



**NUEVOS ENFOQUES PARA RESOLVER  
LOS PROBLEMAS DEL DESARROLLO  
HÍDRICO SUSTENTABLE:  
EL DISEÑO URBANO SENSIBLE AL  
AGUA**

**DR. MANUEL PERLÓ COHEN  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES - UNAM**



# I. Introducción

➔ ¿Por que es necesario un nuevo enfoque sobre el agua en las ciudades?

➔ **Enfoque tradicional:**

Obras de infraestructura de abastecimiento de agua y drenaje.

Problemas asociados a este enfoque:

- ❑ Elevado costo económico
- ❑ Impactos negativos ambientales
- ❑ Conflictos políticos y sociales

Se requiere un cambio de enfoque.

## II. Evolución de los Sistemas Hidráulico Urbanos Conductores Socio-Políticos Acumulativos



### III. Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA)

#### Origen

El DUSA se generó en Australia, un país que ha históricamente sufrido de importantes periodos de escasez de líquido, así como de otros que implican un exceso desmedido de lluvia.

Caracterizado por ser un continente más bien desértico, ha sido necesario encontrar elementos que faciliten la gestión y distribución del agua de tal manera que esto garantice la supervivencia de sus ciudades.





## Sus principios básicos

- ▶ La protección y la mejora de arroyos, ríos y humedales en los entornos urbanos;
- ▶ La protección y la mejora de la calidad del agua que drena de los entornos urbanos en los arroyos, ríos y humedales;
- ▶ Restauración del agua urbana equilibrio mediante la maximización de la reutilización de las aguas pluviales, agua reciclada y de aguas grises;
- ▶ La conservación de los recursos hídricos a través de la reutilización y la eficiencia del sistema;
- ▶ La integración de tratamiento de aguas pluviales en el paisaje de modo que ofrece múltiples usos beneficiosos como tratamiento de la calidad del agua, el hábitat de la vida silvestre, recreación y espacios abiertos al público;
- ▶ La reducción de los caudales máximos y la escorrentía de las zonas urbanas proporcionando al mismo tiempo para la infiltración y la recarga de las aguas subterráneas;
- ▶ La integración del agua en el paisaje para mejorar el diseño urbano, así como los valores sociales, visual, cultural y ecológico, y
- ▶ Aplicación fácil y rentable de DUSA que permiten la aplicación generalizada.



## Sus metas y objetivos

- ▶ Reducir los flujos de escorrentía, tanto en volumen como en caudales máximos; se reducen los procesos de erosión; se minimizan los impactos hidromorfológicos.
- ▶ Reducir la contaminación y minimizar las descargas de agua contaminada al medio natural a través de cualquiera de los flujos.
- ▶ Proteger la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ▶ Incorporar la recogida, tratamiento y aprovechamiento de las escorrentías, incluyendo agua de los tejados. Se busca que el agua pluvial no sufra ningún tipo de deterioro o contaminación, eliminar la que pudiera tener (mediante técnicas blandas o biorremediación) y aprovecharla de forma económica y eficiente para el mantenimiento de zonas verdes y recreativas (u otros usos municipales), para la recarga del freático o para su devolución al medio natural libre de contaminación y con flujos controlado.
- ▶ Reducir al mínimo la demanda en el sistema de suministro de agua.
- ▶ Minimizar la generación de aguas residuales. Se contribuye a mejorar el funcionamiento de las infraestructuras de saneamiento existentes.

- 
- ▶ Se contribuye a reducir los costes de infraestructura para el transporte y depuración de aguas residuales mediante la reducción de los volúmenes de agua a tratar.
  - ▶ Reducir la entrada del agua de lluvia en el sistema de saneamiento para evitar el incremento de su contaminación, la sobrecarga de la red y su posterior descarga al medio natural, desbordamientos de sistemas unitarios (DSU), altamente contaminados.
  - ▶ Aumentar los equipamientos públicos en las zonas urbanas a través de la integración de espacios de usos múltiples, como jardines o parques, que además se integran paisajísticamente. Se contribuye, facilita e incentiva el aumento de superficie vegetada en las zonas urbanas, aportando simultáneamente nuevos recursos de agua, de gran calidad, para su mantenimiento.



