

edificar

REVISTA DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION

AÑO XXV
ABRIL 2023
URUGUAY

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

NÚMERO

85

Materiales y Tecnologías

CONSTRUYENDO CONFIANZA



ANÁLISIS DE COSTOS DE OBRA

MODELO UNO DE VIVIENDA

LISTAS DE PRECIOS

SALARIOS ACTUALIZADOS

SEPARATA MADERA

www.edificar.net

ENTRE LOSA Y LOSA
TODO LO QUE NECESITÁS
ESTÁ EN MC3



- SISTEMA DE FACHADAS AQUAPANEL
- MATERIALES Y ASESORAMIENTO PARA OBRA SECA
- MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS PARA EL INSTALADOR

DIRECTOR:

Mario Bellón
mbellon@edificar.net

REDACTOR RESPONSABLE:

Mario Bellón
Luis P. Ponce 1443 bis
Cel.: 094 616 697

DEPARTAMENTO DE COSTOS

costos@edificar.net

MAQUETA Y ARMADO:

D+B Comunicación
Ponce 1443 bis
dmasbcomunicacion@gmail.com

ASISTENCIA EDITORIAL:

Bach. María Clara Sala Méndez

FOTOGRAFÍA:

Archivo

COLUMNISTA INVITADO:

Stefaniuk, Damián
Hajduczek, Marcin
Pedro Rafael DeLaPeña-Benítez
Alfonso García Santos
Marta CastelloteArmero
Eva Jiménez Relinque

La opinión de los columnistas no representa necesariamente la de la publicación, siendo responsabilidad del firmante los conceptos vertidos.

NO se autoriza la reproducción total o parcial del "Análisis de Costos de Obra" sin consentimiento por escrito.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos mencionando la fuente.

Los contenidos de la primera parte de la Revista y la Separata Madera se distribuyen GRATIS a través de la web.

El Análisis de Costos de Obra se comercializa por Mercado Pago

NÚMERO

85

Materiales y Tecnologías

*

SUMARIO

2

EDITORIAL

Nuevas dinámicas en la construcción

Mario Bellón

4

ARQUITECTURA

Poyecto Urbano Avanzado

Taller Martín Fernández - Fadu - Udelar

5

ARQUITECTURA

Chiquillada 365

Michel Costa_Estefany Gonzalez_Valentina Hernández-

10

ARQUITECTURA

Ciudad del Conocimiento

Paula Martínez_Diego Tardeo

14

ARQUITECTURA

Juan Lacaze: Deporte y Cultura

Luis Jiménez_Evelyn Quinteros_Laura Velázquez

18

ARQUITECTURA

Juan Lacaze revitalizado

Sasha Gordienko_Micaela Laguarda

24

TEMA CENTRAL

Cementación de CO 2 en CSH: un paso hacia la neutralidad de carbono concreta.

Stefaniuk, Damián; Hajduczek, Marcin

30

TEMA CENTRAL

La nanotecnología en la arquitectura: el grafeno

Pedro Rafael DeLaPeña-Benítez, Alfonso García Santos, Marta CastelloteArmero y Eva Jiménez Relinque

40

PRODUCTOS

KNAUF ECOMIN Orbit Micro

Sistemas de Cielorrasos

41

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Cubiertas en Steel Framing

46

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Gráficos de detalles,
cubiertas en Steel Framing

69

EMPRESAS

SikaTop®-107 Seal UY y
SikaTop® Seal-107 Flex®

71

COSTOS

ANÁLISIS DE COSTOS DE OBRA

Actualizado al 31 de marzo de 2023

81

LISTA DE PRECIOS

PRECIO DE MATERIALES

Actualizado al 31 de marzo de 2023

87

MODELO UNO

MODELO UNO "EDIFICAR"

Precio de m2 de construcción
con aplicación de Análisis de Costos

91

SALARIOS

LAUDO VIGENTE

Desde el 1º de Abril de 2022

Nuevas dinámicas en la construcción

Mario Bellón
Director
mbellon@edificar.net

Este año decidimos tomar como temas los relativos a los nuevos materiales y tecnologías. Y quizá nuevo no sea lo más indicado sino más bien temas que tienen que ver con los usos de esos materiales y tecnologías y de los avances que de ello se vienen obteniendo en las investigaciones.

La industria de la construcción está entrando, a un ritmo cada más dinámico, en la lógica que ya tienen otras industrias que es la integración tecnológica con un desarrollo a nivel masivo en cuanto a su implementación en obra.

Parece casi impensable hoy día no considerar la gran cantidad de productos que se están integrando al mercado y cuya integración debe ser analizada por los profesionales que están definiendo los proyectos de arquitectura.

Se hace cada día más importante disponer de información de calidad, tanto de las características de estos nuevos productos, o nuevos usos, así como de los detalles técnicos que hacen a una buena aplicación asegurando los niveles de calidad en las construcciones.

El mercado y los consumidores están cada vez más cercanos, motivados por los sistemas de comunicación disponibles, y eso de alguna manera presiona sobre los profesionales que deben ofrecer esas alternativas a los clientes.

Como nunca antes se hace necesario ordenar la información y profundizar en la divulgación técnica, que permita conocer los pasos a seguir en el proceso productivo de incorporación de nuevos subsistemas a los tradicionales en una industria cada vez más cambiante.

La arquitectura y el diseño en las tardes de Sarandí

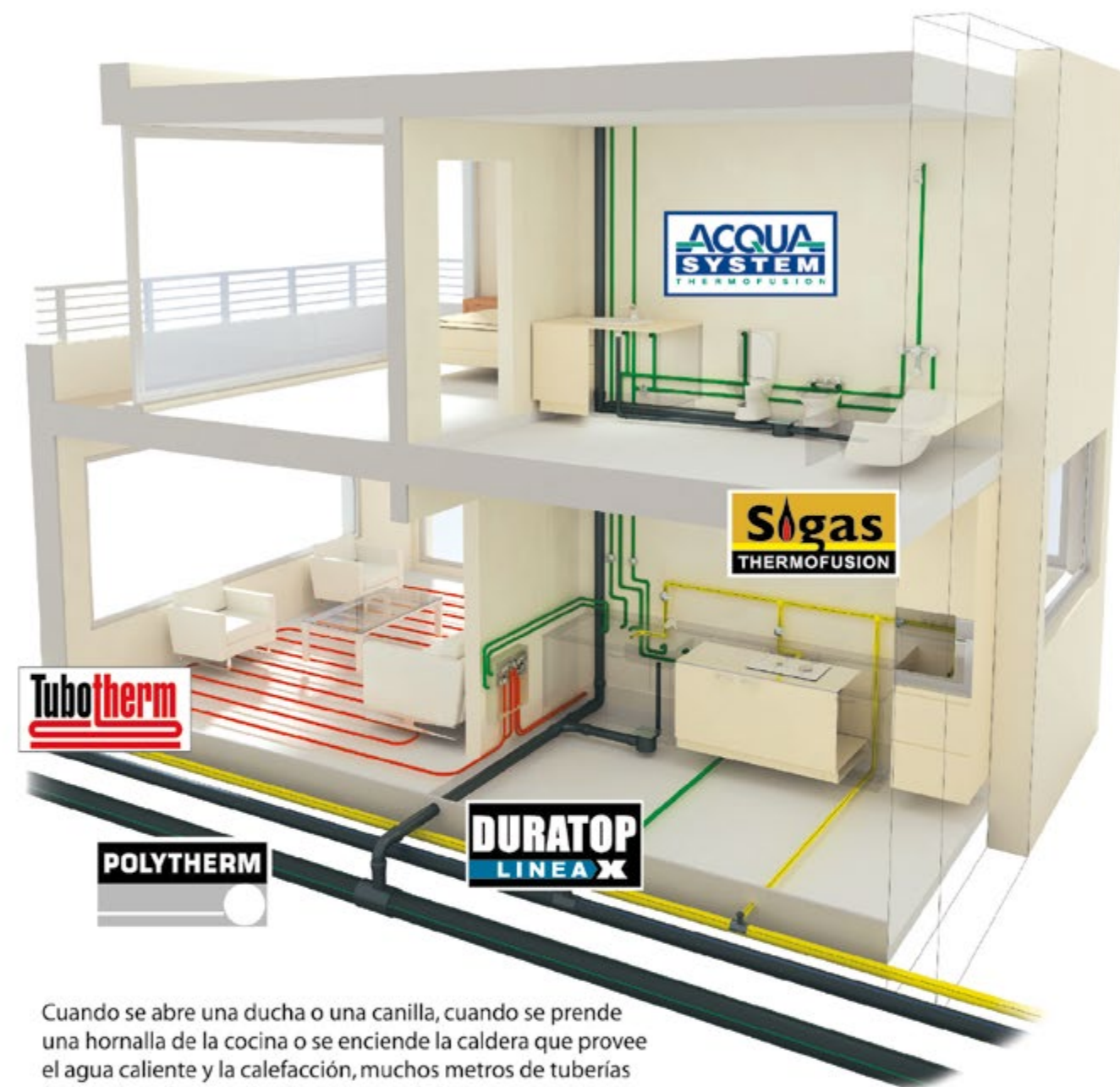
Analizamos la convivencia de la humanidad con el diseño y la arquitectura.

Un espacio plural de opinión, información y debate para escuchar, pensar y compartir sobre temas que nos convocan e influyen como ciudadanos.

LA COLUMNA
ARQUITECTURA - DISEÑO
RADIO SARANDÍ

JUEVES 15.30
VIVA LA TARDE
SARANDÍ 690

Diseño del Confort.



Cuando se abre una ducha o una canilla, cuando se prende una hornalla de la cocina o se enciende la caldera que provee el agua caliente y la calefacción, muchos metros de tuberías llevan el confort a todos los rincones de la casa.

Para asegurar ese confort, el Grupo DEMA produce todos los sistemas de conducción de fluidos necesarios, con tecnología de máxima confiabilidad, que se disfruta todos los días.

Un proveedor único. Una calidad superior. Una garantía plena.



Agua, Gas, Desagües y Calefacción, con el máximo respaldo.



Anilco S.A. Gral. Urquiza 2575 - Montevideo - Uruguay
Te: 2481- 0530 / 2480 - 8215 / 2487-7830 • anilco@anilco.com.uy

Descargue las librerías BIM para proyectos de instalaciones de agua, gas, desagües y calefacción con Acqua System, Sigas, Duratop y Tubotherm en www.grupodema.com.ar

PROYECTO URBANO AVANZADO

Taller Martín Fernández

Alcance del curso

Como curso vinculado a la ciudad y el territorio nos planteamos abordar las transformaciones urbano-territoriales sustentándonos en el paradigma de la complejidad, con una visión sistémica y holística, en relaciones de información no lineales sino en red. Los conceptos de territorio/territorialidad nos llevan a la incorporación de la dimensión temporal en el proceso de construcción y transformación y en la comprensión de los espacios de encuentro entre lo global y lo local.

JUAN LACAZE/ El ámbito territorial

Trabajamos al Oeste del territorio nacional, sobre el estuario donde se localiza Juan Lacaze, que hoy aborda diversos desafíos en un entorno de fragilidad ambiental y vulnerabilidad social.

Con enfoque en la planificación adaptativa, indagamos en sus orígenes y procesos buscando una propuesta amplia, rica y completa donde se integre la matriz económica y productiva con el derecho a la ciudad y el acceso a servicios básicos, y de calidad.

Nos propusimos una aproximación en varias escalas, profundizando en la integración de las dimensiones físico-espaciales, ambientales, sociales y económico-productivas en la búsqueda de un proyecto territorial que reconozca la diversidad de Juan Lacaze y su entorno y explore diferentes modos de habitar en esta zona de nuestra costa Oeste.

La propuesta académica inicial se enriqueció en el diálogo con autoridades, técnicos y habitantes locales en la identificación de oportunidades y fortalezas. Los trabajos desarrollados en el curso son el resultado de este diálogo.

Una exploración didáctica

Las didácticas propuestas fueron elaboradas en conjunto entre los equipos docentes de PUA_Taller Martín Fernández y del Centro de Integración Digital.

Los procedimientos específicos de la disciplina urbanística y la aplicación de herramientas y técnicas informáticas como herramientas para comprender sistemas y procesos permitieron una primera experiencia en Proyecto Urbano Avanzado.

Ambos equipos docentes pensamos que hay que seguir profundizando este camino.

Docentes:

Taller Martín Fernández: Mercedes Medina, Sebastián Germil, Natalie Sobot
Centro de Integración Digital: Fernando García Amén, Luis Flores, Juan Pablo Portillo.

Estudiantes:

Michel Costa, Estefany González, Sasha Gordienko, Valentina Hernández, Luis Jiménez, Micaela Laguarda, Paula Martínez, Evelyn Quinteros, Diego Tardeo, Laura Velázquez.

CHIQUELLADA 365

Michel Costa_Estefany Gonzalez_Valentina Hernández

En este proyecto exponemos los puntos claves del análisis que van desde el origen de la tierra sabalera, su actual relación respecto a las localidades cercanas y la dualidad este-oeste en la costa del territorio uruguayo. Llamado Chiqueellada en honor al reconocido artista José Carbajal 'El Sabalero' apodado así debido a

la enorme influencia de la pesca del sábalo en su ciudad natal. Chiqueellada tiene toda la intención de devolverle el brillo que supo tener Juan Lacaze manteniendo la esencia de la localidad, convirtiendo las zonas más vulnerables y generando espacios de encuentros accesibles. Mediante una serie de pro-

gramas e intervenciones se plantean actividades los 365 días del año en varias zonas aledañas. Tejiendo espacios, interconectando caminos, rompiendo fronteras y saltando prototipos es que se interviene inclusivamente, imaginando y generando experiencias amenas.



JUEVES 15.30
VIVA LA TARDE
SARANDI 690

Arquitectura y Diseño
en las tardes de Sarandí







SISTEMA PANELIZADO MONTFRÍO

TU CASA EN PANELES

Un sistema constructivo revolucionario basado en el montaje de paneles EPS autoportantes de pared y cubierta, que destaca por su rapidez de montaje, capacidad aislante y autoportancia.



f /montfrio

ig /montfrio_ltda

yt /montfrio

MontFrio
Construyendo el mañana

Barros Arana 5431
2513 0371
www.montfrio.com.uy

Ciudad de conocimiento

Paula Martínez_Diego Tardeo

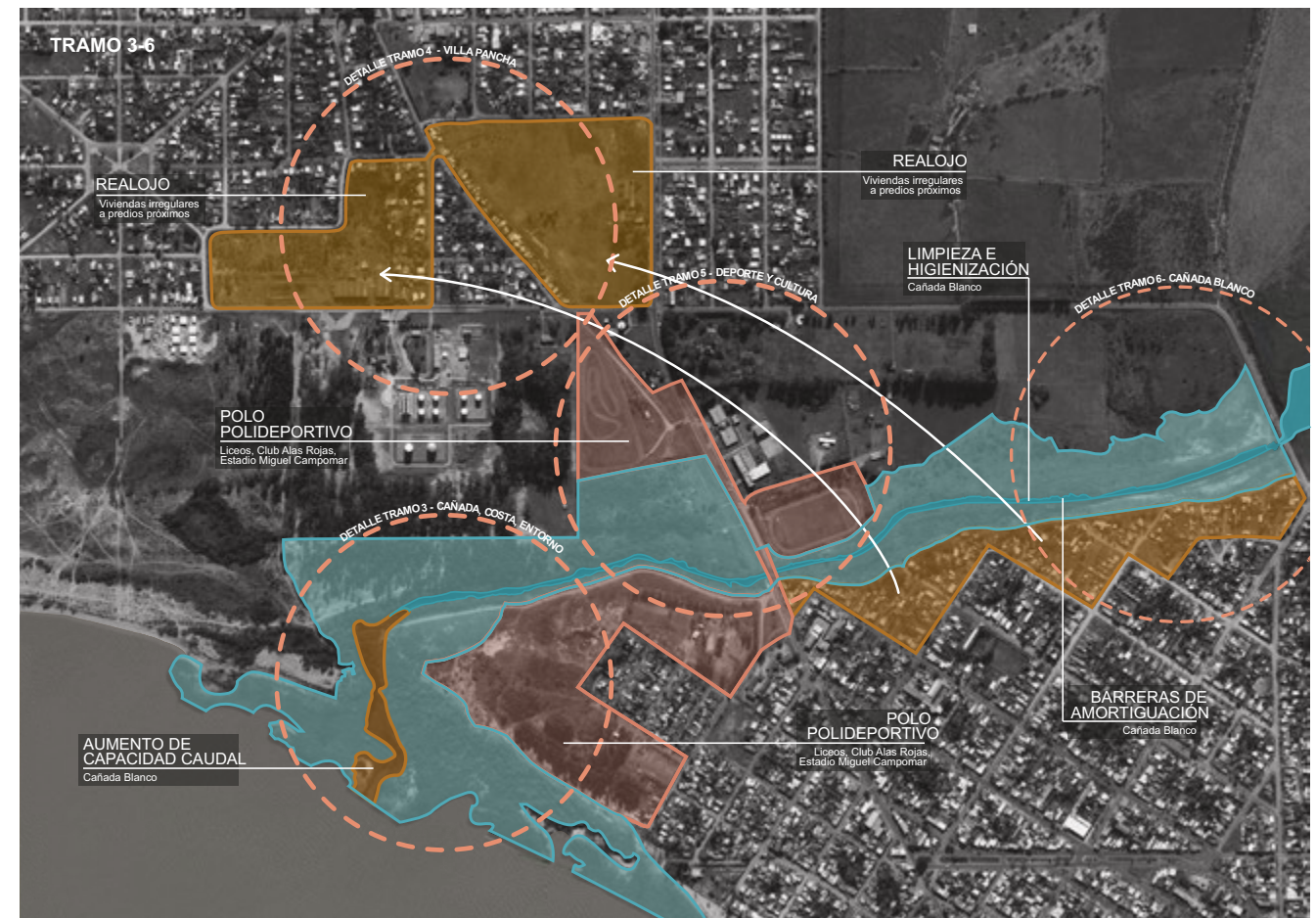
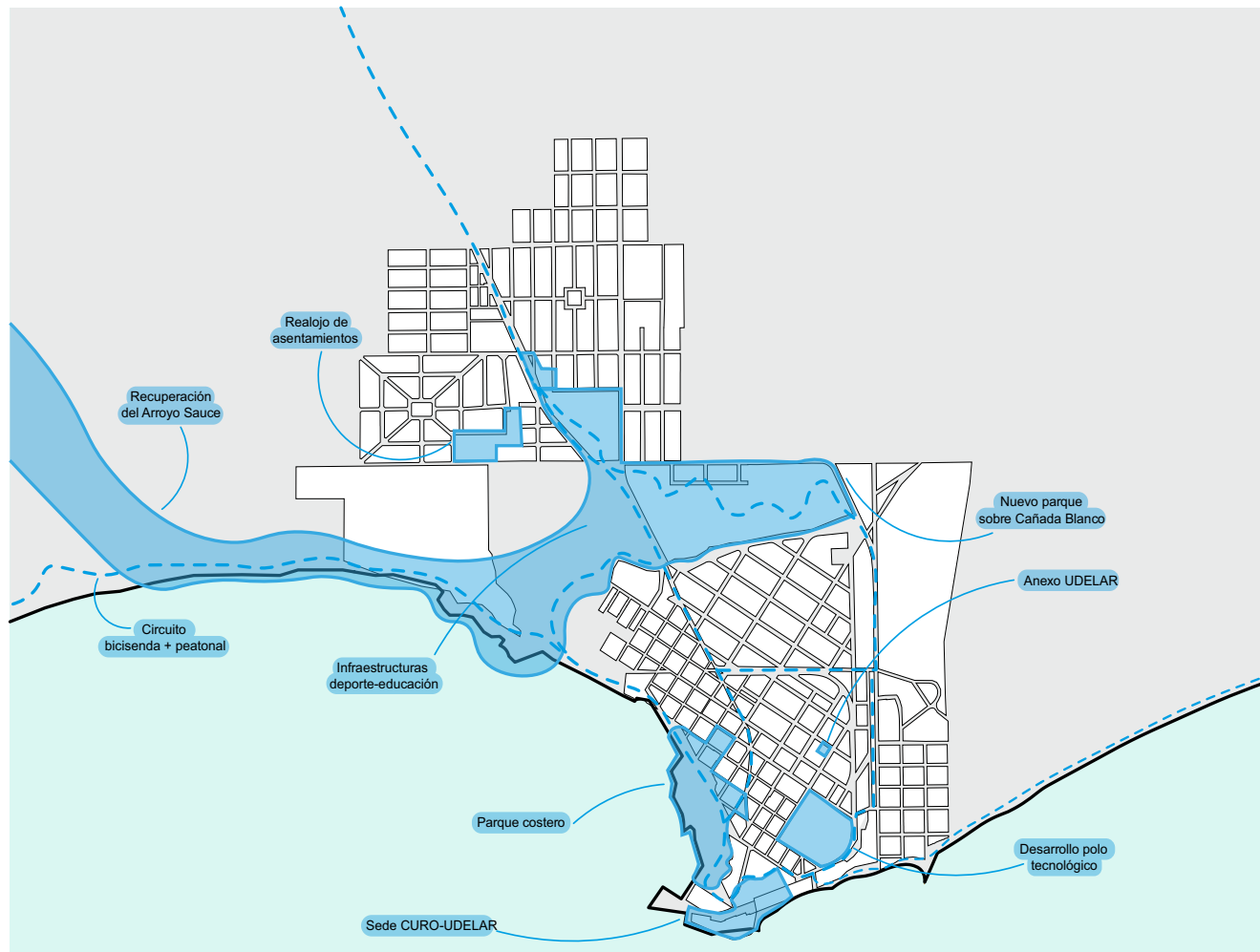
Ciudad de Conocimiento se presenta como una gran ciudad de ciudades en clave descentralizada. Parte de la memoria obrera que descansa en los polos industriales del pueblo sabalero y construye metamorfosis desde sus palimpsestos. Busca integrar una propuesta que considere el ambiente

en los procesos del 'hacer ciudad'.

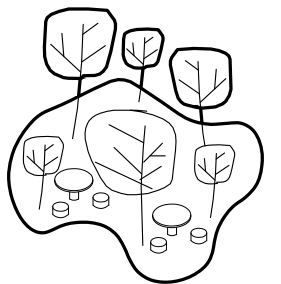
El objetivo es resignificar la ciudad de Juan Lacaze en su microrregión, como una nueva región de conocimiento.

Generar una nueva integración social en el territorio, beneficiando la calidad de

vida de los habitantes a través de una nueva relación entre los recursos naturales, la ciudad y el resto de las poblaciones cercanas.



TRAMO 7 - SEDE CURO-UDELAR



Planteamos la ubicación del CURO en el ex-FANAPEL, manteniendo la periferia, galpones que en primera instancia conformarán los servicios y aulas y un sector a mantener con fines patrimoniales y turísticos.

El resto del área se libera para generar espacios verdes de esparcimiento y equipamiento de estudio. La cercanía con el parque costero da otro espacio verde cercano, conectados a través del circuito de bicisenda + peatonal. Esta última permite el acceso al campus universitario, modificando el acceso, además de un paseo sobre la costa.



Juan Lacaze, deporte y cultura

Luis Jiménez_Evelyn Quinteros_Laura Velázquez

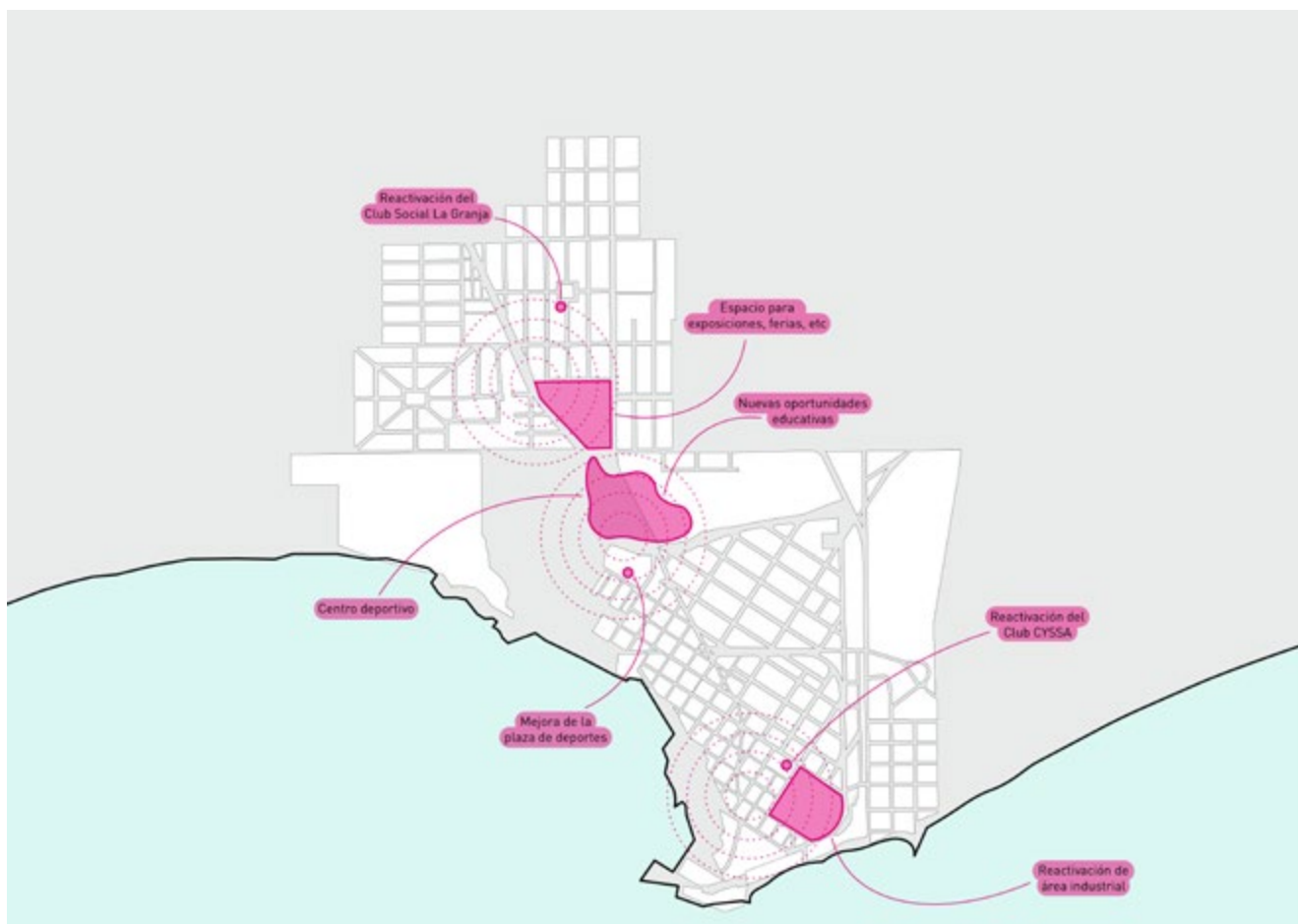
Este proyecto plantea la cultura y el deporte como dos factores que inciden directamente en el desarrollo de la identidad de un territorio.

