

## Trabajo Fin de Grado

El drenaje de aguas pluviales como principal argumento de estrategias y proyectos urbanos

Autor/es

Clara Lozano Ramón

Director/es

Pablo de la Cal Nicolás

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2016

## INDICE

### 0. PRESENTACIÓN

#### 1. EL CICLO DEL AGUA EN LA CIUDAD

1.1 El ciclo del agua en la ciudad: ecología y sostenibilidad en el urbanismo contemporáneo.

#### 2. DRENAJE

2.1 Drenaje urbano.

2.2 Ciclo del agua / Ciclo urbano del agua.

2.3 Los sistemas convencionales de drenaje.

2.4 Los sistemas sostenibles de drenaje urbano.

2.5 Grado de implantación.

#### 3. 4 ESCALAS / 4 CASOS

3.1 Presentación de los 4 proyectos.

3.2 Planificación metropolitana (Water Plan para Rotterdam 2035).

3.3 Parque metropolitano (Parque del Agua EXPO 2008, Zaragoza).

3.4 Parque urbano (Shebourne common park, Ontario, Canadá).

3.5 Plaza – Parque (Waterplein benthemplein, Rotterdam, Holanda).

#### 4. CONCLUSIONES

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

5.1. Bibliografía general

5.2. Bibliografía y fuentes consultadas. Casos.

#### 6. ANEXO INFORMATIVO. FICHAS.

# **0.** ■ PRESENTACIÓN

El presente trabajo, titulado “*El drenaje de aguas pluviales como principal argumento de estrategias y proyectos urbanos*” tiene como objetivo el estudio de diferentes formas sostenibles de tratar los problemas relacionados con las aguas pluviales desde dos puntos de vista, la gestión hidráulica y el aspecto espacial del proyecto en la ciudad. Algunos de los problemas que se tratan son: inundaciones, contaminación, gestión, tratamiento, problemas estéticos, evacuación, etc. Además se pretende mostrar cómo es posible generar espacios urbanos que dan solución a estos problemas y en los que el límite entre naturaleza, paisaje y ciudad quedan eliminados, generando lugares en los que las personas pueden participar y disfrutar activamente de estos nuevos espacios.

Este trabajo comienza con un primer capítulo en el que se mencionan algunas ideas sobre el urbanismo, en él se tratan los métodos de drenaje convencional y sostenible (siendo estos últimos los que nos interesan) y la comparativa entre unos y otros. Ésta presentación termina con unas pequeñas nociones acerca del grado de implantación de estos sistemas, ya que no en todos los lugares la sociedad está igual de familiarizada con este tipo de elementos.

El capítulo dos muestra cuatro casos de estudio, de manera que cada uno de ellos corresponde con una escala o alcance diferente, se trata de los siguientes:

- Planificación metropolitana
- Parque metropolitano
- Parque urbano
- Plaza – parque

Al hablar de planificación metropolitana tenemos el ejemplo de “Waterplan para Rotterdam 2035” situado en toda la ciudad de Rotterdam, (Holanda).

El siguiente proyecto “El Parque Metropolitano del Agua” situado en Zaragoza, (España), se corresponde con la escala de parque metropolitano. El tercer ejemplo se sitúa en la ciudad de Toronto, Ontario, (Canadá) se trata de un proyecto de escala parque urbano, el “Shebourne Common Park”.

Por último tenemos la escala Plaza - parque donde se elige un proyecto llamado “Waterplein Benthenplein” ubicado en la ciudad de Rotterdam, (Holanda).

El documento anexo contiene fichas descriptivas de cada uno de los trabajos seleccionados para hacer más sencilla y dinámica la comprensión de la información expuesta.

El capítulo tres muestra las conclusiones finales extraídas del trabajo, junto con la bibliografía.

# **1. EL CICLO DE AGUA EN LA CIUDAD**

## **1.1. EL CICLO DEL AGUA EN LA CIUDAD: ECOLOGÍA Y SOSTENIBILIDAD EN EL URBANISMO CONTEMPORÁNEO.**

Desde los años 70, la noción del urbanismo no ha dejado de hacerse cada vez más inclusiva, de manera que hoy en día no puede separarse de nuevas acepciones que han ido enriqueciendo su contenido. Así, se entiende que el estudio urbanístico de un lugar deba incluir una consideración de la ciudad como paisaje.

Las formas urbanas quedan hoy en día definidas por la mixtura: lo abierto-cerrado, el campo-ciudad, la ausencia de límite.

Es así que uno de los principales retos del urbanismo es su orientación ecológica. El perfil ecológico de las acciones urbanísticas va a ser determinante en el obligado desarrollo sostenible.

La Cumbre de la Tierra celebrada en Río en 1992 dio un impulso definitivo a la voluntad de fomentar un desarrollo más sostenible: “*un desarrollo económico responsable hacia la sociedad, protegiendo simultáneamente los recursos fundamentales y el medio natural en beneficio de las generaciones futuras*”(1). El urbanismo es hoy consciente de que no puede prescindir del enfoque ecológico, pero no cabe duda de que necesita acercarse a él con más solvencia técnica.

Tal como anticipaba L. Wirth: “*la urbanización es un fenómeno que penetra en el territorio en su conjunto y lo transforma todo.*”(2)

(1). En la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro Los temas tratados incluían el escrutinio sistemático de patrones de producción, las fuentes alternativas de energía, el apoyo al transporte público y la creciente escasez de agua.

Los principales logros de la Conferencia fueron el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco sobre el Cambio Climático, que más tarde llevaría al Protocolo de Kioto sobre el cambio climático.

(2). Cita de L. Wirth (Gemünden, 1897-Buffalo, 1952) Sociólogo estadounidense de origen alemán. Escribió su tesis sobre los problemas sociológicos urbanos, “The Ghetto” (1925). Otras obras: “Nuestras ciudades: su papel en la economía nacional” (1937, en colaboración) y “Urbanismo como forma de vida”.

(3). Tendencia natural de que un sistema se modifique según su estructura y se plasme en los niveles que poseen los subsistemas dentro del mismo.

En la práctica, hoy, las ciudades se esfuerzan como nunca en corregir su característico flujo energético unidireccional, creando feedbacks, procurando hacer menos inestable el modelo urbano, administrando recursos y regenerando residuos.

Debe reflexionarse si el urbanismo trabaja en un sentido “*negentrópico*”(3), es decir, creador de orden, tal y como proponía Ian L. McHarg, “*El proceso planificador debe ser una parte de la adaptación cultural dirigida a mejorar la salud global del sistema.*”(4)

El tema del paisaje adquiere una relevancia mayor, ya que es el sistema donde el clima, el sustrato geológico, el relieve, la disposición de los acuíferos y de los cursos de agua, la vegetación, la vida salvaje y los usos del suelo, tradicionales y modernos, son, todos ellos, elementos críticos. En este terreno el diseño urbano puede renovar sus planteamientos si traslada al primer plano la configuración de un espacio habitable e integrado en la naturaleza, no bajo formas de camuflaje o decorativas, descubriendo las oportunidades que la naturaleza ofrece en cada lugar. Michael Hough (5) ha planteado con claridad cómo el diseño urbano puede ser concebido incorporando a la naturaleza, precisamente a partir de una reflexión sobre la ecología urbana como fundamento de la configuración de la ciudad. La cuestión clave está en administrar el crecimiento y la transformación de las áreas urbanas, lo que tiende a denominarse growth management la ecología puede proponer principios a las ciudades como:

(4). Cita de Ian L. McHarg (Noviembre 1920, 2001) arquitecto del paisaje escocés y escritor en la planificación regional mediante sistemas naturales. Fundador del departamento de arquitectura de paisaje en la Universidad de Pennsylvania. Su libro de 1969 “Proyectar con la naturaleza” fue pionero en el concepto de planificación ecológica. Sigue siendo uno de los libros más célebres de la arquitectura del paisaje y la planificación del uso del suelo, expuso los conceptos básicos que iban a desarrollarse más tarde en los sistemas de información geográfica.

(5). Michael Hough (1928, 2013) pasó su carrera en la búsqueda de la integración de las ciudades con los sistemas naturales, en la década de 1960, ayudó a dirigir la profesión para combinar urbanismo y ecología. Profesor en la Universidad de Toronto y la Universidad de York, escribió varios libros, incluyendo “Fuera de Lugar” (1990) y “las ciudades y proceso natural” (1995).

- Asegurar que la calidad del aire
- Garantizar la conservación de la calidad los recursos hídricos y de los ecosistemas a ellos vinculados.
- Promover la conservación y la mejora de la biodiversidad.
- Promover la creación de una ciudad que, el ahorro energético y la reducción del consumo de aquellos recursos naturales no renovables usados como fuente de energía.
- Fomentar principios de diseño urbano basados en lógicas de adaptación al medio y de incorporación positiva de los procesos naturales.
- Fomentar desde la planificación las condiciones que favorezcan sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos.
- Reducir el consumo de suelo no urbanizado, hoy formado por áreas agrícolas y espacios naturales.

Como se ha citado, uno de los aspectos del urbanismo sostenible es el tratamiento y gestión del agua, este trabajo está orientado a la explicación y comprensión de diferentes maneras de gestionar el agua en varios proyectos urbanos de distinta escala (Ciudad, parque, plaza).

# **2.** DRENAJE

## **2.1 DRENAJE URBANO**

Una de las problemáticas existentes en el entorno de las ciudades es la pérdida de superficie permeable. La urbanización conlleva a la impermeabilización de zonas extensas que con anterioridad eran capaces de gestionar el agua de lluvia que recibían.

Algunos de los problemas que se deben afrontar son descritos a continuación.

### Inundaciones

Uno de los más importantes y visibles es la formación de inundaciones localizadas tras eventos de lluvia, estas inundaciones se producen por el criterio tradicional de diseño de evacuar el agua lo antes posible, lo que hace que los sistemas convencionales fallen.

El dimensionado podría ajustarse pero el coste sería inabordable.

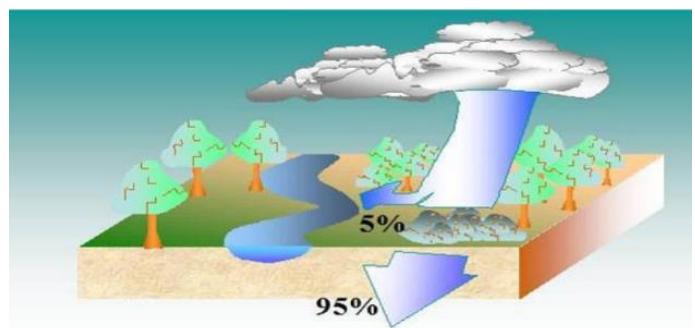


FIGURA 1. Reparto de escorrentía e infiltración en un entorno natural (Fuente: Coupe, S.)

### Contaminación difusa

Se trata de la pérdida de calidad de las aguas de lluvia y su vertido, el agua va perdiendo calidad a medida que va recorriendo el sistema de drenaje, esto hace que un agua prácticamente limpia se convierta en agua contaminada a depurar.

## Desnaturalización

La desnaturalización e impermeabilización de las superficies hace que el ciclo del agua se vea alterado de una forma muy importante convirtiendo a las ciudades en zonas quasi-desérticas.

Tomando como base el *triángulo de la sostenibilidad* (6) se plantea un nuevo enfoque en el diseño del drenaje urbano, el triángulo intenta aunar los criterios de cantidad, calidad y servicio.

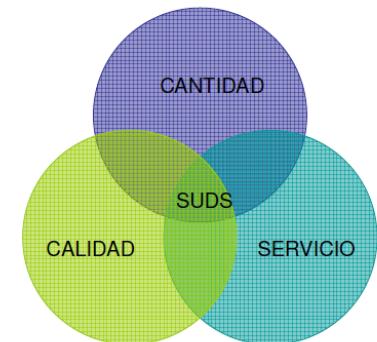


FIGURA 2. Triángulo de sostenibilidad en el drenaje urbano.

## 2.2. CICLO DEL AGUA / CICLO URBANO DEL AGUA

El ciclo del agua es un proceso sencillo y optimizado. Parte del agua es captada por la vegetación antes de que toque el suelo, el resto, satisface al terreno antes de producir escorrentía superficial y subsuperficial. Esta escorrentía tiene un tiempo de concentración que depende de la topografía y el tipo de superficie de la cuenca. Más tarde el agua se concentra en ríos, lagos y humedales o se infiltra alimentando los acuíferos naturales.

