

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Estudio de creación de una cubierta verde en los edificios de la EPSG”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:

Daniel Garcia Romero

Tutor/a:

Jose Andres Sanchis Blay

GANDIA, 2017

Resumen

Actualmente las cubiertas verdes, junto a los jardines verticales en edificios, son una importante mejora del entorno urbano, que aportan beneficios al medioambiente urbano, al paisaje y al balance energético de los edificios.

Se plantea el ajardinamiento exterior del edificio aulario de la EPSG, enmarcado en el contexto de la ecoconstrucción o construcción sostenible.

La tendencia actual a la integración urbana en el entorno natural, la arquitectura singular de estos edificios y la ubicación cercana a una zona verde como es la marjal de Gandía conforman un conjunto de factores idóneos para la creación de este espacio verde que supondría un punto excelente de difusión de estos modelos de construcción ecológicos.

El estudio considerará, además de la perspectiva estética o paisajística el proporcionar una serie de funcionalidades ecológicas. Entre las cuales destacan el ahorro energético, aislamiento térmico y acústico, retención de aguas pluviales, filtración de contaminantes urbanos, promoción de valores ecológicos, creación de nuevos hábitats, etc.

Palabras clave: construcción sostenible, Integración urbana, Paisajismo, biodiversidad

Summary

Currently green roofs, along with vertical gardens in buildings, are an important improvement of the urban environment, which provide benefits to the urban environment, the landscape and the energy balance of buildings.

The exterior landscaping (upper roof and façade) of the buildings of the EPSG is framed in the context of ecoconstruction or sustainable construction.

The current trend towards urban integration in the natural environment, the unique architecture of these buildings and the location close to a green area such as the Marjal de Gandia make up a set of factors suitable for the creation of this green space that would be an excellent point of diffusion of these ecological construction models.

The study will consider, in addition to the aesthetic or landscape perspective, the provision of a series of ecological functionalities. Among which stand out the energetic

saving, thermal and acoustic isolation, retention of pluvial waters, filtration of urban pollutants, promotion of ecological values, creation of new habitats, etc.

Keywords: sustainable construction, urban integration, landscaping, biodiversity, green roof.

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Objeto del proyecto | 7 |
| 1.1 | Objetivos | 7 |
| 1.2 | Antecedentes. | 7 |
| 1.3 | Justificación..... | 8 |
| 2 | Beneficios de los tejados verdes..... | 10 |
| 2.1 | Beneficios para el entorno urbano..... | 10 |
| 2.1.1 | Mejora estética o visual: Paisajismo | 10 |
| 2.1.2 | Espacios funcionales..... | 10 |
| 2.1.3 | Reducción y atenuación de la escorrentía de las aguas pluviales..... | 11 |
| 2.1.4 | Reducción contaminación atmosférica | 12 |
| 2.1.5 | Proporcionar hábitats de vida silvestre y mejorar la biodiversidad..... | 13 |
| 2.1.6 | Isla de calor urbano. | 14 |
| 2.1.7 | Desviación de desechos | 14 |
| 2.1.8 | Creación de empleo local | 14 |
| 2.2 | Beneficios para los edificios (general)..... | 15 |
| 2.2.1 | Eficiencia energética | 15 |
| 2.2.2 | Reducción de ruido | 15 |
| 2.2.3 | Retraso de incendio..... | 16 |
| 2.2.4 | Mejora de la longevidad de la membrana del techo | 16 |
| 2.2.5 | Marketing | 17 |
| 2.2.6 | Reducción de la radiación electromagnética | 17 |
| 3 | Situación y descripción de la zona | 18 |
| 3.1 | Situación y delimitación de la zona | 18 |
| 3.2 | Vías de comunicación principal..... | 20 |
| 3.3 | Medio físico:..... | 20 |
| 4 | Descripción de los trabajos a desarrollar..... | 22 |
| 4.1 | Condicionantes para la planificación y ejecución de la cubierta verde | 22 |
| 4.1.1 | Densidad y superficie de la vegetación | 22 |
| 4.1.2 | Inclinación del techo | 23 |
| 4.1.3 | Tipos de cubiertas | 23 |
| 4.1.4 | Consideraciones estructurales | 24 |
| 4.1.5 | Altura del techo y orientación..... | 24 |
| 4.1.6 | Transporte y colocación del sustrato. | 24 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1.7 | Utilidad | 24 |
| 4.2 | Componentes de la cubierta verde (Generalidades) | 26 |
| 4.2.1 | Estructura y aislamiento térmico | 26 |
| 4.2.2 | Membrana de techo y protección antiraíces. | 26 |
| 4.2.3 | Capa de drenaje | 27 |
| 4.2.4 | Geotextil | 27 |
| 4.2.5 | Sustrato | 27 |
| 4.2.6 | Vegetación..... | 28 |
| 4.3 | Fase obras..... | 29 |
| 4.3.1 | Movimiento de tierras..... | 29 |
| 4.3.2 | Impermeabilización | 30 |
| 4.3.3 | Drenajes | 31 |
| 4.3.4 | Capa geotextil..... | 34 |
| 4.3.5 | Soluciones escogidas para evitar el impacto visual negativo de aires acondicionados, conducciones u otros. | 34 |
| 4.3.6 | Sustrato | 34 |
| 4.3.7 | Plantaciones | 35 |
| 4.3.7.1 | Cubierta de Sedum | 35 |
| 4.3.7.2 | Enredaderas perimetrales | 36 |
| 4.3.7.3 | Zona dedicada a la conservación de microreservas..... | 39 |
| 4.3.8 | Sistema de riego por goteo | 41 |
| 4.3.9 | Estudio de iluminación | 42 |
| 5 | Mantenimiento | 47 |
| 6 | Mobiliario..... | 47 |
| 7 | Bibliografía..... | 49 |

1 Objeto del proyecto

1.1 Objetivos

El trabajo que presento pretende llamar la atención sobre el concepto de ciudad en lo concerniente a la conciencia medioambiental. Plantear el ajardinamiento de edificios como un futuro factible dentro de la evolución lógica de las ciudades hacia estilos de vida urbanos más saludables y respetuosos con el medio natural. Un paisaje urbano integrado en el entorno y que no suponga un cambio drástico como unidad de paisaje, atendiendo a la situación física y jurídica en la actualidad.

Promover la conciencia medioambiental a través de la creación de espacios como lugar, de docencia, de esparcimiento y ejemplo de integración del medio natural en el urbano. Dar a conocer los beneficios de espacios naturales en entornos urbanos, y más concretamente en edificios de las ciudades, que ayuden a paliar los avances de la destrucción a la que está sometido el entorno natural de las ciudades por sus necesidades urbanísticas.

Este trabajo contempla la implantación de la xerojardinería sobre modelos de cubiertas verdes extensivas para edificios ya existentes, con soluciones propias en tejados, descripción del entorno y situación geográfica, enmarcados en mapas de situación general y específicos. Con información del medio físico de la ubicación respecto a: conducciones para aguas pluviales, puntos de acceso de agua, estudio del suelo, climatología, costes generales. Análisis de resultados de su aplicación.

1.2 Antecedentes.

Historia de los techos verdes

Los primeros jardines en azoteas documentados, son los jardines colgantes de Babilonia en lo que ahora es Irak, considerados una de las siete maravillas del mundo antiguo.

Los jardines babilónicos, construidos en el siglo VI a.C. durante el reinado de Nabucodonosor II, contaban ya con un sistema complejo de conducción de aguas desde el Éufrates. Cuenta la historia que fueron mandados a construir por Nabucodonosor II como muestra de amor a su esposa Amythis (proveniente de tierras montañosas) para recordarle a sus tierras. Se podría trasladar a la actualidad en el sentido de la recuperación del entorno natural que ha despreciado el avance urbano durante todo el siglo XX,

tomándolo como un método para recordar a los habitantes de las ciudades el entorno natural que les rodea y que les es ajeno.

Actualidad de los tejados verdes.

La idea generalizada de los tejados verdes está asociada a los que se elaboran para las azoteas de hoteles, centros de negocios o superficies comerciales, realizados con sustratos profundos, variedad de vegetación y con una apariencia similar a los jardines de suelo, con la finalidad de aumentar el espacio de vida y recreación de las zonas urbanas densamente pobladas donde se ubican.

Sin embargo la tendencia generalizada en la actualidad, es la construcción de cubiertas verdes extensas, caracterizadas por su diseño más sencillo, y menor coste en su mantenimiento, implementado y estudiado en diversas regiones y climas en todo el mundo.

En la actualidad, la creciente preocupación por el medio ambiente, da pie a la concepción de una política y una tecnología ambiental más progresista. Esta tendencia favorece la implantación de tejados verdes, al tomar consciencia de sus amplios beneficios medioambientales. En algunos países europeos, las ciudades han introducido programas de incentivos para promover la tecnología del techo verde y mejorar las condiciones ambientales. En los últimos años se ha empezado a legislar al respecto, promocionando la construcción de techos verdes en muchos centros urbanos. Estos fundamentos jurídicos de la construcción de tejados verdes tienen un efecto importante en la implantación generalizada y el éxito de la tecnología de techos verdes.

La cobertura de los techos verdes en Alemania ahora aumenta en aproximadamente 13,5 millones de metros cuadrados por año. Hoemmerle (2002) calcula que aproximadamente el 14% de todas las nuevas cubiertas planas en Alemania serán cubiertas verdes; el área total cubierta por los techos verdes es desconocida.

1.3 Justificación

Desde el Siglo XX la presión urbanística ha sido uno de los principales factores de la disminución del espacio ocupado por la naturaleza, estableciendo ecosistemas artificiales que no se integran en el entorno, generando dos hábitats totalmente diferenciados: urbano y natural. Enmarcado en las nuevas tendencias que caminan hacia la ecoconstrucción y hacia estilos de vida más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente se desarrolla este estudio sobre la cubierta vegetal del edificio aulario de la EPSG.

La sensibilidad creciente hacia temas ambientales como la contaminación, generación de residuos o degradación de los espacios naturales proporciona el clima adecuado para la proliferación de este tipo de construcciones.

Se pretende dar uso a un espacio por lo general en abandono que podría generar innumerables beneficios tanto para la vida pública como para la vida privada.

Desde hace algunos años se vienen desarrollando proyectos muy concretos sobre ajardinamiento de tejados o fachadas, cuya función principal es la estética o de esparcimiento. En este trabajo a parte del diseño del jardín, se investiga sobre las cualidades que supone la implantación de estos espacios en el entorno urbano.

2 Beneficios de los tejados verdes

2.1 Beneficios para el entorno urbano

2.1.1 Mejora estética o visual: Paisajismo

Después de décadas de normalización paisajística en nuestras ciudades, se da por hecho que un paisaje urbano de ladrillo, constituye “lo natural” en este tipo de hábitat, incluso con una visión, a veces poética, en las imágenes de los skylines de algunas ciudades emblemáticas, que llegan a constituir el único contacto visual de muchas personas con la naturaleza, al combinar estas imágenes con puestas o salidas de sol, dando una imagen de naturaleza urbana, en ocasiones cargadas de smog y polución que se pueden llegar a interpretar incluso como nieblas matinales.

Un paisajismo que contribuya a la mejora estética y visual de estos entornos urbanos, no solo va a consistir en una estrategia para mejorar y embellecer unos edificios con tejados verdes, sino la creación de ambientes más cercanos al medio natural, y la concepción de un modelo de urbanismo nuevo, que constituya la base para una mejora en la planificación de entornos urbanos medioambientales más sostenibles.

