

Trabajo de Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA POBLACIÓN DE “LOS MOLARES” (SEVILLA)

Autor: Andrés León Fernández

Tutor: Jaime Navarro Casas

ANEJO 06: POBLACIÓN Y DOTACIONES



ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	3
2.- ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN.....	3
2.1.- Horizontes de población	3
2.2.- Estimaciones de crecimiento de población	3
2.2.1.- Modelo Aritmético	4
2.2.2.- Modelo Geométrico	5
2.2.3.- Modelo del M.O.P.U.	5
2.2.4.- Crecimiento esperado a partir de los datos del PGOU.....	6
2.3.- Conclusiones	7
3.- ESTUDIO DE DOTACIÓN Y CAUDALES	7
3.1.- Cálculo de la dotación y caudal por habitante	7
3.1.1.- Modelo del M.O.P.....	7
3.1.2.- Plan Hidrológico de la D.H.C.....	8
3.1.3.- Resumen	8
3.2.- Cálculo de otras dotaciones	9
3.2.1.- Dotaciones en polígonos industriales	9
3.2.2.- Otras dotaciones a tener en cuenta	9
3.3.- Conclusiones	10

1.- INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es justificar y determinar la población y los caudales de diseño de la red de distribución de agua de la población de Los Molares.

Con este cometido en primer lugar se llevará a cabo un estudio del crecimiento de la población esperado y con los datos obtenidos se procederá al cálculo de la dotación.

2.- ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN

La evaluación de la población en el año horizonte estipulado, se realiza con objeto de simular las condiciones de servicio de las conducciones a largo plazo.

El objeto del presente punto es, mediante aplicación de los distintos modelos de pronóstico de la población, estimar la población de hecho en el año horizonte.

Se calculará la pronóstico para el municipio de Los Molares, ya que es el que nos ocupa en el presente proyecto.

2.1.- HORIZONTES DE POBLACIÓN

Para realizar el estudio de crecimiento de la población se hace necesario establecer un horizonte de estudio, que, en el caso de diseño de conducciones para el abastecimiento de agua es de 25 años.

2.2.- ESTIMACIONES DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN

Para la estimación de la población el año horizonte 2041, se sigue la siguiente metodología:

- 1) Estimación de la población horizonte en Los Molares, por distintos métodos de pronóstico recomendados.
- 2) Selección del método de pronóstico más desfavorable, con objeto de situarse en todo momento en una hipótesis conservadora.

Los métodos de pronóstico aplicables son los siguientes:

- Modelo Aritmético.
- Modelo Geométrico.
- Modelo de la Tasa de Crecimiento.
- Modelo de la Curva Logística.
- Modelo del M.O.P.U.
- Crecimiento esperado a partir de los datos del PGOU (Plan General de Ordenación Urbana)
- Pronóstico a partir de los datos obtenidos del I.N.E.

Dado que el modelo de la Tasa de Crecimiento es utilizado cuando el nivel de población se encuentra cercano a la población de saturación, no se aplicará en el presente anejo, ya que no se cumple dicha condición. El modelo de la Curva Logística tampoco es recomendable en este caso concreto, pues su mayor aplicación corresponde a pronóstico

a muy largo plazo, El modelo basado en la Prognosis a partir de los datos del I.N.E. tampoco será de aplicación ya que no existe un estudio de proyección de la población en el I.N.E. Se propone, por lo tanto, reducir los estudios de prognosis a los otros modelos.

Los datos básicos empleados en los anteriores modelos, extraídos del INE, se muestran en la siguiente tabla:

LOS MOLARES	
AÑO	POBLACIÓN DE HECHO
1981	2529
1991	2541
2001	2688
2004	2800
2005	2874
2006	2947
2007	2991
2008	3042
2009	3186
2010	3310
2011	3448
2012	3459
2013	3522
2014	3508
2015	3467

Tabla 1. Población de hecho de Los Molares según el INE

2.2.1.- Modelo Aritmético

El modelo consiste en considerar un incremento constante de la población. La aplicación del modelo consiste en seleccionar un intervalo de tiempo similar al que se pretende realizar la prognosis y ajustar una razón lineal.

