



CUBIERTAS VERDES EN EDIFICIOS PUBLICOS

Experiencia y recomendaciones para su instalación en la Ciudad de Buenos Aires



Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS

CUBIERTAS VERDES EN EDIFICIOS PUBLICOS

Experiencia y recomendaciones para su instalación en la Ciudad de Buenos Aires

**Dirección General de Estrategias Ambientales
Agencia de Protección Ambiental
Ministerio de Ambiente y Espacio Público
Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires**

Buenos Aires, julio 2014

AUTORIDADES

Presidente

Juan Carlos Villalonga

Directora General de Estrategias Ambientales

Flavia Broffoni

Gerente Operativo Energía y Cambio Climático

Sol Trench

Gerente Operativo de Borde Costero de Riachuelo y Río de la Plata

Carolina Risolo

Textos

María José Leveratto

Equipo Técnico Gerencia Operativa de Cambio Climático y Energía

María Eugenia Vidal

Equipo Técnico Gerencia Operativa Riachuelo y Borde Costero

Han participado del trabajo que se refleja en este documento:

Agencia de Protección Ambiental, Ministerio de Ambiente y Espacio Público

Dra. Adriana Freysselinard, Lic. Ezequiel Gaspes, Arq. Susana Mühlmann, Arq. Miguel Fortuna, Lic. Carolina Schirinian, Arq. María José Leveratto, Lic. Sergio Recio, Ing. Florencia González Otharán, Arq. Matías Propati, Ing. Carolina Risolo, Lic. María Eugenia Vidal, Tec. Julián Satelier, Ing. Orlando Fernández Bados, Lic. Germán Pale, Arq. Mariano Reobo.

Instalación de la cubierta verde en la Escuela Nro 6 “French y Beruti”

Arq. Hugo Gilardi, Ing Agr. Guillermo Fiallo Montero, Paisajista Lucrecia Köenig, Centro de Investigación Hábitat y Energía, FADU-UBA.

Escuelas Verdes, Ministerio de Educación

Ing Agr. Carlos Gentile, Arq. Marina Kusnir, Sr. Nicolás Mujico

Infraestructura Escolar, Ministerio de Educación

Arq. Víctor Crespo, Arq. Ana Elgero

Dirección Escuela N° 6 “French y Beruti”, Ministerio de Educación

Directora Silvia del Rey

ÍNDICE

Introducción	7
---------------------	---

PARTE I CONCEPTOS GENERALES

1. Definiciones	9
1.1. Que es una cubierta verde	9
1.2. Elementos que componen una cubierta verde	9
1.3. Tipos de cubiertas verdes	9
2. Beneficios Ambientales de las Cubiertas Verdes	11
2.1. En general	11
2.2. Comportamiento térmico	11
2.3. Comportamiento hídrico	12
2.4. Isla de biodiversidad	13
3. Cubiertas Verdes en Edificios Públicos	14
3.1. Selección de sustratos	14
3.2. Drenaje	14
3.3. Cobertura vegetal	15
3.4. Detalles constructivos	16
4. Requerimientos de Mantenimiento de una Cubierta Verde en Edificios Públicos	18
4.1. Mantenimiento de elementos constructivos	18
4.2. Mantenimiento de la vegetación	18
4.3. Control de plagas y enfermedades	19
4.4. Limpieza	19
4.5. Control de erosión del sustrato	19

PARTE II INSTALACION DE UNA CUBIERTA VERDE EN UNA ESCUELA PÚBLICA

1. Objetivo del proyecto	22
2. Características del Edificio Escolar Seleccionado	23
3. Descripción General de la Cubierta Verde Instalada	26
3.1. Características constructivas y Ubicación	26
3.2. Especies vegetales seleccionadas	28

4. Descripción del Proceso de Instalación	30
4.1. Preparación del espacio	30
4.2. Impermeabilización	31
4.3. Capa drenante y detalles de desagües	31
4.4. Sustrato	33
4.5. Sistema de riego	33
4.6. Plantado de especies vegetales	34
4.7. Detalles de borde y terminación	34
5. Descripción de las Tareas de Mantenimiento Realizadas	36
5.1. Sectorización de la cubierta para evaluación de requerimientos de mantenimiento	36
5.2. Limpieza	37
5.3. Desmalezado, cortes y podas	37
5.4. Riego	37
5.5. Fertilización y control de plagas	39
6. Descripción General de la Biodiversidad	40
6.1. Especies vegetales	40
6.2. Artrópodos	41
6.3. Aves	42
7. Recomendaciones	43
7.1. Etapa de selección de edificios	44
7.2. Etapa de instalación	44
7.3. Etapa de mantenimiento	44
8. Conclusiones	45
9. Anexo	46
9.1. Especies vegetales utilizadas en la cubierta verde	46
9.2. Invertebrados identificados en la cubierta verde	49
9.3. Aves identificadas en la cubierta verde	55
Referencias	57

INTRODUCCIÓN

La Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires desarrolla desde sus inicios actividades relacionadas con la incorporación de cubiertas verdes en edificios (Del Gris al Verde APrA. 2009) y crea en Junio del año 2010 el “Programa de Cubiertas Verdes en Edificios Públicos” con el objeto de impulsar la instalación de cubiertas con vegetación en edificios administrados por el sector público de la Ciudad. En este marco, se han llevado a cabo distintas actividades de promoción y desarrollo, entre las que se encuentra la realización de este documento.

En su primer parte, el texto describe de manera general a las de cubiertas verdes, destacando los beneficios ambientales que este tipo de soluciones proporcionan, particularmente en relación a su comportamiento hídrico y térmico. Luego de esta descripción, se profundiza en el análisis de las características y condiciones que deberían cumplirse para la instalación y mantenimiento de cubiertas verdes en edificios públicos de la Ciudad de Buenos Aires, con el objeto de favorecer diseños que permitan su sustentabilidad en el tiempo de manera adecuada.

La segunda parte del documento detalla la experiencia realizada durante el año 2011, cuando la Agencia de Protección Ambiental con la colaboración del Ministerio de Educación del GCBA, instala en la escuela primaria pública Nro. 6 “French y Beruti”, la primer cubierta verde en un edificio público de Buenos Aires con el objeto de monitorear distintos aspectos de su comportamiento. En esta sección se describen las pautas tenidas en cuenta para la selección del edificio a intervenir, las características generales de la cubierta instalada, el proceso de instalación y las tareas de mantenimiento realizadas durante el primer año. Se incluye también un análisis de la biota relevada durante el periodo y algunos conceptos relacionados a requerimientos de riego artificial. En su parte final, el informe aporta recomendaciones aplicables a las distintas etapas del proceso de instalación de una cubierta verde en edificios públicos, con el objeto de transmitir los resultados de la experiencia a futuros proyectos de este tipo.

PARTE I

CONCEPTOS

GENERALES

1. DEFINICIONES

1.1. Que es una cubierta verde

Una cubierta verde es un sistema que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de una estructura impermeable de techos, terrazas o azoteas de edificios.

Una cubierta verde es autosustentable cuando se alcanza un equilibrio adecuando entre la vegetación implantada, el sustrato elegido y el microclima del espacio intervenido. En este equilibrio el suelo brinda soporte y alimento a las plantas, que a su vez lo protegen de la erosión y condiciones climáticas, asegurándose en su conjunto la regeneración natural y preservación del ecosistema sin necesidad de intervención externa.

1.2. Elementos que componen una cubierta verde

Para materializar una cubierta verde debe incluirse como mínimo:

- una membrana impermeable, que impide el paso de humedad hacia el interior de la estructura del edificio.
- una barrera anti-raíces, que controla el paso de raíces que pudieran perforar la capa protectora impermeable.
- un sistema de drenaje, que facilita el escurrimiento del agua sobrante hacia los desagües.
- una capa de filtración, que contiene el sustrato y protege el drenaje de la presión ejercida por las capas superiores, impidiendo también el filtrado de materia orgánica lixiviada.
- un medio de crecimiento o sustrato, que brinda soporte físico a la vegetación y proporciona los nutrientes, agua y oxígeno necesarios para su desarrollo.
- una cubierta vegetal, que conforma el componente vivo del sistema, compuesto por plantas adaptadas a las condiciones físicas y microclimáticas en las que deberán crecer.

1.3. Tipos de cubiertas verdes

Las cubiertas verdes se dividen básicamente en dos categorías: extensivas e intensivas. Las denominadas cubiertas verdes extensivas cumplen una función prioritariamente de mejoramiento ambiental, son livianas y de

bajo mantenimiento. Las cubiertas verdes intensivas, tienen un uso similar al de los jardines, permiten el crecimiento de especies vegetales de más tamaño y requieren mayor profundidad de sustrato.

Las cubiertas verdes extensivas son las más sencillas de incorporar en construcciones existentes y las más adecuadas cuando se proponen mejoras en la sustentabilidad ambiental de edificios. Se diseñan para conformar una superficie con vegetación de adaptación sencilla, que pueda desarrollarse sobre sustratos de menos de 15 cm. de espesor sin requerir, una vez implantada, más riego que el proporcionado por las lluvias. En la mayoría de los casos son espacios inaccesibles.

Las cubiertas verdes intensivas, son jardines exteriores accesibles que requieren sustratos de espesor superior a los 15 cm, ya que pueden alojar variedades de plantas con mayor profundidad radicular incluyendo huertas, arbustos de gran porte, y en algunos casos, árboles. Estas cubiertas precisan de una estructura de soporte reforzada, por lo que suelen incorporarse solamente en construcciones nuevas. Requieren de mayores inversiones en mantenimiento e irrigación, y por este motivo no son recomendables cuando se propone realizar cubiertas verdes auto sustentables.

Las cubiertas verdes pueden incorporarse a cualquier tipo de edificio, inclusive aquellos con techos en pendiente. Son particularmente recomendables en construcciones que cuentan con una gran superficie plana e impermeable a baja altura, como es el caso de grandes centros comerciales, plantas industriales, etc. Pueden cubrir toda la cubierta disponible o solo parte de ella, e incluirse tanto en edificaciones nuevas como existentes.

2. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LAS CUBIERTAS VERDES

2.1. En general

Las cubiertas verdes o vegetadas brindan los siguientes beneficios ambientales:

- Mejoran el aislamiento térmico, el retraso térmico y la inercia de los edificios, reduciendo el consumo de energía y las emisiones finales de CO₂.
- Disminuyen la velocidad de escorrentía de agua de lluvia retrasando su llegada a la red, factor de gran importancia durante precipitaciones intensas cuando el sistema pluvial debe absorber grandes cantidades de agua en pocos minutos.
- Retienen agua de lluvia dentro de su estructura, disminuyendo el caudal que llega a la red pluvial.
- Disminuyen la temperatura de los techos, moderando el efecto de “isla de calor urbana”, particularmente en los meses de verano.
- Filtran el polvo y la contaminación, mejorando la calidad de aire de la ciudad.
- Representan un nuevo hábitat para diferentes especies nativas y/o migratorias, particularmente de aves e insectos.
- Pueden duplicar o triplicar la vida útil de la membrana hidrófuga de una cubierta al eliminar la contracción y expansión de la misma por exposición al sol y a cambios de temperatura.
- Mejoran el valor estético y la calidad visual de los edificios que lo rodean.
- Contribuyen a la mejora de la calidad de vida de los habitantes urbanos.

A continuación se brinda mayor información sobre las características de algunos de estos beneficios ambientales, ya que han sido estudiados en mayor profundidad por los equipos técnicos de la Agencia de Protección Ambiental.

2.2. Comportamiento Térmico

La incorporación de cubiertas con vegetación en techos de edificios modifica distintas variables relacionadas con el comportamiento térmico de los mismos, como su inercia, su capacidad aislante y sus temperaturas superficiales. En líneas generales, una cubierta verde puede reducir y retrasar pérdidas y ganancias de calor debido al incremento de material con capacidad aislante y de la incorporación de mayor masa térmica. También reduce las temperaturas superficiales y las ganancias de calor a partir del sombreado y la evapotranspiración.