2.1.2 Espacios funcionales

Estos espacios verdes sobre tejados de los edificios urbanos, presentan innumerables oportunidades de ser utilizados para diversas actividades como:

- Jardines comunitarios: Implantados en las azoteas y tejados de edificios residenciales utilizados para esparcimiento de la comunidad vecinal, parques infantiles etc. Cubriendo las necesidades de ocio i relax en espacios más cercanos al hábitat cotidiano de las personas.
- Como espacios para la producción local de alimentos: El uso de techos verdes como el sitio para un proyecto de agricultura urbana puede reducir la huella ecológica de una comunidad a través de la creación de un sistema alimentario local.

Estos proyectos pueden servir como una fuente de empoderamiento de la comunidad, dar un mayor sentimiento de autosuficiencia y mejorar los niveles de calidad en nutrición.

- Espacios comerciales: En azoteas o zonas interiores de los mismos, con propósito estético y medio ambiental, concebidos además como áreas de exhibición, terrazas de restaurantes etc.

- Espacios educativos: En edificios escolares o de instituciones públicas, donde se pueda llevar a la práctica actividades relacionadas con la concienciación medioambiental, y la praxis de los conocimientos teóricos que se imparten en las clases.

2.1.3 Reducción y atenuación de la escorrentía de las aguas pluviales

Con tejados verdes, el agua es almacenada por el sustrato y luego absorbida por las plantas desde donde es devuelta a la atmósfera por transpiración y evaporación. Reduciendo parcialmente los riesgos de las inundaciones urbanas y la mejora del equilibrio hídrico al acercarse al natural.

Los techos verdes no sólo retienen el agua de lluvia, sino que también moderan la temperatura del agua y actúan como filtros naturales, tanto en precipitaciones como las aguas de riego.

Reducen la cantidad de escorrentía de las aguas pluviales y también retrasan el tiempo en el que ocurre la escorrentía (ilustración 1), lo que resulta en un menor estrés en los sistemas de alcantarillado en los periodos de flujo máximo.

Siendo las plantas el elemento más visible y fundamental en los techos verdes, hemos de tener en cuenta la función de la tierra que reduce notablemente la escorrentía respecto a los techos convencionales, ya que en estos se pierde completamente por los desagües habituales, mientras que la tierra retiene porcentajes considerables de la humedad, que complementado con la acción de sombreado de las plantas sobre la superficie del techo, ayuda a reducir la evaporación (Farzaneh 2005).

En cuanto a los beneficios térmicos de los techos verdes en modelos de simulación, determinan que una vegetación alta conduce a mayores beneficios térmicos, pero estos estudios no incluyen los efectos por separado del suelo y la vegetación (Wong et al., 2003). Al observar estos dos conceptos por separado, según estudios recientes utilizando modelos a pequeña escala, demuestran que el flujo de calor de los tejados se reduce en un 70% atribuible al suelo y el resto a la vegetación (Takakura et al., 2000).

La relación entre diversidad de especies y la retención de agua, no se ha podido demostrar en experimentos realizados con vegetación similar a la de los techos verdes extensos (Dunnett et al., 2005), pero sí que una diversidad de tipos funcionales (herbáceas, arbustivas...) favorece el rendimiento. Por tanto, se obtiene mayor influencia positiva en las propiedades térmicas de los tejados verdes, que cuando se trata de tipos mono culturales de vegetación (Kolb y Schwarz1993).

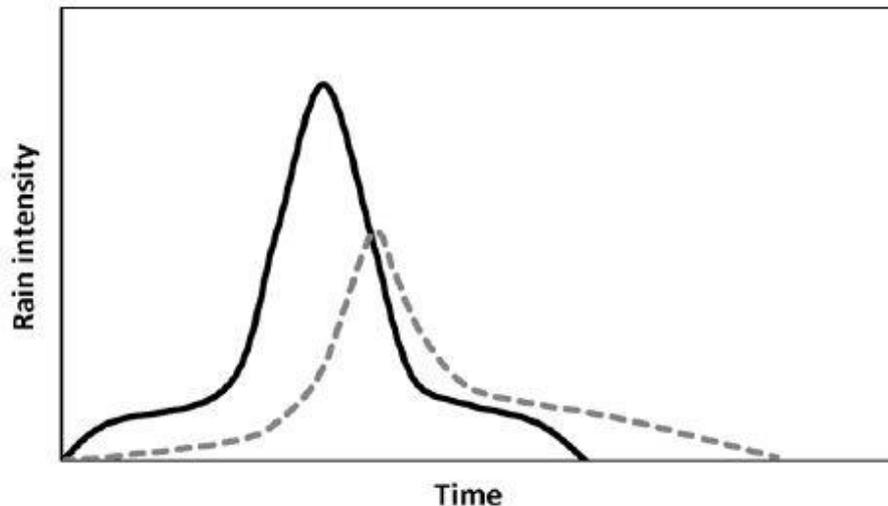


Ilustración 1: Gráfico comparativo con o sin techo verde. Fuente: Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality

Hay que tener en cuenta que las tierras utilizadas para estos menesteres, suelen contener fósforo, nitrógenos, metales pesados y compuestos derivados de la fertilización, que se adhieren a las aguas de escorrentía, incorporándose al ciclo hidrológico natural. Siendo un aspecto sobre el que se desconocen los efectos, ya que no existen estudios amplios, que aporten soluciones adecuadas. Por lo que debemos tener en cuenta la utilización de tierras fértiles que no contengan elementos contaminantes.

2.1.4 Reducción contaminación atmosférica

Existe gran cantidad de elementos contaminantes que se vierten diariamente a la atmosfera, bien de centrales eléctricas, automóviles, fábricas, o los mismos edificios con sistemas de calefacción/refrigeración. Los techos verdes, al capturar parte de estos contaminantes, filtrar gases nocivos y moderar la temperatura, ayudan a reducir la demanda de la centrales eléctricas i disminuir la cantidad de subproductos contaminantes que se liberan en el aire.

Aunque a menudo se adoptan techos verdes para el ahorro de energía y la mitigación de las islas de calor, rara vez se ha promocionado esta tecnología por su capacidad para mitigar el cambio climático. Al reducir la demanda de calefacción y aire acondicionado, se libera menos dióxido de carbono de las centrales eléctricas y de los hornos. Saylor D. J. (2008) en un modelo de simulación energética encontró una reducción del 2% en el consumo de electricidad y una reducción del 9-11% en el consumo de gas natural,

basándose en un modelo de edificio genérico con 2000 m² de techo verde, estos ahorros anuales variaron de 27,2 a 30,7 GJ de electricidad ahorrada y de 9,5 a 38,6 GJ de gas natural ahorrado, dependiendo del clima y del diseño del techo verde. Estas cifras se traducen en 637-719 g C por m² de techo verde en electricidad y 65-266 g C perm² de techo verde en gas natural cada año.

Según Bas (2002) en edificios comunitarios en invierno, la reducción de cada grado de temperatura, implica un incremento del 3% en la demanda energética del edificio. La incorporación de tejados verdes que actúan de aislantes térmicos, produce un efecto regulador de la misma en el edificio. Contribuyendo notablemente al ahorro de energía.

Los tejados verdes también pueden retener carbono en las plantas y suelos. La fotosíntesis elimina el dióxido de carbono de la atmósfera y almacena el carbono en la biomasa vegetal, un proceso comúnmente conocido como secuestro de carbono terrestre. El carbono se transfiere al sustrato a través de la hojarasca.

Sin embargo, un sistema de cubierta verde extensiva no secuestrará grandes cantidades de carbono debido a los tipos de especies utilizadas y el sustrato poco profundo. Muchas especies utilizadas en extensos tejados verdes exhiben alguna forma de metabolismo ácido crassuláceo (CAM). Siendo las tasas de asimilación diaria de carbono de las especies CAM de 1/2 a 1/3 de las especies no-CAM .

Apuntar que aunque menos efectivas que las no-CAM, la absorción de CO₂ siempre será positiva. Tal vez al comparar resultados en absorción de CO₂ los tejados verdes intensivos sean más eficientes que los extensivos, lo cual no significa que el resultado de instalar un tejado verde extensivo no sea positivo para la limpieza atmosférica de las ciudades.

Los techos verdes también pueden ayudar a reducir la distribución de polvo y partículas en toda la ciudad, así como la producción de smog.

2.1.5 [Proporcionar hábitats de vida silvestre y mejorar la biodiversidad.](#)

Los hábitats que se pueden generar de la instalación de tejados verdes pueden contribuir a conservación del hábitat. Ciertos estudios han documentado la existencia de invertebrados y comunidades avícolas en una gran variedad de estos espacios.

Los tejados verdes son comúnmente habitados por insectos (Coffman y Davis, 2005). La riqueza de especies de insectos en tejados verdes esta positivamente correlacionada con la riqueza de especies vegetales y variabilidad (Gedge y Kadas 2004). Los techos verdes también pueden ser utilizados por las comunidades aviarias nativas,

además de actuar como hábitats (escalones) para especies migratorias contribuyendo a la desfragmentación de los hábitats.

Las plantas y líquenes raros a menudo se establecen espontáneamente en tejados (Brenneisen 2006).

Situaciones que pueden justificar la promoción de los tejados verdes con la finalidad de promover una mayor variedad de hábitats de vida silvestre y mejorar la biodiversidad.

2.1.6 Isla de calor urbano.

El gran crecimiento de los espacios urbanos, ha reemplazado los espacios naturales por superficies de asfalto y tejados donde se refleja una mayor cantidad de radiación solar devuelta a la atmósfera al chocar contra estas superficies, contribuyendo de esta forma a crear islas urbanas de calor. Produciendo un aumento de la temperatura de forma más considerable en las zonas céntricas que en las periféricas y/o rurales. Este efecto puede reducirse aumentando la cobertura vegetal en las superficies de los tejados, contribuyendo mediante la evapotranspiración a reducir el aumento de las temperaturas que se producen en las islas de calor urbano.

Una simulación regional en un modelo del 50% de cobertura verde distribuida uniformemente en toda Toronto mostraron reducciones de temperatura tan grande como 2 ° C en algunas áreas (Bass et al., 2002).

2.1.7 Desviación de desechos

La construcción de tejados verdes reduce considerablemente el desgaste al que están sometidos los materiales de construcción, y pueden contribuir a prolongar la vida de las membranas de impermeabilización, reduciendo a su vez los residuos asociados. Al mejorar la eficiencia energética de los edificios, se favorece una menor utilización de los sistemas de ventilación y climatización, prolongando la vida útil de estos.

2.1.8 Creación de empleo local

El crecimiento de los mercados de tejados verdes brinda nuevas oportunidades de trabajo relacionadas con la fabricación, el cuidado de las plantas, el diseño, la instalación y el mantenimiento.

Existe un potencial significativo para un nuevo crecimiento en áreas urbanas densas que antes eran inutilizables.

2.2 Beneficios para los edificios (general)

2.2.1 Eficiencia energética

Ante la gran cantidad de energía necesaria para la climatización de los edificios, con la consecuente pérdida de la misma tanto en verano como invierno, la construcción de tejados verdes, tiene entre sus funciones generar un mayor aislamiento térmico, y se plantea como una medida que puede moderar la demanda energética de los edificios.

Existen diversos estudios que cuantifican que la demanda energética diaria en los edificios con tejados verdes se podría reducir hasta en un 75%.

Enfriamiento en verano.

En verano, los techos verdes reducen el flujo de calor en los techos promoviendo la evapotranspiración por el sombreado físicamente el techo, y aumentando el aislamiento y la masa térmica.

