



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL SANEAMIENTO Y DRENAJE DE LA PEDANIA DE PINEDO (VALENCIA)

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.

MEMORIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

Titulación: Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Autor del T.F.G.: Dña. María Martín Pérez

Tutor: D. Ignacio Andrés Doménech

JUNIO 2015

0. Índice

0. Índice.....	1
1. Objeto.....	2
2. Antecedentes.....	3
3. Datos de partida.....	4
3.1. El sistema de información S.I.R.A.....	4
3.2. P.G.O.U. de Valencia.....	4
4. Hipótesis de trabajo: Bases de Cálculo.....	5
4.1. Hidrología	5
4.1.1. Hietograma de diseño.....	5
4.1.2. Modelo de Infiltración empleado: el SCS.....	6
4.1.3. Descripción del Modelo de propagación de escorrentía.....	7
4.2. El modelo matemático SWMM.....	7
5. Diagnóstico del estado actual.....	8
5.1. Niveles de carga	8
5.2. Limitación de velocidades.....	10
5.3. Resultados obtenidos tras el diagnóstico	11
6. Criterios normativos de dimensionamiento.....	13
7. Solución propuesta para la red de saneamiento.....	14
8. Valoración económica.....	
9. Conclusión.....	

1. Objeto

El presente estudio comprenderá el diagnóstico de la actual red de saneamiento de la pedanía de Pinedo (zona sur del área metropolitana de Valencia), junto con la posterior propuesta de soluciones, proponiendo nuevos trazados, ampliaciones de capacidad y modificaciones de pendientes. Todo ello con el objetivo de solucionar los diversos problemas de evacuación de aguas que presenta la red actualmente.



Figura 1. Situación de la pedanía de Pinedo.



Figura 2: Emplazamiento de Pinedo

2. Antecedentes

Debe mencionarse que ya se realizó un informe llamado “*ESTUDIO DE LA RED DE COLECTORES DE LAS PEDANIAS DEL NORTE Y PINEDO*”, realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la UPV en la fecha de enero de 2006. En dicho informe ya se diagnosticó la red de estudio como deficiente e insuficiente para un periodo de retorno de 10 años.

En el presente TFG, se actualiza dicho diagnóstico al planeamiento urbanístico actual y se diagnostica y resuelve la red de colectores para el nivel de servicio marcado por la normativa municipal, esto es, 25 años de período de retorno.

3. Datos de partida

La recopilación de la información se realiza desde diversas fuentes, la Base de Datos S.I.R.A., y del Plan General de Ordenación Urbana de Valencia (PGOU). Esta información se explica con mayor detalle en el Anejo Nº 1 “*Datos de Partida* de este estudio”.

3.1. El sistema de información S.I.R.A

SIRA es la base de datos, en la cual reside toda la información del Sistema de Drenaje Urbano de la ciudad de Valencia de una forma estructurada y coherente para que pueda ser realizada cualquier consulta de manera sencilla, rápida y eficiente. Dicha información está estructurada en tablas, las cuales están relacionadas por medio de la arquitectura que proporciona el SIG: bien con la información gráfica referenciada geográficamente, o bien con otras tablas que a su vez están relacionadas con los elementos gráficos.

3.2. P.G.O.U. de Valencia

Con objeto de caracterizar desde el punto de vista hidrológico cada subcuenca, se recurre al Plan General de Ordenación Urbana de Valencia (PGOU), en el que constan los usos actuales y futuros del suelo. Se ha realizado una conversión de los usos de la planificación a tipos de suelo según su capacidad de infiltración, que ha sido facilitada por el Ciclo Integral del Agua. Las categorías a las que quedan reducidas el plan general, con sus correspondientes coeficientes de escorrentía, son las cuatro que se indican en la siguiente tabla:

Tipo de superficie	C
Viales	0.95
Edificación alta densidad	0.85
Edificación baja densidad	0.50
Zonas verdes	0.20

Tabla 1. Coeficientes de Escorrentía según superficie.

Fuente: Normativa para Obras de Saneamiento en la ciudad de Valencia año 2004.

4. Hipótesis de trabajo: Bases de Cálculo

En este punto se pretenden establecer las bases de cálculo que sirvan para elaborar tanto el diagnóstico de la situación actual de la red de colectores como el dimensionamiento de los depósitos de retención, todo ello se puede ver en detalle en el anejo nº2 "Bases de cálculo".

