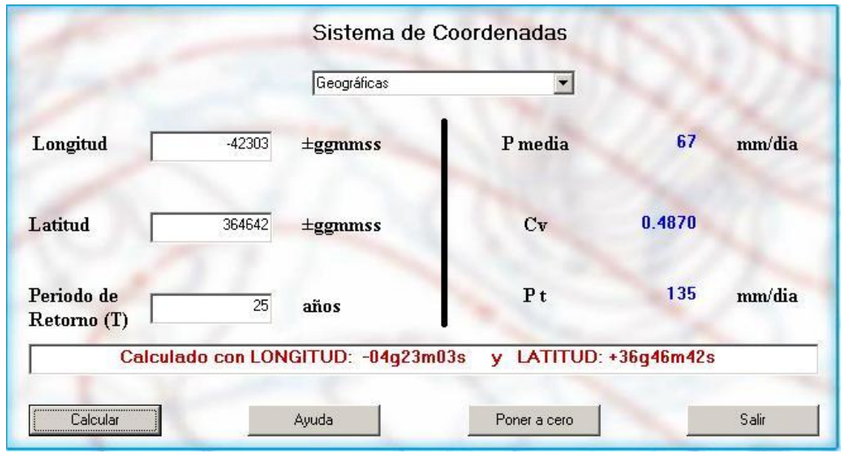


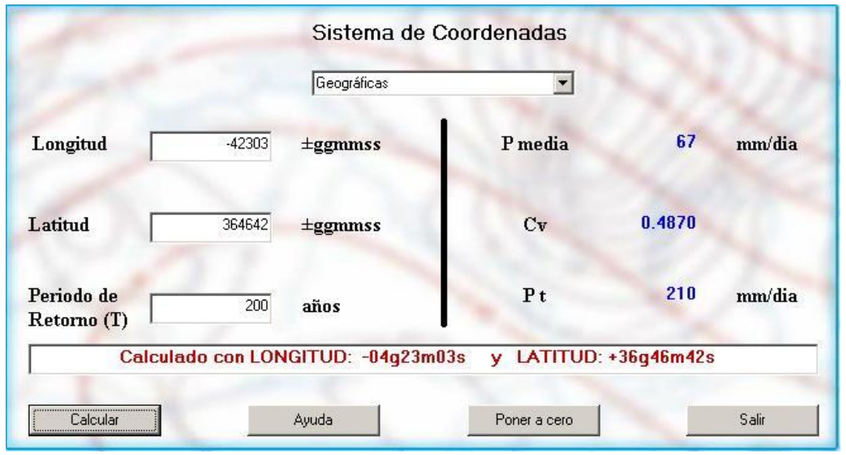
ESTACIÓN 6170 “Málaga El Boticario”.