Creemos que estos aspectos son importantes para potenciar el sentido de pertenencia de los habitantes y que esto genere una

participación activa de los mismos en las diferentes instancias.

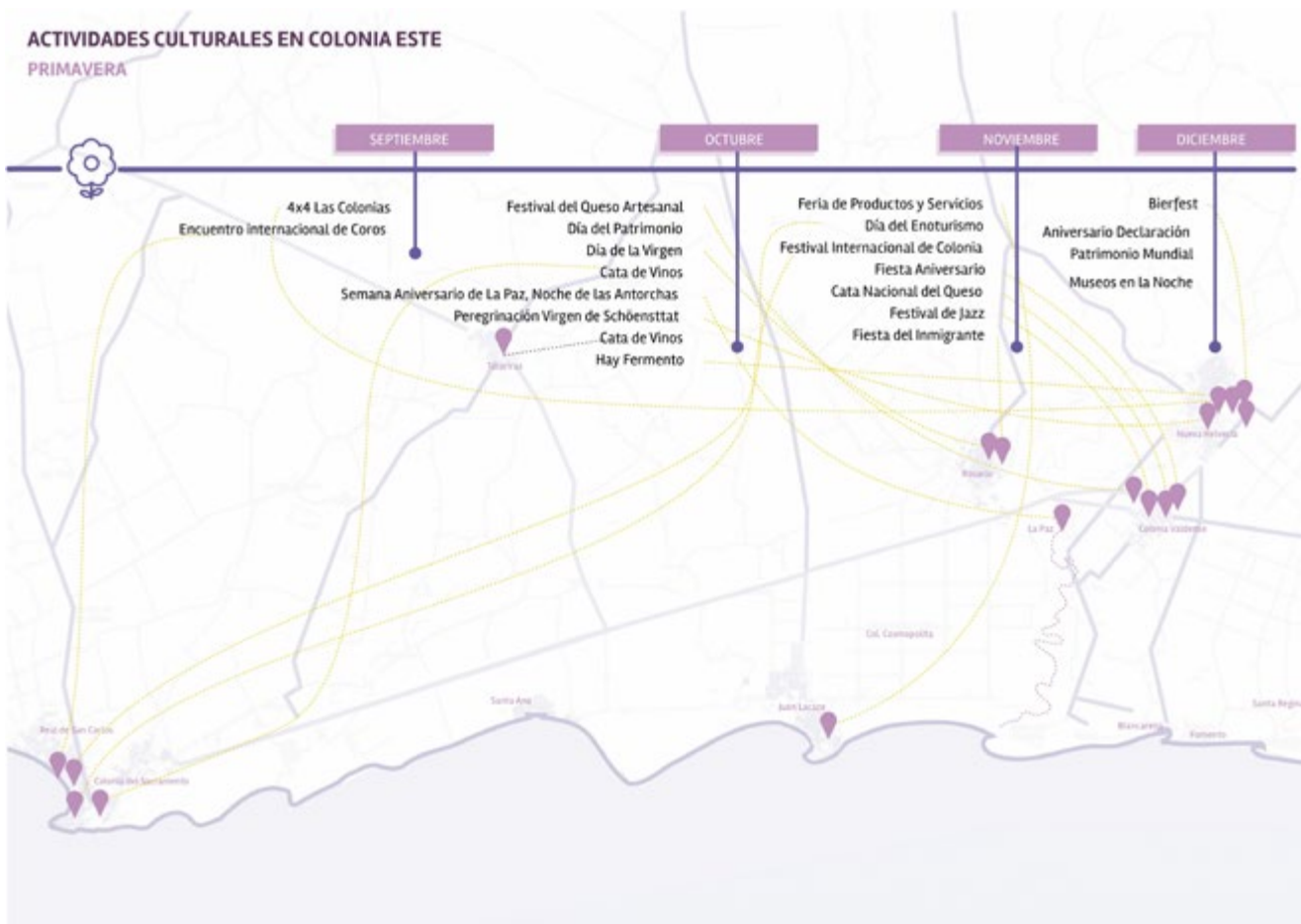
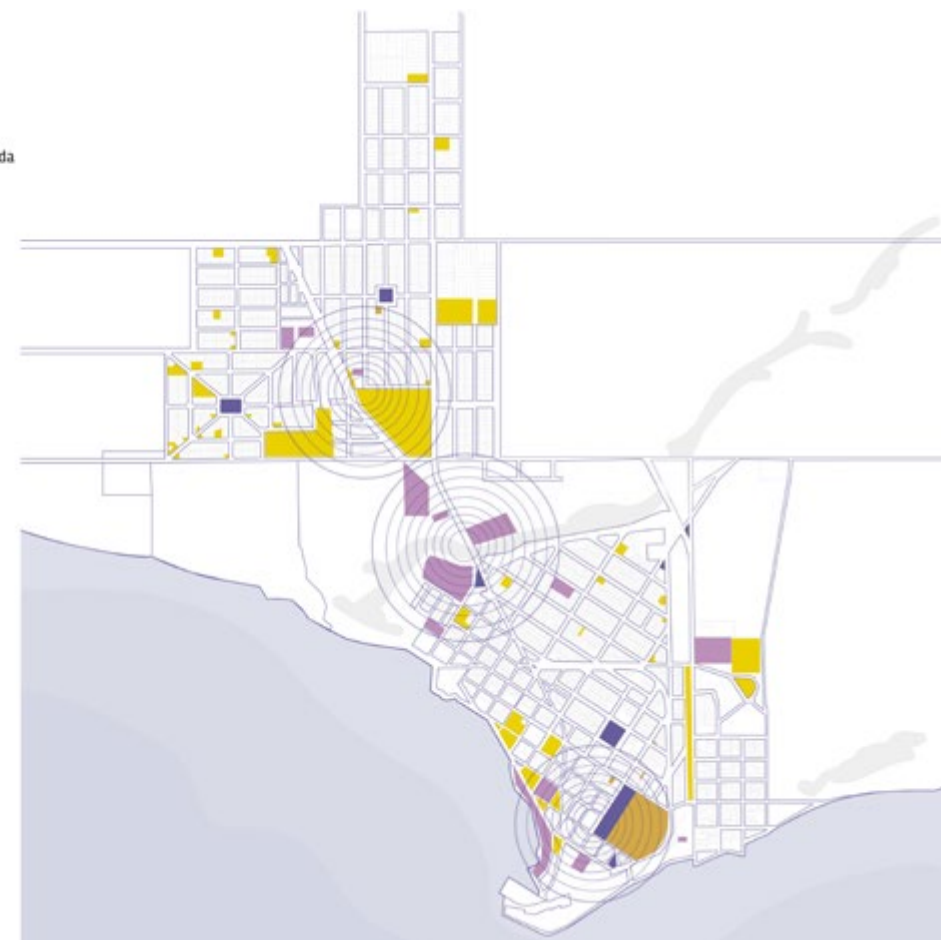
Partiendo de estos ejes de acción, planteamos dos objetivos: posicionar a Juan Lacaze como referente del deporte y la cultura como motor para potenciar la ciudad.

Entre las estrategias para lograrlo están, por ejemplo, la implementación de nuevas disciplinas deportivas e impulsar nuevas infraestructuras que las alojen.



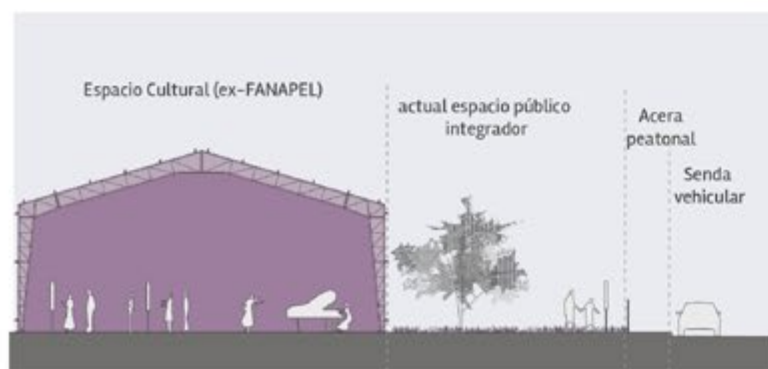
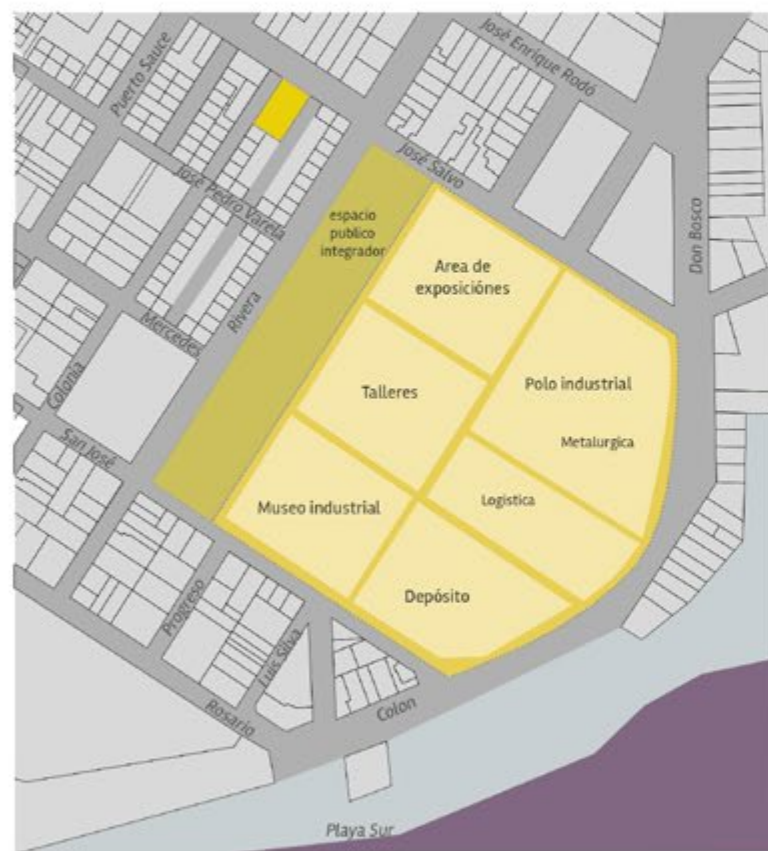
ESPACIOS DE OPORTUNIDAD RELEVAMIENTO

- Áreas para reactivar:
espacios cuya infraestructura puede ser reutilizada y/o potenciada.
- Espacios vacantes:
Áreas no construidas.
- Espacios deportivos:
Infraestructura destinada a actividad deportiva.
- Espacios públicos.
- Área de acción



REACTIVACIÓN DEL ÁREA INDUSTRIAL

El área industrial de Juan Lacaze ha sido por años el aspecto mas identificatorio de la región. Tras el cierre de la planta la ciudad quedó con una infraestructura de una escala significativa sin ningún tipo de uso. Debido a otras acciones que implican nuevos insumos, esta área integra grandes depósitos de equipamiento deportivo, talleres para desarrollar la actividad cultural, y un museo como sede de la historia industrial de la ciudad. Además, incluimos un espacio público integrador para actividades de recreación, ocio y esparcimiento.



Juan Lacaze revitalizado

Sasha Gordienko_Micaela Laguarda

El principal objetivo del proyecto es revitalizar Juan Lacaze convirtiéndolo en un punto de interés para la zona.

El cierre de las fábricas fue un momento que marcó Juan Lacaze, ya que se caracterizaba por ser un pueblo industrial y Campomar

y FANAPEL eran las empresas que daban sustento y trabajo a la mayoría de los habitantes.

Luego de este periodo la ciudad sufrió un vaciamiento, y que mucha gente tuvo que desplazarse para conseguir trabajo, sea permanente o durante el día,

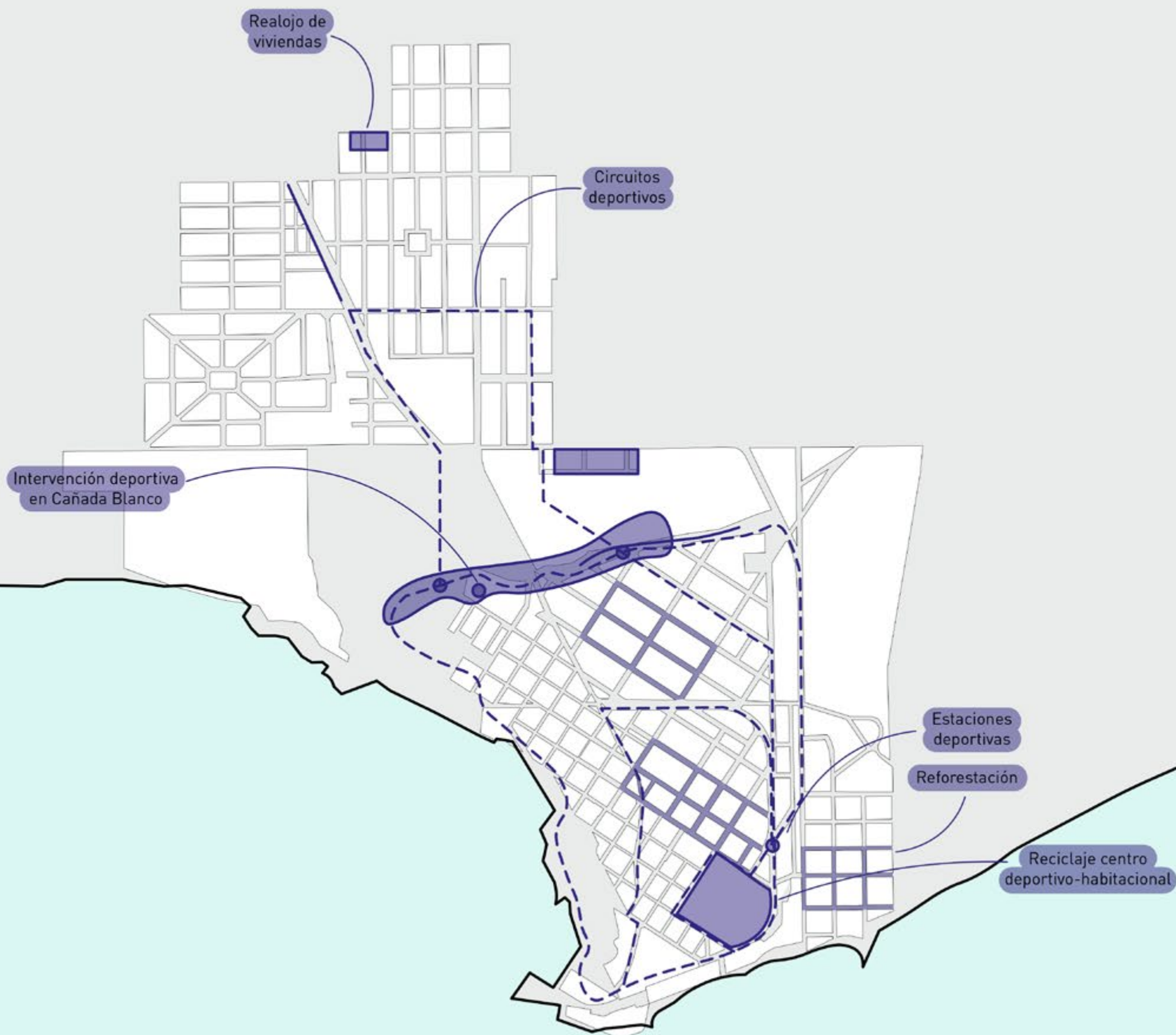
convirtiendo al pueblo en una ciudad dormitorio.

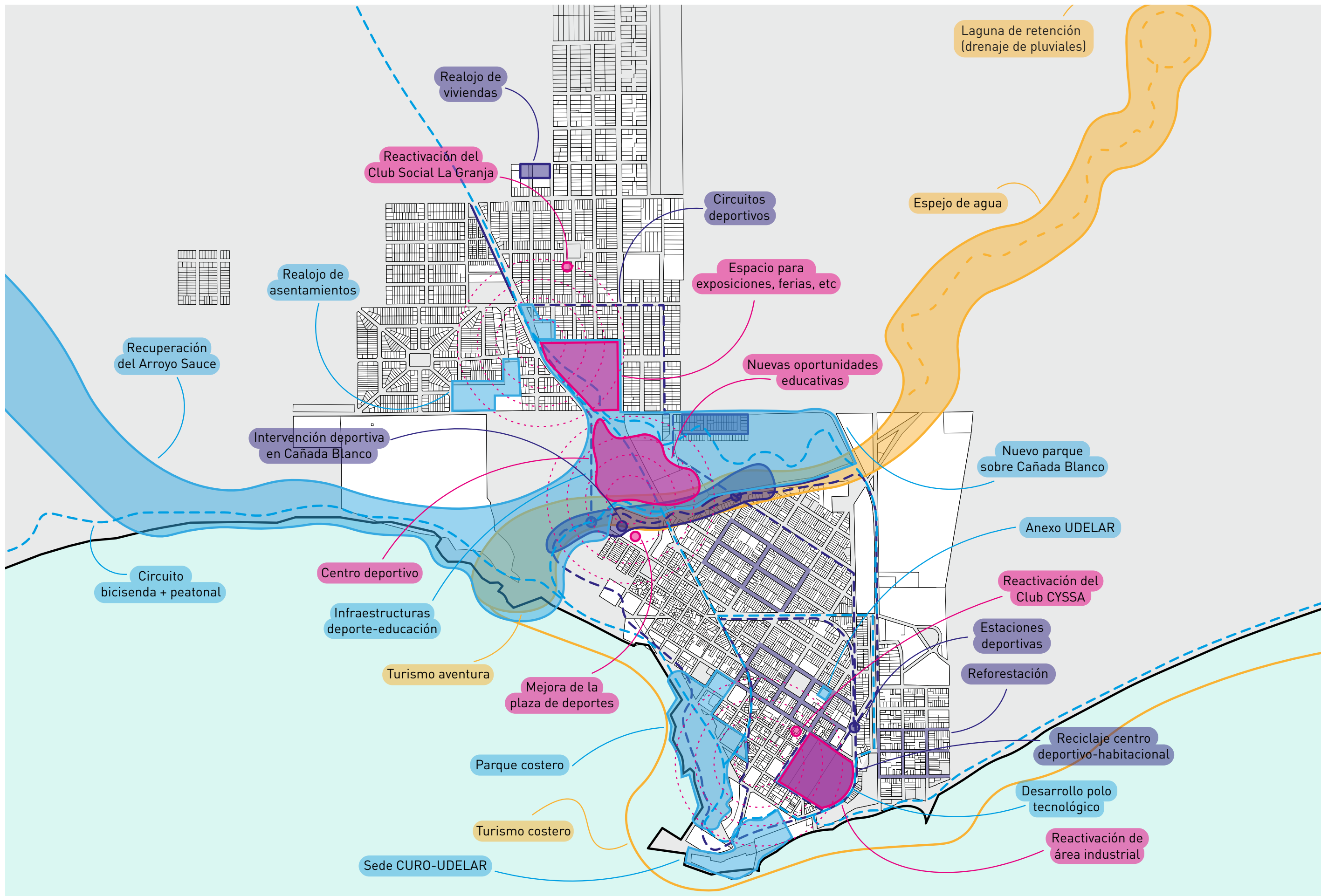
Ahora Juan Lacaze está en búsqueda de una nueva identidad que atraiga gente al pueblo, dándole una nueva vitalidad y permitiendo a la gente local poder trabajar sin necesidad de trasladarse.



Reciclaje de Campomar







Cementación de CO₂ en CSH: un paso hacia la neutralidad de carbono concreta.

Autor: **Stefaniuk, Damián; Hajduczek, Marcin**
Publicación: **Nexo PNAS**
Editor: **prensa de la Universidad de Oxford**
Derechos de autor © 2023, Oxford University Press

El hormigón, con su principal componente, el cemento Portland ordinario (OPC), es el material de construcción más utilizado en el mundo.

Presentado por primera vez a principios del siglo XIX, el OPC es una mezcla de piedra caliza y arcilla, que se calcina a altas temperaturas (1450 °C) y se muele para producir un clinker multifase, que consta de alita (C_3S , $(CaO)_3SiO_2$) y belita (C_2S , $(CaO)_2SiO_2$).

Debido a una combinación de factores que incluyen su uso generalizado, las temperaturas extremas requeridas para estabilizar las fases del clinker y el proceso de carbono positivo de la piedra caliza ($CaCO_3$) calcinación para producir CaO , la producción de OPC actualmente representa ca. 8% de las emisiones globales de CO_2 ⁽¹⁾. La mayoría de los países del mundo han definido hojas de ruta para lograr la neutralidad de carbono para 2050 y, en el caso de las emisiones asociadas al cemento, uno de los principales enfoques ha sido crear concreto que pueda funcionar como sumidero de carbono ^(2, 3).

Varias iniciativas han investigado el potencial de mineralización de CO_2 en el hormigón a través de un proceso conocido como carbonatación ⁽⁴⁻⁶⁾. La combinación de estos esfuerzos con la utilización de otros productos de desecho de minerales alcalinos de las industrias de refinación de metales, combustión de combustibles y fabricación tiene el potencial de impactar significativamente los esfuerzos globales de secuestro de carbono ⁽⁷⁾.

Debido a la naturaleza alcalina intrínseca de los productos formados a partir de la hidratación del clinker, el cemento endurecido ya sirve como un importante agente absorbente de CO_2 atmosférico a través de la carbonatación natural del hidróxido de calcio (portlandita, CH). De hecho, los resultados de modelos recientes han revelado que, a través de este proceso de carbonatación en la última etapa, la absorción acumulada de CO_2 puede, con el tiempo, ser equivalente a ~43 % de las emisiones de producción de OPC relacionadas con la piedra caliza ⁽⁸⁾. En un enfoque alternativo, la carbonatación forzada,

que ocurre a través del aumento localizado en la disponibilidad de CO_2 durante las primeras etapas de la hidratación del cemento, ofrece un gran potencial como mecanismo adicional de secuestro de CO_2 ⁽⁹⁻¹¹⁾. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estas reacciones de carbonatación en etapa temprana son fundamentalmente diferentes de las que ocurren durante la carbonatación en etapa tardía, donde la naturaleza desestabilizadora de la carbonatación OPC curada conduce, a través de una serie de transformaciones de fase, a una gota de la solución de poro. pH, contracción del material y reducción de la integridad estructural a través de la formación de microfisuras ^(4, 5, 12, 13). El proceso de carbonatación forzada del cemento finalmente conduce a la formación de fases de CSH similares a gel, que generalmente se entremezclan con varios polimorfos metaestables de carbonato de calcio ($CaCO_3$ desordenado (DCC), vaterita y aragonito). Si se encuentra en exceso, el CO_2 disuelto puede reaccionar aún más con CSH, dando lugar a la formación de una

mezcla de $CaCO_3$ y gel de sílice ^(4, 14). El curado acelerado inducido por carbonatación forzada del concreto fresco, en contraste con la carbonatación natural del concreto maduro, muestra beneficios significativos en términos de resistencia mejorada, absorción de agua reducida, resistencia mejorada a la permeabilidad al cloruro y rendimiento mejorado de congelación y descongelación ⁽¹⁵⁾.

A través del desarrollo de nuevas herramientas de mapeo químico y de imágenes correlativas de alto rendimiento, ahora es posible explorar estos procesos en escalas de tiempo mucho más cortas, revelando fases intermedias y vías de maduración previamente desconocidas ⁽¹⁶⁻¹⁸⁾. Por ejemplo, una investigación reciente con resolución temporal de las primeras etapas (primeras 24 h) de la hidratación del cemento en ausencia de carbonatación inducida ⁽¹⁶⁾ identificaron la presencia de una fase CH desordenada transitoria (DCH) que se forma antes de que comience el fraguado (durante la etapa de precurado), que con el tiempo madura hasta convertirse en portlandita cristalina que llena los poros. Por lo tanto, estas fases transitorias, que en su mayoría se pasan por alto, podrían ofrecer oportunidades para explorar procesos fuera de equilibrio asociados con la etapa de precurado de carbonatación en cementos recién formulados y, como

tales, podrían aprovecharse para secuestrar grandes cantidades de CO_2 en forma de minerales carbonatados estables. Si bien se ha documentado bien el potencial de las reacciones de carbonatación forzada para el secuestro de CO_2 en un contexto de materiales de poscurado/postfraguado (carbonatación forzada y carbonatación natural en etapa tardía) ^(5-7, 11, 12, 14, 19, 20), se sabe muy poco sobre la evolución multiescala resuelta en el tiempo y la transformación fuera de equilibrio de fases minerales específicas que ocurren durante la etapa de precurado/preestablecimiento de la carbonatación o las consecuencias mecánicas de estas reacciones.