## Sus técnicas

- ▶ Reutilización de aguas grises como una fuente alternativa de agua para conservar los suministros potables;
- ▶ Detención, en lugar de transporte rápido de las aguas pluviales;
- ▶ Reutilización, almacenamiento e infiltración de aguas pluviales, en lugar de aumento de sistema de drenaje;
- ▶ El uso de la vegetación con fines de filtrado de aguas pluviales;
- ▶ Paisajismo eficiente del agua para reducir el consumo de agua potable;
- ▶ Protección de los valores relacionados con el agua del medio ambiente, recreativas y culturales por minimizar la huella ecológica de un proyecto relacionado con la prestación de servicios de alimentación, aguas residuales y pluviales;
- ▶ Plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de reutilización para reducir el consumo de agua potable y reducir al mínimo los vertidos de aguas residuales nocivas para el medioambiente;
- ▶ Suministro de agua de lluvia o de otras aguas urbanas recicladas (en todos los casos sujetos a controles apropiados) para proporcionar las necesidades hídricas ambientales de los cursos de agua modificados;
- ▶ Arreglos institucionales flexibles para hacer frente a la creciente incertidumbre y la variabilidad en el clima;
- ▶ Un enfoque en la planificación a largo plazo, y
- ▶ Una amplia gama de fuentes de agua, con el apoyo de la infraestructura centralizada y descentralizada del agua.

## Prácticas comunes del DUSA

### Sistemas de Bioretención

Implica el tratamiento de la vegetación antes de la filtración de sedimentos y otros sólidos a través de los medios de comunicación establecidos. La vegetación proporciona absorción biológica de nitrógeno, fósforo y otros contaminantes de partículas solubles. Los Sistemas de Bioretención ofrecen un diseño más compacto que otras medidas similares (por ejemplo, los humedales construidos) y por lo general se utilizan para filtrar y tratar la escorrentía antes de llegar a desagües.



### Bioretención "swales"

Similares a las franjas de protección y cunetas, se colocan dentro de la base de un canal de drenaje que generalmente se encuentra en la mediana de las carreteras divididas. Ellos proporcionan tanto las funciones de conducción de aguas pluviales y tratamiento. Un sistema de bioretención se puede instalar en parte de un canal de drenaje, o a lo largo de la longitud completa de un canal de drenaje, dependiendo de los requisitos de tratamiento. El agua de escorrentía generalmente pasa a través de un filtro de medios finos y procede hacia abajo donde es recogido a través de un tubo perforado que conduce a vías fluviales aguas abajo o almacenamientos. La vegetación que crece en los medios de filtro puede prevenir la erosión y, a diferencia de los sistemas de infiltración, los "swales" son adecuados para una amplia gama de condiciones del suelo.

### Zanjas y sistemas de infiltración

Son estructuras excavadas poco profundas llenas de materiales permeables, tales como grava o roca para crear un depósito subterráneo. Están diseñados para contener las aguas pluviales dentro de una zanja subterránea y poco a poco lo liberan en el suelo circundante y de los sistemas de aguas subterráneas. A pesar de que generalmente no están diseñados como una medida de tratamiento, pueden proporcionar un cierto nivel de tratamiento de contaminantes y sedimentos de retención. Los volúmenes de escorrentía y las descargas máximas de áreas impermeables se reducen mediante la captura y la infiltración flujos.



### Los filtros de arena

Son una variación del principio zanja de infiltración y operan de una manera similar a los sistemas de bioretención. Las aguas pluviales pasan a través de ellos para el tratamiento antes de la descarga al sistema de aguas pluviales aguas abajo. Los filtros de arena son muy útiles en el tratamiento de la escorrentía de las superficies duras confinadas tales como aparcamientos y de zonas muy urbanizadas y edificadas.