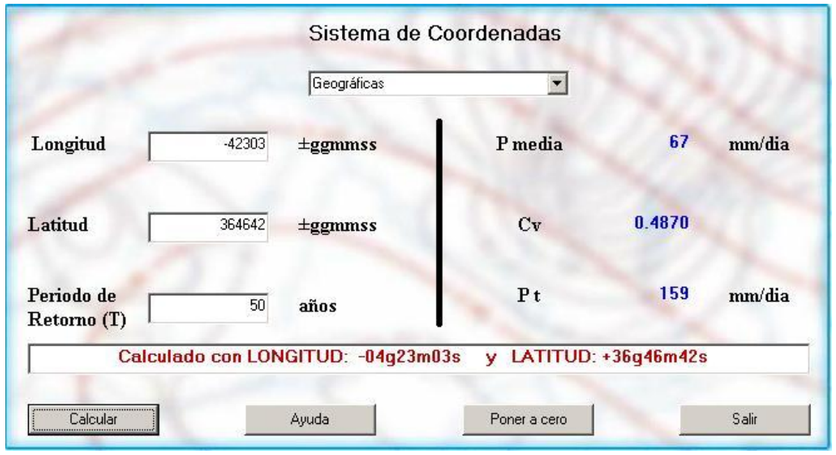


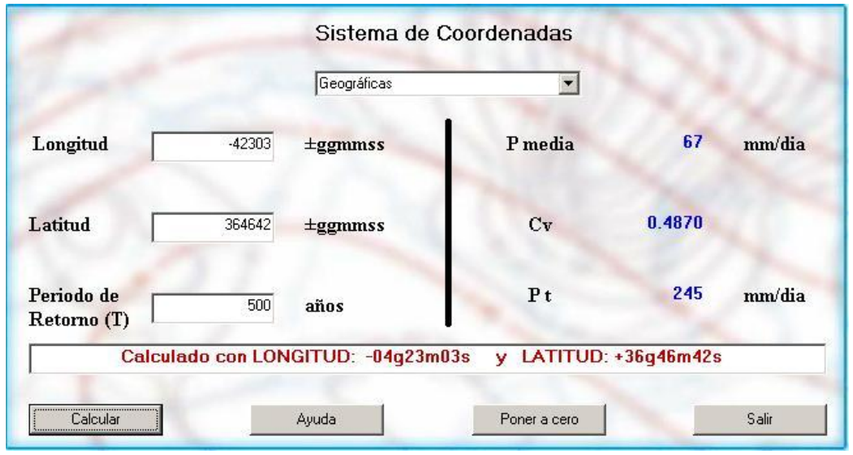


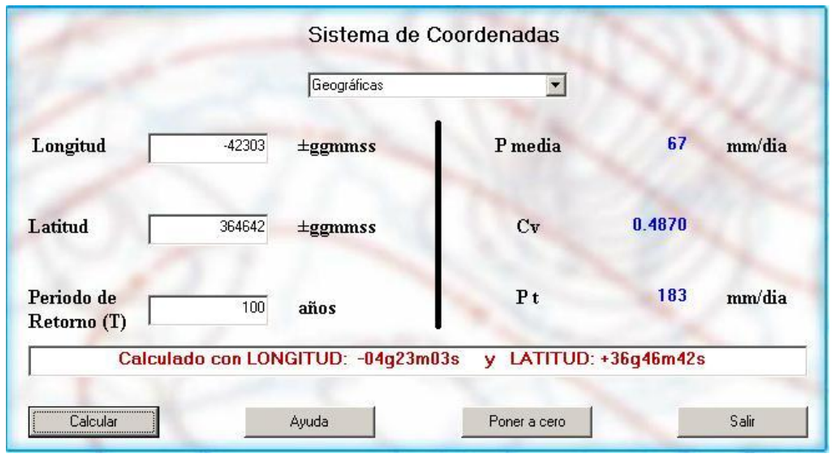



Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42303
±ggmmss
Latitud
364642
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
25
años
P media
67
mm/dia
Cv
0.4870
P t
135
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g23m03s y LATITUD: +36g46m42s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

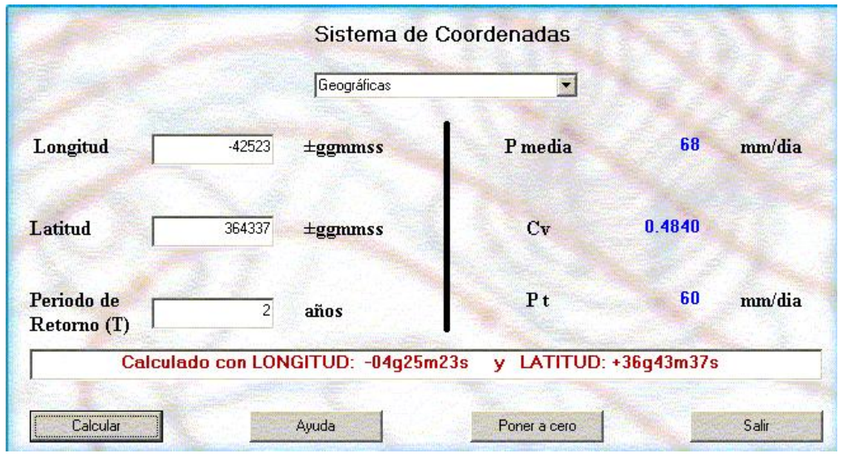

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42303
±ggmmss
Latitud
364642
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
200
años
P media
67
mm/dia
Cv
0.4870
P t
210
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g23m03s y LATITUD: +36g46m42s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

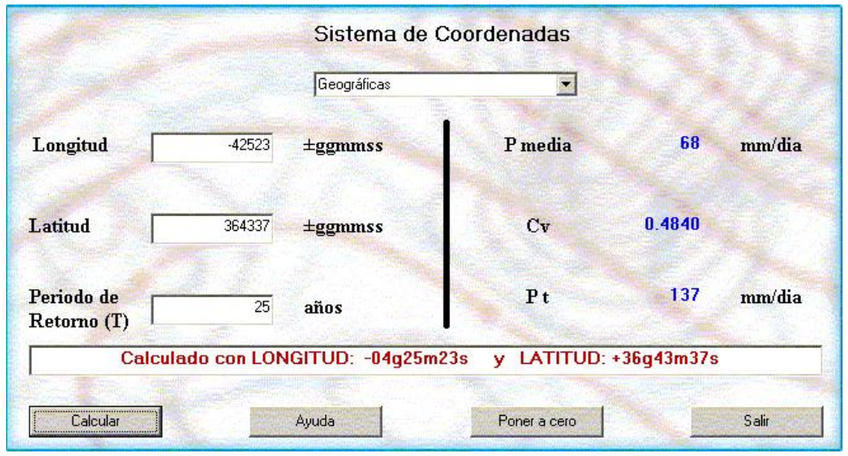

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42303
±ggmmss
Latitud
364642
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
50
años
P media
67
mm/dia
Cv
0.4870
P t
159
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g23m03s y LATITUD: +36g46m42s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