4.1. Hidrología

4.1.1. Hietograma de diseño

En la ciudad de Valencia es de obligada aplicación la "Normativa para obras de saneamiento de la ciudad de Valencia. Año 2004", en la que se fija como nivel de protección adoptado para las aguas pluviales el correspondiente a un periodo de retorno de 25 años. La propia normativa fija la curva ID a utilizar para un periodo de retorno de 25 años con la que poder construir la tormenta de diseño:

$$I = 157.2 - 2.645*d + 0.02662*d^2 - 0.0001122*d^3$$

Donde:

d = Duración de la lluvia en minutos.

I = Intensidad de la lluvia en mm/h.

En el presente estudio se ha utilizado un hietograma por bloques alternos de 10 minutos basado en la curva ID de la "Normativa para obras de saneamiento de la ciudad de Valencia. Año 2004".

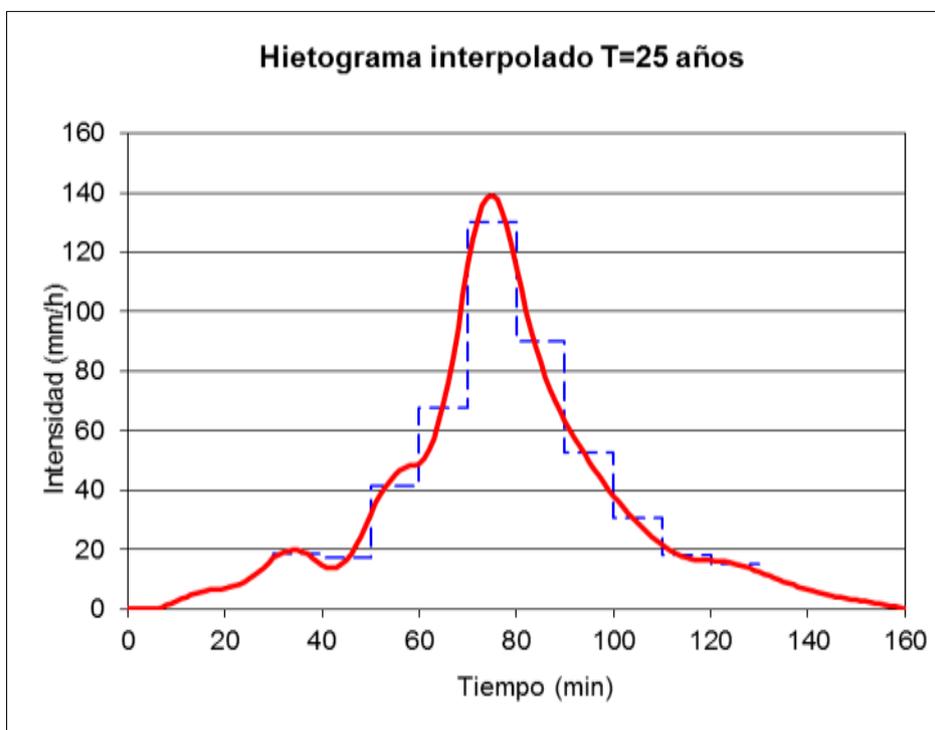


Figura 3. Hietograma interpolado Tr 25 años.

El listado de datos de este hietograma puede consultarse en el apéndice 6.4 del anejo nº2 “Bases de cálculo”.

4.1.2. Modelo de Infiltración empleado: el SCS

El método escogido para la estimación de las abstracciones (retenciones en superficie e infiltración) ha sido el del SCS. Y el parámetro que permite caracterizar este fenómeno en la formulación original del SCS es el número de curva (CN), que es un valor entero entre 0 (no hay escorrentía) y 100 (toda la lluvia genera escorrentía), a su vez relacionado con el parámetro S o máxima retención.

La aplicación del modelo del SCS a los distintos usos del suelo existentes en la pedanía de Pinedo permite obtener los valores siguientes del número de curva y por tanto de la máxima retención S:

Tipo de superficie	CN	S(m)
Viales y grandes áreas pavimentadas	98	0.005
Edificación alta densidad	92	0.022
Edificación baja densidad	74	0.089
Zonas verdes	42	0.351

Tabla 2. Valores de CN y S en función del tipo de superficie.