### Cuencas de sedimentación

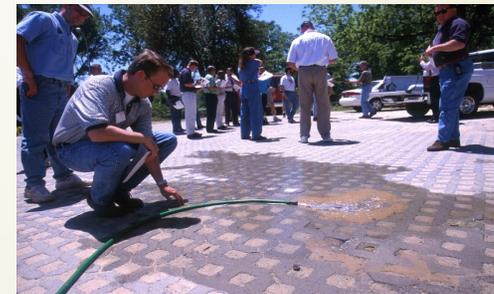
También conocidas como cuencas de sedimentos, se utilizan para eliminar (por sedimentación) de grueso a los sedimentos de tamaño medio y regular los flujos de agua y son a menudo el primer elemento de un sistema de tratamiento DUSA. Operan a través de la retención de las aguas pluviales temporal y reducción de las velocidades de flujo para promover la sedimentación de los sedimentos de la columna de agua.



### Pavimento poroso (o pavimentación permeable)

Es una alternativa al pavimento impermeable convencional y permite la infiltración del agua de escorrentía en el suelo o en un depósito de almacenamiento de agua dedicado abajo.

En las zonas razonablemente planas tales como aparcamientos, calzadas y carreteras, disminuye el volumen y la velocidad de la escorrentía de aguas pluviales y puede mejorar la calidad del agua mediante la eliminación de los contaminantes a través del filtrado, la interceptación y de tratamiento biológico son una variación del principio zanja de infiltración y operan de una manera similar a los sistemas de bioretención.



## Los humedales artificiales

Están diseñados para eliminar los contaminantes de aguas pluviales asociadas con multa a las partículas coloidales y contaminantes disueltos. Estos cuerpos de agua superficiales, ampliamente con vegetación utilizan mayor sedimentación, filtración fina y absorción biológica para eliminar estos contaminantes.

Por lo general, comprenden tres zonas: una zona de entrada (decantador) para eliminar sedimentos gruesos, una zona de macrófitos, una zona de densa vegetación para eliminar las partículas finas y la absorción de los contaminantes solubles, y un canal de derivación de alto flujo para proteger la zona de macrófitos.

La zona de macrófitos generalmente incluye una zona de pantano, así como una zona de aguas abiertas y tiene una gran profundidad de 0,25 a 0,5 m con especies de plantas especializadas y un tiempo de retención de 48 a 72 horas. Los humedales construidos pueden proporcionar una función de control de flujo por el aumento en las precipitaciones y luego liberando lentamente los flujos almacenados

Los humedales artificiales mejorarán la calidad de las aguas de escorrentía en función de los procesos de los humedales.



### Swales y franjas de protección

Se utilizan para transportar las aguas pluviales, en lugar de los tubos y proporcionar una zona de separación entre las aguas receptoras (por ejemplo, arroyo o humedales) y áreas impermeables de una cuenca. Flujos terrestres y laderas suaves transmiten lentamente agua río abajo y promover una distribución uniforme del flujo. Zonas tampón proporcionan tratamiento a través de la sedimentación y la interacción con la vegetación.



### Estanques y lagos artificiales

Son cuerpos de agua abiertos que se crean normalmente mediante la construcción de una pared de la presa con una estructura de rebosadero de salida.

Al igual que en humedales construidos, pueden usarse para tratar la escorrentía proporcionando detención prolongada y permitiendo la sedimentación, la absorción de nutrientes y desinfección que se produzca. Además, proporcionan una calidad estética para la recreación, la vida silvestre, y valioso de almacenamiento de agua que potencialmente puede ser reutilizada para el riego, por ejemplo.



### Tanques de agua de lluvia

Están diseñados para conservar el agua potable por la recolección de la lluvia y el agua de lluvia para satisfacer parcialmente la demanda de agua doméstica (por ejemplo, durante los períodos de sequía). Además, los tanques de agua de lluvia pueden reducir el volumen de las aguas de escorrentía y contaminantes de aguas pluviales lleguen a cursos de agua río abajo.