Con el fin de comprender mejor los mecanismos subyacentes de varios pasos de las reacciones de carbonatación previas al curado, aplicamos un enfoque de indentación y microscopía Raman resuelta en el tiempo y en el espacio correlativo para estudiar la quimiomecánica de la carbonatación del cemento en escalas de tiempo que van desde las primeras horas hasta varios días.

Mostramos que la carbonatación precurada del cemento no está asociada con el deterioro de la integridad estructural del material y conduce a una incorporación significativa de CO_2 (hasta 15% en peso, estimado a partir de TGA) en forma de calcita y una

fase compuesta de $CaCO_3$ /CSH. A nanoescala, esta fase compuesta consta de CSH, calcita y carbonato de calcio desordenado (DCC), que se forman a través de la carbonatación de partículas transitorias de DCH en el sitio de hidratación. A nivel de micras, la fase compuesta incorpora una serie de polimorfos de carbonato de calcio (que incluyen ikaita y vaterita) que eventualmente se convierten en calcita, la forma más estable de $CaCO_3$.

Resultados y discusión

Primeras etapas del proceso de carbonatación precurado

Para dilucidar los cambios quimiomecánicos subyacentes que ocurren durante los procesos de carbonatación previa al curado en materiales cementosos, desarrollamos un sistema modelo que consistía en formulaciones de cemento sustituidas con bicarbonato de sodio para imitar las condiciones que existen después del enriquecimiento con CO_2 . La evolución temporal basada en la microindentación del módulo de indentación específico (M^*) y la dureza (H^*) de los cementos sustituidos con bicarbonato se muestra en la Fig.1 A.

Durante las primeras etapas de hidratación (primeras 10 horas), todos los cementos con bicarbonato -las muestras sustituidas exhiben M^* y H^* significativamente más

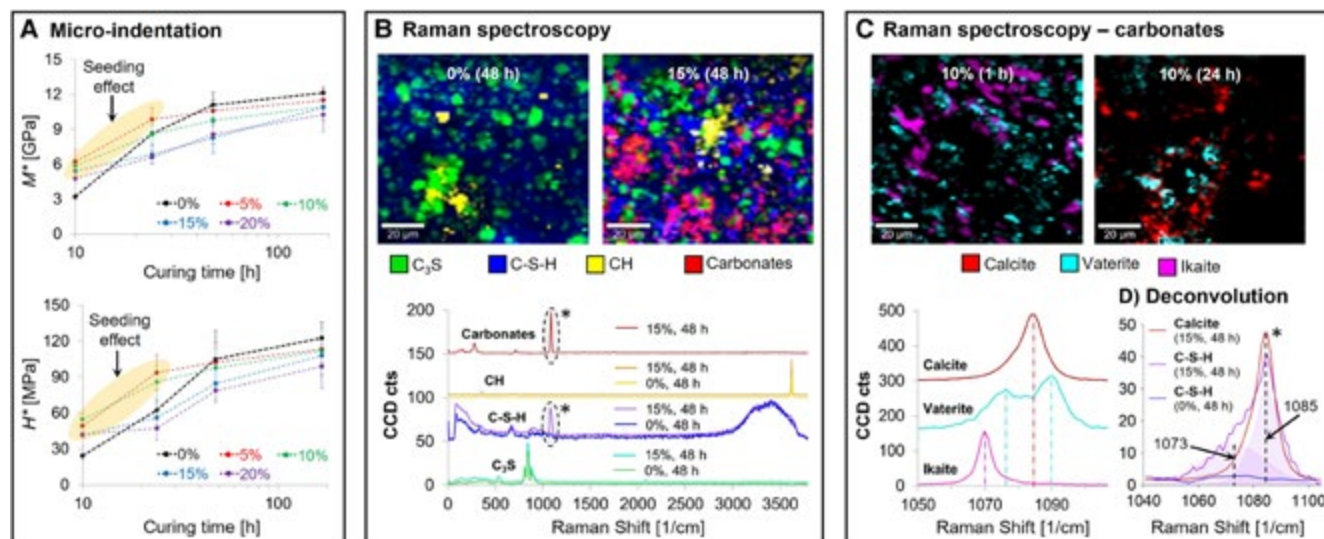


Figura 1: Quimiomecánica de la etapa temprana de carbonatación C_3S . A) Evolución temporal del módulo de indentación específico (M^*) y dureza (H^*) en cementos bicarbonato-sustituídos. B) Mapas de fase de alita y sus productos de hidratación y sus correspondientes espectros Raman (muestra 0 y 15% a las 48 h de hidratación). C) La formación de calcita, vaterita e ikaite en diferentes etapas de hidratación (muestra 10%, 1 y 24 h) y sus modos vibratorios característicos ν_1 . D) Desconvolución (a partir de las regiones señaladas con asteriscos en (B)) del grupo de carbonatos en compuesto CSH/carbonatos (con 15% de sustitución de bicarbonato, 48 h), mostrando la coexistencia de calcita y DCC.

altos en comparación con el control libre de bicarbonato (con un aumento de 2 veces en el rendimiento mecánico en el caso de la muestra con un 5% de sustitución de bicarbonato), evidenciándose un claro efecto nucleante de los carbonatos (que se derivan de la desprotonación del bicarbonato) y posterior fortalecimiento de el clinker hidratante.

Mientras que después de 7 días, la muestra de control supera ligeramente mecánicamente a sus equivalentes carbonatados, no se puede observar una diferencia estadísticamente significativa en términos de dureza para las muestras con hasta un 15 % de sustitución de bicarbonato. El análisis estadístico se realizó utilizando la prueba T a un nivel de significancia del 5%.

Efectos de la sustitución de bicarbonato

Los estudios de microscopía Raman confocal (CRM) con resolución temporal y espacial de las primeras etapas de hidratación (Fig. 1 B) permitieron el seguimiento de las transformaciones de fase relacionadas con el carbonato en las muestras sustituidas con bicarbonato.

Además de la formación de C_3S , CSH y CH, que son típicas del control negativo (sin bicarbonato), se puede observar la presencia de una serie de polimorfos de carbonato de calcio e hidratos de carbonato de calcio. Por ejemplo, en la muestra sustituida con bicarbonato al 10 % (Fig. 1 C), la calcita, la vaterita y la ikaite ($CaCO_3 \cdot 6H_2O$) se pueden distinguir claramente sobre la base del modo de vibración del carbonato ν_1 (21). Se observó

ikaite no reportada previamente durante las primeras etapas de hidratación (en las primeras 5 h) para todas las muestras sustituidas con bicarbonato, mientras que la calcita y la vaterita dominaron las especies relacionadas con el carbonato después de 5 h de hidratación, y solo se observó calcita después de 7 días. Además, CRM reveló la presencia de una fase compuesta $CaCO_3$ /CSH (Fig. 1 B destacada), donde la coexistencia de calcita y DCC (un hombro ancho en el espectro del 15 %, 48 h en la Fig. 1 D) sugiere su potencial papel en la nucleación de CSH y la coprecipitación del compuesto $CaCO_3$ /CSH.

Efectos de la carbonatación forzada en la formación de CSH

Con el fin de investigar la evolución temporal y la distribución espacial de

tallada de las diferentes fases minerales formadas durante la etapa temprana de carbonatación (Fig. 2 A), aplicamos un análisis de función de correlación en los mapas de fase CRM (Fig. 2 B-C). La longitud de la cuerda (l_c), que refleja el tamaño de partícula promedio (Fig. 2 B), es apreciablemente mayor para CSH en las muestras sustituidas con bicarbonato en las primeras etapas de hidratación, en comparación con los controles. Este aumento en la cinética de hidratación se refleja en una ganancia de fuerza en las muestras sustituidas con bicarbonato (Fig. 1 A) debido a un efecto de nucleación/siembra. Las funciones de correlación

cruzada de 2 puntos evaluadas a las 48 h de hidratación (Fig. 2 C) muestran que la distancia característica (δ_x) entre CSH y clinker, y clinker y carbonatos está en el rango de 4–6 y 4–8 μm , respectivamente, mientras que para CSH y carbonatos, $\delta_x = 0$. Estos resultados claramente demuestran la coprecipitación espacial de CSH y carbonatos y una relación espacial comparable entre el clinker y las fases de CSH y carbonatos. En consecuencia, el grado de superposición (κ) es el más alto para CSH y carbonatos (κ en el rango de 0,14–0,18), en comparación con CSH y clinker (κ en el rango de 0,06 a 0,08). Además,

el grado de sustitución de bicarbonato escala con la fracción de masa de la pérdida de peso relacionada con el CO_2 estimada a partir del análisis TGA (Fig. 2 D) y, por lo tanto, proporciona más información sobre la identidad de los productos de carbonatación. Por ejemplo, además del 5% de carbonatos asociados con la muestra de referencia C_3S (modo II en la Fig. 2 D), observamos dos polimorfos de carbonato principales, a saber, calcita (modo I en la Fig. 2 D) y calcio amorfo. carbonato (modo III en la Fig. 2 D), que escalan igualmente con el grado de sustitución de bicarbonato. Si asumimos que la cantidad de CO_2 mineralizable está estrictamente

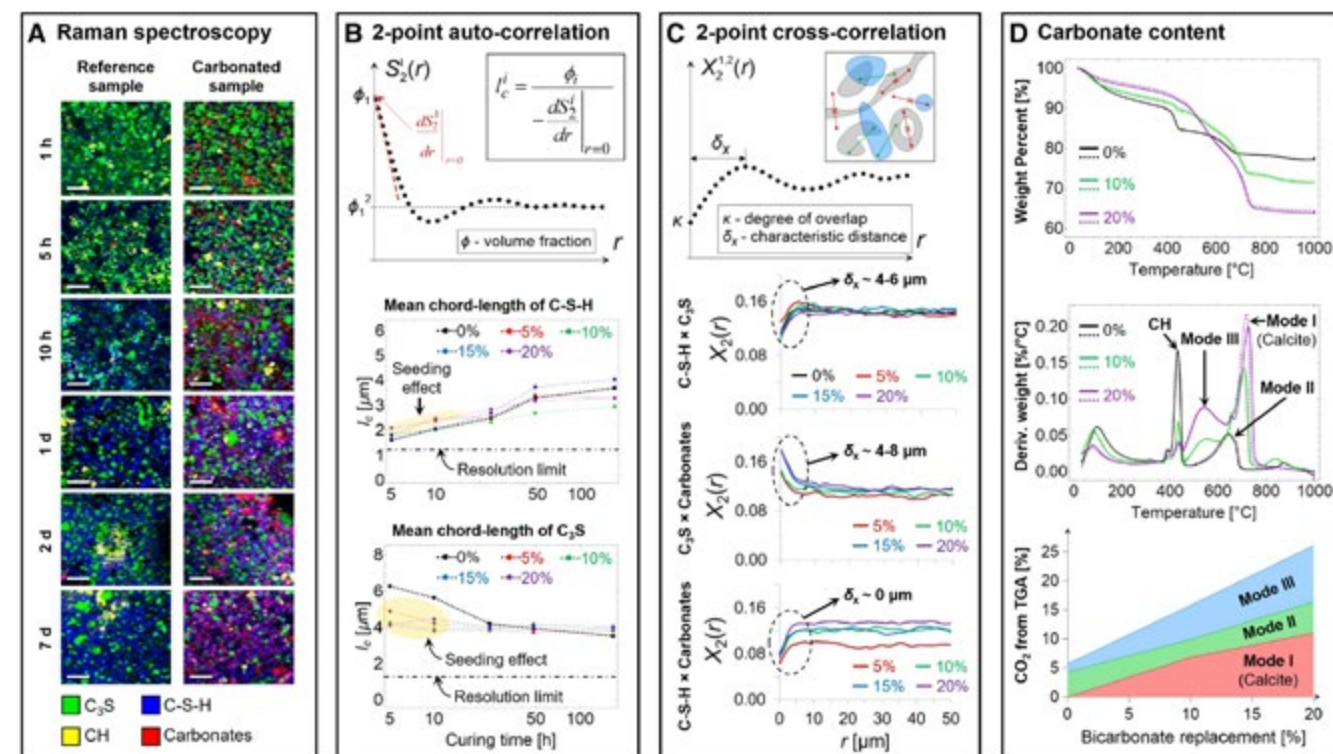


Figura 2. Quimiomecánica resuelta en tiempo y espacio de la hidratación y carbonatación de C_3S . A) Evolución temporal y relaciones detalladas entre las diferentes fases minerales formadas para muestras con y sin sustitución de bicarbonato. Las barras de escala representan 20 μm . B) La longitud de cuerda media (l_c) calculada a partir de la fracción de volumen y la pendiente en el origen ($r = 0$) de la función de autocorrelación de dos puntos ($S_2(r)$) para las fases C-S-H y clinker. C) Función de correlación cruzada de dos puntos ($X_2(r)$) a las 48 h de hidratación entre C-S-H y C_3S , C_3S y carbonatos, y C-S-H y carbonatos. D) Pérdida de peso de CO_2 para diferentes sustituciones de bicarbonato a los 3 meses de hidratación estimada en base al análisis termogravimétrico.

relacionado con la cantidad de DCH disponible para la carbonatación, podemos estimar la capacidad teórica de absorción de CO_2 del proceso de carbonatación forzada. Si la hidratación del clinker conduce a una alta relación Ca/Si CSH (Ca/Si = 1,7), entonces la compensación teórica de CO_2 asciende a al menos el 40 % de las emisiones de carbono de la producción de cemento, sin incluir las

emisiones asociadas con los combustibles fósiles utilizados. en el proceso (para más detalles, ver la sección Material y métodos).

Discusión

Al combinar estos resultados, podemos comenzar a explicar los procesos de carbonatación del clinker en etapas tempranas (antes y después del curado) (Fig. 3). En los controles

sin bicarbonato, el C_3S se hidrata lentamente para producir CSH y DCH, y las nanopartículas de DCH migran a los espacios porosos y cristalizan.

En las muestras sustituidas con bicarbonato, la presencia de iones de carbonato en los sitios de hidratación (las regiones de contacto directo entre el agua y el clinker) conduce a una conversión fuera de equilibrio de las partículas de DCH amorfa en DCC amorfa, que a su vez sirve como un sitio de nucleación para la formación de CSH, lo que lleva a una serie de cambios posteriores: (i) la formación de un CaCO_3 /CSH fase compuesta; (ii) la aceleración de la hidratación del clinker, y su subsiguiente (iii) mayor rendimiento mecánico en las primeras etapas.

Dado que esta carbonatación fuera de equilibrio tiene lugar en la etapa de mezcla fresca antes de la percolación sólida, los carbonatos mineralizados sirven efectivamente como sitios para el almacenamiento permanente de CO_2 en el compuesto CaCO_3 /CSH, lo que permite una compensación parcial (hasta un 15 %) a través de mineralización de las emisiones de carbono asociadas con la producción de clinker y que da lugar a un material con un rendimiento mecánico mejorado en las primeras etapas.

Si bien la durabilidad a largo plazo de estos compues-

tos fuera de equilibrio aún no se ha caracterizado por completo, los resultados de nuestros estudios de pruebas mecánicas sugieren que la introducción de la carbonatación en la etapa de precurado podría aprovecharse simultáneamente como un sumidero de carbono crítico, al tiempo que mitiga potencialmente algunos de las consecuencias mecánicas perjudiciales de la carbonatación en la etapa tardía al cambiar estas reacciones a un punto de tiempo anterior donde las tensiones internas pueden aliviarse antes de que puedan acumularse destructivamente.

La implementación de estudios quimiomecánicos multiescala y de resolución temporal, como los que se informan aquí, puede proporcionar información crítica sobre las vías de maduración de los materiales cementicios, al tiempo que identifica nuevas químicas que se pueden aprovechar de manera efectiva para combinar CO_2 secuestro con una durabilidad del material a más largo plazo en el entorno construido.

Materiales y métodos

Para todas las muestras, se combinó alita pura (C_3S) con diferentes sustituciones de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) [0 (muestra de control), 5, 10, 15 y 20 %]. Para el análisis mecánico, se empleó microindentación instrumentada y se adquirieron espectros Raman a

diferentes edades de curado (1 h, 5 h, 10 h, 1 día, 2 días y 7 días) de un sistema CRM (Alpha 300RA; WITec, Alemania). Los mapas químicos obtenidos por CRM se analizaron utilizando funciones de correlación para representar cuantitativamente las distribuciones de fase y su correlación espacial en etapas progresivas de hidratación. La capacidad teórica del proceso de carbonatación forzada se determinó en base a un análisis estequiométrico. La sección ampliada de materiales y métodos se encuentra en la información complementaria.

Expresiones de gratitud

Esta investigación fue apoyada por Concrete Sustainability Hub en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, con el patrocinio proporcionado por Portland Cement Association y Ready Mixed Concrete Research and Education Foundation.

Material suplementario

El material complementario está disponible en [PNAS Nexus en línea](#).

Referencias:

- 1 Jacoby METRO.2020.Los materiales alternativos podrían reducir la huella de carbono gigante del hormigón. Noticias de química en inglés. 98:11.
- 2 Fennell PAG, Conductor j, Bataille C, Davis sj.2022.Cemento y acero: nueve pasos para cero neto. Naturaleza 603:574–577.
- 3 AIE.2018.“Hoja de ruta tecnológica: transición baja en carbono en la industria del cemento”, IEA.

- 4 Ashraf W.2016.Carbonatación de materiales base cemento: desafíos y oportunidades.Material de construcción de construcción. 120:558–570.
- 5 Von Greve-Dierfeld S, et al. 2020. Comprender la carbonatación del hormigón con materiales cementicios suplementarios: una revisión crítica de RILEM TC 281-CCC.Estructura Mater.53:136.
- 6 Skocek j,Zajac METRO, ben jaja METRO.2020.Captura y utilización de carbono por mineralización de pastas de cemento derivadas de hormigón reciclado.representante científico 10:5614.
- 7 Cacerola SY, et al. 2020.Mineralización y utilización de CO_2 por residuos sólidos alcalinos para la reducción potencial de carbono. sustentación natural.3:399–405.
- 8 Xi F, et al. 2016.Captación global sustancial de carbono por carbonatación de cemento.Nat Geosci. 9:880–883.
- 9 Zhang D,Demonio necrófago Z,Shao Y.2017.Revisión sobre el curado por carbonatación de materiales a base de cemento.J CO2 útil.21:119–131.
- 10 Berger RL,Joven JF,Leung k.1972. Aceleración de la hidratación de silicatos de calcio por tratamiento con dióxido de carbono.Nat Phys Sci.240:dieciséis–18.
- 11 Zajac METRO, et al. 2020.Mineralización de CO_2 del cemento Portland: hacia la comprensión de los mecanismos de carbonatación forzada.J CO2 útil.38:398–415.
- 12 Ravi Kumar D, et al. 2021.La utilización de dióxido de carbono en el curado o mezclado del concreto podría no producir un beneficio climático neto.Nat Comun. 12:855.
- 13 Šavija B,Luković METRO.2016.Carbonatación de la pasta de cemento: comprensión, desafíos y oportunidades.Material de construcción de construcción. 117:285–301.
- 14 Zajac METRO,irbe L,Bullerjahn F,Hilbig H,ben jaja METRO.2022. Mecanismos de endurecimiento por hidratación de carbonatación en cementos Portland.Cem Concr Res.152:106687.
- 15 Rostami V,Shao Y,niño A.J..2012. Curado por carbonatación versus curado por vapor para la producción de hormigón prefabricado.J Mater Civ Eng.24:1221–1229.
- 16 Dios HC,Kim HJ,Ulm F.J.,Masic A.2021.Desconvolución química resuelta en el espacio-tiempo de

- sistemas coloidales cementosos mediante espectroscopia Raman. Langmuir 37:7019–7031.
- 17 Maragh JM,Tejedor JC,Masic A.2019.Imágenes químicas correlativas de superficie 3D de orden micrométrico a gran escala del hormigón romano antiguo.Más uno.14:e0210710.
- 18 Bennet METRO, et al. 2014.Microespectroscopia Raman simultánea e imágenes de fluorescencia de la mineralización ósea en larvas de pez cebra vivas.Biophys J. 106:L17–L19.
- 19 Neves Júnior A,toledo filho RD,de Moraes Rego Fairbairn mi,Dweck j.2015.Los efectos del curado temprano por carbonatación sobre las propiedades mecánicas y de porosidad de las pastas de cemento Portland de alta resistencia inicial. Material de construcción de construcción. 77:448–454.
- 20 Rostami V,Shao Y,niño A.J.,Él Z.2012.Microestructura de pasta de cemento sujeta a curado temprano por carbonatación.Cem Concr Res.42:186–193.
- 21 Zou Z, et al. 2019.Una fase de carbonato de calcio cristalino hidratado: carbonato de calcio hemihidrato.Ciencia 363:396–400.

Notas del autor

Interés en competencia: Los autores declaran no tener ningún interés en competencia.
© The Author(s) 2023. Publicado por Oxford University Press en nombre de la Academia Nacional de Ciencias.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite la reutilización, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que el trabajo original está debidamente citado.

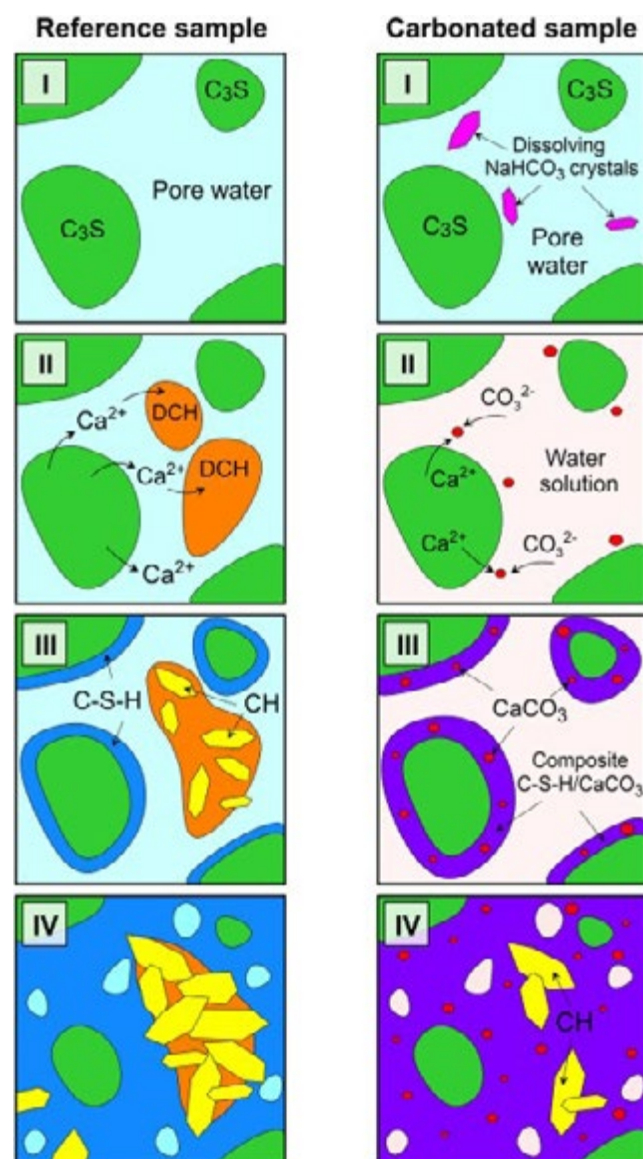


Figura 3. Una representación esquemática de las reacciones de hidratación en etapas tempranas (precurado I-III y poscurado IV) para muestras con y sin sustitución de bicarbonato (los colores corresponden a los datos del mapa Raman en la Fig. 2 A).

La nanotecnología en la arquitectura: el grafeno

Pedro-Rafael DeLaPeña-Benítez¹, Alfonso García-Santos¹, Marta Castellote-Armero² y Eva Jiménez-Relinque²

1. INTRODUCCIÓN

Aunque se considera que el origen de la nanotecnología comienza con la especulación que hace R.P. Feynman sobre la posibilidad de trabajar con los materiales, a escala atómica, en su conferencia "There's plenty of room at the bottom", realmente la nanotecnología se ha empleado desde hace mucho tiempo, aunque desconociéndose los procesos que la controlaban.

En el caso de la arquitectura, se ha utilizado desde hace siglos para conseguir efectos de colores y reflejos en los vitrales de las catedrales góticas, gracias al empleo de partículas metálicas, que se añadían a la matriz de vidrio mientras ésta estaba en estado líquido.

La nanotecnología se convierte actualmente en una herramienta interdisciplinaria, que permite conocer en profundidad y de una forma consciente y científica, las estructuras de los materiales, su composición y sus interacciones.

Tiene como objetivo, tanto la optimización de las propiedades de los materiales como el desarrollo de nue-

vas propiedades mediante el empleo de nanomateriales.

Estos últimos tienen una de sus dimensiones comprendida dentro de la escala nanométrica (1-100 nm), ya que los fenómenos que ocurren a nivel atómico y molecular son muy distintos del comportamiento del mismo material a nivel macroscópico.

El grafeno es un nanomaterial bidimensional, que ofrece una gran oportunidad para desarrollar la nanotecnología dentro de la construcción. Aporta mejoras a los productos tradicionalmente usados y permite crear otras nuevas con propiedades que optimizan su rendimiento.

2. LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN

La construcción se ha ido desarrollando a lo largo de la historia en función de la tecnología disponible en cada momento y gracias a la aparición de nuevos materiales.

La nanotecnología ofrece un nuevo impulso mediante la posibilidad de obtener materiales más baratos y

más eficaces. El ahorro de energía con nuevos aislamientos, los recubrimientos polifuncionales, los materiales compuestos, las nuevas estructuras poliméricas y los paramentos de alta eficiencia energética involucran cada vez más a los nanomateriales, permitiendo así optimizar las propiedades de los productos.

