



DRENAJE URBANO Y CAMBIO CLIMÁTICO. RESILIENCIA URBANA DENTRO DE UN MARCO DE ECONOMÍA CIRCULAR DEL AGUA

**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS - CIACUA**

**Seminario
Economía Circular del Agua**

**Universidad de los Andes
Noviembre 30 de 2017**







EQUIPO DE TRABAJO FASE II



Cambio Climático

- Inés Camilloni
- Universidad de Buenos Aires



Reducción de Caudales Pico

- María Cunha y posdoctorante
- Universidad de Coimbra



Modelación Computacional

- Pedro Iglesias y Javier Martínez
- Universidad Politécnica de Valencia



Modelación Física

- Pedro Iglesias y Javier Martínez
- Universidad Politécnica de Valencia



Control en Tiempo Real

- Carlos Ocampo
- Universidad Politécnica de Catalunya



INTRODUCCIÓN

Inundaciones en las Ciudades

- Tienen como consecuencia problemas económicos, ambientales y de salud pública.



- Son consecuencia del aumento de los caudales pico que transporta el sistema debido a:

Cambio Climático

Aumento en la intensidad de la precipitación

Urbanización de las cuencas

Disminución en la permeabilidad del suelo





INTRODUCCIÓN

Retención de Caudales Pico a Nivel Internacional:

- El uso de estructuras de almacenamiento ha sido implementado en conjunto con elementos de control (válvulas, medidores, entre otros) y puntos de medición para poder tomar decisiones en tiempo real y así evitar las inundaciones.
- Estas técnicas han sido aplicadas de forma exitosa a nivel internacional en algunos casos como:
 - Quebec, Canadá: Uso de dos túneles existentes para el almacenamiento de agua regulando el sistema por 22 estaciones de control
 - Herrenberg, Alemania: Uso de 16 tanques de detención controlados por 1 punto central de monitoreo
 - Singapur.
 - Filadelfia, Estados Unidos.
 - Portland, Estados Unidos.
 - Valencia, España.
 - Barcelona, España.





INTRODUCCIÓN

- En la mayoría de ciudades de países en desarrollo, los sistemas de drenaje urbano fueron diseñados para eventos de precipitación que actualmente están siendo superados por efectos del Cambio Climático.
- Estos eventos intensos de precipitación producen inundaciones en zonas urbanas afectando a la población civil.



Objetivo General del Proyecto

Metodología de ubicación y dimensionamiento de estructuras de almacenamiento temporal, para reducir caudales pico en Sistemas de Drenaje Urbano bajo escenarios de Cambio Climático implementando Control en Tiempo Real.





INTRODUCCIÓN

Generación de Conocimiento

- Cambio de la visión de los Sistemas de Drenaje Urbano donde se quiere evacuar el agua lo más rápido posible.
- Efectos del Cambio Climático sobre los caudales de diseño de Sistemas de Drenaje Urbano en Colombia.
- Factibilidad de la implementación de metodologías para la reducción de caudales pico.
- Viabilidad de uso de técnicas de Control en Tiempo Real.

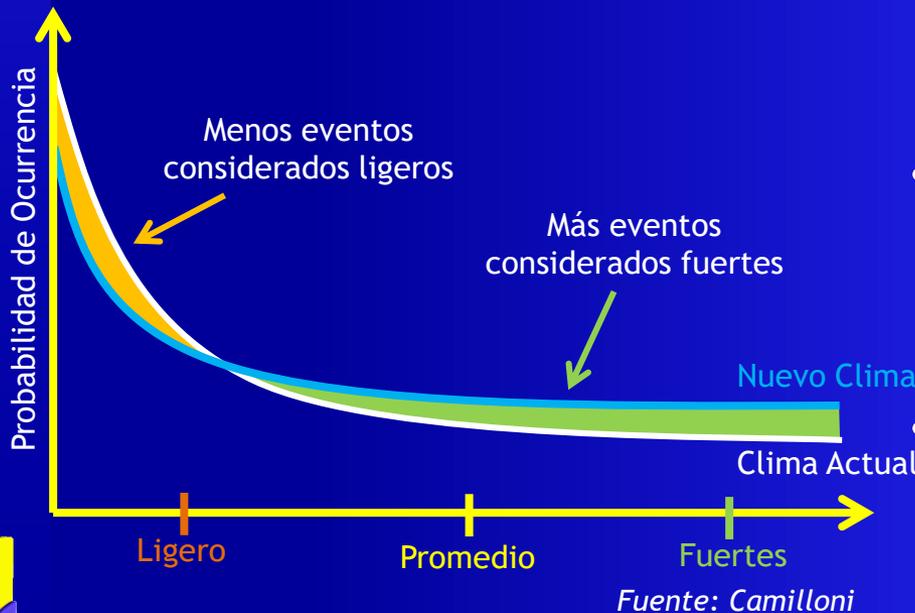
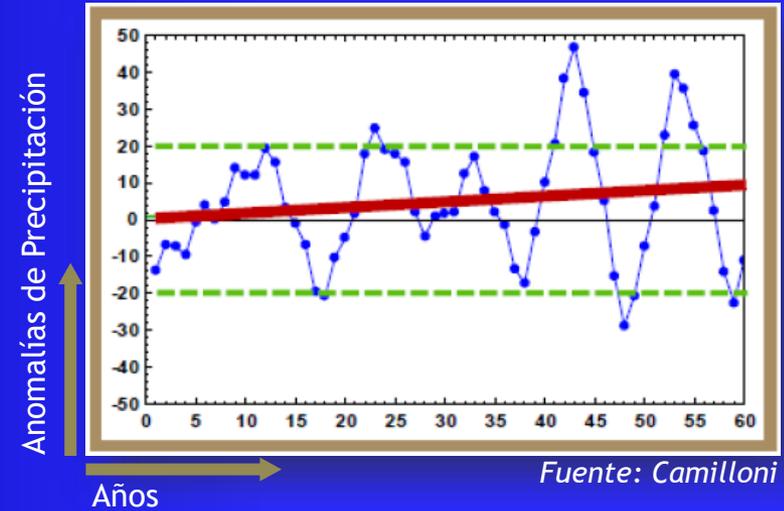






CAMBIO CLIMÁTICO

- Cambio en las condiciones climáticas, identificado por modificaciones en los valores medios o en la variabilidad del clima en un periodo prolongado de tiempo.

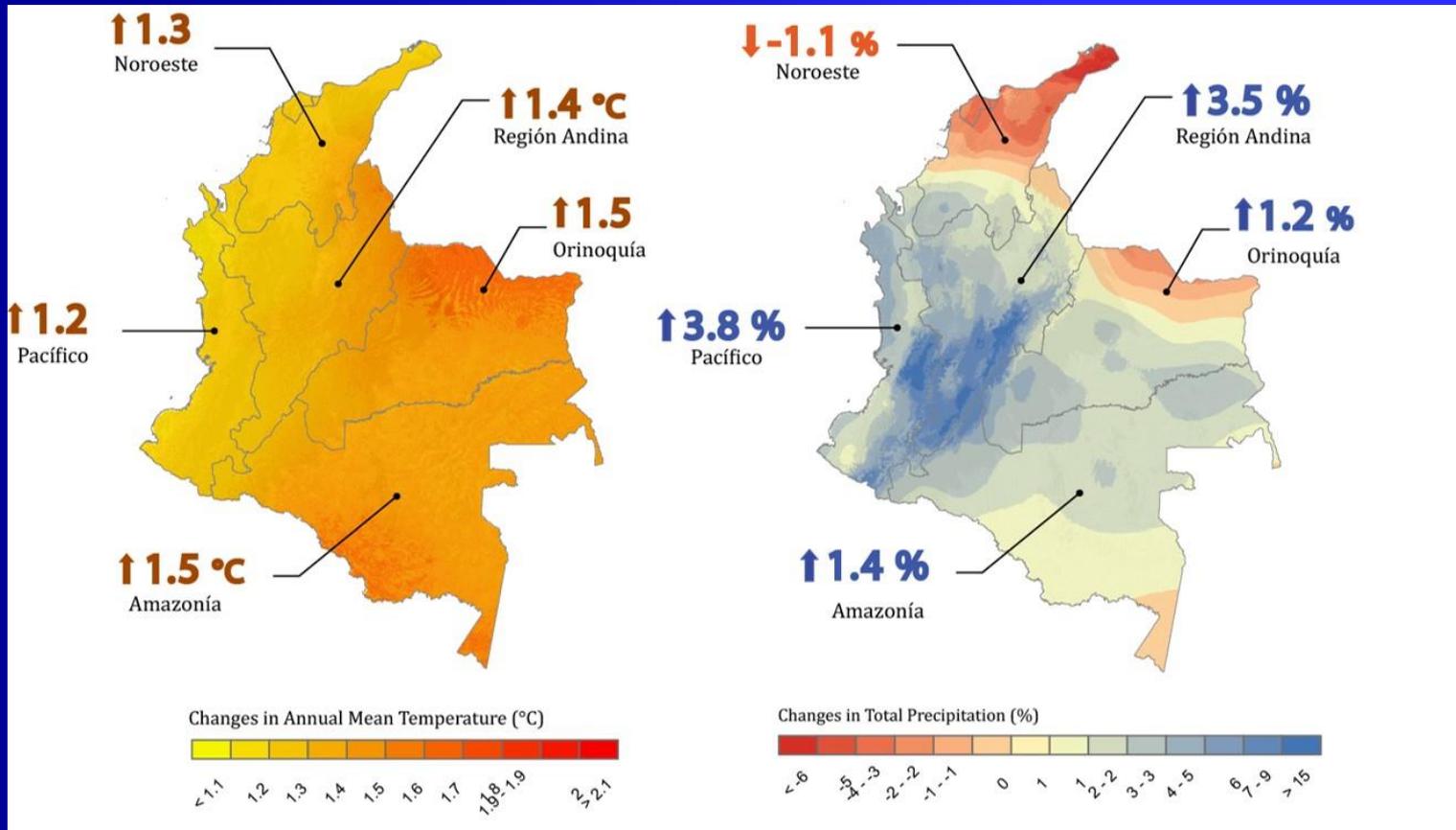


- Se produce principalmente por las actividades industriales del hombre.
- Afecta diferentes componentes del sistema climático como la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación.





CAMBIO CLIMÁTICO



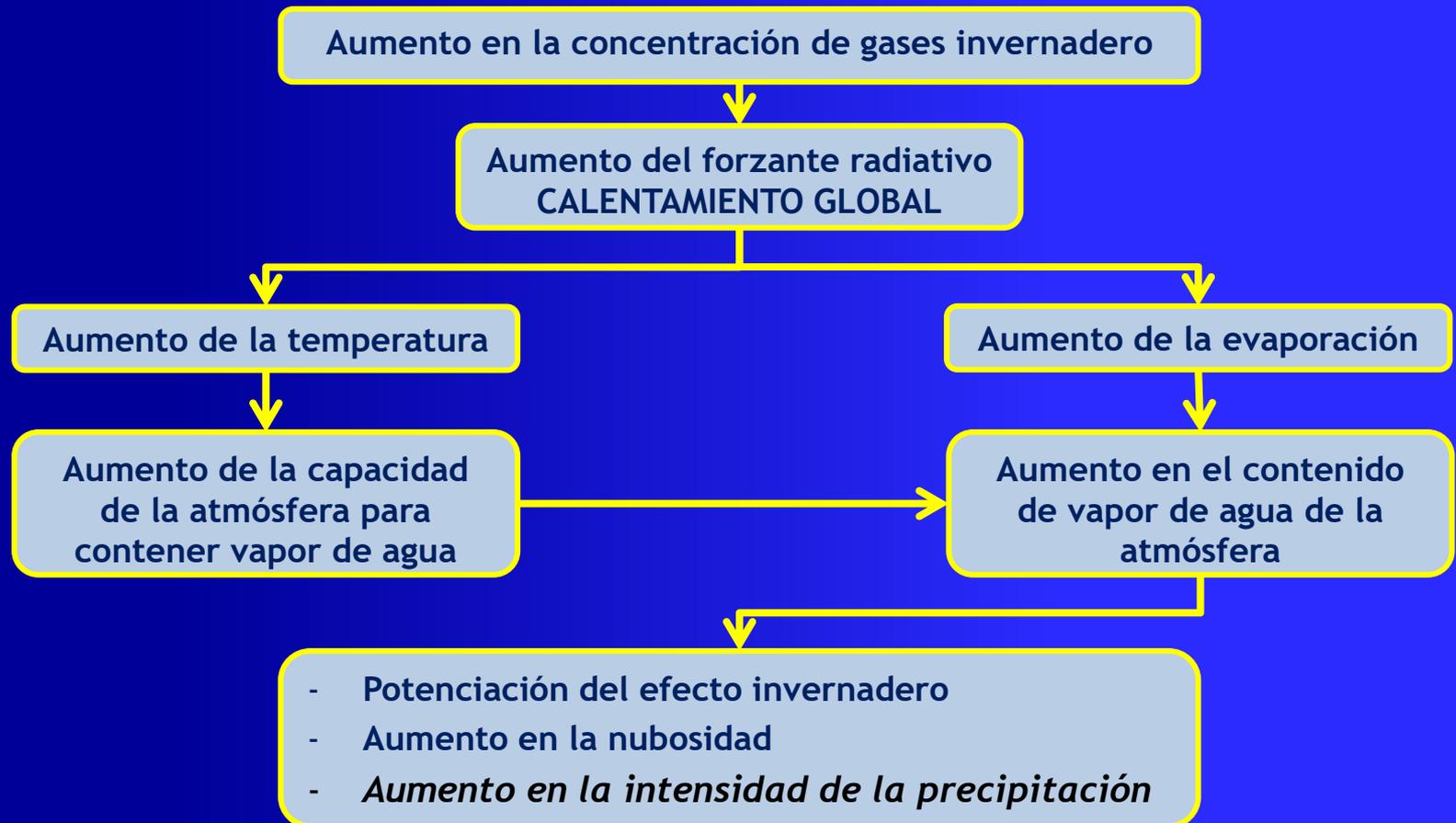
Fuente: IDEAM





CAMBIO CLIMÁTICO

- La suma de los efectos que los forzantes naturales y los forzantes antrópicos tienen en el flujo de energía radiativa que entra a la atmósfera se conoce como **forzante radiativo**.