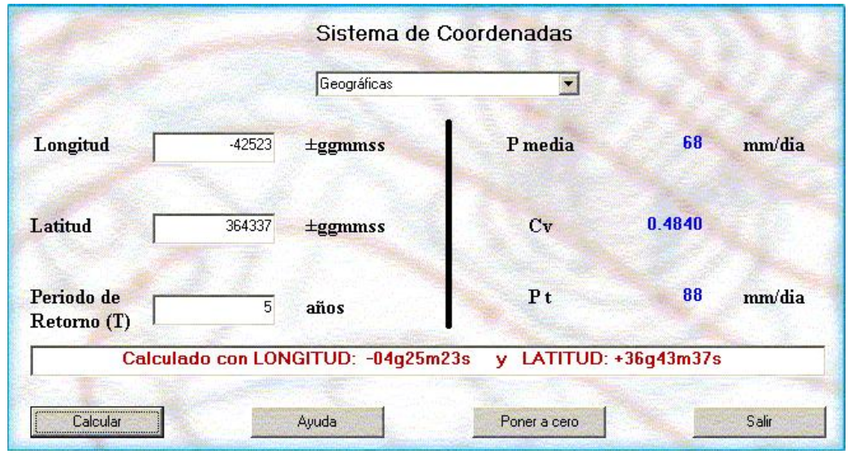

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42303
±ggmmss
Latitud
364642
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
500
años
P media
67
mm/dia
Cv
0.4870
P t
245
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g23m03s y LATITUD: +36g46m42s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

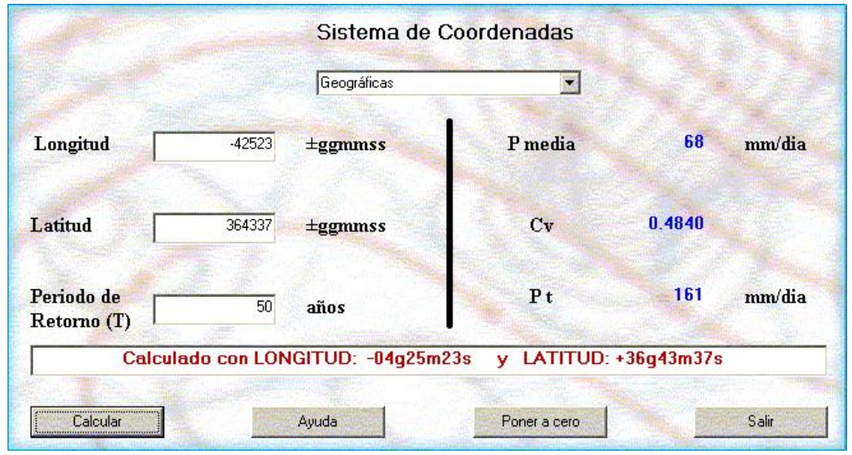

Sistema de Coordenadas
Geográficas
Longitud
-42303
±ggmmss
Latitud
364642
±ggmmss
Periodo de Retorno (T)
100
años
P media
67
mm/dia
Cv
0.4870
P t
183
mm/dia
Calculado con LONGITUD: -04g23m03s y LATITUD: +36g46m42s
Calcular
Ayuda
Poner a cero
Salir

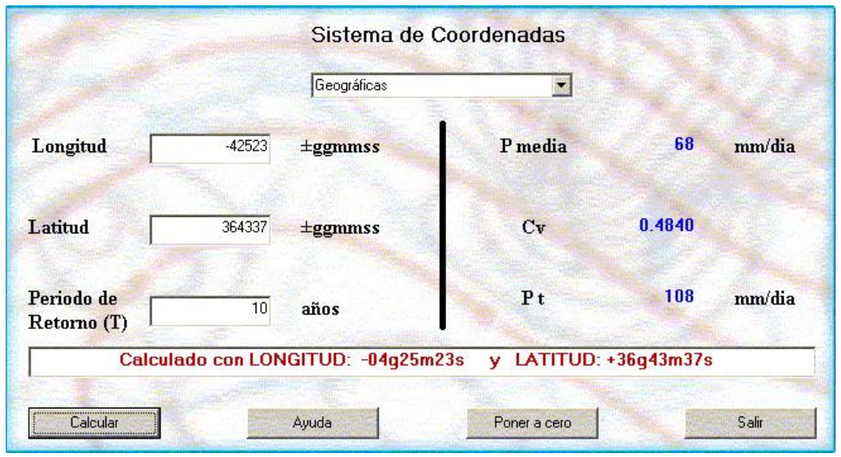
ESTACIÓN 6171A "Málaga Carmelitas".

