

Anejo N°17.
Obras Complementarias

1.	Estación de bombeo	1	2.3.1.2.	Riego con difusores	10
1.1.	Introducción	1	2.4.	Red de riego	10
1.2.	Cálculo hidrológico	1	2.4.1.	Introducción.	10
1.2.1.	Determinación de la cuenca de aportación.....	1	2.4.2.	Sectorización.	10
1.2.2.	Coeficientes de escorrentía.....	1	2.4.3.	Diámetros y materiales.	11
1.2.3.	Determinación del tiempo de concentración.....	2	2.4.4.	Comprobación hidráulica de la red. Pérdidas de carga	11
1.2.4.	Caudal.....	3	2.4.5.	Altura manométrica y caudal de diseño	14
1.3.	Dimensionamiento de la estación de bombeo	3	2.5.	Programación del riego	14
1.3.1.	Pozo de bombeo	3	3.	Alumbrado	15
1.3.2.	Altura manométrica y caudal de diseño.....	4	3.1.	Luminarias y Proyectores	15
1.3.3.	Comprobación de los colectores de vertido	6	3.2.	Proyectores Pasos de Peatones	16
2.	Riego.....	7	3.3.	Clase de Alumbrado.....	16
2.1.	Introducción.....	7	3.4.	Soportes	16
2.2.	Determinación de las necesidades de agua.....	7	3.5.	Basamentos.....	16
2.2.1.	Cálculo de la Eto	7	3.6.	Centro de Mando.....	17
2.2.2.	Elección Kc.....	7	3.7.	Circuitos Eléctricos	17
2.2.3.	Necesidades totales para riego por difusión.	8	3.8.	Cajas de Protección	18
2.2.4.	Consumo diario y caudal promedio en mes de máxima demanda	8	3.9.	Puesta a tierra	19
2.3.	Sistemas de riego	8	3.10.	Canalizaciones	19
2.3.1.	Riego por aspersión/difusión	9	3.11.	Arquetas	20
2.3.1.1.	Riego con aspersores.....	9	3.12.	Legalización.....	20

3.13.	INSPECCIÓN	20
3.14.	AFECCIONES.....	20

1. Estación de bombeo

1.1. Introducción

Aproximadamente en el PK 0+225 de la línea tranviaria, se produce un punto bajo donde confluyen las aguas de escorrentía recogidas en las rampas de acceso al paso inferior.

No es posible, por la cota que se alcanza, desaguar directamente esta agua a la red de saneamiento existente. Por lo que se hace necesario, recoger el agua y elevarla a una cota adecuada para poder conducirla, finalmente, a un pozo existente.

Así se plantea, a continuación, el diseño de una estación de bombeo que recoja las aguas anteriormente descritas correspondientes a la avenida de 50 años de período de retorno tal y como establecido en la Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano.

1.2. Cálculo hidrológico

Con carácter general, el sistema de saneamiento de EMASESA es de tipo unitario, por lo que las redes deberán diseñarse considerando en su cálculo, además de las aguas de escorrentía generadas por la lluvia asociada a un determinado período de retorno, las aguas residuales generadas en los domicilios y establecimientos comerciales e industriales.

En el caso del presente proyecto la red de saneamiento sólo recogerá el agua de lluvia y el agua que se genere en el drenaje profundo.

La determinación del caudal de pluviales para cada una de las secciones de la red de colectores en estudio se realizará considerando las siguientes hipótesis de partida:

- La precipitación es uniforme en el espacio y el tiempo.
- La intensidad de lluvia es la correspondiente a un aguacero de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que se considera que esta duración es la más desfavorable.
- Se estima un coeficiente de escorrentía constante para cada tipo de uso de suelo.
- No se considera la posible laminación de la cuenca vertiente, asumiéndose que se compensa al considerar la no existencia de picos en la precipitación.
- Cada tramo de colector se calculará a partir de toda la cuenca vertiente al punto final del mismo, para evitar el sobredimensionamiento innecesario que se produciría si como caudal de diseño se adoptase la suma de los caudales de las conducciones que se encuentren aguas arriba.

Partiendo de estas premisas y utilizando modelos matemáticos como el método de Gumbel para el cálculo de precipitaciones extremas, se calculará el caudal de avenida en un punto determinado para el período de retorno fijado mediante la fórmula:

$$Q_{pluv} = \frac{CxIx A}{0,36}$$

Donde:

Qpluv (l/seg): es el caudal de diseño de aguas pluviales o caudal punta

C: adimensional, es el coeficiente de escorrentía medio (entre 0 y 1)

A (Ha): es la superficie (medida horizontalmente) que recibe la lluvia.

It (mm/h): es la intensidad de lluvia correspondiente a la máxima tormenta para un período de retorno dado y con una duración igual al tiempo de concentración (Tc).

El cálculo de una red de saneamiento se realizará a partir del cálculo consecutivo en distintos puntos de la misma, siendo los pasos a seguir los siguientes:

1.2.1. **Determinación de la cuenca de aportación**

Medida horizontalmente, se determinará la superficie en hectáreas de la zona que recibe la lluvia. Se puede considerar el área total de la cuenca afluente o dividir la misma en distintas subcuencas con diferentes características.

En cualquier caso, cuando se trata un área de una manera uniforme (sea la total o la de una subcuenca), será necesario determinar un valor del coeficiente de escorrentía medio para la misma.

En el caso que nos ocupa la superficie de aportación es de **2617 m²**.

1.2.2. **Coefficientes de escorrentía**

Se define como coeficiente de escorrentía al cociente del caudal que discurre por la superficie en relación con el caudal total precipitado, variando su valor según las características propias de cada zona de la cuenca en estudio.

Como criterio general de actuación se establece que, en cada caso, para la determinación del tipo de superficie correspondiente a la zona en estudio se habrá de considerar lo que al respecto se contemple en el Plan General de Ordenación Urbana.

En función del tipo de superficie, los coeficientes de escorrentía a adoptar son los que figuran en la table siguiente:

Tipo de superficie	C	Comentarios
Grandes áreas pavimentadas	0,95	(a)
Áreas urbanas	0,85	(b)
Áreas residenciales	0,50	(c)
Áreas no pavimentadas	0,20	(d)

(a): Se entiende como grandes áreas pavimentadas las zonas de aparcamiento de gran extensión y grandes plazas sin jardines.

(b): Se corresponden con aquellas superficies constituidas por calles, pequeñas plazas y edificaciones.

(c): Se considerarán así las urbanizaciones, donde se mezcla la edificación unifamiliar con jardines.

(d): En áreas no pavimentadas se incluirán los parques y jardines.

Para calcular el coeficiente de escorrentía de la cuenca afluyente al punto en estudio utilizaremos la expresión siguiente:

$$C_m = \frac{\sum A_i \cdot C_i}{A}$$

Siendo A_i y C_i las superficies y los coeficientes de escorrentía respectivos de cada una de las zonas parciales de que se compone el áreas total A de la cuenca afluyente al punto objeto de estudio y para toda $A_i \geq 0,2 A$.

1.2.3. Determinación del tiempo de concentración

El tiempo de concentración (T_c), que se define como el tiempo que tarda la gota caída en el punto más alejado de la cuenca en alcanzar la sección en la cual se desea conocer el caudal, es una característica de la cuenca vertiente y está referido a una sección de cálculo.

Está relacionado con otros dos conceptos que son:

- Tiempo de escorrentía (T_e): es el tiempo que tarda una gota caída en un punto de la cuenca en alcanzar la entrada al sistema de colectores (escorrentía superficial).
- Tiempo de recorrido (T_r): es el tiempo que tarda una gota en recorrer la distancia que separa la entrada al sistema de colectores de la sección de cálculo considerada.

Resulta, por tanto, que:

$$T_c = T_e + T_r$$

Dada la profusión de imbornales en las áreas urbanas, la distancia a recorrer por el agua de lluvia hasta alcanzar la red de alcantarillado resulta suficientemente pequeña como para considerar un tiempo de escorrentía constante por lo que el tiempo de concentración podemos considerarlo igual al tiempo que tarda el agua que discurre por la red de alcantarillado en alcanzar el punto de control, más un término de escasa entidad correspondiente al tiempo de escorrentía.

Por consiguiente:

$$T_c(h) = T_r(h) + T_e(h) = \frac{L(km)}{v(km/h)} + K \quad \text{Dónde}$$

L: longitud recorrida

v: velocidad media del agua

K: Constante

En una primera aproximación, estimando una velocidad media de circulación del agua dentro de los colectores de 1,66 m/s (equivalente a 6 km/h), podemos considerar que:

$$T_c(h) = \frac{L}{6} + 0,05$$

Como el tiempo de recorrido hay que estimarlo antes de realizar el cálculo del caudal, su determinación será un proceso iterativo.

5.2.4. Intensidad de lluvia

La intensidad media de precipitación I_t , correspondiente a un período de retorno determinado y a un intervalo de tiempo t , la obtendremos empleando la fórmula de J. R. Témez, según la cual:

$$I_t = I_d \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{0,4}}$$

Siendo

I_t (mm/h): Intensidad media correspondiente al intervalo t

I_d (mm/h): Intensidad media diaria correspondiente al período de retorno que se considere

I_1/I_d : parámetro que representa la relación entre la intensidad horaria con la diaria del mismo período de retorno (Sevilla = 8,5)

t (h): intervalo de referencia, el cual se tomará igual al tiempo de concentración Tc (como mínimo 6,3 min = 0,1 h).