Se pueden utilizar de manera efectiva en los hogares domésticos como elemento DUSA potencial.

La lluvia y las aguas pluviales de los tejados de los edificios se pueden recoger y acceder específicamente para fines tales como la descarga de inodoros, lavado de ropa, riego de jardines y lavado de autos. Depósitos de inercia que el agua de lluvia recogida de las superficies duras que se filtre en el sitio ayuda a mantener los niveles de agua subterránea y los acuíferos.



### Almacenamiento y recuperación de acuíferos

También conocida como gestión de la recarga de acuíferos, tiene como objetivo mejorar la recarga de agua de los acuíferos subterráneos a través de alimentación por gravedad o bombeo. Puede ser una alternativa a los grandes almacenamientos de superficie con agua que se bombea de nuevo desde debajo de la superficie en períodos de sequía.

Posibles fuentes de agua para un sistema de Almacenamiento y recuperación de acuíferos puede ser agua de lluvia o aguas residuales tratadas.



### Techos verdes

Un techo verde, azotea verde o cubierta ajardinada es el techo de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado.



### Agricultura urbana

La agricultura urbana es la práctica de una agricultura con cultivos (i.e. horticultura, forestación), en los alrededores del área urbana.

La tierra usada puede ser privada, pública o residencial, balcones, paredes o techos de edificios, calles públicas o márgenes y antiguos sotos deforestados de los ríos.

La agricultura urbana se realiza para actividades de producción de alimentos. Contribuye a la soberanía alimentaria y a alimentos seguros de dos maneras: incrementando la cantidad de alimentos disponibles para los habitantes de ciudades, y en segundo lugar provee verduras y frutas frescas para los consumidores urbanos.



## IV. Ejemplos de Diseño Urbano Sensible al Agua

### ► Internacional

#### JARDINES PLUVIALES EN LA CIUDAD DE MELBOURNE

La ciudad de Melbourne en Australia es un de los laboratorios más importantes de implementación de proyectos de DUSA a nivel mundial. A todo lo largo y ancho de ésta, tanto la iniciativa privada como el sector público, han apoyado este tipo de estrategias en aras de obtener un mejor y más sustentable uso del recurso hídrico. Más aún, estas estrategias se han visto favorecidas debido a que tanto su escala como la inversión que requieren son pequeñas. Por este motivo son acciones replicables y exitosas en diversas zonas de la ciudad.

Un ejemplo claro de estos proyectos es la reconstrucción de la Avenida Alleyne como una calle con una secuencia de jardines pluviales que corren paralelos a la misma con el objetivo de resolver el problema de las escorrentías en una zona suburbana. Para este efecto, el ancho de la calle se redujo de 7 a 5 metros, dando cabida a los jardines y a una serie de espacios de estacionamiento que se van alternando a lo largo de la vialidad. El exceso de agua pluvial es dirigido, a través de pendientes, hacia estos espacios verdes que se encargan de filtrar y conducir el agua pluvial hacia un depósito.