La capacidad de reducir las temperaturas superficiales de techos de edificios brinda un beneficio de relevancia cuando se requiere moderar la conformación de islas de calor urbanas. Es importante destacar que la disminución de la temperatura de una superficie expuesta a la atmósfera puede lograrse utilizando dos estrategias diferentes: Una es incorporando techos de color claro, que reflejan la luz solar. Otra es, como en el caso de las cubiertas verdes, a partir fundamentalmente de la pérdida de calor latente vía evapotranspiración. Es interesante mencionar que las temperaturas superficiales de techos blancos y de cubiertas verdes tienden a ser similares, en otras palabras, que el efecto de enfriamiento hacia la atmósfera es tan efectivo en un caso como en el otro (Gaffin et al 2010). Si se comparan temperaturas superficiales de techos convencionales y temperaturas superficiales esperables sobre techos verdes, estudios realizados para condiciones de verano en la Universidad Central de la Florida (EEUU) muestran diferencias promedio diarias de 22°C, donde un techo convencional con terminación en membrana en color claro registra una temperatura superficial promedio de 54°C y la superficie expuesta de una cubierta verde registra temperaturas promedio diarias de 33°C (Sonne 2006).

Respecto de la capacidad aislante térmica de un techo verde, mediciones en cubiertas extensivas instaladas en ciudades con climas fríos del Canadá, han mostrado una reducción en la transmisión de calor de entre un 70% y un 90 % en verano y de entre un 10% y 30 % en los meses de invierno. Esto significa que este tipo de cubiertas resultan muy efectivas para reducir las ganancias de calor en los periodos cálidos estivales, cuando la radiación solar es intensa sobre superficies horizontales (Liu y Minor 2005). Por el contrario, en condiciones de invierno, la eficiencia de una cubierta verde para reducir las pérdidas de calor desde el interior es menor. Estudios realizados en edificios ubicados en el centro de la ciudad de Pittsburg, Estados Unidos, muestran que durante los

meses fríos una cubierta verde extensiva disminuyó las pérdidas de calor desde el interior del edificio en un 8.2 %, cuando en verano las ganancias de calor hacia el interior se redujeron en un 75 % (Becker y Wang, 2011).

Como conclusión, es importante destacar que la incorporación de una cubierta verde puede reducir notoriamente la demanda de energía para refrigeración en verano, lo que la convierte en una solución muy efectiva para regiones con climas templados y cálidos. En regiones con temperaturas más elevadas, como el Estado de Florida, en los Estados Unidos, se realizaron estudios comparando el comportamiento térmico de techos tradicionales de color claro y techos con cubierta verde extensiva. Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de un techo verde permite ahorros de energía en aire acondicionado en los meses calidos de aproximadamente 700 Watt-hora por día, considerando en este caso un edificio de 300 m² (Sonne 2006).

Al no ser una solución efectiva para condiciones de invierno, el sistema constructivo de una cubierta verde debe incorporar el correspondiente material aislante térmico para evitar pérdidas de calor en épocas frías.

El retraso térmico que proporcionan las cubiertas verdes puede ser, bajo determinadas condiciones climáticas, un beneficio importante que permita mejorar el confort de manera natural en espacios interiores. En este sentido, trabajos de monitoreo realizados en climas tropicales afirman que una cubierta verde ligera, con un sustrato de 100mm de espesor, retrasa en aproximadamente cuatro horas la transmisión de calor entre el exterior y el interior de los locales, logrando una amortiguación térmica de 6° C en condiciones de altas temperaturas y con radiación solar directa sobre la cubierta (Vecchia et al. 2006).

Vale destacar que la capacidad aislante y de inercia térmica de una cubierta verde dependerá fundamentalmente del tipo y espesor del sustrato utilizado y su proporción de humedad, con valores muy bajos de conductividad térmica en sustratos secos y algo mayores en sustratos húmedos (Neila et al. 2008).

También es importante señalar que la incorporación de una cubierta verde disminuye las variaciones de temperatura a las que está expuesta la membrana aislante hidrófuga, ubicada bajo la cubierta verde. Esto permite aumentar la vida útil del aislamiento, al no verse sometido a dilataciones por cambios de temperatura ni a radiación solar directa. Aun en casos de climas fríos, con menor intensidad de radiación solar en verano de la esperable en latitudes menores, estudios de temperatura superficial en techos muestran que la temperatura superficial de un techo recubierto con membrana en color gris registra valores próximos a los 70 °C en horas de la tarde, mientras esta misma membrana bajo una cubierta verde se mantiene a 25 °C (Liu y Baskaran 2003).

2.3. Comportamiento hídrico

El retraso en la llegada inicial de agua de lluvia a la red, cuando se registran precipitaciones intensas, es una de las ventajas fundamentales de las cubiertas verdes, particularmente en el contexto de la Ciudad de Buenos Aires. En este sentido estudios realizados en Toronto, Canadá, sobre una cubierta extensiva con un sustrato de 100mm de espesor dio como resultado un retraso en llegada de agua de lluvia a la red de entre 20 y 40 minutos, en el periodo más seco de los meses de verano. En el otoño, con mayores niveles de humedad en el sustrato, los tiempos de llegada se acortan y aumenta el porcentaje de agua entregado a la red (Liu y Minor 2005).

Además de retrasar la llegada del agua caída a la red pluvial, las cubiertas verdes tienen la capacidad de retener una parte en su estructura, disminuyendo el volumen total de agua entregada. Comparaciones hidrográficas realizadas para el Plan de Infraestructura Verde de la Ciudad de Nueva York (NYC Environmental Protection 2012) muestran que una cubierta verde de 100 mm de sustrato tiene la capacidad de retener al menos el 60% del agua caída en caso de lluvias menores a 25 mm. Cuando los volúmenes de lluvia son mayores, la cubierta mantiene niveles similares de lentificación de llegada de agua a la red, pero reduciendo su capacidad de retención dentro del sistema. Otros estudios realizados en Europa y Norteamérica muestran resultados similares, con valores de retención de agua de entre el 78% (Carter y Rasmussen, 2006) y el 45% (Mentens, J et al 2005).

En el contexto local, y en el marco de investigaciones de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires en conjunto con profesionales de otras universidades nacionales, se han realizado experiencias de ensayos de retención de agua de lluvia, utilizando cubetas de prueba con distinta profundidad y composición de sustrato. Los resultados obtenidos, para sustratos secos de 60mm de espesor plantados con variedades Sedum, muestran una retención de agua de lluvia de entre un 25 y 30% en el caso de precipitaciones que se aproximen a los 100mm. Con el sustrato húmedo y saturado por lluvias previas, los valores de retención bajan a un 10- 15 % (Rosatto et al, 2013).

En líneas generales, cuando se planifique realizar estimaciones preliminares del impacto de cubiertas verdes como moderadoras pluviales, se recomienda considerar valores de retención de agua de lluvia de entre 45% y 55% (Toronto and Region Conservation Authority, 2010).

2.4. Isla de biodiversidad

Numerosos estudios realizados en cubiertas verdes han demostrado que estas construcciones pueden dar lugar a aumentos significativos en la biodiversidad urbana. Por ejemplo en una cubierta verde de 3 años de antigüedad instalada en Suiza, se identificaron 78 especies de arañas y 254 especies de escarabajos, donde el 18 y 11% respectivamente se encuentran catalogadas como raras o en peligro de extinción. En otra cubierta verde, de 90 años de antigüedad, se identificaron 9 especies de orquídeas y otras especies de plantas también catalogadas como raras o en peligro de extinción. He incluso se han registrado anidando halcones en una fábrica de Bélgica. (Brenneisen, 2006).

Las cubiertas verdes orientadas a la biodiversidad deben presentar un adecuado diseño y una construcción que favorezca la recreación de hábitats propicios para la biota. Aquellas que presenten escasa intervención humana se encontrarán más protegidas y podrán proveer un hábitat a especies vegetales sensibles, a aves que nidifiquen sólo en el suelo y a insectos que requieran áreas poco alteradas para su subsistencia.

Para favorecer la biodiversidad las cubiertas verdes deben diseñarse proponiendo un sustrato de profundidad variable, pobre en nutrientes y con un buen drenaje. Estas características promueven la diversidad a partir de una lenta colonización, reduciendo el predominio de ciertas especies como por ejemplo las hierbas. A su vez el uso del ladrillo triturado, grava, cemento, mezclas de arena, trozos de madera, rocas u otros elementos, como por ejemplo paneles solares, suman a la diversidad topográfica del hábitat, ya que proporcionan sombra, zonas de amortiguación y humedad para anidación y alimentación de muchas especies, como por ejemplo aves y mariposas.

3. CUBIERTAS VERDES EN EDIFICIOS PUBLICOS

Se recomienda que las cubiertas verdes a instalar en edificios públicos sean diseñadas planificando que puedan comportarse de manera lo mas autosustentable posible.

Para lograr este objetivo es prioritario evitar sistemas complejos, que requieran atención particularizada y elevados requisitos de mantenimiento. Los proyectos propuestos para edificios públicos deben considerar que una vez instalada la cubierta verde e implantada su vegetación, las inversiones disponibles para su mantenimiento o renovación serán en general mínimas.

3.1. Selección de sustratos

En la realización de cubiertas verdes de bajo mantenimiento se recomienda seleccionar sustratos livianos y estables, que brinden las condiciones físicas y químicas necesarias para la supervivencia y crecimiento de las especies vegetales plantadas, garantizando buena retención de agua, drenaje y aireación. Por este motivo, los sustratos más aptos tenderán a basarse en componentes minerales con pequeños aportes de materia orgánica, de no más de un 10% de su peso (Instituto de Floricultura-INTA, 2013).

Con el objeto de reducir los costos de mantenimiento, los sustratos para techos verdes deben mantener estables sus características físicas por períodos prolongados de tiempo, para ello se recomienda la incorporación de una alta proporción de minerales expandidos (perlita, arcilla, vermiculita, etc.). Estos componentes poseen bajo peso, favorecen el drenaje, la aireación de las raíces y la retención de humedad, además de no compactarse fácilmente (Instituto de Floricultura-INTA, 2013).

Es importante destacar que el sustrato saturado de humedad será el componente de mayor impacto en el peso total de la cubierta verde. Por este motivo, al definirse la composición más adecuada, debe prestarse particular atención al peso del sustrato elegido en condiciones de saturación.

Cuando se instalen cubiertas verdes en edificios ya existentes siempre deberá verificarse la capacidad portante de la estructura del techo a intervenir, según planos y en acuerdo con el personal técnico responsable del edificio en cuestión, evaluando la sobrecarga que representa el sistema completo para evitar riesgos de quebraduras u otros inconvenientes de mayor complejidad.

3.2 Drenaje

Un correcto sistema de drenaje es fundamental para garantizar el buen mantenimiento de la vegetación implantada, y para evitar inconvenientes provocados por el encharcado de la cubierta y/o el sobrepaso de agua en umbrales y bordes en caso de lluvias muy intensas.

La solución más tradicional para el drenaje de agua en cubiertas verdes se realiza utilizando mantos de piedra (leca, piedra pómez, etc). Este sistema puede incorporarse también como superficie de terminación, formando canales de escurrimiento de agua en los sectores más comprometidos de la cubierta, o entorno a las rejillas pluviales, facilitando además las tareas de revisión y mantenimiento.

La capa de drenaje puede materializarse también con mantos sintéticos conformados por un núcleo de monofilamentos extruidos en material plástico, unido con dos geotextiles. Los mantos geosintéticos permiten disminuir el peso y el espesor total del sistema, simplificando también el proceso de instalación.

Respecto de las pendientes necesarias, se considera que con valores por encima del 2% de pendiente, se garantiza un buen drenaje, minimizando la permanencia de agua sobre el techo. Cuando la pendiente sea mayor al 15-20% será necesario incorporar sistemas para estabilizar el sustrato. (Ecoroof Handbook, City of Portland, 2009).

3.3. Cobertura vegetal

Es importante seleccionar especies vegetales capaces de adaptarse de forma satisfactoria a emplazamientos extremos y que, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la Ciudad de Buenos Aires, puedan sobrevivir con un mínimo mantenimiento. El uso de especies nativas de la biota rioplantense o altamente naturalizadas, constituye una alternativa ideal, ya que estas se encuentran adaptadas a las condiciones climáticas locales.

Las especies vegetales que se utilizan más frecuentemente en techos verdes extensivos pertenecen al género *Sedum* (Crasuláceas). Estas son suculentas muy resistentes y capaces de prosperar en condiciones de sequía moderada o extrema con sustratos pobres (Instituto de Floricultura-INTA, 2013).



Fotos 1 y 2. Variedades *Sedum* para cubiertas verdes. (Foto M J Leveratto)

En todos los casos, es recomendable contar con una alta diversidad de especies, lo que ayuda a incrementar la productividad y estabilidad del ecosistema. En comunidades más diversas, las diferencias entre especies pueden permitir el uso complementario de los recursos de luz, nutrientes y espacio, brindando coberturas vegetales más sustentables en el tiempo.