A partir de los datos registrados en las estaciones pluviométricas existentes en la zona y dependiendo del tipo de red a dimensionar, las intensidades medias de precipitación It, a considerar en el conjunto del área metropolitana de Sevilla serán las siguientes:

- 1) Con carácter general y en ausencia de cualquier otra especificación particular que determine distinto nivel de seguridad:

$$I = 6.500 \times 0,12^{2,5 t^{0,1}}$$

- 2) Para el estudio de colectores interceptores y emisarios:

$$I = 7.300 \times 0,12^{2,5 t^{0,1}}$$

Para un **tc mínimo de 6.3 min** se tendría una intensidad I= 108.3 mm/h

No obstante, teniendo en cuenta el periodo de retorno de diseño de 50 años se empleará los valores de precipitación máxima diaria del aeropuerto de Sevilla:

	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
5783 Sevilla "Aeropuerto"	52	69	83	102	117	133	151	175

Considerando un tc mínimo de 6.3 min se tendría una intensidad **It= 119 mm/h**

1.2.4. Caudal

Aplicando la fórmula explicada al principio con los datos del proyecto se obtiene que:

$$Q_{pluv} = \frac{CxIx A}{0,36}$$

Donde:

C: 0,95
A (Ha): 0,262
It (mm/h): 119
Qpluv (l/seg): 82,27

1.3. Dimensionamiento de la estación de bombeo

La estación de bombeo, con todos sus equipos estará situada en planta, de tal forma que el punto bajo del perfil longitudinal quede próximo a la misma. También se tendrá en cuenta que la disposición deberá ser tal que la conexión a un pozo de saneamiento existente en la actualidad sea sencilla.

Teniendo en cuenta el caudal calculado, se proyecta un sistema de bombeo para evacuar un caudal de 90 l/s, con un sistema 2+1 (dos bombas en operación y una de reserva).

Se diseña un pozo de bombeo donde estarán alojadas las bombas y que tendrá las dimensiones adecuadas para que éstas funcionen correctamente. Las bombas estarán conectadas a unas tuberías de impulsión (de diámetro 150 mm) que subirán el agua por la pared del pozo hasta una arqueta de recogida, denominada arqueta de descarga. Desde este punto partirá una conducción en gravedad y lámina libre hasta el pozo de saneamiento más cercano.

1.3.1. Pozo de bombeo

Las bombas deberán funcionar según el nivel del agua en el tanque (arrancan cuando está alto y paran cuando está bajo). Si el pozo es pequeño los grupos de bombeo arrancan y se paran con excesiva frecuencia, perjudicándose los motores (el aislamiento por calentamiento) y la instalación hidráulica.

El tiempo de ciclo de bombeo (tiempo que media entre un arranque y otro arranque) depende del número de arranques por hora exigido por los fabricantes de las bombas para evitar el calentamiento del motor. Las electrobombas seleccionadas admiten 15 arranques a la hora, si bien se ha seleccionado en el diseño 10 arranques a la hora para aumentar el tiempo del ciclo de mantenimiento o reparación.

El arranque y paro de las bombas estará gobernado por interruptores de nivel. Cuando el nivel del agua llegue a la primera boya será necesario el arranque de la primera bomba, si el nivel de agua llega a la segunda boya de nivel se pondrá en funcionamiento la segunda bomba. En el caso en que el nivel de agua llegue a la tercera boya se producirá una alarma visual y acústica. En el caso de la desactivación de la primera boya (la de menor altura) se procederá al paro de las bombas.

El nivel de paro se fija por encima del valor mínimo aportado por el fabricante de las bombas. Este nivel mínimo deberá ser aportado por el suministrador final, si bien se ha considerado 0,4m en base a la bomba referencial seleccionada.

La capacidad del pozo se calcula, por tanto, de forma que número de arranques y parada de los grupos, por unidad de tiempo, no sea superior a una cantidad predeterminada por el fabricante.

Para más de una bomba en servicio, el volumen del pozo depende también de la secuencia de funcionamiento prevista:

- Secuencia A: Arranque escalonado y paro común
- Secuencia B: Arranque y paro escalonados

En el primer caso, los volúmenes adicionales de las bombas que entran en servicio sucesivamente utilizan el volumen calculado para la bomba que ha entrado previamente en el ciclo. Esta secuencia necesita menor volumen y ha sido la seleccionada.

En la secuencia B se trata de una serie de volúmenes útiles superpuestos, por lo que el volumen total es mayor.

Volumen útil de un pozo de bombeo		
Volúmenes	Secuencia 1	Secuencia 2
V1	= (T/4) q1	= (T/4) q1
V2	= 0,392 (T/4) q2	= (T/4) q2
V3	= 0,264 (T/4) q3	= (T/4) q3
V4	= 0,216 (T/4) q4	= (T/4) q4
V5	= 0,188 (T/4) q5	= (T/4) q5
V6	= 0,167 (T/4) q6	= (T/4) q6
V7	= 0,152 (T/4) q7	= (T/4) q7
V8	= 0,140 (T/4) q8	= (T/4) q8
V total	= V1 + ... + Vn	= V1 + ... + Vn

				Secuencia de funcionamiento	
¿Número máximo de arranques/hora?-->				Arranques escalonados	Arranques escalonados
				Parada común	Paradas escalonadas
Caudal parcial	I/s	Observaciones	V parcial (l)		
q1= q unit funcionando 1 bomba	45		v1	4.050	4.050
q2= q unit funcionando 2 bombas	45		v2	1.588	4.050
q3= q unit funcionando 3 bombas	0		v3		
q4= q unit funcionando 4 bombas	0		v4		
q5= q unit funcionando 5 bombas	0		v5		
q6= q unit funcionando 6 bombas			v6		
q7= q unit funcionando 7 bombas			v7		
q8= q unit funcionando 8 bombas			v8		
V total útil (litros)				5.638	8.100

Se selecciona un pozo en planta de 2 m *3.25 m, garantizando las recomendaciones de separación del fabricante y accesibilidad.

- Planta del pozo: ancho = 2,0 m largo = 3,25 m (útil 3)
- Cota rasante tubo: - 0.56 msnm
- Cota solera pozo: - 2.88 msnm
- Nivel mínimo agua: - 2.33 msnm

- Altura total: 2,32 m
- Altura útil: 1,77 m
- Volumen útil: 10,62 m³ > 8,06 m³

En los planos correspondientes del Documento nº 2 se pueden ver los detalles de disposición de los distintos elementos de la estación de bombeo.

1.3.2. Altura manométrica y caudal de diseño

Teniendo en cuenta el caudal calculado, se proyecta un sistema de bombeo para evacuar un caudal de 90 l/s, con un sistema 2+1 (dos bombas en operación y una de reserva).

La estación de bombeo dispone de dos bombas para pluviales más una de reserva, todas ellas de iguales características. Se trata de bombas centrífugas sumergibles para agua residual (puesto que el agua de escorrentía puede llevar elementos de arrastre).

A continuación se recogen los cálculos para determinar la altura manométrica de diseño:

Caudal máximo	324,000	m ³ /h
Nº de unidades instaladas:	3,000	Ud
Nº de unidades en funcionamiento :	2,000	Ud
Caudal unitario máximo necesario :	162,000	m ³ /h
Caudal unitario adoptado :	162,000	m ³ /h

Alturas Geométricas

Datos de Partida		
Cota min 1G operando	-2,330	msnm
Piezométrica entrega impulsión	7,720	msnm
Altura geométrica máx (1G)	10,050	m.c.a.

Pérdida de Carga

Caudal de Diseño	324,000	m ³ /h
Numero de Bombas en funcionamiento por línea	2,000	Uds.
Caudal Unitario	162,000	m ³ /h

Diámetros:

	Caudal Unitario m ³ /h	Diámetro mm	Material
1 COLECTOR INDIVIDUAL DE IMPULSIÓN	162,000	150,000	FD

Qunitario de las bombas:	48 l/s
Altura manométrica	11,71m.c.a.
Revoluciones	1470 r.p.m.
Potencia absorbida en eje:	7,25 kW
Potencia eléctrica:	8,25 kW
Potencia Motor:	9 kW

CALCULO PÉRDIDA DE CARGA			IMPULSIÓN
			1
Caudal de Diseño	324,000		162,000
Nº Líneas	Uds		1,000
caudal	324,000		162,000
longitud	Metros		11,400
material tubería	FD		FD
Coefficiente de Manning			0,011
diámetro	mm		150,000
velocidad	m/s		2,546
Tipo de singularidad	K		Nº
General			
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,120		0,000
Válvula de mariposa totalmente abierta	0,250		0,000
Curva de 90º	0,300		2,000
Curva de 45º	0,170		0,000
Válvula de retención	1,700		0,000
Embocadura	0,500		0,000
Desembocadura	1,000		1,000
nT: T-Derivación	1,000		0,000
Pérdida de carga localizada			0,529
Pérdida de carga continua			0,712
Pérdida de carga total			1,241

	Total
Pérdida de carga localizada sistema	0,529 m
Pérdida de carga continua sistema	0,712 m
Pérdida de carga total sistema	1,241 m

Altura Manométrica requerida de Impulsión 1G	
Altura geométrica	10,050 m
Pérdida de carga total	1,241 m
Altura Manométrica requerida de Impulsión 1G	11,291 m

La bomba propuesta seleccionada cumple los requerimientos indicados:

Unidades:	2+1
Qunitario de diseño:	45 l/s

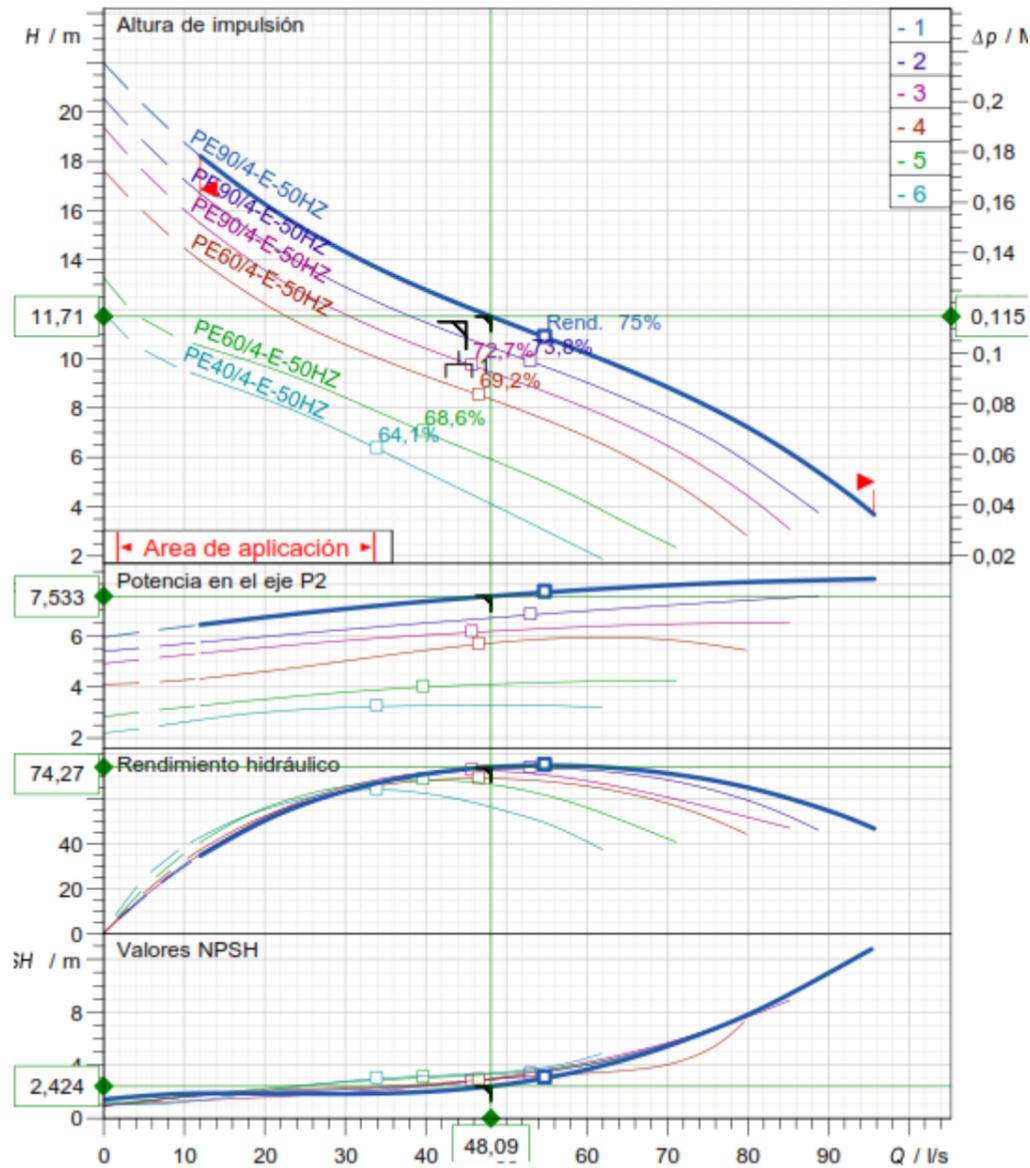


Ilustración 1. Curvas de la bomba seleccionada. Bombeo de pluviales del paso inferior

1.3.3. Comprobación de los colectores de vertido

El colector de llegada a la estación de bombeo ha sido dimensionado de manera que sea capaz de desaguar el caudal de diseño de pluviales, con el margen suficiente de manera que su grado de llenado con el caudal de diseño sea inferior al 75%.

Se trata de un colector irá embebido en el cajón estructural que conforma el paso inferior. Este colector recogerá el agua de la canaleta longitudinal del paso inferior y la conducirá hasta el pozo de bombeo.

Considerando como caudal máximo a evacuar el caudal de diseño de aguas pluviales de 90 l/s, la pendiente del colector de 0.5% y tubería de gres; se obtiene el valor del caudal de cálculo mediante la fórmula:

$$Q_{cal} = \frac{n Q_{pluv}}{\sqrt{j}}$$

j = pendiente del tramo

n = coeficiente de rugosidad de Manning (Tubería de gres 0.01)

Conocido el caudal de cálculo, fijaremos el DN de la conducción estableciendo la condición de que $Q_{cal} \leq Q$ específico, siendo el caudal específico un valor característico de la sección que resulta independiente de la pendiente y el material de la tubería, cuya magnitud para cada DN figura en la

Tabla siguiente:

DN (mm)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	
Q_{esp.} (l/seg)	12,48	26,87	48,71	79,21	119,49	170,60	233,55	309,32	398,82	502,98	758,71	911,97	
j_{máx} (%)	Hormigón	4,93	3,36	2,49	1,95	-----	1,33	-----	0,99	-----	0,78	0,63	0,58
	Gres o PVC	8,76	5,97	4,43	3,48	2,83	2,37	2,02	1,76	-----	1,38	1,12	-----
	Fundición	3,70	2,52	1,87	1,47	1,20	1,00	0,86	0,74	0,65	0,58	0,47	0,43

Qpluviales	90	l/s
Material	Gres	
Rugosidad n	0,01	
Pendiente	0,005	
Qcal	12,7279221	l/s
Diámetro seleccionado	400	mm

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.09"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.4"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.01"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1929"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.6142"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0600"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0977"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3997"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.4999"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2361"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3076"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

El resultado final concluye que para los datos de entrada, el caudal de 0,09 m³/s, el calado en la tubería será de 0,19 m, lo que supone un grado de llenado aproximado del 50 %.

2. Riego

2.1. Introducción

En el presente apartado se recoge el dimensionamiento del sistema de riego de las zonas verdes proyectadas.

2.2. Determinación de las necesidades de agua

2.2.1. Cálculo de la Eto

La evapotranspiración de referencia (ETo) ha sido obtenida del SIAR de Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. se ha hecho la media de la ETo mensual de los últimos 15 años de la estación de la Rinconada, obteniendo los siguientes valores:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET fao	1,31	1,95	2,66	4,15	5,27	6,06	6,32	5,79	4,50	2,90	1,71	1,28

Las necesidades de riego netas se calculan con las necesidades del mes de máxima demanda. Las necesidades de riego durante el resto del año condicionan el programa de riego a elaborar.

$$Nn = ETc - Pe - \Delta G - \Delta W$$

Donde:

Nn: necesidades hídricas netas (mm/día)

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Pe: precipitación efectiva (mm/día)

ΔG : aporte hídrico capilar (mm/día)

ΔW : variación de la humedad del suelo entre dos riegos consecutivos (mm/día)

2.2.2. Elección Kc

La elección del coeficiente de cultivo (Kc) vendrá determinado por las características de las especies vegetales utilizadas en las zonas verdes. Emplearemos dos coeficientes de cultivo diferentes: uno para las zonas de césped y arbustos, y otro para las necesidades hídricas de los árboles.

- Zonas de césped => Kc = 1
- Zonas de árboles => Kc = 0,75

Como el cálculo de las necesidades de riego se realiza para el mes de máxima demanda, en este caso Julio con 6,32 mm/día, la ETc sería:

- ETc1 = 6,32 * 1 = 6,32 mm/día
- ETc2 = 6,32 * 0,75 = 4,74 mm/día

Ya que la ETc = ETo * Kc

Pero al tratarse de riego localizado, se utiliza la evapotranspiración de diseño (ETd), la cual se calcula corrigiendo la ETc mediante una serie de factores:

$$ETd = ETc * K1 * K2 * K3$$

K1: Corrección por efecto de la localización

Esta corrección por efecto de la localización se obtiene de la media de los valores centrales de cuatro fórmulas que la relacionan con el área sombreada por la copa respecto al marco de plantación. Pero debido a que no hay un marco de plantación fijo y a la diversidad de áreas sombreadas que se producirían, no se debe aplicar este factor de corrección en nuestro caso.

K2: Corrección por efecto de la variabilidad climática

La corrección por efecto de la variabilidad climática consiste en aplicar un coeficiente mayorante para abarcar las posibles fluctuaciones en el clima, ya que la ETC que hemos obtenido es la de un año medio. Este coeficiente mayorante, en climas áridos y mediterráneos, tiene un valor de $K2 = 1,2$.

K3: Corrección por efecto de la advección

La advección es el proceso de energía horizontal y este coeficiente lo que tiene en cuenta es el efecto de la superficie que rodea a la parcela en la que nosotros estamos trabajando. Vamos a tomar un valor de $K3 = 1$, considerando, por tanto, que las parcelas colindantes no están afectando a la nuestra.

Con estos valores ya podemos calcular la ETd del mes de máxima demanda, utilizando para este cálculo la fórmula antes mencionada:

- $ETd1 = 6,32 * 1 * 1,2 = 7,58$ mm/día
- $ETd2 = 6,32 * 0,75 * 1,2 = 5,69$ mm/día

2.2.3. Necesidades totales para riego por difusión.

Las necesidades de agua netas de cultivo para riego por difusión se calculan mediante la siguiente expresión matemática:

$$Nn = ETd - Pe - \Delta G - \Delta W$$

En el mes de máximas necesidades, por nuestras condiciones climáticas, tanto la precipitación efectiva (Pe) como el aporte capilar (ΔG) y la variación de humedad del suelo entre los dos riegos (ΔW), suelen ser despreciables. Por tanto, las necesidades netas serán igual a la evapotranspiración de diseño en el mes de máximas necesidades.

$$Nn = ETd = 7,58$$
 mm/día

Para realizar el cálculo de las necesidades totales para riego por difusión, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Nt = Nn + Ps + Pev + RL * Nn$$

Siendo:

Ps: pérdidas superficiales. Se estiman en un 7 % del agua aplicada en el riego. ($Ps = 0,07 * Nn$).