El ciclo urbano del agua es muy distinto, antes de llegar al suelo purifica el aire recogiendo las partículas contaminantes que arrastrará posteriormente. En la ciudad no hay una cúpula vegetal sino tejados impermeables, el suelo no tiene apenas permeabilidad por lo que el agua corre

(6). concepto adoptado en la cumbre de Río de 1992 como consecuencia del trabajo realizado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, y plasmado en el documento llamado "Informe Brundtland (1987)".

Hace hincapié en los tres aspectos más relevantes que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar un drenaje urbano sostenible.

rápidamente por canalones y pavimentos, concentrándose en el alcantarillado subterráneo, por tanto en las zonas urbanas no se produce apenas infiltración con lo que los acuíferos naturales quedan aislados

## 2.3. LOS SISTEMAS CONVENCIONALES

En el desarrollo de las infraestructuras de drenaje y saneamiento de una ciudad suelen identificarse varias fases.

En primer lugar, se tiende a canalizar y controlar las aguas residuales; posteriormente, a encauzar las escorrentías producidas por las aguas de tormenta tendiendo a limitar el riesgo de sufrir inundaciones.

Todo ello ha dado lugar a los sistemas convencionales de saneamiento y drenaje en las ciudades, basados en colectores cuyo objetivo primordial es evacuar lo antes posible las escorrentías generadas en tiempo de lluvia hacia el medio receptor.

Resueltos a priori estos problemas, aparece otro, el de la calidad de las escorrentías urbanas en tiempo de lluvia y el impacto que sus vertidos generan en el medio receptor. Hoy en día somos plenamente conscientes de que las aguas de lluvia, lejos de ser aguas limpias, son una fuente importante de contaminación cuando estas arrastran elementos residuales.

El desarrollo urbano conlleva una serie de impactos que generan a su vez efectos negativos sobre el medio. Por una parte se generan problemas de

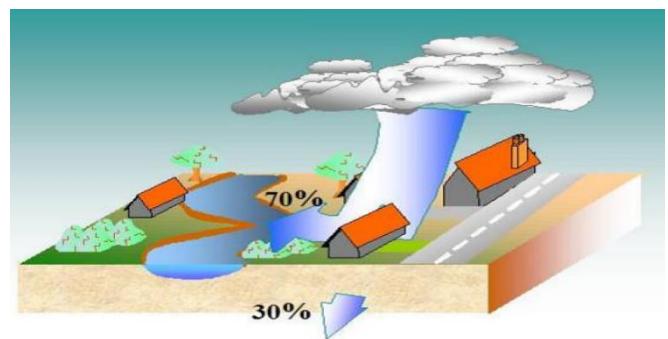


FIGURA 3. Reparto de escorrentía e infiltración en un entorno rural (Fuente: Coupe, S.)

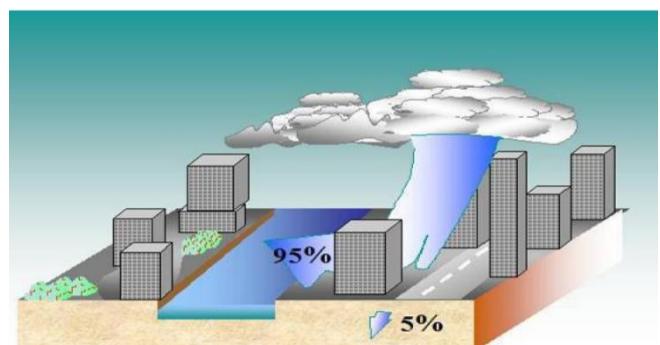


FIGURA 4. Reparto de escorrentía e infiltración en un entorno urbano (Fuente: Coupe, S.)

cantidad, cuando los índices de urbanización superan las planificaciones iniciales, y consecuentemente, las infraestructuras quedan infra dimensionadas, dando lugar a inundaciones.

Por otra, los problemas de calidad ataún fundamentalmente a la contaminación de los medios receptores al recibir escorrentías urbanas contaminadas por fuentes difusas, vertidos desde depuradoras desbordadas y descargas de sistemas unitarios.

El crecimiento de las zonas impermeables en las ciudades modifica los flujos naturales del ciclo hidrológico, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. La reducción de espacios vegetados reduce en primera instancia la intercepción natural y la evapotranspiración. El aumento de la impermeabilidad redundó en una reducción de la infiltración.

En definitiva, el problema de la contaminación de las escorrentías urbanas y de su vertido directo al medio natural es una cuestión grave que merece la misma atención que en su día requirió el tratamiento de las aguas residuales. No obstante, la naturaleza intermitente del proceso de lluvia induce a encontrar soluciones que respondan correctamente con un funcionamiento discontinuo.



FIGURA 5. Cadena de gestión en el sistema SUDS

## **2.4. LOS SISTEMAS SOSTENIBLES DE DRENAJE URBANO**

La necesidad de afrontar la gestión de las aguas pluviales desde una perspectiva diferente a la convencional, que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales, está llevando a un rápido aumento a nivel mundial del uso de *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*, también conocidos como BMP's (Best Management Practices) o WSUD (Water Sensitive Urban Design),

La filosofía de los SUDS es reproducir, de la manera más fiel posible, el ciclo hidrológico natural previo a la urbanización o actuación humana. Su objetivo es minimizar los impactos del desarrollo urbanístico en cuanto a la cantidad y la calidad de la escorrentía así como maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de la actuación.

Pero la utilidad de estas medidas va más allá de la gestión de las escorrentías urbanas en tiempo de lluvia. El sistema concebido inicialmente para resolver problemas en tiempo húmedo, es además útil para gestionar otros tipos de escorrentía superficial en tiempo seco, como la producida por sobrantes de riego, baldeo de calles, vaciado de fuentes y estanques ornamentales, etc.

Los objetivos de los SUDS se podrían resumir en los siguientes aspectos:

- *Proteger los sistemas naturales*: proteger y mejorar el ciclo del agua en entornos urbanos.
- *Integrar el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje*: maximizar el servicio al ciudadano mejorando

el paisaje con la integración de cursos y/o láminas de agua en el entorno.

- *Proteger la calidad del agua:* proteger la calidad de las aguas receptoras de escorrentías urbanas.

-*Reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta:* reducir caudales punta procedentes de zonas urbanizadas mediante elementos de retención y minimizando áreas impermeables.

-*Incrementar el valor añadido minimizando costes:* minimizar el coste de las infraestructuras de drenaje al mismo tiempo que aumenta el valor del entorno.

Por otra parte, la reducción del volumen de escorrentía y caudales punta redundará en un mejor funcionamiento de las estaciones depuradoras, al darse las siguientes condiciones:

-Reducción de costes al reducirse el volumen de los influentes en las mismas.

-Reducción de costes al no alterarse frecuentemente el patrón de contaminantes para el que la depuradora ha sido diseñada.

-Reducción del número de vertidos (DSU) a la entrada de la depuradora por incapacidad de la misma.

Desde esta perspectiva, el empleo de SUDS no sólo mejora la gestión de las aguas pluviales, sino la gestión del agua en general, tanto en cuanto al abastecimiento como al drenaje y posterior tratamiento.

Dentro de los SUDS existen múltiples clasificaciones atendiendo a la forma de funcionar, sistema empleado

(7). Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria, decidió tomar como nombre para su designación “Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)”, procedente de las mismas siglas empleadas en el Reino Unido “Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)”. Esta nomenclatura común facilita la búsqueda y el intercambio de información, dada la experiencia que sobre estos sistemas presentan los expertos británicos, y la extensa aplicación y conocimiento que se tiene de los mismos tanto en Escocia, como en Inglaterra.

o lugar de aplicación, así el grupo de investigación *GITECO* (7) propone la siguiente clasificación:

\_Sistemas de infiltración o control en el origen:

- Superficies permeables
- Pozos y zanjas de infiltración
- Depósitos de infiltración

\_Sistemas de transporte permeable

- Drenes filtrantes o drenes franceses
- Cunetas verdes
- Franjas filtrantes

\_Sistemas de tratamiento pasivo

- Depósitos de detención
- Estanques de retención
- Humedales artificiales

## 2.5. GRADO DE IMPLANTACIÓN

En Europa, la gestión de las escorrentías urbanas se ha centrado en el control de las inundaciones, y no ha sido hasta hace aproximadamente una década cuando se ha empezado a tomar conciencia del problema de la contaminación difusa. A partir de entonces, comienzan a adoptarse criterios combinados de cantidad y calidad, intentando maximizar la integración paisajística y el valor social y ambiental de las actuaciones.

El uso de las diferentes técnicas SUDS está más extendido en los países del centro y norte de Europa que en la zona sur, donde países como España, Italia, Grecia y Portugal cuentan todavía con escasas



FIGURAS 6 Y 7. Parque tecnológico Porte des Alpes, Francia.

(8). En Francia, 1995, el ayuntamiento de Lyon busca conservar el ciclo del agua realizando una gestión adecuada del recurso hídrico, relieves la belleza natural del lugar, además de albergar instalaciones para desarrollo de actividades culturales, recreativas y deportivas, para lo cual, adecuan al Parque Tecnológico Porte des Alpes modelos exquisitos de prácticas de infraestructura verde. En el proyecto se adoptó como solución, cunetas verdes, drenes filtrantes, estanques de retención y depósitos de infiltración.

experiencias. Por otra parte, las tipologías de SUDS empleadas varían entre países.

Como ejemplo de implantación integral de técnicas SUDS en una actuación urbanística cabe citar el proyecto *Porte des Alpes en Lyon (Francia)* (8). Durante el planeamiento se adoptaron técnicas SUDS para dar respuesta a los diferentes condicionantes del lugar, entre ellos la falta de una salida natural de drenaje.

Situado en el municipio de Saint-Priest, en pleno corazón de la llanura del este de Lyon, el Parque Tecnológico se inauguró en 2007, es también un parque público, una zona de ocio y de descanso de cerca de 150 hectáreas, fácilmente accesible por transporte público, a pie o en bicicleta.

# **3.** 4 ESCALAS / 4 CASOS

## **3.1 PRESENTACIÓN DE LOS PROYECTOS**

### **WATER PLAN DE ROTTERDAM 2035**

Este proyecto se extiende por todo el territorio de Rotterdam, Holanda, se trata de un proyecto a escala metropolitana, una actuación ambiciosa que pretende modificar la forma de relación que existe entre el agua y la ciudad.

La voluntad de solucionar los problemas relacionados con los drenajes del agua en un proyecto de esta escala por medio de un elemento sencillo, como son las plazas de agua, que se va repitiendo en todo el espacio formando varias combinaciones distintas que consiguen solucionar problemas complejos que amenazan a la ciudad, han sido los motivos para incluir este plan como el primero de los casos de estudio.



### **PARQUE DEL AGUA DE LUIS BUÑUEL, ZARAGOZA**



Situado en la ciudad de Zaragoza, España. Este proyecto para parque metropolitano que ocupa unas 120 hectáreas de terreno dentro de la ciudad se pone en funcionamiento a raíz de la EXPO 2008, con el tema principal del agua en la ciudad. Un interesante proyecto que nos muestra cómo la vegetación juega un papel fundamental en el tema del tratamiento de nuestros recursos hídricos tanto en temas de calidad como cuando se trata de cantidad, ya que este proyecto hace frente a los posibles problemas de inundaciones sufridos por las crecidas del río.

## SHEBOURNE COMMON PARK, ONTARIO, CANADÁ



Shebourne Common Park, Ontario, Canadá, este parque urbano en la bahía de Ontario es el tercer ejemplo que se ha escogido para hablar sobre el tema de los drenajes urbanos, los sistemas utilizados en cada uno de los proyectos son distintos, en este caso se utiliza la tecnología UV para tratar las aguas contaminadas del lago y de las lluvias para generar un parque con unos recorridos de agua totalmente descontaminados que generan a la vez espacios de esparcimiento para la gente.

## WATERPLEIN BENTHENPLEIN, ROTTERDAM

En la ciudad de Rotterdam, Holanda, se sitúa este proyecto que desarrolla el principio de las plazas de agua que se quiere poner en práctica en el Water plan para Rotterdam 2035.