Foto 3. Biodiversidad en cubierta verde. (Foto M J Leveratto)

Antes de definir las especies a plantar, deben analizarse las condiciones microclimáticas particulares del techo a intervenir, definiendo las zonas de sol y sombra en distintas épocas del año y las velocidades y dirección de viento esperables en el sitio. Estas pautas facilitarán la selección de las especies más adecuadas para esas condiciones. En general, los techos ubicados a gran altura presentan mayor dificultad para la implantación de vegetación, ya que en ellos la velocidad de viento durante todo el año y de radiación solar en verano pueden ser muy intensas, dificultando el crecimiento de las plantas, erosionando el sustrato y limitando o impidiendo la instalación de este tipo de soluciones.

Al seleccionar las especies a incorporar, es importante garantizar especies que no presenten ningún nivel de toxicidad, que no produzcan alergias o tengan algún tipo de riesgo para la salud. Además deberán presentar una buena resistencia al fuego y garantizar baja producción de material seco, que pueda ser fácilmente combustible.

Con el objetivo de minimizar los requerimientos de mantenimiento, es importante también seleccionar especies que no requieran podas o corte frecuente, y que sean resistentes a plagas e infecciones, sin necesitar el uso intensivo de fertilizantes, herbicidas o plaguicidas.

Respecto del riego, es deseable diseñar cubiertas verdes que puedan sobrevivir sin requerir la incorporación de riego artificial. Si durante la etapa de implantación, o en condiciones extremas de verano, es necesario contar con riego para garantizar la supervivencia de la cobertura vegetal, se recomienda realizarlo de manera controlada y utilizando sistemas que eviten el consumo de agua potable para este fin. Una cubierta verde sustentable no debería requerir de agua potable para su mantenimiento.

3.4. Detalles constructivos

Un cuidadoso diseño de los detalles constructivos de terminación y de los encuentros entre materiales es de fundamental importancia para garantizar el buen funcionamiento de una cubierta verde y minimizar costos y riesgos futuros.

En este sentido, se recomienda incluir en todos los bordes perimetrales una cobertura realizada en piedra partida, grava, canto rodado u otro material drenante, seco y no inflamable, para protección contra erosión por lluvias. Este borde garantiza una franja de entre 0,40 y 0,50 mts libre de vegetación que facilita la circulación perimetral para tareas de limpieza y control. También es importante mantener bien señalizada la localización de rejillas y embudos de desagüe, ya que esto simplifica las tareas de mantenimiento e inspección.

De no ocupar la cubierta verde la totalidad del techo existente, deberá garantizarse el correcto drenaje de agua de lluvia en toda la superficie, teniendo en cuenta la distribución de rejillas de desagüe, las pendientes del techo y otros detalles que pudieran interferir en el normal escurrimiento de aguas. Si existieran bordes internos, limitando la cubierta verde con el resto del solado sin cubierta verde, estos bordes se materializarán con materiales que impidan desprendimientos o filtraciones de la cobertura vegetal o el sustrato.

La presencia de conductos de ventilaciones y otros sistemas mecánicos sobre la cubierta verde, o próxima a ella, puede crear corrientes de aire frías o calientes localizadas, afectando el normal crecimiento de las plantas. Este problema puede preverse y evitarse, ya sea modificando la ubicación de los equipos, o bien proponiendo soluciones de diseño específicas para los sectores afectados, seleccionando sustratos, coberturas y vegetación que se adapte a esas condiciones.

Con el objeto de definir la importancia, prioridad y factibilidad de incluir un techo verde en edificios públicos de la Ciudad de Buenos Aires, se recomienda analizar las siguientes variables:

A escala urbana

- Condiciones de vulnerabilidad y riesgo de inundación por lluvias intensas del área.
- Disponibilidad de superficies permeables en el entorno.
- Disponibilidad de superficies verdes en el entorno.
- Aporte a la conformación de corredores urbanos de biodiversidad.

A escala edilicia

- Huella o pisada de la construcción sobre el terreno, considerando que los edificios menor altura y con plantas extendidas impermeabilizan grandes superficies de suelo y a su vez crean amplias superficies de cubiertas planas.
- Características estructurales y capacidad de carga de los techos disponibles.
- Condiciones de asoleamiento y viento, evitando techos sin acceso a sol directo y con altas velocidades de viento pero controlando también la excesiva insolación en verano.
- Accesibilidad al espacio donde se propone instalar el techo verde.

A escala constructiva

- Condiciones de impermeabilización y estanqueidad de las superficies a intervenir.
- Barandas y protecciones laterales existentes o propuestas.
- Diseño y características de los desagües y pendientes de desagote pluvial.
- Altura de bordes y umbrales de puertas existentes o proyectadas.

4. REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA CUBIERTA VERDE EN EDIFICIOS PUBLICOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Como parte de las tareas a cargo del profesional que realiza las obras de diseño e instalación de cubiertas verdes, se recomienda solicitar la entrega de un Plan de Mantenimiento e Inspecciones. Este documento brindará instrucciones detalladas de las tareas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y maximizar su vida útil.

Si bien los requerimientos de mantenimiento de un techo verde sustentable tienden a ser mínimos, es de fundamental importancia contar con un Plan de Mantenimiento e Inspecciones que incluya un calendario de rutinas para la revisión de los elementos constructivos, la vegetación, el control de plagas y enfermedades, la limpieza y el control de erosión.

4.1. Mantenimiento de elementos constructivos

Los trabajos de inspección y mantenimiento de elementos constructivos deberán realizarse por lo menos dos veces al año, llevando a cabo como mínimo, las siguientes operaciones:

- Revisión y limpieza de los sumideros, bajadas de aguas y/o desagües.
- Revisión de los elementos de albañilería relacionados con el sistema de desalojo de agua de la cubierta verde.
- Revisión visual del estado del soporte estructural y los elementos portantes.
- Revisión visual de la no existencia de filtraciones de agua al interior de la edificación.

Si se encuentra alguna anomalía, se deberá proceder de inmediato a la aplicación de las medidas correctivas correspondientes para el adecuado funcionamiento del sistema. Dichas medidas correctivas deberán ser realizadas por personal calificado, verificándose en todas las instancias del proceso el cumplimiento de todas las reglamentaciones relativas a seguridad, protección civil y salud aplicables.

4.2. Mantenimiento de la vegetación

Es importante controlar la aparición de plantas adventicias, especialmente durante los primeros meses posteriores a la instalación de la cubierta verde. Se recomienda realizar estas tareas de manera manual y con personal capacitado, teniendo en cuenta además que parte de la vegetación que crece de manera espontánea puede ser deseable de conservar ya que incrementa la diversidad florística del sistema.

Las siguientes especies vegetales pueden generar problemas al sistema de cubierta verde:

- Especies con raíces con capacidad de penetrar la barrera anti-raíces, generalmente árboles.
- Especies que crecen en abundancia y luego se secan, convirtiéndose en material de riesgo frente a incendios, como algunos pastos y herbáceas.
- Especies invasivas de gran resistencia que pudieran eliminar las plantadas intencionalmente.

Luego de la etapa de implantación, y una vez que la vegetación haya superado el 90% de cobertura de la superficie disponible, las visitas de mantenimiento a una cubierta verde extensiva simple, pueden limitarse a tres o cuatro veces al año. En caso de registrarse eventos climáticos extremos (largos periodos de sequia, de calor o frio intenso, tormentas), deben realizarse visitas de control especialmente programadas.

Vale destacar que los costos de mantenimiento de una cubierta verde decrecen sensiblemente luego de dos años de operación, cuando la vegetación ya se encuentra bien establecida.

4.3. Control de plagas y enfermedades

Es deseable priorizar sistemas de control biológico de plagas, introduciendo especies vegetales antagonistas o insectos beneficiosos. Cuando se requiera realizar trabajos de control de plagas y enfermedades en cubiertas verdes instaladas en la Ciudad de Buenos Aires, deberá recurrirse a un técnico con licencia sanitaria emitida por la Secretaría de Salud del Gobierno de la Ciudad. Este profesional podrá, si fuera necesario, recomendar la aplicación de plaguicidas, conforme a lo estipulado en la Ley de Salud.

4.4. Limpieza

Con el objeto para mantener la cubierta verde saludable y en buenas condiciones estéticas, es necesario garantizar el retiro de todo tipo de basura (papel, plástico, etc.) que pudiera acumularse sobre su superficie. Es muy importante evitar la presencia de elementos que permitan el estancamiento de agua, para minimizar la proliferación de mosquitos.

4.5. Control de erosión del sustrato

Si la cubierta verde ha sido realizada correctamente, los trabajos de adición de sustrato deberían ser nulos, salvo en los casos en que pudiera perderse una porción considerable por efectos de vientos extremos o precipitaciones pluviales intensas. Esta situación es poco probable una vez que se ha alcanzado la cobertura vegetal propuesta, tras la fase de implantación. En cualquier caso, es muy importante tener en cuenta que las adiciones de sustrato que se realicen una vez finalizada la cubierta verde no deben superar en peso las cargas consideradas para el análisis o cálculo estructural inicial.

PARTE II

INSTALACION DE UNA CUBIERTA VERDE EN ESCUELA PUBLICA

A comienzos del año 2011, la Agencia de Protección Ambiental instaló una cubierta verde en la Escuela Primaria N° 6 "French y Beruti", ubicada en la calle Basavilbaso 1295 en la Ciudad de Buenos Aires.

En esta parte del informe se describen las características del edificio escolar seleccionado y de la cubierta verde realizada, incluyendo el detalle de las especies vegetales incorporadas y del proceso constructivo de instalación de la misma. Luego se profundiza en el análisis de los requerimientos de mantenimiento del sistema, brindando información sobre los trabajos de riego, poda, limpieza y desmalezado que se realizaron durante el primer año desde su instalación. Se hace especial énfasis en los requerimientos de riego artificial y en el estudio de la pertinencia de las especies utilizadas, considerando sus requerimientos de mantenimiento y su impacto en las condiciones de biodiversidad del área.

Es importante mencionar, que esta cubierta verde fue diseñada pensando en brindar a la escuela un nuevo espacio al aire libre con vegetación, que pueda ser utilizado por alumnos y docentes para distintas actividades educativas relacionadas con la temática ambiental. Por este motivo, el proyecto realizado en el edificio escolar de Basavilbaso y Juncal, no responde a algunos de los conceptos señaladas en la Parte I de este informe, particularmente en lo relacionado al tipo de sustrato utilizado y algunas de las especies vegetales plantadas.

Para cumplir con el objetivo de integrar un "aula al aire libre" a la escuela, el diseño paisajístico propone un jardín accesible y de uso con algunas características diferentes de las esperables en un techo verde extensivo simple. La cubierta incluye por ejemplo, una gran superficie de grama bahiana, especie vegetal que tiene mayores requerimientos de riego y mantenimiento que otras recomendadas para terrazas verdes. Pero la posibilidad de contar con un gran espacio cubierto de césped, aporta a la conformación de este espacio de uso exterior, ya que permite que alumnos y docentes puedan permanecer de manera confortable en el lugar, recorrerlo cómodamente y llegar de forma segura a todos sus sectores.



1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto fue evaluar el impacto que la incorporación de superficies vegetadas tiene sobre distintos factores ambientales de relevancia, teniendo en cuenta las condiciones urbanas y climáticas de Buenos Aires. También se propuso analizar su aplicabilidad y factibilidad de mantenimiento en edificios públicos de la Ciudad.

La experiencia permitiría contar con datos empíricos y cuantificables de los beneficios de una cubierta verde, particularmente respecto de su capacidad moderadora en los balances hídricos y térmicos, y como estrategia de mitigación de los efectos de la isla de calor urbana y de los impactos esperables por cambios en el clima.

Si bien existe nutrida bibliografía sobre los beneficios de cubiertas verdes en general y estudios de instalaciones realizadas en el extranjero, no hay documentación relevante sobre el funcionamiento de este tipo de soluciones arquitectónicas en nuestro contexto. Esta experiencia, permite a la Agencia de Protección Ambiental contar con datos locales para su transferencia a nuevos proyectos tanto públicos como del sector privado, y promover la incorporación de sistemas de cubiertas verdes aplicables a los requerimientos ambientales de la Ciudad de Buenos Aires.

2. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO ESCOLAR SELECCIONADO

Luego de un proceso de estudio de prefactibilidad en distintos edificios públicos dependientes del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, particularmente edificios escolares y edificios destinados a la salud, se seleccionó en acuerdo con la Dirección de Infraestructura Escolar y el Programa Escuelas Verdes del Ministerio de Educación, la escuela primaria N° 6 "French y Beruti" como destinataria de la primer cubierta verde construida para monitoreo por la Agencia de Protección Ambiental.