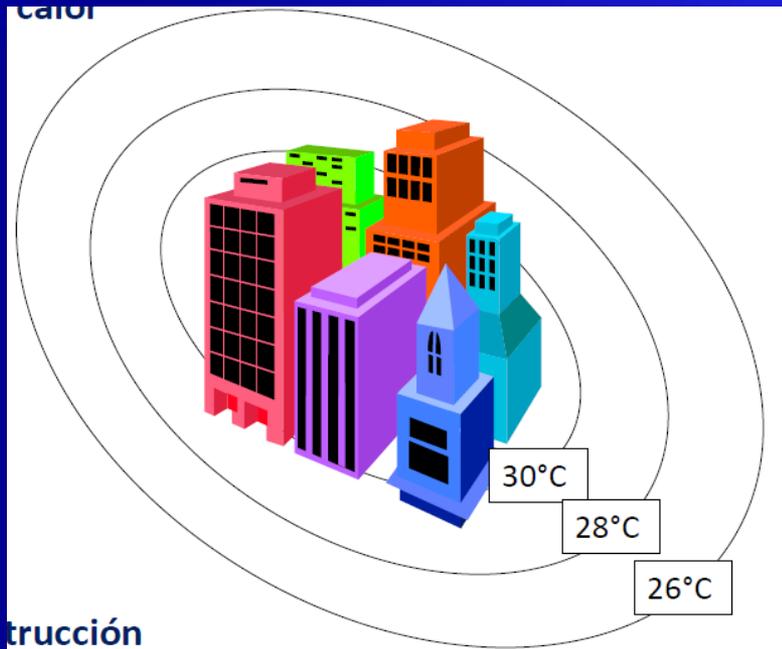




CAMBIO CLIMÁTICO

- En general, en las zonas urbanas se presenta aumento en la precipitación por tres efectos principalmente:

1. Isla Urbana de Calor



- ## 2. Efecto de Obstrucción:
- Geometría y materiales urbanos



- ## 3. Contaminación del Aire y calor antropogénico

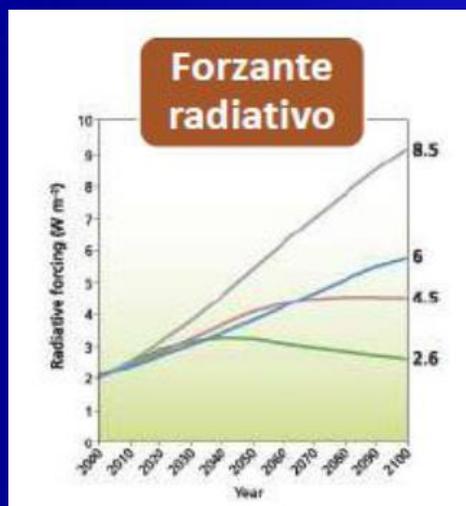


CAMBIO CLIMÁTICO

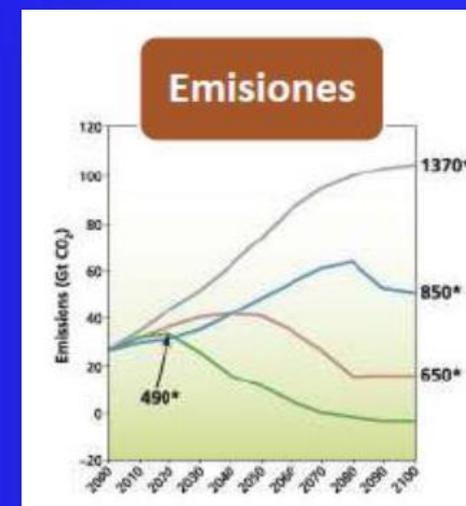
Cuantificación de Efectos de Cambio Climático

La principal herramienta con la cual se cuenta actualmente para estudiar los efectos del Cambio Climático son los **MODELOS CLIMÁTICOS GLOBALES**.

Su principal limitación está asociada con su capacidad de representar el clima regional por lo que se aplicaron técnicas de downscaling para la corrección de errores sistemáticos.



Escenarios del V Reporte del IPCC



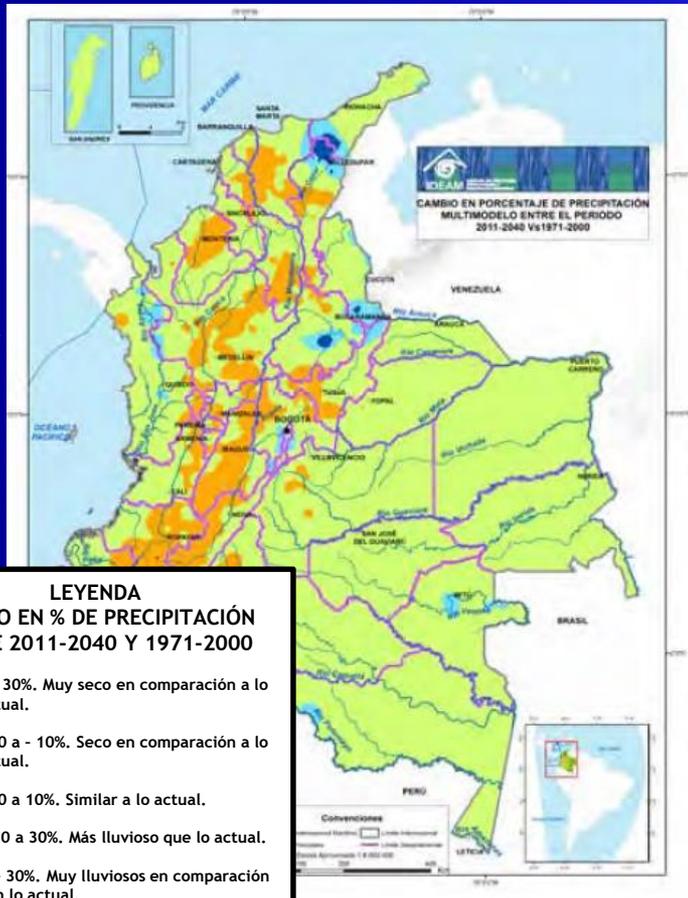


CAMBIO CLIMÁTICO

Efectos en Colombia

- Tres estudios fueron consultados para determinar el efecto que el Cambio Climático ha tenido en Colombia.

Fuente: IDEAM



Precipitación Total Anual

- En las zonas cercanas a Los Andes se presenta una tendencia a la disminución de la precipitación anual total.
- La ciudad de Bogotá queda ubicada en una zona donde se espera un aumento en la precipitación anual total entre el 10 y el 30% al año 2100.

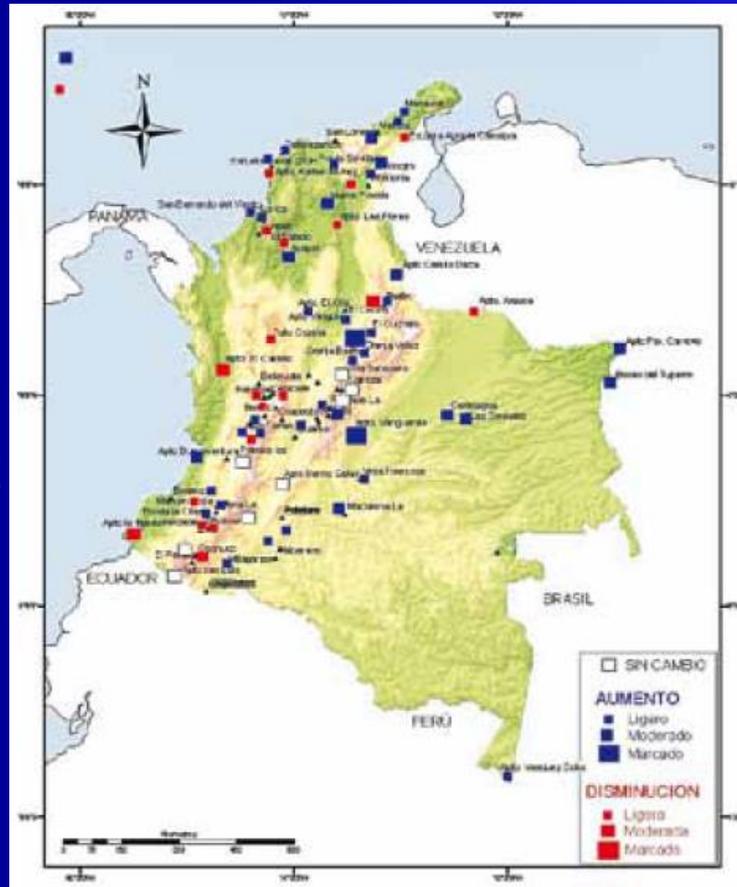




CAMBIO CLIMÁTICO

Efectos en Colombia

- Tres estudios fueron consultados para determinar el efecto que el Cambio Climático ha tenido en Colombia.



Fuente: UNAL

Frecuencia de Eventos Extremos

- No se presentan tendencias claras con respecto a la frecuencia de eventos mayores a 25 mm.
- La ciudad de Bogotá queda ubicada en una zona donde se espera un aumento en la frecuencia de estos eventos.

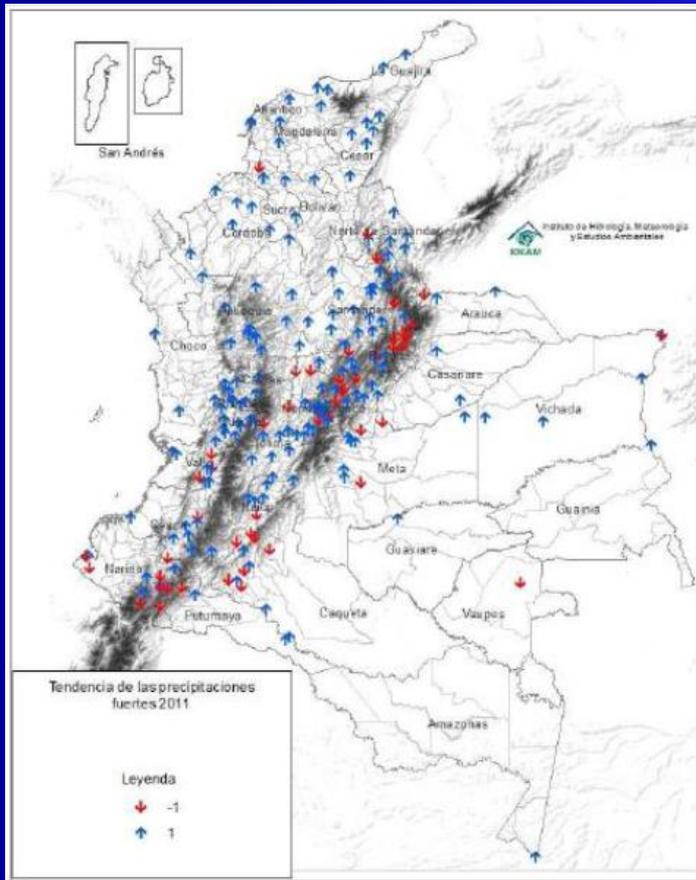




CAMBIO CLIMÁTICO

Efectos en Colombia

- Tres estudios fueron consultados para determinar el efecto que el Cambio Climático ha tenido en Colombia.



Fuente: IDEAM

Intensidad de Eventos Extremos

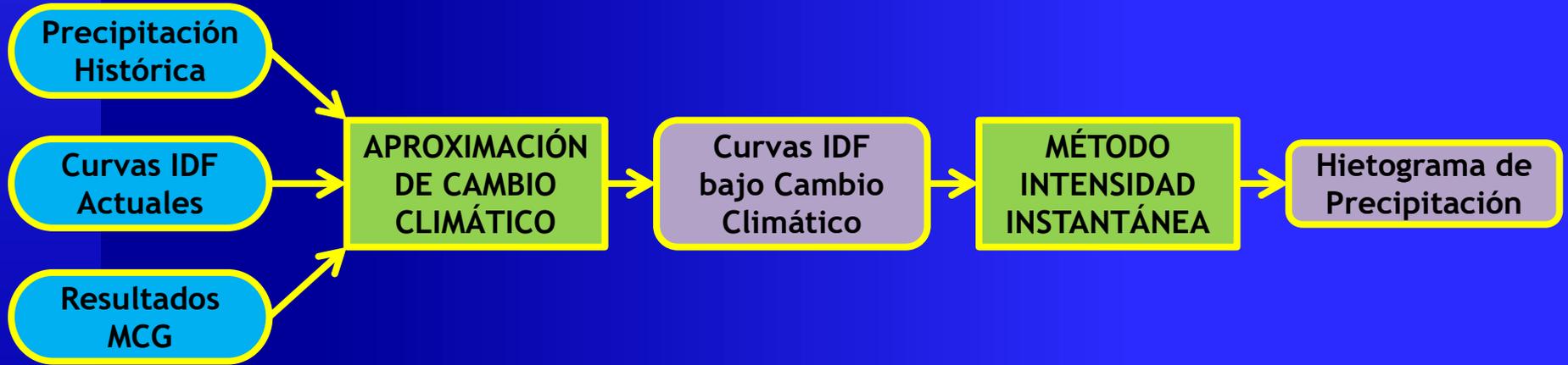
- Estudio cualitativo de los efectos del Cambio Climático en la intensidad de eventos extremos
- La ciudad de Bogotá queda ubicada en una zona donde se espera un aumento en la intensidad de estos eventos.
- El proyecto exigía una aproximación Cuantitativa.





CAMBIO CLIMÁTICO

Determinación de Eventos de Precipitación



Método de Intensity Duration Frequency Climático





CAMBIO CLIMÁTICO

Determinación de Eventos de Precipitación

Se consideraron 4 metodologías para determinar el efecto del Cambio Climático sobre las intensidades de las precipitaciones en Bogotá:

1. Eventos de Diseño con un Periodo de Retorno Mayor
2. Proyección de Intensidad de lluvias
3. Construcción de Curvas IDF a partir de Modelos Climáticos Globales
4. Aplicación de Factor de Cambio (Delta Change)





CAMBIO CLIMÁTICO

Determinación de Eventos de Precipitación

Para la determinación de eventos a partir de los Modelos Climáticos Globales, se utilizaron los resultados de la última generación de modelos utilizada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático para la determinación de los efectos del Cambio Climático a escala global.

<u>Modelos</u>		
01_inmcm4	08_MIROC-ESM	15_CanESM2
02_bcc-csm1-1	09_MIROC-ESM-CHEM	16_CSIRO-Mk3-6-0
03_NorESM1-M	10_IPSL-CM5A-MR	17_CNRM-CM5
04_MRI-CGCM3	11_IPSL-CM5A-LR	18_CESM1-BGC
05_MPI-ESM-MR	12_GFDL-ESM2M	19_CCSM4
06_MPI-ESM-LR	13_GFDL-ESM2G	20_BNU-ESM
07_MIROC5	14_GFDL-CM3	21_ACCESS1-0

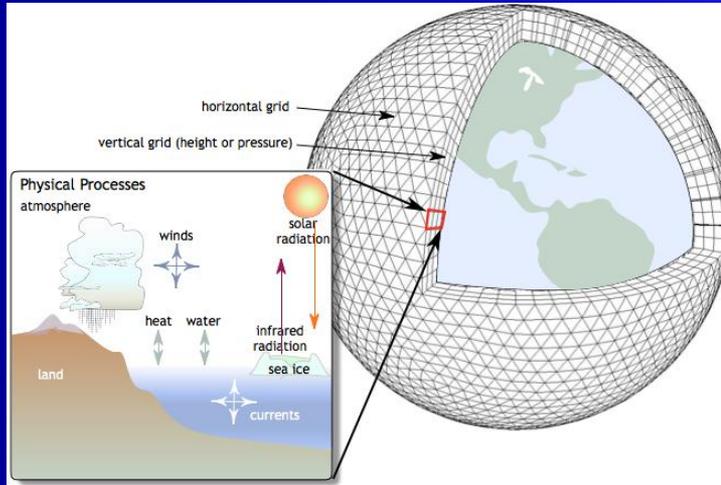
Los resultados de estos modelos se obtuvieron en una grilla de 0.25° x 0.25° .