Aislante térmico en invierno

En invierno, la implantación de un tejado verde, actúa como aislante térmico, reduciendo el consumo de energía en las viviendas que se benefician del mismo.

2.2.2 Reducción de ruido

Los techos verdes tienen una excelente atenuación del ruido, especialmente para los sonidos de baja frecuencia. Un extenso techo verde puede reducir el sonido desde el exterior en 40 decibelios, mientras que uno intensivo puede reducir el sonido en 46-50 decibelios (Peck et al., 1999).

Los techos y muros verdes ofrecen una excelente atenuación del ruido, especialmente para los sonidos de baja frecuencia. Un extenso techo o muro verde puede reducir el sonido desde el exterior en 40 decibelios, mientras que uno intensivo puede reducir el sonido en 46-50 decibelios (Peck et al., 1999).

Los índices medios de reducción de sonido (R_w) pueden llegar a 15db con un coeficiente de absorción sonora medio (α) de 0,40. Por tanto las paredes verdes tienen un potencial significativo como herramienta de aislamiento acústico para los edificios. No obstante se deben tener en cuenta algunos ajustes en el sellado, en el caso de las piezas modulares.

En un estudio con muros de construcción tradicional y muros de cubierta vegetal, realizado por la Universidad del País Vasco (Evaluation of Green walls as a passive acoustic insulation system for buildings), se comparan los diversos coeficientes de absorción sonora de los mismos. El resultado es que el muro vegetal presenta una

capacidad de absorción de ruido inferior a los muros de construcción habituales (Ilustración 2). No obstante, los índices bajos de los muros verdes se constatan al estudiarlos individualmente.

Por lo general la instalación de estas cubiertas verdes, se realizan sobre superficies o muros con cierta capacidad de absorción de ruido, por lo que el efecto se incrementa al sumarse al ya existente.

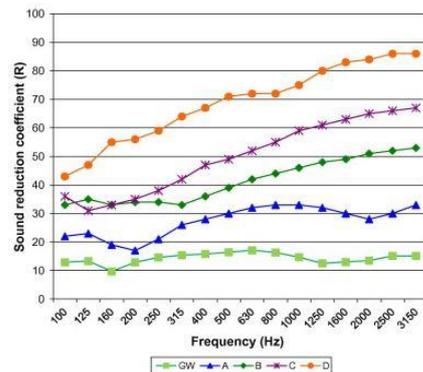


Ilustración 2: Comparativa acústica muros verdes y otros. Fuente: Evaluation of Green walls as a passive acoustic insulation system for buildings

2.2.3 Retraso de incendio

La instalación de una cubierta verde en un tejado, construido sobre materiales de fácil combustión, ofrece una mayor protección contra incendios, debido a una menor carga calorífica (el calor generado cuando una sustancia se quema) que los techos convencionales.

Existen unos estándares del American National Standards Institute (ANSI) creados para minimizar el riesgo de incendio en las cubiertas vegetales (ANSI/SPRI VF-1) (External Fire Design Standard for Vegetative Roofs)

Estos estándares contemplan una serie de patrones de diseño que pueden evitar la propagación de incendios, utilizando materiales ignífugos o sellados estancos en la fijación de los módulos.

2.2.4 Mejora de la longevidad de la membrana del techo

En los edificios con techos convencionales, la exposición continua a los efectos de la luz ultravioleta, sumados al efecto de la expansión y contracción causadas por las fluctuaciones de las temperaturas del techo, y la exposición a otros fenómenos meteorológicos, provocan un deterioro considerable de los materiales de las cubiertas.

Las cubiertas verdes actúan como capa protectora de los tejados, ampliando la vida útil de las membranas de impermeabilización del techo.

En Ottawa, Canadá, Liu (2004) encontró que un techo de referencia sin vegetación alcanzó temperaturas de más de 70 grados Celsius (° C) en verano, mientras que la temperatura superficial del techo verde sólo alcanzó los 30 ° C. La membrana sobre el techo de referencia alcanzó los 30 ° C en 342 de los 660 días del estudio, mientras que la membrana debajo el techo verde sólo alcanzó esa temperatura en 18 días (Oberndorfer et al 2007).

La estabilización de temperatura de las membranas impermeabilizantes por cobertura de techo verde pueden extender su vida útil en más de 20 años (US EPA 2000).

2.2.5 Marketing

Los tejados verdes pueden aumentar la capacidad comercial de un edificio. Son un símbolo fácilmente identificable del movimiento del edificio verde y pueden actuar como un incentivo para aquellos interesados en los múltiples beneficios que ofrecen los techos verdes.

Los techos verdes, como parte del movimiento del edificio verde, han sido identificados como facilitadores de:

- Ventas.
- Arrendamientos.
- Aumento del valor de la propiedad debido al aumento de la eficiencia energética.
- Más fácil reclutamiento de empleados.
- Baja la rotación de empleados y de inquilinos.

2.2.6 Reducción de la radiación electromagnética

Los techos verdes son capaces de reducir la penetración de la radiación electromagnética en un 99,4% (Herman 2003).

3 Situación y descripción de la zona

Planos del edificio incluidos en el Anexo 1

3.1 Situación y delimitación de la zona

Mapa general de situación. Escala: 1: 5.000



El edificio de estudio se ubica en la Playa de Gandía, en la entrada desde la carretera nacional N-332.

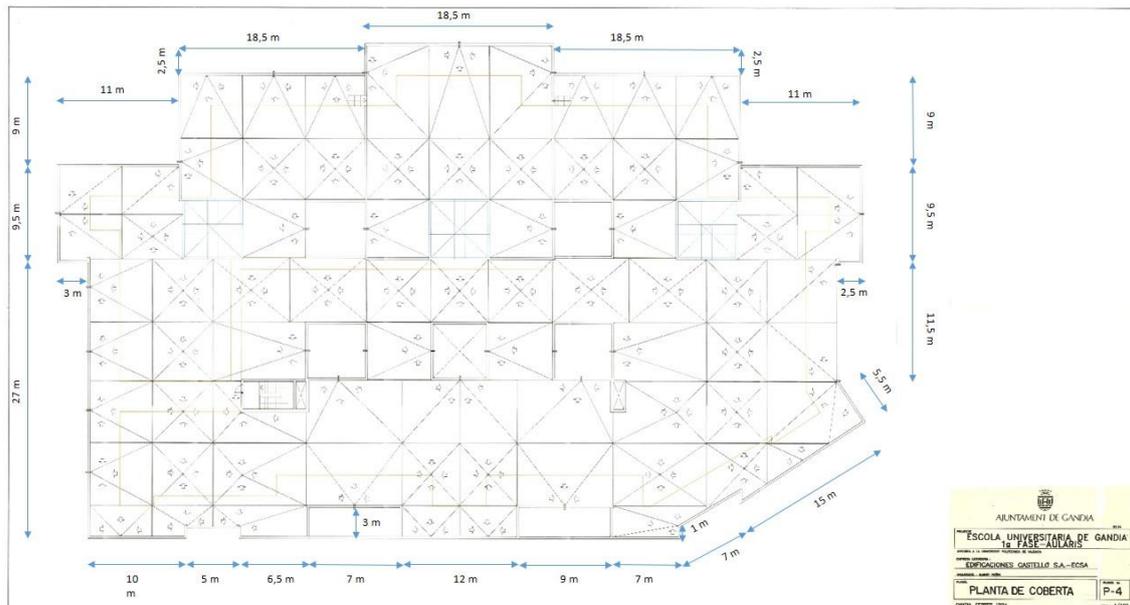
El hecho de que no esté en el entorno más urbanizado de la playa, le otorga una serie de condiciones idóneas para la implantación de la cubierta vegetal desde el punto de vista paisajístico. En la imagen anterior se puede ver una clara división entre el entorno urbanizado y el más naturalizado o agrario, y partiendo de esta diferenciación entre unidades paisajísticas, se pretende romper con la clara línea divisoria entre estos dos ambientes generando un espacio de transición desde lo natural a lo urbano.

Mapa general específico. Escala: 1 : 1.000:



En este plano específico se puede ver la situación concreta del edificio. Los puntos de visionado corresponden a otros edificios del campus.

Plano tejado 1/100



El tejado corresponde al edificio aulario dentro del campus de la EPSG.

Se ha escogido este por sus características de extensión y accesibilidad favorables para la implantación de una cubierta verde.

3.2 Vías de comunicación principal

Accesos al tejado o vistas de las fachadas.

Los accesos al edificio desde fuera del campus universitario son:

Desde la carretera N-332 existe un desvío hacia el complejo universitario, con zona de parquin suficiente para abastecer la demanda de plazas

Desde la playa de Gandia a pie desde el Carrer de la Ràbida.

Existe un acceso al tejado desde la parte sudoeste actualmente solo transitable para personal autorizado, habrá que estudiar el habilitar el acceso a todo aquel que quiera subir

3.3 Medio físico:

Climatología

La playa de Gandía, lugar donde se ubica el edificio EPSG, y según el atlas climático de la Comunidad Valenciana, está situada en la zona climática B, en la cual las precipitaciones anuales se sitúan entorno a los 650 l/m². La mayor parte de estas lluvias se registran en otoño, aunque también son considerables las precipitaciones que se dan durante la primavera. Existe un marcado período de sequía estival que puede tener una duración de 4 meses aproximadamente, superando esta estacionalidad en algunas ocasiones. La gran cantidad de pluviosidad que se registra en esta zona se explica por la orientación de la costa, casi perpendicular a los flujos de NE, habituales en períodos de gota fría.

En cuanto a las temperaturas, la media anual se sitúa alrededor de los 20°C, con inviernos suaves (aproximadamente 10°C de media en enero), y veranos cálidos con temperaturas medias de alrededor de 25°C.

Existe una elevada humedad relativa estival, producto de un régimen de brisas muy frecuente que suaviza las temperaturas, creando un ambiente de bochorno muy característico de la zona.

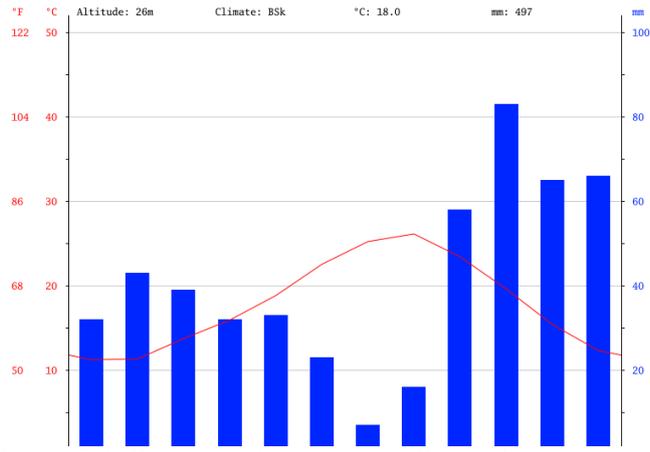


Ilustración 3: Climograma Gandia. Fuente: Climate-data.org

4 Descripción de los trabajos a desarrollar.

4.1 Condicionantes para la planificación y ejecución de la cubierta verde

4.1.1 Densidad y superficie de la vegetación

La densidad y espesor de la vegetación suponen un factor condicionante de algunas características positivas en una cubierta verde, como puede ser la limpieza del aire, la formación de rocío, o la influencia sobre el aislamiento térmico del edificio.