Foto 4. Vista de la escuela Nro. 6 con la cubierta verde instalada. (Foto: G Fiallo Montero)

Las principales características que determinaron la selección de este edificio son las siguientes:

- Ubicación central y muy accesible. Esto facilitará las tareas de difusión, las visitas técnicas, y otras actividades de promoción de cubiertas verdes entre públicos diversos.
- Muy buena predisposición de las autoridades y personal. Factor indispensable para la concreción del proyecto de manera satisfactoria y para su efectiva transferencia al alumnado.
- Condiciones edilicias adecuadas. El edificio cuenta con una terraza accesible por escalera principal y con barandas de protección en todo su perímetro.
- Buen asoleamiento. La cubierta se encuentra orientada al noreste, con acceso de sol directo durante todo el año, aun estando ubicada en un área de la ciudad densamente construida.

- Diseño edilicio que facilita mediciones comparativas. El edificio está organizado con una planta simétrica, que permite definir dos sectores de iguales características para la realización de mediciones hídricas y térmicas comparativas.
- Alumnado proveniente de grupos de población sin acceso cotidiano a espacios verdes. Gran proporción de los alumnos de esta escuela vive en la Villa 31, donde no cuentan con áreas verdes para uso recreativo o educacional.
- Necesidad de reparación de la membrana hidrófuga existente. En varios sectores la membrana asfáltica requiere trabajos de reparación. La instalación de una cubierta verde permitirá solucionar este problema.

La escuela cuenta con una población de aproximadamente 370 alumnos de entre 6 y 12 años de edad, que concurren al establecimiento jornada completa. En turno vespertino funciona en este edificio una escuela para adultos y en edificio anexo, dentro del mismo predio se encuentra el Jardín de Infantes Integral N° 02, también de gestión pública.

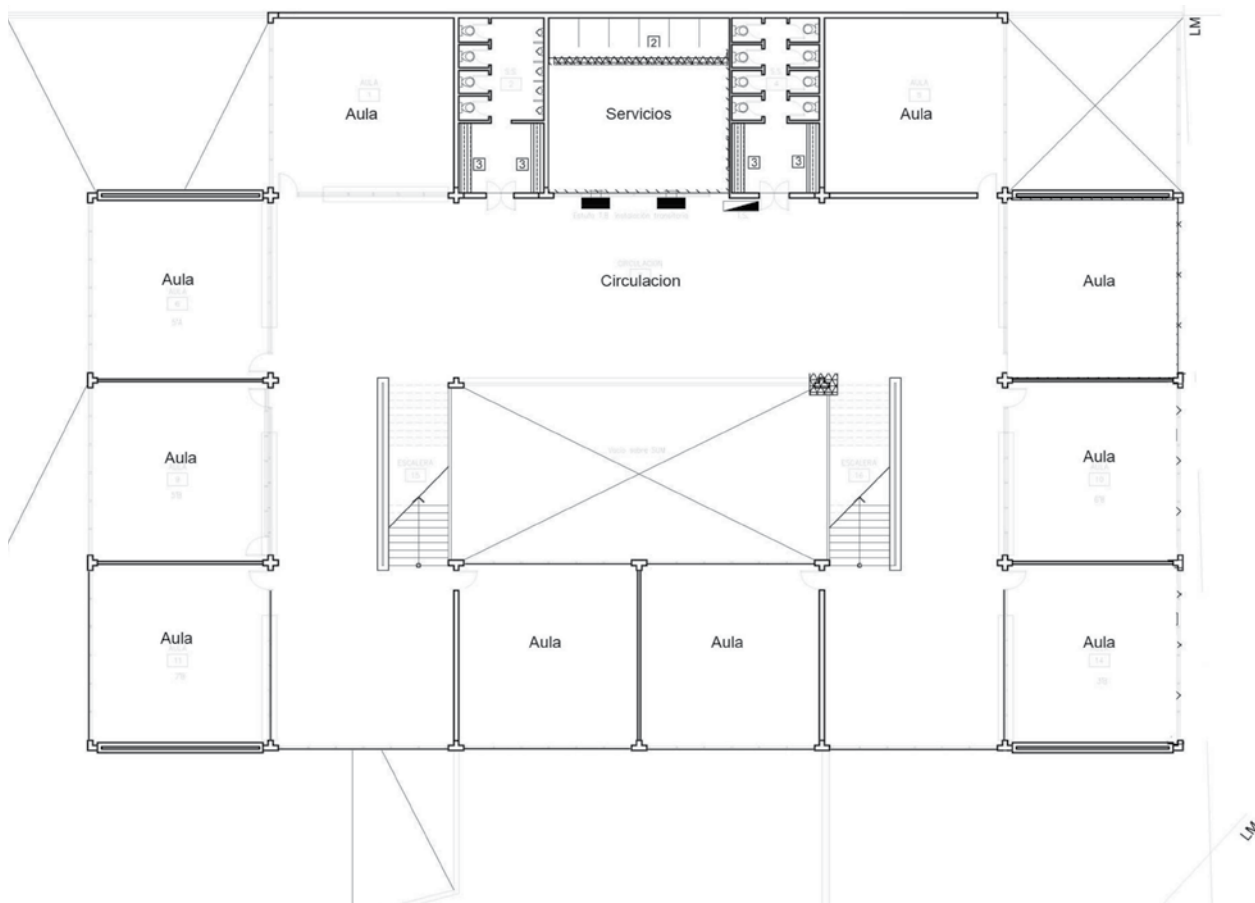


Fotos 5 y 6. Edificio escuela primaria N° 6 "French y Beruti". (Fotos M J Leveratto)

La escuela, dependiente del Ministerio de Educación del GCBA, es una construcción de fines de la década de 1970, de planta baja, subsuelo y dos niveles. Su estructura es de hormigón armado y sus cerramientos laterales de ladrillo visto y carpinterías de chapa doblada, en algunas de las cuales se observan parasoles del mismo material. La mayoría de las losas cuentan con un cielorraso de placas de chapa metálica perforada removibles, con lana de vidrio en su interior.

El edificio se organiza con aulas perimetrales en torno a un espacio central de doble altura y pasillos muy amplios. Los servicios se agrupan hacia el fondo del lote. Las dos escaleras de la escuela permiten el acceso a la terraza, y en ese nivel hay también dos aulas-taller, una de las cuales es utilizada frecuentemente por los alumnos.

Se incluye a continuación el Plano 1, que muestra la ubicación de las distintas aulas, la zona de servicios y las escaleras de acceso a la terraza del edificio.



Plano 1. Planta primer nivel, ubicado bajo futura cubierta verde. Plano 1. Planta primer nivel, ubicado bajo futura cubierta verde.



Foto 7. Circulación y escalera de acceso a la cubierta (Foto M J Leveratto)



Foto 8. Aula de primer piso, ubicada bajo la cubierta verde (Foto M J Leveratto)

Hace algunos años, para realizar reparaciones en la membrana impermeabilizante, se retiraron las baldosas elevadas que tradicionalmente se utilizaban en las escuelas construidas durante este periodo como terminación exterior. Al retirarse el solado, ha quedado la membrana asfáltica descubierta, y el espacio no puede ser transitado, ya que se dañaría la estanqueidad del techo. Según información de las autoridades de la escuela, existen varias filtraciones de humedad que afectan sectores de pasillos y un aula ubicada en el segundo piso.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUBIERTA VERDE INSTALADA

3.1. Características constructivas y ubicación

Como se mencionó, esta terraza fue diseñada originariamente con baldosas cementicias elevadas, formando una cámara de aire sobre la membrana aislante hidrófuga. Este solado ya no se encuentra colocado en el lugar y la membrana asfáltica es la terminación superficial del techo. En estas condiciones, la posibilidad de tránsito es muy limitada, ya que puede dañarse la capa impermeable y aumentar los problemas de filtraciones que ya registra la escuela. Por este motivo, el espacio de terraza no está siendo utilizado.

Al haberse retirado las baldosas, se cuenta con una altura adicional de aproximadamente 20 cm que facilita la instalación de la cubierta verde, ya que puede realizarse sin tener que modificar alturas de puertas, y brindando además un borde perimetral de mampostería de contención.



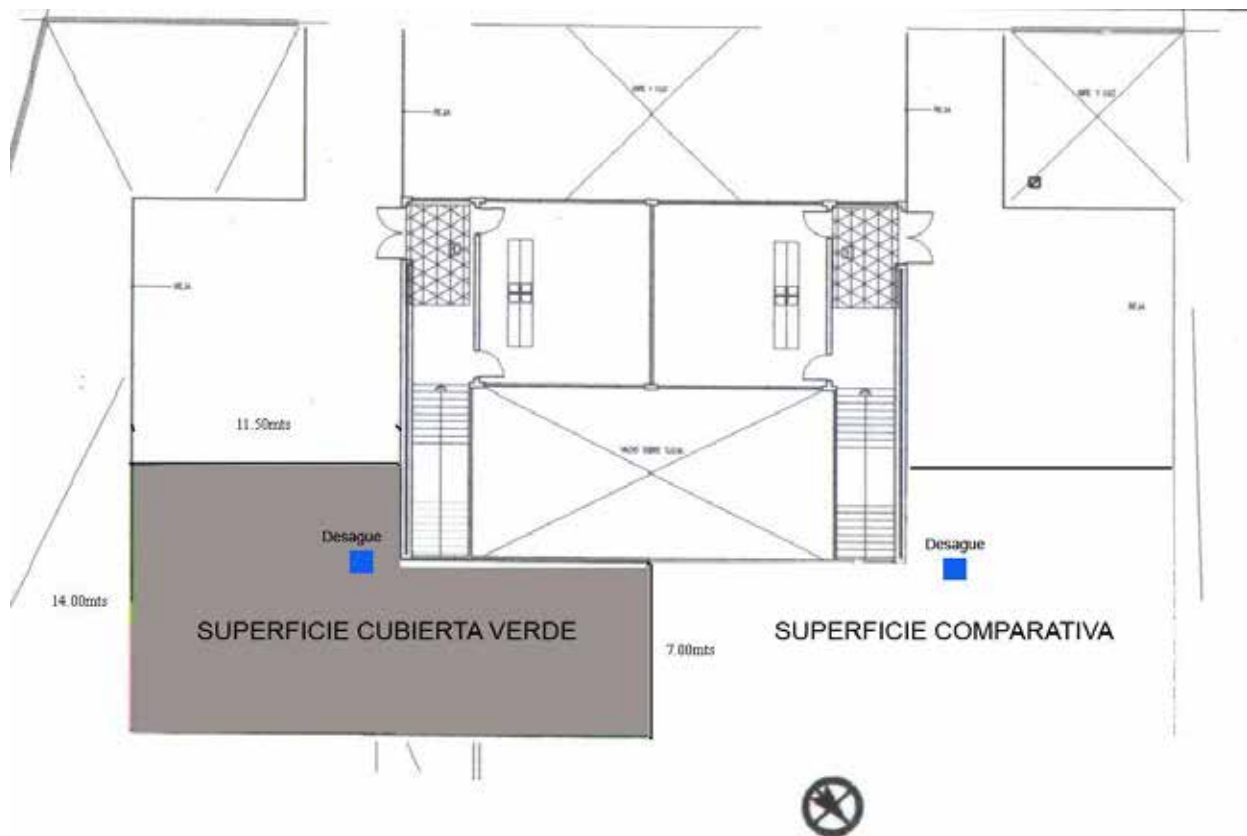
Foto 9. Superficie de terminación de terraza previo a la instalación de la cubierta verde. (Foto M J Leveratto)



Foto 10. Detalle de borde exterior con babeta perimetral impermeable. (Foto M J Leveratto)

Dadas las características de la estructura portante sobre el primer piso y luego de verificar datos técnicos con personal de la Dirección de Infraestructura Escolar de Ministerio de Educación, se define que el peso total máximo de la cubierta verde terminada debe ser menor a 180 Kg./m², con sustrato húmedo.