La formulación matemática del modelo es muy simple:

$$\frac{dP}{dt} = K_a$$

Siendo:

P: Población

t: Tiempo

K_a: Razón aritmética

Si P₁ es la población del núcleo en el tiempo t₁ y P₂ es la población del núcleo en el tiempo t₂ (la última del censo), entonces la integración de la ecuación anterior con las condiciones:

Población en t₁=P₁

Población en t₂=P₂

suministra la tasa de crecimiento constante:

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

y extrapolando esta tendencia constante de población del pasado al futuro, resulta:

$$P = P_2 + K_a(t - t_2)$$

Para el caso actual se han escogido los valores de población de 2005 y 2015, dando como resultado lo siguiente:

DATOS ESCOGIDOS	
Año	Población (hab)
2005	2874
2015	3467
PROGNOSIS	
2041	5009

Ka (hab/año)	59.3
--------------	------

Por lo que la **población según el Modelo Aritmético para el año 2041 es de 5009 habitantes** en la localidad de Los Molares.

2.2.2.- Modelo Geométrico

El modelo geométrico consiste en considerar para iguales períodos de tiempo el mismo porcentaje de incremento de la población aplicado de forma acumulativa. La formulación matemática del modelo es la siguiente:

$$P_t = P_0 \cdot (1 + K_g)^{t-t_0}$$

La obtención de la tasa acumulativa expresada en tanto por uno K_g se obtiene, al igual que en anterior caso, imponiendo condiciones que ajusten los datos de los dos censos más recientes para, posteriormente, extrapolarlos al futuro. En este caso:

$$K_g = \sqrt[t-t_0]{\frac{P_t}{P_0}} - 1$$

Al igual que el caso anterior se han cogido como t_0 el año 2005 y como t el año 2015.

DATOS ESCOGIDOS	
Año	Población (hab)
2005	2874
2015	3467
PROGNOSIS	
2041	5646

Kg	0.019
----	-------

Por lo que la **población según el Modelo Geométrico para el año 2041 será de 5646 habitantes** en la localidad de estudio.

2.2.3.- Modelo del M.O.P.U.

Para la aplicación del modelo del antiguo M.O.P.U. se toman como base las poblaciones del último censo realizado y los censos de 5 y 10 años antes, calculándose las tasas de crecimiento acumulativo correspondientes a los intervalos entre cada uno de estos censos y el último censo realizado.

$$P_a = P_{a-5}(1 + \beta)^5$$

$$P_a = P_{a-10}(1 + \gamma)^{10}$$

deduciéndose de ambas ecuaciones los parámetros desconocidos β y γ a partir de los datos censales. Como tasa de crecimiento aplicable, se adoptará la siguiente media ponderada, que da un peso doble a la estimación perteneciente al censo más reciente:

$$\alpha = \frac{2\beta + \gamma}{3}$$

Por último, la población en el año horizonte se estima aplicando la siguiente ecuación perteneciente a un modelo geométrico:

$$P = P_a(1 + \alpha)^t$$

Siendo:

P: Población en el Año Horizonte

P_a : Población del último censo realizado

t: Tiempo transcurrido desde el último censo

Operando, se obtienen los siguientes valores:

DATOS ESCOGIDOS	
Año	Población (hab)
2005	2874
2010	3310
2015	3467
COEFICIENTES	
Beta	0.0093114
Gamma	0.0189355
Alfa	0.0125194
PROGNOSIS	
2041	4791

Por lo que **la población según el Modelo del M.O.P.U. para el año 2041 será de 4791 habitantes** en la localidad de estudio.

2.2.4.- Crecimiento esperado a partir de los datos del PGOU

Particularmente el método más fiable desde el punto de vista práctico es el análisis detallado de las actuaciones previstas en los Planes Generales de Ordenación Urbana. Esto es debido a que muestran expectativas de crecimiento realistas y a que son una declaración de intenciones municipal respecto de la evolución del núcleo urbano. Se escapa por ello de la extrapolación que los modelos matemáticos suponen, que puede verse falseada por cambios de tendencia, errores estadísticos, etc...