Cuanto más densidad y más altura tenga la vegetación más superficie de hoja tendrá la cubierta por m², en la ilustración 4 podemos ver la superficie de hoja/m² según tipos de vegetación para cubiertas o fachadas verdes.

| Superficie de hoja de diferentes formas de vegetación | |
|--|--|
| vegetación estudiada | superficie de hoja c/m² de superficie de suelo o de muro |
| césped: 3 cm de altura | 6 m ² |
| 5 cm de altura | 9 m ² |
| pradera con pastos de 60cm de largo | hasta 225 m ² |
| techo de pasto en verano | más de 100 m² |
| Sedum hasta 8 cm de altura | 1 m ² |
| Sedum muy denso hasta 10 cm de altura | 2,4 m ² |
| vid silvestre en fachada: | |
| - 10 cm de espesor | 3 m ² |
| - 20 cm de espesor | 5 m ² |
| hiedra en fachada de 25 cm de espesor | 11,8 m ² |

Ilustración 4: tipos de vegetación - densidad. Fuente: Manual techos verdes

Para aumentar el aislamiento térmico durante invierno y producir el efecto de enfriamiento en verano, se debería elegir aquella vegetación que proporcione una mayor superficie de hoja/m².

En el caso que nos atañe, debido a limitaciones estructurales y de recursos se ha optado por plantear que la cubierta este compuesta por una variedad de especies Sedum. Aun siendo menor el efecto ecológico o físico sobre el edificio, será mejor que la instalación existente.

4.1.2 Inclinación del techo

La inclinación del tejado es decisiva para la planificación de una cubierta verde. En tejados planos, suele presentarse estancamiento de agua de lluvia por lo que habrá que tener en consideración un sistema de drenaje auxiliar, por el contrario en tejados a partir de cierta inclinación ($\geq 20\%$) habrá que tener en cuenta elaborar un sistema capaz de retener el agua de lluvia al mismo tiempo que sea capaz de evitar que el sustrato acabe deslizándose.

En el caso del edificio del aulario, la superficie del tejado está planteada en origen con un sistema de drenaje para aguas pluviales que favorece la instalación de la cubierta verde. El tejado está dividido en cuadrantes con una pequeña inclinación, que conduce las aguas pluviales a un sistema de canalización que evita el estancamiento. A la hora de planificar la instalación de la cubierta se habrá de tener en cuenta las medidas de cada cuadrante y adaptar la construcción a estos.

4.1.3 Tipos de cubiertas

En el campo de estudio de los tejados verdes, normalmente se diferencia entre dos tipos: cubierta intensiva y cubierta extensiva:

Cubierta intensiva

Las cubiertas intensivas se componen de plantas de porte arbustivo y arbóreo además del herbáceo. Este modelo no es aplicable a un tejado inclinado. Es indispensable para la viabilidad de las plantas que alberga un sustrato de más de 30 cm de profundidad, el cual debe ser abastecido regularmente con agua y nutrientes para su correcto funcionamiento. El coste de mantenimiento es mucho mayor que el de los modelos extensivos y por lo general la planificación de estos debe de plantearse desde el origen de la construcción del edificio que los albergue debido a la carga estructural.

Cubierta extensiva

Las cubiertas extensivas se caracterizan por componerse de vegetación de porte herbáceo. Este tipo de vegetación puede desarrollarse en un sustrato bastante más reducido que el de una cubierta intensiva, siendo de una altura aproximada de unos 15 cm. La baja altura del sustrato y por consiguiente la baja carga estructural que supone ($<150 \text{ kg/m}^2$) facilita la instalación de este tipo de cubiertas sobre tejados que no han sido planificados para este propósito.

Los tipos de plantas destinados a estos ajardinamientos suelen ser musgos, suculentas, hierbas e incluso algunas especies arbustivas de bajo porte. Plantas capaces

de sobrevivir sin necesidad de mantenimiento y resistentes a las sequías y heladas, además de una buena capacidad de regeneración. Por estos motivos se suelen elegir para este tipo de cubiertas plantas autóctonas adaptadas a las condiciones climáticas del entorno.

4.1.4 Consideraciones estructurales

Para el cálculo de la carga de la construcción se habrá de tener en cuenta el peso total de la instalación, así como el del sustrato en estado de saturación hídrica sumado al peso de la vegetación.

4.1.5 Altura del techo y orientación

La carga del viento y la radiación solar aumenta con la altura del edificio, causas que influyen sobre todo en la evaporación. Cada cubierta tendrá unas características diferentes de altura y exposición solar, por lo que habrá que estudiarse individualmente el tipo de vegetación óptima para cada cubierta.

4.1.6 Transporte y colocación del sustrato.

Debido a las limitaciones estructurales que supone el trabajo en tejados, el proceso de transporte del sustrato u otros materiales deberá realizarse atendiendo en cada momento a unas medidas de seguridad previamente detalladas.

En el caso de tejados bajos se puede subir el material con la ayuda de una grúa de carga, en tejados más altos la tarea se vuelve más costosa habiendo de hacerse manualmente.

A la hora de depositar el material en el tejado previamente a la instalación de este, no se podrá sobrepasar la carga máxima por metro cuadrado que se haya establecido de acuerdo a las consideraciones estructurales del edificio.

En el caso del sustrato será recomendable que la mezcla de este se realice antes del transporte para evitar cargas puntuales que puedan sobrepasar la capacidad de carga del tejado.

4.1.7 Utilidad

Las cubiertas verdes extensivas no se planifican para el uso de este espacio por la gente, el pisado de estas solo se debería realizar por razones de mantenimiento u otras causas justificables. Para poder transitarse será necesaria la instalación de tarimas de madera u otros elementos que protejan la cubierta en caso de ser necesario el desplazamiento a través de estas.

En el caso del edificio del aulario, la cubierta se planifica dejando un perímetro transitable alrededor de esta, que será acondicionado para el esparcimiento de los usuarios.

4.2 Componentes de la cubierta verde (Generalidades)

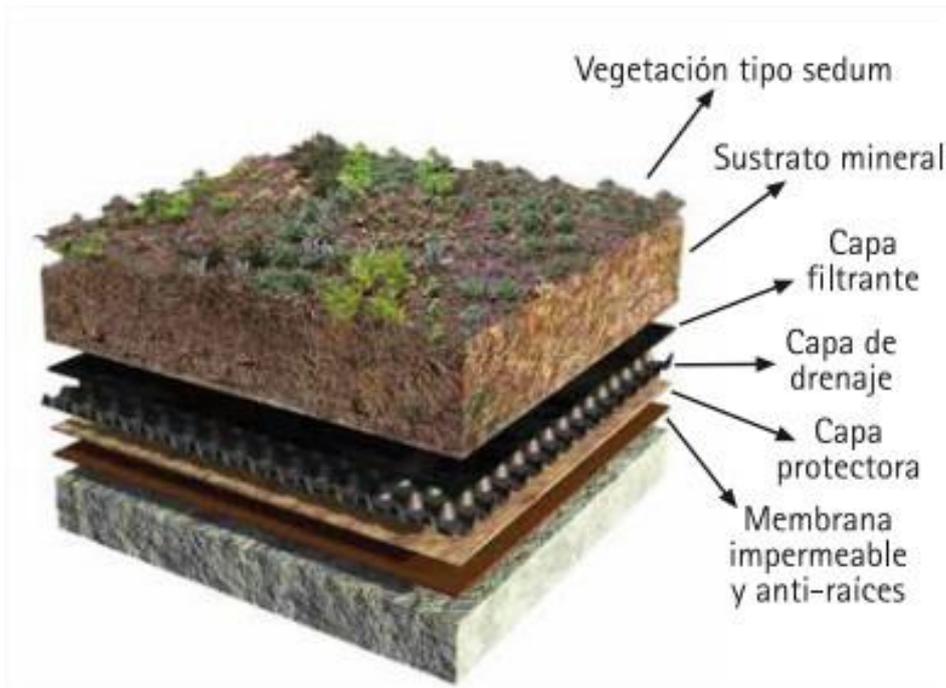


Ilustración 5: modelo Cubierta extensiva. Fuente: Projar

4.2.1 Estructura y aislamiento térmico

Como estructura de la cubierta sirve cualquier tejado capaz de soportar la carga.

En cuanto al aislamiento térmico variará conforme a las características de la instalación de la cubierta (tipos de capas, materiales, grosor, aislamiento previo), del porcentaje de la superficie del tejado que quede ajardinado, o del clima de la zona.

4.2.2 Membrana de techo y protección antiraíces.

Las superficies de los tejados ya de por sí están impermeabilizadas, se construyen para que sean capaces de conducir las aguas pluviales hacia aliviaderos evitando así el estancamiento de estas. Sin embargo, una capa de sustrato que mantenga el agua, presenta unas condiciones sobre el tejado para las cuales no ha sido diseñado, manteniendo unas condiciones de humedad más duraderas.

Para evitar el deterioro de la protección original se hace necesario incluir una capa impermeable en la instalación de la cubierta.

Otro asunto a tener en cuenta para proteger el tejado original es la hermeticidad de este contra la perforación de las raíces. No se construye la superficie de los tejados pensando en esta intrusión.

Habitualmente en la superficie de los techos existen innumerables juntas separadas en las cuales se puede almacenar agua por capilaridad. El hecho de que se almacene agua

hará que las puntas de las raíces se desarrollen en esa dirección llegando a perforar las juntas.

Existen una serie de materiales impermeables que actúan al mismo tiempo como membrana antiraíces otorgando la protección que el tejado original necesita para las condiciones a las cuales va a ser expuesto tras la instalación de una cubierta verde. Existen varios materiales con los cuales se construyen y comercializan este tipo de láminas impermeables antiraíces tales como Polietileno, Membranas Polímero-elastómero-bituminosas, tejidos de Polyester revestido con PVC, e incluso sellados fluidos con poliuretano que se colocan en estado líquido y se solidifican adaptándose de forma más exacta a la superficie.

4.2.3 Capa de drenaje

La capa de drenaje tiene como función, facilitar la conducción del agua excedente y al mismo tiempo almacenar cierta cantidad de agua que será devuelta al sustrato por evaporación.

En el punto 5.3.3. se desarrolla la capa de drenaje escogida con sus particularidades.

4.2.4 Geotextil

Es la lámina que se dispone encima de la capa drenante, con el fin de evitar que las partículas de grano pequeño del sustrato se depositen en ella llegando a colapsarla y con ello a perder la capacidad de acumular agua y facilitar el drenaje de la sobrante.

4.2.5 Sustrato

Se trata de la capa de soporte de la vegetación en la que se desarrollaran las raíces, realizando las funciones de nutriente y a la vez almacenaje de agua.

Para cubiertas extensivas de herbáceas o Sedum es recomendable que el sustrato no tenga demasiada materia orgánica. Debido a las condiciones de viento a las que está expuesta la vegetación en los tejados, propiciar el crecimiento excesivo de estas puede resultar en un problema de desecación excesiva. Se recomienda suelos poco arcillosos (no más del 20 % de arcilla y limo)

Para evitar el estancamiento de aguas pluviales, en techos planos es conveniente incorporar al sustrato una capa de drenaje para facilitar el filtrado del agua sobrante. Se compondría el sustrato de dos capas principales:

- Capa superior: Se trata de la capa de soporte de la vegetación, es el suelo donde se desarrollaran las raíces y de la cual obtendrán los nutrientes para el desarrollo de las plantas
- Capa inferior: Es la capa destinada a facilitar el drenaje. Según las necesidades o condiciones a las que este expuesta la cubierta se podrá optar por una solución más naturalizada o más artificial. La opción más “naturalizada” consta mayoritariamente de minerales porosos (Granos gruesos, arcilla expandida, pizarra o materiales reciclados de escoria y ladrillo) que ayuden a filtrar el agua excedente del sustrato, por otra parte existe la opción de que esta capa sea sustituida por un sistema de drenaje consistente en una combinación de pequeños depósitos para el almacenaje de agua y aliviaderos para la filtración del agua cuando estos depósitos se llenen por completo.