La industria de la construcción es uno de los mayores problemas a nivel mundial por el impacto que tiene hacia el medioambiente.

Tanto la fabricación de los materiales, como la construcción misma de los edificios y su mantenimiento, suponen un problema en la sostenibilidad de nuestro planeta, contribuyendo de manera directa a la contaminación, la deforestación, la erosión de los suelos y el agotamiento de los recursos naturales.

La obtención de materiales de construcción más resistentes y duraderos contribuirá a reducir el impacto ambiental, ya que la mejora de las propiedades de esos materiales, elevando su resistencia y su durabilidad, es también un medio para reducir el impacto medioam-

nanopartículas	productos	funciones	
SiO ₂	cemento	resistencia	compacidad
TiO ₂	hormigón	anti-corrosión	anti-reflectividad
VO ₂	acero	auto-limpieza	control de luz
SiC	madera	ignífuga	control temperatura
Al ₂ O ₃	vidrio	captación solar	anti-grafiti
Fe ₂ O ₃	polímeros	monitorización	antibacteriana
C	cerámicas	transparencia	conductividad
Ag, Cu, Au ...	dispositivos eléct.	toxicidad	detección

Tabla 1: Relación de compuestos habitualmente empleados a escala nanométrica en los materiales de la construcción, afectando a sus propiedades

biental, necesiándose así menos cantidad de material, reduciendo su producción, y aumentando su vida útil.

Los materiales utilizados, hasta ahora, en la investigación nanotecnológica para fines arquitectónicos han sido: los óxidos metálicos y no metálicos, las nanopartículas metálicas, los polímeros y materiales carbonosos, que se han utilizado como relleno o aditivo en morteros, los hormigones, los productos cerámicos, los polímeros, las pinturas, etc. o se han aplicado, directamente, en la mejora de distintos dispositivos electrónicos.

La nanotecnología va a permitir desarrollar propiedades como el aumento de la resistencia a las sollicitaciones y a la corrosión, la auto-limpieza, el control térmico y lumínico, los recubrimientos anti-reflectantes, las superficies bactericidas, la protección anti-grafiti, la monitorización, etc.

3. EL GRAFENO

El grafeno está compuesto exclusivamente por átomos de carbono, que es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza y es básico en la química orgánica, formando parte de todos los seres vivos.

La capacidad de los átomos de carbono para combinarse con otros átomos, en hibridaciones sp, sp² o sp³, permite formar numerosas estructuras distintas, de una, dos o tres dimensiones. De hecho el carbono presenta numerosos alótropos, siendo los más conocidos hasta hace unos años el carbono amorfo, el grafito y el diamante, que, pese a tener la misma composición de carbono, poseen propiedades muy distintas, que se deben precisamente al tipo de estructura nanométrica que poseen.

Mientras el grafito dispone de una estructura laminar de átomos de carbono uni-

dos por fuerzas de van der Waals, el diamante presenta una estructura compacta de átomos de carbono.

Gracias a las nuevas técnicas de procesado y a los medios de caracterización que se han ido desarrollando, se han descubierto nuevos alótropos del carbono.

La última alotropía en aparecer es el grafeno, pese a haberse anunciado su existencia en 1962 por Hanns-Peter Boehm. El problema del grafeno era su estructura laminar de átomos de carbono y con un solo átomo de espesor, lo que ocasionaba problemas de estabilidad a temperatura ambiente, ya que cualquier fluctuación térmica lo hacía inestable.

Con el descubrimiento en 2004, por parte de Geim y Novoselov [1], quedó demostrada su viabilidad y que la estabilidad de las láminas se conseguía gracias a las imperfecciones que presentaba. Los defectos de la propia lámina la hacían estable a temperatura y presión normales [2]. Esto abrió la puerta a que otras estructuras, también bidimensionales, fueran posibles (láminas de nitrógeno de boro, seleniuro de niobio, disulfuro de molibdeno, etc.).

Las propiedades que presenta el grafeno permiten desarrollar dispositivos en casi cualquier área de la ciencia, lo que le convierte en un material único dentro

¹ Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Arquitectura (España)

² CSIC. Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (España)

ISONEM[®] ANTIFIRE SOLUTION



LLEGÓ LA
SOLUCIÓN
DEFINITIVA

La solución ignífuga **ISONEM Anti-fire solution** es un producto que se fabrica con materiales 100% naturales, no daña la salud humana, es 100% soluble en la naturaleza y no contiene materiales prohibidos. Los humos de una sustancia que se aplica en solución ignífuga contienen un 50% menos de dióxido de carbono y monóxido de carbono que el estado natural de la misma sustancia. Además, es 20-25% más rico en términos de humo y nitrógeno. Por lo tanto, el efecto sofocante del humo se reduce a la mitad cuando la superficie no es inflamable.

Es a base de agua, de un único componente.

La solución no inflamable rodea las moléculas del material aplicado y desactiva el contacto con el oxígeno.

Gracias a las sustancias activas que contiene **ISONEM Anti-fire solution**, se crea un aislamiento térmico muy fuerte y se evita que alcance la temperatura que podría iniciar el proceso de combustión.

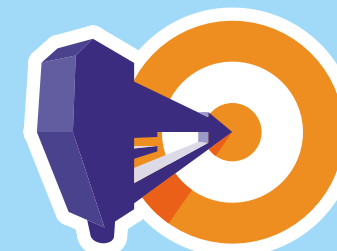
ISONEM Anti-fire solution NO es un retardador de llama, es un ignífugo total que protege la madera durante 5 años.

Para materiales de madera: Puede aplicarse por rociado, con pincel, con rodillo o impregnación por inmersión con la solución **ISONEM Anti-fire solution** de acuerdo con las características de absorción de la madera.

Para el sector industrial: Los materiales absorbentes como telas, algodón, lana, esponjas, etc. se humedecen con **ISONEM Anti-fire solution**, la solución no absorbida se exprime y se seca, como resultado de este proceso, los materiales no son inflamables y son ignífugos durante 5 años.



Wilson Ferreira Aldunate 1171
Tels.: 2900 8488 - 2902 4083
www.lacasadelaengrampadora.com.uy



la casa de la
ENGRAMPADORA

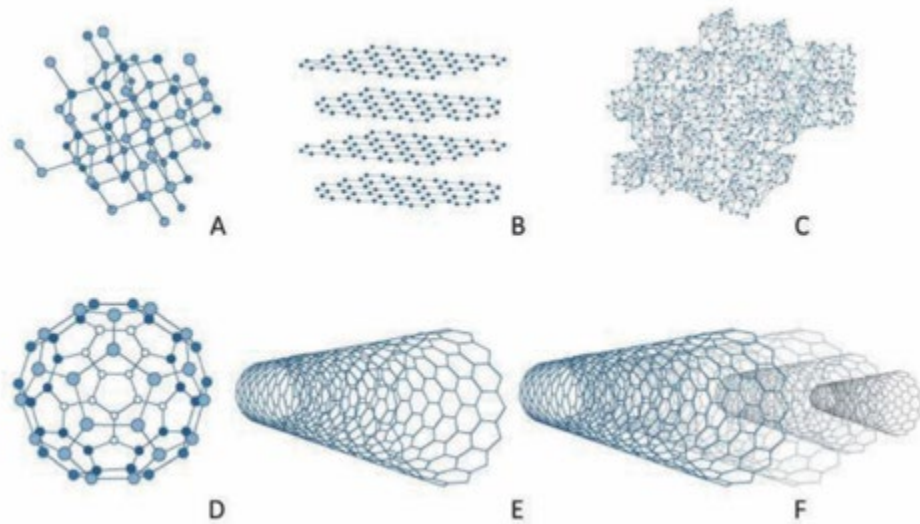


Fig.1: Alotropías del carbono: A – diamante; B – grafito; C – carbono amorfo; D – fullereno; E – nanotubo de carbono de pared simple; F – nanotubo de carbono de pared múltiple

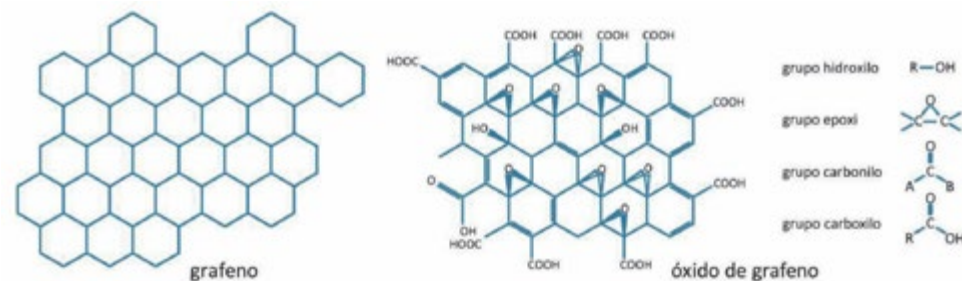


Fig.2: Estructura hexaédrica del grafeno y estructura del óxido de grafeno según el modelo de Lerf-Klinowski [3]

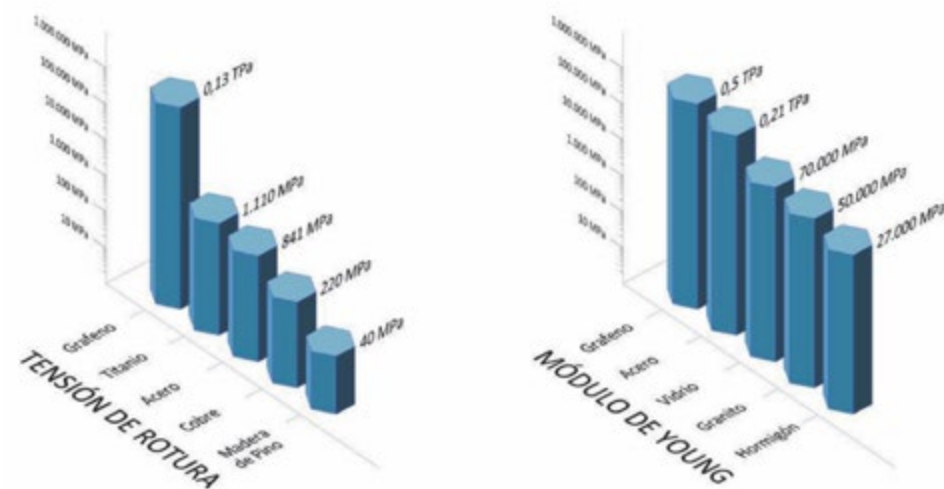


Fig.3: Propiedades del grafeno comparadas logarítmicamente con las de otros materiales empleados en la

de la nanotecnología. Posee una excelente capacidad para permitir el desplazamiento de campos eléctricos.

cos, debido a su estructura de hibridación sp^2 , que forma una red hexagonal de átomos de carbono dejando un cuarto enlace más débil perpendicular al plano, que permite el movimiento de los electrones, llegando a tener una movilidad de carga de $20 \text{ m}^2/\text{Vs}$ [4].

Una lámina de grafeno sin defectos tiene una transparencia del 97,7% y en combinación con su capacidad eléctrica permite desarrollar dispositivos en aplicaciones de fotónica y optoelectrónica (pantallas táctiles, diodos emisores de luz, sensores químicos, células fotovoltaicas orgánicas, LEDs orgánicos, etc.).

Sus propiedades mecánicas le permiten tener un módulo de Young, que alcanza el orden de 1 TPa, y resistencias a tracción de hasta 130 GPa. Esto posibilita su combinación con casi cualquier material compuesto para reforzar sus propiedades estructurales [5]. El grafeno, al ser un material bidimensional, posee una gran área específica, $2600 \text{ m}^2/\text{g}$, con una densidad de $0,77 \text{ mg}/\text{m}^2$, lo que le convierte en un aditivo ideal en recubrimientos o en productos que necesiten aplicarse en superficies [2].

Tiene otras propiedades físicas, como una flexibilidad de hasta un 10% [6], además de ser impermeable a los gases [7]. Posee, en caso del grafeno puro, una conductividad térmica de $5000 \text{ W}/\text{mK}$, lo que facilita su

aplicación en dispositivos electrónicos, por la rapidez con la que disipa el calor [8].

Debido a su estructura laminar se considera que tiene una baja reactividad química, aunque es capaz de reaccionar con los átomos de oxígeno.

De hecho, su oxidación permite obtener un compuesto oxidado de grafeno (óxido de grafeno, en inglés conocido por su acrónimo GO, graphene oxide), que es un elemento muy importante como nanomaterial en numerosas investigaciones (ver Fig. 2) [8].

4. NANOTECNOLOGÍA DEL GRAFENO

Antes de la aparición del grafeno, la nanoalotropía más prometedora del carbono eran los nanotubos de carbono, que no dejan de ser láminas de grafeno enrolladas en forma de cilindro. Con los nanotubos se han realizado numerosas investigaciones, con el fin de determinar sus posibilidades nanotecnológicas, tanto en combinación en morteros de cemento y hormigones, como en refuerzo de polímeros, en materiales cerámicos, como la protección electromagnética, y en sensores de monitoriza-

ción. El grafeno ha venido a desplazar estas investigaciones, al menos en parte, al mejorar la mayoría de los resultados.

4.1. GRAFENO EN DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Las investigaciones sobre dispositivos eléctricos han visto en el grafeno un nanomaterial con unas altas prestaciones por sus increíbles propiedades, pero fundamentalmente por su alto potencial eléctrico, lo que ha llevado a numerosos desarrollos de productos electrónicos y ello incluso en los dispositivos existentes dentro del mundo de la construcción (sistemas domóticos, detectores, iluminación, paneles solares, etc.).

La posibilidad que ofrece el grafeno de crear pantallas táctiles flexibles, sobre prácticamente cualquier sustrato, va a favorecer la creación de nuevos diseños de envolventes arquitectónicas, actuando de una forma directa sobre el aspecto exterior de los edificios y los ambientes buscados en los interiores.

Permitiendo incluso su control y modificación por parte de los usuarios. Pero también esta nueva piel se puede convertir en un macrodetector sensible a los cambios de temperatura, de humedad, de luz y de contaminación atmosférica que rodea al edificio. Transformando los estímulos exteriores en señales eléctricas,

polímeros	aplicaciones en la construcción	propiedades investigaciones con grafeno
Epoxi	refuerzo, adhesivos, reparador, revestimientos superficiales	mecánicas, fotocatalíticas, térmicas, electromagnéticas
HDPE polietileno de alta densidad	conducciones, revestimiento cableado, membrana impermeabilizante, aislante térmico	eléctricas, mecánicas, térmicas, reológicas, cristalización
LDPE polietileno de baja densidad	solados	mecánicas, de barrera, térmicas, magnéticas
PAA ácido poliácricolico	dispersante y/o aglutinante en pinturas	ópticas, mecánicas, térmicas, detección
PAN poliacrilonitrilo	material textil, fabricación de fibras de carbono	eléctricas, térmicas, depuración
PANI polianilina	hilos conductores de electricidad	electroquímicas, eléctricas
PC policarbonato	material transparente	eléctricas, físicas, térmicas
PEDOT polietilendioxitiofeno	pantallas solares, pantallas táctiles, LEDs orgánicos	transparencia, eléctricas, mecánicas
PET tereftalato de polietileno	material textil	eléctricas, térmicas, mecánicas
PMMA polimetacrilato de metilo	material transparente	mecánicas, térmicas, eléctricas
PP polipropileno	conducciones, mecanismos eléctricos, fibras de refuerzo	mecánicas, eléctricas, térmicas, cristalización
PS poliestireno	material aislamiento, material embalaje, material aligerante	eléctricas, térmicas, físicas, mecánicas, electromagnéticas
PU poliuretano	aislamiento de conducciones, paneles, espumas	mecánicas, eléctricas, térmicas, físicas
PVA acetato de polivinilo	adhesivo	mecánicas, transparencia, barrera
PVC policloruro de vinilo	membranas impermeabilizantes, conducciones, recubrimiento cableado, mecanismos eléctricos, carpinterías	térmicas, mecánicas, tribológicas

Tabla 2: Polímeros usados en la arquitectura: aplicaciones e investigaciones en diversos usos

regulando así el paso de luz o actuando sobre los sistemas de climatización y control del aire exterior de forma autónoma [10-12].

4.2. GRAFENO EN CEMENTOS Y HORMIGONES

El grafeno, como la mayoría de las nanopartículas, se ha combinado con numerosos materiales, con el fin de determinar qué propiedades cambiaban.

Gracias a su compatibilidad en distintas matrices se ha combinado con morteros de cemento, hormigones, materiales cerámicos, polímeros, etc. para aumentar la resistencia de sus estructuras.

Durante la hidratación de la pasta de cemento se genera calor, debido a las reacciones exotérmicas que se producen. Una mala disipación de este calor provoca un gradiente entre el interior de la masa y su superficie, lo que genera tensiones internas y puede llegar a provocar un craqueo térmico en el hormigón.

La adición de láminas de grafeno permite mejorar la conductividad térmica, gracias a la difusividad térmica de estas láminas, lo que se traduce en una homogeneización del proceso de hidratación de la pasta.

Para la investigación del comportamiento mecánico del mortero de cemento y los hormigones, la expe-

rimentación ha seguido principalmente la vía de su estudio con GO (óxido de grafeno), mezclándolo en la matriz del mortero de cemento.

La experimentación ha demostrado que las láminas de GO se convierten en una barrera para la propagación de las grietas, lo que mejora las propiedades mecánicas. Se consigue, para un refuerzo del 0,05% en peso de GO en la matriz cementicia, aumentar la resistencia a la compresión en un 15-33% y la resistencia a la flexión en un 41-59% respectivamente.

El GO, al ser un producto hidrofílico, necesita mayor cantidad de agua en la mezcla del mortero de cemento. Aún así consigue reducir el número final de poros del producto fraguado, lo que se traduce en un producto más compacto y resistente al paso del agua, mejorando la protección de las armaduras a la corrosión.

El aumento de la resistencia de los hormigones permite reducir los niveles de contaminación, al necesitarse menos material para resistir las mismas solicitudes. Además, el grafeno se puede convertir en un detector ideal de las tensiones internas que sufren las estructuras de hormigón, al disminuir su conductividad eléctrica con la presencia de fisuras internas.

Siendo de gran utilidad para evaluar edificios tras

una catástrofe, como un terremoto, ya que permitirá determinar su estabilidad y su capacidad portante, sin hacer ensayos destructivos [13-16].

4.3. GRAFENO EN POLÍMEROS

La tecnología de los polímeros ha ido mejorando, entre otros factores, por la facilidad que ofrecen de poder mezclarse con otros elementos.

El grafeno no ha sido ajeno a esta vía de investigación, combinándose con numerosos polímeros.

El poliuretano es un material utilizado como aislamiento térmico en diversas soluciones constructivas, pero presenta una degradación acelerada frente a los rayos ultravioletas, el agua y el oxígeno.

Estos factores le afectan modificando su brillo, amarilleamiento del color, formando ampollas, grietas, etc. La aplicación de grafeno sobre su superficie, al actuar como un apantallamiento físico ante estos factores, evita el deterioro al absorber la luz incidente, además de proporcionar hidrofobicidad a la superficie.

El epoxi es un polímero que se usa habitualmente por sus altas prestaciones mecánicas.

Es la matriz de polímero termoendurecible más comúnmente utilizada (tanto

en construcción como en la industria aeroespacial y el sector de la automoción).

Las propiedades mecánicas que posee pueden mejorarse con la incorporación de grafeno en pequeños porcentajes, ya que con ello se impide la progresión de las grietas dentro de la matriz.

Estudios realizados recientemente han demostrado mejoras en la tenacidad ante la fractura hasta en un 131%.

El polimetacrilato de metilo se emplea por su resistencia mecánica y por su excepcional capacidad de transmisión de la luz en claraboyas y lucernarios, además de en otras soluciones.

Se ha conseguido mejorar su comportamiento mecánico y su conductividad térmica con la adición de grafeno gracias a su buena dispersión en la matriz y a su fuerte interacción entre las láminas de refuerzo y el polímero.

Son muchos los polímeros empleados en la construcción que se han reforzado con el grafeno para determinar qué propiedades se mejoraban. Entre ellas el polipropileno empleado en la formación de conducciones y mecanismos eléctricos; el poliacrilonitrilo empleado en tejidos para exteriores, como carpas, o en las fibras de carbono que se usan como refuerzo de otros materiales; el poliestireno empleado por sus propiedades de baja

conductividad térmica; el ácido poliacrílico utilizado como aditivo en pinturas; o el acetato de polivinilo empleado en adhesivos y morteros de cemento cola [17-20].

4.4. GRAFENO COMO REFUERZO EN MATERIALES CERÁMICOS

Como con los polímeros, el grafeno se ha experimentado en combinación con los materiales cerámicos.

Estos materiales, por su estructura, poseen poca tenacidad, por lo que la combinación con refuerzos de grafeno ofrece la posibilidad de mejorar esta condición, además de aportar otras propiedades, como la conductividad eléctrica y la térmica.

El nitruro de silicio, empleado en herramientas de corte y maquinaria de excavación en la construcción, proporciona una alta resistencia al desgaste. Al reforzarse con grafeno permite aumentar su tenacidad y su resistencia a la rotura.

En la alúmina, empleada en la fabricación de ladrillos refractarios, también se han obtenido buenos resultados con respecto a su tenacidad y su resistencia a flexión, al reforzarla con pequeñas cantidades de grafeno.

La conductividad eléctrica del grafeno y su transparencia permiten que se

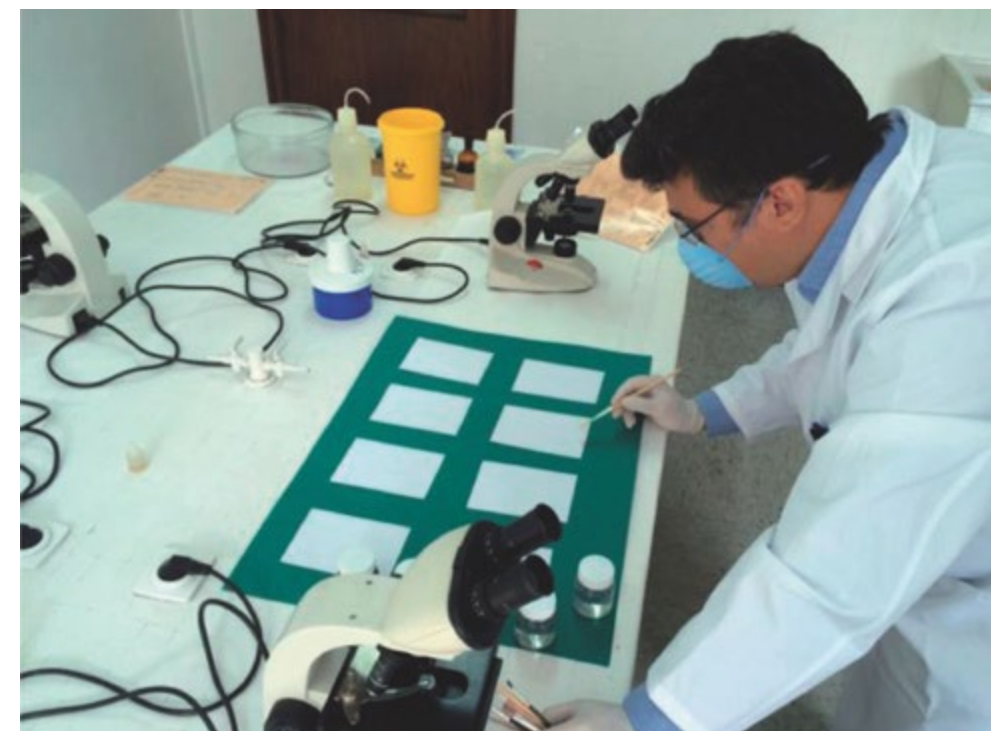


Fig.4: Experimentación realizada en pinturas dopadas con grafeno en el IETcc

use en recubrimientos de vidrio, lo que ofrece la posibilidad de obtener dispositivos que regulen la temperatura y el paso de luz, mejorando así las condiciones interiores de un edificio [21-23]. 4.5. GRAFENO EN RECUBRIMIENTOS La nanotecnología ofrece nuevas oportunidades a los revestimientos que se utilizan en la construcción, aportando propiedades significativamente mejoradas o creando nuevos revestimientos multifuncionales. Los recubrimientos con propiedades fotocatalíticas que actúan gracias al óxido de titanio (TiO₂), habitualmente usado como principio activo en reacciones de este tipo, se ven reforzados al combinarse con grafeno. Esto incrementa la actividad catalítica ante los contaminantes, facilitando el transporte de carga y aumentando el rango de excitación, ya que el TiO₂ sólo actúa con la luz ultravioleta, mientras que el grafeno actúa en un rango espectral muy amplio. De esta manera el grafeno, en combinación con el TiO₂, consigue mejorar la purificación del aire circundante. Experimentos realizados con láminas de GO demostraron que este compuesto posee un alto poder antibacteriano. En combinación con el TiO₂, resulta ser 7,5 veces más activo frente a algunos tipos de bacteria. Esto puede desarrollar acabados antibacterianos en superficies sensibles, como pueden

ser las de los quirófanos, clínicas y hospitales. También se están desarrollando superficies basadas en el grafeno con el propósito de aumentar su hidrofobicidad y generar sustratos auto-limpiables, mejorar la protección contra la corrosión de superficies metálicas, crear superficies con mayor resistencia al fuego, pinturas con mayor vida útil, etc. Dentro de los recubrimientos, entran a formar parte de la actividad del grafeno aquellos que, como los tejidos textiles y el papel, se emplean en soluciones arquitectónicas. El grafeno, gracias a su conductividad eléctrica y su transparencia, permite desarrollar pieles con estos materiales, actuando como un transistor eléctrico que, ante un efecto externo, permite mandar un impulso eléctrico, transformándolo en información de lo que ocurre fuera. Se convierten así las superficies en un elemento inteligente que interacciona con su entorno [24-30]. 5. CONCLUSIÓN El presente artículo hace hincapié en las posibilidades de un material como el grafeno, que ha supuesto una revolución en muchas áreas de investigación. Este desarrollo científico va a permitir obtener productos nuevos mucho más eficientes y sostenibles, aunque muchos de ellos requerirán de una evaluación más profunda sobre el impacto que pueden llegar a causar en el medioambiente y en la salud de los organismos

vivos, incluso en pequeñas cantidades. El grafeno, por su composición de carbono en exclusiva, ha estado siempre presente en la naturaleza en forma nanométrica, tanto en los residuos de carbón y grafito naturales, como en cualquier combustión de madera, por lo que su toxicidad es relativamente baja. Las distintas investigaciones expuestas ofrecen un amplio marco de trabajo para el desarrollo del grafeno dentro de la construcción. Sus propiedades le convierten en un material con amplias posibilidades, que se van descubriendo con la investigación científica que se desarrolla cada día. Hay que pensar que han pasado pocos años desde que se sintetizó por primera vez, en 2004, y que aún los métodos para su obtención son complejos y caros. Sin embargo, el futuro de este material y de sus variantes, va a estar marcado por esa continua investigación, que poco a poco está logrando métodos nuevos de obtención, mucho más baratos y escalables a nivel industrial. El futuro de muchas soluciones constructivas va a estar marcado por la nanotecnología y el grafeno va a terminar formando parte de muchas de ellas.