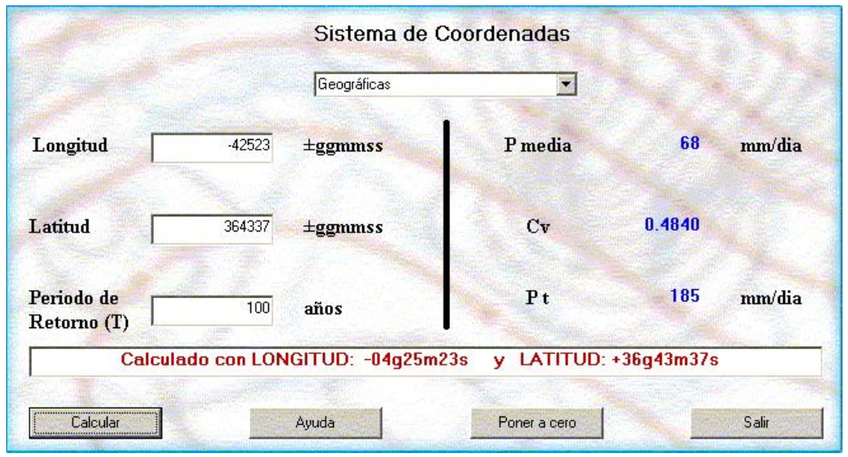


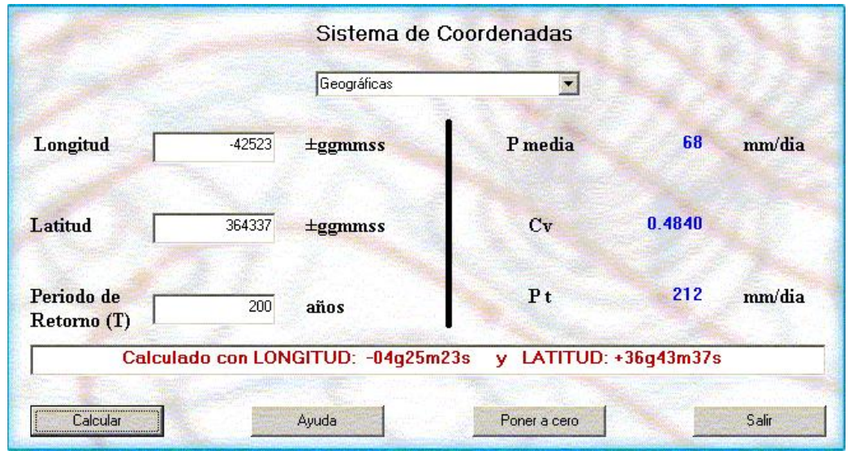


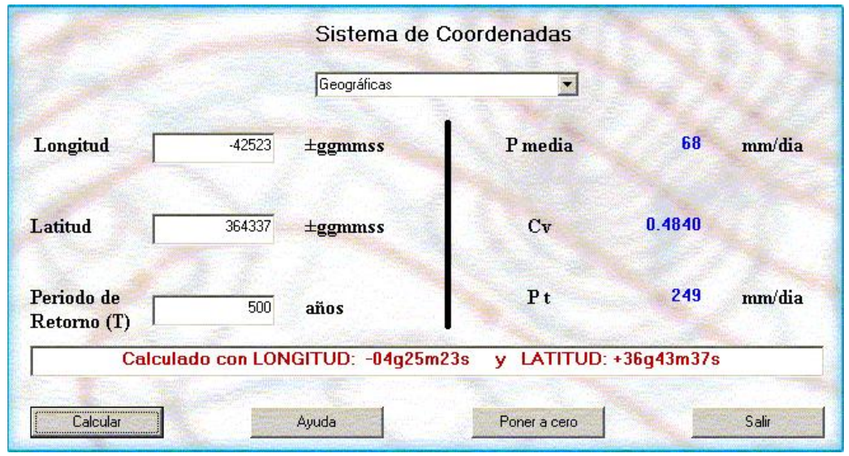












2.5.6 Precipitación máxima diaria para T años

Se pasa a continuación a comparar los resultados obtenidos por los distintos métodos aplicados, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 20.- Precipitaciones máx. en 24 h para los distintos periodos de retorno por los distintos métodos

ESTACION	METODO	T (AÑOS)							
		2	5	10	25	50	100	200	500
6-155A	M. FOMENTO	63	92	113	142	167	192	218	257
	GUMBEL	68,62	108,15	134,33	167,41	191,94	216,30	240,57	272,58
	SQRT-ET	65	95	118	149	175	203	232	273
6-170	M. FOMENTO	60	88	109	137	161	185	212	249
	GUMBEL	59,95	83,51	99,11	118,82	133,45	147,96	162,43	181,51
	SQRT-ET	53	74	90	112	129	148	167	195
6-168	M. FOMENTO	59	87	107	135	159	183	210	245
	GUMBEL	56,51	88,19	109,17	135,68	155,34	174,86	194,31	219,96
	SQRT-ET	58	80	96	120	137	157	177	206
6-171A	M. FOMENTO	57	88	108	137	161	185	212	249
	GUMBEL	59,75	83,59	99,37	119,31	134,10	148,79	163,41	182,72
	SQRT-ET	56	78	94	116	134	153	172	200

Como se observa, hay bastantes oscilaciones entre los valores más altos y bajos según el método empleado.