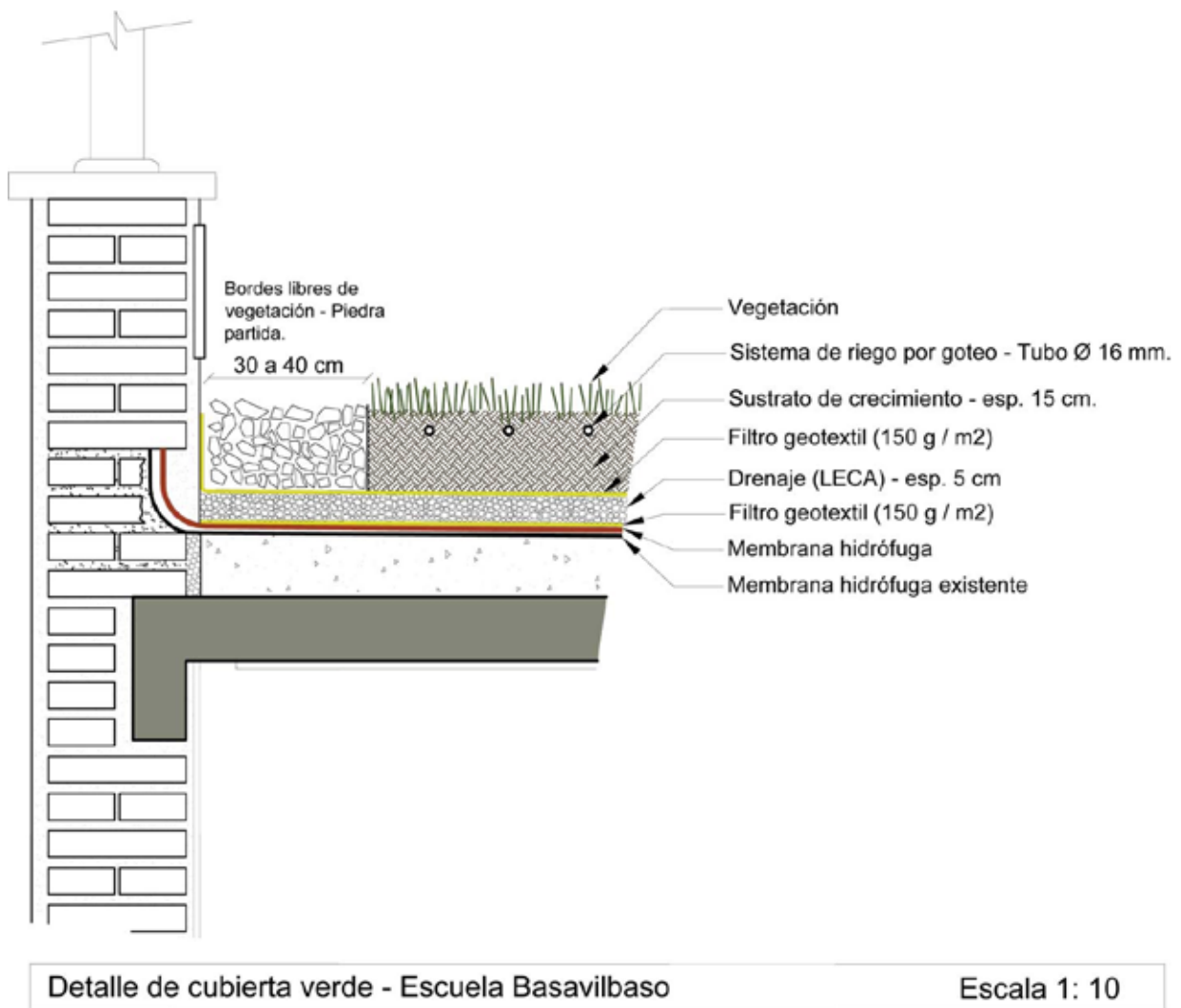
Las pendientes de desagüe pluvial de la terraza se organizan de manera simétrica, dividiendo la superficie del techo en cuatro sectores, con bajadas de desagüe independientes. Teniendo en cuenta estas condiciones de escurrimiento de agua de lluvia, se selecciona para la instalación de la cubierta verde un sector que abarca toda el área de desagüe de una de las bajadas pluviales del techo. Como puede observarse en el Plano 2, esto permite contar con otro sector de igual dimensión y características que servirá como área comparativa en los estudios de monitoreo que este proyecto propone realizar.



Plano 2. Planta nivel segundo piso, con ubicación de sector para cubierta verde. Superficie total de cubierta verde: 236 m²

Los límites de la cubierta verde están definidos por los paramentos exteriores e interiores de la terraza y por las pendientes del contrapiso ya construido, de manera de garantizar el normal escurrimiento del agua de lluvia hacia los desagües existentes en el sector. Al ser una cubierta simétrica, es posible definir una superficie de igual dimensión y características sin cubierta verde, que se utilizará como superficie comparativa para el monitoreo térmico e hídrico propuesto.

Bajo estas condiciones de trabajo, se propone la instalación de una cubierta verde de 236 m² usando materiales y sistemas constructivos tradicionales y de obtención razonablemente sencilla en el mercado local. En el detalle se que adjunta a continuación se observa la ubicación y características de las distintas capas que conforman el sistema constructivo elegido, y más adelante en este documento, se describe el proceso de instalación y se brindan mayores detalles sobre cada uno de los componentes utilizados.



Dibujo 1. Detalle en corte de la propuesta constructiva de la cubierta verde (Dibujo M. Propati)

3.2. Especies vegetales seleccionadas

Como ya se mencionó, el diseño paisajístico propone un espacio fácilmente recorrible que, además de servir a las tareas de monitoreo, pueda ser utilizado con fines didácticos por los docentes de la escuela. Por este motivo, gran parte de la cobertura vegetal es grama (*Cynodon dactylon*). El proyecto se organiza con canteros de borde en que se plantan especies que aportan color, flores y variedad al conjunto. Las especies vegetales elegidas para estos canteros son Salvias (*Salvia guaranitica* y *Salvia procurrens*), Festucas (*Festuca glauca*) y Lantanas (*Lantana megapotamica*).

Con el objeto de obtener mayor información sobre la adaptabilidad y funcionamiento de otras plantas disponibles en el contexto local, se incorporan también 9 especies adicionales de características y condiciones de crecimiento variadas, con potencial de adaptarse en forma satisfactoria a emplazamientos extremos, privilegiando la utilización de especies nativas de la biota rioplatense. El detalle de las plantas utilizadas se muestra en el Anexo y a continuación se presenta el plano con la distribución y cantidad de especies incluidas.



Código	Nombre Científico	Nombre Vulgar	Cantidad
200	Lantana megapotamica (blanca)	Lantana Rastrera Blanca	225 u
201	Lantana megapotamica (lila)	Lantana Rastrera Lila	136 u
202	Festuca glauca	Festuca Azul	100 u
203	Salvia guaranítica	Salvia	90 u
204	Nassella tenuissima	Paja Blanca o stipa tenuissima	390 u
205	Salvia procurrens	Salvia Rastrera	33 u
206	Tripogandra radiata		8 u
207	Portulaca cryptopetala		15 u
208	Oenothera longiflora		1 u
209	Commelina erecta	Flor de Santa Lucia	28 u
210	Dicliptera tweediana	Canario Rojo	31 u
211	Talium paniculatum	Carne Gorda	1 u
301	Passiflora coerulea	Pasionaria o Mburucuya	3 u
501	Cortadeira selloana	Cortadera o Pampas Grass	18 u
502	Heteropterys glabra	Mariposa	2 u
401	Cynodon dactylon	Pata de Perdiz o P. Bermuda	200m2

●●	Sendero de rodajas de tronco
▨▨▨▨	Borde en piedra partida Blanca (0.40 mts ancho)

Plano 3. Diseño paisajístico de la cubierta verde, con detalle de especies utilizadas. (dibujo: M J Leveratto)

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INSTALACIÓN

La instalación de la cubierta verde se realizó durante el periodo de receso escolar de verano. Esto permitió minimizar el impacto de la obra, ya que si bien las tareas incluidas no provocan mayores riesgos ni incomodidad, se requiere el ingreso de materiales y personas, incluyendo gran cantidad de sustrato, pedregullo y plantas de distintas dimensiones. Se comenzaron los trabajos el día 7 de diciembre del año 2010 y se finalizó la colocación de especies vegetales y otros detalles de terminación a finales del mes de enero de 2011. El tiempo total de trabajos fue de aproximadamente 45 días.

Es importante destacar que si bien el receso de verano permite trabajar con mayor tranquilidad ya que se evitan molestias al normal funcionamiento de la escuela, la época del año elegida no es la más recomendable para la instalación de una cubierta verde, tanto por las condiciones climáticas, en la que pueden sucederse periodos de intenso calor con fuertes lluvias, como por los ciclos de transplante y crecimiento de la vegetación en general.

4.1. Preparación del espacio

Se realiza una limpieza fina de toda la superficie para evitar la presencia de objetos que pudieran perforar la membrana hidrófuga a colocar. Se ejecuta un relevamiento y control de los puntos donde se requieren tareas especiales, como encuentros con cañerías y ventilaciones, babetas, etc.



Fotos 11 y 12. Revisión del área con personal técnico y limpieza general- (Fotos M J Leveratto)

Se pican y profundizan las babetas perimetrales a fin de evitar la potencial infiltración de agua en los bordes, que se recubren con mortero cementicio con hidrófugo.



Fotos 13 y 14. Construcción de muretes de borde y trabajos en babetas de borde. (Fotos M J Leveratto)

Se construyen dos muretes de baja altura (25 cm. de alto) en ladrillo común como límite de la cubierta verde en los sectores que no corresponden a bordes ya existentes. Estos muretes se ubican en las divisorias de agua de las pendientes de escurrimiento de lluvias.

4.2. Impermeabilización

Se coloca una membrana de PVC de 1mm. de espesor, soldada por termofusión con soplete eléctrico automático o manual según corresponda. Los muros divisorios, cañerías y rejillas se refuerzan con membrana asfáltica. Esta membrana se fija en todo el perímetro de encuentro con babetas y se sella con sellador poliuretánico de un componente.



Fotos 15 y 16. Tareas de impermeabilización con membrana de PVC y detalles de encuentros con membrana asfáltica. (Fotos M J Leveratto)



Fotos 17 y 18. Tareas de impermeabilización con membrana de pvc. Detalles de encuentros. (Fotos M J Leveratto)

Finalizados los trabajos de impermeabilización, se realiza una prueba hidráulica de a 72 horas, luego de la cual se define la necesidad de profundizar las babetas perimetrales para garantizar una mejor hermeticidad de los bordes.

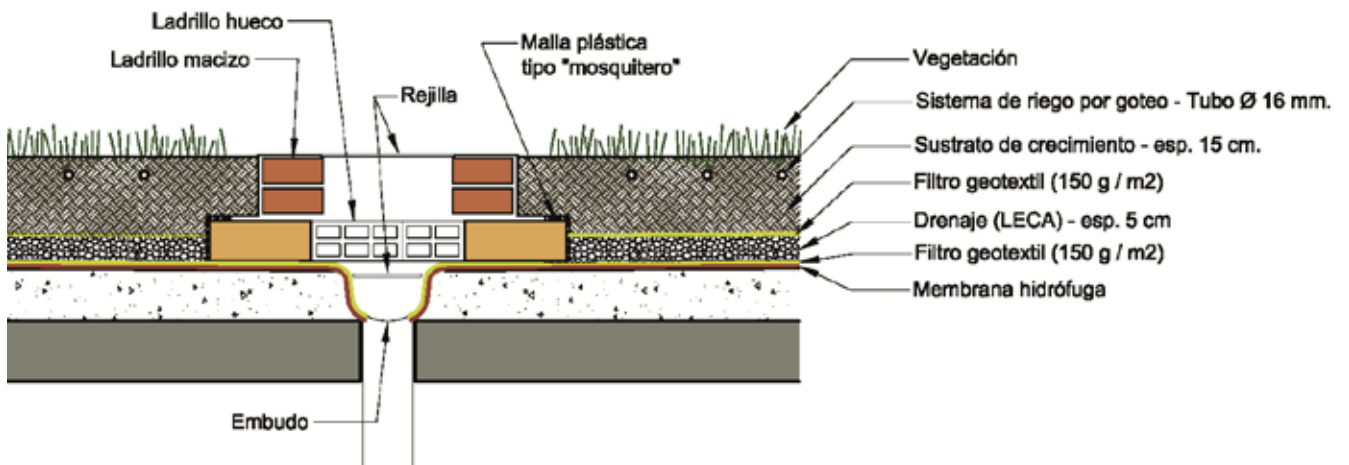
4.3. Capa drenante y detalles de desagües

Sobre la membrana terminada se coloca un manto geotextil de 150 gr./m² como protector de la tracción, con el fin de proteger a la aislación hidrófuga de acciones mecánicas.