PARA SABER MÁS

- [1] Novoselov KS, Geim AK, Morozov SV, et al. "Electric field effect in atomically thin carbon films". *Science*, oct 2004, vol. 306, nº 5696, p. 666-669. <https://doi.org/10.1126/science.1102896>
- [2] Geim AK, Novoselov KS. "The rise of graphene". *Nature materials*, 2007, vol. 6, nº 3, p. 183-191. <http://dx.doi.org/10.1038/nmat1849>
- [3] Lerf A, He H, Forster M, et al. "Structure of graphite oxide revisited". *The Journal of Physical Chemistry B*, 1998, vol. 102, nº 23, p. 4477-4482. <http://dx.doi.org/10.1021/jp9731821>
- [4] Bolotin KI, Sikes KJ, Jiang Z, et al. "Ultra-high electron mobility in suspended graphene". *Solid State Communications*, jun 2008, vol. 146, nº 9-10, p. 351-355. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssc.2008.02.024>
- [5] Lee C, Wei X, Kysar JW, et al. "Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene". *Science*, 2008, vol. 321, nº 5887, p. 385-388. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1157996>
- [6] González Carmona J, Hernández Vozmediano MA, Guinea F. "Electrónica del grafeno". *Investigación y Ciencia*, 2010, vol. 408, p. 42-49
- [7] Bunch JS, Verbridge SS, Alden JS, et al. "Impermeable atomic membranes from graphene sheets". *Nano Letters*, 2008, vol. 8, nº 8, p. 2458-2462. <http://dx.doi.org/10.1021/nl801457b>
- [8] Balandin AA, Ghosh S, Bao W, et al. "Superior thermal conductivity of single layer graphene". *Nano Letters*, 2008, vol. 8, nº 3, p. 902-907. <http://dx.doi.org/10.1021/nl0731872>
- [9] Geim AK. "Graphene: status and prospects". *Science*, 2009, vol. 324, nº 5934, p. 1530-1534. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1158877>
- [10] Jang H, Park YJ, Chen X, et al. "Graphene based flexible and stretchable electronics". *Advanced Materials*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1002/adma.201504245>
- [11] Varghese SS, Lonkar S, Singh KK, et al. "Recent advances in graphene based gas sensors". *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2015, vol. 218, p. 160-183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2015.04.062>
- [12] Wang T, Huang D, Yang Z, et al. "A review on graphene-based gas/vapor sensors with unique properties and potential applications". *Nano-Micro Letters*, 2016, vol. 8, no 2, p. 95-119. <http://dx.doi.org/10.1007/s40820-015-0073-1>
- [13] Horszczaruk E, Mijowska E, Kalenczuk RJ, et al. "Nanocomposite of cement/graphene oxide—impact on hydration kinetics and Young's modulus". *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 78, p. 234-242. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.009>
- [14] Pan Z, He L, Qiu L, et al. "Mechanical properties and microstructure of a graphene oxide–cement composite". *Cement and Concrete Composites*, 2015, vol. 58, p. 140-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.02.001>
- [15] Mohammed A, Al-Saadi NTK, Al-Mahaidi R. "Utilization of Graphene Oxide to Synthesize High-Strength Cement-Based Adhesive". *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2016, p. 04016258. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001705](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001705)
- [16] Han B, Ding S, Yu X. "Intrinsic self-sensing concrete and structures: a review". *Measurement*, 2015, vol. 59, p. 110-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.048>
- [17] Vaithilingam R, Ansari MNM, Shanks RA. "Recent advances in polyurethane-based nanocomposites: a review". *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2017, p. 1-14. <http://dx.doi.org/10.1002/polb.24588>
- [18] Atif R, Shyha I, Inam F. "Mechanical, thermal, and electrical properties of graphene-epoxy nanocomposites—a review". *Polymers*, 2016, vol. 8, nº 8, p. 281. <http://dx.doi.org/10.3390/polym8080281>
- [19] Kausar A, Rafique I, Anwar Z, et al. "Perspectives of epoxy/graphene oxide composite: Significant features and technical applications". *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2016, vol. 55, no 7, p. 704-722. <http://dx.doi.org/10.1080/03602559.2015.1098700>
- [20] Fan Z, Gong F, Nguyen ST, et al. "Advanced multifunctional graphene aerogel–Poly (methyl methacrylate) composites: experiments and modeling". *Carbon*, 2015, vol. 81, p. 396-404. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2014.09.072>
- [21] Belmonte M, Nistal A, Boutbien P, et al. "Toughened and strengthened silicon carbide ceramics by adding graphene-based fillers". *Scripta Materialia*, 2016, vol. 113, p. 127-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2015.10.023>
- [22] Çelik Y, Çelik A, Flahaut E, et al. "Anisotropic mechanical and functional properties of graphene-based alumina matrix nanocomposites". *Journal of the European Ceramic Society*, 2016, vol. 36, no 8, p. 2075-2086. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceram-soc.2016.02.032>
- [23] Kim D, Lee E, Lee HS, et al. "Energy efficient glazing for adaptive solar control fabricated with photothermotropic hydrogels containing graphene oxide". *Scientific reports*, 2015, vol. 5, p. 7646. <http://dx.doi.org/10.1038/srep07646>
- [24] Trapalis A, Todorova N, Giannakopoulou, et al. "TiO₂/graphene composite photocatalysts for NO_x removal: a comparison of surfactant-stabilized graphene and reduced graphene oxide". *Applied Catalysis B: Environmental*, 2016, vol. 180, p. 637-647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.07.009>
- [25] De la Peña Benítez P, García-Santos A. "Diseño nanotecnológico de superficies con propiedades antibacterianas: el grafeno". *Revista ingeniería de construcción*, 2016, vol. 31, no 3, p. 201-207. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300006>
- [26] Souza JC, Neckel IT, Varalda J, et al. "Wettability effect of graphene-based surfaces on silicon carbide and their influence on hydrophobicity of nanocrystalline cerium oxide films". *Journal of colloid and interface science*, 2015, vol. 441, p. 71-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2014.10.070>
- [27] Hu C, Xue J, Dong L, et al. "Scalable preparation of multifunctional fire-retardant ultralight graphene foams". *ACS nano*, 2016, vol. 10, no 1, p. 1325-1332. <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b06710>
- [28] De la Peña PR, García-Santos A, Santonja R, et al. "Evaluación ambiental de pinturas al agua para exteriores de los edificios modificadas con óxido de grafeno". *Superficies y Vacío*, 2016, vol. 29, no 4, p. 105-111.
- [29] Liu J, Liu Z, Barrow CJ, et al. "Molecularly engineered graphene surfaces for sensing applications: a review". *Analytica chimica acta*, 2015, vol. 859, p. 1-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2014.07.031>
- [30] Wu C, Kim TW, Li F, et al. "Wearable electricity generators fabricated utilizing transparent electronic textiles based on polyester/Ag nanowires/graphene core-shell nanocomposites". *ACS nano*, 2016, vol. 10, no 7, p. 6449-6457. <http://dx.doi.org/10.1021/acsnano.5b08137>

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al apoyo inestimable del Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción de Madrid y a la continua colaboración y ayuda de María Grande Jara.

KNAUF ECOMIN Orbit Micro

SISTEMA DE CIELORRASOS

AMF ECOMIN de Knauf Ceiling Solutions abarca placas de fibra mineral para cielos registrables con espesor de 13 mm, compuesta de materiales totalmente naturales y biosolubles. Knauf Ceiling Solutions forma parte del grupo Knauf y ha destacado por su alto compromiso ambiental, innovación y estética.

AMF ECOMIN Orbit es una solución de cielos con una superficie de textura fina para aplicaciones que requieren buena calidad a bajo costo.

Propiedades
Placa de fibra mineral con textura fina

Amigable con el Medio Ambiente: Fabricados de fibra mineral, compuesto de lana

mineral biosoluble, perlita, arcilla y almidón, una composición 100% natural.

El Cielo Modular AMF no contamina y es apto para la bioconstrucción.

Acondicionamiento acústico:

$\alpha_w = 0,10$ (sg. EN ISO 11654) / $NRC = 0,15$ (sg. ASTM 423)

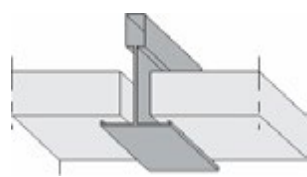
Resistencia a fuego: A2-s1.d0

Estabilidad a la humedad: hasta 90% humedad relativa
Reflexión a la luz: 88%

Conductividad térmica: $\alpha = 0,052 - 0.057W/mk$

Color: Blanco, similar RAL 9010

Certificaciones: Todas las placas de fibra mineral de AMF cuentan con certificaciones de calidad y de medio ambiente. CE, ISO9001, ISO14001, RAL, Blue Angel, IBR



La línea AMF ECOMIN está pensada para espacios interiores que requieren cielos registrables modernos y de buena calidad a un bajo costo:

- Oficinas
- Centros comerciales
- Establecimientos educativos
- Recintos recreacionales
- Hospitales y centros de salud



Cubiertas en Steel Framing

La cubierta es el cierre superior de la envolvente, y deberá estar diseñada y construida para resistir cargas de viento según su ubicación, así como para dar protección contra lluvias, granizo y proveer aislación térmica.

En este capítulo se abordará únicamente la estructura de la cubierta. Los restantes componentes se tratarán en los capítulos correspondientes.

Las cubiertas pueden ser:

1. Inclinas: con cabriadas, o con cabios.
2. Planas: losa húmeda y encofrado perdido (metálico o de madera), o seca con poca pendiente y pretil.



La descarga de la cubierta se puede resolver de dos maneras:

- Mediante la continuidad de almas de la cabriada o del cabio con el alma del muro portante.
- Mediante una viga de repartición de cargas, no siendo necesaria la coincidencia de almas, lo cual genera mayor flexibilidad y menos riesgos de ejecución. Esta solución

permite el cambio de modulación entre la cubierta y el muro portante que la recibe.

10.1 CUBIERTAS INCLINADAS

10.1.1 Cubiertas inclinadas con cabriadas

Hay diversos formatos de cabriadas que se materializan con perfiles PGC 100 x 0,90 (tijera, estándar,

con ático, etc.), salvando distintas luces, según su conformación. La unión de los componentes será alma con alma, y mediante tornillos hexagonales auto-perforantes.

En algunos encuentros, por ejemplo entre el cordón inferior y el cordón superior, se cortarán alas y pestañas de los perfiles para permitir el atornillado de las almas.



De acuerdo al cálculo estructural, se podrán colocar separadas con la misma modulación de los montantes (PGC) del muro portante, respetando el concepto de alineación de cargas.

Si se varía la modulación (por ejemplo espaciando las cabriadas para reducir el número de ellas), se utilizará una viga de repartición para distribuir las cargas no alineadas.

Dependiendo del diseño del techo, éste estará compuesto por una secuencia de cabriadas iguales, lo que permite trabajar con el concepto de plantilla o molde, ya sea fabricadas en obra o panelizadas en taller. Esta forma de trabajo permite sistematizar los cortes y uniones, y lograr mayor precisión en el armado.



Se puede optar por rigidizar con cruces de San Andrés, y completar con correas transversales que

Elementos que componen una cabriada:

- Cordon superior: cierre superior del triángulo de cabriada, provee inclinación y da soporte a la cubierta.

- Cordon inferior: cierre inferior del triángulo de cabriada, soporte del cielorraso.

- Pendolones: elementos verticales que conectan el cordon superior y el inferior.

- Diagonales: elementos que conectan los pendolones con los cordones superior e inferior.

- Rigidizador o Stiffener: recorte de perfil PGC que evita el abollamiento del alma en la unión de la cabriada con el muro portante inferior.

irán uniendo todas las cabriadas, reduciendo la luz de pandeo de los cordones superiores y brindando

- Cenefa: perfil PGU para la unión de los extremos de los perfiles PGC que conforman el cordon superior de la cabriada, cierre del borde del alero.

RIGIDIZACIÓN DE CUBIERTAS CON CABRIADAS

Los faldones de la cubierta deberán ser rigidizados para absorber los esfuerzos laterales, al igual que los muros.

Se puede rigidizar con paneles de OSB o multilaminado fenólico, emplacando todo el faldón, trabadando sus juntas. Este sustrato continuo es apto para instalar la barrera de agua y diversos tipos de revestimientos, al tiempo que crea un plano transitable que facilita la instalación de las capas exteriores de dicho cerramiento.

una estructura secundaria donde, por ejemplo, poder atornillar las chapas de la cubierta.



En esta opción, las descargas de las Cruces de San

Andrés deben tener un camino material donde

descargar, hasta la fundación del edificio.



Elementos de rigidización de la cubierta con cabriadas:

1. Con separación de cabriadas de hasta 60 cm, se puede rigidizar los faldones con OSB o multilaminado fenólico.

Las ventajas de rigidizar con diafragma son:

- Permite instalar fácilmente la barrera de agua y viento directamente sobre el diafragma,
- Es apto para recibir distintas terminaciones de cubierta (tejas, chapas, etc.)
- Sirve de plano de apoyo y tránsito para el montaje del propio techo.

2. Cuando la separación entre cabriadas es mayor de 60 cm, o cuando se utilizará un ipo de cubierta

que no necesita sustrato, se rigidizará con Cruces de San Andrés y correas.

Éstas serán la estructura secundaria a la cual se fijará la cubierta, e irán separadas según cálculo.

3. Arriostamiento del cordon superior para reducir la luz de pandeo:

- Perfil PGC o PGO atornillado desde abajo en el cordon superior de la cabriada, uniendo todo el conjunto.

4. Arriostamiento cordon inferior para evitar el volcamiento de cabriadas:

- Perfil PGC atornillado por encima del cordon inferior uniendo el conjunto de cabriadas

- Con cabriadas separadas hasta 60 cm: perfiles omega de 0,50 mm de espesor para la fijación de las placas del cielorraso, separados cada 40 cm o 60 cm, según el tipo de placa de yeso a utilizar.

5. Rigidización contra el volcamiento de cabriadas:

- Diagonales con perfil PGC uniendo pendolones de las cabriadas.

TIMPANOS Y ALEROS

En los techos a dos aguas, el panel de cerramiento lateral se denomina timpano.

Puede ser un panel triangular con la silueta de la cabriada unido a la solera superior del panel, o un panel completo.

Los aleros en la misma dirección de la pendiente, se pueden materializar como una prolongación del cordón superior de las cabriadas, que continúan por encima del muro de apoyo. Según la terminación de la cubierta y la definición del

proyecto, pueden tener caída libre o recibir una canaleta pluvial.

Pueden también cerrarse con un cielorraso plano que contenga las rejillas de ventilación del ático ventilado.

Los aleros sobre el panel del tímpano, se pueden resolver con un panel pasante que queda montado sobre el tímpano (fig. 1), o en voladizo cuando está directamente tomado del propio tímpano (fig. 2).



Fig. 1 - Panel pasante sobre el tímpano



Fig. 2 - Panel en voladizo fijado al tímpano

10.1.2 Cubiertas inclinadas con cumbrera de viga tubo y cabios

Según el cálculo estructural, la viga cumbrera se puede resolver de acuerdo a los distintos formatos de viga tubo. Sobre ella apoyarán los cabios (PGC), que en su otro extremo descargarán sobre el muro portante, en coincidencia de almas con los montantes (PCG) de éste (si no coincidiera la modulación, se utilizará una viga de repartición). Se

dispondrán rigidizadores de alma (stiffener) en los cabios para evitar el abollamiento de alma.

10.2 CUBIERTAS PLANAS

La estructura de la cubierta plana se resuelve en forma similar a la del entrepiso, con su correspondiente diafragma de rigidización. Dicho diafragma puede ser OSB, multilaminado fenólico o chapa sinusoidal. A diferencia de un entrepiso húmedo, el contrapiso ge-

nerará la pendiente necesaria para el escurrimiento hacia el desagüe pluvial, por lo que debe tenerse en cuenta la sobrecarga generada por el aumento de espesor del contrapiso.

El escurrimiento del agua pluvial puede conducirse hacia uno de los lados de la cubierta, y ser recogido por un canalón pluvial, o hacia un punto de recolección pluvial (en un embudo parabólico sanitario o similar).

BARBIERI

Drywall Plus

PERFILES PARA TABIQUES
Y CIELORRASOS GALVANIZADOS



ELEGÍ PARA TUS CLIENTES LO QUE ELEGIRÍAS PARA VOS



JUEVES 15.30
VIVA LA TARDE
SARANDI 690

Arquitectura y Diseño
en las tardes de Sarandí



adbarbieri.com

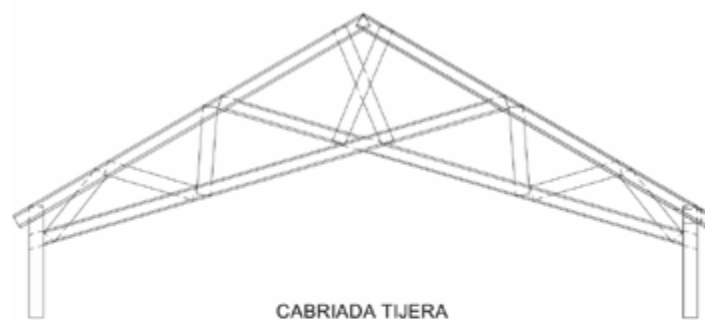
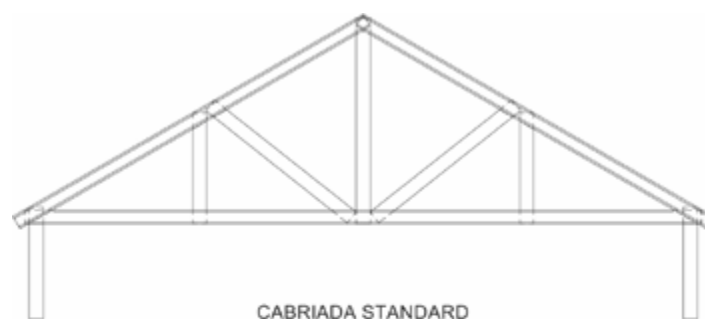


Gráfico CU01 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS

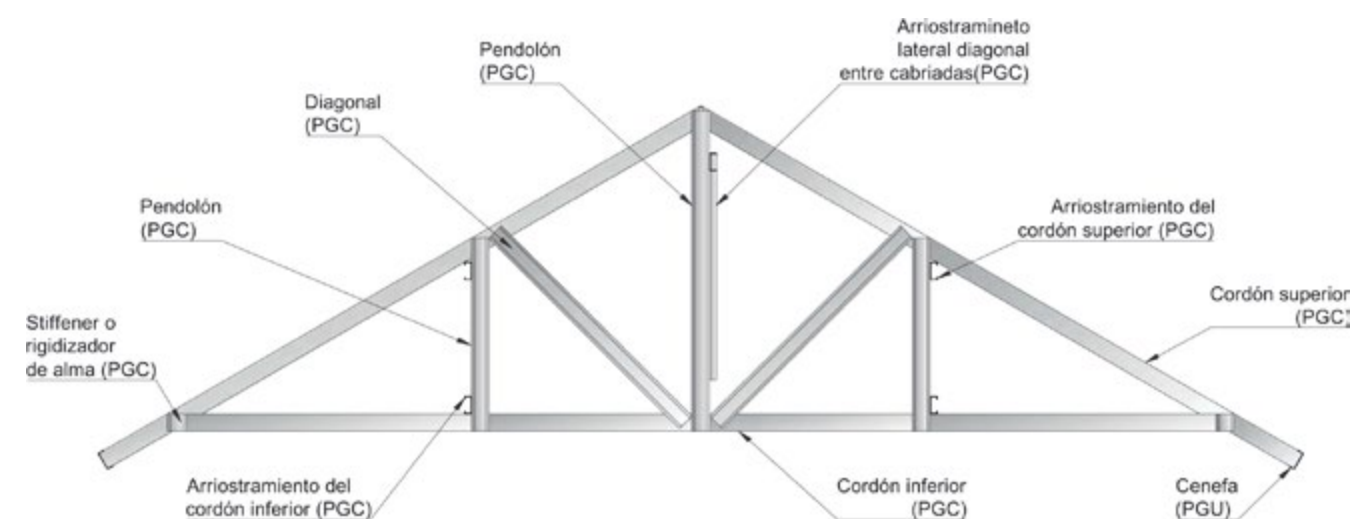


Gráfico CU02 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
Denominación de componentes

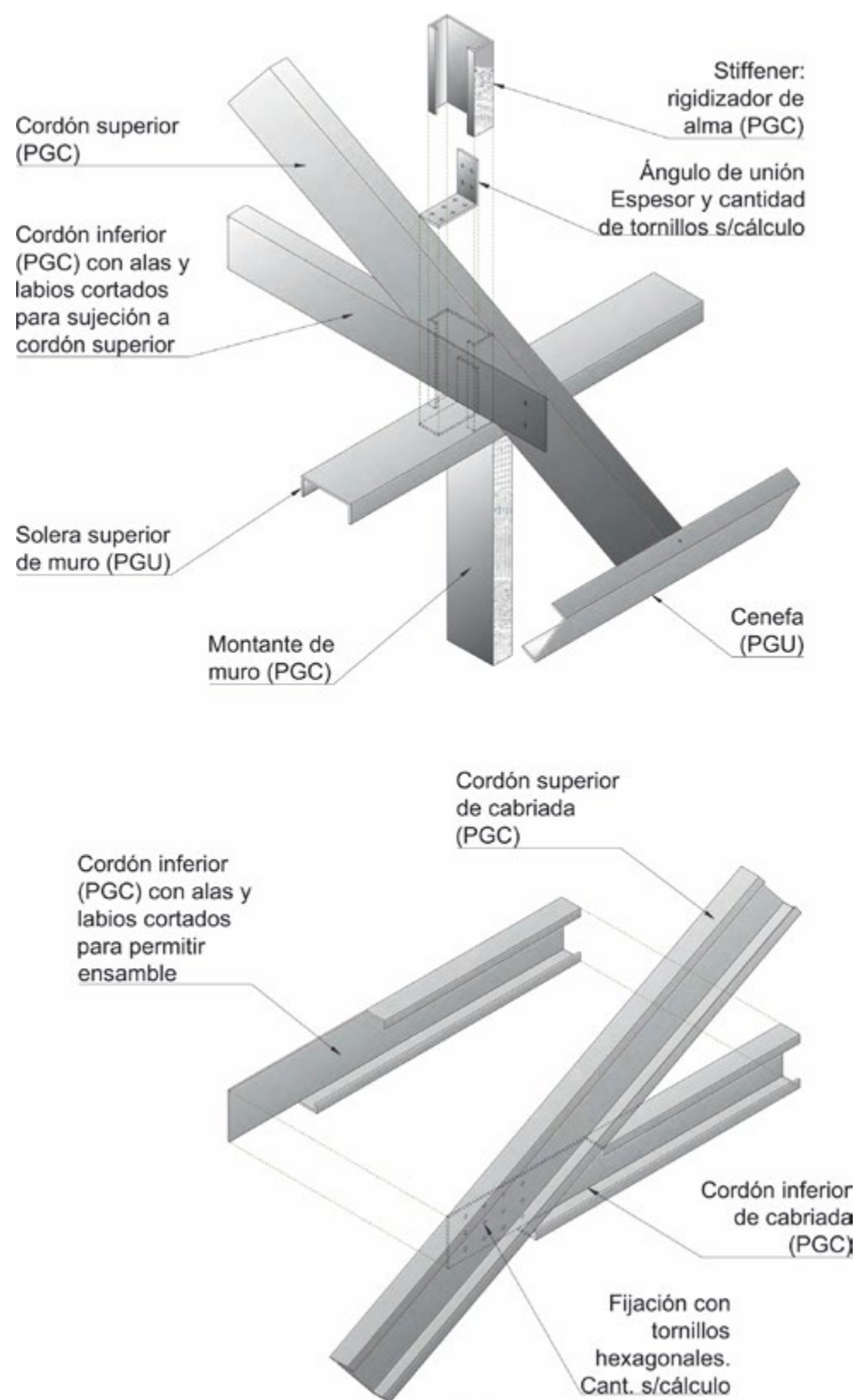


Gráfico CU03

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ENCUENTRO DE CABRIADA CON ALERO Y MURO
Axonométrica y despiece