Bioretención en camellón central



Bioretención en banqueta

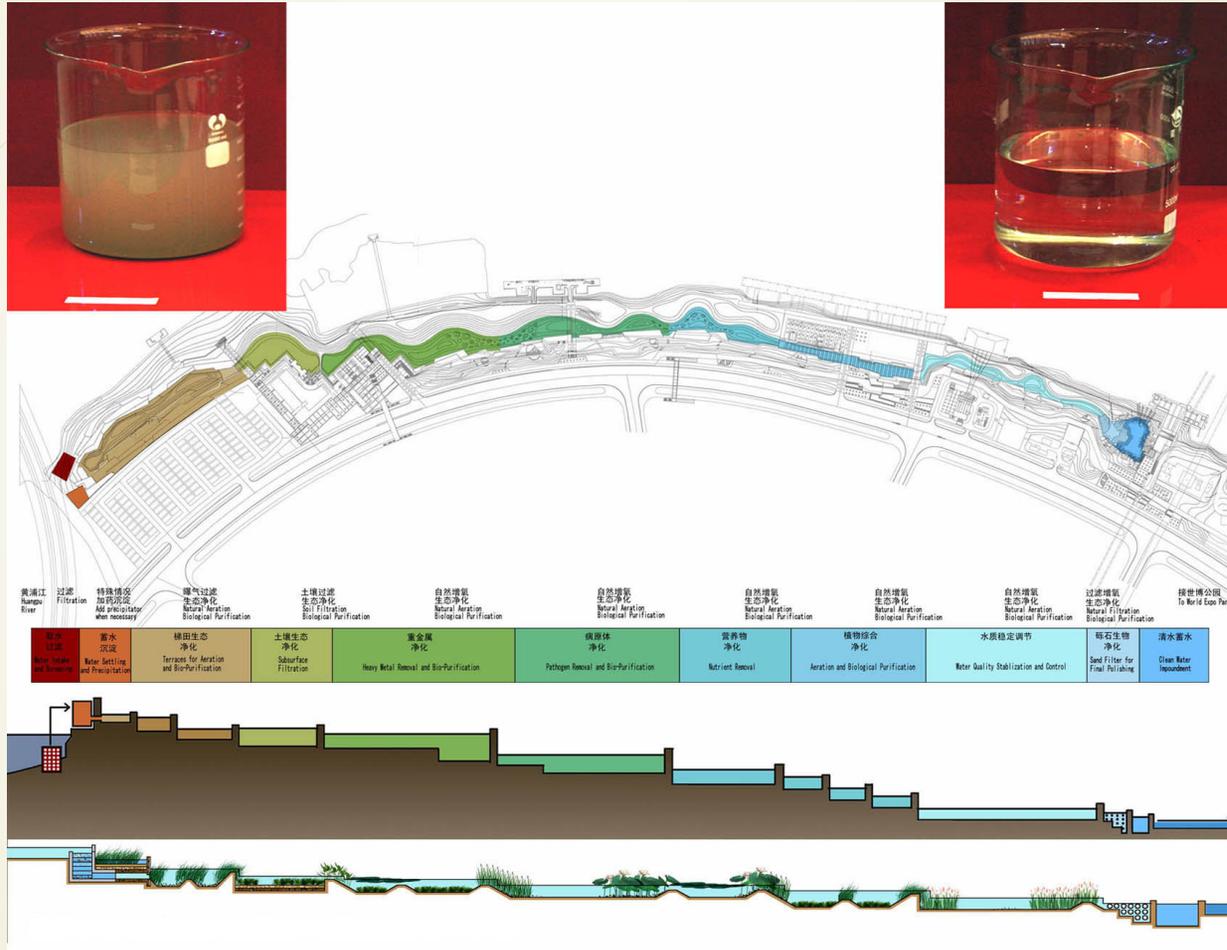
## ► PARQUE HOUTAN EN SHANGHAI

El arquitecto paisajista chino Kong Jian Yu, fundador de uno de los despachos de diseño de paisaje más grandes del mundo llamado Turenscape, se ha preocupado por entender cuál es la labor del suelo y del paisaje en general en el funcionamiento de los ciclos naturales del agua en el planeta. Bajo esta premisa, la mayor parte de sus proyectos se enfocan a recuperar y elevar las funciones del territorio y a hacer de éstas un espectáculo.

A continuación se presentan dos de los proyectos emblemáticos de Yu. El primero es el parque Houtan en Shanghai. Éste, diseñado paralelo a una porción del río Hu, funciona como un filtro natural de agua. Aunque el parque es un experimento para comprobar el uso de los humedales como sistemas de tratamiento de agua, éste genera un hábitat muy agradable donde se pueda caminar entre una serie de especies vegetales y pastos acuáticos. Por andadores de madera, se pasea sobre el agua, rodeado de flores de loto y lirios. El parque genera una atmósfera de tranquilidad además de que funciona como un riñón que purifica parte del agua del río.