NOMBRE	SUPERFICIE (m2)	USO	TIPOLOGÍAS	DENSIDAD (viv/ha)	Nº VIVIENDAS
UE-2	6320	Residencial	Unifamiliar linea	40	25
UE-5	3500	Residencial	Unifamiliar linea	40	14
UE-6	2000	Residencial	Unifamiliar linea	40	8
UE-9	7568.26	Residencial	Unifamiliar linea	40	30
TOTALES	19388.26	Residencial	Unifamiliar linea	40	77

Tabla 2. Datos de futuras viviendas proyectados en el PGOU

Multiplicando las nuevas viviendas por un ratio de ocupación lógico y conservador con los obtenidos anteriormente de unas 4 personas por vivienda (77 x 4) se obtiene un incremento de población de 308 habitantes, que sumado a los 3467 del censo de 2015 resulta **3775 habitantes en el año de horizonte del P.G.O.U.**

2.3.- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para la población de Los Molares en el año horizonte 2041 en los distintos modelos aplicados son los siguientes:

MODELO	POBLACIÓN
Aritmético	5009
Geométrico	5646
M.O.P.U.	4791
P.G.O.U.	3775

Tabla 3. Comparación de los valores obtenidos para la población en 2041 por los distintos modelos.

De la anterior tabla se adoptarán los resultados obtenidos aplicando el Modelo Geométrico, ya que este método es el que proporciona una prognosis más conservadora y desfavorable que el resto.

La población total equivalente obtenida mediante esta metodología en el año horizonte y que servirá de base para la obtención del caudal de diseño es por tanto:

5646 habitantes en el año horizonte 2041

3.- ESTUDIO DE DOTACIÓN Y CAUDALES

En el presente capítulo se pretende llevar a cabo el cálculo de la dotación por habitante y los caudales de demanda que será de aplicación en el municipio de estudio.

3.1.- CÁLCULO DE LA DOTACIÓN Y CAUDAL POR HABITANTE

Para llevar a cabo el cálculo de la dotación por habitante de la población se ha llevado a cabo un estudio de diferentes dotaciones por diferentes métodos con el objetivo de seleccionar una adecuada para el municipio en cuestión debido al hecho de que no se dispone de los datos de consumo por parte de la empresa suministradora del agua.

3.1.1.- Modelo del M.O.P.

Son una serie de dotaciones que da el Ministerio de Obras Públicas recomienda en su publicación de 1976 "Normas para la redacción de Proyectos de abastecimiento de agua y Saneamiento de Poblaciones" para un municipio en función de su número de habitantes.

Nº habitantes N	Dotación (l/hab/día)
N < 1 000	100
1 000 ≤ N < 6 000	150
6 000 ≤ N < 12 000	200
12 000 ≤ N < 50 000	250
50 000 ≤ N < 250 000	300
N ≥ 250 000	400

Tabla 4. Estimación de las dotaciones (M.O.P. 1976)

Como observamos el municipio se encuentra enclavado en la franja de entre 1 000 y 6 000 habitantes tanto en la actualidad como en la proyección futura en 2041 y le correspondería una dotación de 150 l/hab-día, no obstante se ha realizado una interpolación lineal en dicha franja en función del número de habitantes y hemos obtenido:

Año	Población (hab)	Dotación (l/hab-día)
2015	3467	174.67
2041	5646	196.46

Tabla 5. Dotación según el cálculo por el método del M.O.P

Con lo que la **dotación para la población futura en 2041 según el método del M.O.P. queda 196,46 l/hab-día.**

3.1.2.- Plan Hidrológico de la D.H.C.

Se basa en los datos aportados por el "Anejo 3 - Usos y Demandas del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir".

Tomaremos un valor de demanda para la población estimado para un número de habitantes menor a 10 000, ya que en este caso la población se mantiene en tanto actualmente como en el año 2041 menor de 10 000.

Dado que los valores que ofrecen las tablas se corresponden con la demanda tendencial para los años 2015 y 2027 respectivamente, obtendremos la que corresponde al año horizonte del presente proyecto por interpolación lineal.

Año	Población (hab)	Dotación (l/hab-día)
2015	3467	175.00
2027	-	215.00
2041	5646	261.67

Tabla 6. Dotación según el Plan Hidrológico de la DHC.