Fuente: SCS Urban Hydrology for Small Watersheds.

4.1.3. Descripción del Modelo de propagación de escorrentía:

Partiendo del hietograma neto (obtenido de restar las sustracciones al hietograma bruto) SWMM simula el flujo en superficie, desde que el agua cae o precipita en la superficie hasta que penetra en la red de saneamiento.

Este modelo considera que la escorrentía se genera desde un único depósito, de forma no lineal con el tiempo y emplea la ecuación de la onda cinemática para conducir el flujo de cada subcuenca hasta el pozo correspondiente. En él, el coeficiente de escorrentía depende de la rugosidad de la superficie, del área, de la pendiente y del ancho de la cuenca.

Se ha definido una rugosidad para cada uno de los usos del suelo descritos anteriormente, que no es sino el número de Manning estimado para los mismos:

Tipo de superficie	n
Viales	0.01
Edificación alta densidad	0.02

Edificación baja densidad	0.02
Zonas verdes	0.2

Tabla 3. Nº de Manning según tipo de superficie.

4.2 El modelo matemático SWMM

El dimensionamiento y comprobación de la red de colectores se efectúa con el programa SWMM. Se trata de un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

Una vez creado el modelo, SWMM simula el comportamiento de la red ante diferentes episodios de lluvias. De modo que se puede prever el comportamiento del modelo tras una serie de actuaciones sobre la red.

Dispone de utilidades gráficas que permiten visualizar los perfiles longitudinales de toda la red. Del mismo modo, podemos visualizar los resultados de las simulaciones de los episodios de lluvia introducidos en el modelo, para así realizar un análisis exhaustivo de su comportamiento. Algunas de las ventajas son:

- Una vez que se ha creado el modelo, el programa permite simular el comportamiento de la red ante diferentes episodios de lluvias. De este modo podemos prever el comportamiento de nuestro modelo tras una serie de actuaciones sobre la red.
- Dispone de utilidades gráficas que permiten visualizar los perfiles longitudinales de toda la red. Del mismo modo, podemos visualizar los resultados de las simulaciones de los episodios de lluvia introducidos en el modelo, para así realizar un análisis exhaustivo de su comportamiento.

5. Diagnóstico del estado actual

Para realizar un diagnóstico de la red actual se prestó especial atención a los niveles de carga de los conductos, y a las velocidades del caudal circulante. Observando estos parámetros y los resultados obtenidos mediante la interpretación de los perfiles longitudinales de la red y el informe de estado de SWMM, se pudo diagnosticar el estado actual de la red de saneamiento.

5.1. Niveles de carga

Para analizar los niveles de sobrecarga máximos alcanzados en los diferentes colectores de la red se evalúa para cada uno de ellos su Nivel de Sobrecarga (NS), definido como sigue:

$$NS = (ZP - ZR) / D$$

Donde ZP es la cota del máximo nivel piezométrico en el tramo (o nivel de la lámina si el funcionamiento es en lámina libre), ZR la cota de la rasante del conducto y D su diámetro, o en su defecto, la altura del mismo.

En definitiva, este índice evalúa en qué nivel (relativo al diámetro) por encima de la clave del colector se encuentra el nivel piezométrico. Para el análisis, se han considerado los siguientes intervalos:

0 < NS < 0.8 Funcionamiento correcto

0.8 < NS < 1.0 Funcionamiento óptimo

1.0 = NS Funcionamiento deficiente (pero admisible en redes existentes)

En la figura 2 pueden observarse los niveles de sobrecarga obtenidos en la red actual.