Para el cálculo del caudal de las cuencas, se tomarán los valores máximos obtenidos, que como se observa en el cuadro adjunto anteriormente, corresponden a los calculados para la estación 6-155A “Málaga Aeropuerto” mediante el método Gumbel en la mayoría de los periodos de retorno. Solo el dato de precipitación para un periodo de retorno de 500 años será tomado del resultado procedente mediante el método SQRT ET max. De esta forma se queda del lado de la seguridad ya que tomamos los datos más desfavorables.

Tabla 21.- Precipitaciones máx. en 24 h a utilizar para los distintos periodos de retorno

	T = 2	T = 5	T = 10	T = 25	T = 50	T=100	T=200	T=500
P (mm/día)	**68,6**	**108,2**	**134,3**	**167,4**	**191,9**	**216,3**	**240,6**	**273**

3.- HIDROLOGÍA

3.1 Introducción.

Las características físicas, morfológicas, etc. de las cuencas urbanas definen un comportamiento hidrológico diferente al de las cuencas naturales. El estudio hidrológico realizado tomará una "perspectiva urbana" teniendo en cuenta las especiales características de las cuencas urbanas.

3.2 Periodos de retorno a considerar en el cálculo de caudales.

Los sistemas de saneamiento urbano se proyectan para periodos de retorno de 20 ó 25 años. Dado que el drenaje de la Línea de Metro drenará sus aguas al sistema de saneamiento municipal no parece lógico dimensionarlo para un periodo de retorno diferente.

Por otro lado, los elementos electromecánicos que deberán evacuar las aguas pluviales en los puntos bajos se dimensionarán para un periodo de retorno mayor, con el fin de reducir la frecuencia de posibles inundaciones en puntos bajos.

Los periodos de retorno a considerar son los siguientes:

Tabla 22.- Periodos de retorno a considerar

Tipo de elemento	Periodo de Retorno T
Elementos de drenaje superficial	25 años
Elementos electromecánicos de drenaje	100 años

3.3 Determinación de la máxima avenida de proyecto

La metodología a seguir para el cálculo del caudal aportado por las cuencas es la propuesta por la Instrucción 5.2- IC de 14 de Mayo de 1990. Esta instrucción distingue entre dos tipos de cuencas aportantes; las que tienen un tiempo de concentración menor de 6 horas (pequeñas cuencas), y las que lo tienen mayor (grandes cuencas).

Para las primeras propone la aplicación del método hidrometeorológico que la propia instrucción explica. Para las segundas no indica ninguna metodología. En este proyecto todas las cuencas localizadas serán urbanas y de escasa superficie.

3.3.1 Fórmula de cálculo

Para determinar el caudal se utiliza el método hidrometeorológico considerando periodos de retorno entre 2 y 500 años.

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante la fórmula siguiente:

$$Q = C * A * I / K$$

siendo:

- C: coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
- A: superficie de la cuenca aportadora.
- I: intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración
- K: coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 por ciento en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor será 300, correspondiente a un caudal de salida en m³/s y a un área de entrada en Ha.

3.3.2 Datos de las cuencas

Los parámetros de la cuenca que se utilizan para el cálculo del caudal son los relacionados a continuación:

- Superficie
- Longitud
- Cotas de origen y final
- Pendiente media

3.3.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el necesario para que las precipitaciones caídas en las zonas más alejadas de la cuenca puedan llegar al punto de desagüe.

Este tiempo es independiente de la configuración y magnitudes del aguacero, sólo depende de las características morfológicas de la cuenca.

Para estimarlo se puede emplear la siguiente fórmula del U.S. Corps of Engineers, recomendada por la Instrucción de Carreteras 5.2-I.C. :

$$Tc= 0,3*(L/J^{0,25})^{0,76}$$

En la que:

Tc= tiempo de concentración en horas.

L= longitud del curso principal en Km.

J= pendiente media del curso principal en tanto por uno.

3.3.4 Intensidad de lluvia.

Para determinar la intensidad de lluvia se han tomado los valores más desfavorables de la precipitación máxima diaria obtenidos a partir del ajuste de los datos proporcionados por la AEMET. por los métodos de Gumbel y SQRT-ET max y los datos proporcionados mediante la aplicación del Método del Ministerio de Fomento.

La intensidad de la precipitación a emplear en el cálculo del caudal es la que corresponde al aguacero de igual duración al del tiempo de concentración para un determinado período de retorno.

Al contar solo con datos de precipitaciones máximas diarias, no podemos extrapolar los valores de las intensidades de aguaceros de distinta duración, por lo que para determinarlos tenemos que recurrir a las curvas intensidad-duración elaboradas para un conjunto de estaciones españolas.

Del mapa de isolíneas de la Instrucción 5.2-IC obtenemos el valor de I1/Id para la zona, siendo I1 la intensidad máxima horaria y Id la intensidad máxima diaria.

La relación entre Id e It viene dada por la expresión general de las curvas intensidad-duración:

$$I_t = I_d * \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1}-Tc^{0,1}}{28^{0,1}-1}}$$

It= intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno. El valor de la razón It/Id se podrá tomar de la figura 2.2 de la Instrucción de Carreteras 5.2 I.C.