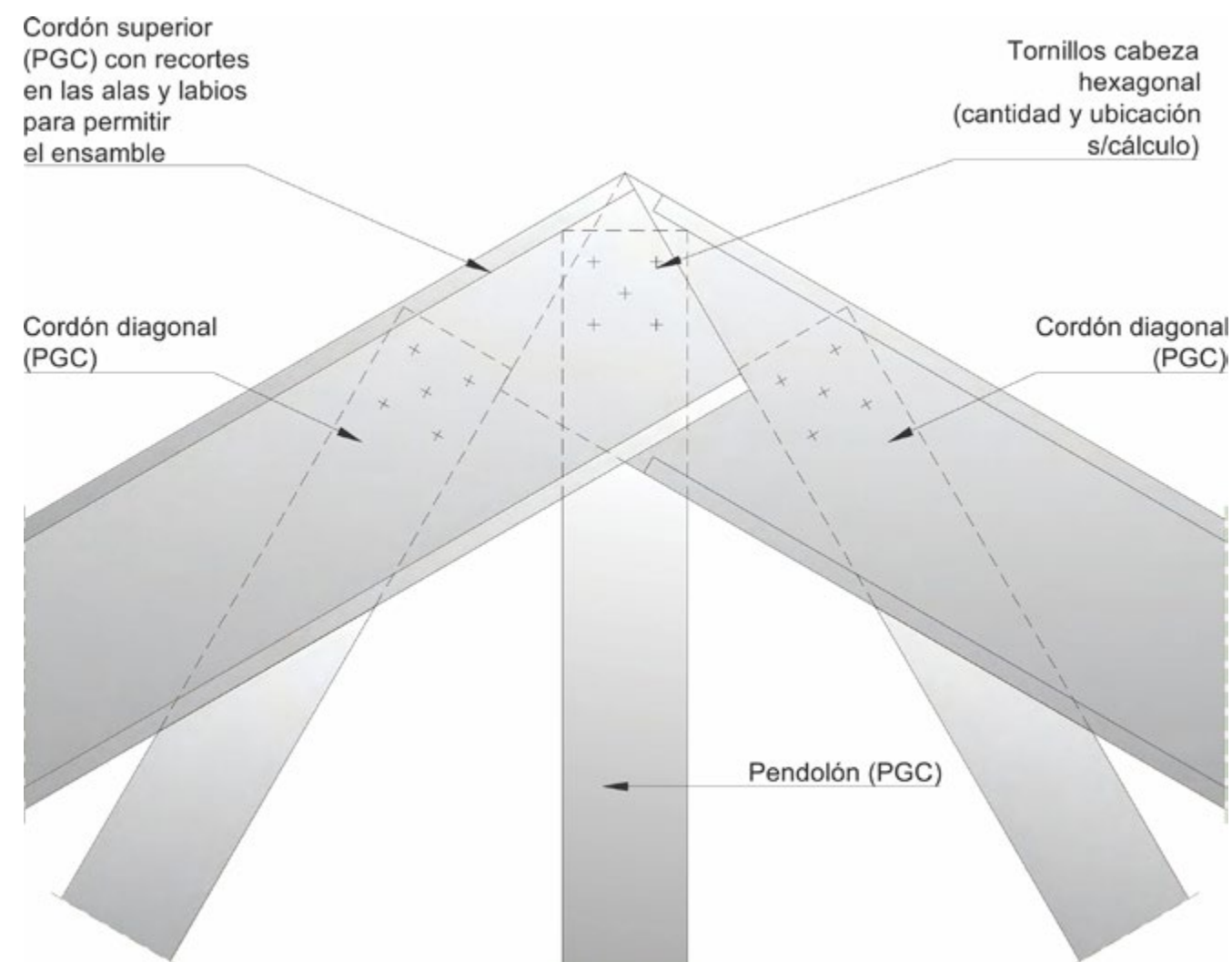
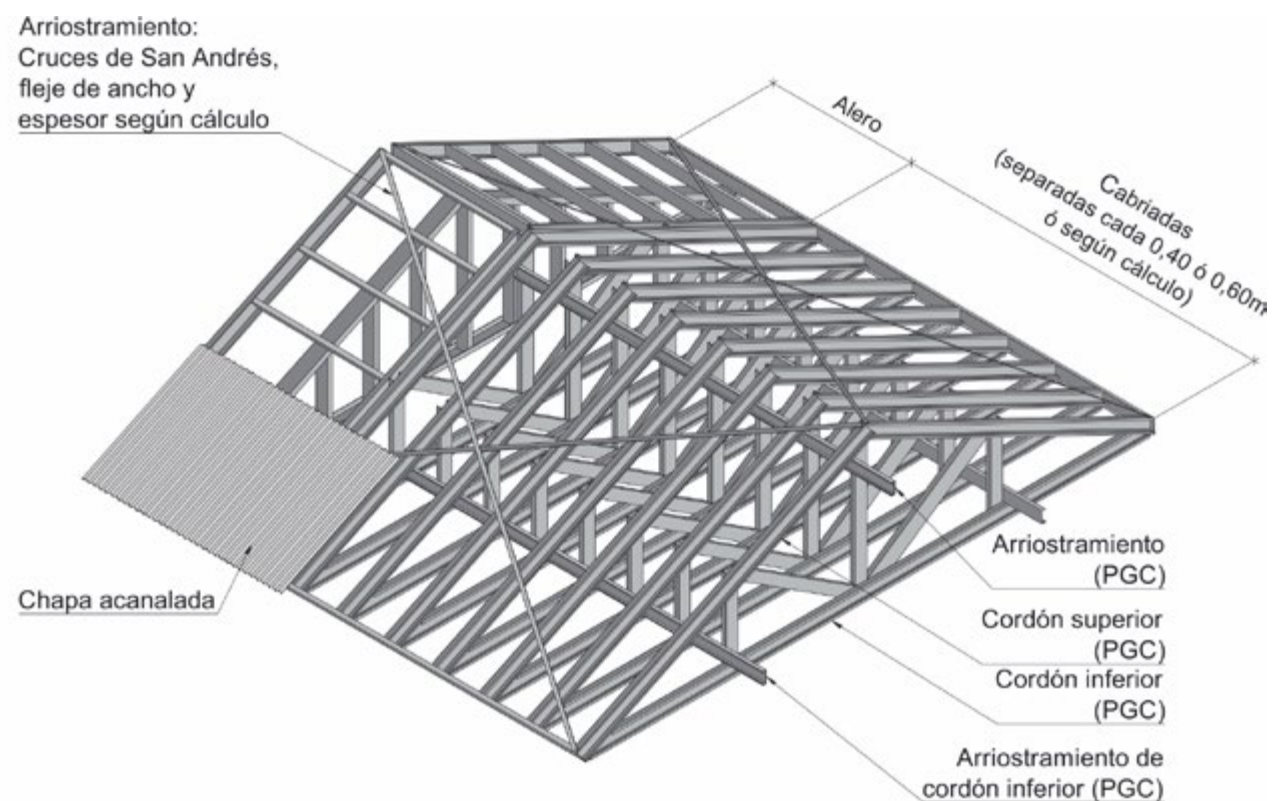


Gráfico CU04

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
UNIÓN DE CUMBRERA



NOTA: La rigidización se realiza con cruces de San Andrés cuando la cubierta a instalar no necesita sustrato.

Gráfico CU05

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ARRIOSTRAMIENTO CON CRUCES DE SAN ANDRÉS

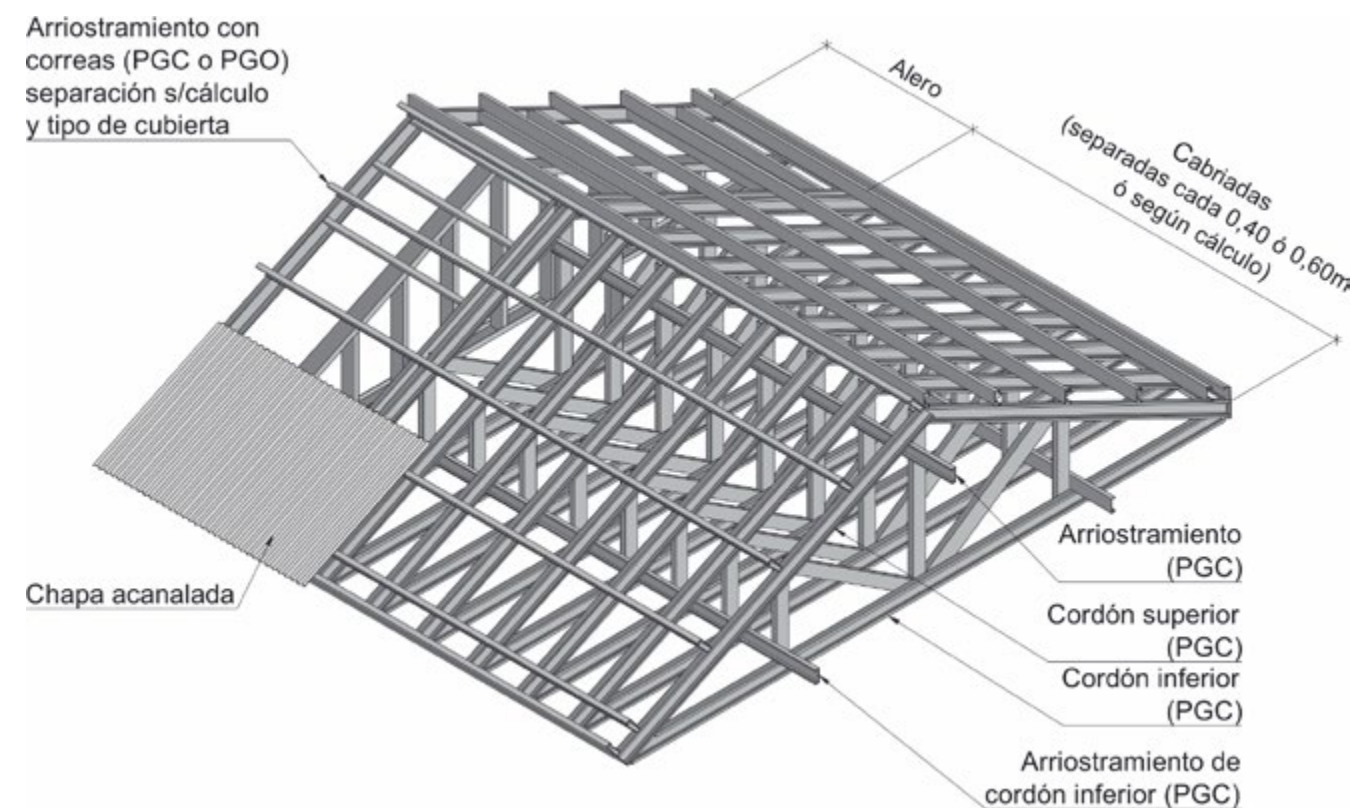


Gráfico CU06

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ARRIOSTRAMIENTO CON CORREAS Y CHAPAS DE CUBIERTA

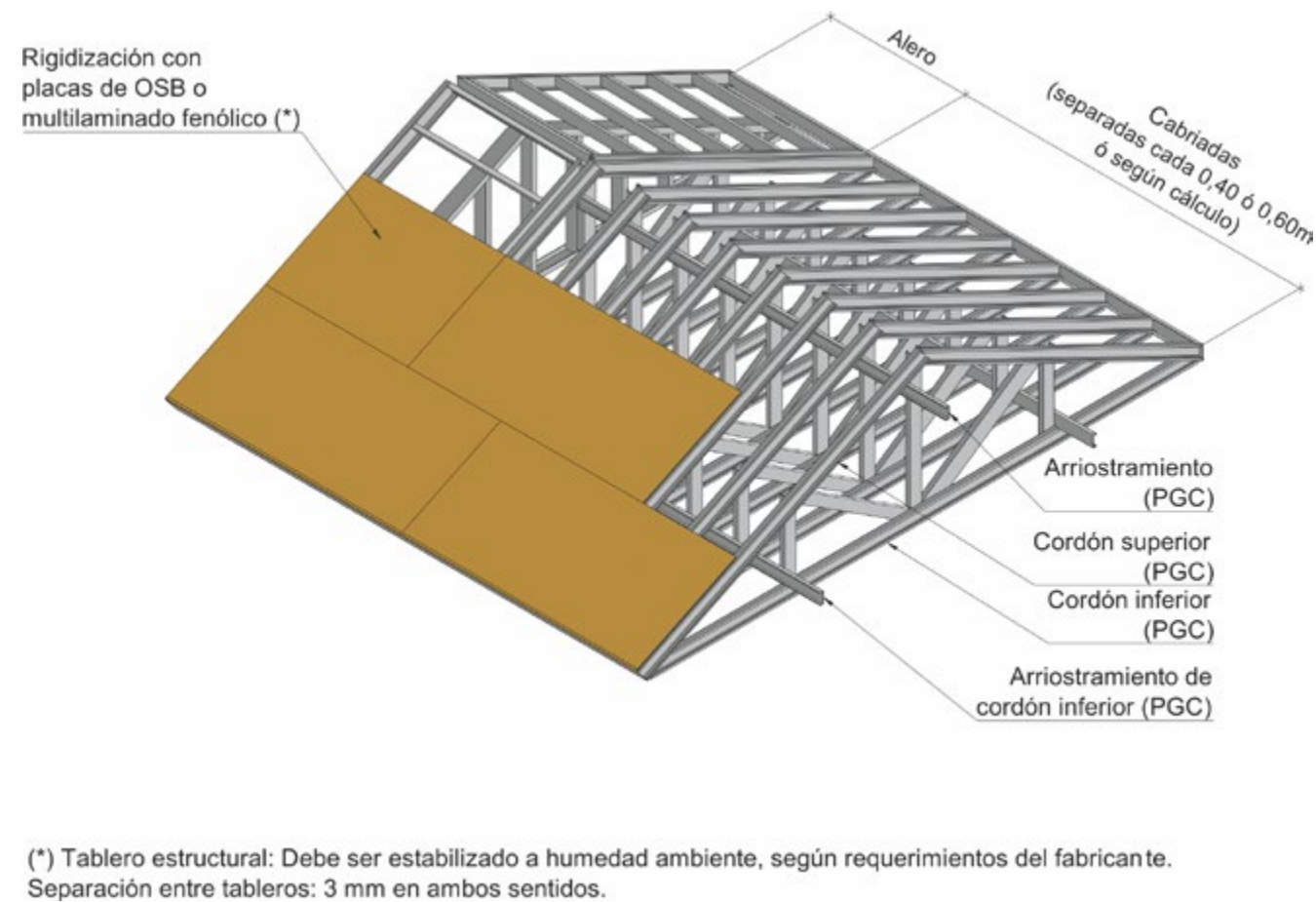


Gráfico CU07 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ARRIOSTRAMIENTO CON DIAFRAGMA DE RIGIDIZACIÓN

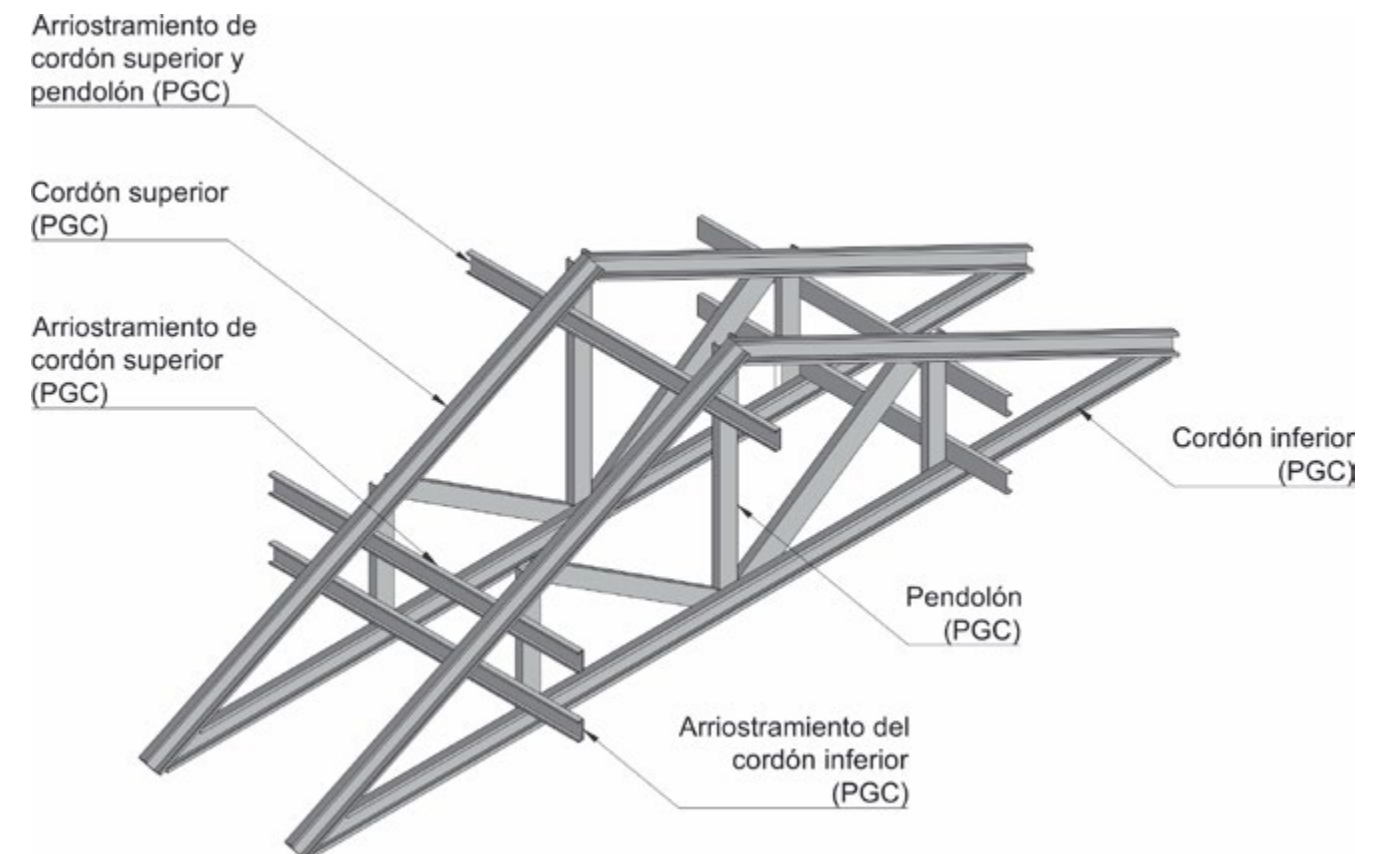


Gráfico CU08 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ARRIOSTRAMIENTO DE CORDONES SUPEIOR E INFERIOR

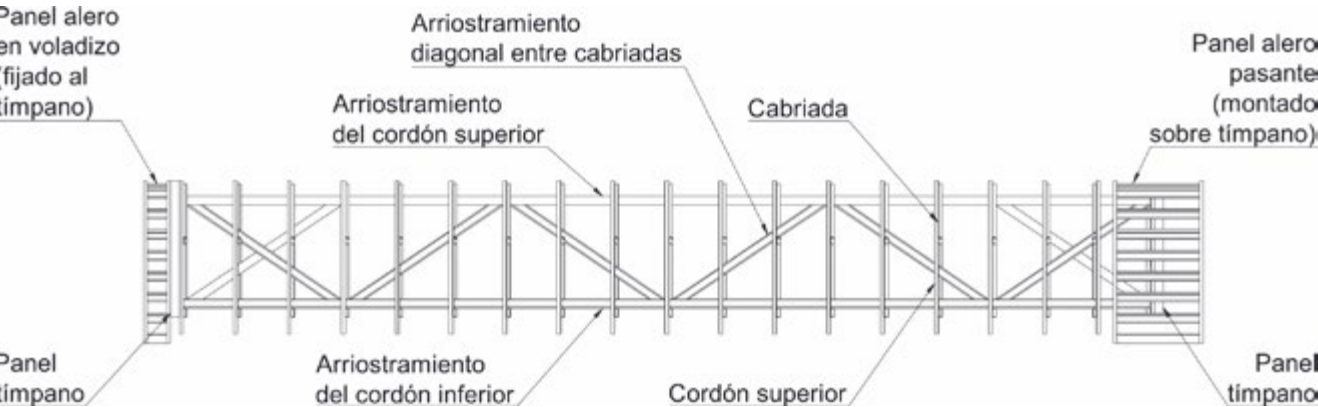


Gráfico CU09 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ARRIOSTRAMIENTO DIAGONALES ENTRE CABRIADAS
VISTA LATERAL