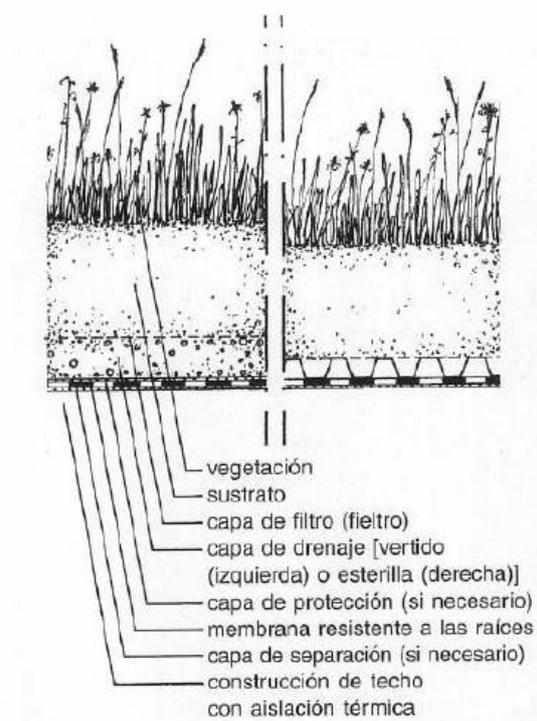


Ilustración 6: Capas del sustrato en una cubierta verde. Fuente: Manual techos verdes

Entre las dos capas se debe instalar una capa o filtro para evitar que el sustrato de la parte superior acabe colapsando el sistema de drenaje

4.2.6 Vegetación

Criterios para la elección de la vegetación

- Inclinación del tejado: Se priorizaran las plantas con gran capacidad de almacenaje de agua, tanto radicular como en las propias hojas.

- Exposición al viento: A mayor exposición se recomienda elegir plantas de bajo porte y con capacidad de retención de agua.
- Orientación: En las cubiertas sujetas a mayor exposición solar deberá predominar la vegetación de secano, sin grandes necesidades hídricas, por el contrario, en una cubierta con muchas horas de sombra se podrá escoger una vegetación característica de zonas más húmedas.
- Precipitaciones: En el caso de no disponer de un sistema de riego auxiliar, se hará necesario considerar vegetación adaptada a las condiciones de precipitación de la zona.
- Clima: Al igual que con la precipitación, la vegetación a escoger deberá ser originaria de la zona bioclimática en la cual se va a instalar la cubierta.
- Espesor del sustrato: condicionado a la capacidad de carga del tejado, la altura del sustrato determinará el tipo de vegetación.

4.3 Fase obras

Antes de la instalación

- Verificar las normativas locales sobre cubiertas verdes.
- Cumplir con los requisitos de seguridad relativos a instalación de cubiertas.
- Comprobar la disponibilidad de electricidad y agua.
- Comprobar la posición de las tuberías de desagüe.
- Asegurarse de que el peso de los materiales no supera la capacidad de carga de la estructura del edificio.
- No instalar la cubierta verde en épocas de heladas o vientos fuertes.

4.3.1 Movimiento de tierras

De la extensión total del tejado de 3200 m², 1800 están cubiertos por una capa de grava de unos 20 cm de altura. La zona a ajardinar se corresponde con la zona de grava por lo que será necesario extraer todo este material para sustituirlo por la instalación que albergara el sustrato para las plantas.

Comprobar que la membrana impermeable está en buen estado para garantizar la impermeabilidad de la cubierta.

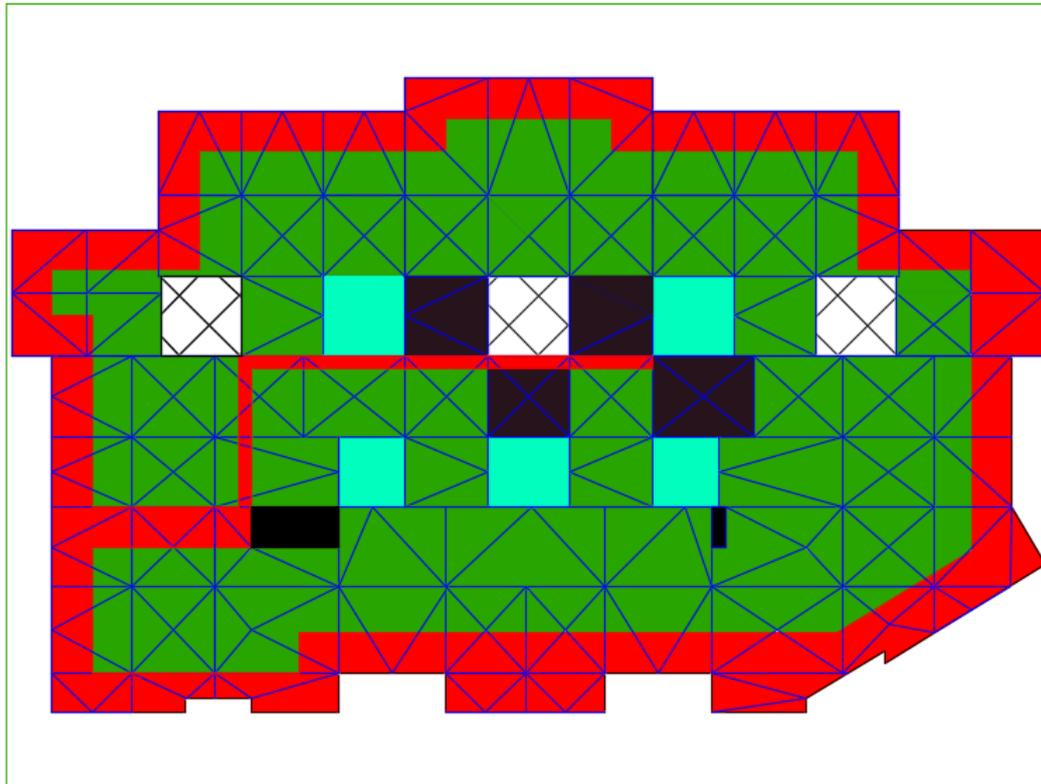


Ilustración 7: Plano tejado. Fuente: Elaboración propia

La zona verde de la ilustración previa es la que está actualmente cubierta de grava, y en ella se realizarán todos los trabajos de vaciado e instalación de la cubierta verde.

4.3.2 Impermeabilización

Instalación de la membrana impermeabilizante antirraíces:

Existen innumerables materiales que ofrecen estas características dentro y fuera del campo de las cubiertas verdes. En este caso, condicionados a las condiciones del tejado la opción escogida será una lámina artificial de polietileno de baja densidad de color negro que se usa en cubiertas verdes para evitar la penetración de las raíces y al mismo tiempo ejercer de capa de impermeabilización.

Se escogerá la lámina atendiendo a las normativas:

- Norma UNE-ISO 4591:2010 (Plásticos. Películas y hojas de plástico. Determinación del espesor medio de una muestra, el espesor medio y el rendimiento de un rollo, por medidas gravimétricas (espesor gravimétrico))
- Norma: ISO 4592:1992 (Plastics -- Film and sheeting -- Determination of length and width)

Características específicas de la capa:

- Anchura: 4 m
- Peso: 0,5 kg/m²
- Espesor de la capa: 0,5 mm

La instalación de la membrana impermeabilizante antirraíces se realizara por cuadrantes tal y como se indica en la siguiente imagen:

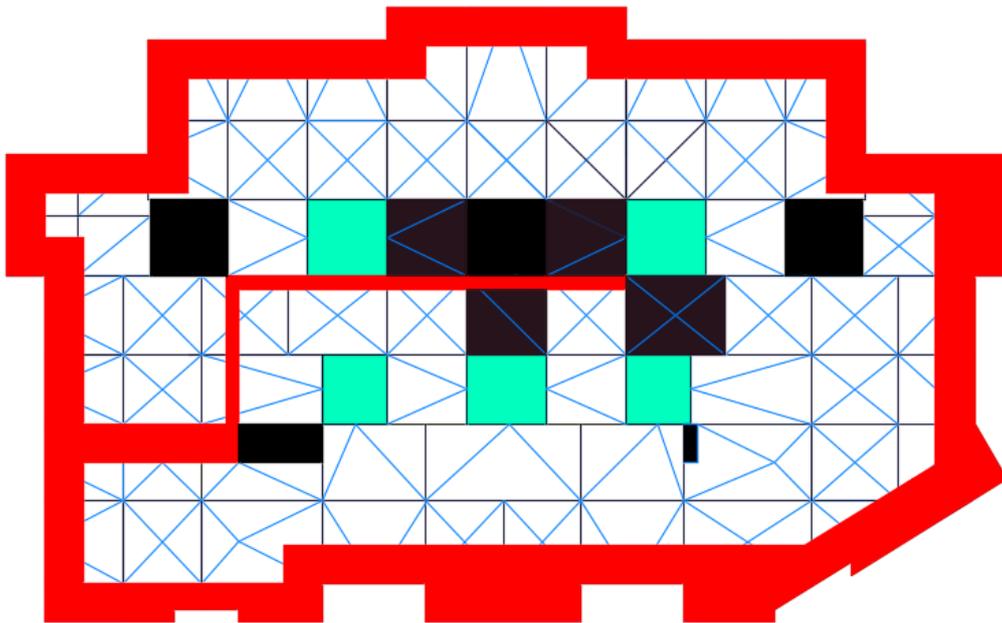


Ilustración 8: Plano tejado. Fuente: elaboración propia

Los cuadrados y rectángulos de la zona blanca interior corresponden a cada cuadrante, siendo las líneas diagonales que los cruzan las líneas de inclinación para la conducción de aguas pluviales.

En los puntos donde confluyen las líneas de inclinación de cada cuadrante se encuentra el punto de evacuación de aguas. En este punto la membrana impermeabilizante se habrá de agujerear para facilitar el funcionamiento del sistema de drenaje de aguas, siendo necesario adaptar el sistema actual a un filtrado granulométrico adaptado al grosor de la tierra que se instalará.

4.3.3 Drenajes

Se trata de un sistema capaz de retener el agua de lluvia que no dificulte el drenaje de esta. Suele ser una plancha de depósito y drenaje de poliestireno reciclado

Existen muchos sistemas patentados capaces de realizar esta función, que básicamente son una lámina rellena de pequeños depósitos capaces de retener el agua de lluvia y con puntos de drenaje más elevados para cuando el agua sobrepase la capacidad de estos (ilustración 9). Además de proporcionar aireación al sistema de raíces de las plantas.

Los sistemas laminares con pequeños depósitos están diseñados para conseguir retener el agua de lluvia, añadiendo una masa de agua al riego que complementa la que por condiciones normales se adherirá al sustrato, prolongando el acceso al agua del sistema radicular durante periodos de tiempo más largos, añadiéndose al sustrato por evaporación.

Este sistema facilita la supervivencia de las plantas en periodos de sequía, mas si la cubierta verde carece (como en este caso) de un sistema auxiliar de riego. La capacidad de carga del sustrato, sumado al volumen de retención de aguas pluviales de estos depósitos será el total de agua aportada a la vegetación plantada en la cubierta, considerando que se proyecta el jardín desde la perspectiva de la xerojardinería, haciendo más fácil la supervivencia de las plantas sin necesidad de aporte extra de agua.