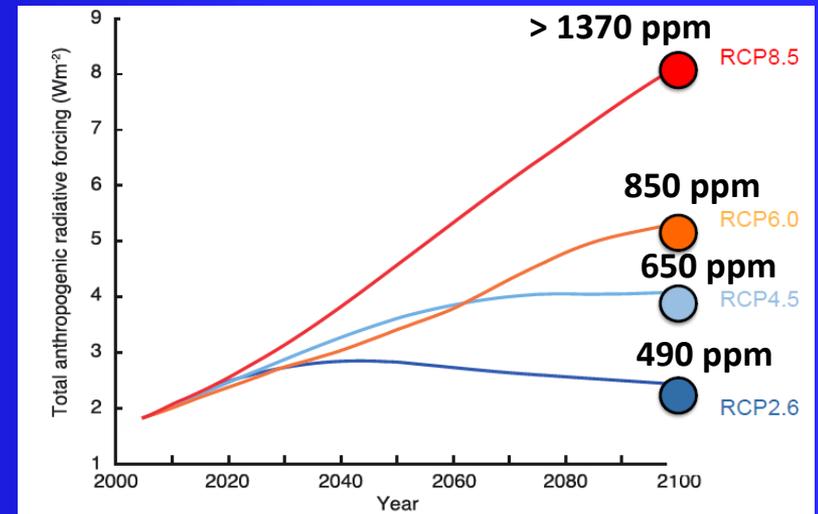


El clima futuro: escenarios climáticos

Modelos climáticos globales (MCG)



Resolución horizontal: $\sim 2^\circ\text{lat} \times 2^\circ\text{lon}$

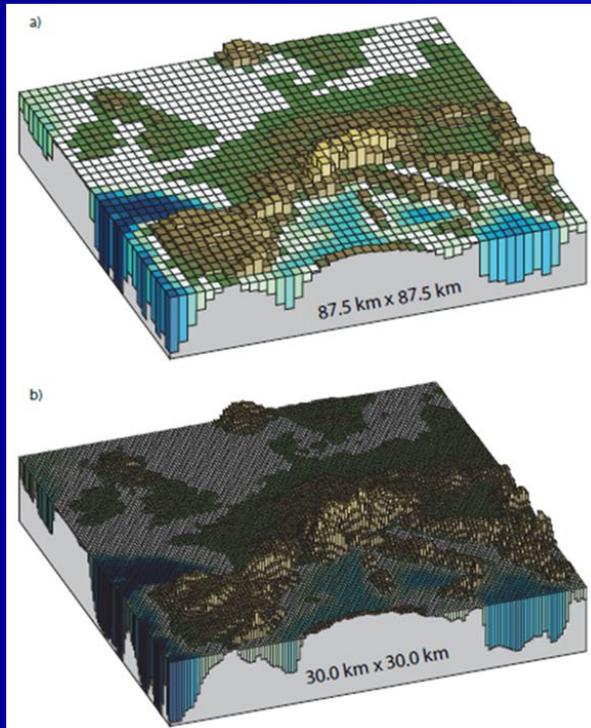




CAMBIO CLIMÁTICO

Técnicas de Downscaling

Los Modelos Climáticos Globales utilizan una grilla que no es lo suficientemente fina ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$) para el cálculo de los hietogramas a nivel urbano.



Por ende, se necesitó el uso de metodologías de ‘downscaling’ para determinar los valores de precipitación en escalas más finas (De 3 a 5 km).

Existen diversos métodos para realizar el ‘Downscaling’:

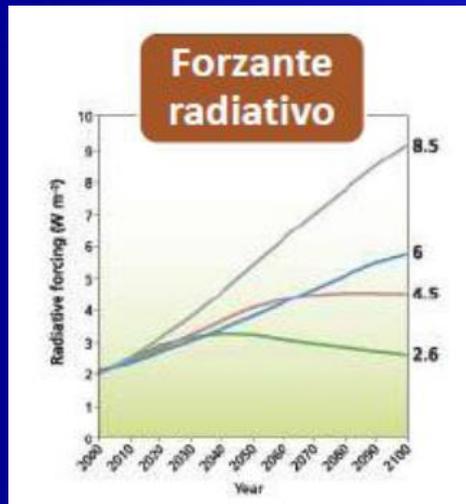
- Interpolación.
- Modelación estocástica.
- Delta Change.
- Otros (Re-muestreo, funciones de transferencia).



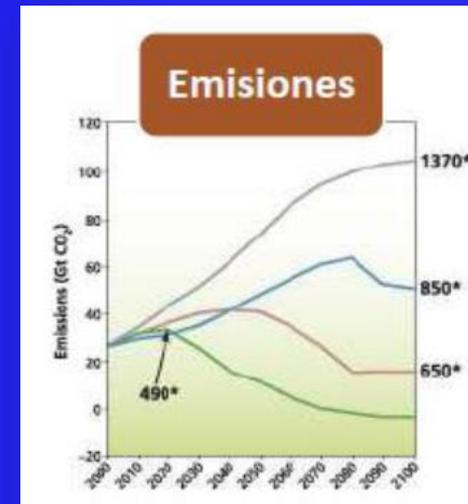
CAMBIO CLIMÁTICO

Modelos Climáticos Globales

Los Modelos Climáticos Globales consideran diversos escenarios de emisiones, lo que afecta los resultados obtenidos.



Escenarios del V Reporte del IPCC

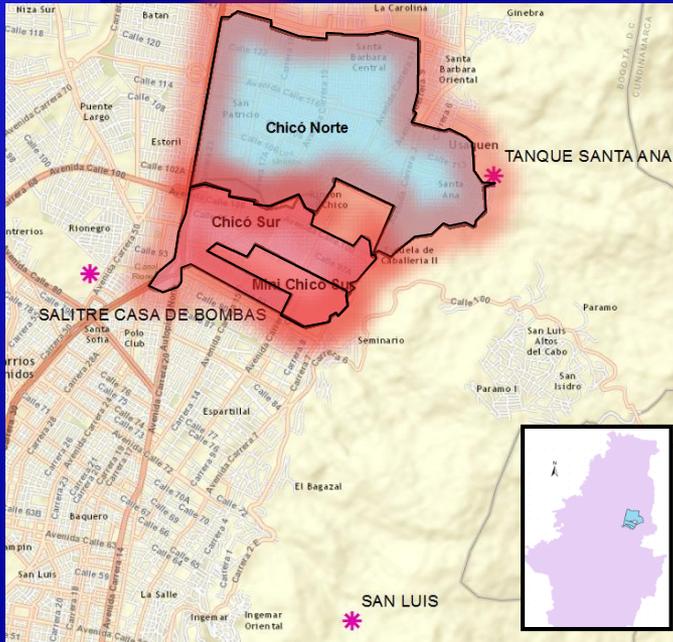


Los Modelos Climáticos Globales cuentan con una limitación, asociada con su capacidad de representar el clima regional por lo que se aplicaron técnicas de 'downscaling' para el cálculo de los escenarios futuros.



Caso de Estudio

Red de drenaje pluvial en la zona norte de la ciudad de Bogotá D.C.



Pozos y Tuberías

Unidades de Gestión de Alcantarillado

Pozos y Tuberías

Unidades de Gestión de Alcantarillado

Cuencas Aferentes

Chicó Norte

Chicó Sur

Mini Chicó Sur

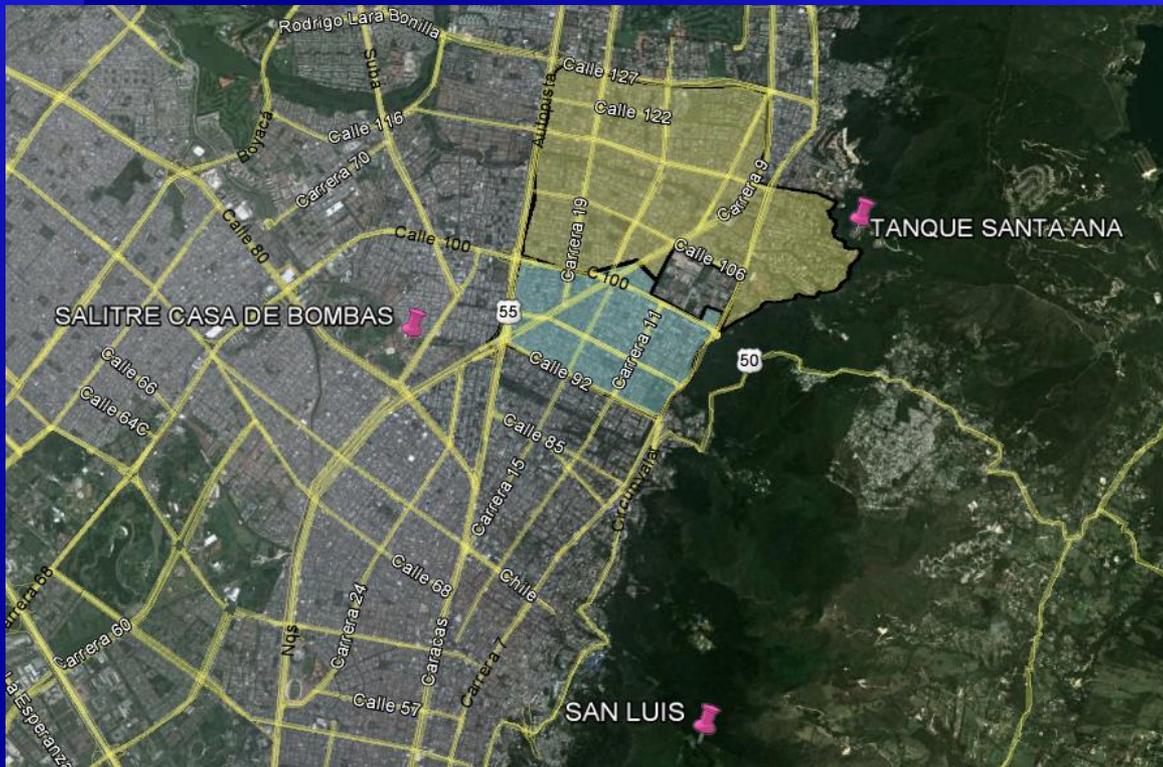
Componente	Cantidad
Tuberías y Conductos	83
Cámaras de Inspección (Pozos)	82
Punto de Descarga	1





Caso de Estudio

Información Pluviométrica disponible



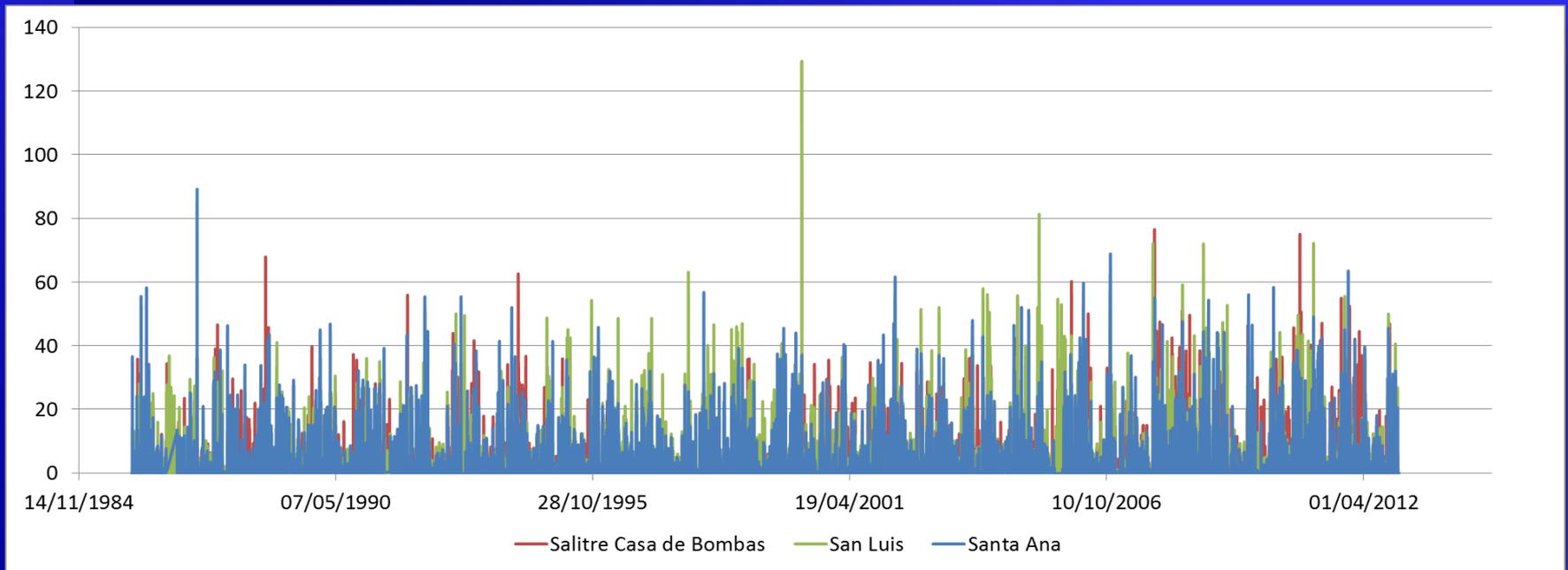
Información de precipitación diaria desde 1986 hasta 2012.





Caso de Estudio

Información Pluviométrica disponible



Las tres estaciones muestran un comportamiento similar cualitativamente aunque los valores numéricos varían.





CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

- Se presentan los resultados para uno de los sectores de la red Mini Chicó Sur.