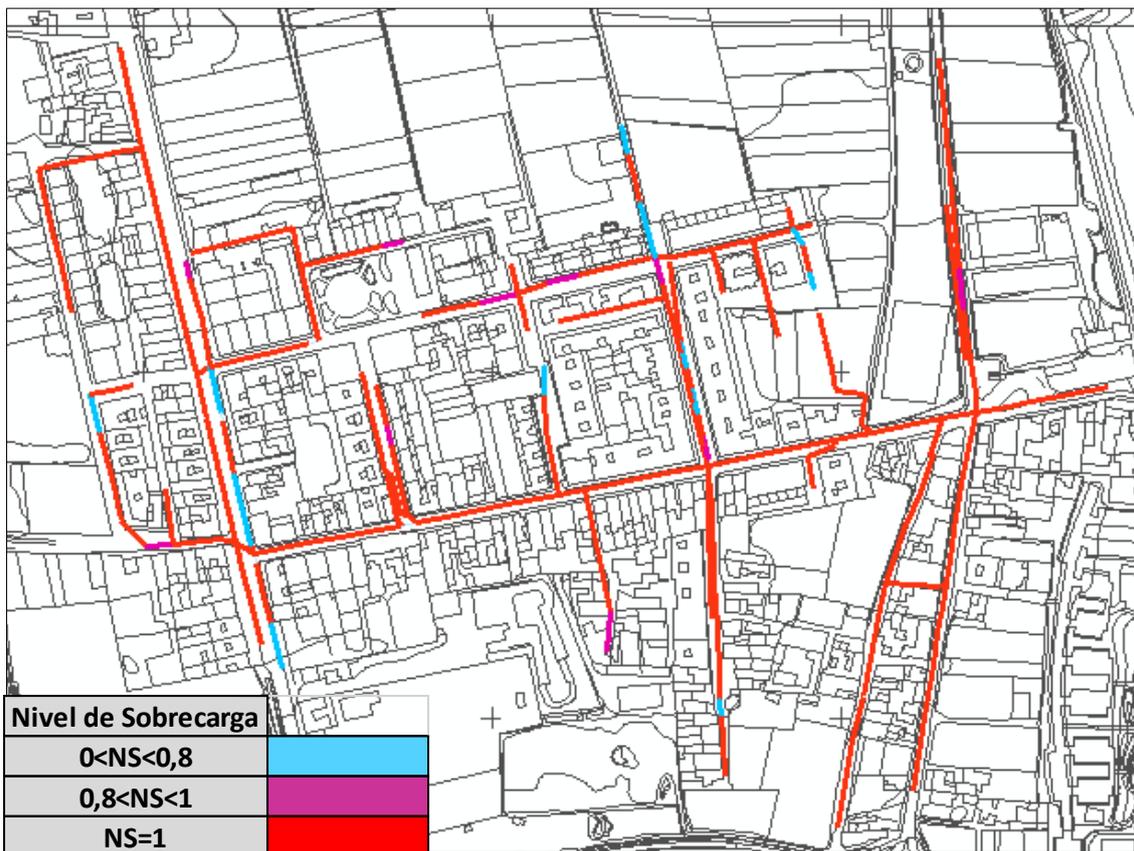


Figura 4. Niveles de sobrecarga en la Red Actual.

5.2. Limitación de velocidades

La velocidad está limitada con una velocidad máxima, la cual pretende evitar los daños por fricción en las conducciones. Por otra parte, para evitar la sedimentación de los sólidos arrastrados en suspensión tanto por las aguas pluviales como residuales y las obstrucciones, se limita la velocidad mínima. De este modo se garantiza un cierto nivel de autolimpieza del colector con la tormenta máxima que puede producirse todos los años.

Según la Normativa para Obras de Saneamiento de la Ciudad de Valencia del año 2004, las limitaciones de velocidad máxima y mínima se comprobarán para el caudal de diseño Q₂₅, esto es para el caudal que genera el episodio de lluvia sintética de 25 años de periodo de retorno.

La velocidad máxima obtenida en la simulación, para cada tramo, deberá estar comprendida entre las siguientes velocidades:

Caudal	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)
Q ₂₅	4	1,2

Tabla1. Velocidad máxima y mínima para un caudal de diseño Q₂₅.

Fuente: Normativa para Obras de Saneamiento en la ciudad de Valencia año 2004.

En la figura 5 pueden observarse las velocidades a las que circula el agua en la red actual:



Figura 5. Velocidades Máximas en la Red Actual.

5.3. Resultados obtenidos tras el diagnóstico

El análisis detallado de la situación actual permite diagnosticar los **Colectores**

Principales de la red con el siguiente resultado:

El colector de mayor importancia el cual discurre por las calles Carrera del Rio, Travesía de Pinedo al Mar y Camí Canal, resulta insuficiente para un episodio de lluvia de 25 años de periodo de retorno, entrando en carga en todo su trazado. Dicho colector no presenta buena capacidad en ningún tramo de su recorrido debido a presentar pendientes irregulares y diámetros insuficientes para el flujo circulante. Dicho colector tan solo muestra una ligera mejoría en el tramo anterior a su desembocadura en la estación depuradora de aguas residuales, y tras su cruce con el otro colector principal de la red. De forma que se puede afirmar que su incapacidad es debida a un mal funcionamiento local.