Este pequeño parque compuesto por tres cuencas de agua se encarga de mejorar la calidad de las aguas procedentes de las lluvias además de solucionar los problemas de inundaciones, este proyecto nos ayudará a comprender el funcionamiento de las plazas de agua.



En la segunda parte de este estudio, donde vamos a presentar los distintos casos de estudio que se han elegido para dar a conocer las distintas formas de gestión y tratamiento de aguas pluviales según el lugar y las necesidades que debe cubrir cada uno de los trabajos.

## **3.2 PLANIFICACIÓN METROPOLITANA: ROTTERDAM WATERPLAN 2035,**

### **ROTTERDAM (HOLANDA)**

El agua forma una parte fundamental de la ciudad y ha jugado un papel crucial en su desarrollo, sin embargo la calidad del agua en Rotterdam es pobre, por ello en los próximos años se plantean mejoras para superar diversos problemas. Un elemento clave para lograr la calidad deseada es el diseño de los cursos, gestión y el mantenimiento de las aguas.

Se genera un nuevo enfoque para el almacenamiento de agua, la calidad y la protección. Además de hacer frente a las inundaciones, se pretende proporcionar una visión del agua como oportunidad para Rotterdam y sus alrededores.

Hay tres conceptos que se deben afrontar:

1. Subida del nivel del agua debido a la subida del nivel del mar.
2. Inundaciones por el aumento de las precipitaciones.
3. Demandas sobre la calidad de las aguas.



*FIGURA 8. Perspectiva de Rotterdam para el 2030*

Además nos encontramos con dos tipos de medidas para hacer frente al cambio climático, que está generando ya en la actualidad grandes problemas:

1. Mejorar o reforzar los diques, barreras de tormentas y otras construcciones de protección.
2. Asegurarse de que casas, carreteras, parques, parques infantiles, etc, están diseñados de tal manera que los hace "resistente al agua".

Para llevar a cabo este plan se utilizan como inspiración algunos ejemplos del pasado como el Plan Singel por el arquitecto de la ciudad W.N. Rose (1801-1877). La inspiración se puede encontrar en su simplicidad y eficacia, y también porque Rose tuvo éxito en la toma de la relación entre el agua y la planificación espacial.

En 1854, *Willem Nicolaas Rose* (9) se acercó con un plan económico que benefició tanto a nivel de higiene y la distribución espacial de la ciudad. Un sistema de estaciones de bombeo, cerraduras, alcantarillas y un canal de treinta kilómetros de largo, cerca de la ciudad vieja se aseguró de que el agua de la superficie fuera periódicamente renovada. Este fue, de hecho, un primer plan de agua en la que el agua, la ordenación del territorio y la mejora de las condiciones de vida en la ciudad iban de la mano.



FIGURA 9. Plan Singel (1854), Willem Nicolaas Rose

(9). *Willem Nicolaas Rose* (Cheribon, 8 de enero de 1801 - La Haya, 9 de octubre de 1877) fue un holandés arquitecto, ingeniero-consultor y funcionario. Fue nombrado arquitecto de la ciudad de Rotterdam 1839-1855, y como Arquitecto Jefe del Gobierno 1858-1867.

## 1. ROTTERDAM 2035 DISTRITOS

El plan para Rotterdam divide la ciudad en tres zonas que son:

Riverstad (centro), Vaartenstad (Sur) y Singelstad (Norte)

Los principales sistemas de agua, así como las condiciones urbanas varían en estas tres áreas, de modo que las soluciones y las estrategias que se deben seguir son diferentes. El plan es inspirador, optimista y señala el camino hacia una ciudad atractiva en un entorno atractivo.

### 1.1. SINGELSTAD

La estrategia en Rotterdam Norte es fortalecer lo que es bueno e intervenir cuando sea necesario. Algo típico de este paisaje urbano son los nuevos canales, que conectan los canales existentes y sirven para extenderlos. Nuevos entornos residenciales serán creados aquí, además de plazas donde se almacena el exceso de agua de las lluvias torrenciales. Las cubiertas verdes también se convertirán en común aquí.

El sistema acuoso del Norte se caracteriza por un sistema de vías fluviales y canales de drenaje. Cualquier desbordamiento se vierte en el río Maas y una gran parte de las instalaciones de almacenamiento de agua están proporcionadas por el sistema de alcantarillado.

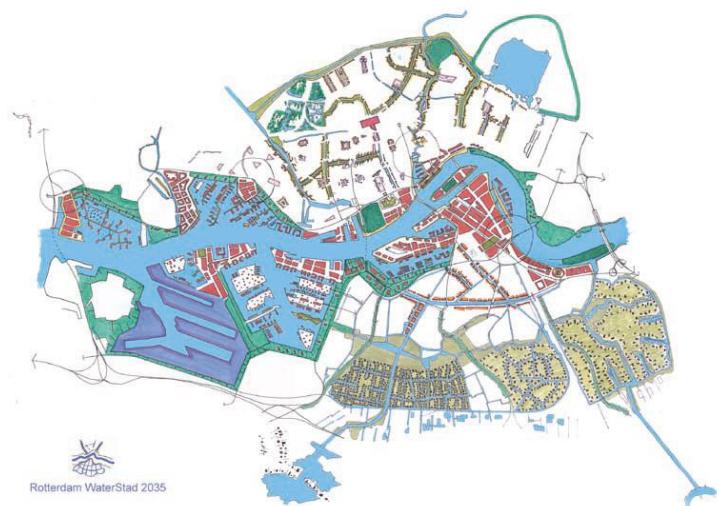


FIGURA 10. Distritos para Rotterdam 2035



FIGURA 11. Singelstad

Debido al alto porcentaje de superficies endurecidas, es necesario generar superficies de almacenamiento de agua a corto plazo: la situación actual exige una capacidad adicional de 193.000 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua adicional.

La estrategia consiste en retener el agua de lluvia tanto como sea posible. En las zonas donde el espacio es un bien escaso, como en el interior de la ciudad y los barrios antiguos de la ciudad, se están aplicando soluciones innovadoras.

## 1.2. RIVERSTAD

River City se compone de la zona exterior de los diques. La característica principal de la ciudad es el Maas, la marca comercial de Rotterdam, línea de vida de la ciudad y conexión del puerto con el interior.

Los posibles aumentos en los niveles del mar son un problema para esta zona de la ciudad. Los diques tendrán que ser levantados con el fin de proteger a la ciudad, aunque también existen áreas fuera de los diques, como Waalhaven y Merwehaven, que necesitan ser reconstruidos y donde se pueden crear todo tipo de nuevos entornos. Además, el transporte a través del agua servirá para volver a conectar estas zonas del puerto a la ciudad.

En el Vierhaven y las zonas portuarias Merwehaven al norte y en el Rijnhaven y Maashaven al sur hay espacio para un total de 10.000 viviendas. Estas casas representan una parte significativa de la meta para construir 56.000 viviendas en el área urbana existente antes del 2020.



FIGURA 12. Vaartendstad

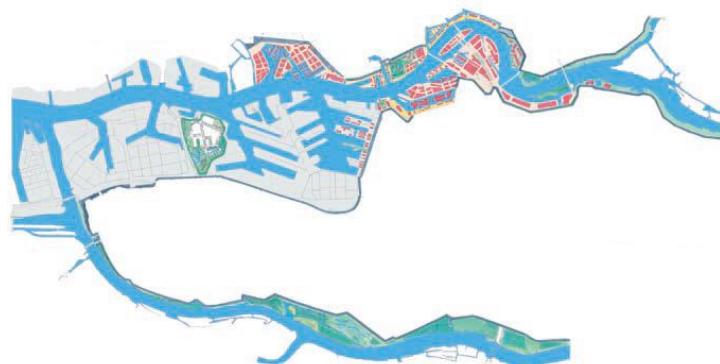


FIGURA 13. Riverstad

Es posible crear una ruta de recreo a lo largo de toda la longitud del río, una cadena de sitios especiales donde el río, la ciudad y el puerto puede ser experimentado de manera diferente cada vez..

### 1.3. VAARTEENDSTAD

En Rotterdam Zuid es posible conectar todos los cuerpos de agua, formando una red coherente nueva. El plan del Sur se basa en cuatro pilares: las cualidades sociales, económicas, físicas y culturales.

El agua juega un papel importante en la realización de estos objetivos, el sistema de agua en el Sur no incorpora ningún sistema de drenaje. De modo que el agua corriente proporciona oportunidades para la implementación de un sistema integrado de cursos de agua.

Los canales existentes en el distrito y los cursos de agua en los jardines de la ciudad forman una red de espacios públicos que podrían formar la base para una red de agua viva.

Esta red dinámica ofrece una importante contribución a la reestructuración del Sur de dos maneras específicas. En primer lugar, se forma una base importante para la realización de entornos completamente nuevos y diferentes, en segundo lugar, se ofrece la posibilidad y el pretexto para la creación de un nuevo enlace entre esta red de agua y la reserva natural y zona de recreo situada entre Rhoon y Portugaal, este enlace es esencial desde una perspectiva de la gestión del agua durante los períodos de sequía

Es posible hacer una distinción entre diferentes tipos de distrito de la ciudad y los tipos de solución asociados entre lo siguiente: los barrios antiguos de la ciudad, las ciudades-jardín, los parques industriales, zonas de desarrollo y las zonas situadas más allá de los diques. (10)

## 2. ELEMENTOS

### 2.1 .CUBIERTAS VERDES

Muchas ciudades de todo el mundo han puesto en marcha sistemas de incentivos para promover la construcción de techos verdes.

En todas las ciudades donde los esquemas de cubierta verde se han implementado con éxito, este apoyo - tanto económico como práctico - ha demostrado ser muy importante.

Algunos de los beneficios que este tipo de sistema ofrece son:

- reducen la carga sobre los sistemas de alcantarillado público
- conducen a un mejor microclima.
- conducen a una mejor calidad del aire.
- protegen el material subyacente, como resultado de lo cual los techos verdes duran mucho más que los techos convencionales

(10). Las soluciones conceptuales para cada distrito son las siguientes

#### BARRIOS ANTIGUOS DE LA CIUDAD

*La solución de diversos problemas del agua en el centro de la ciudad se aborda mediante soluciones innovadoras: plazas profundas, plazas de aguas poco profundas, canales curvos, patios de agua, techos verdes, agua por debajo de los edificios. En combinación con un número muy limitado de soluciones tradicionales como el aumento de la capacidad de bombeo de forma local o el drenaje de agua.*

#### CIUDADES JARDÍN

*La reestructuración de las ciudades jardín se centra principalmente en la retención de los residentes. El concepto de una red intrincada de agua, inspirado en los espacios públicos en cada ciudad jardín, es la solución conceptual para las ciudades jardín.*

#### PARQUES INDUSTRIALES

*El conjunto de medidas van a ser aumentar las interrelaciones dentro del sistema y su capacidad de autodepuración, añadir áreas de retención de agua que sea posible, proporcionar soluciones innovadoras, tales como el almacenamiento de agua en los desagües de la carretera, promover el uso de techos verdes, renovación de la infraestructura técnica de agua (alcantarillas, estaciones de bombeo, se desborda).*

#### ZONAS DE DESARROLLO

*Hay sitios en Rotterdam donde se están desarrollando nuevas ubicaciones de desarrollo o nuevas reservas naturales y / o zonas de recreo. En los últimos años, Rotterdam ha establecido una serie de áreas de desarrollo de gran éxito en el que el agua jugó un papel dominante en el desarrollo del plan.*

#### ZONAS MÁS ALLÁ DE LOS DIQUES

*Además, podrían adoptarse medidas relacionadas con la infraestructura, por ejemplo, para garantizar la accesibilidad mediante puentes de inundación y puntos de amarre para los servicios de emergencia a base de agua.*

- tienen un efecto de enfriamiento en el verano y forman una capa de aislamiento en el invierno.
- sirven para reemplazar a otras áreas de vegetación que se han perdido con el desarrollo urbano
- son visualmente más atractivo que los tradicionales.
- reducen la contaminación acústica.

## 2.2. PLAZAS DE AGUA

Rotterdam drena el agua de lluvia a través de su extensa red de alcantarillado subterráneo. En consecuencia, la ciudad tiene pocas áreas capaces de retener agua.