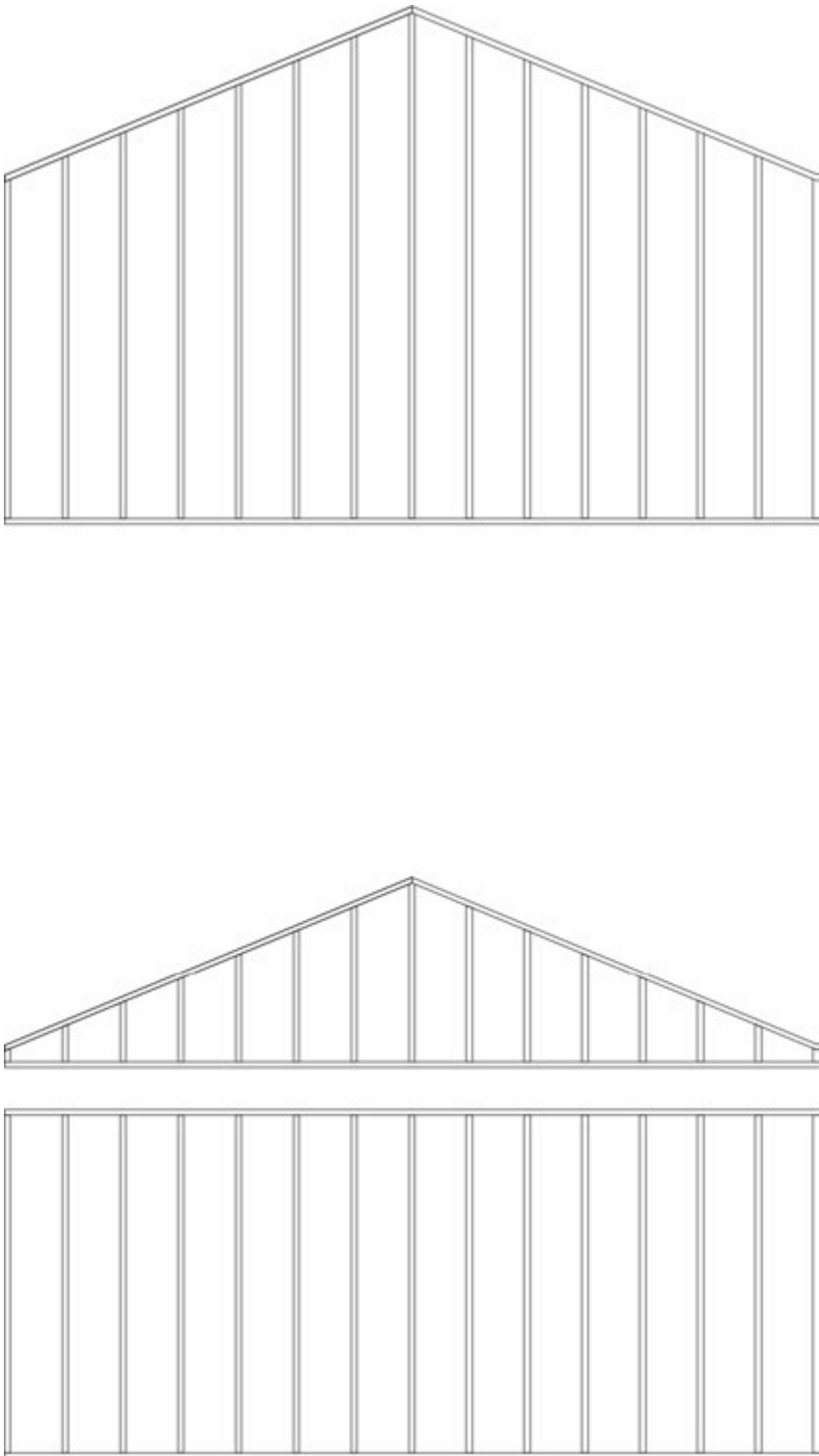


Gráfico CU10 CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
TIMPANOS

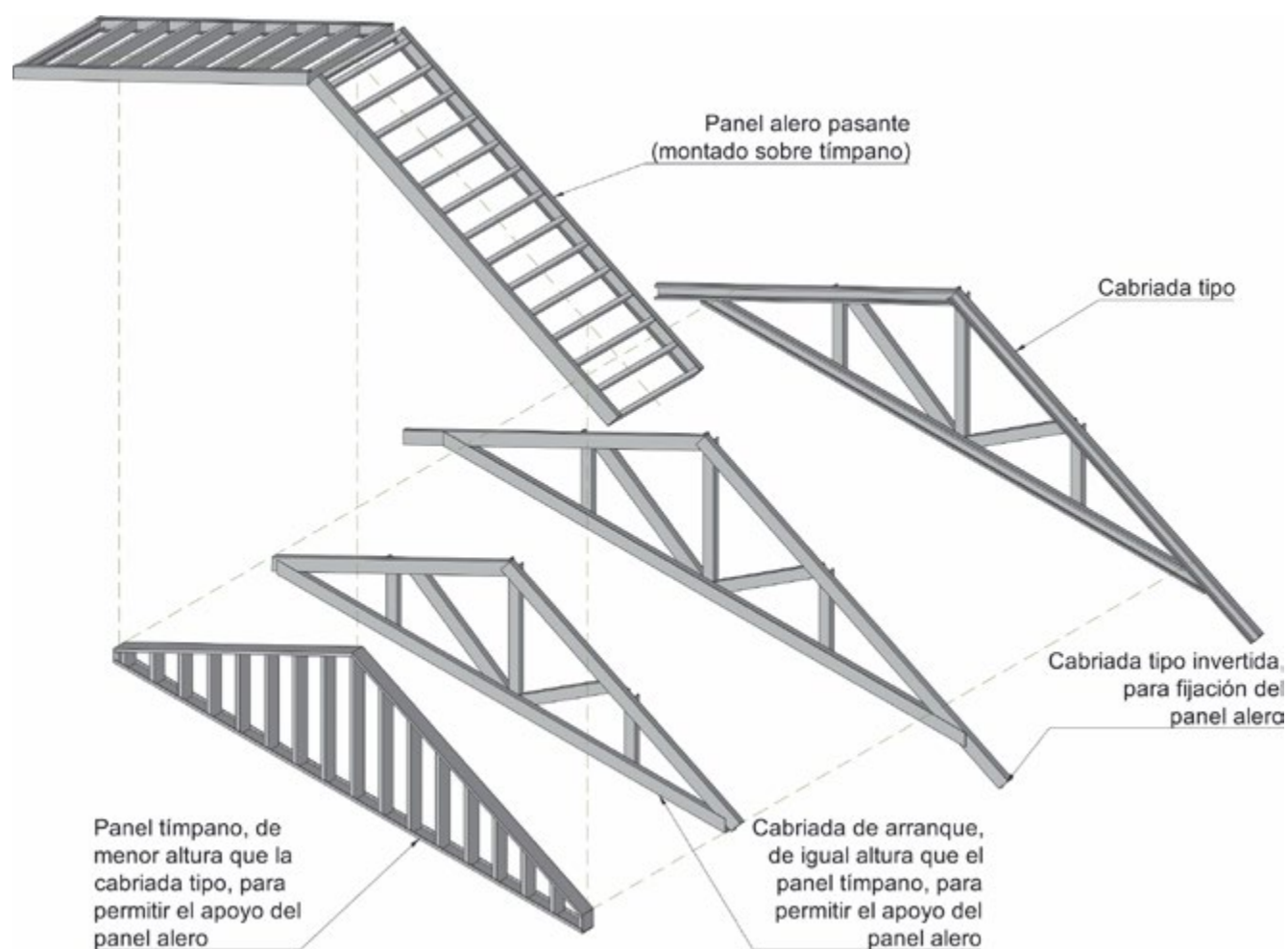


Gráfico CU11

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ALERO PASANTE SOBRE TÍMPANO

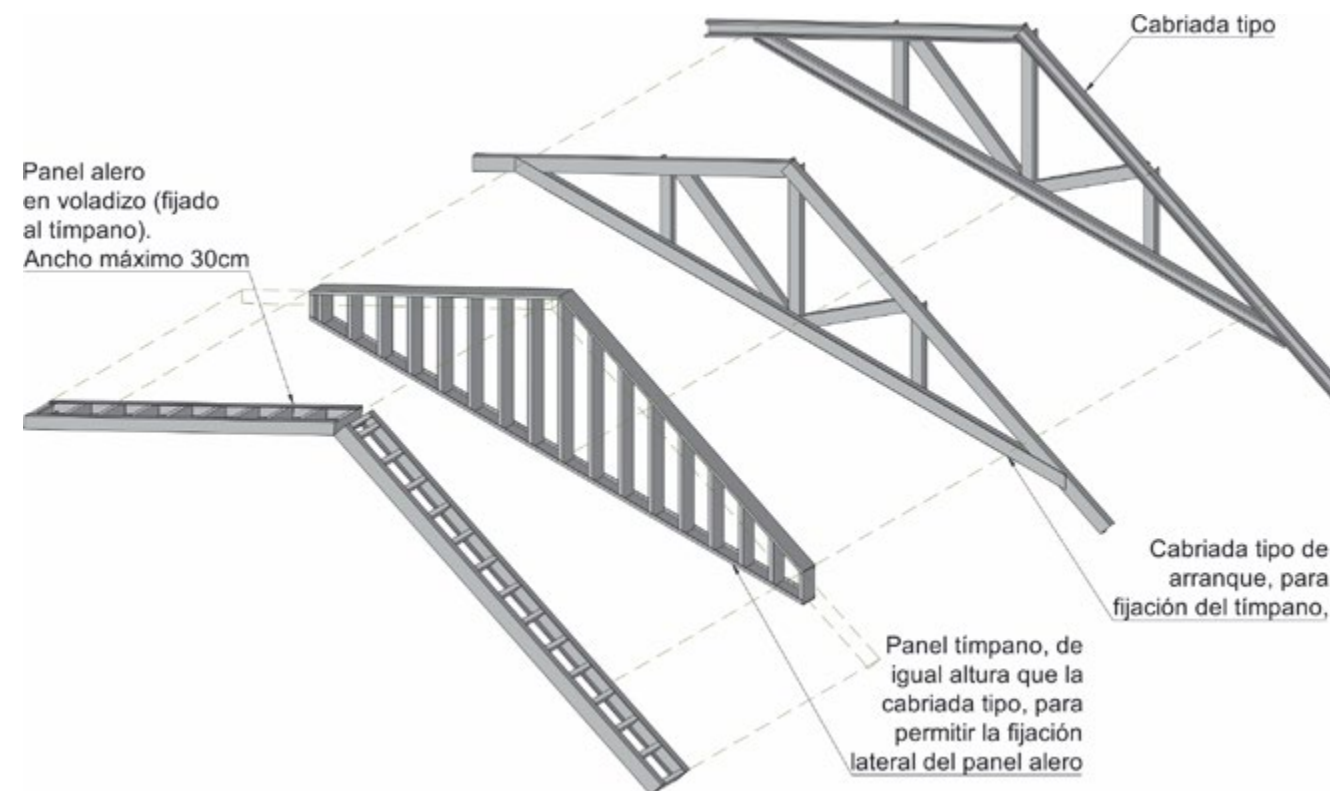


Gráfico CU12

CUBIERTA INCLINADA CON CABRIADAS
ALERO EN VOLADIZO, FIJADO LATERALMENTE AL TÍMPANO

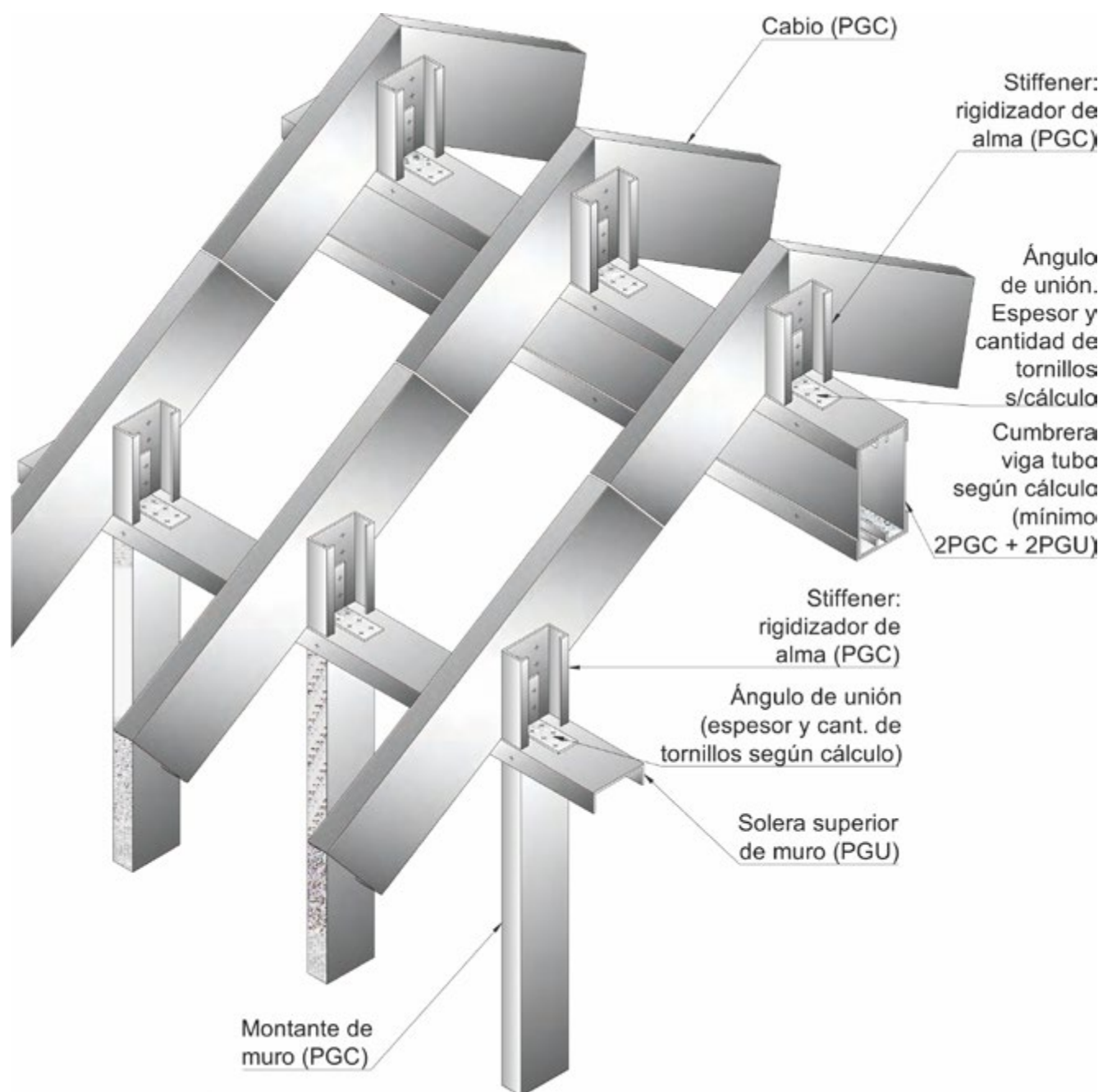


Gráfico CU13

CUBIERTA CON CABIOS Y CUMBRERA VIGA TUBO
AXONOMÉTRICA

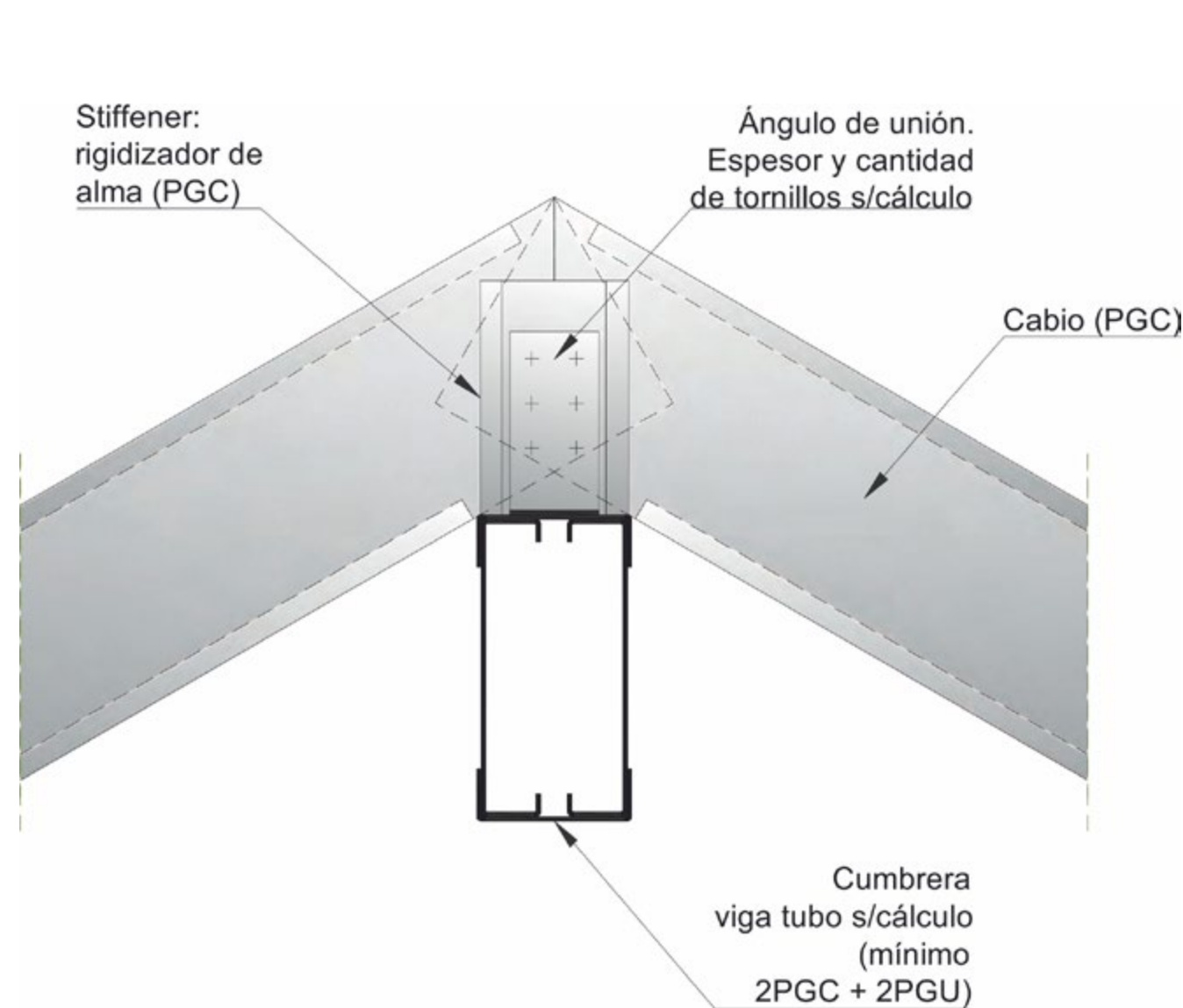


Gráfico CU14

CUBIERTA CON CABIOS Y CUMBRERA VIGA TUBO
DETALLE DE CUMBRERA
CORTE

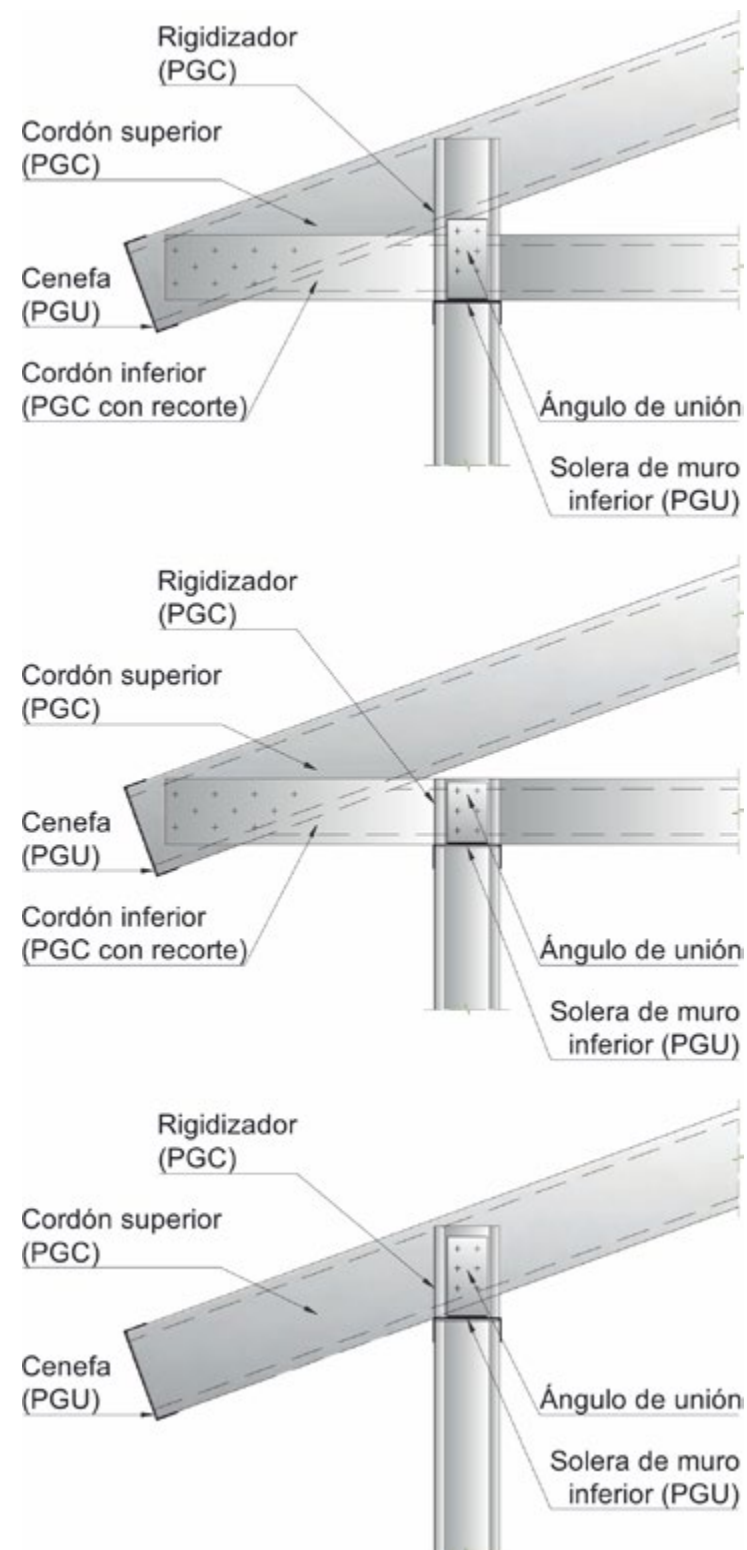
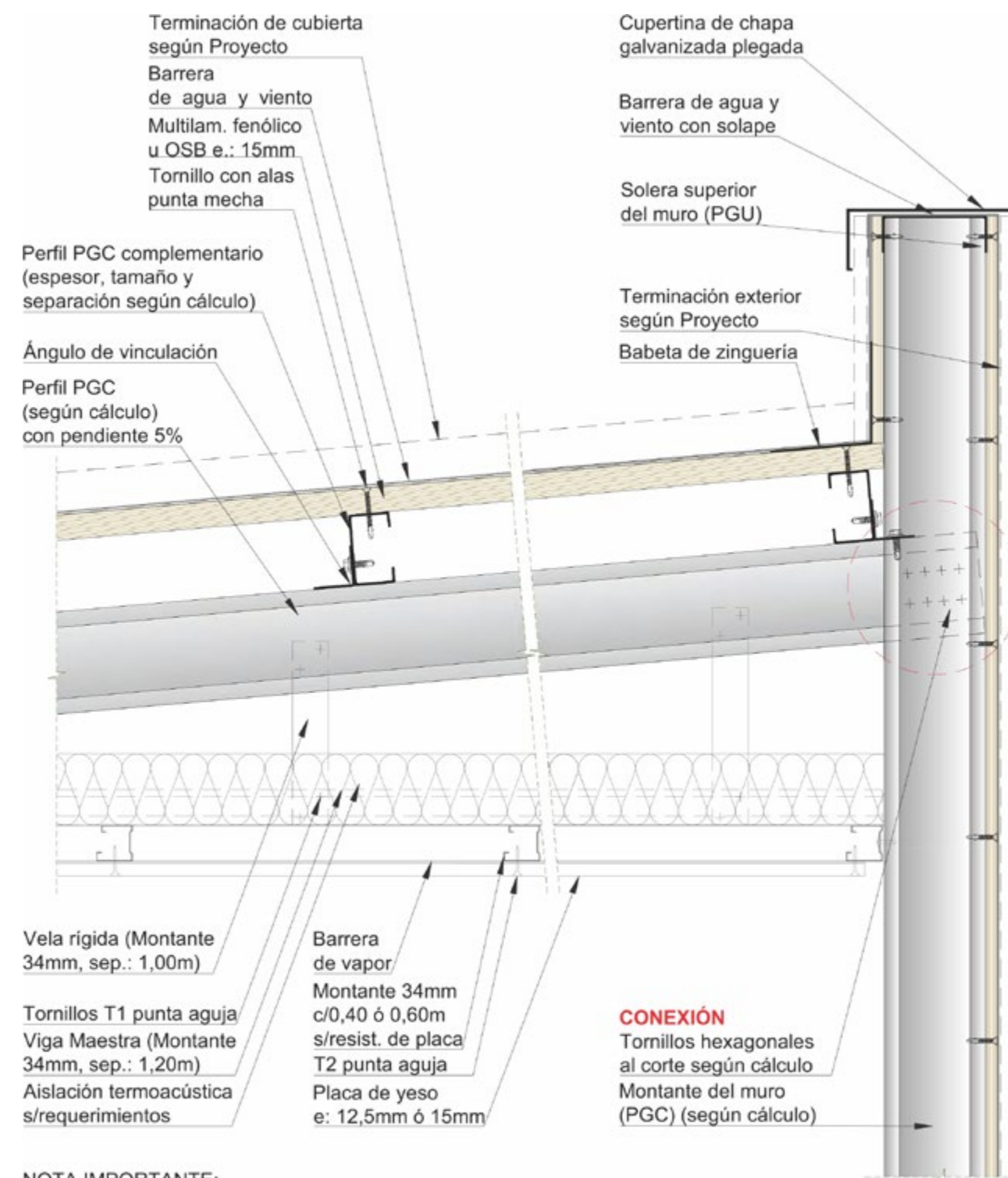


Gráfico CU15

CUBIERTA CON CABIOS Y CUMBRERA VIGA TUBO
DETALLE DE ALERO
CORTE



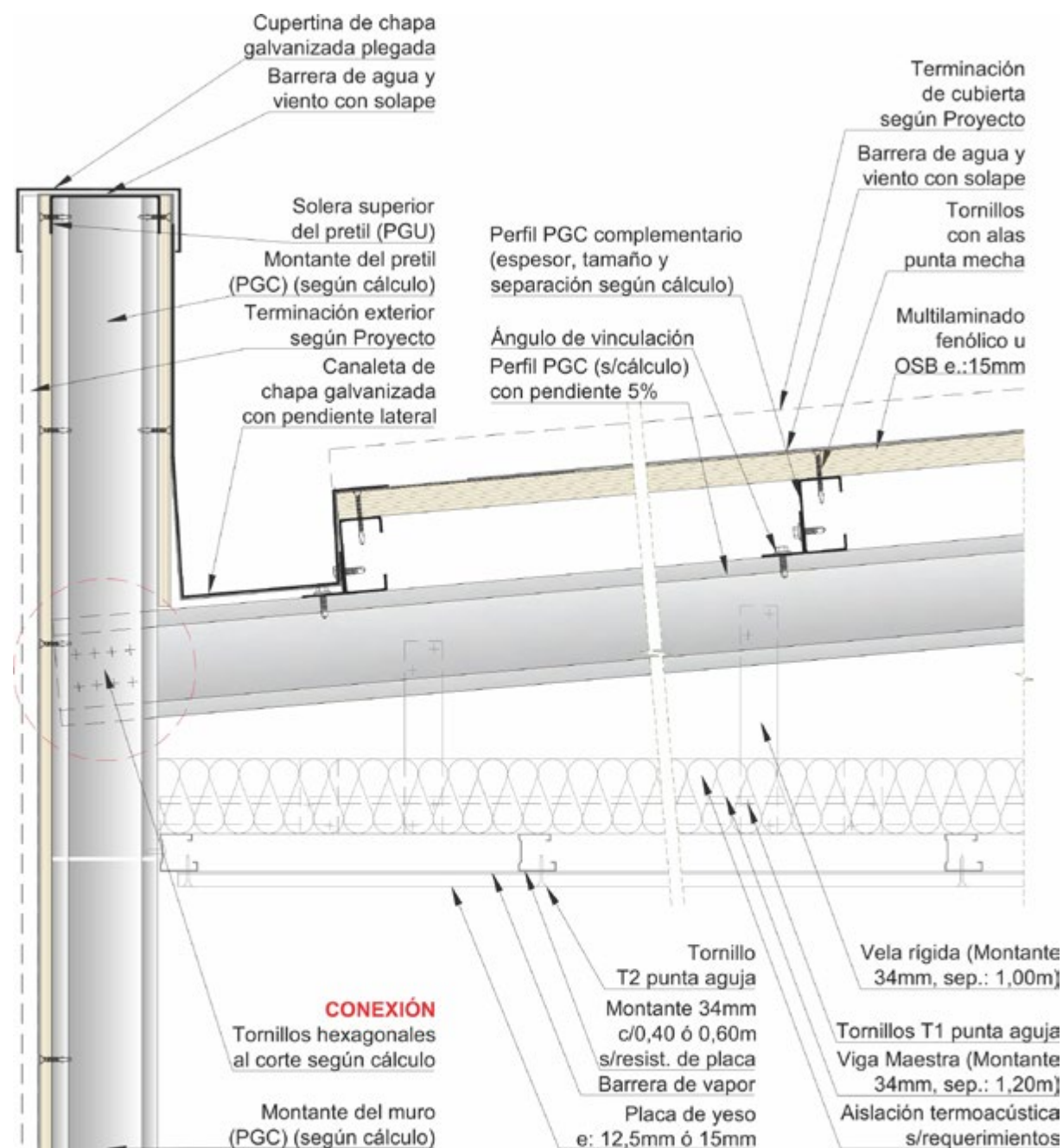
NOTA IMPORTANTE:

La CONEXIÓN entre el perfil de cubierta (PGC) y el montate de muro (PGC) está dada por los tornillos hexagonales trabajando al corte. La ubicación, dimensión, cantidad y calidad de los mismos deberá ser determinada por el calculista responsable del diseño estructural.

SE RECOMIENDA EXTREMAR SU CONTROL EN OBRA.