En cuanto al segundo colector principal que rige de la red (calle Virgen del mar de la Raó) presenta una mejor capacidad para absorber el episodio de lluvia, no entrando en carga en todo su recorrido, sino tan solo en su tramo inicial y en algunos instantes puntuales. No obstante a lo largo de este colector la mayoría de los ramales que desembocan en él sí entran en carga constante presentando una acusada incapacidad.

Este colector presenta también la complicación de desembocar en una acequia de la pedanía de forma irregular sin haber ningún tipo de control, lo cual puede ser un foco altamente contaminante.

Por otra parte, el análisis pormenorizado de **la Red Secundaria** pone de manifiesto una serie de problemas que se detallan a continuación:

La red secundaria en su conjunto presenta incapacidad para absorber el episodio de lluvia de 25 años de Periodo de Retorno, ya que gran parte de ella entra en carga, llegando a situarse la línea de energía por encima de la cota del terreno en varios tramos de la red.

Estas deficiencias son consecuencia del mal funcionamiento hidráulico de los dos colectores, especialmente debido al colector que recorre las calles Carrera del Rio, Travesía de Pinedo al mar y Camí Canal.

No obstante parte de la red secundaria presenta dichas insuficiencias debido también a un mal funcionamiento local (pendientes inversas, diámetros pequeños, etc), y no sólo como resultado de las deficiencias de los colectores.

A nivel general la red presenta en muchos tramos pendientes inversas y velocidades muy bajas, estando dichas velocidades por debajo de la mínima exigida en la *Normativa para Obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia año 2004*, lo que conlleva problemas de sedimentación en los conductos.

6. Criterios normativos de dimensionamiento

Se dimensionarán los colectores principales siguiendo la metodología expuesta en la *Normativa para Obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia año 2004*.

En primer lugar se realiza un dimensionamiento hidráulico, a partir de los resultados obtenidos en SWMM y de las formulaciones clásicas de la hidráulica.

En segundo lugar se realiza un dimensionamiento mecánico, en el cual se definirán los materiales y calidades a emplear en los conductos enterrados, así como la tipología de zanja existente.

7. Solución propuesta para la red de saneamiento

Tras el análisis del funcionamiento de la red, se exponen en este punto las actuaciones necesarias para conseguir un adecuado funcionamiento hidráulico tanto en la red de colectores como en la red secundaria.

Las actuaciones propuestas para la mejora del funcionamiento de la red de colectores son las siguientes:

COLECTOR QUE CIRCULA POR LAS CALLES CARRERA DEL RIO, TRAVESÍA DE PINEDO AL MAR Y CAMÍ CANAL:

Debido a su mal funcionamiento, este colector requiere una renovación en todo su trazado, cambiando así el material, el diámetro y las pendientes en todos sus tramos. El material a utilizar en el nuevo colector será PVC, disminuyendo así su rugosidad y aumentando sus velocidades. Los nuevos diámetros propuestos oscilarán entre 0.5m y 1.3m, dependiendo del tramo que se trate. En la *Figura 1* se muestran los tramos que deberán renovarse en la red.