La zona en estudio se encuentra situada entre las isolíneas 9 y 10, por lo que aproximadamente para la zona la relación I1/Id toma un valor de 9,2.

3.3.5 Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía C define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad It, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía Po, a partir del cual se inicia ésta.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía partiremos de las normas fijadas por la Instrucción 5.2-IC, que definen a partir de las características geomorfológicas de la cuenca, de los tipos de cultivos y de las propiedades drenantes del suelo, el parámetro Po. Para determinar este parámetro utilizaremos la Tabla 2-1 de la mencionada instrucción.

El valor del parámetro Po depende de los siguientes factores:

- Cultivos
- Pendiente
- Características hidrológicas
- Grupos de suelo

3.3.6 Resultados

El caudal a utilizar en el diseño del drenaje de cada cuenca será, según se expuso anteriormente:

$$Q = C * A * I / K$$

Siendo:

C: coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.

A: superficie de la cuenca aportadora.

I: intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración

K: coeficiente que depende de las unidades en que se expresen q y a, y tiene un valor de 300.

Los resultados del cálculo de los caudales de las cuencas estudiadas, para los distintos períodos de retorno figuran en las hojas de cálculo que se adjuntan a continuación.

CAUDAL QUE CADA CUENCA APORTA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

Tabla 23.- Caudales obtenidos para el periodo de retorno indicado

														I1/Id =	9,2	Pd (mm) =	167,40	Id(mm):Pd/24	6,98				
																Coef. Corrector P0	3,00						
NOMBRE Y ÁREA DE CUENCA			DATOS CUENCA													CÁLCULOS DEL CAUDAL DE LA CUENCA							
Cuenca Nº	Área (m²)	Área (Ha)	Cálculo del tiempo de recorrido sobre terreno natural						Tiempo de concentración (min)			Cálculo del coeficiente de escorrentía			Cálculo Intensidad aguacero		Qmáx a evacuar/T años						
			L cauce (m)	Cota cabecera (m)	Cota desagüe (m)	Δde Cotas (m)	pendiente (m/m)	Tiempo recorrido en terreno (h)	Calculado con datos cuenca (min)	Estimado	De cálculo para la It	Poi	P0	Coef. Escorrentía, C	It/Id	It (mm/h)	Q (m³/s)	Q (L/s)					
CUENCAS																							
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75		6,75	0,10	0,3	1,00	27,68	193,07	0,074	73,82					

CAUDAL QUE CADA CUENCA APORTA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

Tabla 24.- Caudales obtenidos para el periodo de retorno indicado con distintos tiempos de concentración

														I1/Id =	9,2	Pd (mm) =	216,30	Id(mm):Pd/24	9,01				
																Coef. Corrector P0	3,00						
NOMBRE Y ÁREA DE CUENCA			DATOS CUENCA													CÁLCULOS DEL CAUDAL DE LA CUENCA							
Cuenca Nº	Área (m²)	Área (Ha)	Cálculo del tiempo de recorrido sobre terreno natural						Tiempo de concentración (min)			Cálculo del coeficiente de escorrentía			Cálculo Intensidad aguacero		Qmáx a evacuar/T años						
			L cauce (m)	Cota cabecera (m)	Cota desagüe (m)	Δde Cotas (m)	pendiente (m/m)	Tiempo recorrido en terreno (h)	Calculado con datos cuenca (min)	Estimado	De cálculo para la It	Poi	P0	Coef. Escorrentía, C	It/Id	It (mm/h)	Q (m³/s)	Q (L/s)					
CUENCAS																							
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75		6,75	0,10	0,3	1,00	27,68	249,47	0,095	95,40					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	30,00	30,00	0,10	0,3	1,00	13,40	120,74	0,046	46,17					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	45,00	45,00	0,10	0,3	1,00	10,79	97,22	0,037	37,18					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	60,00	60,00	0,10	0,3	1,00	9,20	82,92	0,032	31,71					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	240,00	240,00	0,10	0,3	1,00	3,99	35,99	0,014	13,76					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	270,00	270,00	0,10	0,3	1,00	3,70	33,34	0,013	12,75					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	300,00	300,00	0,10	0,3	1,00	3,45	31,12	0,012	11,90					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	330,00	330,00	0,10	0,3	1,00	3,24	29,21	0,011	11,17					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	360,00	360,00	0,10	0,3	1,00	3,06	27,56	0,011	10,54					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	390,00	390,00	0,10	0,3	1,00	2,90	26,11	0,010	9,99					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	420,00	420,00	0,10	0,3	1,00	2,76	24,83	0,009	9,50					
Cuenca RAMPA	1.147,50	0,11475	135,0				0,06	0,112	6,75	540,00	540,00	0,10	0,3	1,00	2,32	20,88	0,008	7,98					

4.- HIDROLOGEOLOGÍA

4.1 Introducción

Este apartado tiene como objeto el estudio del régimen hidrogeológico de la ciudad de Málaga a fin de obtener los datos necesarios para el diseño de elementos necesarios.