Esta capa estará protegida por una lámina geotextil que impida que se filtre el sustrato superior, pudiendo colapsar estos depósitos.



Ilustración 9: Modelo conducción aguas pluviales. Fuente: Projar

La capa de depósito y drenaje se instalará sobre una superficie con cierta inclinación aparentemente despreciable, pero necesaria para facilitar el desagüe de las aguas pluviales, conduciendo las aguas hacia el punto de evacuación donde el agua que no se pueda almacenar en los depósitos de la lámina de drenaje vaya a parar al sistema de drenaje original del tejado.

Características técnicas de los modelos de lámina de depósito y drenaje:

- Altura \approx 20-30 mm
- Capacidad de retención de agua \approx 10 – 15 l/m²
- Peso \approx 1 – 1.5 kg/m²
- Fuerza de compresión \approx 400 – 500 kN/m² (EN-ISO 25619-2)
- Reacción al fuego: EN 13501-5

Puntos de evacuación de aguas pluviales:

Todos los cuadrantes a lo largo del tejado tienen cierta inclinación preparada para la conducción de aguas pluviales.

Cada cuadrante conduce el agua caída en ese espacio a un punto de evacuación. Para evitar que la grava entre por el conducto de evacuación están instalados unos filtros en la parte superior de la entrada al conducto (Ilustración 10), estos filtros se mantendrán con el cambio de tierras y se les añadirá un filtro exterior adecuado para evitar la filtración del sustrato de grano más reducido que la grava actual.

Las aguas pluviales tienen su propio sistema de recogida que las conduce hacia (en este caso) la acequia Nova. No está proyectado variar este sistema.



Ilustración 10: Filtro para evitar el paso de grava al sistema de drenaje. Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Capa geotextil

Para evitar la filtración del sustrato sobre la capa de depósitos y se favorezca la filtración del agua a las capas inferiores.

Se colocarán sobre cada cuadrante en los que se divide la cubierta. Consistiendo en una capa de polipropileno capaz de evitar el paso de los granos más pequeños del sustrato, con una abertura de un máximo de 0,1 mm y una permeabilidad al agua de 90 mm/s.

4.3.5 Soluciones escogidas para evitar el impacto visual negativo de aires acondicionados, conducciones u otros.

La existencia de instalaciones relacionadas con las conducciones de aire acondicionado, distorsionan la estética del jardín. Se propone un encubrimiento con vallado de madera con separación suficiente entre los listones, que no impidan la aireación necesaria para su normal funcionamiento.

4.3.6 Sustrato

Existen sustratos específicos para cultivar especies del genero Sedum.

En techados verdes extensivos se debe utilizar un sustrato que químicamente tenga bajo contenido de sales y un pH levemente ácido, y que físicamente se caracterice por tener buen drenaje, que pese poco y con poca materia orgánica

En la composición del sustrato es recomendable la utilización de hasta un 70% de materiales inorgánicos como piedra pómez, zeolita, vermiculita y perlita, mezclado con un 30% como máximo, de materiales orgánicos como turba o compost. Un sustrato a base de compuestos inorgánicos permitirá que la profundidad no varíe, el drenaje sea el correcto, se mantenga estable a través de los años y que mediante aportes nutricionales puntuales se consiga prolongar la vida de la cubierta vegetal manteniendo las especies originales propuestas.

El espesor de la capa de soporte de la vegetación será de 15 cm de altura. Considerando que la zona a ajardinar será de 1800 m² se necesitarán en total 270 m³ de sustrato ya mezclado.

4.3.7 Plantaciones

La elección de la vegetación queda condicionada a las características físicas del entorno como la radiación solar, las precipitaciones, la capacidad de carga de la estructura del tejado, etc.

4.3.7.1 *Cubierta de Sedum*

Considerando todos los factores a los que se puede exponer la vegetación se propone que la cubierta estará compuesta por una mezcla de especies del género *Sedum*.

Ventajas del *Sedum* para su implantación en una cubierta verde extensiva:

- Su sistema radicular: suele tener raíces muy superficiales, un requisito clave para una cubierta del tipo extensiva, considerando la poca profundidad del sustrato.
- Alta resistencia a la sequía
- Necesita relativamente pocos nutrientes y un bajo rendimiento en comparación con otros tipos de plantas
- Alta resistencia a enfermedades y plagas
- Alta valencia ecológica: es muy adaptable a diferentes entornos gracias a su capacidad para variar su sistema metabólico durante periodos de sequía.
- Gran capacidad de reproducción.

Entre las especies escogidas tenemos:

- *Sedum acre*
- *Sedum album*
- *Sedum gypsicola*

- Sedum oreganum
- Sedum reflexum-S. rapicola
- Sedum sexangulare
- Sedum spareum
- Sedum telefiam
- Sedum sediforme
- Sedum dasyphyllum

Las especies escogidas se encuentran de forma natural en hábitats característicos de la zona geográfica por lo que la adaptación a las condiciones climáticas no será un inconveniente para su desarrollo y supervivencia.

El sedum es un tipo de planta que se cultiva generalmente con trozos de retoños (partes de la planta cortadas). Enraízan fácilmente y soportan fácilmente periodos de sequía. Para el cultivo por esquejes se necesitan alrededor de 40 retoños por m² (30-50 g/m²).

Un correcto desarrollo de la cubierta vegetal de Sedum estaría alrededor de los 16 ejemplares por m².

Existen una serie de empresas que comercializan mezclas de esquejes de Sedum para su plantación.

4.3.7.2 *Enredaderas perimetrales*

Con la cubierta extensiva surge el problema de la falta de difusión, se instala sobre un espacio que solo es visible desde otros edificios de la misma universidad. Es por esto que se ha optado por darle visibilidad a la azotea instalando unos módulos encofrados con sustrato alrededor del perímetro del tejado (ilustración 11) y alrededor de las 5 estructuras de corte trapezoidal, sobre los que se plantará Hedera helix y Smilax aspera distribuidas de forma aleatoria a proporciones iguales.

Se dispondrán de la siguiente manera:

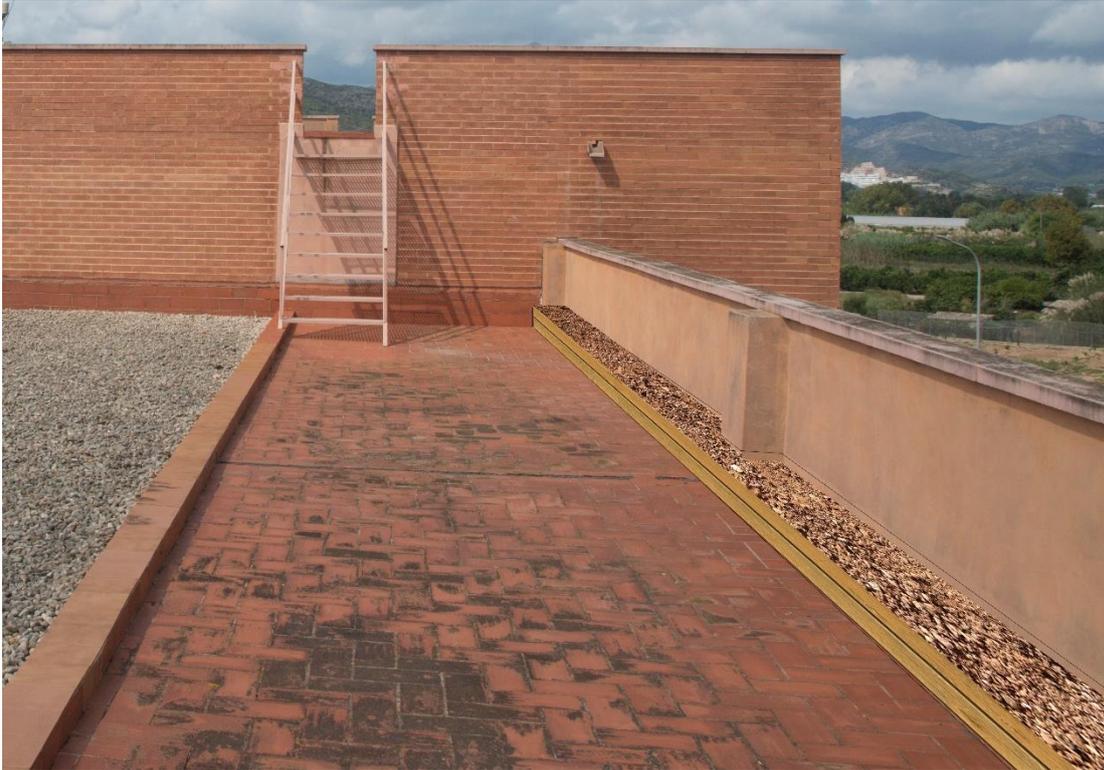


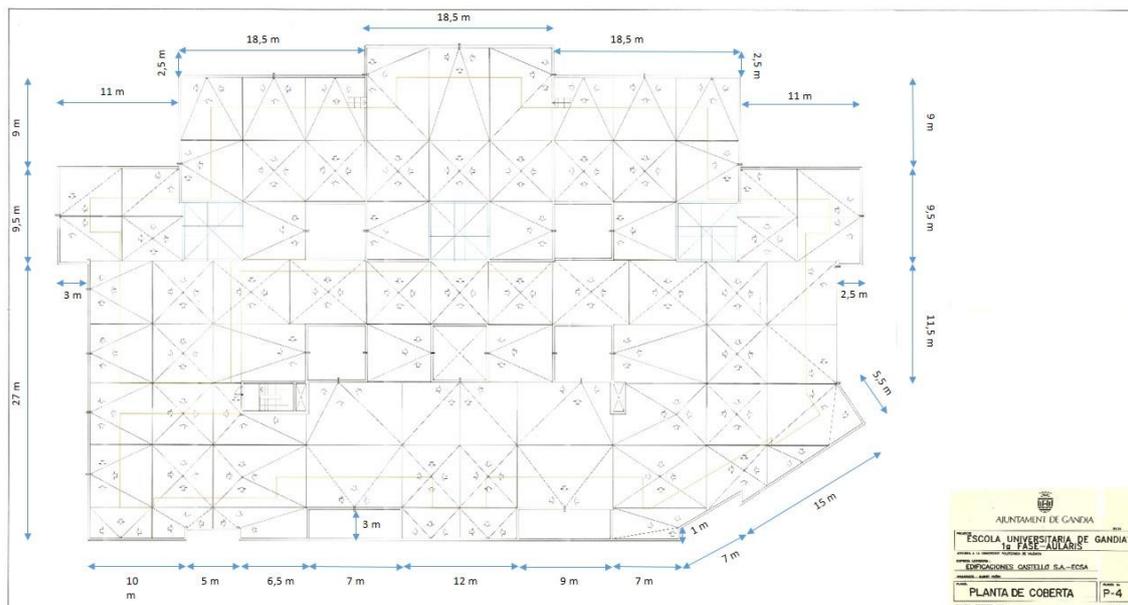
Ilustración 11: Módulo para enredaderas sobre muro perimetral. Fuente: Elaboración propia

Anchura = 20 cm.

Altura = 20 cm.

La longitud total de este módulo será de 257.5 m que corresponden a la longitud del perímetro del tejado exceptuando el acceso.