Con lo que la **dotación para la población futura en 2041 según el método del Plan Hidrológico de la D.H.C. queda 261,67 l/hab-día.**

3.1.3.- Resumen

Como dato de dotación por habitante se tomará la hipótesis más conservadora entre dotaciones calculadas por el método del M.O.P. y el del Plan Hidrológico de la DHC para el año 2041, es decir se tomará el valor más alto de ambas.

Método	Dotación (l/hab·día)
M.O.P.	196.46
Plan Hidrológico de la DHC	261.67

Tabla 7. Dotación calculada por cada método.

La **dotación tomada** finalmente para la población de Los Molares en el horizonte de 2041 es de **261,67 l/hab-día** aportada por el método del Plan Hidrológico de la DHC.

Para el caso de las parcelas proyectadas que aún no se han construido, se tendrá en cuenta la densidad de viviendas de cada parcela destinada a dicho uso en el P.G.O.U., en este caso al ser constante con un valor de 40 viv/ha como se puede observar en la Tabla 2, de manera que considerando que cada vivienda tiene de forma conservadora 4 habitantes calcularemos el caudal de consumo.

3.2.- CÁLCULO DE OTRAS DOTACIONES

3.2.1.- Dotaciones en polígonos industriales

Para la dotación en polígonos industriales se utilizará la aportada por la “*Normativa Técnica Reguladora del Servicio de Abastecimiento del Consorcio de Aguas del Huesna*”.

Según la tabla II-3 tenemos:

POLIGONOS INDUSTRIALES			
Sup. parcela S (m ²)	Dotaciones L/s·m ²	Coeficientes de punta	
		Red	Conexiones
S ≤ 500	1E-04	3.0	2.5
500 < S ≤ 1 000	1E-04	3.0	2.0
S > 1 000	1E-04	3.0	1.7

Tabla 8. Tabla II-3 para el cálculo de las dotaciones según la Normativa de Abastecimiento de Aguas del Huesna.

3.2.2.- Otras dotaciones a tener en cuenta

Para el presente se utiliza lo aportado por la “*Normativa Técnica Reguladora del Servicio de Abastecimiento del Consorcio de Aguas del Huesna*”.

Según la tabla II-4:

USO	DOTACIÓN
Riego y Limpieza de calles	1.5 l/m ² ·día
Escuelas	125 l/alum·día
Piscinas, baños y servicios públicos	2 l/hab·día
Boca incendio Ø 100 mm	1000 l/min
Boca incendio Ø 80 mm	500 l/min

* En estas cifras se incluye el 15% de pérdidas y fugas

Tabla 9. Tabla II-4 para el cálculo de las dotaciones según la Normativa de Abastecimiento de Aguas del Huesna.

Para el caso del riego el valor que aparece en la normativa es de 6 l/m²·día, no obstante, debido a escasa cantidad de parques, la dotación se ha fijado igual que la de la limpieza de calles, para de esta manera simplificar los cálculos.

3.3.- CONCLUSIONES

En este caso se realiza una estimación del caudal y dotación para el año 2015 y 2041.

DOTACIÓN Y CAUDALES POR PERSONA					
Año	Población (hab)	Dotación (l/hab·día)	Caudal medio (l/s)	Kp	Caudal punta (l/s)
2015	3 467	261.67	10.50	2.5	26.25
2041	5 646		17.10	2.5	42.75
DOTACIÓN Y CAUDALES INDUSTRIALES					
Año	Superficie (m ²)	Dotación (l/s·m ²)	Caudal medio (l/s)	Kp	Caudal punta (l/s)
2015	96 387	1E-04	9.64	2.5	24.10
FUTURO (PGOU)	140 174		14.02	2.5	35.04
DOTACIÓN Y CAUDALES TOTALES					
Año			Caudal medio (l/s)		Caudal punta (l/s)
2015			20.14		50.35
2041			31.12		77.79

Tabla 10. Estimación de los caudales totales de la población.

Para finalizar cabe destacar que por simplicidad de cálculo se ha decidido que como coeficiente punta K_p de 2,5 como indica la "Normativa Técnica Reguladora del Servicio de Abastecimiento del Consorcio de Aguas del Huesna" para viviendas unifamiliares.