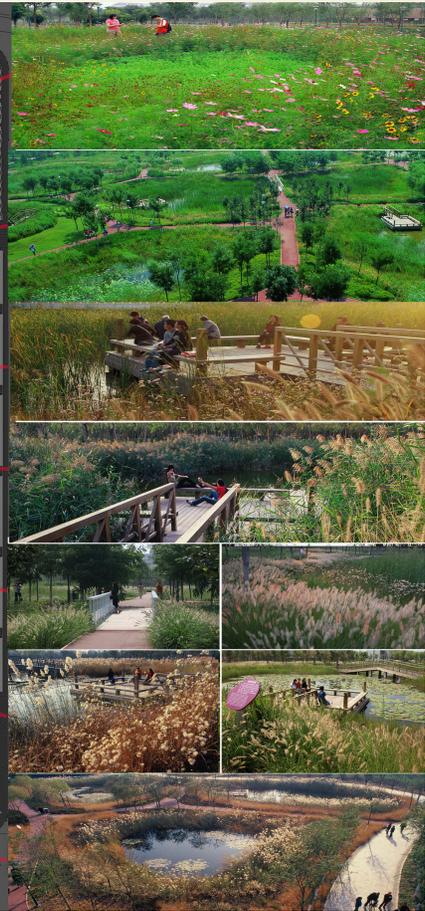
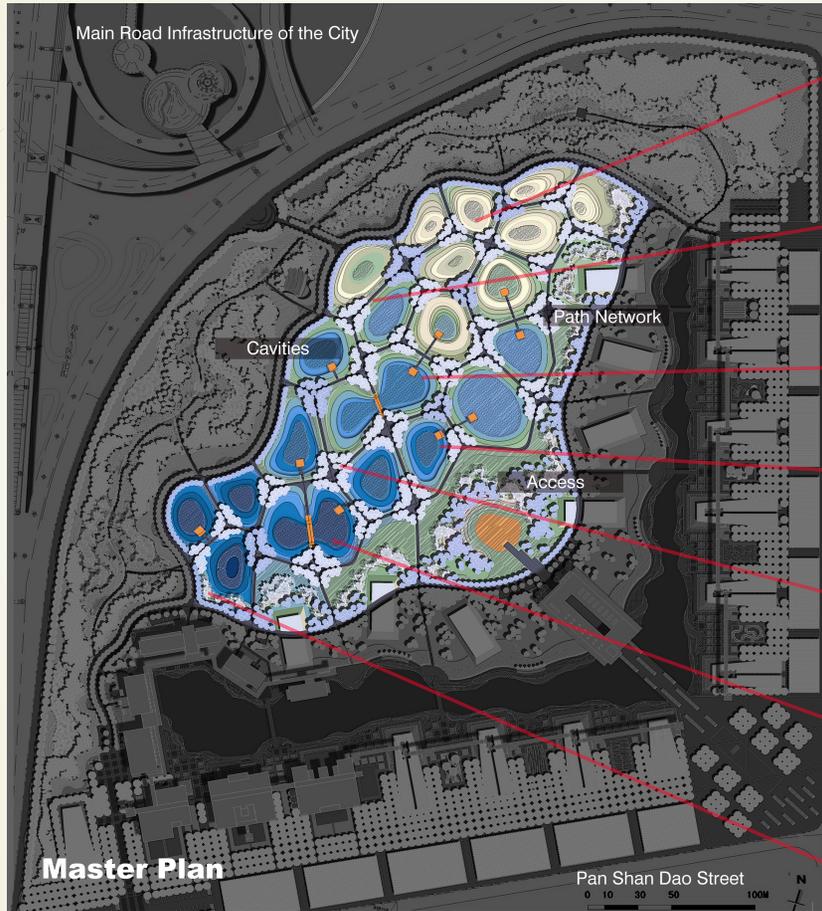
Parque Houtan, Shanghai.