Fotos 19 y 20. Colocación de manto geotextil y de leca. (Fotos M J Leveratto)

Sobre el manto geotextil se vuelca una capa de 50 mm. de leca (arcilla expandida) de entre 10 y 20 mm de diámetro como drenante del sistema. Para garantizar la correcta conservación de los desagües pluviales y las rejillas existentes se incluye un borde de mampostería que eleva las mismas a una altura de 23 cm. cuidando especialmente de no obstaculizar el drenaje lateral de infiltración. El acceso de agua hacia la rejilla inferior se realiza a través de ladrillos huecos protegidos con malla tipo mosquitero para evitar el pasaje de leca u otros objetos que pudieran obstruir cañerías. A continuación se incluye el detalle constructivo de este encuentro.



Dibujo 2. Corte de detalle para la resolución de sector de rejillas de desagüe (dibujo M. Propati)

Sobre la capa de leca, se extiende una segunda membrana geotextil de 150 gr./m2, que evita el drenaje del sustrato y la penetración de raíces hacia la capa drenante y la losa inferior.



Fotos 21 y 22. Detalle de terminación de rejilla pluvial y colocación de segunda capa de manto geotextil. (Fotos M J Leveratto)

4.4. Sustrato

Sobre este segundo manto de membrana geotextil se colocan 15 cm. de sustrato realizado con la siguiente composición de materiales: 40% de tierra negra, 24% de resaca de río, 6% de musgo, 6% de turba, 17% de corteza de pino y 7% de perlita. Los análisis de muestras dan como resultado valores de pH que promediaron 6.05 y de Conductividad Eléctrica (CE) de 0.6 mS.



Fotos 23 y 24. Colocación de sustrato y detalle de sector rejilla. (Fotos M J Leveratto)

4.5. Sistema de riego

Por ser una cubierta ajardinada con césped, se decide incorporar un sistema de riego por goteo automatizado con controlador programable, diseñado con mangueras de 1 1/2" perimetrales en anillo y tubos de 16 mm en peine separados cada 40 cm. con goteros cada 30 cm. El sistema de riego aporta 5, 6 litros de agua por hora por metro cuadrado. El riego automatizado permitirá la mejor implantación de las especies durante el primer año. Más adelante en este informe se analizan los requerimientos de agua de esta cubierta y su respuesta a distintas condiciones de humedad, con y sin riego artificial.



Fotos 25 y 26 Sistema de riego por goteo con sistema controlador automático. (Fotos M J Leveratto)

4.6 Plantado de especies vegetales

Una vez instalado y testeado el sistema de riego, se procede a la colocación de plantines. Los trabajos de plantación se realizan en una jornada completa de trabajo. Al día siguiente se colocan los panes de pasto que completan el conjunto.



Fotos 27 y 28. Ubicación y colocación de plantines. (Fotos M J Leveratto)

4.7. Detalles de borde y terminación

Se incorpora un borde libre de vegetación de 40 cm. de ancho por 15 cm. de espesor realizado en piedra partida blanca a fin contar con acceso a las babetas perimetrales. Este borde evita la erosión por lluvias y puede ser utilizado como sendero peatonal de servicio. Se colocan flejes de chapa galvanizada de 9 cm. de altura, para definir los límites entre las superficies de canteros y borde de piedras. En el sector de césped se incluye un sendero peatonal, realizado con rodajas de troncos provenientes del corte de árboles secos de la Ciudad de Buenos Aires.



Fotos 29 y 30. Borde de piedra partida y detalle de flejes de borde y sendero. (Fotos M J Leveratto)

5. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO REALIZADAS

Como se mencionó inicialmente, esta cubierta fue diseñada como un espacio de uso donde los maestros pudieran realizar distintas actividades de tipo demostrativo y educativo. Por este motivo, se incluyó césped (variedad *Cynodon Dactylon*) en parte importante de su superficie. Esta gramínea, para mantenerse en condiciones estéticas óptimas, requiere de riego en épocas cálidas y requiere además de cortes periódicos.

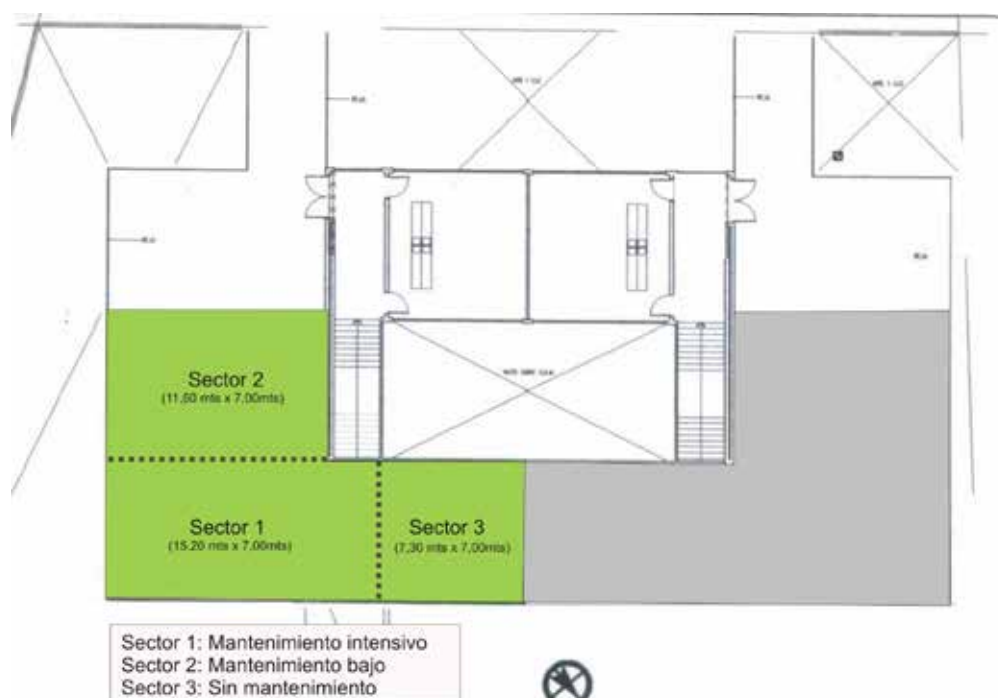
La empresa a cargo de la instalación de la cubierta verde fue también la encargada del mantenimiento del espacio durante el primer año. Las tareas incluyeron la limpieza general del sector, el control de funcionamiento del sistema riego, el corte de césped y el retiro de especies invasivas no deseadas, el control de plagas y la fertilización del sustrato, de ser necesario.

Durante todo el primer año, el equipo de trabajo, integrado por representantes de la Agencia de Protección Ambiental, del Programa Escuelas Verdes y de la empresa contratista, realizó visitas mensuales al sitio. En estos encuentros se evaluaron todas las novedades relativas al funcionamiento de la cubierta y sus requerimientos de mantenimiento y riego, proponiéndose modificaciones en las tareas cuando se lo consideró necesario. Este equipo técnico labró actas donde se registraron todas las decisiones adoptadas. En algunos casos participaron también de estos encuentros autoridades y docentes de la escuela.

5.1. Sectorización de la cubierta para evaluación de requerimientos de mantenimiento

Con el objeto de evaluar en mayor detalle los requerimientos de consumo de agua, limpieza, raleo y poda de este tipo de cubierta verde, se inició al comienzo del periodo de invierno, un estudio sectorizado del espacio proponiendo distintos niveles de mantenimiento y riego para cada uno de ellos.

Como resultado de esta propuesta, se definieron 3 sectores diferenciados: En un primer sector de la cubierta (sector 1) se realizarán trabajos de mantenimiento del tipo “máximo esperable y posible de garantizar” en un edificio público que no se cuenta con personal especializado, ni presupuestos adicionales para la realización de las tareas. En un segundo sector (sector 2) se realizará un mantenimiento mínimo y en un tercer sector (sector 3) se propone no realizar ningún tipo de mantenimiento ni riego artificial, durante el periodo de prueba. La sectorización de los 236 m² de cubierta verde se muestra en el plano a continuación.



Plano 4. Sectorización para pruebas de mantenimiento.

- En el sector 1 (de 106,40 m²) se conservan solamente las especies espontáneas rastreras. Las especies invasivas de porte herbáceo se ralearon y las Salvias Guaraníticas se podan según criterios de jardinería tradicional. Se utiliza riego automático, regulado según distintas épocas del año.
- En el sector 2 (de 80,50 m²) se mantienen todas las especies espontáneas, tanto las de crecimiento rastrero como las de porte herbáceo. Las salvias no son podadas y se utiliza riego automático regulado igual que en el sector 1.
- En el sector 3 (de 51,30 m²) no se realiza ningún tipo de mantenimiento. No se utiliza riego automático ni manual y se permite el libre crecimiento de todas las especies espontáneas.

5.2. Limpieza

Tanto provenientes de edificios vecinos, como arrastrados por el viento, suelen aparecer sobre la superficie de la cubierta verde residuos de plásticos y papeles, que es necesario retirar para permitir el normal crecimiento de las especies plantadas, evitar el encharcamiento y mantener el espacio en las condiciones higiénicas y estéticas esperables.

Durante el primer año, esta limpieza fue realizada una vez al mes. Es una tarea importante y sencilla de llevar a cabo ya que no requiere de ningún nivel de capacitación especial para su ejecución. Los residuos vegetales como hojas, flores, ramas, etc. no se retiran, ya que crean una capa protectora de la cubierta, que aumenta sus nutrientes y favorece la biodiversidad.

La presencia de basura en este espacio no ha sido significativa, y si bien se han debido retirar bolsas plásticas y papeles en diversas oportunidades, los requerimientos de limpieza han sido relativamente bajos.

5.3. Desmalezado, cortes y podas

Durante los meses de verano y primavera, el césped fue cortado con una frecuencia quincenal. Hacia el otoño, el crecimiento comienza a desacelerarse, por lo cual las tareas de corte se limitan a una vez al mes. Con estas frecuencias, el espacio ha podido ser mantenido en buenas condiciones sin inconvenientes.

Las especies arbustivas, en este caso las Salvias Guaraníticas, fueron podadas durante el otoño y como ya se mencionó, solamente en el sector 1. En el sector 2 se mantuvieron sin poda. Las tareas de desmalezado se realizaron de manera manual, y fueron las que presentaron mayor complejidad, ya que la aparición de especies de crecimiento espontáneo fue importante, especialmente en los canteros plantados con Lantanas y Festucas. Esta tarea debió realizarse con regularidad durante todo el año, en particular en el periodo de primavera.

5.4. Riego

La cubierta verde fue finalizada en los meses de verano, y las plantas debieron soportar gran parte del calor y sol estival recién transplantadas. Durante los dos primeros meses de la etapa de implantación, además del sistema por goteo, se riega el césped manualmente de manera superficial por las tardes una o dos veces por semana, según condiciones climáticas. El riego artificial se programa inicialmente para los meses de verano cada 48 hs por un periodo de 60 minutos al anochecer. En cada una de las visitas mensuales, la frecuencia de riego se fue modificando según las condiciones del sustrato y vegetación, hasta disminuirlo a 20 minutos una vez a la semana en el mes de julio.

Considerando que el sistema de riego artificial instalado provee 5.6 litros de agua por m²/hora, puede establecerse que el consumo total de agua potable para riego requerido en esta cubierta verde, de 236 m² fue el siguiente:

Durante etapa de implantación inicial (meses de verano): 1321 litros diarios

En el mes de marzo: 660 litros diarios

En el mes de abril: 440 litros diarios

En el mes de julio: 347 litros diarios

En cuanto al comportamiento del sector sin mantenimiento, que a partir del mes de julio no recibió riego artificial, pueden señalarse las siguientes cuestiones:

Durante los meses de agosto y septiembre, la cobertura vegetal del sector 3 se desarrolló sin que se detecten diferencias importantes respecto de los otros dos sectores. Hacia la primavera, y al haberse eliminado todo tipo de intervención, se observa que el área cubierta con césped comienza a crecer con mayor intensidad y de manera despereja. En el mes de diciembre las condiciones climáticas son muy secas y calurosas, y el sector 3 comienza a mostrar importantes diferencias respecto del resto de la cubierta verde que recibe riego ya que gran parte de su vegetación presenta un color ocre amarillento.

En el mes de enero, ya finalizado el periodo de mantenimiento a cargo de la empresa contratada para estas tareas, personal no calificado intervino en la cubierta verde realizando trabajos de corte de césped sin respetar las condiciones establecidas para el área seleccionada como de "no mantenimiento" en el sector 3, lo que provocó dejar expuesto a sol intenso del verano, césped de muy poca altura y extremadamente seco, sin riego artificial. Esta situación no planificada, permitió testear la capacidad de recuperación de la vegetación en estas condiciones. Durante el mes de febrero, con la llegada de mayores lluvias, el sector se recuperó de manera rápida, con una nueva superficie verde que incluye tanto el *Cynodon dactylon* originariamente plantado en el sector, como también variadas especies de crecimiento espontáneo.