Eventos de Precipitación con Periodo de Retorno mayor

Proyección de Intensidad de Precipitación

Modelos Climáticos Globales

Uso de Factores de Cambio

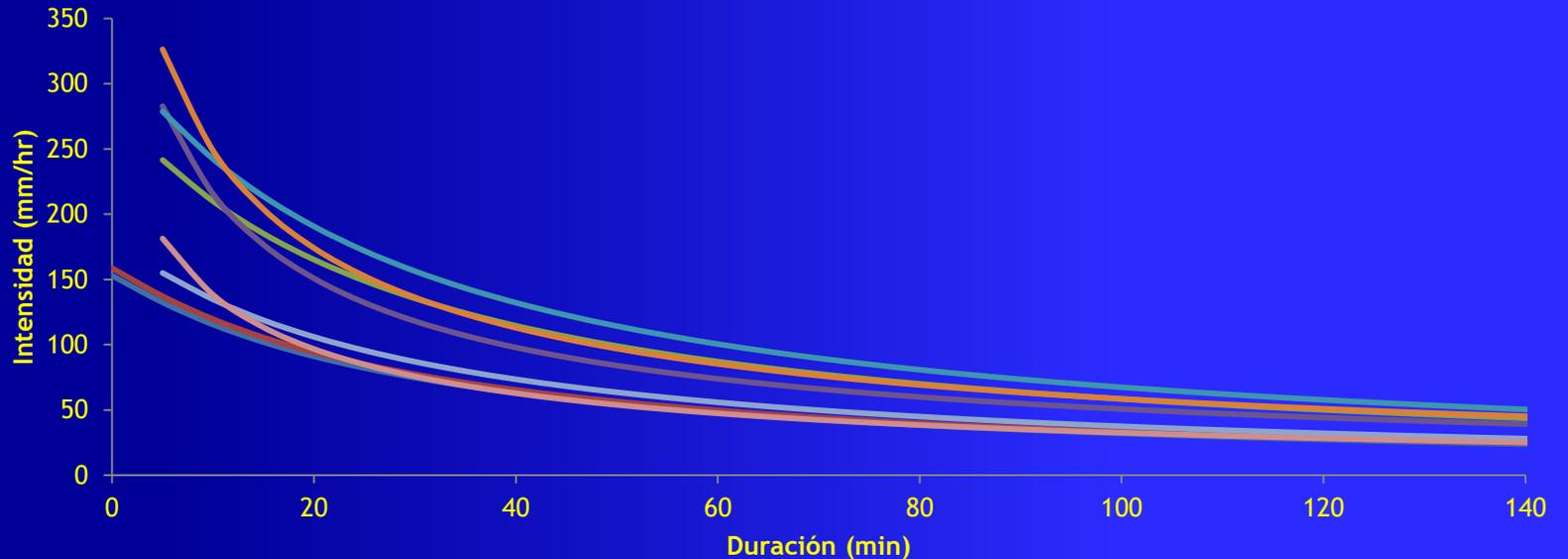
- La duración del evento es de 50 minutos y el coeficiente de retardo se determinó como 0.402.



CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

Curvas IDF



- EAAB
- METODOLOGÍA 2 PULGARIN
- METODOLOGÍA 4 CIACUA
- METODOLOGÍA 1
- METODOLOGÍA 3 CIACUA (CSIRO)
- METODOLOGÍA 4 PULGARIN
- METODOLOGÍA 2 CIACUA
- METODOLOGÍA 3 PULGARIN (CSIRO)

- Para eventos menores a 20 minutos, casi todas las metodologías muestran aumentos relativos respecto a la original.

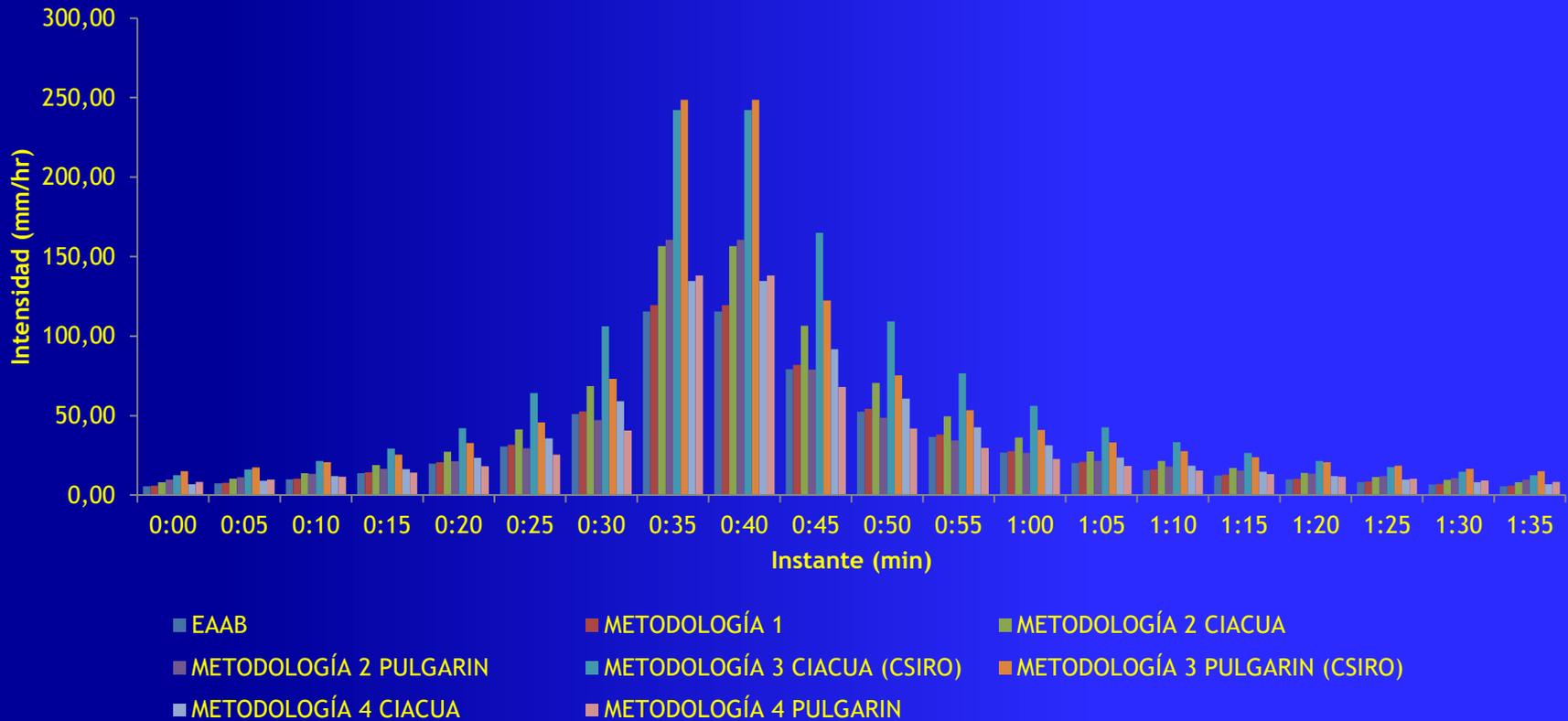




CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

Hietogramas de Precipitación



- Todas las aproximaciones apuntan a un aumento de intensidad. Los resultados cambian dependiendo del MCG.

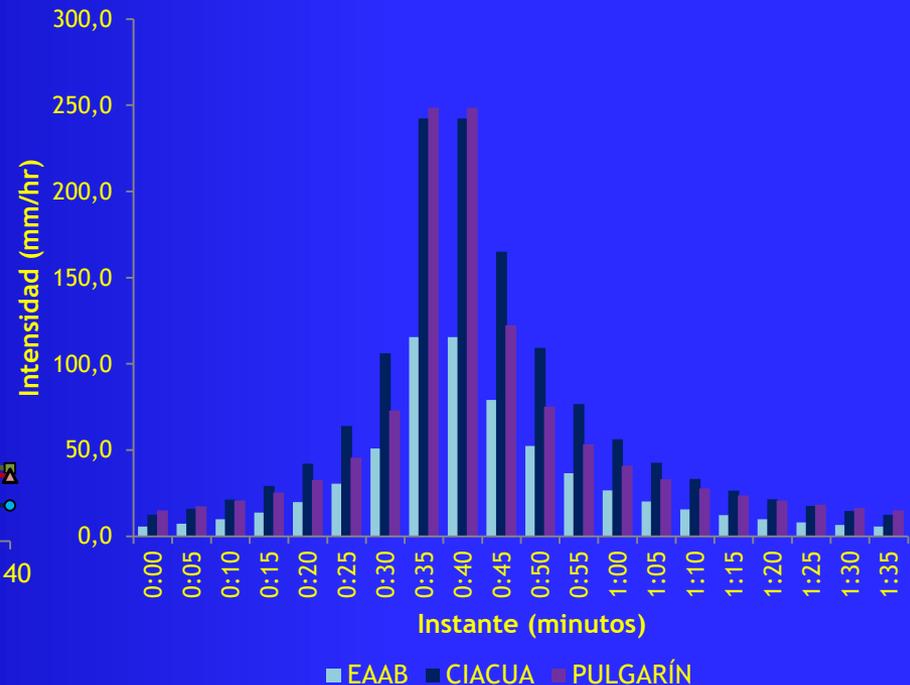
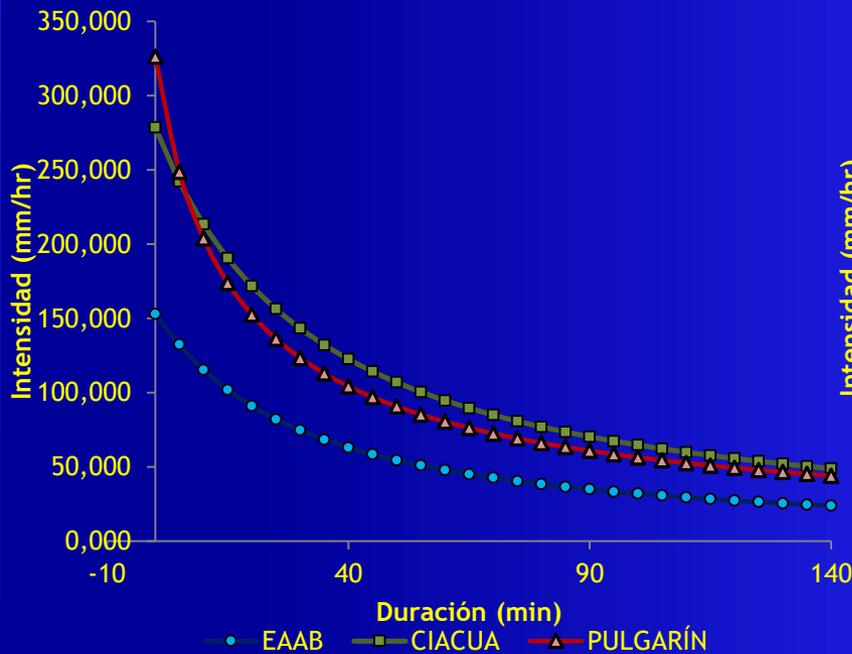




CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

- CSIRO-Mk3-6.0 (Australia):



- Las intensidades pico de los eventos futuros podrían ser de hasta un 100% mayores, en comparación a las actuales.

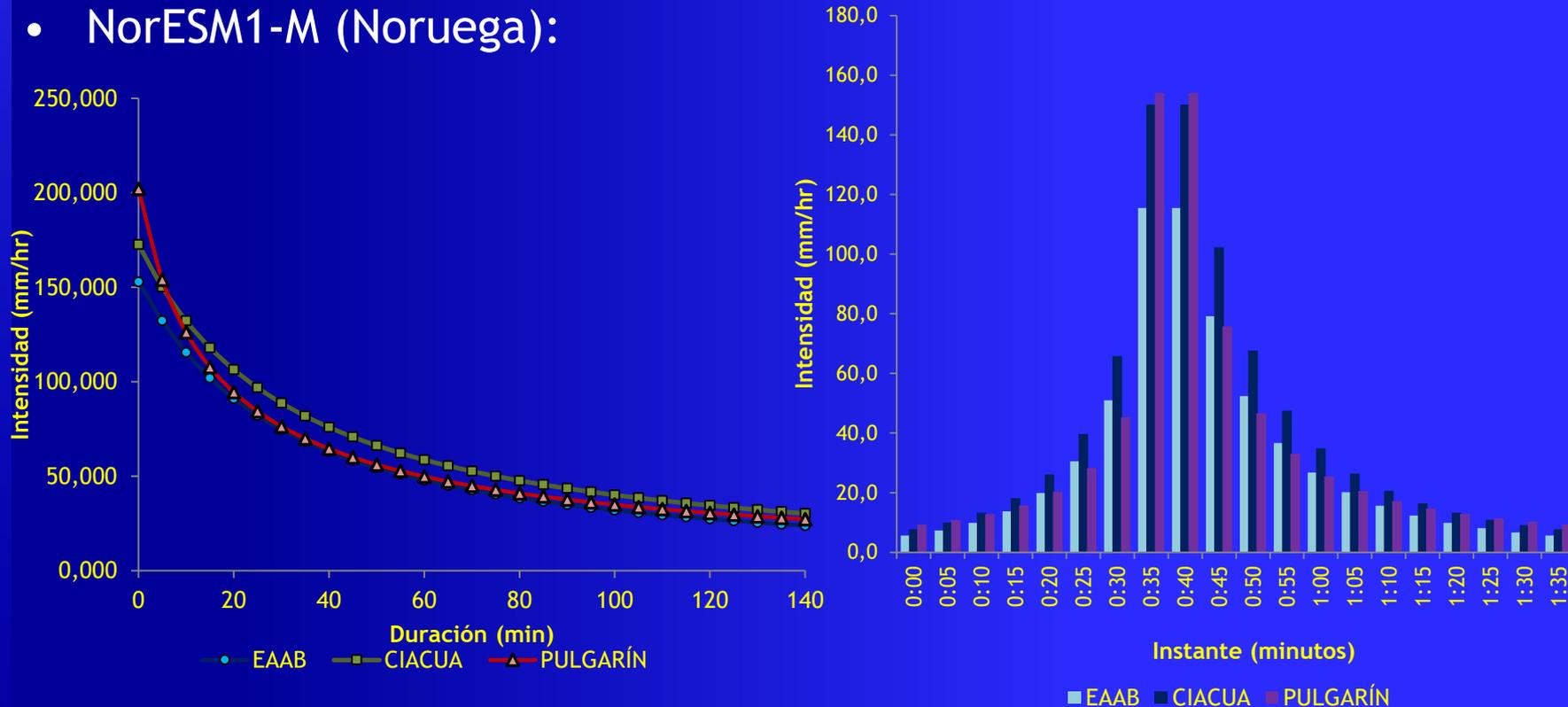




CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

- NorESM1-M (Noruega):



- Las intensidades pico de los eventos futuros podrían ser de hasta un 30% mayores, en comparación a las actuales.