## HUMEDAL TIANJIN QUIAOYUAN, CHINA.

El segundo proyecto es el humedal Qiaoyuan en Tianjin. Éste se caracteriza por que al implementarse se desarrolló una importante regeneración territorial de un predio previamente contaminado por un tiradero de basura. Al tomar el proyecto, el equipo de Turenscape promovió la recuperación de la función original del suelo: la de humedal. De esta manera y al diseñar una serie de pozas vegetadas, el área comenzó a recuperarse, generando nuevamente el ecosistema que alguna vez existió allí. Además, como es característico de esta firma, el humedal es un parque que puede ser visitado en todas las épocas del año. La forma en que se maneja la vegetación propicia que durante todas las estaciones el espacio brinde un paisaje agradable al usuario.





## LOS LAGOS DE HYDERABAD

La ciudad de Hyderabad, ubicada en la región de Andhra Pradesh, al centro-sur de la India, se encuentra sobre un altiplano árido, donde desde hace varios siglos la población se enfrentó a la escasez de agua. Con la intención de generar fuentes de abastecimiento del líquido, a través de los años, varios de los mandatarios de la ciudad se dieron a la tarea de construir cerca de 1000 lagos artificiales capaces de captar y almacenar la lluvia. Sin embargo, durante las últimas décadas del S.XX y debido al desordenado crecimiento urbano, los cuerpos de agua y canales que formaban el sistema hidráulico comenzaron a ser invadidos por asentamientos humanos, provocando el deterioro y, en ocasiones pérdida, de estos cuerpos de agua.

Las consecuencias que este hecho ha provocado en la ciudad van desde el deterioro ambiental hasta, nuevamente, la falta del recurso hídrico. Por este motivo la autoridad ha iniciado una campaña para promover la recuperación de estos cuerpos de agua. Este proyecto contempla el mejoramiento de 169 cuerpos de agua, generando una zona de amortiguamiento de por lo menos 30 metros de ancho alrededor de sus perímetros.



Lago Langar en Hyderabad, India.

## RÍOS ABIERTOS EN CURITIBA

La ciudad de Curitiba en Brasil es reconocida por la innovación y puesta en marcha de una serie de estrategias urbanas en cuestiones de movilidad, espacio público y manejo del agua. Como gran parte de las urbes latinoamericanas, ésta se ha visto sometida a un importante crecimiento urbano en un lapso de tiempo bastante corto. Sin embargo, bajo la alcaldía del arquitecto y urbanista Jaime Lerner, Curitiba supo sortear y utilizar para su beneficio esta situación.

Para el caso que aquí se estudia, resulta pertinente analizar las acciones que se tomaron para promover el mejor uso del agua. La fórmula utilizada simplemente consistió en darle al líquido el espacio necesario para correr. Tratándose de una ciudad atravesada por varios ríos y canales, se tomó la decisión de dejar un área de amortiguamiento a lo largo de los mismos de tal manera que de suscitarse crecidas, éstas se dieran sobre áreas verdes no urbanizadas de tal forma que la ciudad no se viera afectada por inundaciones. Dependiendo el caudal del torrente, se generaron áreas acorde. De esta manera, el río Iguaçu cuenta con un enorme parque inundable mientras transcurre por la ciudad y en cambio, los arroyos urbanos, se convierten en el centro de camellones verdes que además recolectan el agua pluvial y hacen más amables los paseos urbanos.



Curitiba, teatro.



Canales abiertos

### PLAZAS-CISTERNA CAPTADORAS DE AGUA PLUVIAL EN VENECIA

La ciudad de Venecia responde en todos los aspectos del su diseño urbano al medio y contexto en que se encuentra. Erecta en el centro de una laguna salada del mismo nombre, la ciudad se consolidó a través de rellenos artificiales sobre una serie de islotes. Debido a que el acceso al agua dulce resultaba muy complicado, se planteó una urbe pétreo, capaz de hacer resbalar sobre su superficie cada gota de agua que cayera del cielo para después almacenarlas en una serie de cisternas subterráneas.