Las imágenes que se presentan a continuación registran el estado de la cobertura vegetal del sector sin mantenimiento durante las distintas etapas analizadas. La primera imagen muestra el espacio en el periodo de mayor sequía de diciembre (foto 31); en la siguiente se observan las condiciones del césped luego del corte realizado en el mes de enero (foto 32); la tercera imagen muestra su recuperación gracias a las lluvias del mes de febrero (foto 33) y finalmente puede verse el resultado luego de un año sin intervención de ningún tipo (foto 34).



Foto 31. Sector de cubierta verde sin riego, Diciembre 2011



Foto 32. Sector de cubierta verde sin riego, Enero 2012



Foto 33. Sector de cubierta verde sin riego, Febrero 2012



Foto 34. Sector de cubierta verde sin riego, Septiembre 2012. (Fotos M J Leveratto)

Como resultado de esta experiencia, puede afirmarse que una cubierta verde de las características descritas en este documento, puede mantenerse en Buenos Aires sin requerimientos de riego artificial, siempre y cuando se acepte la presencia de un sistema de aspecto cambiante y heterogéneo con variaciones en dimensiones y color, según las épocas de año. Durante los meses de invierno la cobertura vegetal tenderá a presentar un aspecto más raleado y de color ocre amarillento, acompañando el proceso natural de las plantas. Pudo verificarse también que aun en las épocas de clima mas extremo, el sistema cuenta con cobertura vegetal de algún tipo.

5.5 Fertilización y control de plagas

Durante el primer año, y hasta el comienzo de la primavera, solo se incorporaron como fertilizantes de la cubierta verde lombricompuestos y preparados biodinámicos con el objeto de facilitar el arraigo de las especies vegetales implantadas. Luego de ocho meses de instalado el sistema, en la primer primavera, la vegetación presenta un muy buen desarrollo. En ningún momento fue necesaria la aplicación de repelentes artificiales y si bien se colocaron cebos para hormigas con arroz partido, estos fueron retirados a fines del primer año.

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA BIODIVERSIDAD

En el marco del “Programa Biodiversidad en Cubiertas Verdes” (APrA, 2011) se realizó un monitoreo estacional de la flora y fauna existente en la cubierta verde de la Escuela N°6. El mismo consistió en el registro del crecimiento de la vegetación y su resistencia a los distintos criterios de mantenimiento establecidos en la cubierta verde. Junto con la identificación de las especies de crecimiento espontáneo y la elaboración de un herbario. En relación al muestreo de fauna, se registró la abundancia y riqueza de artrópodos y aves considerando a estos dos grupos como indicadores de la calidad ambiental. De esta manera se evaluó la función de la cubierta verde como isla de biodiversidad, identificando las especies que hacen uso y se ven favorecidas por la existencia de este nuevo hábitat.

Los resultados del Programa demuestran que este tipo de cubiertas verdes, son sitios aptos para una gran diversidad de artrópodos y aves por lo cual se deben tener en cuenta para incrementar la biodiversidad urbana. A continuación se presenta un resumen general de los resultados obtenidos.

6.1. Especies vegetales

Prácticamente todas las especies plantadas resistieron a los diferentes criterios de mantenimiento establecidos en la cubierta verde, régimen hídrico y competencia por recursos.



Foto 35. Cubierta verde en primavera (M E Vidal)

Especie	Clasificación	Biodiversidad asociada	Recomendación
Stipa	Muy resistente	Arañas e insectos (saltamontes, grillos)	SI
Salvia	Muy resistente La poda en invierno fortalece su crecimiento en cobertura	Insectos (avispas, abejas, abejorros, moscas, mosquitos), arañas y aves (colibríes, ratona)	SI
Flor de santa lucia	Muy resistente Se dispersa fácilmente	Insectos (abejas, abejorros, moscas, mosquitos)	SI
Salvia rastrera	Muy resistente Recomendada su uso como cubresuelo bajo arbustos	Insectos (abejas, moscas, mosquitos)	SI
Bermuda	Muy resistente	Insectos (saltamontes, grillos, hormigas, isópodos), babosas y aves	SI
Portulaca cryptopetala	Muy resistente	Insectos (abejas, moscas, mosquitos)	SI
Tripogandra radiata	Muy resistente	Insectos (moscas, mosquitos)	SI
Cortadera	Resistente	Arañas e insectos (saltamontes, grillos)	SI
Mariposa	Resistente	Insectos (abejas, moscas, mosquitos)	SI
Oenothera longiflora	Resistente	Insectos (abejas, moscas y mosquitos)	SI
Canario rojo	Resistente	Insectos (abejas, moscas y mosquitos)	SI
Lantana rastrera (blanca y lila)	Poco resistente Requiere de la extracción de especies espontáneas	Insectos (avispas, abejas, abejorros, moscas, mosquitos mariposas, polillas)	SI
Festuca azul	No resistente Requiere de la extracción de especies espontáneas	Insectos (moscas, mosquitos)	NO
Pasionaria	No resistente. Se plantaron sólo 3 ejemplares que no prosperaron.		SI/NO
Talium paniculatum	No resistente. Se plantó sólo 1 ejemplar que no prosperó.		SI/NO

Cuadro 1: Clasificación de las plantas en función de su desarrollo en la cubierta verde de la Escuela N°6 (APrA, 2011)

En particular, en el sector de “mantenimiento intermedio” fue donde se registró el mayor crecimiento de la vegetación. Esto se debe a que la extracción selectiva de especies espontáneas permite por un lado eliminar parcialmente la competencia por recursos, pero mantiene una capa protectora del suelo que evita su exposición a las condiciones extremas del clima. Promoviendo de esta manera un incremento en la heterogeneidad y estratificación de la vegetación y favoreciendo a su vez la presencia de una gran diversidad de insectos (ej. mariposas).

Cabe destacar que en el sector “sin mantenimiento” las comunidades vegetales presentaron una alta capacidad de recuperación a los periodos de sequía, demostrando que este tipo de cubiertas verdes sin riego artificial son capaces de resistir a las condiciones climáticas anuales siempre y cuando se permita su crecimiento natural reduciendo al mínimo las intervenciones humanas.

6.2. Artrópodos

Los artrópodos constituyen el grupo de macroorganismos más importante de la biota del suelo, ya sea por la cantidad de individuos, su biomasa o función trófica. La mayoría de los artrópodos son trituradores de residuos, papel importante en la transformación y mineralización de la materia orgánica. Además, de la regulación de la población microbiana, la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes dentro del suelo.

En el transcurso del año de muestreo se identificaron un total de 800 artrópodos (Cuadro 2, Anexo); siendo las avispas, abejas, abejorros, mariposas y arañas los primeros colonizadores del hábitat.

Se registró un aumento gradual en la tasa de colonización, con las estaciones del año, con un pico máximo de abundancia durante el verano. Este incremento se encuentra directamente asociado al asentamiento natural del sustrato (acumulación de humedad y nutrientes) y al crecimiento de la vegetación. En particular, las flores de las Salvias, Lantanas y aquellas de crecimiento espontáneo (por ejemplo: *Lathyrus pratensis*, *Vigna luteola*, *Solanum bonariense*) correspondieron a las principales especies atrayentes de insectos.

Acorde con la bibliografía, el tiempo de colonización de los artrópodos depende de diferentes características de la cubierta verde, tales como la profundidad de la capa de sustrato, la diversidad de especies vegetales plantadas y el grado e intensidad de la intervención humana (Kadas, 2007).

Invertebrados	Total
Insecta	
Hymenoptera: abejorros, abejas y avispas	126
Formicidae: hormigas	108
Diptera: moscas y mosquitos	135
Coleoptera: vaquitas de San Antonio	51
Hemiptera: chinches, pulgones	114
Lepidoptera: mariposas y polillas	33
Orthoptera: saltamontes y grillos	14
Odonata: libélulas	7
Arachnida:	
Arañas	61
Collembola	75
Crustacea:	
isópodos (bicho bolita)	22
Annelida:	
lombrices	11
Myriapoda:	
Ciempíes, milpiés	12
Mollusca:	
Babosas	31

Cuadro 2: Invertebrados identificados en la cubierta verde durante el año de muestreo (APrA, 2011)

6.3. Aves

Las aves además de brindar un atractivo estético para la población humana son componentes importantes dentro de los ecosistemas ya que participan en procesos como la polinización y la dispersión de semillas, asegurándose en su conjunto la regeneración natural y preservación del ecosistema.

En el transcurso del año de muestreo se identificaron un total de 132 aves, correspondientes a 11 especies (Cuadro 3, Anexo), en general observadas sobre el suelo de la cubierta en busca de alimento. Las flores de la Salvia atrajeron principalmente a los Picaflores y a la Ratona común, un ave pequeña que suele buscar alimento en este subarbusto.

La riqueza de aves se encuentra estrechamente relacionada con el diseño de la cubierta verde. Cuanto mayor sea su diversidad estructural, mayor será el mosaico de hábitats y microclimas diferentes que se generen, favoreciendo la presencia de una mayor diversidad de aves y evitando así la dominancia de especies típicas de los centros urbanos, como la Paloma doméstica. La diversidad estructural de una cubierta verde se puede crear mediante la colocación de sustrato a diferentes profundidades, con la adición de trozos de madera, rocas y otros elementos tales como paneles solares, que suman a la diversidad topográfica del hábitat.

Nombre Común	Nombre Científico	Frecuencia en la cubierta verde
Torcaza	Zenaida auriculata	Muy abundante
Gorrión	Passer domesticus	Abundantes o muy fácil de observar
Calandria	Mimus saturninus	Frecuentes
Hornero	Furnarius rufus	
Zorzal Colorado	Turdus rufiventris	
Picaflor Común	Chorostilbon aureoventris	
Paloma Picazuro	Patagioenas picazuro	
Tordo Renegrido	Molothrus bonariensis	Baja frecuencia
Ratona Común	Troglodytes aedon	
Paloma Domestica	Columba livia	
Benteveo Común	Pitangus sulphuratus	

Cuadro 3: Aves identificadas en la cubierta verde y su frecuencia de observación durante el año de muestreo (APrA, 2011).

Las cubiertas verdes podrían constituir una de las estrategias posibles para incrementar la proporción de espacios verdes en barrios densamente urbanizados, donde sólo algunas pocas especies de aves (exóticas o nativas propensas al crecimiento descontrolado) cuentan con sitios suficientes para desarrollarse. Como por ejemplo en Caballito y Montserrat, dos de los barrios con menor diversidad de aves (AprA, 2012), en donde la construcción de cubiertas verdes podría favorecer a una mayor diversidad de aves, contribuyendo a que no aumenten en abundancia especies exóticas como la Paloma doméstica.

Así mismo las cubiertas verdes son componentes claves en la creación de corredores biológicos, que en conjunto con bulevares, avenidas arboladas, canteros, muros verdes, etc., fomentarían la migración interna y la distribución de fauna silvestre, constituyendo una de las estrategias posibles al incorporar fragmentos de hábitats naturales o seminaturales dentro de las ciudades.

frutan de vistas a un espacio verde, donde antes había un techo sin uso de membrana asfáltica metalizada.

7. RECOMENDACIONES

La instalación de una cubierta verde en un edificio público dependiente del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires ha permitido obtener una variedad de experiencias prácticas y a partir de ellas, elaborar recomendaciones que faciliten la incorporación de este tipo de soluciones en otros edificios de la administración pública de la ciudad.

Es importante destacar que, en líneas generales, los edificios públicos tienen características de operación y mantenimiento particulares, que no pueden evaluarse con los mismos parámetros con los que se estudian edificios de otra escala y funciones, especialmente en el caso de edificios escolares o destinados a la salud. Es por esto que durante todas las etapas de vida útil de la cubierta, deberán tenerse en cuenta algunos aspectos de diseño y funcionamiento que faciliten la aceptación de este tipo de propuestas, valorando sus ventajas y posibilidades y minimizando las situaciones conflictivas, el sobrecargo de tareas o la complejidad operativa de la solución adoptada.