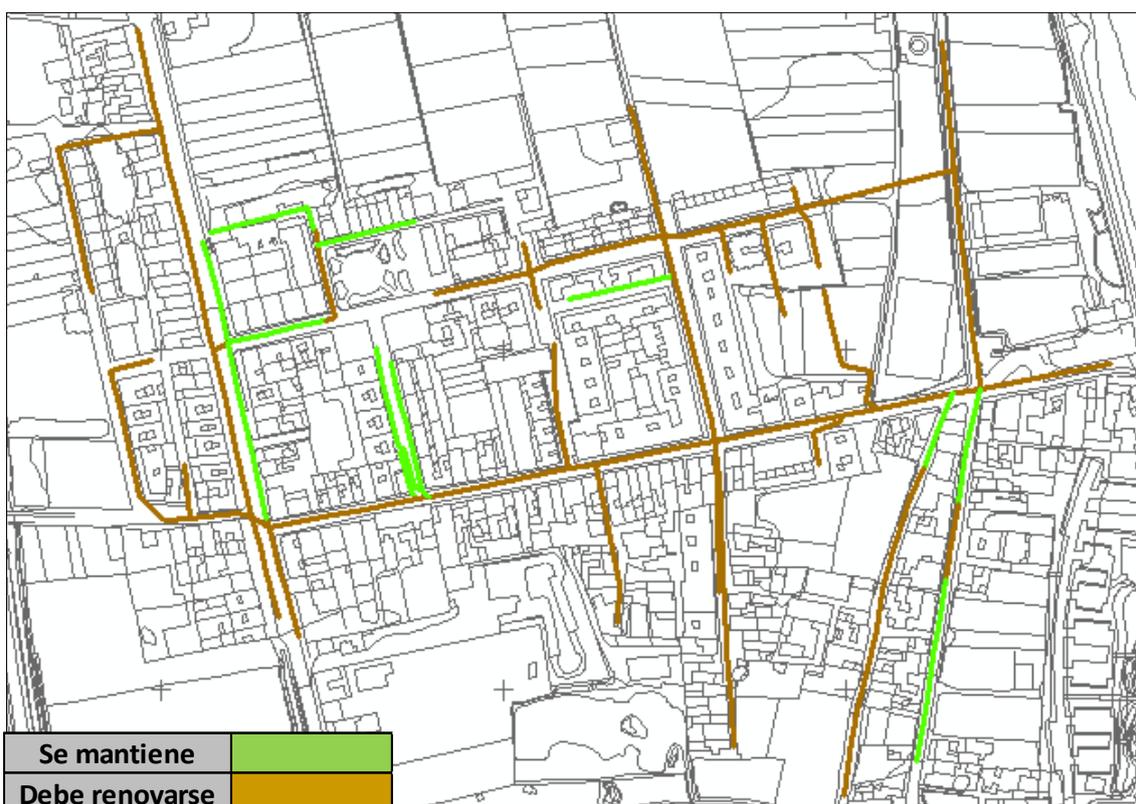


Figura 6. Tramos de la red que se mantienen y tramos que deben renovarse.

COLECTOR DE CALLE VIRGEN DEL MAR DE LA RAÓ:

Con el fin de evitar que el colector vierta todo su caudal en una de las acequias próximas a la pedanía, se realizará la modificación en el trazado de su tramo final, reconduciéndolo hasta que conecte con el colector principal de la red. De esta forma tan solo se generará un vertido en toda la red.

Los ramales de la red secundaria conectados a este colector también serán modificados en cuanto a pendientes, aumento de diámetros y cambio de material de los conductos, pasando de hormigón a PVC.

Las pendientes serán modificadas para paliar las pendientes inversas provocadas por el cambio de trazado del tramo final, y de esta forma conseguir velocidades más elevadas en los ramales del colector.

En la *Figura 7* puede observarse el trazado actual del segundo colector principal, mientras que en la *Figura 8* se muestra la red con el cambio de trazado de dicho colector ya realizado.



Figura 7.Trazado actual del segundo colector principal de la red.



Figura 8. Modificación del trazado final del segundo colector principal de la red.

RED SECUNDARIA

La red secundaria actual se renovará a excepción de algunos ramales mostrados en la *Figura 1* los cuales tras las modificaciones han mejorado su funcionalidad, y pueden conservarse sin entorpecer la funcionalidad de la red.

Dichas renovaciones incluirán cambio de material en los conductos, pasando de hormigón a PVC, aumento del diámetro de la mayoría de los conductos, cambios de trazado, cambios de sección de algunos tramos cambiando de sección rectangular a sección circular, y aumento de las pendientes de todos los tramos, consiguiendo así eliminar las pendientes inversas y aumentar la capacidad de la red. De esta forma se evita la entrada en carga de los conductos y velocidades por debajo de las exigidas en la *Normativa para Obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia año 2004*.

A nivel general a pesar de las modificaciones propuestas en toda la red, en algunos tramos, principalmente en cabeceras de ramales de la red secundaria, siguen habiendo velocidades por debajo de las exigidas en la *Normativa para Obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia año 2004*. De forma que como solución a estas incidencias se colocaran cámaras de descarga en las cabeceras de dichos ramales con las que cada cierta periodicidad se limpiara los conductos de las posibles sedimentaciones que se hayan podido producir.