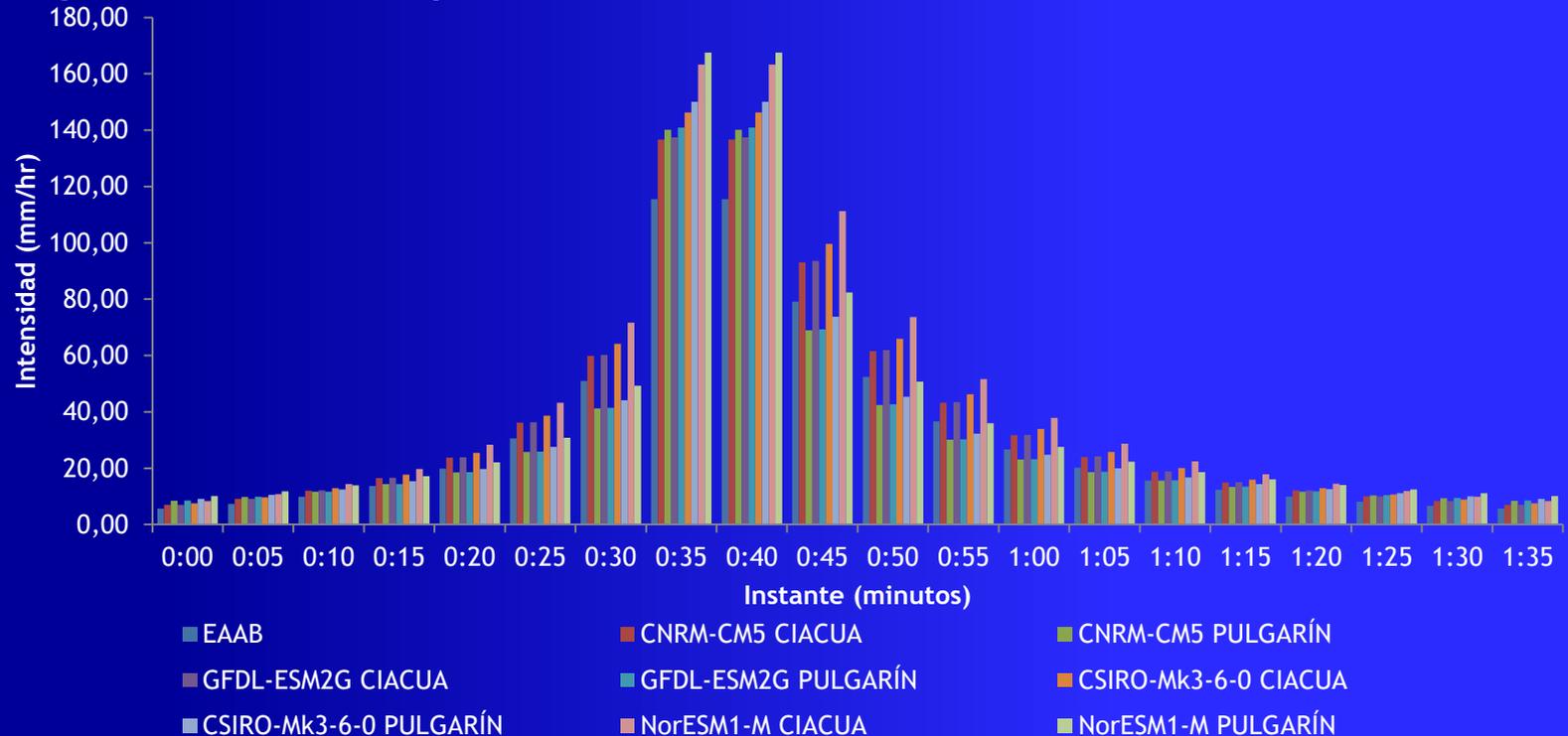




CAMBIO CLIMÁTICO

Resultados

Hietogramas de Precipitación



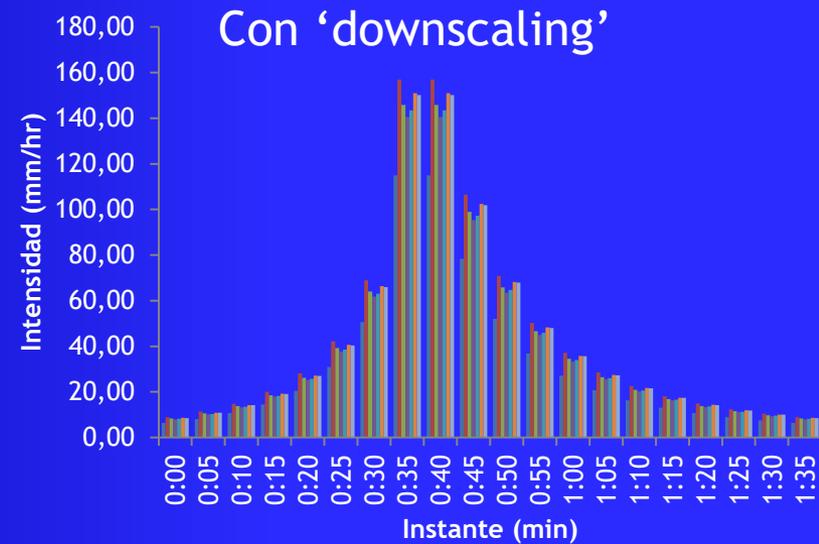
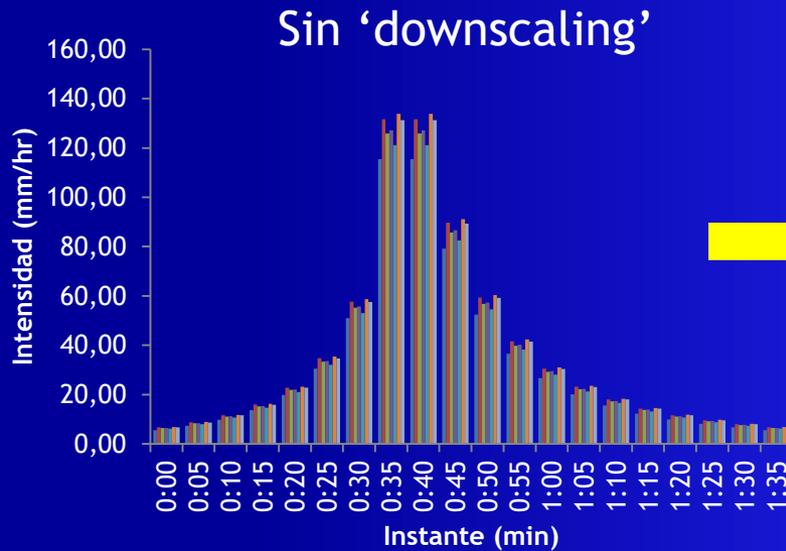
Independientemente del MCG utilizado, se obtienen aumentos en las intensidades pico. Estos aumentos pueden ser de entre el 18 y el 45%.





CAMBIO CLIMÁTICO

Técnicas de Downscaling



- EAAB
- ACCESS1-0
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- GFDL-ESM2M
- MIROC5
- MPI-ESM-MR

- EAAB
- ACCESS1-0
- CNRM-CM5
- CSIRO-Mk3-6-0
- GFDL-ESM2M
- MIROC5
- MPI-ESM-MR

El proceso de determinación de hietogramas que incluye 'downscaling' es más refinado. Si no se incluye, se puede subestimar el pico en un 10%.

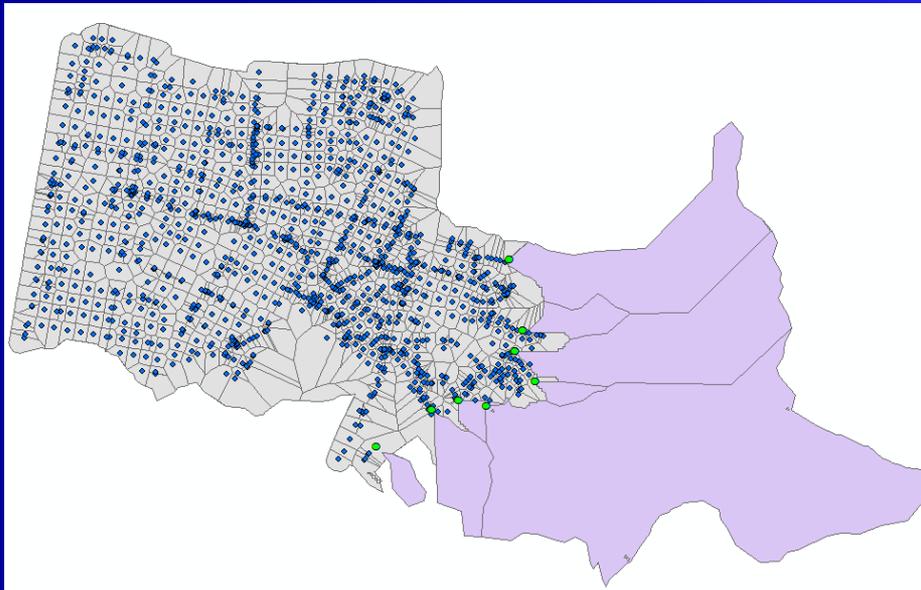
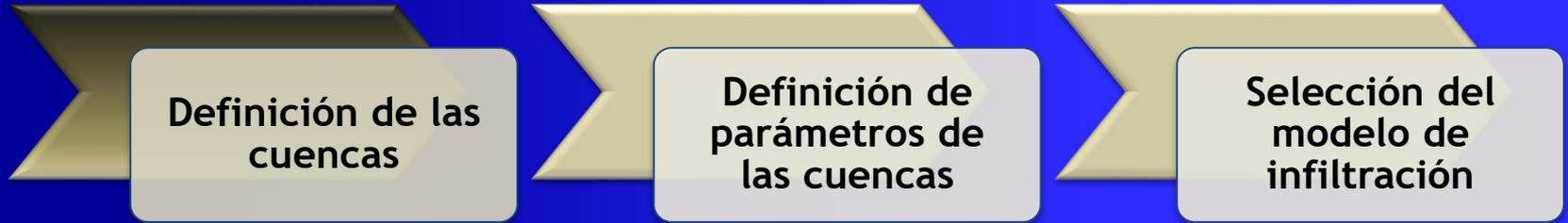






MODELACIÓN HIDRÁULICA

Modelo Lluvia - Escorrentía



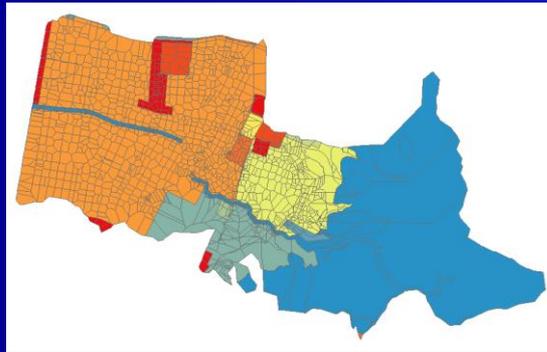
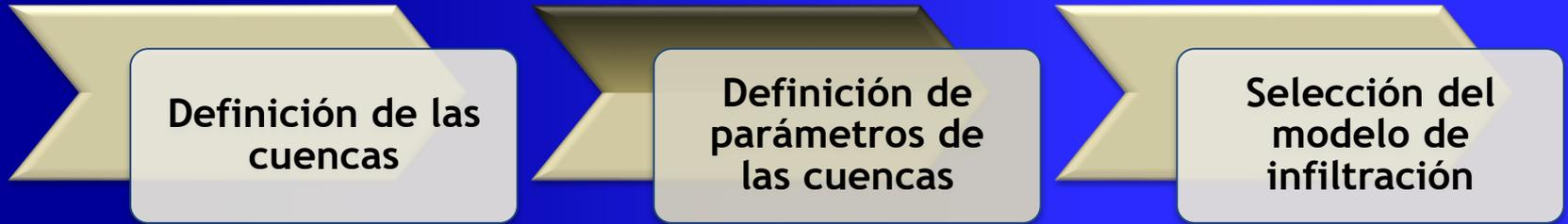
- Cuencas urbanas: por medio de Polígonos de Thiessen
- Cuencas rurales: con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica (GIS)

Mapa de Cuencas

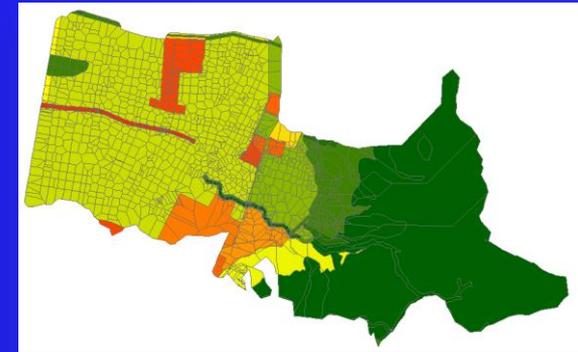


MODELACIÓN HIDRÁULICA

Modelo Lluvia - Escorrentía



% Área Impermeable

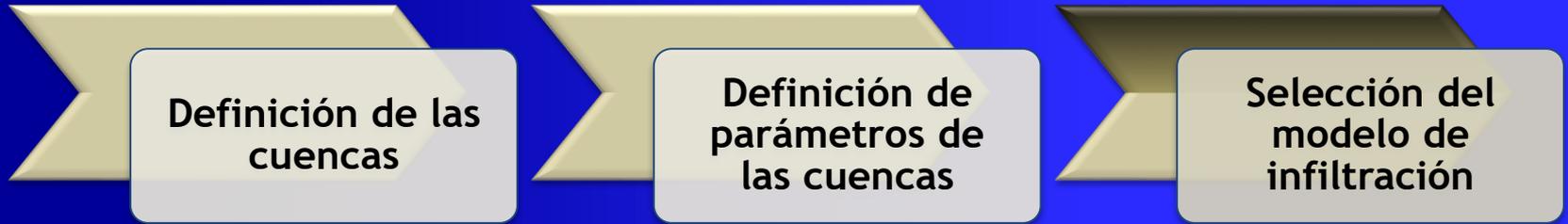


Número de Curva

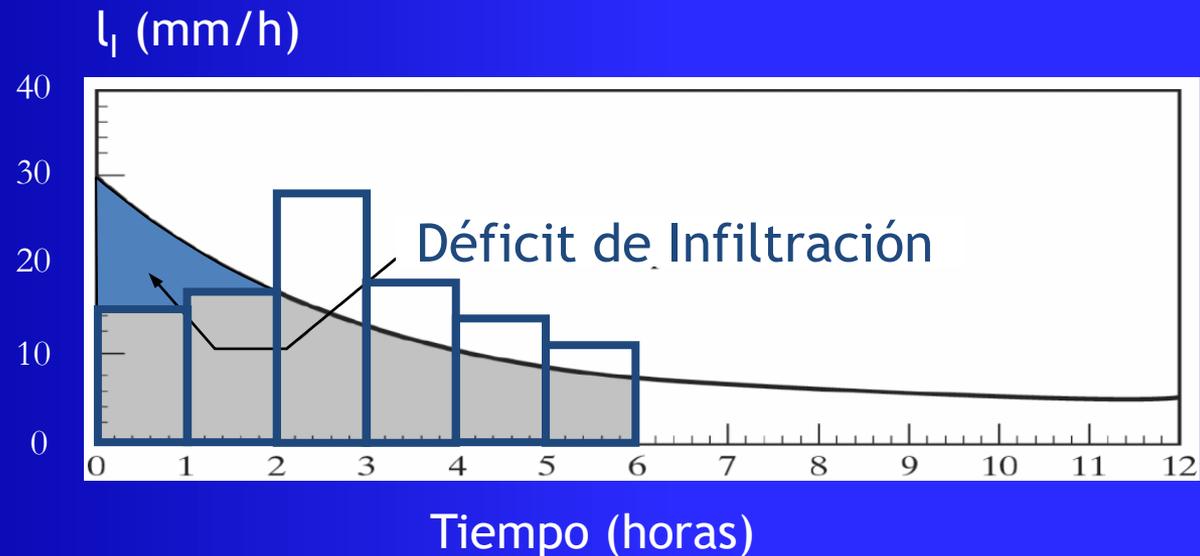


MODELACIÓN HIDRÁULICA

Modelo Lluvia - Escorrentía



- Green Ampt - 3 parámetros
- Horton y Horton Modificado - 5 parámetros
- Número de Curva - 2 parámetros