Pev : pérdidas por evaporación de agua pulverizada. ($Pev = 0,05 * Nn$).

RL: requerimiento en lixiviación. ($RL = 0,05$)

$$RL = CEar / 2 * CEes$$

Siendo:

CEar: conductividad eléctrica del agua de riego = 0,8 dS/m (asumido)

CEes: conductividad máxima del extracto de saturación = 8 dS/m (asumido)

Por tanto:

$$RL = 0,8 / 2 * 8 = 0,05$$

Por tanto, para el mes de máximas necesidades será:

$$Nt = 7,58 + 0,07 * 7,58 + 0,05 * 7,58 + 0,05 * 7,58 = 8,87$$
 mm/día

2.2.4. Consumo diario y caudal promedio en mes de máxima demanda

En la siguiente tabla se muestra el consumo diario para el mes de máxima demanda.

Area de riego (m ²)	Dotación (l/m ² día)	l/día
3.925,3	8,87	34.817,4

El horario de riego será siempre fuera del servicio de tranvías, es decir, sin catenaria y sin manchar los tranvías con el agua de pozo. Teniendo en cuenta estos condicionantes, solo se puede regar de 0:30 a 6:00 horas.

La siguiente tabla muestra los caudales promedio de riego para diferentes horas de riego:

Horas de Riego	Q (l/s)
3	3,22
4	2,41
5	1,934

Se selecciona un riego en 5 horas, por lo que el caudal promedio de riego resultante sería de 2 l/s.

2.3. Sistemas de riego

Se han planteado dos tipos de riego: Aspersión y difusión.

Para la elección del tipo de riego y emisores se ha consultado con la casa comercial "Rain Bird" experta mundial en este tipo de instalaciones.

2.3.1. Riego por aspersión/difusión

Los sistemas de riego por aspersión se basan en la aplicación del agua en forma de lluvia sobre la totalidad de la superficie. Para ello el agua es conducida a presión a través de la red de tuberías, hasta los elementos encargados de dispersarla: aspersores o difusores.

Este sistema será usado para regar las superficies exclusivamente cespitosas.

2.3.1.1. Riego con aspersores

Serán instalados en las rotondas, ya que éstas requieren una cobertura mayor que en otras zonas, poseyendo los aspersores alcances mayores que los difusores.

Los aspersores realizan movimientos rotatorios, por lo que humedecen una zona más o menos circular. El modelo elegido es un aspersor de turbina de la serie 3500-4 de la marca Rain Bird o equivalente):

- Alcance: 4,6-10,7 m
- Alcance mínimo utilizando el tornillo de
- reducción del alcance: 2,9 m
- Presión: 1,7-3,8 bares
- Caudal: 0,12-1,04 m³/h
- Toma roscada hembra de 1/2" (15/21)
- Ajuste de sector: 40°-360°

RENDEMIENTOS

■ 50%
▲ 50%

Toberas	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
0,75	1,7	4,6	0,12	12	14
	2,0	4,8	0,13	12	13
	2,5	5,2	0,16	12	13
	3,0	5,2	0,17	13	15
	3,5	5,4	0,19	13	15
	3,8	5,5	0,19	13	15
1,0	1,7	6,1	0,17	9	11
	2,0	6,2	0,19	10	11
	2,5	6,4	0,21	10	12
	3,0	6,4	0,24	12	13
	3,5	6,6	0,26	12	14
	3,8	6,7	0,27	12	14
1,5	1,7	7,0	0,24	10	11
	2,0	7,0	0,26	11	12
	2,5	7,0	0,30	12	14
	3,0	7,3	0,33	12	14
	3,5	7,3	0,36	13	15
	3,8	7,3	0,37	14	16
2,0	1,7	8,2	0,32	9	11
	2,0	8,2	0,34	10	12
	2,5	8,2	0,39	12	13
	3,0	8,2	0,43	13	15
	3,5	8,4	0,47	13	15
	3,8	8,5	0,49	13	15
3,0	1,7	8,8	0,49	13	15
	2,0	9,1	0,53	13	15
	2,5	9,4	0,60	13	16
	3,0	9,4	0,67	15	17
	3,5	9,6	0,71	15	18
	3,8	9,8	0,74	16	18
4,0	1,7	9,4	0,67	15	17
	2,0	9,7	0,73	16	18
	2,5	10,1	0,83	16	19
	3,0	10,6	0,92	16	19
	3,5	10,7	1,00	18	20
	3,8	10,7	1,04	18	21

Ilustración 2. Aspersores. Datos técnicos

Los aspersores según el tipo que sean y las boquillas que lleven instaladas darán una pluviometría u otra, que es la lluvia que aportan los aspersores en 1 m². De esta manera habrá aspersores que rieguen con diferentes aperturas de radio según donde estén localizados.

Si bien el caudal que demanda cada aspersor dependerá de la posición que ocupe en la parcela y que haya sido regulado correctamente.

Los aspersores y difusores serán colocados según estas indicaciones, ajustándolos a la morfología de la parcela donde se ubiquen y a los elementos extraños que se puedan encontrar en ellos como pueden ser señales de tráfico, árboles, etc.

En los planos del proyecto se muestra la ubicación de los aspersores propuesto a fin de garantizar la cobertura y dotación necesaria.

2.3.1.2. Riego con difusores

Serán instalados en la plataforma de vías. En estas zonas el alcance necesario es menor que en los parques, es por ello que se ha optado por la instalación de estos emisores.

Los difusores, muy similares a los aspersores, carecen de elementos móviles para girar, pero el arco de riego se regula desde la boquilla o tobera de salida del agua, entre 90° y 360°.

Los difusores elegidos (Serie 1800 con toberas de la Serie 12-VAN PRS marca Rain-Bird, o equivalente):

- Alcance: 2,7 – 3,7 m
- Caudal: 0,1 – 0,54 m³/h
- Presión: 1,0 – 2,1 bar.

12 Series VAN		METRIC				
15° Trajectory						
Nozzle	Pressure bar	Radius m	Flow m ³ /h	Flow l/m	Precip mm/h	Precip mm/h
	1.0	2.7	0.35	5.80	48	55
	1.5	3.2	0.44	7.37	43	50
	2.0	3.6	0.52	8.75	41	47
	2.1	3.7	0.54	9.02	40	46
	1.0	2.7	0.26	4.35	48	55
	1.5	3.2	0.33	5.53	43	50
	2.0	3.6	0.39	6.56	41	47
	2.1	3.7	0.41	6.76	40	46
	1.0	2.7	0.17	2.90	48	55
	1.5	3.2	0.22	3.69	43	50
	2.0	3.6	0.26	4.37	41	47
	2.1	3.7	0.27	4.51	40	46
	1.0	2.7	0.09	1.45	48	55
	1.5	3.2	0.11	1.84	43	50
	2.0	3.6	0.13	2.19	41	47
	2.1	3.7	0.14	2.25	40	46

Ilustración 3. Difusores. Datos Técnicos

Están particularmente recomendados por el fabricante para espacios verdes de pequeñas dimensiones, conjunto de flores y arbustos.

La adaptación de los difusores a las parcelas se ejecuta colocando emisores sectoriales, éstos llevan instaladas unas toberas que les permite regular el caudal aplicar en cada caso según estén colocados los mismos.

2.4. Red de riego

2.4.1. Introducción.

El objeto es establecer la solución necesaria para la ejecución de la red de transporte y distribución de agua para el riego de las zonas verdes de la plataforma del tranvía y glorietas aledañas.

Se consideran los siguientes criterios básicos como pilares, para el posterior diseño constructivo de la solución adoptada:

- Garantizar una dotación suficiente de agua para riego.
- Fiabilidad y regularidad en el suministro.

El suministro se realizará desde el pozo de bombeo a acondicionar situado en el parque de Santo Domingo.

El sistema de riego se ha diseñado para garantizar un riego en 5 h para el més de máxima demanda.

2.4.2. Sectorización.

La sectorización del riego consiste en identificar y contabilizar las zonas que se van a regar al mismo tiempo.

El tipo de plantación de las zonas verdes previstas es único por lo hablamos de una única hidrozona. La hidrozona es un área con plantas que tienen similares necesidades en agua. El objeto de crear hidrozonas es que las plantas reciban solamente el agua que necesitan, sin excesos que generen un despilfarro, ni defectos que suponen una merma en el diseño.

Un sector de riego (zona que se vaya a regar de una vez) estará compuesta por los subsectores que se agrupen para ser regados simultáneamente. De esta manera, las electroválvulas que den paso a esos subsectores se abrirán simultáneamente cada vez que se riegue ese sector.

Los sectores de riego serán las superficies que van a ser regadas simultáneamente. Estarán formados por subsectores de características similares.

Como se ha comentado los subsectores lo forman zonas de riego con dotación, sistema y horas de riego similares. Además de esta clasificación, los subsectores se han diferenciado unos de otros por su localización física y por el sistema de riego previsto:

Los subsectores se concentrarán en grupos que formarán los diferentes sectores de riego.