Este sistema está encontrando problemas con el manejo de agua de lluvia en algunas áreas. Se espera que el aumento de las lluvias en las próximas décadas sea cada vez más grave lo cual hace que los daños y las inundaciones sean cada vez más frecuentes. Esta es la razón por la que en Rotterdam se introduce un nuevo tipo de almacenamiento de agua: la plaza del agua.

Una plaza de agua no es una plaza en el sentido clásico de la palabra, sino un depósito de recolección. Esta cuenca recoge y retiene el agua de lluvia. Más tarde poco a poco se puede absorber o ser drenada a una alcantarilla o en aguas superficiales en un momento posterior. Se trata de un elemento seco durante la mayor parte del año que se puede utilizar como cualquier otro espacio público dentro de la ciudad.



FIGURA 14. Principio de las plazas de agua

Ayudan a resolver las necesidades básicas de agua.

Pero hay también otros beneficios:

- Hacen que las necesidades básicas y soluciones sean parte del paisaje urbano.
- Contribuyen al desarrollo de sistemas de gestión sostenible del agua sin la necesidad de hacer frente a todo el sistema de una sola vez.
- Beneficios financieros como resultado de desarrollar una sola área como espacio público y de recogida de agua al mismo tiempo.

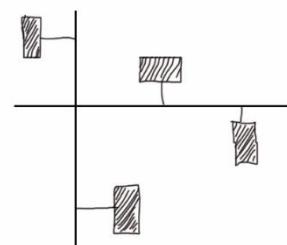
Tres soluciones conceptuales se han identificado como sigue.

#### 2.2.1. THE ENCLOSED BASIN

Directamente conectado al sistema de alcantarillado.

Tan pronto como el sistema de alcantarillado tiene capacidad suficiente, el agua recogida se bombea de nuevo en el sistema. Este tipo de plaza, no puede ser desarrollada como un espacio abierto, ya que el agua está sucia, de modo que la cuenca debe ser cubierta.

Es posible diseñar el suelo de la plaza de agua de tal manera que se pueda hacer uso del espacio encima de ella. En ese caso, el agua subterránea no está disponible para la gente, pero la construcción permite crear un nuevo espacio público.



*FIGURA 15. The enclosed basin*

## 2.2.2. THE OPEN BASIN

Recibe su agua directamente de los espacios abiertos y de las cubiertas de los edificios. El agua limpia es recogida aliviando el sistema de recolección de aguas residuales. Después de un almacenamiento temporal, el agua puede ser drenada.

Si es de calidad suficiente, se realiza un filtrado hacia el agua subterránea. En vista del hecho de que la cuenca abierta es un área de recogida, el agua debe ser transportado desde las zonas circundantes, por eso se utilizan las diferencias existentes de altura de la ciudad. Las zonas más bajas son los lugares más adecuados para la concentración de recogida de agua. Si las diferencias de altura son demasiado pequeñas, también es posible transportar el agua a la plaza de agua mediante un sistema de canales abiertos o cerrados.

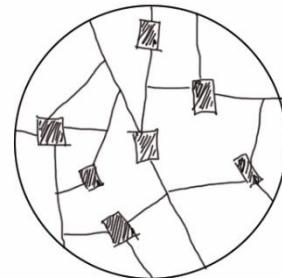
## 2.2.3. THE OPEN NETWORK

La plaza de agua consistirá en una red de pequeñas plazas poco profundas, estanques de agua de estilo y los nuevos paisajes urbanos. La aplicación inmediata es posible en zonas en las que actualmente hay un exceso de agua regular.

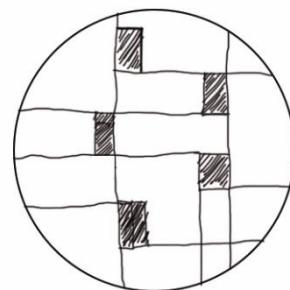
Las tres soluciones se combinan para producir seis tipos de plaza:

### 1. THE SMART STREET SCAPE

La solución más local, se encuentra al nivel de la calle, dentro del paisaje urbano existente.



*FIGURA 16. The open basin*



*FIGURA 17. The open network*



*FIGURA 18. The Smart Street scape.*

Al hacer modificaciones simples en el lugar es posible recoger el agua. Esto se puede lograr mediante el diseño de la carretera como una cuenca de agua temporal. Además las plazas de aparcamiento también se pueden utilizar como una balsa de agua.

## 2. THE SUBMERGED PLAZA

Dependiendo del tamaño de la plaza, el agua de lluvia de todo el espacio público y de los techos de los edificios circundantes también se pueden recoger. El agua permanecerá en vigor durante un máximo de 48 horas y después de esto, se drena de forma escalonada en el sistema de alcantarillado y el agua subterránea. Es posible utilizar y disfrutar estos espacios incluso cuando no hay agua.

## 3. THE DAM (AT THE FOOT OF A SLOPE)

Este tipo de solución se aprovecha de las diferencias de altura existentes. El principio es simple. Una pared de contención se construye en la parte inferior de una ladera. El concepto se puede extender al continuar la pendiente profundamente en la tierra en las zonas planas adyacentes, como resultado se ubicará la pared de contención debajo del nivel del suelo. El área de almacenamiento es limitado y por lo general habrá una serie de "plazas". En función de las diferencias de altura a nivel del suelo, la altura de las paredes puede variar en consecuencia. Después de la lluvia, el agua puede fluir de nuevo en el sistema de recolección de aguas residuales, o en algunos casos ser transportado a un canal.

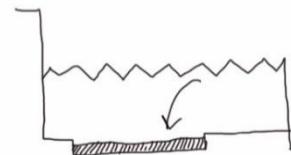


FIGURA 19. The submerged plaza

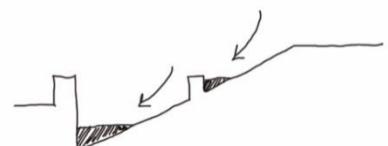


FIGURA 20. The Dam

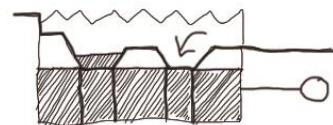


FIGURA 21. The Deep Plaza

#### 4. THE DEEP PLAZA

Es la solución más voluminosa. Implica un depósito subterráneo que está conectado directamente a la red de alcantarillado. Es una solución cara pero se compensa con el hecho de que es posible almacenar grandes cantidades de agua (aproximadamente 10.000m<sup>3</sup>) muy rápidamente. Un espacio público se puede crear en el techo de este depósito, que también podría servir como una cuenca sobre el suelo para recoger el agua de lluvia.

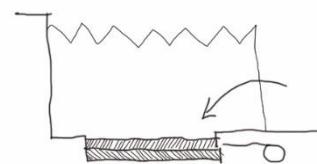
#### 5. THE SHALLOW PLAZA

Esta solución es la más barata y menos voluminosa de las cuencas cerrados. Esto implica una reserva subterránea poco profunda que está conectado directamente a la red de alcantarillado a través de un rebosadero, con una plaza en la parte superior. El volumen de agua de lluvia que se puede almacenar es todavía considerable (hasta un máximo de 5.000 m<sup>3</sup>).

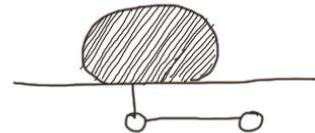
El techo de la construcción de la bodega se utiliza para crear espacio público.

#### 6. THE WATER BALLOON

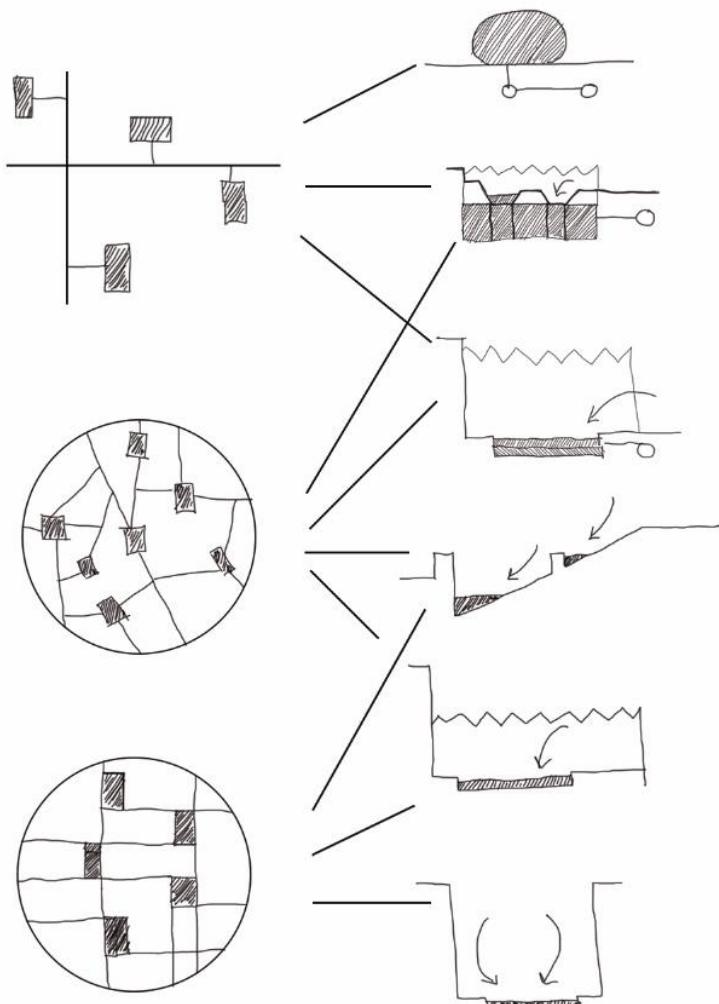
Una solución buena y sencilla es vincular una bolsa de agua sobre el suelo al sistema de recolección de aguas residuales a través de una bomba. Esto se traduce en algo así como un retraso durante las lluvias máximas y puede acomodar grandes cantidades de agua (más de 5.000 m<sup>3</sup>)



*FIGURA 22. The Shallow Plaza*



*FIGURA 23. The water Balloon.*



*Combinaciones posibles de plazas de agua en función de las relaciones existentes con los sistemas de alcantarillado de la ciudad*

### **3.3. PARQUE METROPOLITANO: EL PARQUE METROPOLITANO DEL**

#### **AGUA, ZARAGOZA (ESPAÑA)**

Sobre la llanura inundable del meandro de Ranillas, situada a 2,5 kilómetros al noroeste del centro histórico de la capital aragonesa, Zaragoza, y en la margen izquierda del río Ebro se rehabilitó esta zona de esparcimiento público.

El lugar de aproximadamente 120 hectáreas de suelo rústico fue tradicionalmente utilizado como huerta y alberga también un interesante soto o bosque de ribera.

El Parque Metropolitano del Agua Luis Buñuel con más de 25.000 árboles y el doble de arbustos, es un gran parque urbano, a modo de infraestructura múltiple, que agrupa diversas funciones planteadas a partir de su forma de diálogo con el territorio, el río y su entorno urbano.

Este nuevo pulmón verde de Zaragoza se extiende dos kilómetros de punta a punta y es abrazado por el Río Ebro, que rodea el recinto.

El Parque fue inaugurado el 15 de junio de 2008 con motivo de la Expo del Agua de Zaragoza 2008 y el proyecto lo llevaron a cabo Iñaki Alday, Margarita Jover y la paisajista Christine Dalnoky.



FIGURA 24. Vista aérea del Parque Metropolitano del Agua.



FIGURA 25. Vista del Parque Metropolitano del Agua.

### 3.3.1. CONCEPTO

El objetivo principal es reafirmar los lazos de la ciudad con su territorio, manteniendo los ambientes más naturales en el meandro. Las actividades que se potencian en él son lúdicas, de equipamientos y servicios, con un claro dominio del agua.

Los arquitectos se han apoyado en las huellas del trabajo de los agricultores durante siglos, permitiendo que el suelo exprese sus cualidades siendo capaz de transmitir la historia del territorio y la relación que mantienen con él sus habitantes.

Dentro del recinto se sitúan Las Playas, el Teatro Arbolé, campo de golf, el Canal de Aguas Bravas o El Espacio Multiaventura entre otros. Sus atractivos no sólo se centran en diferentes deportes, también en diversas actividades, entre las cuales encontramos huertos urbanos, un jardín botánico, un canal interior por el que pasear en barca...