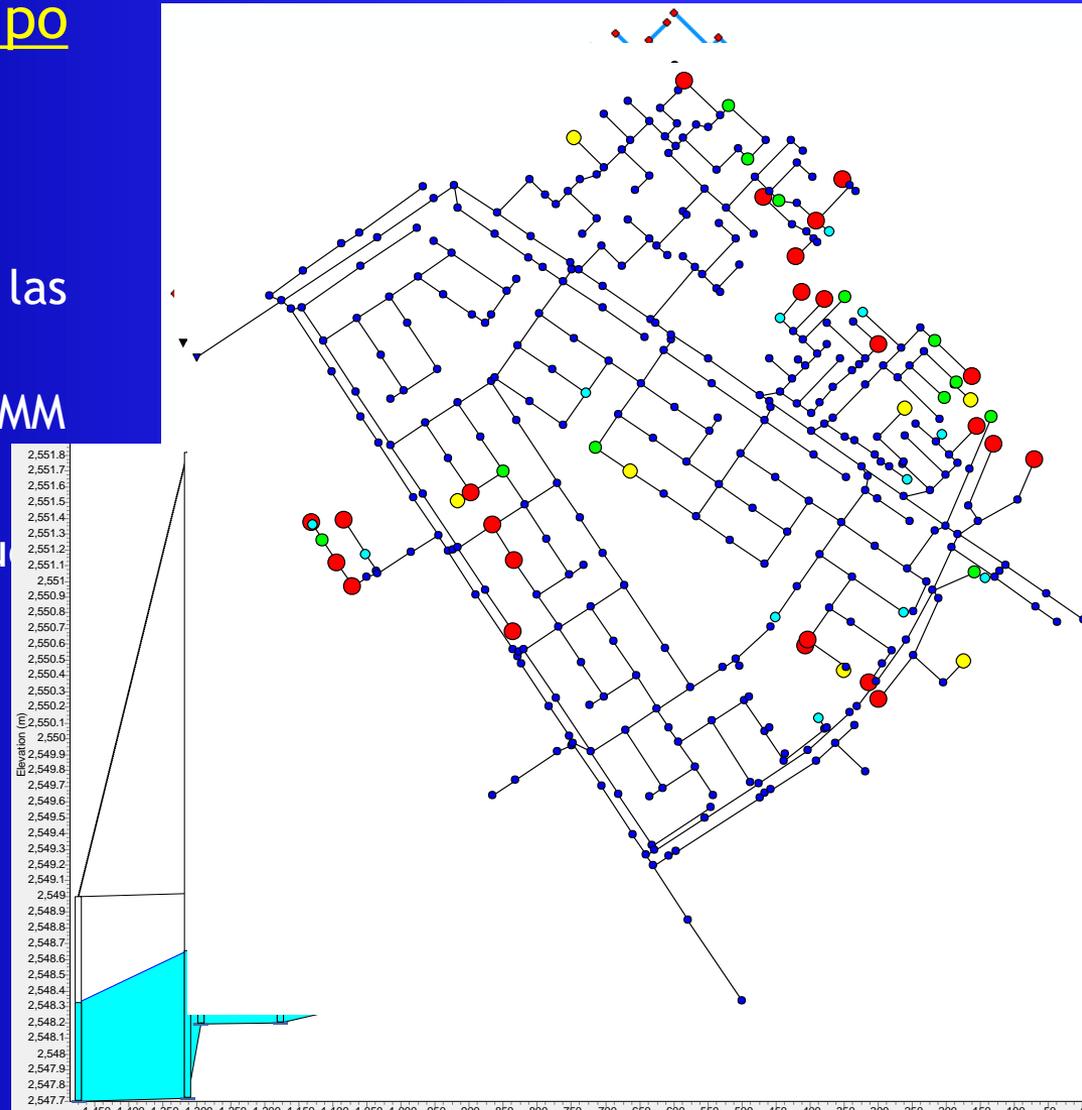




MODELACIÓN HIDRÁULICA

Creación de la Red Prototipo

1. Revisión de la información disponible en formato .shp
2. Creación y cuantificación de las cuencas
3. Generar archivo para EPASWMM
4. Revisión de las Pendientes
5. Revisión de Inundación en nu





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

- Soluciones para controlar los sistemas de drenaje
- Aumentar la capacidad de transporte de las redes de drenaje.
- Utilizar sistemas SUD (Drenaje urbano sostenible).
 - Control antes de que el agua entre en la red de drenaje.
 - Tejados verdes.
 - Pavimentos porosos.
 - Control después de que el agua entre en la red de drenaje.
 - Tanques de tormenta (depósitos de retención de lluvia).





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO



Depósitos de infiltración

Depósitos de retención

Pozo de infiltración

Cunetas verdes

Bandas de filtración

Techos verdes

Zanjas de infiltración

Biorretención

Humedales

Pavimentos permeables





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Techos verdes



Ventajas	Desventajas
Retención de aguas pluviales y contaminantes.	No son eficientes para eventos con intensidades de precipitación altas.
Funcionan como aislante térmico y compensan el efecto de «isla de calor» en las ciudades.	Requieren de mantenimiento constante para evitar obstrucciones
Benefician el impacto visual y estético de la ciudad.	Costoso

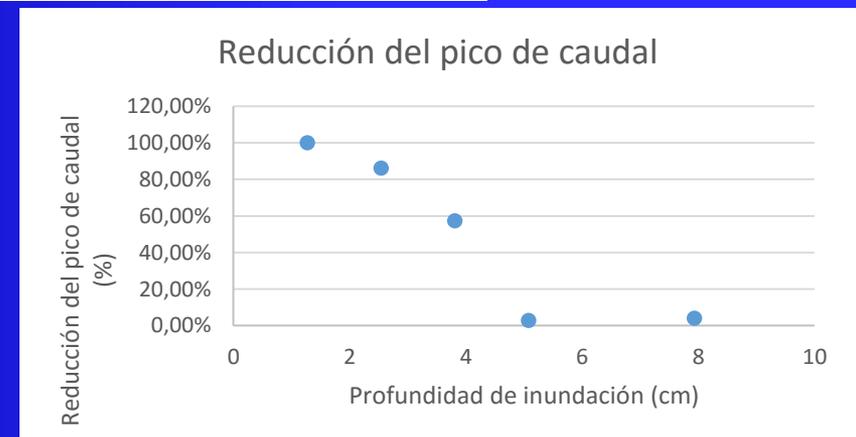


LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Reducción del caudal pico de un techo verde con respecto a un techo convencional (Norris & Lawrence, 2008).

Rainfall Amount (cm)	Peak Flow Reduction (%)	Rainfall Retention (%)	Detention Time (hr)
1.27	100	100	
2.54	86.1	65.0	11
3.81	54.7	44.0	12
5.08	2.82	33.3	13
7.93	0.40	21.6	14

- Estudio realizado en Athens, EE.UU.
- Área total techo verde → 37 m²
- Modelación hidrológica → HYDRUS
- Periodo simulado lluvias diarias → 1 año





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Superficies permeables



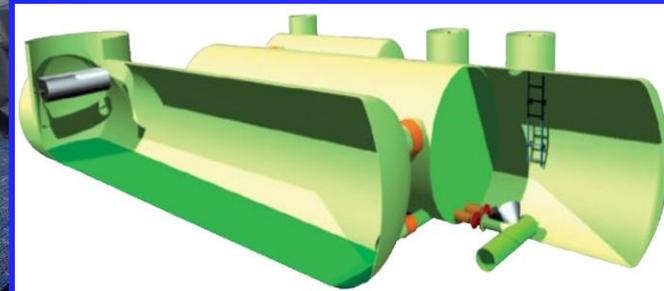
Ventajas	Desventajas
Se reemplazan superficies totalmente impermeables por unas permeables	Existe potencial de obstrucción del medio poroso a causa de sedimentos. Esto reduce la eficiencia del pavimento si no se tiene un adecuado mantenimiento
Reducción de la velocidad y volumen de aguas pluviales	No se puede aplicar en áreas de alto tráfico o para vehículos pesados. (menos de 100 vehículos por día)
Reducción de la carga de algunos contaminantes que vienen en la escorrentía superficial	Costoso con respecto a los pavimentos convencionales



LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Tanques de Retención:

- De acuerdo con su funcionalidad:
 - Control de flujo para evitar inundaciones.
 - Control de la calidad del agua de las descargas.
- Dependiendo del tipo de construcción:
 - Abierto a la atmósfera.





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

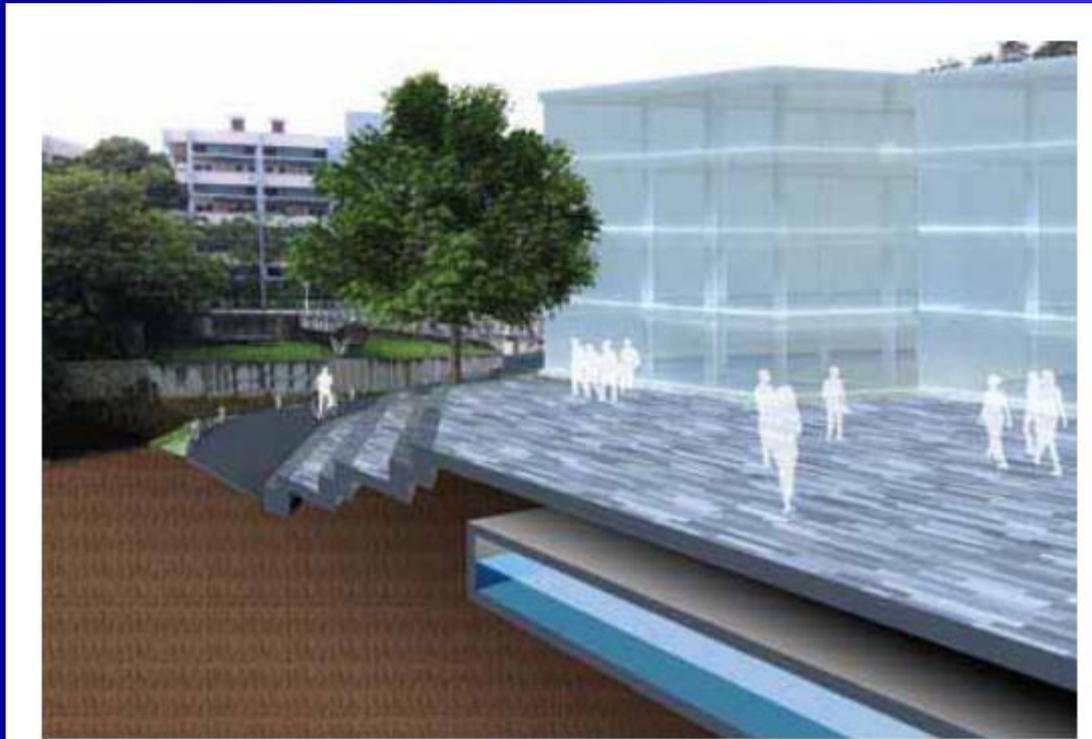
Caso de Singapur, Wisma Atria





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Caso de Singapur



Además de reducir el caudal pico, un tanque de detención también se puede combinar con un sistema de recogida de aguas pluviales para proporcionar almacenamiento para su reutilización.



LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Estructuras de Almacenamiento Temporal:

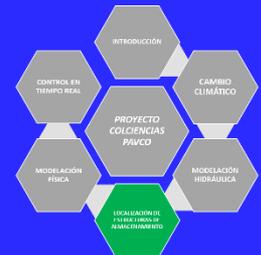
Tanques convencionales



Estructuras Modulares



Tuberías de GRP



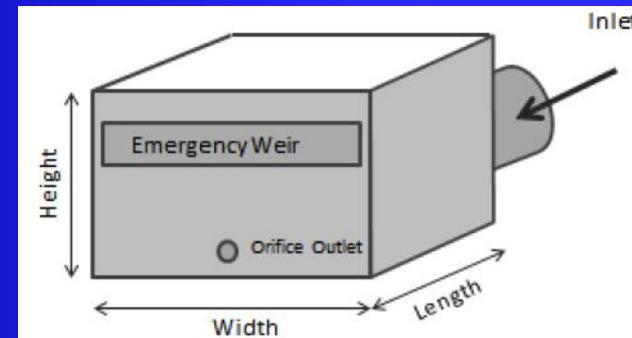
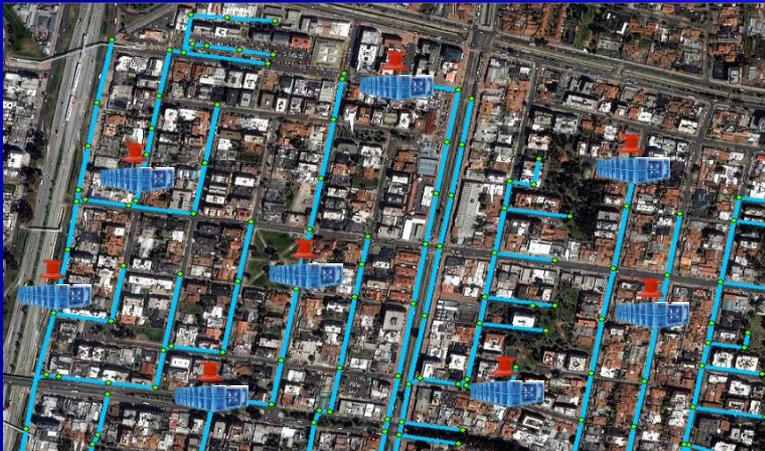


LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Enfoques de Optimización Utilizados:

Descripción del Problema:

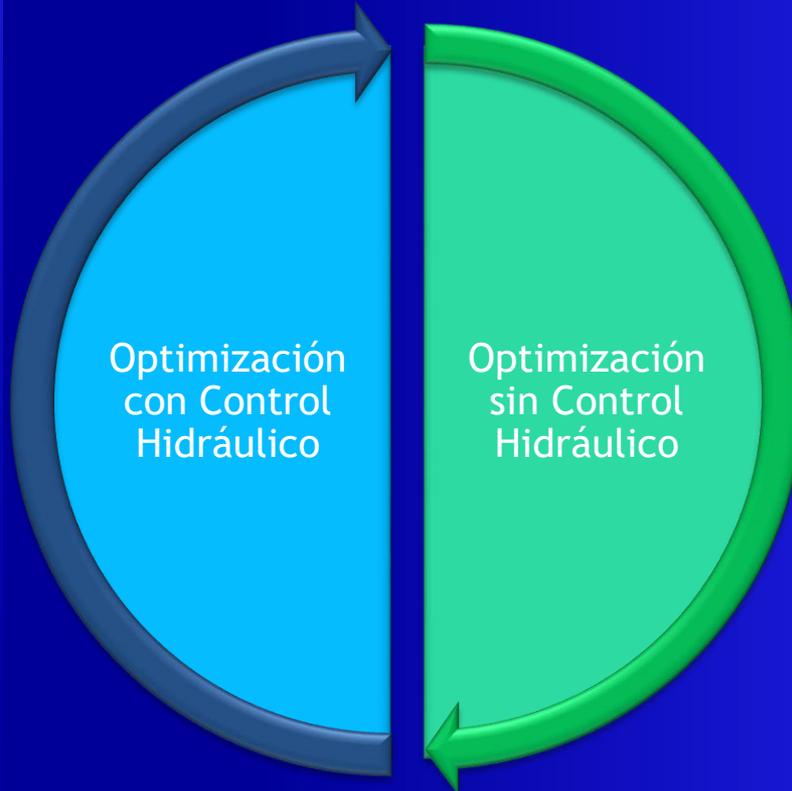
Determinar una solución óptima para la instalación de estructuras de almacenamiento temporal, incluyendo su localización y dimensionamiento, garantizando el cumplimiento simultáneo de diferentes requerimientos tales como el control de inundaciones, aspectos regulatorios y capacidad hidráulica de las estructuras.