Se dividirán en tramos correspondientes con cada medida del siguiente plano:



El total de sustrato necesario para el desarrollo de las enredaderas será de $10,3\text{m}^3$

En las cinco estructuras trapezoidales de sobresalen del tejado, se utilizará la misma técnica sobre el perímetro de estas.

Los laterales de las mismas miden 6m, y son de base cuadrada. Por lo que el perímetro de cada una de ellas es de 24m. Con 1m³ de sustrato será suficiente para abastecer de nutrientes estas plantas.

Para conducir las enredaderas verticalmente se colocaran sucesivamente por los canales de sustrato cañas (Arundo donax) para facilitar el escalado de estas.



Ilustración 12: Estado actual tejado. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 13: Modelo Jardín futuro. Fuente: Elaboración propia

A diferencia de las especies del género *Sedum* propuestas para la cubierta, se hace necesario un aporte auxiliar de agua, con el fin de garantizar el correcto desarrollo de las enredaderas.

Para la plantación de estas especies se propone la creación de plántulas desde los viveros de la universidad por parte de los alumnos de ciencias ambientales, que serán reubicadas en los lugares acondicionados en la terraza.

4.3.7.3 Zona dedicada a la conservación de microreservas

La zona elevada situada al norte del tejado se plantea como un lugar destinado a la conservación de especies de flora endémicas de la zona.

Es un área aislada del resto y protegida del viento por un vallado, idónea para para la implantación de especies de tipo rupícola.

Inicialmente se destinará el espacio para albergar especies prioritarias de 3 microrreservas existentes en los términos municipales de Gandía y Xeresa: Alts de la Drova (Xeresa), Cim del Montdúver (Xeresa) y Pla dels Tramussos (Gandía). Todas ellas ubicadas en el LIC serres del Montdúver i Marxuquera, y la zona ZEPA Montdúver-Marxal de la Safor.

Se ha optado por estas especies porque son de carácter rupícola, las cuales crecen en ambientes de escasez de sustrato, condiciones idóneas considerando las características

de la cubierta que se propone (baja altura de sustrato y con alto porcentaje de materiales rocosos).

Las especies se han escogido entre las prioritarias de las tres microrreservas mencionadas anteriormente, a saber:

- Alts de la Drova (Xeresa): *Arenaria aggregata* subsp. *pseudoarmeriastrum*, *Anthyllis onobrychioides*.
- Cim del Montdúver (xeresa): *Arenaria aggregata* subsp. *pseudoarmeriastrum*, *Scabiosa saxatilis* subsp. *saxatilis*, *Armeria alliacea* subsp. *alliacea*, *Potentilla caulescens*, *Centaurea spachii*.
- Pla del tramussos (Gandia) *Lupinus mariae-josephae*, *Phlomis purpurea*, *Teucrium ronnigeri*, *Erucastrum virgatum* subsp. *brachycarpum*, *Centaurea spachii*, *Biscutella stenophylla* subsp. *stenophylla*, *Phlomis crinita*, *Satureja obovata* subsp. *valentina*, *Thymus vulgaris* subsp. *Aestivus*.

La zona escogida es un cuadrado de 18,5 m de lado, con una superficie de 342m² a la cual hay que restar la zona de tránsito, lo que supone un área de 193,75 m² destinados a la plantación de estas especies. Se habilitaran tres pasarelas de madera sobre la zona dedicada a la plantación.

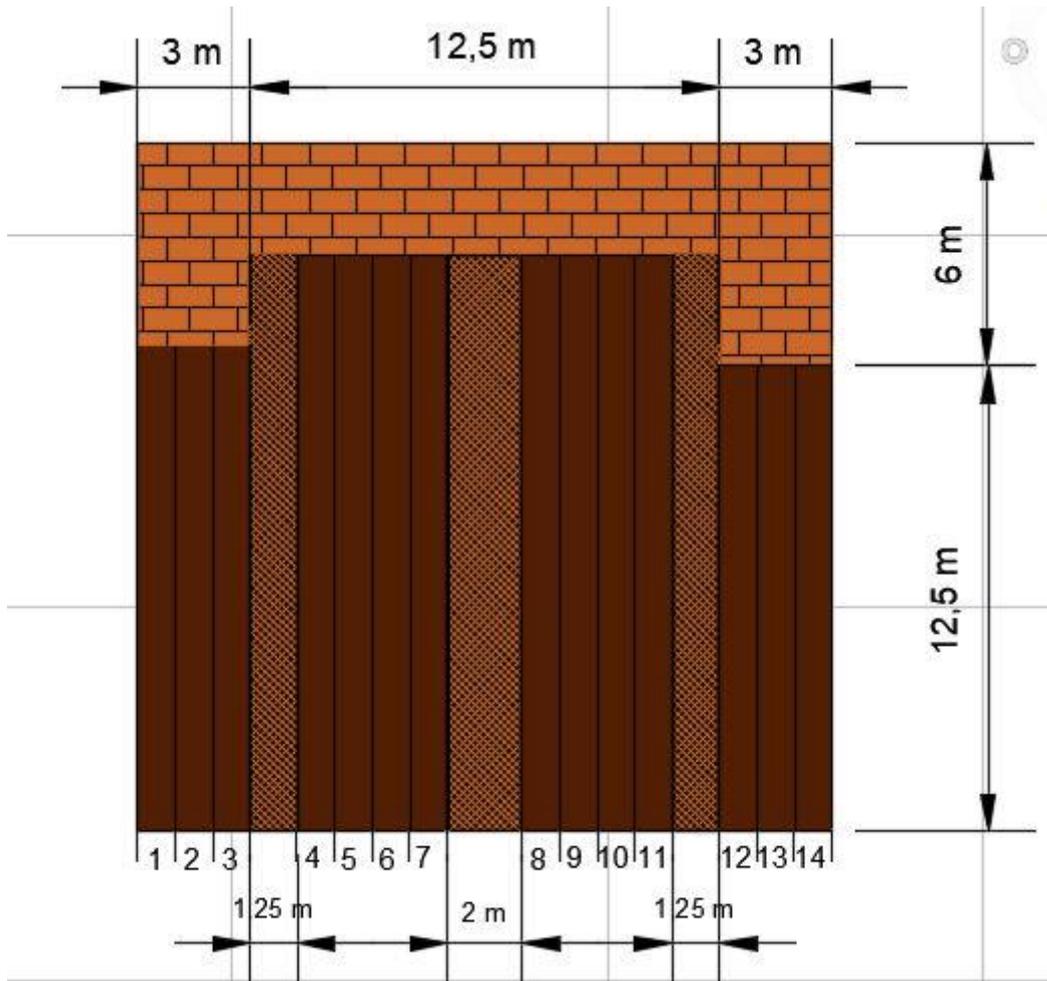


Ilustración 14: Plano zona Rupícolas. Fuente: elaboración propia

Los espacios coloreados en marrón oscuro serán destinados a las plantas, las líneas verticales coloreadas con diagonales marrón claro son pasarelas y la zona naranja será el área de tránsito.

Cada una de las franjas numeradas será destinada a albergar una de las especies del listado anterior. Facilitando de esta forma el trabajo individualizado para cada una de ellas, atendiendo a las necesidades específicas de las mismas

Al ser un área con características diferenciadas del resto de la cubierta, se habilitan pasarelas para un mejor acceso al cuidado y mantenimiento de las plantas.

Nota: En el anexo 2 se encuentran las fichas detalladas de las especies escogidas para este propósito

4.3.8 Sistema de riego por goteo

Se instalará un sistema de riego por goteo que dará abasto a las necesidades planteadas. La goma de polietileno con goteros, estará dividida en cuatro sectores a partir de la boca de suministro del agua.

1° sector: Parte derecha desde el punto de suministro de agua

- Línea continua de 130 metros que abastecerá la mitad derecha de la zona perimetral del tejado .l

2° sector: Parte izquierda desde el punto de suministro de agua

- Línea continua de 130 metros que abastecerá la mitad izquierda de la zona perimetral del tejado.

3° sector: Parte central sector trapezoides ($24 \times 5 + 10 = 130\text{m}$)

- Goma principal que llegue a un punto central entre las estructuras trapezoidales y que se divida en 5 sectores correspondientes a cada una de ellas

4° sector: Parte destinada a plantas rupícolas

- Para el riego del 4° sector, con una elevación sobre el resto del tejado de tres metros, se instalará una bomba de agua alimentada por un panel solar, con potencia suficiente para elevar el agua hasta este espacio. Cada una de las franjas destinadas a las diferentes especies dispondrá de una línea de goteo.

Esto facilitará en caso de no disponer de suficiente presión para abastecer todo el perímetro con un solo trazado, la posibilidad de alternar el riego en ambos sectores.

En el caso de no contar con la presión suficiente para alcanzar todos los puntos de riego se estudiara la instalación de una bomba de riego que facilite la llegada del agua a todos los sectores.

El riego se hará de forma manual atendiendo a las necesidades hídricas de la vegetación, se analizara visualmente el estado de las plantas. Con este método optimizaremos la utilización de agua puesto que en periodos de lluvias será innecesario el aporte extra.

4.3.9 Estudio de iluminación

Descripción de la instalación

Se dispone de una terraza a las que se debe dar servicio eléctrico para alumbrado cuyas dimensiones son las siguientes:

- Área de la parcela = 3200 m^2

Con respecto a los paneles solares estarán montados sobre estructura de aluminio a nivel del suelo.

La potencia instalada total del campo de paneles fotovoltaico es de 1,2kW, basándonos en que la instalación será 100% tecnología LED de calidad >0.9. (Factor de potencia)

Módulos fotovoltaicos

Aspectos generales

Para cubrir la demanda energética se necesitarán 4 paneles fotovoltaicos.

Los 4 módulos, se recomienda que sean paneles de silicio monocristalino y con una potencia pico de 300W.

Conexión entre los módulos

La conexión entre cada uno de los módulos se realizará mediante unas cajas de registro situadas en la parte posterior de los paneles. En estas cajas de registro se encuentran los bornes de conexión mediante los cuales se realizan las conexiones serie o paralelo de los módulos.

La distribución de estos se realizará formando un agrupamiento serie paralelo, constituido por 2 ramas en paralelo formadas por 4 paneles conectados en serie.

Un punto importante para tener en cuenta es el agrupamiento de los módulos, cada rama debe tener el mismo número de módulos, es decir, estas deben ser simétricas para evitar posibles desequilibrios en el conjunto.

Descripción técnica de la instalación solar fotovoltaica

Relación de componentes de la instalación fotovoltaica

El solar tendrá su instalación fotovoltaica con el fin de no dejar sin servicio si no se cumplen las condiciones de utilización.

El campo fotovoltaico estará compuesto por 4 módulos.

La potencia total instalada es de 1,2kW.

De acuerdo con la estimación de la demanda efectuada para la demanda de la terraza, será suficiente un inversor de 2kW para transformar la corriente continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos en corriente alterna necesaria para cubrir estas necesidades.

Gracias al inversor que describiremos a continuación, evitamos la instalación de baterías, reduciendo mucho el impacto medio ambiental.

Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor

Para hacer un correcto diseño de la instalación, se debe buscar el punto de funcionamiento óptimo de dicha instalación. En caso de no alcanzar el punto óptimo

de funcionamiento, el rendimiento será bastante menor y por tanto la producción se verá reducida.

En el proceso de producción de energía se debe buscar siempre que sea posible el punto de máxima potencia, que es el punto de funcionamiento de máximo rendimiento teniendo en cuenta las características de los módulos fotovoltaicos y el inversor. Por tanto, a la hora de elegir inversor debemos tener en cuenta que mantenga el proceso de iluminación correcto para no restarle vida a la tecnología LED.