Cada subsector de riego estará formado por los siguientes elementos:

- Hidrante:
 - 1 Electroválvula
 - Solenoide acoplado a la electroválvula
 - Sistema de programación correspondiente acoplado al solenoide
- Red de transporte interna:
 - red de tuberías portarramales
 - Emisores: difusores o aspersores

Los hidrantes se agrupan en cada entrada a zona a regar en arquetas de conexión a la tubería principal de distribución.

Según se programe el riego, se abrirán simultáneamente unas u otras, a merced de la decisión del personal competente de la instalación y las recomendaciones planteadas en este anejo. El número de electroválvulas que se abran simultáneamente conformarán la dimensión del sector de riego que formen entre ellas. No obstante, todas las electroválvulas que se abran simultáneamente deberán ser para el mismo tipo de riego siempre.

Según los tipos de riego de cada zona, el tiempo de riego elegido para cada uno de ellos y de las caudales de los emisores, se obtienen unos caudales instantáneos para cada zona que se puede observar en la siguiente tabla:

Area	Sector	Sup. (m ²)	Nº dif. 12 VAN PRS	Nº aspers. 3500-4	Necesidades de riego (l/día)	l/h en difusores/aspersores	Horas de riego
Area 1 (0+521 a 0+740)	1	332,0	14		2944,90	7020,00	0,42
	2	319,1	13		2830,37	6760,00	0,42
	3	315,9	13		2802,02	6500,00	0,43
Area 2 (Glorieta Eduardo Dato)	4	159,3		9	1412,99	3026,70	0,47
Area 3 (0+900 a 1+140)	5	356,9	15		3166,11	7540,00	0,42
	6	368,8	15		3271,36	7800,00	0,42
	7	364,5	15		3233,03	7800,00	0,41
	8	361,8	15		3208,75	7800,00	0,41
Area 4 (1+145 a 1+324)	9	170,0	14		1507,90	3640,00	0,41
	Sector 10	353,7	15		3137,40	7800,00	0,40
	Sector 11	377,3	17		3346,57	8580,00	0,39
Area 5 (Glorieta Luis Montoto)	Sector 12	446,0		16	3956,02	8474,00	0,47
TOTAL Horas de riego							5

Teniendo en cuenta esta distribución de horas según las necesidades zona, se podría regar el conjunto de sectores en 5 horas el mes de máxima demanda.

2.4.3. Diámetros y materiales.

Se ha diseñado una red compuesta por una tubería principal de PE-100 DN75 que distribuye el agua a los distintos sectores de riego.

Para el riego al sector, se dispone de una derivación a la electroválvula de la sale una tubería que alimenta a los distintos emisores. El criterio de dimensionamiento ha sido limitar la velocidad máxima de 1,6 m/s, por lo que se prevé en la mayor parte de sectores una conducción telescópica de PE-100 en los siguientes diámetros nominales según sector: DN50, DN40 y DN 40.

2.4.4. Comprobación hidráulica de la red. Pérdidas de carga

El cálculo de las pérdidas longitudinales se ha realizado empleando la formulación de Darcy-Weisbach, empleando la fórmula de Colebrook-White para la resolución del coeficiente de fricción:

$$\Delta H_{fric} = J \cdot L = \lambda / D \cdot v^2 / (2g) \cdot L$$

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \cdot \log (K/(3,71 \cdot D) + 2,51/(Re \cdot \sqrt{\lambda}))$$

Para el cálculo de la pérdida de carga en elementos singulares de una tubería en presión, tales como válvulas, estrechamientos, ensanchamientos, bifurcaciones, uniones en general, etc., se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta h = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Δh = pérdida de carga (m.c.a.)

v = velocidad (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Y donde K toma los siguientes valores en función del tipo de paso singular:

Tipo de singularidad K

Válvula de compuerta totalmente abierta 0,3

Válvula de mariposa totalmente abierta	0,25
Curva de 90°	0,9
Curva de 45°	0,45
Electroválvula	11
T recta	1,8
T derivación	0,6
Ensanchamiento brusco	$((D1/D2)^2-1)^2$
Reducción brusca de sección (Contracción)	$0,5(1-(D1/D2)^2)$

En la siguiente tabla se recoge el cálculo de pérdidas de carga para la situación más desfavorable:

- Sector más alejado
- Máximo caudal previsto

2.4.5. Altura manométrica y caudal de diseño

Los datos que han sido facilitados del pozo de bombeo existente son:

- Profundidad pozo: 18 m
- Nivel estático NF: 12 m
- Sección pozo: 400 mm
- Tipo pozo: metálico
- Aforo inagotable
- Bomba: 3 CV
- Caudal bomba: 2,4 l/s
- Presión: 32 m

La cota de área de implantación del pozo es +9,83 msnm

La altura manométrica que debe proporcionar como mínimo el grupo de bombeo debe ser la suma de los siguientes parámetros:

Hg: Altura geométrica total.

Nivel mínimo considerado en el pozo de bombeo: +9,83- 16=-6,17 msnm.

Cota mas elevada de la zona regable: +10,2 msnm

$H_g = +10,2 + 6,17 = 16,37$ m

Hf: Pérdida de carga en sistema de bombeo:

Incluyendo tubería de impulsión, equipo de filtrado y valvulería: Se ha estimado en 5 mca.

Hf red:

Se corresponde con la pérdida de carga en la situación más desfavorable desarrollada en apartado anterior, de 11,9 mca

Pemisor:

El fabricante aporta unos rangos de presión de trabajo. Se considerado 2,5 bar (25 mca).

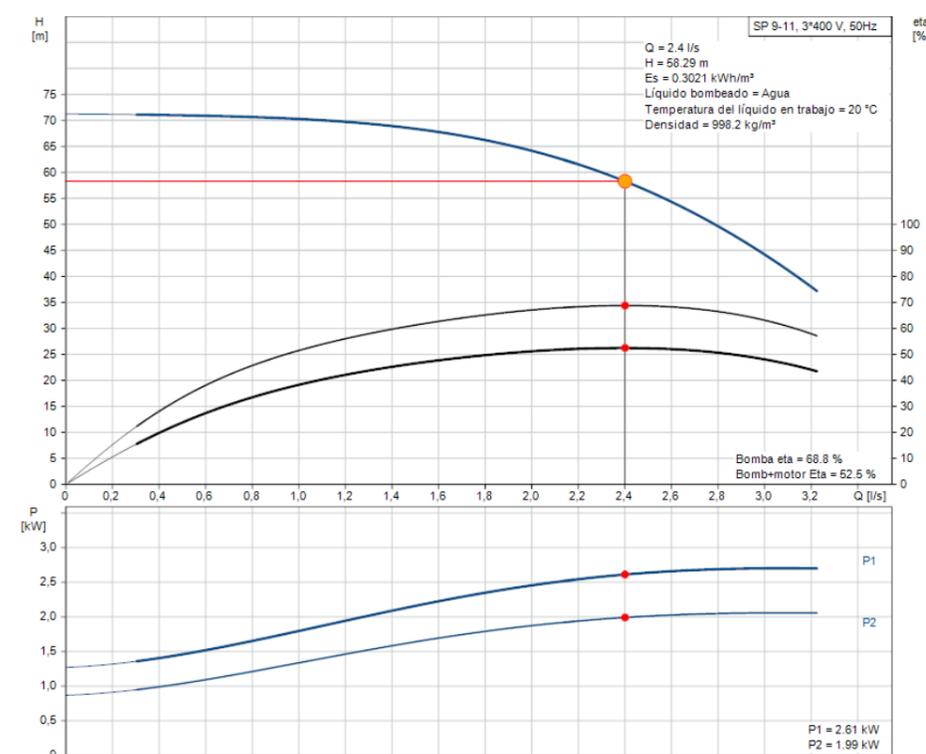
La altura manométrica resultante es:

$$H_m = 16,37 + 5 + 11,9 + 25 = 58,27 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta el caudal máximo recogido en el apartado de sectorización se selecciona un caudal de diseño de 2,4 l/s.

En la siguiente imagen se muestra un modelo de bomba que cumple los requerimientos indicados.

Como puede observarse la potencia y caudal son practicamente iguales a los datos de la bomba existente, si bien se desconoce la curva de esta.



2.5. Programación del riego

La forma de controlar la apertura y cierre de las electroválvulas será con el sistema de SOFTWARE TBOS MANAGER II o similar. Tiene la ventaja de ser un sistema bastante más económico que un sistema centralizado de comunicación en el que son necesarios estaciones receptoras y distribuidoras, cableado por toda zona de actuación, y todos los elementos y personal especializado que ello conlleva. El cableado irá en las arquetas donde se alojan las electroválvulas de los hidrantes.

El software TBOS™ Manager II o similar está estudiado para automatizar y centralizar el riego de emplazamientos sin suministro de corriente eléctrica. Se compone de los elementos siguientes:

- Software, que debe instalarse en un PC.
- Un dispositivo radiotransmisor, conectado a uno de los puertos serie del PC, cuya misión consiste en transmitir los programas del PC a una consola de programación universal, que permite programar por radio cajas de conexión equipadas con un módulo de radio.
- Una caja de conexión por cada tipo de riego o electroválvula.

Fuera de este pack, irán los elementos necesarios en el hidrante para completar el sistema como son:

- Electroválvula que permite el paso del agua al subsector que controle.
- Un solenoide por cada Electroválvula que, conectado mediante cable a la caja TBOS o similar, acciona la electroválvula para que abra o cierre según sea la orden comandada por la consola de programación.
- Todo el sistema de solenoide, caja TBOS o similar y consolas son alimentados por pilas de 9V.