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Enfoques de Optimización Utilizados:



Optimización sin control hidráulico:

Explora el dimensionamiento óptimo de tanques de almacenamiento sin hacer modificaciones sobre las características de estos

Optimización con control hidráulico:

Explora el dimensionamiento y la localización óptima de los tanques incluyendo modificaciones a las estructuras de salida durante la simulación





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

2. Optimización con control hidráulico - OptSU

Minimización de Costos

Inversión inicial y los costos de operación

Costos de los daños generados

$$\text{Min} \sum_{j \in N_u} CS_j(V_j) + \varphi \sum_{s \in S} P_s + \sum_{i \in N} CF_i(V_{i,s}^{Surch})$$

Probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos

Minimización de Volumen

Volúmenes de inundación dentro del sistema

$$\text{Min} \sum_{j \in N_u} V_j + \theta \sum_{i \in N} V_i^{Surch}$$

volúmenes de almacenamiento de todas las estructuras de almacenamiento implementadas

φ y θ permiten modelar la importancia





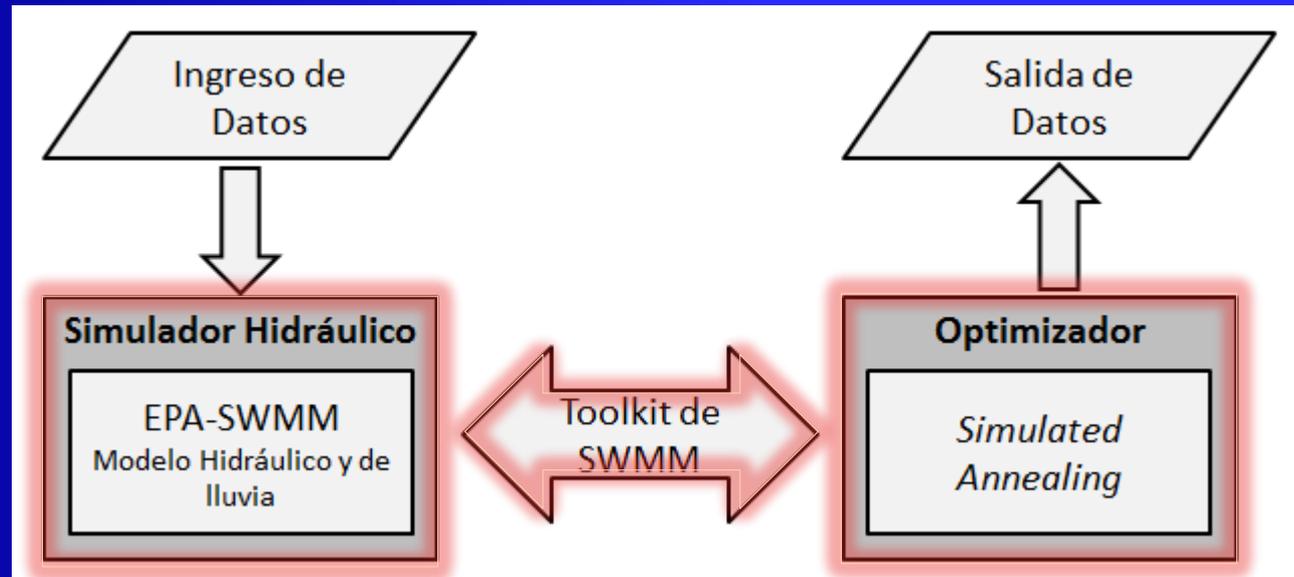
LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

. Optimización con control hidráulico - OptSU

Algoritmo de solución del Modelo de Decisión:

Para la solución del modelo de decisión, se integraron los siguientes componentes:

1. Simulador Hidráulico
2. SWMM Toolkit
3. Optimizador: *Simulated Annealing*

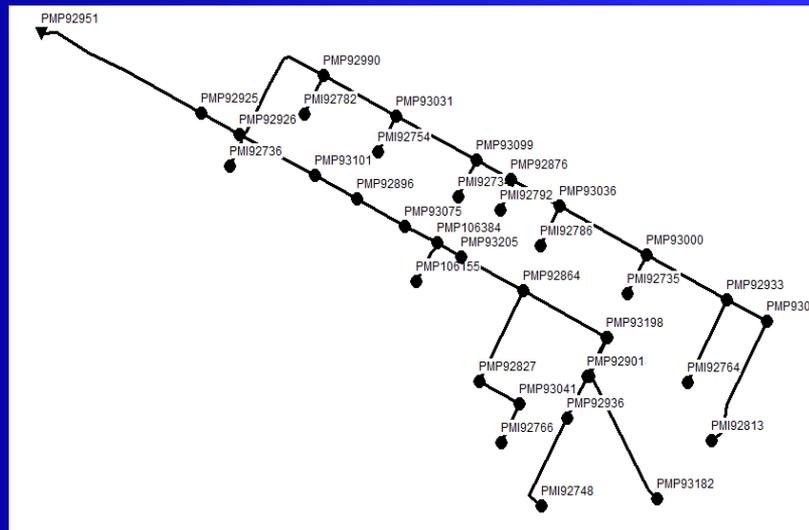




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Caso de estudio 1

- Superficie total: 57.6 ha.
- N° de cuencas definidas: 36.
- Longitud total de red considerada: 4840 m.
- Rango de diámetros: 350 - 1400 mm.
- Número total de nudos considerado: 36.
- Rango de cotas: 2548.97 - 2587.65 (38.68 m de desnivel).
- Rango de profundidades de los pozos: 0.91 - 4.12 m.

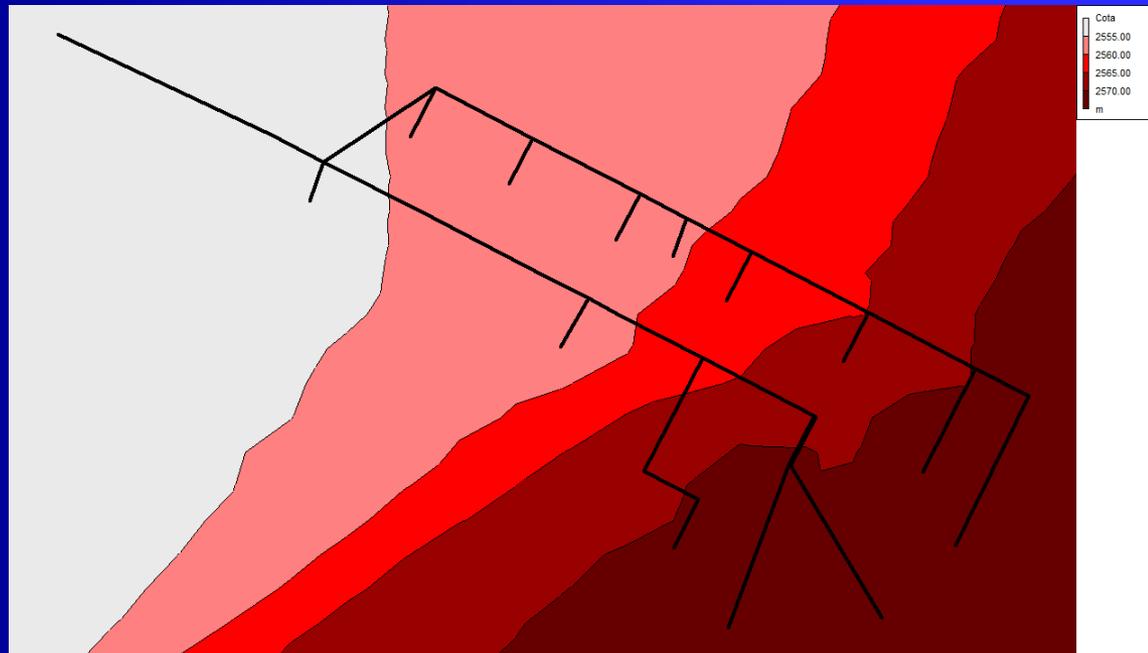




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Caso de estudio 1

- La red funciona completamente por gravedad

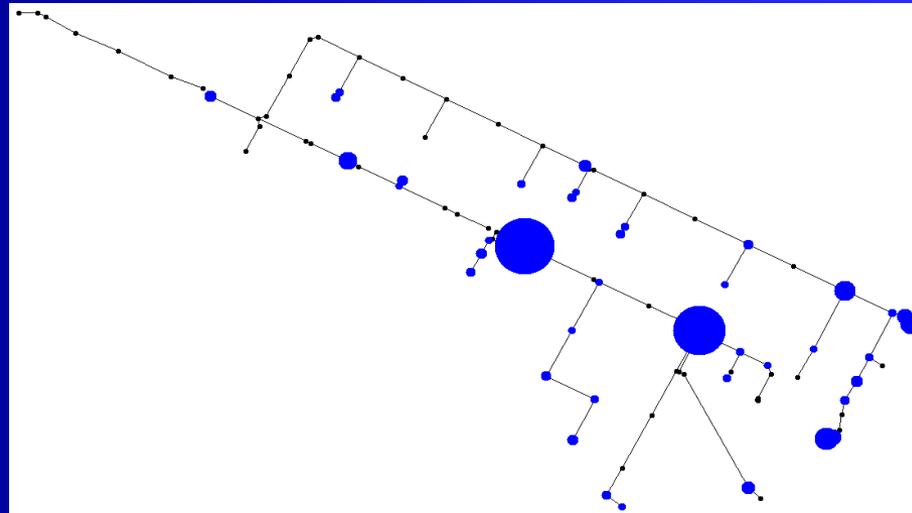




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Caso de estudio 1

- Red de alcantarillado pluvial ubicada en Chicó, en la zona norte de Bogotá
- Volumen total de inundaciones: 26,506 m³
- Volúmenes de permitidos para los tanques: 100 - 2,000 m³
- Diámetro máximo del orificio: 25% del diámetro de la tubería aguas abajo
- Ubicaciones potenciales de las estructuras de almacenamiento

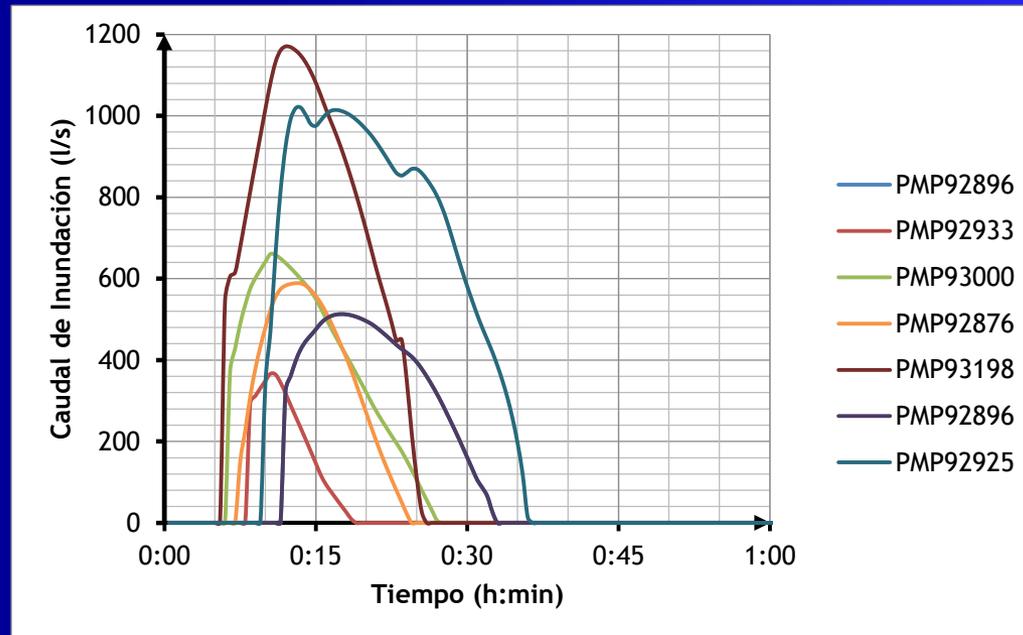




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Antes de realizar el proceso mismo de optimización se estudiaron las condiciones iniciales de la red Mini Chicó Sur.

Se muestra la evolución del caudal de inundación en cada uno de los nudos potenciales de la red



Los nudos en rojo representan aquellos puntos donde se presenta inundación en algún momento de la simulación.