8. Valoración económica

La base de precios empleada es la facilitada por el Ayuntamiento de Valencia a través del Ciclo Integral del Agua: “Base de precios para obras de saneamiento de la ciudad de Valencia. Año 2004”.

Se obtiene así un coste de ejecución material de cada unidad de obra representativo y útil para las obras de ejecución de los dos nuevos colectores principales propuestos.

En este estudio sólo se ha calculado el presupuesto de ejecución material de cada colector propuesto.

El Presupuesto de Ejecución Material del nuevo colector propuesto para las calles Carrera del Rio, Travesía de Pinedo al Mar y Camí Canal asciende a **CUATRO CIENTO MIL CIENTO DIECIOCHO EUROS con NOVENTA Y SIETE CENTIMOS. (411.823,97€)**

El Presupuesto de Ejecución Material del nuevo colector propuesto para la calle Virgen de la mar de la Raó asciende a **CUARENTA Y SIETE MIL CIENTO TREINTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y OCHO CENTIMOS. (47.134,98€)**

El Presupuesto de Ejecución Material de los nuevos tramos de la Red Secundaría asciende a **TRES CIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL EUROS con SETENTA Y CINCO CENTIMOS. (374.556,75€)**

El presupuesto total de ejecución de los dos nuevos colectores propuestos y de la nueva red secundaria asciende a **OCHO CIENTOS TREINTA Y TRES MIL QUINIENTOS CINCO EUROS con SETENTA CENTIMOS. (833.505,7€)**

En la siguiente tabla se sintetizan todos los presupuestos de ejecución material obtenidos.

PROPUESTA	PEM (EUROS)
COLECTOR 1	411.823,97€
COLECTOR 2	471.24,98€
RED SECUNDARIA	374.556,75€
TOTAL	833.505,7€

9. Conclusión

El ámbito de este estudio se enmarca en la zona sur del área metropolitana de Valencia, concretamente la pedanía de Pinedo, la cual abarca una pequeña cuenca con un área total de 38.37 hectáreas.

Desde el punto de vista del funcionamiento actual de la red de saneamiento, presenta graves deficiencias en su funcionamiento, además de presentar un vertido no controlado siendo este un foco importante de contaminación para el mar.

El diagnóstico anterior obliga al planteamiento de una serie de propuestas de actuación destinadas a solucionar las deficiencias detectadas. En concreto se realizan las siguientes propuestas:

- Ampliación y aumento de pendiente del colector principal en su paso por: calle Carrera del rio, Travesía de Pinedo al mar y calle Camí Canal.
- Eliminación del vertido efectuado por el segundo colector principal en calle Virgen del Mar de la Raó.
- Cambio de trazado del tramo final del segundo colector principal, redirigiéndolo por la calle Mòssen Cuenca, hasta conectarlo con el colector principal.
- Eliminación del ramal de red secundaria que discurre por la calle Virgen del Mar de la Raó.
- Cambio de trazado de la red secundaria circulante por la calle Entidad del Rullo.
- Cambio de sección de la red secundaria de rectangular a circular en la calle Camí dels Muntanyars.
- Cambio de material a PVC en sustitución al hormigón en todos los conductos que hayan de renovarse.
- Aumento de diámetro en aquellos conductos de la red que no cumplan las exigencias establecidas en la *Normativa para Obras de Saneamiento en la ciudad de Valencia año 2004*.
- Instalación de cámaras de descarga en aquellas cabeceras de ramales de la red secundaria donde a pesar de las modificaciones siga sin cumplirse la velocidad mínima exigida por la *Normativa para Obras de Saneamiento en la ciudad de Valencia año 2004*.

Por último, cabe señalar que aunque el alcance de este TFG no lo ha contemplado, la solución integral para el saneamiento de la pedanía de Pinedo pasará por una remodelación de la estación de bombeo que en este momento constituye el punto final de la red, aumentando el volumen de almacenamiento temporal de la misma con objeto de reducir al máximo los vertidos que se producirán en el futuro al mar junto a la desembocadura del cauce nuevo del río Turia.

INDICE DE ANEJOS

Anejo 1. Datos de Partida

Anejo 2. Bases de Cálculo

Anejo 3. Diagnóstico de la situación actual

Anejo 4. Solución propuesta para la red de saneamiento

Anejo 5. Valoración económica de las actuaciones propuestas