Características del sistema:

- Base de datos de gestión de las cajas de conexión a pilas. Permite introducir toda la información de interés acerca de las zonas regadas por las cajas de conexión: ubicación de la arqueta asociada a la caja, tipo de sistema de riego (aspersores, difusores o goteros), tipo de vegetación, tipo de suelo, terreno soleado o en sombra, etc.
- La adaptación del riego a las condiciones del emplazamiento ayuda a ahorrar agua.
- Gestión centralizada del riego y dispositivo de transmisión. Desde el PC, se define un programa para cada caja de conexión. Los programas pueden almacenarse en el PC y cargarse en la consola de programación. A continuación, el usuario se dirige al emplazamiento, con su consola de programación, y transmite los programas por radio a las cajas de conexión. No es necesario abrir las arquetas, por lo que reduce el vandalismo. Se entiende que en 1-1.5 días un operario puede completar la programación del riego de todos los espacios libres de Pago de En medio.
- La consola posee la opción de ser autoprogramada o programada mediante el software instalado en el PC.
- Supervisión del caudal: El sistema monitoriza uno o varios caudalímetros conectados a uno o más módulos de control de caudal TBOS Manager II o similar instalados sobre una o más válvulas.

El módulo de control de caudal monitoriza las condiciones de caudal del lugar y reacciona automáticamente si se rebasan los umbrales definidos por el usuario (fugas en la red de tuberías, por ejemplo). Se generará una alarma y se enviará al ordenador a través de la consola y el interface

TBOS Manager II o similar. La alarma indicará las medidas a tomar para solucionar el problema (cierre de la válvula).

3. Alumbrado

Se considera la renovación del alumbrado público existente con el mismo número de luminarias. Será objeto del contratista de las obras la realización del proyecto de detalle quién a través de cálculos lumínicos confirme la cantidad exacta de luminarias a instalar.

Los criterios de diseño serán los indicados por la Gerencia de Urbanismos y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Sevilla.

Del mismo modo, el diseño y construcción cumplirá con todos los preceptos establecidos en el apartado 6.1 de la Instrucción ITC-BT-09 del REBT, así como lo establecido en la orden de 16 de mayo de 1989 (BOE núm. 168 - 15 julio 1989.).

Las instalaciones existentes no serán desmontadas hasta la finalización de las obras, esta decisión viene bajo el amparo de que en todo momento de existir iluminación en la zona. El desmontaje de la instalación, consistirá en la retirada de los brazos de luminarias actualmente ubicados en las zonas de afección. Será necesaria la retirada de los brazos a vertedero así como de las luminarias que se encuentren en estos. El cableado y los elementos de protección ubicados en los postes o las propias luminarias serán retirados y acopiado para entrega en vertedero.

Todo el suministro eléctrico a las nuevas luminarias se realizará instalando centros de mando nuevos, instalando un total de 3 nuevos, localizados en la C/Ramón y Cajal, San Francisco Javier y Luis de Morales respectivamente.

Los circuitos desde los nuevos centros de mandos hasta las nuevas luminarias discurrirán por nuevas canalizaciones diseñadas para tal fin.

3.1. Luminarias y Proyectores

Las características de las luminarias y proyectores serán las siguientes:

- Temperatura de color 3000 k
- Clase I
- Sistema de ahorro de energía basado en equipos de potencia variable telegestionados punto a punto desde el centro de mando.
- Sistema de ahorro de energía basado en equipos de potencia variable autónomos con sistema de telegestión centralizado en el centro de mando.

- Las luminarias se colocarán sin inclinación respecto a la horizontal, con objeto de evitar la contaminación luminosa.

3.2. Proyectores Pasos de Peatones

- En pasos de peatones no semaforizados deberán instalarse proyectores que sobreiluminen el paso de peatones, de forma que la iluminancia de referencia mínima que se obtenga en el plano vertical sea de 40 lux, en el plano horizontal se alcancen los niveles de la clase CE2, que el deslumbramiento en la dirección de circulación de los vehículos es G2 y G3 en la dirección del peatón
- El proyector se fijará en el soporte a una altura fijada de acuerdo a los cálculos luminotécnicos, con un mínimo de 5m. El proyector no debe estar más de 2,5 m del paso de peatones.
- Si el proyector se instala sobre un soporte de suelo que ya tiene una luminaria/proyector de vial, se fijará al mismo usando pletinas de acero S-275-JR galvanizado en caliente pintadas en el color Ral del soporte y unidas mediante tornillos de alta resistencia M10.
- Si el proyector se instala sobre un soporte de suelo que no tiene ninguna luminaria/proyector se fijará mediante una cruceta realizada por perfil de acero S-275-JR en forma de U. La cruceta dispondrá de un casquillo soldado en el punto medio de la U y se fijará mediante tornillos prisioneros al extremo superior del soporte. La cruceta se galvanizará en caliente y se pintará en el mismo color Ral del soporte.
- La manguera de alimentación al proyector RV-K Cu 3x2,5 mm² saldrá del soporte a través de un prensaestopas roscado al soporte o cruceta y se protegerá mediante tubo de PVC reforzado.

3.3. Clase de Alumbrado

- Factor de Mantenimiento 0,75
- Factor de mantenimiento 0,75.
- En aceras y calzadas S1, CE2.
- Parques S1-S2.
- En paso de peatones CE2 e iluminancia vertical 40 lux.
- Rotondas referencia siguientes: Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux, Uniformidad media $U_m \geq 0,5$, Deslumbramiento máximo $GR \leq 45$.
- FHS instalado luminarias inferior al 1%

3.4. Soportes

- Serán modelos AM-10 galvanizados en caliente, con diámetro en punta mínimo de 76mm, acabados en casquillo cilíndrico de 60mm, con portezuela basculante tipo Ayuntamiento de Sevilla, con pintura anticarteles rugosa hasta 3m y el resto de acabado.
- Los soportes con luminarias viales se colocarán de forma que sus portezuelas sean visibles de frente en el sentido de la circulación de los vehículos. En el caso de baculos, es necesario que se fabriquen con las portezuelas en el lado correcto, de acuerdo al condicionante indicado.
- Los soportes en recintos peatonales, cuando existan caminos definidos, se colocarán de forma que sus portezuelas sean visibles de frente tomando uno de los sentidos de circulación del vial peatonal. En caso de que no existan caminos peatonales definidos, se orientarán las portezuelas hacia el centro de la zona peatonal.
- Los soportes se situarán de forma que entre el centro de su placa de anclaje y la cara exterior del bordillo que delimite la calzada existan al menos 85 cm. Con ello se evita que los soportes sean golpeados por los vehículos en las zonas de aparcamiento.
- La distancia entre los soportes y los alcorques será de al menos 7m, para evitar el apantallamiento del flujo luminoso de las luminarias.
- Los soportes se anclarán sobre los basamentos mediante pernos de acero S-275-JR / S-355-JR galvanizados en caliente y atados entre sí mediante dos cercos diam. 10mm.
- El borde inferior de la portezuela quedará al menos a 30 cm de la rasante.
- Los aspersores de riego deben instalarse de forma que no proyecten agua sobre los soportes.
- Cuando existan líneas aéreas de alta tensión con conductores desnudos los soportes nunca se colocarán bajo las mismas. La parte más cercana de la luminaria o soporte a la línea debe estar un mínimo de 5,50 m en el plano horizontal con respecto a al conductor desnudo más cercano de la línea aérea y en las condiciones más desfavorables, siendo incrementada dicha distancia de acuerdo a lo prescrito por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
- Los soportes siempre se situarán en zonas pavimentadas nunca en zonas ajardinadas. En el caso de parques, se podrán instalar en caminos con firme de albero compactado.

3.5. Basamentos

- Los basamentos de los soportes se ejecutarán con hormigón de central HM-25/P/20/I o HA-25/P/20/IIa.
- Los pernos de los basamentos se ejecutarán con acero S-275/355-JR galvanizados en caliente.

- Los basamentos y pernos se calcularan de forma que el coeficiente de seguridad frente a las sollicitaciones mecanicas no sea inferior a 2,5. Sus dimensiones minimas se establecen en el Pliego de Condiciones Tecnicas de Obras de Alumbrado Publico.
- Los basamentos se ejecutaran siempre en zonas pavimentadas nunca en zonas ajardinadas o calzadas.
- Las placas de anclajes se encontraran bajo el pavimento, protegiendose con poliuretano. En este caso, la cara superior del basamento se encontrara bajo la rasante a 14 cm. El extremo superior de los pernos quedara a 4 cm bajo la rasante.
- En los basamentos solo entra y sale un tubo PE DN90 mm y el tubo para la puesta a tierra PE DN40. En caso de derivaciones se instalara una arqueta ciega para que en el basamento no existan mas de dos tubos de PE DN90 mm.
- La distancia minima entre el centro de un basamento y el centro del alcorque mas proximo sera 7m.
- Los basamentos y alcorques deben estar alineados con los puntos de luz.
- Excepcionalmente cuando se ejecuten basamentos en terrizos no ajardinados, el basamento sobresaldrá 10 cm sobre la rasante, de forma que en su tramo al aire sea un prisma con la seccion correspondiente a un cuadrado 50x50cm y altura 10cm. La placa de anclaje quedara sobre dicho prisma y se protegera con una peana de mortero hidrofugo troncoconica.