4.2 Hidrogeología en Málaga

Desde el punto de vista hidrogeológico la zona se encuadra, en su totalidad, en la Cuenca Sur.

La cuenca Sur, con una superficie de 18.000 Km2, se divide, por su compleja estructura geológica y su especial morfología, en dos sectores, el occidental y el oriental, delimitados por la divisoria de aguas de los ríos Adra y Guadalfeo.

Nuestra zona de estudio se localiza en el Sector Occidental, en concreto en el sistema detrítico de Málaga conocido como la unidad hidrogeológica número 32.

Este sistema está drenado principalmente por el río Guadalhorce, de ahí que este sistema también se conozca como Bajo Guadalhorce.

Está constituido por una serie de acuíferos superpuestos, desarrollados en materiales mioceno-cuaternarios, rodeados por formaciones impermeables (esquistos maláguides), salvo en la zona sur, donde están en contacto con los mármoles de Sierra de Mijas y de la Sierra Blanca.

En conjunto existen tres acuíferos: acuífero mioceno, formado por areniscas y calcarenitas miocenas, acuífero plioceno constituido por margas, arenas y conglomerados de edad pliocena y el acuífero cuaternario formado por gravas, arenas y arcillas cuaternarias, este último es una acuífero libre con un espesor máximo de 50 m.

La recarga se produce por infiltración de lluvia directa, ríos, aportes laterales y retorno de regadíos.

La situación hidrogeológica en lo que se refiere al acuífero afectado, que es el cuaternario de arenas y gravas, se puede observar en la figura adjunta en la que se aprecia la existencia de varios cauces de agua tal y como son de oeste a este:

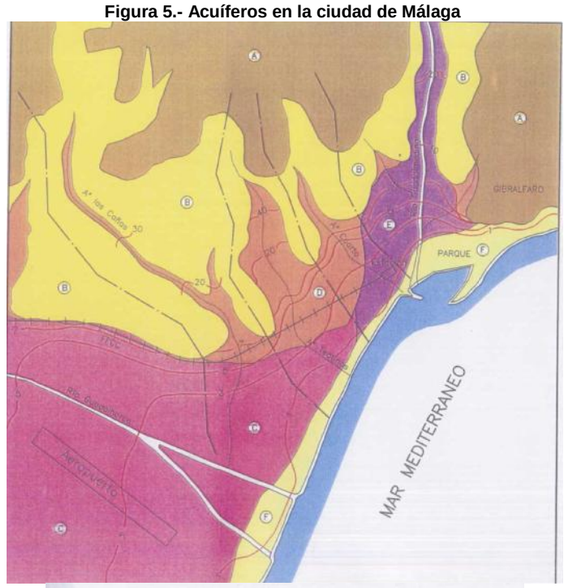
- Río Guadalhorce, es el acuífero más importante y por el que circula mayor cantidad de agua de forma subterránea
- Arroyo de las Cañas
- Arroyo Teatinos
- Arroyo del Cuarto
- Río Guadalmedina

Las cuencas de los arroyos de las Cañas, Teatinos y Cuarto se encajan en el material impermeable de color amarillo en la figura adjunta y tienen una potencia de material acuífero menor que las de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina, al tratarse de arroyos secundarios.

Los ríos Guadalhorce y Guadalmedina sin embargo poseen una potencia aluvial elevada, según bibliografía el aluvial del Guadalhorce llega a alcanzar los 50-80 m de potencia en su desembocadura.

El proyecto objeto de estudio se emplaza en la zona de unión de las desembocaduras de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina. A medida que nos acercamos al mar aparecen materiales más permeables y que constituyen el acuífero libre sobre el que se encuentra asentada la ciudad de Málaga (rojo= aluvial del Guadalhorce, naranja= aluviales-coluviales, morado= aluvial del Guadalmedina).