El proyecto, en una clara actitud de sensibilidad medioambiental, prevé mantener la funcionalidad del parque durante las avenidas fluviales y a la vez mantener el papel del meandro como espacio de laminación, ofreciendo áreas de desbordamiento y de filtraje natural a través de la vegetación, donde el río pueda disipar energía.

### 3.3.2. TRATAMIENTO DEL AGUA

Desde la entrada al parque por el norte, hasta su llegada al Ebro, se establece la misma progresión de formas de agua: de artificial y agitado hacia los espejos

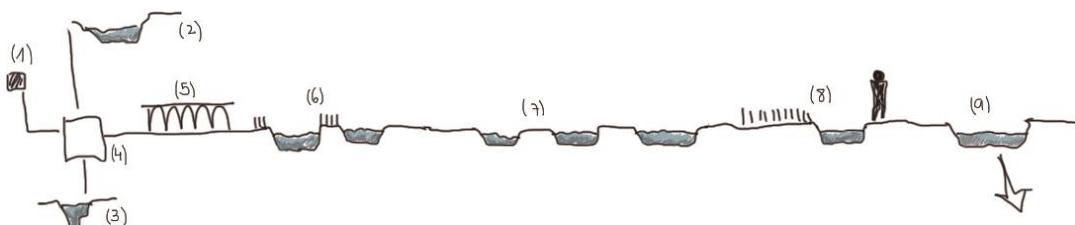


FIGURA 26. Jardín botánico.

de agua naturales y tranquilos, del depósito del gran canal a la naturaleza del río. Se organiza un sistema vivo, un recorrido que depura el agua extraída del río Ebro, de la acequia del Rabal (procedente del río Gállego) y de las aguas subterráneas (nivel freático), para llevarla limpia para los usos lúdicos. Al final parte del agua se recicla para el riego y parte se devuelve al río a través de unas lagunas de infiltración insertas entre los tamarizales y que condensan una riquísima vida natural, todo esto habiendo mejorado la calidad del agua.

El mantenimiento del parque está articulado en torno a un sistema hidráulico integral y cerrado que parte de la captación del agua del río, su depuración y utilización en zonas de riego o de baño, y finalmente su nueva devolución al cauce, completamente filtrada de forma ecológica y natural (a través de unas láminas de decantación con vegetación). Toda el agua se distribuye a través de una red de canales y balsas que surcará todo el Parque Metropolitano del Agua y cuya geometría sigue el ordenamiento agrícola que existía en el meandro anteriormente a lo largo de más de dos kilómetros de recorrido

En todo el recorrido del agua se sitúan, norias, zonas de depuración, de baño, rápidos, lagos, estanques y zonas inundables.



*El agua procedente del río Ebro (2) el canal del rabal (3) y el nivel freático (1) se almacena en el canal del depósito (4), se transporta por el acueducto (5) a humedales de tratamiento (6), se lleva a zonas de baño y riego (7 y 8 ) el recorrido acaba en las balsas de infiltración (9) que devuelven el agua limpia al río.*

### 3.3.3. VEGETACIÓN

El parque alberga varias zonas con diferentes tipos de vegetación, la más curiosa es el Jardín Botánico. Se ha dividido en diferentes regiones y cuenta con jardines exóticos, gramíneas, áridos, frutales, o palmerales que muestran toda la riqueza de la flora en un solo lugar.

Una de las grandes zonas verdes es el Soto natural de ribera, que conserva la masa vegetal autóctona y los procesos geomorfológicos naturales de las riberas del río Ebro. Este espacio requiere únicamente labores de limpieza y acondicionamiento de algunos senderos.

Este bosque ha sido reducido, a lo largo de siglos para hacer sitio a la agricultura, aprovechando el suelo rico en limos depositado por el río en el interior del meandro. El parque devuelve buena parte de la superficie del meandro al bosque de ribera, en el que se acentúa ahora la paleta de vegetación plateada y que envuelve el resto del parque como fondo de los nuevos usos que se instalan.

El corredor ecológico del Ebro encontrará en el meandro un espacio de expansión, con bosque, lagunas y una gradación de usos y accesos que dan espesor a las orillas y su potencial medioambiental. La vegetación del parque se ordena entre el borde urbano y el río en una progresión de lo más racional, ortogonal, artificial, a lo más salvaje, natural y de evolución espontánea.

Durante las crecidas del río Ebro, el parque actúa como defensa y es probable que la mayoría del mismo



FIGURA 27. Canal de aguas bravas.

esté bajo el agua, algo previsto en su construcción y por ello la zona más natural (arbolada) se encuentra junto al río.

## **3.4. PARQUE URBANO: SHERBOURNE COMMON PARK, ONTARIO (CANADÁ)**

La construcción del proyecto se desarrolló por Waterfront Toronto empezó en Julio de 2009 y se terminó en Julio de 2011. El coste total del proyecto fue \$30m.

Sherbourne Common surge de la transformación de una zona industrial abandonada a lo largo de un tramo de la línea de costa de Toronto, trasciende la definición convencional de un parque entretejiendo una planta de tratamiento de aguas pluviales con el paisaje, la arquitectura, la ingeniería y el arte público, es a la vez una sala de estar al aire libre para el nuevo uso mixto residencial y emergente de la comunidad de East Bayfront y un parque urbano de múltiples facetas que tiene la intención de servir a la circunscripción más amplia del centro de Toronto.

Es el primer parque en Canadá en incorporar un sistema de regulación de aguas pluviales para el barrio, además es también el primero con una certificación LEED Gold (11).

### **3.4.1. CONCEPTO**

Los espacios principales del parque son la plaza, el área de juegos para niños, el canal con las esculturas, la gran zona de agua, el pabellón y el gran espacio verde al sur.

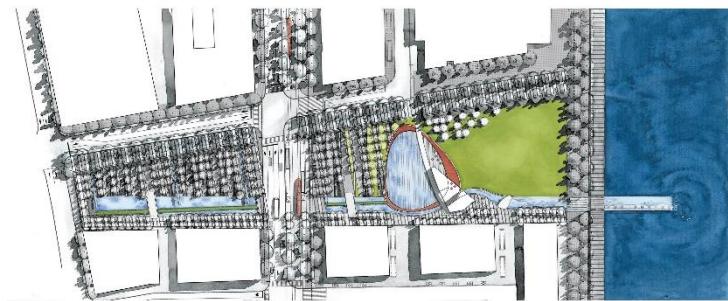


FIGURA 28. Plano de situación de Shebourne Common Park

(11). LEED (acrónimo de *Leadership in Energy & Environmental Design*) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (*US Green Building Council*). Fue inicialmente implantado en el año 1993.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales.

En cada una de sus categorías, los proyectos deben satisfacer determinados requisitos y ganar puntos o créditos. El número de puntos obtenidos por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que el proyecto recibirá. La Certificación LEED está disponible en cuatro niveles progresivos de acuerdo con la siguiente escala:

certificado (LEED Certificate),  
 plata (LEED Silver),  
 oro (LEED Gold) y  
 platino (LEED Platinum).

Programáticamente, el parque se esfuerza por adaptarse a una amplia gama de necesidades. Aborda dos paradigmas muy diferentes de diseño: proporcionar un espacio tranquilo para escapar del caos de la vida urbana, y el otro para proporcionar un espacio atractivo, cívico para la interacción social. Estas dos ideas se unen en la articulación y expresión de tres habitaciones urbanas diferenciadas del parque, la idea de los bosques, el agua y el verde.

La idea de los 'bosques' se expresa como un 'bosque' cuidadosamente organizado de árboles de arce, que se extienden a través de Queens Quay Boulevard.

La noción de "agua" se expresa de diversas maneras. El parque es una composición de la recogida de aguas pluviales.

El claro natural icónico encontrado a lo largo de las costas de Ontario se manifiesta en la articulación de lo "verde". El césped abierto tallado de las "maderas" y enmarcado por la plaza / plataforma adyacente al pabellón ofrece el primer plano de vistas al lago Ontario. La escala y el diseño de lo "verde" le permite funcionar como espacio de encuentro central del parque y también proporciona espacios íntimos dentro de sus bordes, donde las "maderas" comienza a disolverse para que las personas puedan disfrutar del sol o leer un libro bajo la sombra.

La naturaleza transformadora de Sherbourne Common existe no sólo en su materialidad, sino en su programa. El diseño del parque abarca todas las



FIGURA 29. Canales para el transporte del agua.

épocas y diferentes momentos del día. En verano, el agua se celebra a través de las esculturas de arte y de canal y también emerge de forma "cómica" a través de una serie de chorros de agua esparcidas por la plaza central. Una vez que los chorros estén apagados la plaza se transforma en un escenario, y en los meses de invierno, la plaza se convierte en un estanque de patinaje. Una estrategia de iluminación cuidadosamente estudiada crea interés visual y un ambiente bien iluminado para su uso por la noche.

Sherbourne Common ofrece una oportunidad para que los residentes de Toronto restablezcan el diálogo con el lago y la experiencia de una nueva perspectiva de un tramo olvidado de su línea de costa industrial.

El diseño del parque, que incluye una gran cantidad de materiales locales ha sido elogiado por su compromiso con el paisaje, la comunidad, la sostenibilidad, y el gran diseño innovador. El efecto debe ser un mayor aprecio y compromiso con el papel de la profesión que tiene un impacto significativo en no sólo parques, sino también en el diseño urbano, la construcción de la ciudad, y el medio ambiente. Además se hace uso de colores claros y pavimentos impermeables para reducir el efecto de isla de calor urbano, también se introducen determinados artefactos de iluminación para reducir la contaminación lumínica Sherbourne Common fue recientemente galardonado con un Premio de Honor en la Categoría Diseño general de la Sociedad Americana de Arquitectura del Paisaje (ASLA).



FIGURA 30. Central de depuración UV.

### 3.4.2. TRATAMIENTO DEL AGUA

El agua es sin duda el elemento más importante en el parque. Aparece en diferentes formas, tanto visuales como auditivos. El elemento principal es el canal de agua que corre a lo largo del parque y en el Boulevard Queens Quay.

La zona en la que se sitúa el parque es propensa al desbordamiento de alcantarillado durante las fuertes lluvias, lo que resulta en la contaminación microbiana del agua suministrada al parque, es por ello que este proyecto urbano también sirve a un propósito cívico importante. En este parque, el agua de lluvia se recoge y se desinfecta, gracias a una estación de bombeo especial y las instalaciones UV.

La desinfección del agua mediante el proceso ultravioleta (UV) fue elegido para tratar las escorrentías de agua y así hacerlas aptas para el contacto con el ser humano en el lago Ontario.

La gestión del sistema de pluviales está integrado en una infraestructura pública situada en East Bayfront para permitir una estética agradable, eficiencia de costes, funcionalidad y sostenibilidad.

A continuación se explica el ciclo del agua hasta su llegada al lago Ontario. Las escorrentías de aguas pluviales y el agua procedente del lago Ontario son recogidas y almacenadas en unos tanques situados debajo del entablado (al oeste) del paseo del water's edge para un tratamiento inicial que consiste en la



FIGURA 31. Cascadas artificiales de agua con tecnología LED.

sedimentación de las partículas sólidas suspendidas en el agua.

El agua clarificada fluye más tarde a través de un tanque situado bajo el pabellón WaveDeck, que actúa como un humedal gigante. Esta plataforma tiene tres agujeros que permiten la penetración de los rayos UV para el tratamiento.

La empresa Trojan proporcionó e instaló dos reactores TrojanUVFit en la instalación UV. Los reactores tienen la capacidad para tratar cada uno 70L/S de aguas pluviales. Uno de los dos reactores sólo se activa en caso de fallo del que está trabajando. Existe espacio suficiente para un nuevo reactor con lo cual se podrían tratar 140 L/s.

La estación de bombeo donde se trata el agua consiste en unos pozos húmedos divididos con unas bombas sumergibles, válvulas asociadas y tuberías de descarga. Estas tuberías están conectadas a un encabezamiento de descarga común en la corriente de arriba. Toda la infraestructura, el equipo de procesamiento y las unidades de UV se encuentran en el sótano.