3.6. Centro de Mando

- La placa del centro de mando se ajustara a la relacion de materiales normalizados.
- La caja general de proteccion y el equipo de medida se instalaran preferentemente en el lado izquierdo del centro de mando.
- En el caso de envolvente prefabricada de hormigon sera de tipo Orma 17 con dos puertas. El basamento tendra unas dimensiones de 1900x600x800mm (largoxanchoxprofundidad) en hormigon HM-25/P/20/I, con 8 barras corrugadas diam. 22x700mm acabadas en gancho.
- El borde inferior de la puerta quedara al menos a 30 cm de la rasante.
- Al basamento del centro de mando entraran tanto tubos de PE doble capa DN90 como circuitos de alumbrado existan y dos tubos de PE doble capa DN160mm para la acometida electrica.
- Los tubos de la acometida y los de los circuitos de alumbrado no podran compartir arquetas.
- La acometida se ejecutara con cables unipolares de aluminio XZ1 Al 4x1x50mm² en el caso de que sea subterranea o con cable trenzado RZ Al 4x50 mm² en el caso aerea.
- Los tubos que se encuentren en el interior de la envolvente deberan ser sellados con espuma de poliuretano.

- Todas las partes metalicas del cuadro deberan conectarse al borne de puesta a tierra del cuadro.
- La altura, respecto a la rasante, de colocacion de las bornas de salida de los circuitos sera al menos 40cm.
- Junto al centro de mando se ejecutara una arqueta de registro de dimensiones interiores 650x650x900mm con tapa normalizada de fundicion.
- La intensidad nominal de los interruptores de proteccion de los circuitos de alumbrado se calcularan en funcion de la intensidad de circulacion, la intensidad admisible de los conductores, la caída de tension y del valor de corriente de cortocircuito minima al final de la linea.

3.7. Circuitos Eléctricos

- Los circuitos electricos subterraneos siempre discurriran bajo tubo en acerados o zonas pavimentadas. Solo discurriran en calzada cuando se realice un cruce de calle.
- Los circuitos electricos subterraneos de alimentacion a los puntos de luz estaran formados por conductores unipolares tipo RV-K Cu con seccion minima 4x1x6mm² y maxima 4x1x16 mm², con una linea equipotencial TT por cada circuito con conductor tipo H07V-K Cu 1x16 mm² v/a (cubierta verde amarilla). Cada circuito ira bajo un tubo independiente de PE doble capa DN90 mm. Se empleara un tubo por circuito. El primer tramo del circuito, desde el centro de mando hasta el primer punto de luz, estara compuesto por conductores activos RV-K Cu 4x1x10mm².
- Los circuitos electricos al aire grapados sobre fachada de alimentacion a los puntos de luz estaran formados por conductores trenzados RZ Cu con seccion minima 5x6mm². La maxima seccion a emplear en los conductores sera 16 mm². Uno de los conductores del trenzado de 6mm² se usa como linea equipotencial de tierra de los puntos murales. El trenzado se fijara a la fachada a una altura minima sobre el suelo de 3m, usando grapas metalicas plastificadas cada 33cm. El circuito trenzado discurrira no accesible desde balcones o ventanas, de acuerdo a la ITC-BT 06 del REBT, protegiendose aquellos tramos accesibles con tubo flexible de pvc reforzado.
- Para identificar las fases y neutros de los circuitos electricos, se emplearan manguitos plasticos con los colores normalizados tanto en el centro de mando como en las cajas de proteccion. Para las fases se emplearan los colores negro, marron y gris. Para los conductores neutros se empleara el color azul.
- Las mangueras de alimentacion a las luminarias o proyectores (desde la caja de proteccion a la luminaria) bajo tubo seran del tipo RV-K Cu 3x2,5mm² con el conductor de proteccion TT con cubierta verde amarilla.
- Las mangueras de alimentacion a las luminarias o proyectores (desde la caja de proteccion a la luminaria) al aire grapadas sobre fachada seran del tipo RZ Cu 3x2,5mm².

- Las mangueras de alimentación a las luminarias o proyectores (desde la caja de protección a la luminaria) al aire con mangueras RV Cu 3x2,5mm² deberán protegerse de la intemperie mediante tubo de PVC reforzado flexible.
- Los conductores de los circuitos RV-K se conectarán en las bornas de las cajas de protección mediante terminales tipo preaislados huecos.
- Los circuitos subterráneos en su transición subterránea-aérea, al instalarse sobre fachada, se deberán proteger mediante un tubo vertical de acero galvanizado M50 de altura 3m fijado a la fachada mediante grapas tipo omega cada 33cm. En la base del tubo se ejecutará una arqueta ciega, y su extremo se sellará mediante un capuchón termorretractil. En la parte inferior del tubo se colocará un tubo flexible de PVC para proteger los conductores del borde metálico. El tubo se conectará a tierra en su extremo superior mediante un conductor H07V-K v/a Cu 1x6mm² con terminal y tornillo. Dicho conductor, que se grapará en la pared, se unirá con el borne de puesta a tierra de la caja de protección o de seccionamiento de tierra más próxima.
- Para proyectar la intensidad nominal de los interruptores magnetotérmicos de protección de cada circuito, deben calcularse las intensidades de cortocircuito mínima en cada circuito y elegirse interruptores con intensidades nominales de forma que queden protegidos los circuitos. La intensidad de cortocircuito mínima debe calcularse con una impedancia a 70°C. Para los interruptores con curvas de corte de la intensidad de cortocircuito a partir de 7 veces la intensidad nominal del interruptor, la intensidad de cortocircuito mínima debe ser superior a 7 veces la intensidad nominal del interruptor. A modo de orientación se indica que:
 - En el caso de circuitos protegidos por interruptores nominales 4x10A y hasta 250 m de longitud total, en el primer tramo del circuito comprendido entre el centro de mando y el primer punto de luz, la sección de los conductores activos debe ser 4x1x10 mm² y en el resto de tramos 4x1x6 mm². En circuitos con longitud total comprendida entre 250 m y 400 m, los primeros tramos hasta 200m deben tener sección 4x1x10 mm² y el resto 4x1x6mm². En circuitos con longitud total superior a 400 m hasta 700 m, todo el circuito tendrá sus tramos con sección 4x1x10 mm².
 - En el caso de circuitos protegidos por interruptores nominales 4x16A y hasta 250 m de longitud total, el primer tramo del circuito comprendido entre el centro de mando y el primer punto de luz, la sección de los conductores activos debe ser 4x1x10 mm² y el resto de tramos 4x1x6 mm². En circuitos con longitud total comprendida entre 250 m y 400 m, los primeros tramos hasta 250 m deben tener sección 4x1x10 mm² y el resto 4x1x6mm². En circuitos con longitud total entre 400 m y 700 m todo el circuito tendrá una sección de 4x1x16 mm².

3.8. **Cajas de Protección**

- Los soportes de suelo (columnas y baculos) de altura superior a 8m (incluidos) con una sola luminaria/proyector dispondrán de una caja de protección tipo claved 1465 IP13 con 5 bornas y 2

bases portafusibles fijada en dos puntos en las dos pletinas del soporte. En caso de dos luminarias/proyectores se instalará una caja de protección doble tipo claved 1465 IP 13 con 6 bornas y 4 bases portafusibles. La cabeza de los tornillos de fijación quedarán embebidas en los taladros pretroquelados de las cajas.

- Los soportes de suelo de altura hasta 7 m (incluido) con una sola luminaria/proyector dispondrán de una caja de protección tipo claved 1468 IP13 con 5 bornas y 2 bases portafusibles fijada en dos puntos en la pletina del soporte. La cabeza de los tornillos de fijación quedarán embebidas en los taladros pretroquelados.
- Los soportes de suelo de altura hasta 7 m (incluido) con dos luminarias/proyectores dispondrán de dos portezuelas y dos cajas de protección tipo claved 1468/E IP13 con 5 bornas y 2 bases portafusibles fijada en dos puntos en la pletina del soporte. La cabeza de los tornillos de fijación quedarán embebidas en los taladros pretroquelados. Cada luminaria/proyector se alimentará con una fase distinta a la otra.
- En los soportes sobre suelo, se usará uno de los bornes de la caja de protección como borne de tierra para la luminaria/proyector. En dicho borne de la caja se conectará el conductor de tierra con cubierta v/a (verde amarilla) de la manguera de alimentación RV-K Cu 3x2,5mm² de la luminaria/proyector. Dicho borne de la caja de protección se conectará mediante conductor H07V-K Cu 1x16mm² v/a al borne de puesta a tierra del soporte.
- No se deben proyectar papeleras fijadas a los soportes de alumbrado.
- Entre los soportes de alumbrado y otros elementos con equipamiento eléctrico como semáforos, ciclistas, centros de mandos de otros servicios o cualquier otro, debe haber una distancia de al menos 2m entre sus partes metálicas accesibles.
- En soportes murales la luminaria o proyector se protegerá usando una caja de protección tipo claved 1465 IP44 con 5 bornas y 2 bases portafusibles.
- En los soportes murales, se usará uno de los bornes de la caja de protección como borne de tierra para la luminaria/proyector. En dicho borne de la caja se conectará el conductor de tierra la manguera de alimentación RV-K Cu 3x2,5mm² de la luminaria/proyector en caso de estar protegida bajo tubo o bien uno de los conductores del trenzado Cu RZ 3x2,5mm² o 3x4 mm². En dicho borne de la caja de protección también se conectará la línea equipotencial aérea formada por uno de los conductores del trenzado RZ 4x6/10/16 mm² y el conductor de puesta a tierra del soporte mural RZ Cu 1x6mm². Se identificará mediante un manguito verde-amarillo el conductor de tierra al entrar en la caja de protección.
- En suministros trifásicos a 380 V con conductor neutro, en la caja de protección en la base portafusible de la fase se instalará un fusible de 6A y en la otra base del neutro un cilindro de continuidad. En suministros trifásicos 220V sin neutro en las dos bases (para las dos fases) se instalarán dos fusibles de 6A.
- Todos los conductores deben entrar en la caja de protección con sus cubiertas y aislamientos sin interrumpir e integros por la parte inferior. Los conductores flexibles de los circuitos presentarán

terminales preaislados huecos en sus conexiones con las bornas de la caja. Las fases de cada conductor se señalaran mediante manguitos plásticos, debiendo ser de color azul para el neutro.