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Optimización Sin Control Hidráulico

Costos asociados a la inundación

Nudo	Volumen total inundación (10 ⁶ l)	Área inundación (m ²)	Altura inund. (m)	Función coste polinómica		Función coste adimensional	
				Coste por área inund. (€/m ²)	Coste total (€)	Coste adim.	Coste total (€)
PMI92735	0.02	1,250	0.02	21.53	26,910.24	0.00	6,669.02
PMP106155	0.04	1,500	0.02	27.97	41,955.13	0.01	12,962.09
PMI92786	0.00	1,130	0.00	1.91	2,159.10	0.00	54.43
PMI92792	0.03	820	0.03	36.46	29,898.41	0.01	11,428.54
PMP92896	0.47	3,030	0.16	214.02	648,476.69	0.17	672,300.57
PMP92876	0.39	700	0.55	872.65	610,856.47	0.73	646,704.80
PMP92933	0.13	930	0.14	194.68	181,050.73	0.15	182,308.35
PMP92925	1.18	3,270	0.36	568.98	1,860,562.78	0.51	2,132,165.52
PMP93000	0.50	1,890	0.27	401.23	758,327.92	0.37	875,945.71
PMP93107	0.12	1,240	0.10	128.87	159,799.11	0.09	136,663.15
PMP93198	0.95	450	2.11	3,291.94	1,481,373.31	1.00	569,924.60
Volumen inundación (m ³)	3,835			Coste total (€)	5,801,369.90	Coste total (€)	5,247,126.76



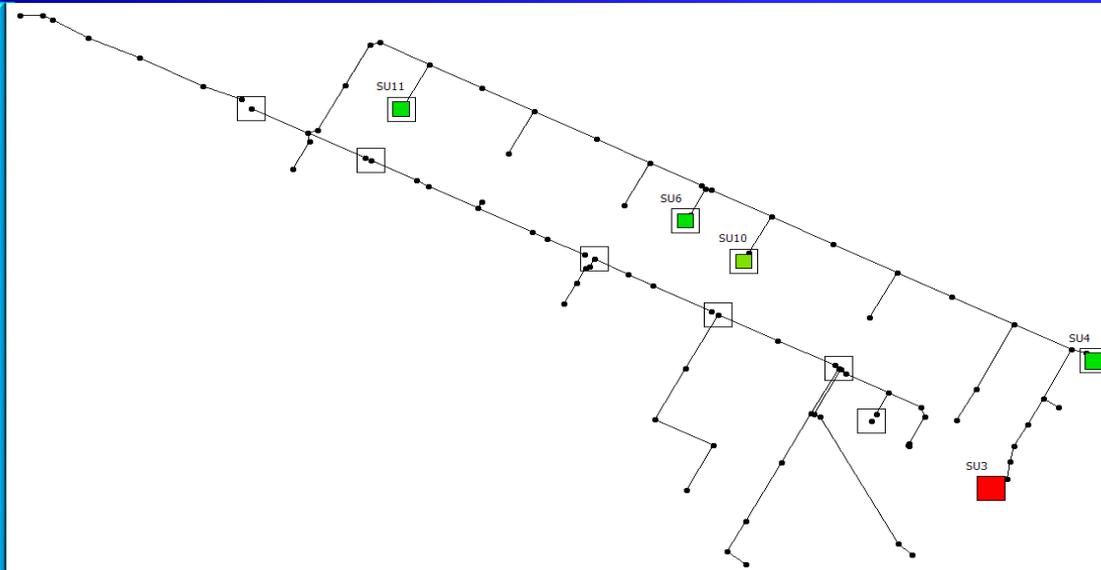
LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Optimización con Control Hidráulico:

Soluciones Obtenidas:

SU	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Orificio (m)	Reducción de Reducción de inundación	Iteraciones
SU3	1500	2100	0.139	22%	52365
SU4	523	2662.07	0.25		
SU6	236	511.32	0.3		
SU10	248	318.41	0.29		
SU11	366	508.2	0.4		

Ejemplo D





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Caso de estudio 2 - Red Salazar Gómez Bogotá

- Superficie total: 81 ha.
- N° de cuencas definidas: 176.
- Rango de diámetros: 350 - 1400 mm.
- Número total de nudos considerado: 176.

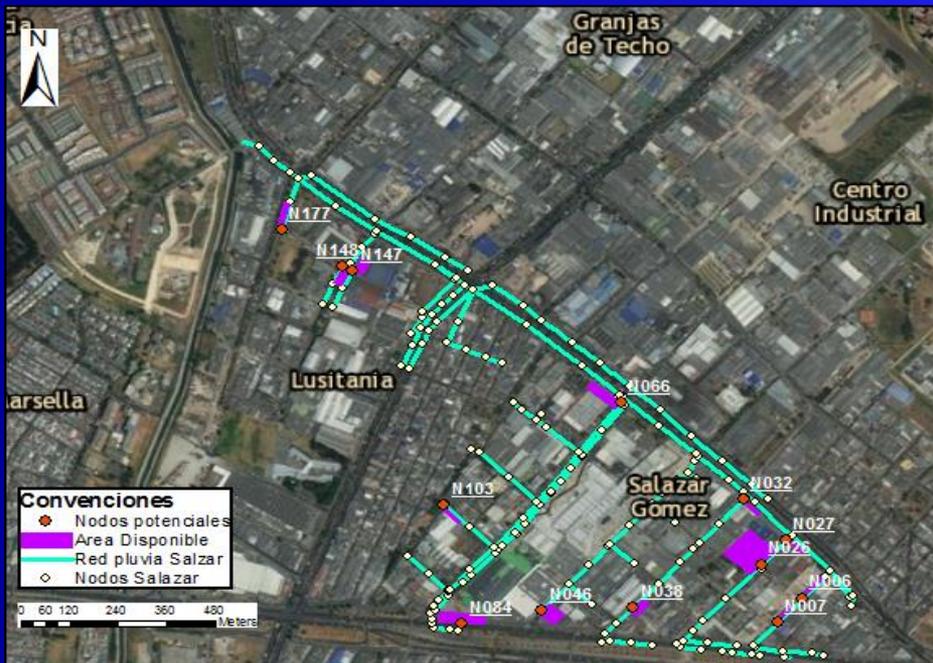




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Resultados

Zonas con posibles eventos de inundación, selección de nodos potenciales teniendo en cuenta la disponibilidad de área



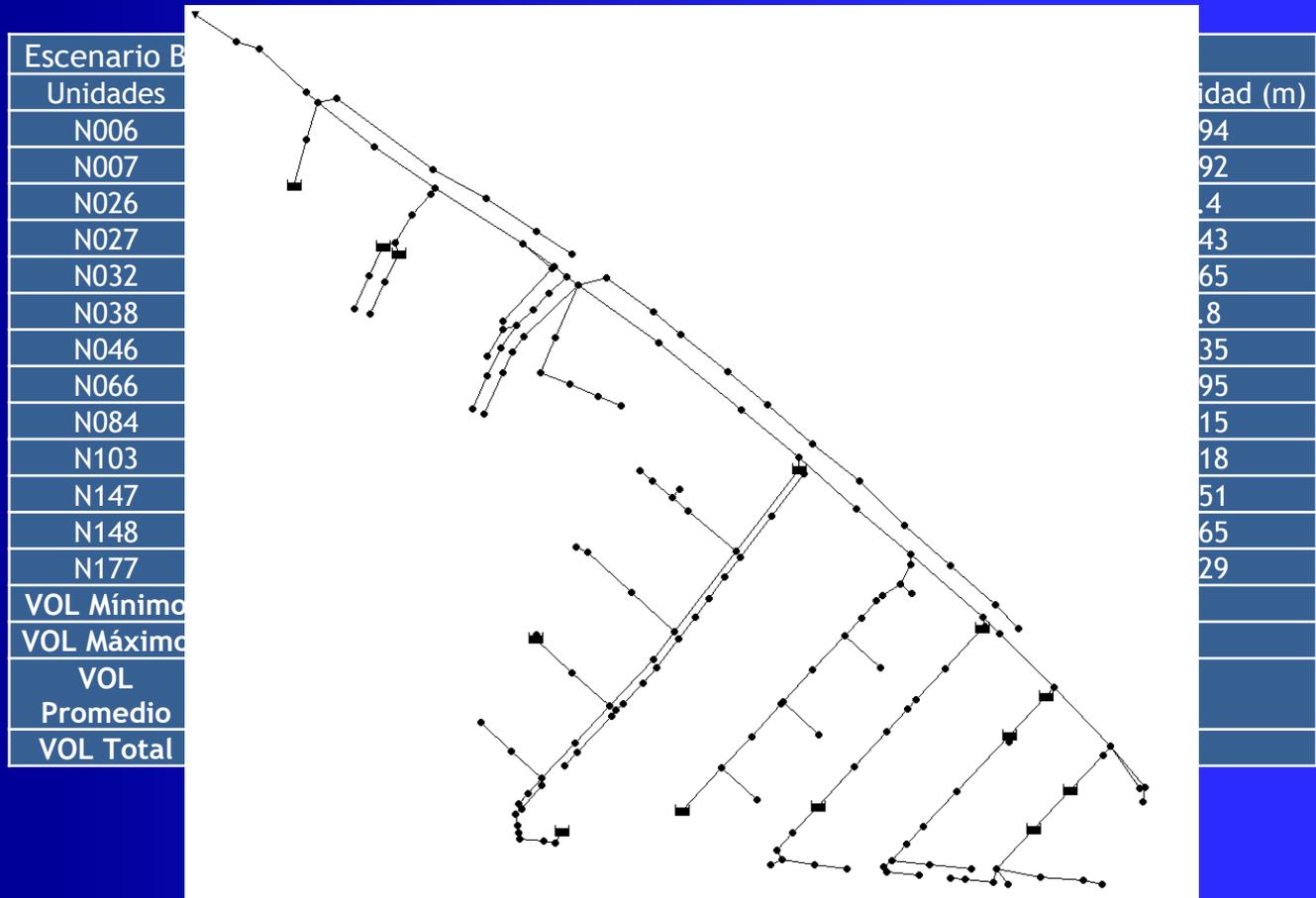
Nodos potenciales	Área disponible máxima m2
N006	670.11
N007	803.63
N026	8508.77
N027	712.91
N032	833.04
N038	1234.97
N046	2049.39
N066	2240.19
N084	3658.07
N103	709.93
N147	1188.64
N148	1096.64
N177	1411.84



LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Resultados

- Optimización sin Control Hidráulico : 45.19% reducción en la inundación

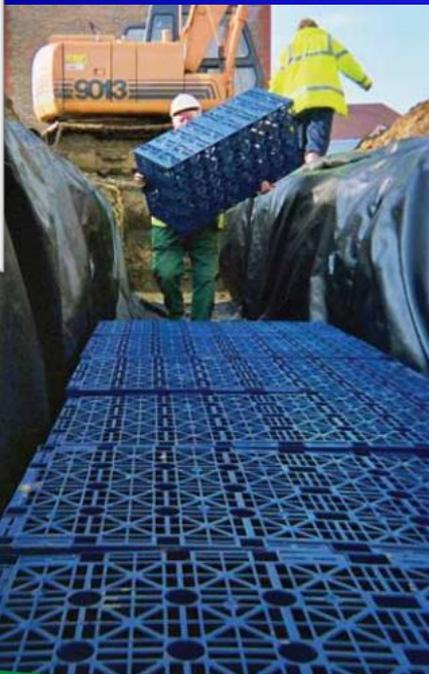




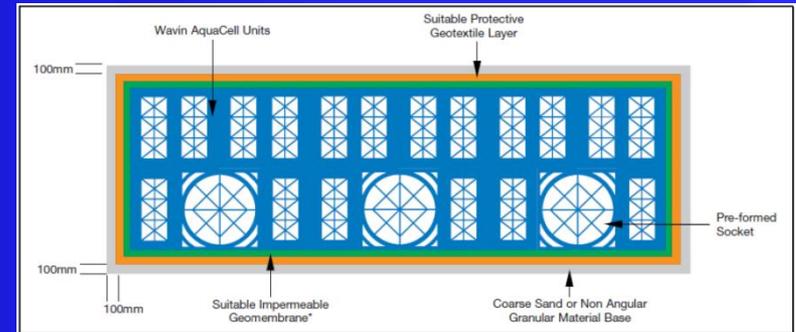
LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Estructuras de Almacenamiento Temporal: *AquaCells*

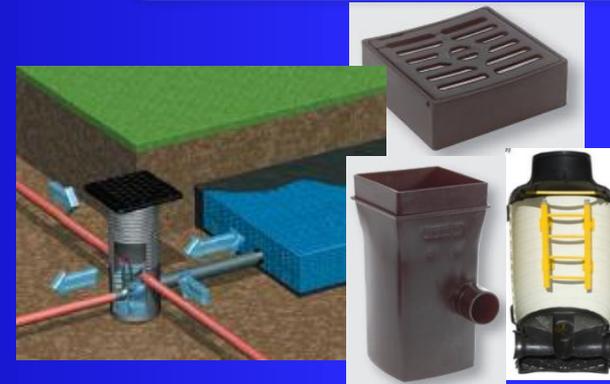
Estructuras Modulares



Instalación



Integración con Estructuras Complementarias





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Estructuras de Almacenamiento Temporal: *AquaCells*

Uso como grandes tanques de almacenamiento





LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Estructuras de Almacenamiento Temporal: *Tanques de GRP*

Xerxes Corporation:

Instalación y Anclajes

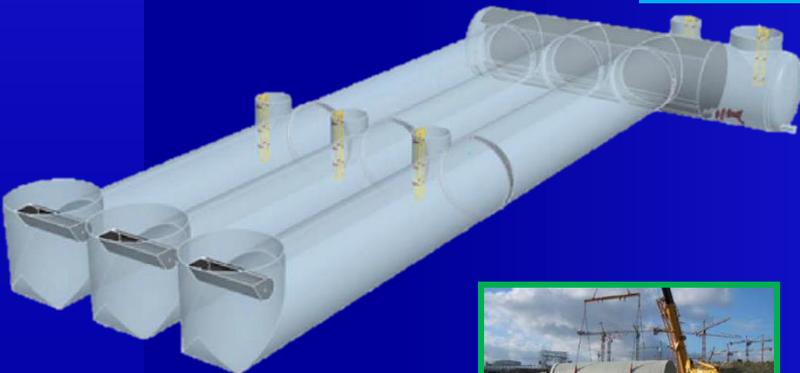




LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Estructuras de Almacenamiento Temporal: *Tanques de GRP*

Amistorm Tanks





CONCLUSIONES

- Reuso de las aguas lluvias no es posible si se quiere resolver en formas simultánea el problema de las inundaciones urbanas por eventos de tormenta.
- En el caso de Bogotá, las aguas lluvias podrían llegar reguladas a los humedales de la ciudad. Es necesario separar el primer lavado, el cual se debe enviar a las PTARs.
- El Cambio Climático está implicando lluvias de mayor intensidad con lo cual el problema de las inundaciones urbanas se agravará hacia el futuro mediano.
- Usar soluciones localizadas de reciclaje de aguas lluvias puede implicar un mayor costo energético por el bombeo que requerirían.
- Es necesario que se hagan mucho más mediciones hidrológicas. Este team ha sido identificado como uno de los más importantes para la región de América del Sur frente al 8WWF.



Universidad de
los Andes

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados - CIACUA

PAVCO

COLCIENCIAS
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación

GRACIAS