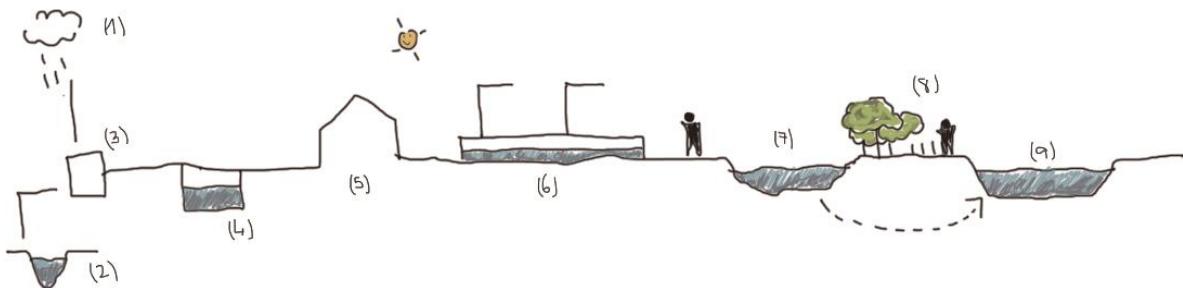
El agua tratada es luego conducida a través del canal artificial del parque que es accesible al público, la longitud del canal es de 238.5 metros (140 en el sur y 98.5 en el norte) hay además unas “duchas de luz”, se trata de tres esculturas de arte iluminadas estas esculturas creadas por Jill Anholt son de 9 metros de alto y están hechas de moldes de fibra de vidrio rellenados con hormigón, acero inoxidable y vidrio.



*FIGURA 32. Sistema de bombeo del agua.*

Estas esculturas de arte funcionan como cascadas del agua tratada y permiten que esta fluya a través del canal pasando a través de un lecho de biofiltración plantada con las hierbas acuáticas.

El agua se desplaza por el canal y en última instancia, se descarga en el lago Ontario.



*El agua procedente del agua de lluvia (1) y del lago Ontario (2) es recogida (3), se almacena luego en unos depósitos para un primer tratamiento (4), se transporta al pabellón de tratamiento UV (5), se transporta por el canal (6) a lo largo de todo el parque para uso y disfrute de la gente (7 y 8) y finalmente se devuelve limpia al lago (9).*

### 3.4.3. VEGETACIÓN

Además del extenso programa de tratamiento de aguas pluviales del parque, otros aspectos de la sostenibilidad incluyen el uso de árboles nativos o regionales que contribuyen fuertemente a la meta de cobertura verde que tiene la ciudad de Toronto, además potencian el uso de material eficiente del agua para reducir la necesidad de riego.

El parque está decorado con árboles y hierba, el número total de árboles es 182 (108 Pacific Sunset arce, roble rojo 45 y 29 haya americana).



FIGURA 33. Perspectiva aérea de Shebourne Common Park.

## **3.5. PARQUE-PLAZA: WATERPLEIN BENTHEMPLEIN, ROTTERDAM (HOLANDA)**

Rotterdam tiene una gran cantidad de espacio público urbano que precisa una actuación. Bentemplein era este tipo de espacio, un cuadrado cerca de la estación central, escondido entre los edificios escolares y una iglesia. De URBANISTEN eligió Bentemplein para la realización de su Watersquare porque simplemente era un espacio con una urgente necesidad de un cambio de imagen.

Además se trata de una ciudad que literalmente nada en abundancia, la abundancia del agua. Al contrario que en otras ciudades alrededor del mundo donde la escasez de agua es un problema, Rotterdam se enfrenta regularmente con grandes cantidades de agua que causan inundaciones en muchas partes de la ciudad.

### 3.5.1. CONCEPTO

Waterplein Bentemplein es una plaza que funciona como un punto de encuentro atractivo para la ciudad y para sus residentes.

La plaza dibuja tres cuencas de hormigón de diferentes profundidades que son utilizadas para distintas actividades de entretenimiento durante períodos secos. Sin embargo, durante épocas de fuertes lluvias, estas “piscinas” están temporalmente



*FIGURA 34. Plano de situación de Waterplein Bentemplein*

cubiertas de agua con el objetivo de liberar el sistema de alcantarillado de Rotterdam.

El agua de las superficies y tejados de los alrededores se recolecta en las cuencas generando tres pequeños lagos en el centro de la plaza.

En el momento en el que el sistema de canales de la ciudad tiene suficiente capacidad para permitir la salida del agua, el agua almacenada desaparece poco a poco, haciendo espacio para los usuarios una vez más. Además, como punto adicional esta Watersquare mejora la calidad del agua en el ambiente urbano porque evita que el agua contaminada fluya directamente al río Maas.

Cada cuenca tiene una función diferente cuando el tiempo es seco. Una de ellas es una pequeña isla que puede servir de escenario o simplemente de un lugar para sentarse y disfrutar de las horas de sol, otra está diseñada para patinaje. La cuenca más profunda es una pista para jugar al fútbol, volleyball y baloncesto.

Todo está ordenado como un gran teatro para sentarse, ver y ser visto. En cada entrada, se crean unos espacios más íntimos para sentarse y descansar.

Las tres “piscinas” están pintadas en varios tonos de azul, con un diseño que puede recordar en cierto modo a las isobaras de los mapas meteorológicos.

Las cunetas abiertas de acero inoxidable y las finas bandas de luz están integradas en el suelo de la plaza. Transportan el agua además de servir de atracción para los patinadores.



*FIGURA 35. Plazas de agua para la retención del agua de lluvia.*



*FIGURA 36. Plazas de agua para la retención del agua de lluvia.*

Waterplein Bentheplein fue la primera plaza a gran escala que ayuda a Rotterdam a sobrellevar las avenidas de agua, se utiliza como un lugar convencional de juego y estancia en momentos de buen tiempo, pero cuando hablamos de fuertes tormentas, sirve como un sistema de almacenaje de agua.

Con este tipo de proyectos se defiende la idea de no ocultar el almacenaje del agua de lluvia bajo el suelo. En vez de eso, se muestra, como elemento de diseño así como parte del espacio público.

### 3.5.2. TRATAMIENTO DEL AGUA

El concepto único y un diseño simple de Waterplein Bentheplein puede no ser la única manera de manejar grandes cantidades de agua de lluvia en las ciudades, pero es una de las ideas más importantes orientadas a las plazas con un alto grado de utilización, así como una innovadora solución para el almacenamiento temporal del exceso de agua de lluvia.

De URBANISTEN da a Rotterdam el valor añadido que necesitan urgentemente para la gestión del agua.

La cuenca más profunda cuenta con un mecanismo de llenado interesante. El agua se introduce en la cuenca de manera espectacular a través de una cascada en la pared. Además, el ritmo de caídas de agua y de llenado va en función de la cantidad de agua que cae del cielo.

Tres cuencas recogen el agua de lluvia: dos cuencas menos profundas para el entorno inmediato recibirán agua cada vez que llueve, la más profunda recibe el agua sólo cuando llueve de manera continuada. Aquí el agua se recoge de la mayor parte de la plaza. El agua de lluvia se transporta a través de grandes canaletas de acero inoxidable hasta las cuencas. Las canaletas tienen características especiales, son elementos de acero de gran tamaño aptos para el uso de los patinadores. Otros dos elementos especiales traen el agua de lluvia a la plaza: un muro de agua y un pozo de lluvia. Los dos introducen dramáticamente el agua de lluvia de forma visible a la plaza. El pozo está diseñado como un principio especial para el canalón de acero inoxidable que se eleva desde el suelo. Este pozo también trae el agua desde el edificio adyacente a la cuneta. La pantalla de agua trae el agua desde más lejos hasta la cuenca profunda. Dos elementos extras de agua completan el cuadro. Un baptisterio al aire libre se coloca al lado de la iglesia que está situada en la plaza y una pequeña fuente de la cual el agua fluye a lo largo de la plaza hasta una de las cuencas poco profundas

Después de la lluvia, el agua de las dos cuencas que son poco profundas desemboca en un dispositivo de infiltración subterránea y desde aquí se filtra gradualmente hacia las aguas subterráneas. De esta manera el equilibrio de agua subterránea se mantiene a nivel, y también puede hacer frente a los períodos secos. Esto ayuda a mantener los árboles de la ciudad



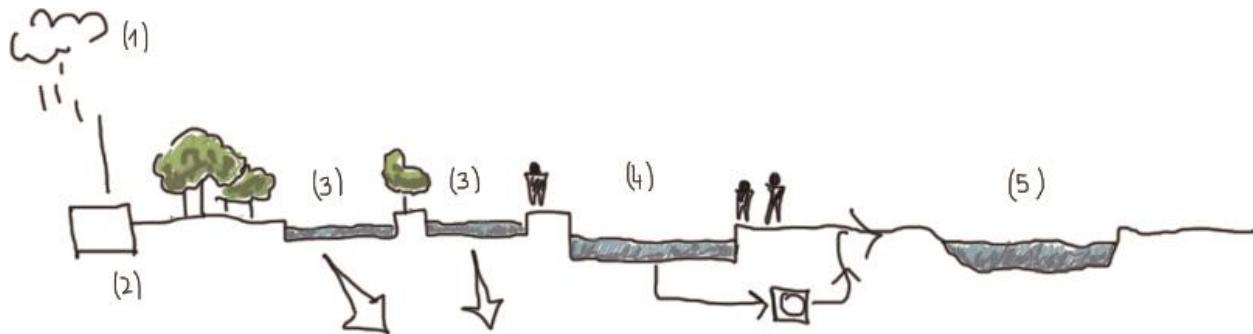
*FIGURA 37. Detalle de las canalizaciones para transportar el agua a las plazas.*



*FIGURA 38. Detalle del muro de llenado de la plaza profunda.*

y las plantas en buen estado, lo que ayuda a reducir el efecto de isla de calor urbano.

El agua de la cuenca profunda fluye de nuevo en el sistema de aguas abiertas de la ciudad después de un máximo de 36 horas para asegurar la salud pública. Toda el agua de lluvia que ha sido almacenada no fluye en el sistema de alcantarillado mixto más. Así el sistema de alcantarillado mixto convencional se alivia y reduce la frecuencia de desbordamiento del agua sucia en el mar abierto cada vez que llegue a su capacidad de almacenamiento. Al separar el agua de lluvia poco a poco del sistema de agua negro con cada intervención, todo el sistema avanza hacia una mejora de la calidad general de las aguas abiertas en la ciudad.



*El agua de la lluvia y los alrededores (1) es recogida (2), se transporta a tres balsas, las dos menos profundas (3) devuelven el agua al terreno por filtrado, la más profunda (4) recoge el agua de lluvia y de las cubiertas cuando llueve durante períodos largos de tiempo y más tarde devuelve el agua al sistema de alcantarillado y de allí de nuevo al río Maas.*

### 3.5.3. VEGETACIÓN

En referencia a la vegetación, la escena trata de enfatizar la bonita línea de árboles que ya existía. Para ello se añaden plantas y hierba silvestre rodeando los árboles, un muro de hormigón rodea toda esta vegetación, generando así nuevos espacios donde sentarse y relajarse

# **4.** CONCLUSIONES

La preocupación e integración medioambiental es ya un pilar en la sociedad actual la cual reconoce la importancia y necesidad de preservar los recursos naturales.

Es así que en cuanto al desarrollo de ciudades, parques, plazas o nuevos entornos, el urbanismo no podía quedar desvinculado de esta cada vez más consolidada sensibilidad.

Las nuevas formas de urbanización apuestan por un diálogo con el medio natural, fomentando los procesos naturales para generar espacios más humanos y procurando a la vez dar soluciones a problemas de vital importancia.

Existen multitud de elementos de urbanización ecológica, pero este trabajo se ha centrado en el activo del agua, un bien de gran importancia. Es por ello que se está desarrollando un especial interés en nuevos sistemas para tratar con los problemas derivados de una mala gestión de nuestros recursos hidrológicos.

Como ya se ha mencionado, en el pasado los mecanismos empleados para tratar y controlar los caudales de agua en las ciudades han funcionado con resultados eficientes, pero con el paso del tiempo, el clima, las precipitaciones y la mentalidad han cambiado de una manera sustancial, dejando poco a poco todos estos métodos anticuados u obsoletos al no poder cubrir las necesidades de calidad así como de cantidad procesada de agua.

Como respuesta a estos problemas surge la opción de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible que procuran resolver los problemas mediante procesos que tratan de imitar en la medida de lo posible el ciclo natural del agua, equilibrando así las diferencias que existen entre la permeabilidad de zonas edificadas y los comportamientos de la naturaleza.