Cuando se trabaje en un edificio ya existente y en funcionamiento, la tarea de instalar una cubierta verde conlleva un cierto grado de complejidad, ya que implica el manipuleo y traslado de importante cantidad de sustrato, material granulado y especies vegetales. Si bien no se realizan tareas ruidosas o que pudieran provocar riesgos, se interviene sobre la losa del techo y sobre su impermeabilización hidrófuga. En muchos casos, los edificios en los que se trabaja son antiguos y con un mantenimiento escaso. No es raro que luego de terminada la obra, todo nuevo problema constructivo o estructural que pudiera surgir, particularmente los relacionados a infiltraciones de agua por techos, sea rápidamente adjudicado a la obra de instalación de la cubierta verde. Por este motivo es muy importante tener en cuenta las recomendaciones de trabajo que se proponen a continuación, respecto de la participación, el conocimiento y la aprobación de los cuerpos técnicos y de mantenimiento de la repartición y edificio correspondiente.

En este sentido, y en base a la experiencia obtenida durante este proceso, pueden enumerarse algunas cuestiones que deberían tenerse en cuenta para el mejor desarrollo de las distintas tareas involucradas en la instalación y mantenimiento de una cubierta verde en edificios públicos, según se describe en los puntos siguientes.

7.1. Etapa de selección de edificios

- Incorporar en el proceso de selección de los edificios más adecuados a técnicos de las áreas de infraestructura y mantenimiento edilicio correspondientes. Estos profesionales conocen las características particulares de cada edificio, las limitaciones funcionales o estructurales que pudieran presentarse y son actores imprescindibles a la hora de garantizar el mantenimiento y continuidad de la propuesta.
- Priorizar en la selección edificios que necesiten reparación de su aislamiento hidrófugo, ya que una parte importante del costo de instalación de una cubierta verde, se destina a la colocación de una nueva membrana impermeable protectora.
- Evaluar la accesibilidad y disponibilidad de espacio, los horarios y los recursos disponibles para garantizar la correcta elevación y manipuleo de grandes volúmenes de sustrato, piedras y plantas.

7.2. Etapa de instalación

- Informar de todas las tareas a realizar al personal técnico de las áreas de infraestructura y mantenimiento correspondiente, como así también a todo personal de vigilancia y operación del edificio en cuestión, siguiendo los criterios administrativos que disponga la repartición involucrada.
- Evitar la época estival para la instalación de una cubierta verde. En este periodo del año, las altas tempera-

turas y la mayor frecuencia de lluvias intensas dificultan los trabajos de instalación de la cubierta verde. Tanto el traslado como el acopio y la implantación de las especies vegetales también se ve más comprometido en estas condiciones climáticas.

- Controlar con especial cuidado la limpieza de la superficie del techo antes de colocar la nueva membrana hidrófuga. Tener en cuenta, que esta superficie va soportar la circulación de personas y materiales durante la etapa de instalación de la cubierta, y que cualquier imperfección bajo la membrana impermeable puede provocar su rotura al recibir peso.
- Capacitar al personal encargado de trabajos de jardinería sobre las características particulares de este tipo de áreas verdes, con material instructivo por escrito.

7.3. Etapa de mantenimiento

- Contar con un Plan de Mantenimiento e Inspecciones en el que se expliciten los requerimientos o rutinas específicas a cumplir durante todo el ciclo de vida útil de la cubierta. Incluyendo un calendario de rutinas de trabajo para la inspección y mantenimiento de elementos constructivos, vegetación, control de plagas y enfermedades, limpieza y control de erosión
- Definir un responsable, dentro de la institución donde se instale la cubierta verde, de controlar y supervisar la correcta realización de las tareas especificadas en el Plan de Mantenimiento e Inspecciones. Se recomienda que este empleado reciba un adicional en su remuneración económica al incluir esta nueva tarea en sus funciones. De esta manera se lograrán actitudes más comprometidas y duraderas, permitiendo también a las autoridades de la institución exigir el cumplimiento de los nuevos trabajos asignados.
- En el caso de cubiertas que cuenten con protecciones laterales y accesibilidad sencilla, se recomienda involucrar al personal de la institución en alguna de las tareas de mantenimiento, particularmente en el caso de escuelas u otras instituciones educativas o de formación.
- Cuando sean diseñadas como áreas de uso, alentar la programación de actividades que puedan desarrollarse en la cubierta, como reuniones de trabajo, almuerzos o encuentros del personal, para favorecer la integración de este nuevo espacio a las funciones y rutinas del edificio.
- Difundir mediante cartelería informativa y señalización la presencia de la cubierta verde entre el público visitante, empleados y otros usuarios del edificio.

8. CONCLUSIONES

El proyecto de instalación de una cubierta verde en el techo de la escuela Nro 6 “French y Beruti” tuvo muy buena aceptación entre los directivos y maestros desde su inicio. Al finalizar los trabajos, se logró incorporar un nuevo espacio de uso educativo, en un sector del edificio que no estaba siendo utilizado para ninguna actividad. La cubierta verde permite a docentes y alumnos contar con un área al aire libre para realizar actividades de tipo didácticas, recreativas o de descanso. El barrio también se ha visto beneficiado por los servicios ambientales que ofrece este techo, tanto por la mayor presencia de vegetación como de variedad de pájaros y mariposas. Este beneficio se verifica en la muy buena aceptación que ha tenido la cubierta entre los vecinos que ahora disfrutan de vistas a un espacio verde, donde antes había un techo sin uso de membrana asfáltica metalizada.

Si bien por cuestiones climáticas y de implantación de la vegetación el periodo de verano en que se realizó esta obra no es el más conveniente, vale destacar que la posibilidad de instalarla durante el mes de enero e inaugurarla en el mes de marzo, permitió a la comunidad escolar disfrutar el inicio de clases con el nuevo techo- jardín terminado, sin tener que sobrellevar los inconvenientes de la etapa de obra.

Finalmente, nos cuentan las maestras que en sus visitas a la cubierta verde, los alumnos suelen jugar, por ejemplo, a acostarse sobre el pasto y mirar el cielo. Disfrutan de quitarse los zapatos y hacen otras propuestas que se relacionan con el deseo de un mayor contacto con la naturaleza. Esta nueva “aula al aire libre” facilita a chicos que normalmente desarrollan sus actividades educativas y lúdicas en entornos altamente antropizados y cerrados, la posibilidad de conocer y disfrutar de plantas, insectos y pájaros en un espacio seguro y accesible.



Foto 42. Chicos de la Escuela Nro. 6 en su primer visita a la cubierta verde. (MJ Leveratto)

9. ANEXO

9.1. Especies vegetales utilizadas en la cubierta verde de la Escuela Nro. 6

(Fotos G Fiallo Montero, M J Leveratto y ME Vidal)



Lantana megapotamica (Lantana Blanca y Lantana Lila)



Festuca glauca (Festuca Azul) y Salvia guaranitica



Nassella tenuisima (Stipa o Paja Blanca) y Salvia procurrens (Salvia Rastrera)



Passiflora coerulea (Pasionaria o Mburucuya) y *Cortadeira selloana* (Cortadera o Pampas Grass)



Tripogandra radiata y *Portulaca cryptopelata*



Oenothera longiflora, *Commelina erecta* (Flor de Santa Lucia) y *Dicliptera tweediana* (Canario Rojo)



Nassella tenuisima (Stipa o Paja Blanca) y *Salvia procurrens* (Salvia Rastrera)



Cynodon dactylon (Grama, Pasto Bermuda o Pata de Perdiz)

9.2. Invertebrados identificados en la cubierta verde (Fotos ME Vidal)

Himenópteros: abejas, abejorros y avispas



Coleópteros: vaquitas de San Antonio



Hemípteros: pulgones



Dípteros: moscas y mosquitos



Lepidópteros: mariposas y polillas



Dama pintada (*Vanessa braziliensis*), Isoca de la alfalfa (*Colias lesbia pyrrhothea*)



Enrolladora común (Quinta Cannae), Espejito (*Agraulis vanillae maculosa*)



Pavo real (*Junonia genoveva hilaris*), Saltarín leonado (*Hylephila phyleus*)



Acróbata rojiza (*Emesis russula*)



Poliillas (Heterocera)

Odonatos: libélulas



Arácnidos: arañas



Ortópteros: saltamontes y grillos



Formícidos: hormigas



Isópodos: bichos bolita



Anélidos: lombrices



Miriápodos: ciempiés, milpiés



Moluscos: babosas



Colémbolos: identificados bajo lupa dado que no suelen superar los 5mm de longitud

9.3. Aves identificadas en la cubierta verde (Fotos ME Vidal)



Torcaza (*Zenaida auriculata*) y Gorriones (*Passer domesticus*)



Calandria (*Mimus saturninus*) y Zorzal colorado (*Turdus rufiventris*)



Hornero (*Furnarius rufus*) y Tordo renegrido (*Molothrus bonariensis*)



Picaflor común (*Chorostilbon aureoventris*) y Paloma picazuro (*Patagioenas picazuro*)



Ratona común (*Troglodytes aedon*) y Benteveo común (*Pitangus sulphuratus*) (Fotos: Bea Grasso)



Paloma doméstica (*Columba livia*)

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental, MAyEP, GCBA. Del Gris al Verde, Promoción de Cubiertas Verdes en la Ciudad de Buenos Aires. 2009
- Agencia de Protección Ambiental, MAyEP, GCBA. Programa Biodiversidad en Cubiertas Verdes, 2011.
- Agencia de Protección Ambiental, MAyEP, GCBA. Programa Diversidad de Aves en la Ciudad de Buenos Aires, 2012.
- Becker D. y D. Wang. Green Roof Heat Transfer and Thermal Performance Analysis. Civil and Environmental Engineering Carnegie Mellon University, 2011.
- Brenneisen S. Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. Urban Habitats, volume 4. 2006.
- Carter, T.L. y Rasmussen, T.C. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. Journal of the American Water Resources Association. Vol. 42, Nro 5, 2006.
- City of Portland. Ecoroof Handbook, Environmental Services of Portland, Oregon, USA, 2009.
- Kadas G. y Gedge D. Can Green Roofs Provide Habitat For Invertebrates In An Urban Environment?. Org. Living Roofs. 2007.
- Gaffin, S., C. Rosenzweig, J. Eichenbaum-Pikser, R. Khanbilvardi y T. Susca, A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White and Black Roofs. Columbia University, Center for Climate Systems Research. New York, 2010.
- Liu, K. y B. Baskaran. Thermal performance of green roofs through field evaluation. National Research Council, Institute for Research in Construction. Proceedings for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show, Chicago, IL., May 29-30, 2003, p. 1-10
- Liu, K. y J. Minor. Performance Evaluation of an Extensive Green Roof. National Research Council of Canada / City of Toronto. A version of this document is published in / Une version de ce document se trouve dans : Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, D.C., May 5-6, 2005, p. 1-11
- Mentens, J. D. Raes y M. Herving. Green Roof as a Tool for Solving Rainwater Runoff Problems in the Urbanized 21 st century?. Landscape and Urban Planning 77, 2006, p. 217-226
- Neila, FJ, C. Bedoya, C. Acha, F. Oliveri y M. Barbero, Las Cubiertas Ecológicas de Tercera Generación: Un nuevo material constructivo. Informes de la Construcción, Vol 60, 511, Julio 2008, p 15-24
- NYC Environmental Protection, New York City Green Infrastructure Plan, 2011 Preliminary Pilot Monitoring Results, junio 2012. http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/gi_annual_report_update_supplement_2012.pdf
- Rosatto, H, M. Meyer, D. Laureda, L. Cazorla, D. Barrera, P. Gamboa, G. Villalba, M. Bargiela, L. Pruzzo, L. Rodriguez Plaza, N. Mazzeo, C. Caso, C. Rocca, P. Hashimoto, D. Kohan, E. Quaintenne. Eficiencia en la Retención de Agua de Lluvia de Cubiertas Vegetadas de tipo Extensivo e Intensivo. Revista FCA UN Cuyo 45, 2013, p. 169-183.
- Sonne, J. Evaluating Green Roof Energy Performance. ASHRAE Journal. February 2006, p 59-61.
- Toronto and Region Conservation Authority and Credit Valley Conservation Authority. Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Version 1.0, 2010.
- http://www.sustainabletechnologies.ca/Portals/_Rainbow/Documents/LID%20SWM%20Guide%20-%20v1.0_2010_1_no%20appendices.pdf
- Vecchia, Francisco, Castaneda, Gabriel y Quiroa, Jaime Andrés. Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales: Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales. Tecnología y Construcción., vol.22, no.2. 2006. issn 0798-9601



**Buenos
Aires
Ciudad**

**Agencia de Protección Ambiental
Ministerio de Ambiente y Espacio Público**

buenosaires.gob.ar/agenciaambiental