Figura 5.- Acuíferos en la ciudad de Málaga



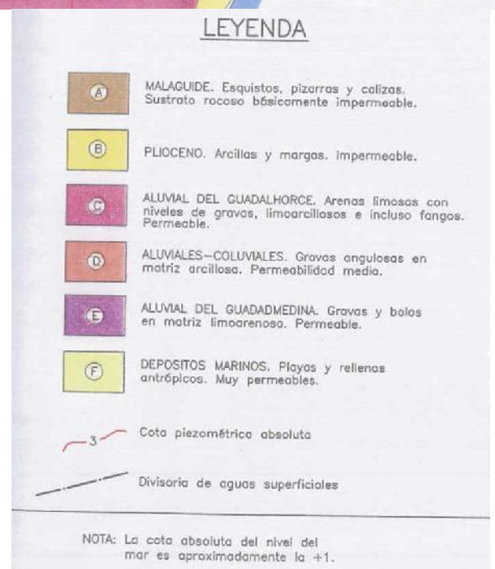
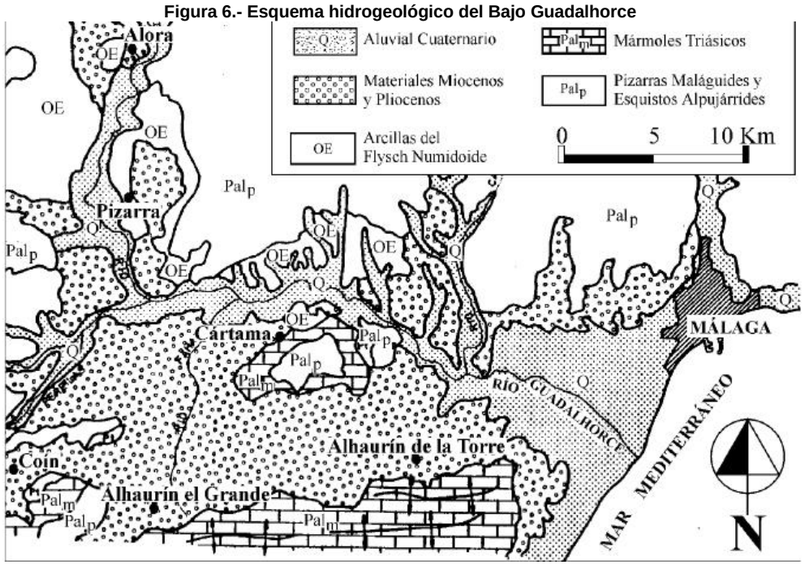


Figura 6.- Esquema hidrogeológico del Bajo Guadalhorce



La labor de investigación hidrogeológica de cara a estudiar el movimiento de flujo subterráneo del acuífero y evitar producir un efecto barrera, ha sido tomada de los estudios ya realizados en el tramo anterior "Proyecto de construcción de infraestructura y urbanización de las líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo Guadalmedina – Renfe".

Este acuífero libre con un espesor máximo de 50 m asociado a los ríos Guadalhorce y Guadalmedina así como a los arroyos secundarios de Las Cañas, Teatinos y El Cuarto es afectado por el tramo estudiado en la zona inicial del trazado (tramo subterráneo). La dirección del trazado se opone a la dirección del flujo (en la calle Armengual de la Mota) por lo que este tramo supone una barrera al flujo subterráneo. Tras girar en dirección a la calle Hilera, el trazado discurrirá paralelo a la dirección del flujo, por lo que no se verá afectado en gran medida.

Este tramo queda expuesto y justificado junto al Tramo 1 en el apéndice nº 3 , el cual contiene el estudio de aguas subterráneas del mencionado proyecto "Proyecto de construcción de infraestructura y urbanización de las líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo Guadalmedina – Renfe"

La restitución del paso transversal de flujo subterráneo queda estudiado y definido en el Anejo "Drenaje".

En el apéndice 3, también se expone el estudio hidrogeológico y modelo realizado por la empresa NIPSA, en el cual se justifica que existe afección a los flujos subálveos de los soportes acuíferos interceptados por las Líneas 1 y 2 (Guadalmedina a Renfe) y por tanto al inicio del tramo "Guadalmedina – Hospital Civil" que estamos proyectando.

Apéndice 1.- Planos

6168
MÁLAGA "EL BOTICARIO"
6170
PANTANO DEL AGUJERO
ZONA DE ESTUDIO
6171A
MÁLAGA " CARMELITAS "
MÁLAGA-AEROPUERTO
6155A

Indicativo hidrológico	Nombre de la estación	Provincia	Tipo de estación	Coordenadas de la estación. Longitud y coordenada X	Coordenadas de la estación. Latitud y coordenada Y	Altitud de la estación	Periodo de funcionamiento	Total Años	Años completos	Años incompletos
6155A	MÁLAGA "AEROPUERTO"	MÁLAGA	TP	4,2917º W 367.012	36,4000º N 4.058.992	7	1.950-2.013	64	63	1
6170	PANTANO DEL AGUJERO	MÁLAGA	P	4,2557º W 372.155	36,4625º N 4.070.781	100	1.961-2.013	53	40	13
6168	MÁLAGA "EL BOTICARIO"	MÁLAGA	TP	4,2303º W 375.898	36,4642º N 4.072.421	500	1.961-2.013	64	54	10
6171A	MÁLAGA "CARMELITAS"	MÁLAGA	TP	4,2523º W 372.540	36,4337º N 4.064.981	12	1.987-2.013	27	25	2

PT ESTACIONES TERMOPLUVIOMÉTRICAS

P ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA

TÍTULO DEL PROYECTO
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.
PROLONGACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL METRO DE MÁLAGA.
TRAMO: GUADALMEDINA - HOSPITAL CIVIL

TÍTULO DEL ANEJO
ANEJO Nº 6
CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

FECHA: JULIO 2015
CLAVE: T-MM6202/APR0
ESCALA: 1:100000
FORMATO ORIGINAL UNE A-1
PLANO: ESTACIONES METEOROLÓGICAS
NOMBRE DEL FICHERO DIGITAL:
NÚMERO DE PLANO: AP1-1
HOJA: 1 DE 1