Se han estudiado varios ejemplos en los que los métodos empleados varían en función del objetivo que se persigue. Vemos de este modo el diverso número de posibilidades que ofrecen estos métodos de tratamiento de aguas.

Cada uno de estos ejemplos nos ofrece respuestas distintas, así ocurre por ejemplo con el proyecto del Parque del Agua en Zaragoza, donde se ha optado por un sistema de canales y filtros verdes para mejorar la calidad de las aguas y por unas barreras vegetales para lidiar con los problemas causados por inundaciones derivadas de las posibles crecidas del río.

En comparación con este proyecto el parque Shebourne Common de Canadá, dónde al igual que en el ejemplo anterior el agua va a recorrer unos canales en los que la vegetación juega un papel

de filtro, pero anteriormente esta agua ya ha sido filtrada mediante un proceso UV, en ambos casos el agua se devuelve al cauce con un incremento notable de su calidad.

Los últimos dos ejemplos van de la mano, se trata del Plan Water city 2035 y Waterplein Benthenplein, ambos proyectos situados en Rotterdam, donde el problema principal es el aumento del nivel del agua y las inundaciones que esto causa.

Frente a esta situación se opta por un sistema de drenaje urbano que consiste en la retención y ralentización del agua de lluvia en su recorrido hacia los sistemas de alcantarillado convencionales, evitando así sobrecargas, inundaciones y contaminación de las aguas. Todo este proceso se lleva a cabo mediante las plazas de agua que van a ser las protagonistas para la organización de la ciudad en el plan Water City 2035. Siguiendo con este elemento plaza hablamos del Waterplein Benthenplein, donde se utiliza este principio de Water Square como método de drenaje para lidiar con las sobrecargas de agua que se producen tras las grandes avenidas de agua.

Es posible encontrar muchos más ejemplos sobre este tipo de sistemas de drenaje. Concluyendo podemos afirmar que estas nuevas técnicas ofrecen numerosas ventajas, no solo en el sentido medioambiental, el cual parece el más evidente. Se trata de sistemas que tratan la calidad de las aguas sin la necesidad de productos químicos nocivos para el ser humano, ayudan a mantener limpias las ciudades.

Además se trata de unos sistemas que permiten solucionar los problemas que hemos visto, a la vez que crean espacio público, mejorando la calidad del espacio y por ende la calidad de la vida de las personas que disfrutan de estos lugares.

Por último, estos sistemas de drenaje suponen un ahorro económico frente a los sistemas tradicionales. Todos los problemas que se afrontan con estos sistemas podrían solucionarse utilizando los sistemas de drenaje tradicionales, pero los gastos económicos serían desorbitados, con lo SUDS ese gasto económico es menor y proporciona una solución permanente a largo plazo.

# **5.** BIBLIOGRAFÍA

## **5.1. BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

- DICKINSON, R.E, “*The West European City*”, Routledge & Kegan Paul, Londres, 1951.
- GORDON, G “*The shaping of urban morphology*”, Urban History Yearbook, 1984.
- KOSTOFF, S “*The City assembled. The City shaped*”, Thames & Hudson, Londres, 1993, 1994.
- PANNERAI, P, “Elementos de análisis urbano”, Gustavo Gili, Barcelona, 1983.
- PERALES MOMPALAR, S, ANDRÉS-DOMÉNECH, “*Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia*”, Valencia, 2000.
- PIÑON, J.L, “*Los orígenes de la Valencia moderna*”, Alfons el Magnánim, Valencia, 1988, cap.1
- SANCHEZ, I “*Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS*”, jornadas sobre tecnología y medio ambiente, Pamplona, 26 de noviembre, 2009
- VALLS BENAVIDES, G “*Integración de las aguas pluviales en el paisaje urbano: un valor añadido a fomentar*”, Bilbao, Mayo, 2008.

## **5.2 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS, CASOS**

### 5.2.1 EL PARQUE METROPOLITANO DEL AGUA

- ALDAY JOVER Y DALKONY, “*El Parque Del Agua Luis Buñuel*”, EXPO agua, Zaragoza, 2008
- <http://www.parquedelagua.com>
- <http://www.verdiland.com/plantflor/img/08/001/001.pdf>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Parque\\_del\\_Agua\\_Luis\\_Bu%C3%B1uel](https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_del_Agua_Luis_Bu%C3%B1uel)

### 5.2.2. ROTTERDAM WATER CITY 2035

- JACOBS, J, “*Rotterdam Climate Proof Connecting water with opportunities*”, 14 junio, 2012
- VONK, L, “*Rotterdam: Living with Water*”, 42nd ISoCaRP Congress 2006
- De Grote Woontest (2004), Feiten en beleving van het wonen in de regio Rotterdam,  
[www.degrotewoontest.nl](http://www.degrotewoontest.nl).
- Rotterdam Development Corporation (2005), Economische Verkenning Rotterdam 2005.  
<http://marcovermeulen.eu/themes/11/waterindestad/39/rotterdamwatercity2035/english/>
- <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=watercity-2035>

### 5.2.3. SHEBOURNE COMMON PARK

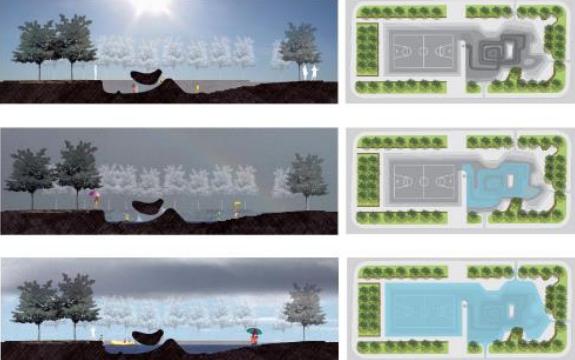
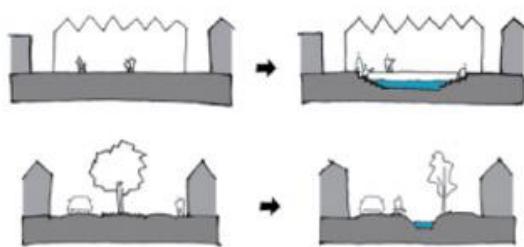
- <https://www.asla.org/2013awards/107.html>
- [http://www.waterfronttoronto.ca/sherbourne\\_common](http://www.waterfronttoronto.ca/sherbourne_common)
- <http://www.water-technology.net/projects/sherbourne-common-stormwater-toronto-canada/>
- <http://urbantoronto.ca/database/projects/sherbourne-common-canadas-sugar-beach-and-waters-edge-promenade>

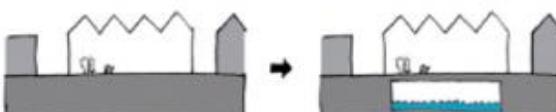
### 5.2.4. WATERPLEIN BENTHEMPLEIN

- <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein>
- <http://landarchs.com/waterplein-benthemplein-reveals-the-secret-of-versatile-water-squares/>
- <http://www.rotterdam.nl/benthemplein>
- <http://www.kennislink.nl/publicaties/waterplein-maakt-rotterdam-regenproof>

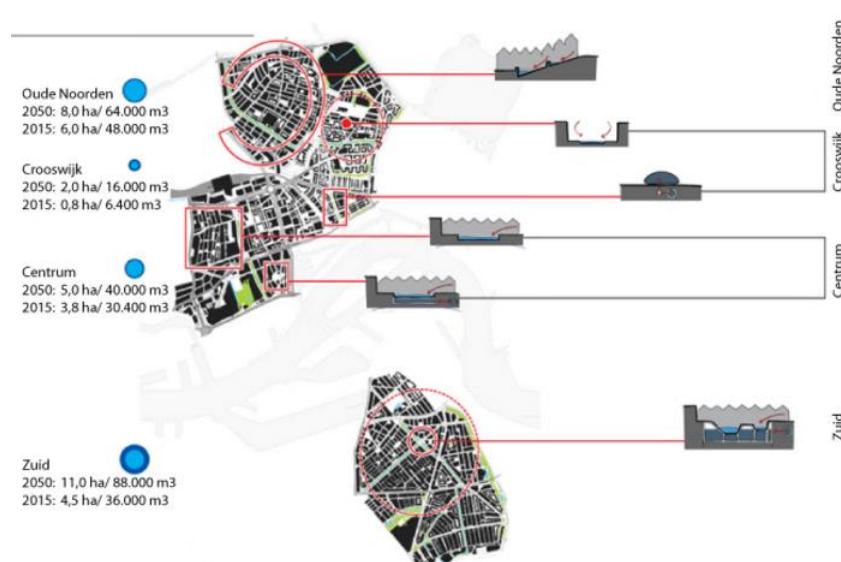
# **6. ANEXOS INFORMATIVO: FICHAS**

## 6.1. WATER PLAN ROTTERDAM 2035

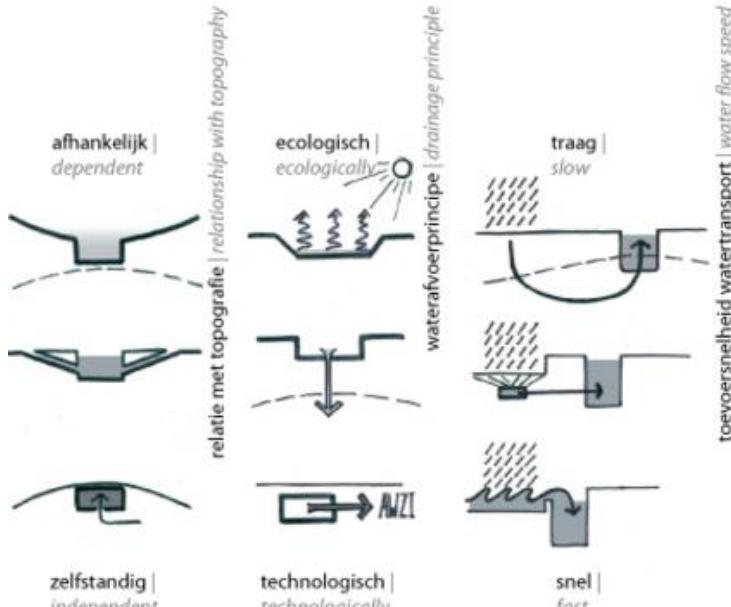
PROYECTO	Rotterdam wáter city 2035.
LOZALIZACIÓN	Rotterdam, Holanda.
DISEÑADORES	VHP, City of Rotterdam (Municipal Public Works, Urban Planning and Public Housing Department, Development Corporation), Higher water board from Schieland and Krimpenerwaard, Urban Affairs
FECHA	2006 -
CLIENTE	Initiative Urban Affairs, financed by the Netherlands Architecture Fundation.
	Rotterdam water plan, es un proyecto que comienza a desarrollarse en 2006 y tiene como objetivo finalizar en el año 2035, dejando como legado una ciudad que pueda hacer frente y aprovecharse de sus abundantes recursos hídricos.
	Las plazas de agua pretenden separar el curso de las aguas de lluvia del sistema de alcantarillado de la ciudad para evitar así posibles contaminaciones.
	Las distintas soluciones generan distinto espacios urbanos a lo largo de Rotterdam.



The diagram shows a transition from a traditional urban landscape with houses and roofs to one where rainwater is collected in a reservoir.