3.9. Puesta a tierra

- El centro de mando dispondrá de un electrodo de tierra. El electrodo será una pica de acero cobreado 300 micras diámetro 14mm longitud 2m con su extremo superior enterrado al menos a 50 cm de la rasante o una placa de cobre 500x500x2mm enterrada verticalmente bajo el suelo de una arqueta ciega, con línea de enlace con cable aislado H07V-K Cu 1x35 mm² v/a (cubierta verde amarillo) electrosoldada a la pica o a la placa. La línea de enlace se unirá mediante terminal de hojal al borne de puesta a tierra del centro.
- En el borne de puesta a tierra del soporte sobre suelo se unirán mediante terminales cerrados independientes el cable de enlace a tierra de la pica de tierra, las líneas equipotenciales TT H07V-K Cu 1x16mm² v/a y el conductor H07V-K Cu 1x6mm² v/a que se une en el borne de tierra de la caja de protección con el conductor de protección de la manguera de alimentación a la luminaria o proyector. Para la unión entre los terminales y el borne de tierra del soporte se usará un tornillo de latón M6 con arandelas planas, grower y tuercas de latón.
- Todos los soportes sobre suelo (baculos y columnas) dispondrán de un pica de acero cobreado 300 micras diámetro 14mm longitud 2m con su extremo superior enterrado al menos a 50 cm de la rasante, con línea de enlace con cable aislado H07V-K Cu 1x35 mm² v/a (verde amarillo). La línea se unirá a la pica mediante soldadura aluminotérmica y al borne de puesta a tierra del soporte mediante terminal cerrado y tornillo de latón M6 con arandelas planas, grower y tuercas de latón.
- Todos los soportes sobre suelo (baculos y columnas) asociados a un circuito dispondrán de una línea equipotencial realizada con cable aislado H07V-K Cu 1x16mm² v/a (verde amarillo). Cada tramo de línea equipotencial se unirá al borne de puesta a tierra del soporte mediante terminales cerrados de forma independiente, usando el tornillo de latón M6. Los soportes se unirán entre sí mediante una línea equipotencial H07V-K Cu 1x16mm² v/a.
- Cada cinco puntos de luz murales, y siempre en el primero y último del circuito, se instalará una placa de cobre 500x500x2mm en posición vertical bajo el suelo en arqueta ciega con cable de enlace a tierra electrosoldado H07V-K Cu 1x35mm² v/a. El cable de enlace subirá a través de la fachada a través de un tubo de acero galvanizado en caliente M25, fijado mediante grapas omegas cada 33cm, con su extremo superior sellado mediante capuchón termorretractil. En la parte inferior del tubo se colocará un tubo flexible de PVC para proteger los conductores del borde metálico. El extremo del conductor de enlace se conectará a una caja de seccionamiento de tierra, y esta se conectará mediante cable RZ Cu 1x10mm² al borne de puesta a tierra de la caja de protección asociada al punto mural. A este borne de puesta a tierra se conectará la línea equipotencial aérea (uno de los conductores del trenzado RZ Cu 5x6/10/16 mm²), el conductor de protección de la luminaria (uno de los conductores del trenzado RZ Cu 3x2.5/4 mm² que

alimentan cada luminaria) y un conductor de protección del brazo mural RZ Cu 1x6mm² que se conectará mediante terminal cerrado a una de las varillas de fijación del soporte mural.

- Antes de finalizar el pavimento sobre los electrodos, es conveniente comprobar que la resistencia a tierra del electrodo (pica o placa) realizada con el terreno seco, es igual o inferior a 20 ohmios. Se podrán usar sales conductoras para disminuir resistividad del terreno.

3.10. Canalizaciones

- Las canalizaciones no podrán discurrir por los alcorques, parterres o zonas ajardinadas. Tampoco las arquetas o basamentos podrán situarse en alcorques o parterres, ni contener instalaciones de otros servicios.
- Las canalizaciones siempre estarán formadas por tantos tubos como circuitos haya. En el caso de los cruces de calle siempre se instalará al menos un tubo de reserva, además de los necesarios por el número de circuitos.
- Las canalizaciones por las que discurrirán los circuitos eléctricos de alumbrado estarán formadas en el acerado por zanjas de dimensiones 40x60 cm (ancho x profundidad) o 40x80 cm (en zonas previstas para vados), con uno o dos tubos de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) DN90 mm 450 N. En el caso de que sean necesarios cuatro o seis tubos se emplearán zanjas de dimensiones 40x80 cm o 50x80 cm respectivamente, de acuerdo a los detalles normalizados. Los tubos siempre irán protegidos mediante un dado de hormigón HM-20, de forma que bajo y sobre los tubos existan al menos una capa de 10 cm de HM-20. A 25 cm sobre la generatriz superior del tubo menos profundo se colocará una cinta de polietileno de señalización que indique "cables riesgo eléctrico". Siempre la generatriz superior del tubo a menos profundidad se encontrará al menos a 40 cm de la rasante. El resto de relleno de la zanja se realizará con suelo seleccionado (albero) compactado al 98% P.M. en tongadas de hasta 25 cm de espesor hasta la solera.
- En el caso de los cruces de calle se ejecutará una canalización en la calzada formada por una zanja de dimensiones 50x100 cm (ancho x profundidad) con tres tubos de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) DN90 mm 450 N. En el caso de que el cruce necesite cuatro tubos la zanja tendrá dimensiones 60x100cm. Los tubos irán protegidos mediante un dado de hormigón HM-20 de dimensiones 50x30 cm o 60x30 cm (ancho x profundidad), según el ancho de la zanja, situándose los tubos en el centro del dado. A 25 cm sobre la generatriz superior de los tubos se colocará una cinta de polietileno de señalización que indique "cables riesgo eléctrico". El resto de relleno de la zanja hasta el paquete de firme se realizará con suelo seleccionado (albero) compactado al 100% P.M. en tongadas de hasta 25 cm de espesor.
- En el caso de la canalización subterránea por la que discurra la acometida al cuadro eléctrico en el acerado, estará formada por una zanja de dimensiones 40x80 cm, con dos tubos de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) DN160 mm 450 N con su generatriz superior a 60 cm de la rasante. Los tubos irán protegidos mediante un dado de hormigón HM-20 de

dimensiones 40x30 cm (ancho x profundidad), situandose los tubos a 5 cm sobre el fondo de la zanja. A 25 cm sobre la generatriz superior de los tubos se colocara una cinta de polietileno de senalización que indique "cables riesgo electrico". El resto de relleno de la zanja se realizara con suelo seleccionado (albero) compactado al 98%P.M. en tongadas de hasta 25 cm de espesor hasta la solera.

3.11. Arquetas

- Se emplearan arquetas normalizadas solo en los cruces de calzada o junto al centro de mando.
- Las arquetas deben ejecutarse con fabricas de ladrillos, enfoscadas interiormente, con tapas y arcas normalizados de fundicion con el logo NO&DO Alumbrado Publico C250, de dimensiones interiores 65x65x100cm (las de cruce o junto al centro de mando) o 45x45x80 cm.
- En el caso de derivaciones se emplearan arquetas ciegas con tapa de fundicion C250.
- Las arquetas siempre se situaran en acerado, nunca en calzada.

3.12. Legalización

- Se debera legalizar la instalacion ejecutada en el organo competente autonomico en materia de industria mediante proyecto, incluyendo certificados de direccion de obra, certificado de inspeccion electrica y energetica por organismo de control autorizado.
- El proyecto debe incluir, entre otros, los calculos luminotecnicos, electricos, de eficiencia energetica y presupuesto.
- Para calcular las caidas de tension y cortocircuitos minimos la resistividad del cobre se calculara a 70 oC.
- Debe justificarse la proteccion de los circuitos frente a los cortocircuitos maximos y minimos.
- Se debe incluir en la legalizacion la potencia de la toma de corriente de 16A (16x230=3680W).
- Se utiliza en las operaciones de conservacion de forma simultanea con el alumbrado en servicio.

3.13. INSPECCIÓN

- Antes de recibir las instalaciones, y una vez legalizadas y con tension, el Servicio de Alumbrado Publico realizara las siguientes comprobaciones:
- Se comprobara el tiempo de disparo de los interruptores diferenciales.
- Se comprobara la resistencia de fuga de los conductores.

- La resistencia de aislamiento de todos los conductores activos, medida con las luminarias instaladas y las cajas de proteccion con fusibles y cilindros, es igual o superior a 50 megaohmios.
- El valor de resistencia a tierra de cada linea equipotencial sera inferior o igual a 10 ohmios, realizada la medicion con el terreno seco.
- El valor de resistencia a tierra de cada electrodo de cada soporte sera inferior o igual a 20 ohmios, realizada la medicion con el terreno seco.

3.14. AFECCIONES

- Si durante las obras se preven afecciones a las instalaciones de alumbrado publico existentes, la Gerencia de Urbanismo, con cargo a la obra, y a traves del contrato de conservacion de Alumbrado Publico ejecutara los trabajos necesarios (desmontajes, ejecucion de redes aereas provisionales, restitucion de puntos de luz y circuitos afectados...) para que se siga prestando el servicio durante la obra en las zonas que sigan abiertas al publico.