Cada espacio público de la ciudad habla de este hecho. En el centro de todos ellos se ubica la boca de pozo, adornada de distintas formas, a través de la cual los vecinos podían acceder al agua recolectada bajo la superficie, a través de los techos y las plazas. Aunque la cantidad de líquido disponible siempre fue escasa, el diseño empleado para utilizar a la lluvia como única fuente de agua potable es totalmente pertinente el día de hoy.



Plazas pluviales en Venecia

## AGRICULTURA URBANA EN OAKLAND CALIFORNIA

Este caso de estudio se basa en la implementación de diversas estrategias que se desarrollaron para una serie de proyectos que ha apoyado una organización denominada Planting Justice, con sede en Oakland, California. Su objetivo consiste en proveer a las comunidades urbanas menos favorecidas los medios para cultivar alimentos saludables, así como proveer viviendas eficientes en el uso de energía y agua a través de la transformación del paisaje en zonas de permacultura accesible (Nolasco, 2013).

El éxito de este proyecto se basa en la puesta en marcha y buen funcionamiento de diversas técnicas de captación de agua pluvial y tratamiento de aguas grises a la escala de la vivienda unifamiliar.

Son cuatro los componentes esenciales para generar un sistema de captación pluvial en azoteas:

- Una azotea,
- Una canaleta y una bajada de aguas pluviales,
- Una cisterna de captación o contenedor de agua pluvial y
- Un método de distribución del agua hacia las áreas verdes cercanas. (Nolasco, 2013).



➤ México

**CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, METEPEC, ESTADO DE MÉXICO.**

El ayuntamiento de Metepec inauguró el sistema de captación de lluvia en el centro educativo del nivel medio superior número 146 en San Lucas Tunco, mediante el cual se busca reducir el impacto al medio ambiente por la extracción de este recurso.



## HUMEDAL DE TRATAMIENTO, CHAPALA, JALISCO

La Comisión Estatal del Agua de Jalisco, lleva a cabo una prueba piloto de un humedal subsuperficial en las instalaciones de la PTAR de Chapala, que permite observar la eficiencia y sustentabilidad del proyecto, no sólo con el tratamiento de agua, sino con la producción de flores, y es que, si el proyecto se consolida adecuadamente, no es complicado hacerlo autosustentable con la siembra de plantas ornamentales que crecen dentro del mismo humedal y posteriormente su venta; aspecto que también puede visualizarse en el experimento que la CEA trabaja.





## AGRICULTURA URBANA, IZTAPALAPA, D.F.

Eje 6 Av. Las Rorres, Dirección Territorial Santa Catarina, Iztapalapa.



### AZOTEA VERDE, CIUDAD DE MEXICO

Azotea verde del edificio del Infonavit (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) en la ciudad de México.

Esta azotea verde tiene 5 mil metros cuadrados, gran variedad de plantas, 380 metros de pista para jogging y un espacio para ejercitarse en yoga.





## **V. Metodología del Diseño Urbano Sensible al Agua**

- ▶ DIAGNÓSTICO TÉCNICO
- ▶ VISITAS Y RECORRIDO DE CAMPO
- ▶ ENTREVISTAS Y DIALOGO CON VECINOS Y RESIDENTES
- ▶ ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS
- ▶ PROPUESTA DE PROYECTO



## **VI. Conclusiones y recomendaciones**

- ▶ El DUSA tiene un potencial enorme para las ciudades del país.
- ▶ Más que una técnica, es un método para entender y buscar soluciones diferentes a la tradicionales.
- ▶ Es un método que requiere como elemento fundamental la participación ciudadana. Lo anterior, le da la legitimidad y fortaleza al cambio de los sistemas hidráulicos urbanos.
- ▶ Tiene un elemento educativo que hoy día no esta en las obras hidráulicas tradicionales.



**GRACIAS!!!**