Zone	2050: ha / m <sup>3</sup>	2015: ha / m <sup>3</sup>
Oude Noorden	8.0 / 64.000	6.0 / 48.000
Crooswijk	2.0 / 16.000	0.8 / 6.400
Centrum	5.0 / 40.000	3.8 / 30.400
Zuid	11.0 / 88.000	4.5 / 36.000



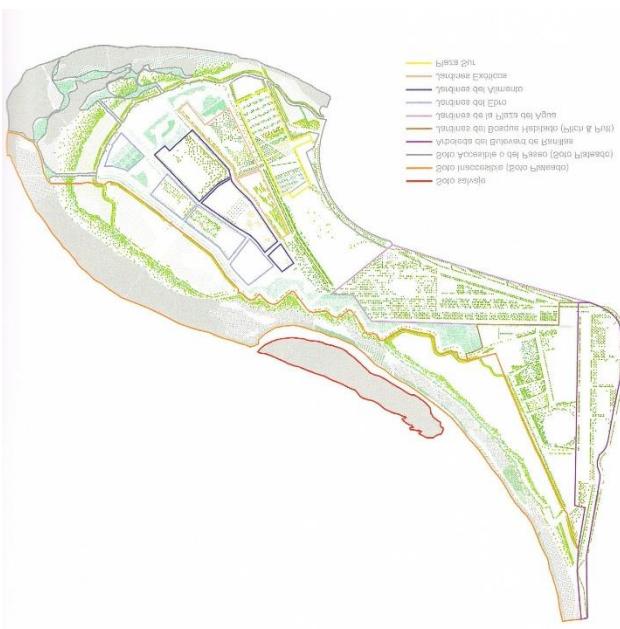
The diagram illustrates four principles of drainage:

- afhankelijk | dependent**: Topographic dependency, showing water flowing into a depression.
- relatie met topografie | relationship with topography**: Ecologically, showing water entering a system influenced by topography.
- ecologisch | ecologically**: Water drainage principle, showing slow infiltration into soil.
- watervoerprincipe | drainage principle**: Slow infiltration, showing water entering a storage tank.
- traag | slow**: Infiltration into soil, showing a slow flow path.
- toevoersnelheid watertransport | water flow speed**: Fast water transport, showing water entering a storage tank quickly.
- zelfstandig | independent**: Technologically, showing water entering a system independently of topography.
- technologisch | technologically**: Fast | fast, showing water entering a storage tank quickly.
- snel | fast**: Infiltration into soil, showing a fast flow path.

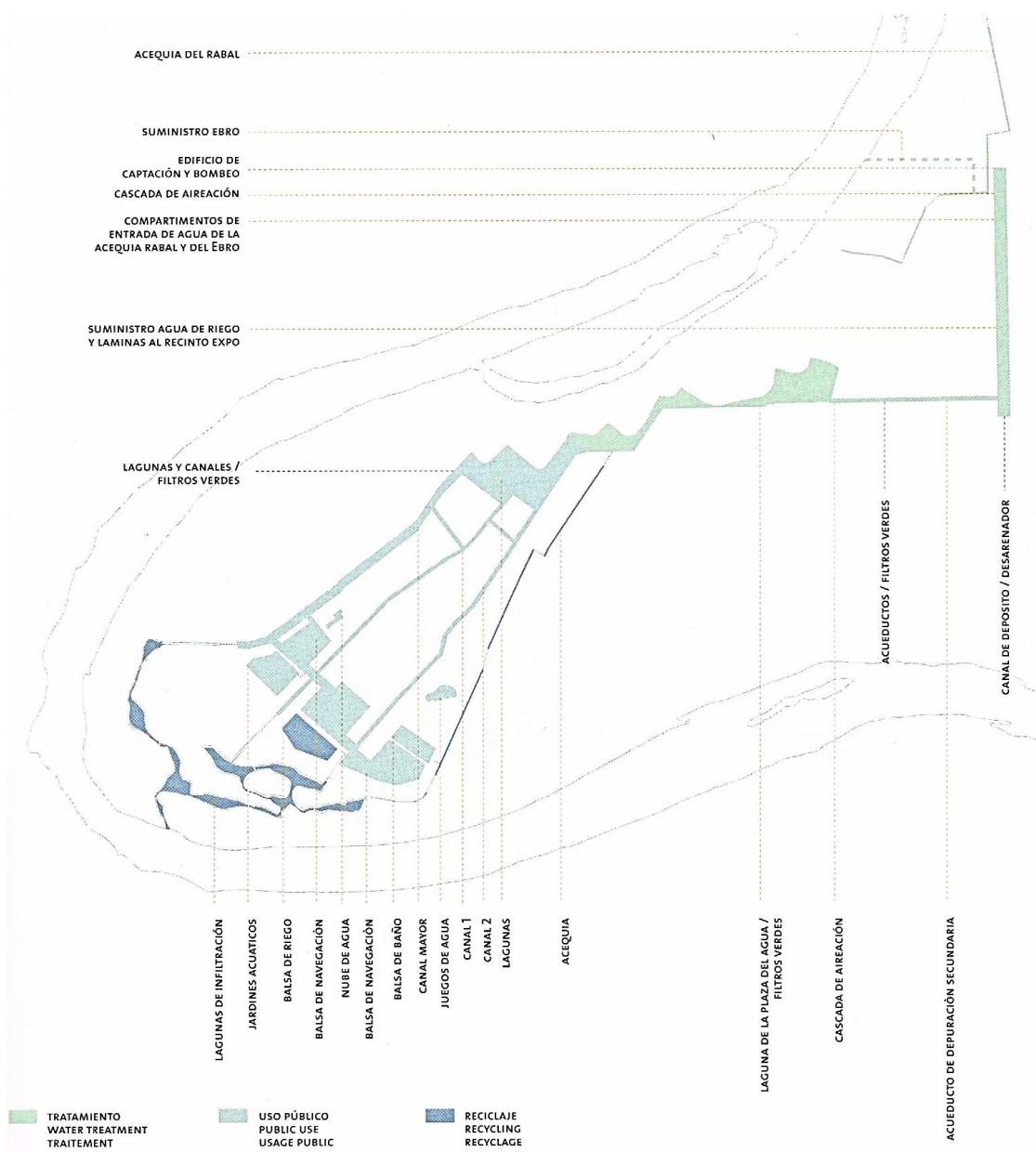
Para llevar a cabo la decisión de cada sistema de drenaje se recurre al gráfico de abajo donde se muestran los factores importantes que se han de tener en cuenta a la hora de elegir el sistema de recolección de las pluviales.

Entre algunos de los factores nos encontraremos con la calidad del agua, la frecuencia de inundación, la velocidad con la que fluyen las corrientes o la relación entre el agua y la topografía.

## 6.2. EL PARQUE METROPOLITANO DEL AGUA

PROYECTO	Parque Metropolitano del Agua Luis Buñuel
LOCALIZACIÓN	Zaragoza, España
DISEÑADORES	Iñaki Alday, Margarita Jover y Christine Dalnoky
PRESUPUESTO	6 – 7 millones de euros
FECHA	Junio 2008
ÁREA	120 hectáreas
CLIENTE	EXPO Zaragoza
	<p>Como una columna vertebral, el sistema de transporte y tratamiento que extrae agua del freático, del río Ebro y del rabal organiza a lo largo de 2,5km del parque las actividades separando, uniendo y cualificando espacios de uso diverso. El agua se capta, se mejora su calidad mediante filtros verdes, se usa para baño y navegación, se recicla para riego y se devuelve al río por infiltración, buscando las máximas superficies de agua y el mínimo consumo.</p>
	<p>Se almacena el agua en un gran canal de depósito, de 25m de ancho y 400 de longitud. Desde el final del canal de depósito arranca el acueducto de tratamiento, que circula elevado 4,5m por encima de la rasante del parque, con un canal de agua de 8m de ancho y un paseo peatonal de 4m en el lado sur. El acueducto trata una parte del caudal y traslada el resto a unos humedales de tratamiento a ras de suelo. Su longitud total es de 270m donde se trata el agua en compartimentos de distintas características y geometrías (flujo superficial y subsuperficial, higienización y filtros de gravas).</p> <p>El agua tratada por el acueducto se envía directamente a la zona de baños, el resto desde los humedales, circula por la laguna de la plaza hasta verter hacia el sistema de lagunas y canales.</p> <p>Tres grandes balsas reciben el agua de los canales, la renovación del agua del sistema se realiza vertiendo hacia la balsa de riego y evacuando el sobrante por los escorredores hasta las lagunas de infiltración que recrean ecosistemas de humedales y gradúan la relación del sistema con el río.</p>

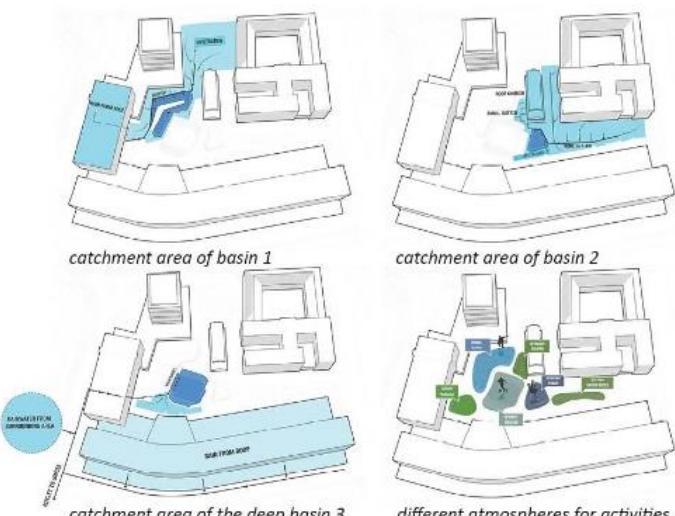
PREMIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Certificado AENOR en gestión medioambiental (2008)</li> <li>-Premio FAD de arquitectura (2009)</li> <li>-Green Globe de sostenibilidad medioambiental (2014)</li> <li>-Premio columpio de oro a la mejor zona infantil de juegos (2014)</li> <li>-XX premio de la asociación de Parques y Jardines Públicos (2015)</li> </ul>
---------	---



## 6.3. SHEBOURNE COMMON PARK

PROYECTO	Shebourne Common Park
LOCALIZACIÓN	Tronto, Ontario (Canadá)
DISEÑO	PFS Studio
PRESUPUESTO	1,9 millones de dólares
FECHA	2009 - 2011
ÁREA	1,5 hectáreas
CLIENTE	Waterfront Toronto
	<p>Sherbourne común es el primer parque en Canadá en integrar una instalación de radiación ultravioleta (UV) para el tratamiento de aguas pluviales del barrio. La instalación UV se encuentra en el sótano de la estructura del parque, una vez tratada el agua se devuelve al lago Ontario mediante un canal de 240m de largo.</p>
	<p>Una parte importante del parque es el canal de 240 metros que contiene esculturas de arte que se elevan casi nueve metros del suelo, conocidas como "Duchas de luz" por el artista Jill Anholt. Fueron realizadas utilizando moldes de fibra de vidrio reforzados con una barra de refuerzo epoxi y rellenado con hormigón. Después del curado del hormigón, las esculturas se retiraron cuidadosamente de los moldes y se instalan en los pilares de hormigón.</p> <p>El canal tiene camas de biofiltrado que siguen tratando el agua antes de descargarla en el lago Ontario.</p> <p>Los reactores están equipados con sistema de limpieza automática para reducir el ensuciamiento de los tubos de cuarzo que rodean las lámparas UV y aumentar su eficiencia.</p> <p>Trojan suministrado e instalado dos reactores TrojanUVFit en la instalación. Los reactores tienen capacidad para tratar las aguas pluviales a una velocidad de 70L / s cada uno. Una de las dos unidades es redundante y se utilizará cuando la primera unidad UV no está disponible (funcionamiento en paralelo). La instalación dispone de espacio para la instalación de un tercer reactor para llevar la capacidad total de tratamiento de 140L / s, con una función de redundancia.</p>

## 6.4. WATERPLEIN BENTHENPLEIN

PROYECTO	Waterplein Benthenplein
LOCALIZACIÓN	Rotterdam (Holanda)
DISEÑADORES	DE URBANISTEN
PRESUPUESTO	4 millones de euros
FECHA	2012 – 2013
ÁREA	9.500m2
CLIENTE	Rotterdam Climate Iniciative, City of Rotterdam.
	<p>El principio de ordenamiento del proyecto para Water city 2035 de Rotterdam se pone en práctica en esta plaza que se sitúa en la misma ciudad. Se trata de un espacio compuesto por tres “piscinas” de distinta profundidad que recogen el agua de lluvia, a la vez que generan diferentes atmósferas para actividades durante los períodos secos.</p> <p>Cada una de las plazas recoge el agua de lluvia de unas zonas concretas de los alrededores, además el sistema de llenado varía de unas a otras. Otro aspecto a tener en cuenta es la frecuencia de llenado ya que es distinto según la profundidad de cada una de las cuencas, es así que las dos menos profundas reciben agua cada vez que llueve mientras que la profunda únicamente se ocupa cuando se dan fuertes tormentas.</p>
<p>El agua no es el único elemento que configura el parque, la vegetación también juega un papel importante, variando la estética en verano o invierno, los diferentes tipos de plantas y árboles se mezclan generando unos espacios de esparcimiento para la gente de Rotterdam.</p>	