Se recomienda añadir a la salida del inversor dos reguladores de potencia para un control óptimo de la carga, que cuenta con unos elementos internos que protegen los componentes de la instalación.

Cableado.

El cableado usado será el indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja de Tensión 842/2002, para una parcela con electrificación básica, según la ITC 25.

Canalizaciones o tubos de protección

Las canalizaciones para la parte exterior, correspondiente al campo fotovoltaico, se realizará mediante una canalización de tubo enterrado, flexible.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita una fácil instalación y extracción de los cables o conductores.

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán las siguientes:

- La instalación de los tubos se hará de acuerdo al reglamento electrotécnico de baja tensión según la ITC-21.

Zanjas y protección

En la instalación, debemos de disponer de una zanja. Dicha zanja alojara los tubos, que sirven de protección mecánica a los conductores y líneas de tierra, necesarios para el funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

La cinta de señalización estará fabricada en polietileno de color amarillo, siendo de 15cm de ancho y llevará una leyenda impresa que ponga “¡ATENCIÓN DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS!” y la señal de riesgo eléctrico.

Protecciones

Las protecciones eléctricas del interior de la caseta donde se situará el cuadro eléctrico son las que se contemplan en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-25, para un grado de electrificación básica.

Tabla 2.5

| Nombre del circuito | Nomenclatura | Interruptor automático (A) |
|---------------------|--------------|----------------------------|
| Iluminación | C1 | 10 |

Las protecciones enumeradas en la tabla anterior se colocarán en el interior de un cuadro de mando y protección. La única salvedad que cabe destacar es que, el circuito de alumbrado se alimenta con corriente continua proveniente del regulador de carga, por lo que se instalará un interruptor automático adaptado a las condiciones de tensión y corriente correspondiente al circuito de continua.

Estructura soporte

Aspectos generales

La estructura soporte de las placas solares deberá de resistir los esfuerzos a los que se ven sometidos debido a la acción de viento, cumpliendo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

El diseño se deberá de hacer acorde con la EA-95.

Los 4 paneles fotovoltaicos se colocarán en 4 estructuras metálicas, de acero inoxidable y aluminio, alojando en cada una de estas estructuras 1 módulo fotovoltaico.

Se propone que los elementos para la construcción de dicha estructura sean suministrados por la marca HILTI por sus prestaciones para prevenir el deterioro causado por el salitre.

Situación de las estructuras soporte

Los módulos se colocarán sobre las estructuras de aluminio distribuidos conforme a la siguiente imagen:



Ilustración 15: Ubicación de los paneles fotovoltaicos. Fuente: elaboración propia

La orientación será hacia el sureste y con una inclinación de 34° para cumplir con el ángulo óptimo de radiación.

La situación de las estructuras es la indicada en el siguiente plano:

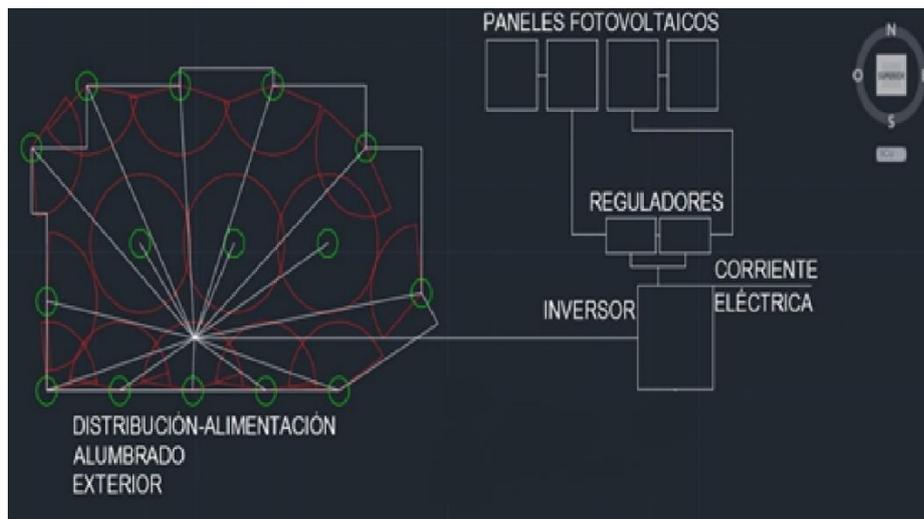


Ilustración 16. Esquema instalación eléctrica. Fuente: elaboración propia

Balance energético

Estimación de las necesidades. Demanda de energía

Se ha estimado que la zona será alumbrada por un máximo de 4/5 horas diarias.

Se dispondrá de un calendario digital, instalado previamente en el cuadro de luces, que controlará la iluminación personalizando el horario mes a mes.

5 Mantenimiento

El mantenimiento de la cubierta, será abastecido por los alumnos de ciencias ambientales, no solamente para garantizar su supervivencia, sino además de servir como espacio de estudio e incorporación de nuevas ideas, que amplíen el concepto de tejado verde adaptado a las circunstancias futuras.

Los trabajos principales consistirán en:

- Supervisión del estado de la vegetación, referido al porcentaje de la superficie que ocupan las plantas, revisión y recogida de especies espontáneas no contempladas en el proyecto, y el control y prevención de plagas, al menos una vez en cada estación del año.
- Supervisión periódica de las plantas con el fin de garantizar el suministro de agua, especialmente en períodos de sequía.
- Suministro de nutrientes necesarios al sustrato: Tarea que puede servir de estudio para el departamento encargado de la edafología.

6 Mobiliario

Se colocaran bancos en algunas zonas del tejado, ya que uno de los usos del mismo es de esparcimiento para los alumnos, pudiendo utilizarlo como una zona tranquila de relajación o estudio, así como papeleras.



Ilustración 17: Distribución mobiliario. Fuente: elaboración propia

Los rectángulos amarillos corresponden a los bancos y los círculos azules a las papeleras.

7 Bibliografía

Ampim, Peter & Sloan, J & Cabrera, Raul & Harp, Derald & Jaber, Fouad. (2010). "Green roof growing media: Types, ingredients, composition and properties". *Journal of Environmental Horticulture*. Vol. 28 p. 244-252.

ANSI (2007), *External Fire Design Standard for Vegetative Roofs*, ANSI/SPRI VF-1, Waltham: ANSI

Azkorra Z., Pérez G., Coma J., Cabeza L.F., Bures S., Álvaro J.E., Erkoreka A., Urrestarazu M., (2005) "Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings" *Applied Acoustics*, Vol. 89, Pages 46-56, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333> [Consulta: 10 de Octubre 2017]

Bass B, Baskaran B. (2003) "Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas". *National Research Council Canada*, <http://www.roofmeadow.com/wp-content/uploads/Evaluating_Rooftop_and_Verticle_Gardens.pdf> [Consulta: 15 de Septiembre 2017]

Berndtsson J. C. (2009) "Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review" *Ecological Engineering* <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857410000029> [Consulta: 18 de Septiembre 2017]

Brenneisen S. 2006. Space for urban wildlife: Designing green roofs as habitats in Switzerland. *Urban Habitats* Vol. 4 p. 27–36. www.urbanhabitats.org/v04n01/index.html [Consulta: 4 de Octubre 2017]

Carter T. Keeler A. (2007) "Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated roof systems" *Journal of Environmental Management* Vol. 87, Issue 3, p. 350-363

Coffman RR, Davis G. (2005) "Insect and avian fauna presence on the Ford assembly plant ecoroof." Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show (4–6 de Mayo 2005, Washington, DC).

Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. *Banco de datos de biodiversidad de la Comunidad Valenciana*. <http://bdb.cma.gva.es/web/acciones.aspx?url=http://bdb.cma.gva.es/arborm.htm&logo=http://bdb.cma.gva.es/bdb.jpg&an=http://bdb.cma.gva.es/bdb2.jpg&gana=UA-16710898-11/> [Consulta: 2 de Diciembre de 2017]

Dadvand, P. et al (2017) "Lifelong Residential Exposure to Green Space and Attention: A Population-based Prospective Study" *Environmental Health Perspective*. <<https://ehp.niehs.nih.gov/EHP694/#tab2>> [Consulta: 15 de Septiembre 2017]

Dalmau Rovira F., Delgado Artes R. (2016) *Projectes d'enginyeria ambiental, forestal i del medi natural*. Valencia: Universitat Politècnica de valència.

Deutscher Dachgärtner Verband e.V. <http://www.dachgaertnerverband.de> [Consulta: 14 de Noviembre de 2017]

Gedge D, Kadas G. 2004. Bugs, bees, and spiders: Green roof design for rare invertebrates. Paper presented at the Second Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show; 2–4 June 2004, Portland, Oregon.

Getter K. L. Rowe, D.B. Robertson, G. P. Cregg, B.M. Andresen J.A. (2009) "Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs" *environmental science & technology* / vol.43

Green Roofs for Healthy Cities. *Greenroofs*. <https://greenroofs.org/> [Consulta: 15 de Noviembre de 2017]

Knauf insulation. *Sistema cubierta verde urbanscape*. <https://www.knaufinsulation.es/aplicaciones/cubierta-verde-urbanscape> [Consulta: 15 de Noviembre de 2017]

Li W.C., Yeung K.K.A., "A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective" *International Journal of Sustainable Built Environment*, Vol. 3, Issue 1, p. 127-134, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609014000211> [Consulta: 11 de Octubre 2017]

Minke G. (2004). *Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo: Editorial Fin de siglo.

Oberndorfer, E. J. Lundholm, B. Bass, R.R. Coffman, H. Doshi, N. Dunnett, S. Gaffin, M. Köhler, K. K. Y. Liu, & B. Rowe. (2007) "Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services" *BioScience* vol. 57 p. 823–833. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1641/B571005> [Consulta: 15 de Septiembre 2017]

Peck, S. W. and C. Callaghan (1999). *Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada*.

Pérez Cueva, A. J. (1994), *Atlas climático de la Comunidad Valenciana: (1961-1990)*. Valencia: Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio

Projar. *Catalogos Projar*. <https://www.projar.es/descargar-catalogos-projar/> [Consulta: 2 de Diciembre de 2017]

Rezaei, F., Jarrett, A. R., Berghage, R. D., & Beattie, D. J. (2005). "Evapotranspiration rates from extensive green roof plant species". In *2005 ASAE Annual Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers

Sailor D.J. (2008) "A green roof model for building energy simulation programs" *Energy and Buildings* Vol. 40, Issue 8, p. 1466-1478

Sempergreen. *Cubiertas vegetales Sempergreen*. <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/cubiertas-vegetales> [Consulta: 27 de Noviembre de 2017]

SOCYR. *Servicios orientados construcción y rehabilitación*. <https://www.socyr.com/> [Consulta: 15 de Noviembre de 2017]

Takakura, T. Kitade, S & Goto, E. (2000). "Cooling effect of greenery cover over a building". *Energy and Buildings* <

https://www.researchgate.net/publication/245196715_Cooling_effect_of_greenery_cover_over_a_building [Consulta: 3 de Octubre 2017]

Universidad Politécnica de Madrid. *Cubiertas vegetales: refrigeración natural para los edificios*.
http://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=innovacion/articulo.jsp&id_articulo=305&id_tipo_articulo=2 [Consulta: 20 de Noviembre de 2017]

Universitat de les Illes Balears. *Herbari virtual del Mediterrani occidental*.
<http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html> [Consulta: 2 de Diciembre de 2017]