Gráfico CU16

CUBIERTA PLANA SECA CON PENDIENTE MÍNIMA
MURO CON PRETIL CONTÍNUO
CORTE LONGITUDINAL A VIGAS - DETALLE EXTREMO SUPERIOR DE CUBIERTA



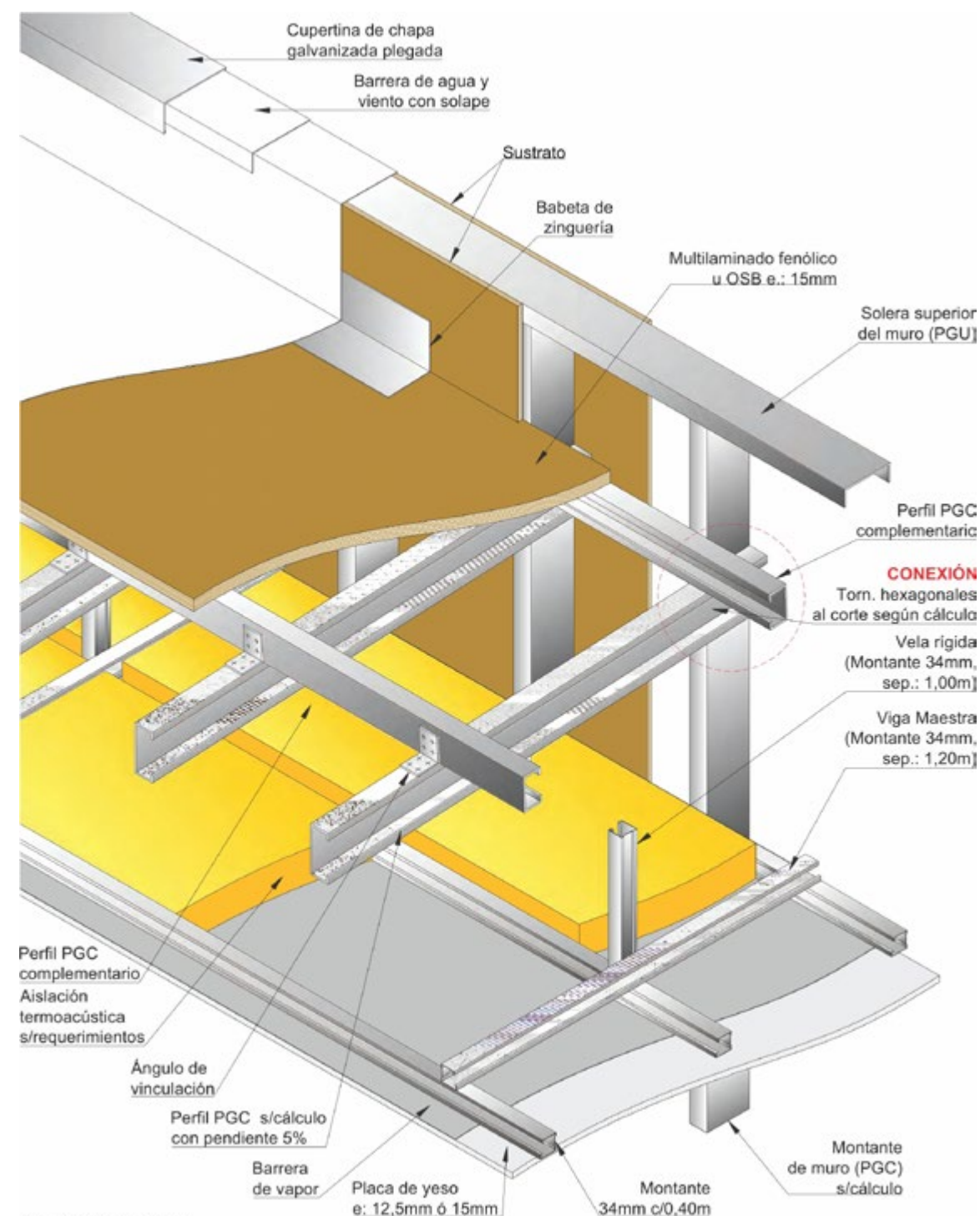
NOTA IMPORTANTE:

La CONEXIÓN entre el perfil de cubierta (PGC) y el montante de muro (PGC) está dada por los tornillos hexagonales trabajando al corte. La ubicación, dimensión, cantidad y calidad de los mismos deberá ser determinada por el calculista responsable del diseño estructural.

SE RECOMIENDA EXTREMAR SU CONTROL EN OBRA.

Gráfico CU17

**CUBIERTA PLANA SECA CON PENDIENTE MÍNIMA
MURO CON PRETIL CONTÍNUO
CORTE LONGITUDINAL A VIGAS - DETALLE EXTREMO INFERIOR DE CUBIERTA**



NOTA IMPORTANTE:

La CONEXIÓN entre el perfil de cubierta (PGC) y el montante de muro (PGC) está dada por los tornillos hexagonales trabajando al corte. La ubicación, dimensión, cantidad y calidad de los mismos deberá ser determinada por el calculista responsable del diseño estructural. **SE RECOMIENDA EXTREMAR SU CONTROL EN OBRA.**

Gráfico CU18

**CUBIERTA PLANA SECA CON PENDIENTE MÍNIMA
MURO CON PRETIL CONTÍNUO
AXONOMETRICA - DETALLE EXTREMO SUPERIOR CUBIERTA**

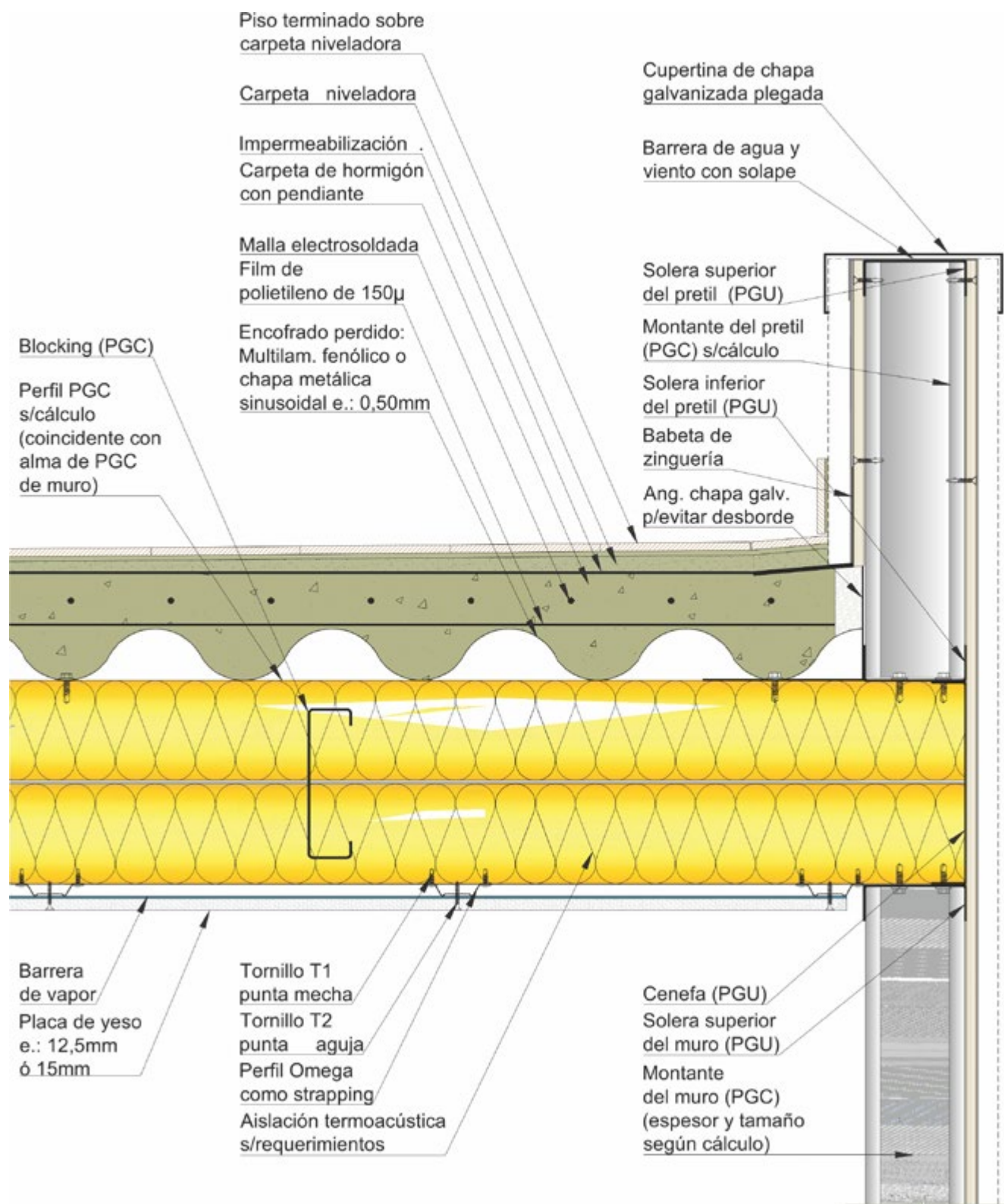


Gráfico CU19A

CUBIERTA PLANA HÚMEDA HORIZONTAL CON AISLACIÓN DE CAMARA COMPLETA
OPCIÓN: MURO CON PRETIL INDEPENDIENTE
CORTE LONGITUDINAL A VIGAS

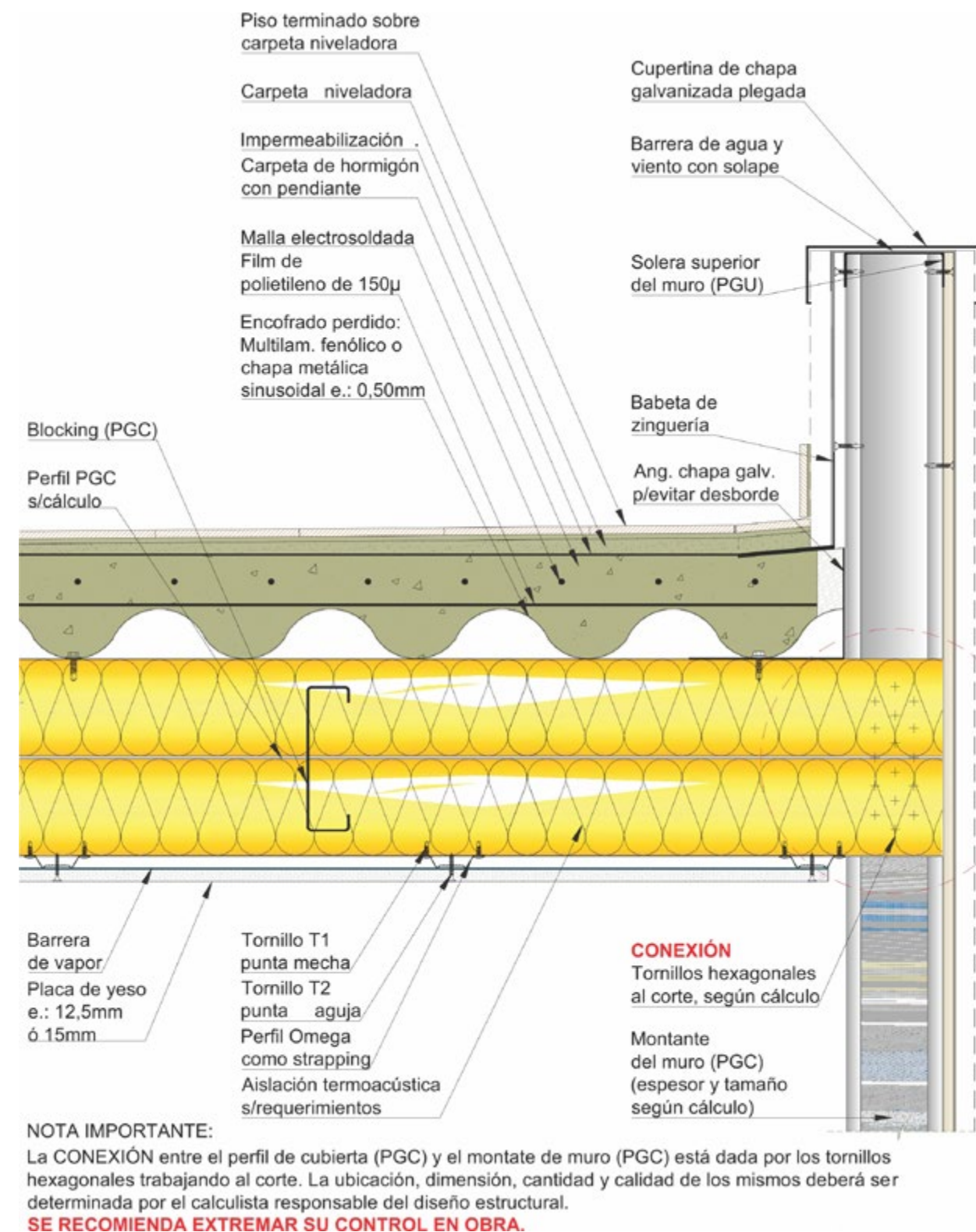


Gráfico CU19B

CUBIERTA PLANA HÚMEDA HORIZONTAL CON AISLACIÓN DE CAMARA COMPLETA
OPCIÓN: MURO CON PRETIL CONTÍNUO
CORTE LONGITUDINAL A VIGAS

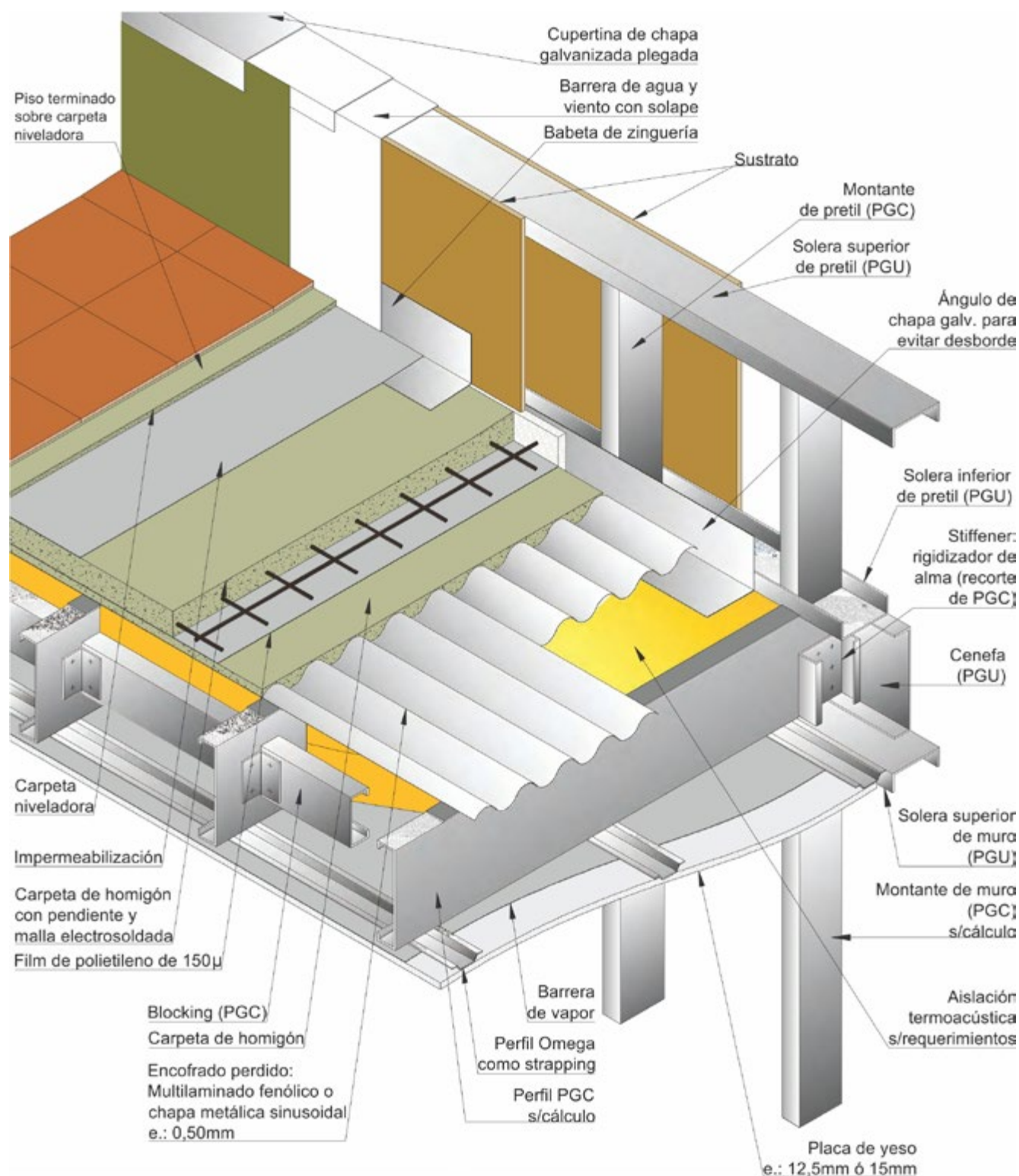
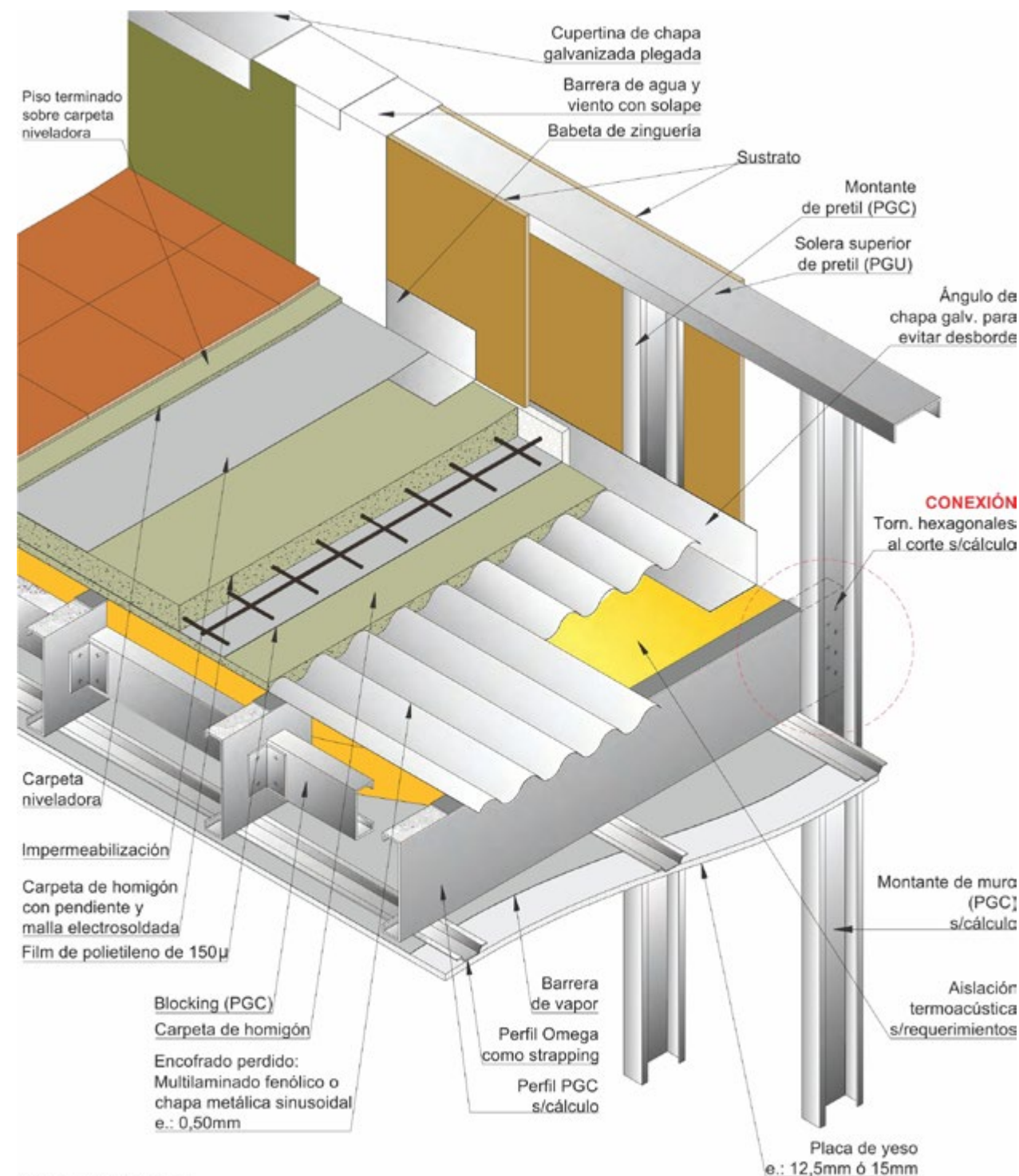


Gráfico CU20A
CUBIERTA PLANA HÚMEDA HORIZONTAL CON AISLACIÓN DE CAMARA COMPLETA
OPCIÓN: MURO CON PRETIL INDEPENDIENTE
AXONOMÉTRICA



NOTA IMPORTANTE:
La CONEXIÓN entre el perfil de cubierta (PGC) y el montante de muro (PGC) está dada por los tornillos hexagonales trabajando al corte. La ubicación, dimensión, cantidad y calidad de los mismos deberá ser determinada por el calculista responsable del diseño estructural. **SE RECOMIENDA EXTREMAR SU CONTROL EN OBRA.**

Gráfico CU20B

CUBIERTA PLANA HÚMEDA HORIZONTAL CON AISLACIÓN DE CAMARA COMPLETA
OPCIÓN: MURO CON PRETIL CONTÍNUO
AXONOMÉTRICA

ACQUA SYSTEM

30 AÑOS CUIDANDO EL FUTURO DEL AGUA



ACQUA-SYSTEM® Thermofusion

ACQUA SYSTEM Es el sistema inteligente de conducción de agua fría y caliente, producido en polipropileno copolímero random, con unión por Termofusión, sin corrosión ni pérdidas.

Una de las ventajas fuertes del sistema es que las cañerías se pueden reparar y dejarlas en condiciones normales para operar sin dificultades ante solicitudes de máxima exigencia mecánica y/o térmica.



Tarugo de reparación de PPCR

Reparar cañerías ACQUA-SYSTEM®, afectadas en una cara, la cara accesible al operador, es un proceso rápido, sencillo, limpio y altamente seguro



Video tutorial ¿Cómo reparar una cañería ACQUA-SYSTEM® perforada?

Para ver el video enciende la cámara de tu dispositivo móvil y coloca el código QR en el centro del visor de la cámara.

Asegúrate de que la cámara tenga una vista clara del código.



Código
08900499000

Montura de derivación

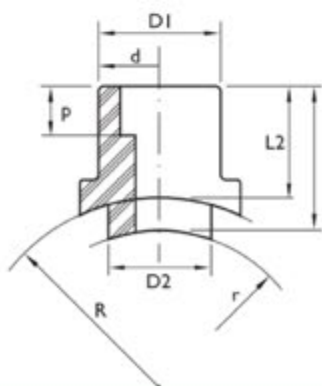
La montura de derivación es un accesorio que permite generar una derivación a noventa grados con reducción de diámetro sin necesidad de colocar una T.



Video tutorial ¿Cómo usar la montura de derivación?

Para ver el video enciende la cámara de tu dispositivo móvil y coloca el código QR en el centro del visor de la cámara.

Asegúrate de que la cámara tenga una vista clara del código.



Código	T		d	D1	D2	p	R	L1	L2
08136063020	63	x	20	30	25	14	32	34	28
08136075020	75	x	20	30	25	14	38	35	28
08136090020	90	x	20	30	25	14	45	36	28
08136063025	63	x	25	35	25	16	32	34	28
08136075025	75	x	25	35	25	16	38	35	28
08136090025	90	x	25	35	25	16	45	36	28
08136075032	75	x	32	43	32	18	38	37	30
08136090032	90	x	32	43	32	18	45	38	30
08136110032	110	x	32	43	32	18	55	38	30



Gral. Urquiza 2575 - CP 11600
Montevideo - Uruguay



2481 05 30 | 240 82 15 | 2487 78 30
anilco.com.uy

productos

SikaTop®-107 Seal UY y SikaTop® Seal-107 Flex

SikaTop® Seal-107 tiene más de 35 años en el mercado Uruguayo, y es el mortero impermeabilizante diseñado para resistir presión de agua positiva (contenedores de agua) y negativa (subsuelos). Este producto es ideal para la impermeabilización de estructuras expuestas al agua tanto de manera permanente como eventual. Es el único producto en su categoría habilitado para estar en contacto con agua potable ya que no es tóxico.

Posee muy buena adherencia sobre soportes porosos y húmedos, aportando una excelente impermeabilización en tanques de agua y piscinas.

SikaTop®-107 Seal UY es un revestimiento impermeable flexible que resiste la presión de agua.

Entre sus principales características de destaca su alta impermeabilidad aun en inmersión permanente, y su buena resistencia mecánica y a la abrasión. Está constituido por 2 componentes, a base de cemento modificado con polímeros.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

- No es barrera de vapor.
- Mínima retracción.
- Pintable con pinturas al agua.
- Alta adherencia sobre soportes porosos húmedos.

- Aplicable a llana o pin-celata.

SikaTop® Seal-107 Flex surge luego de que SikaTop®-107 Seal UY, se convierta en el mortero impermeabilizante con las más altas prestaciones.

Cuenta con excelente impermeabilidad aún bajo presión de agua positiva o negativa, y es muy flexible.

Del mismo modo que SikaTop®-107 Seal UY no tóxico, y también está constituido por 2 componentes, a base de cemento modificado con polímeros.

Su gran flexibilidad le permite absorber mayores movimientos del soporte otorgando excelente impermeabilidad y muy buena adherencia sobre sustratos cementicios porosos.

OTRAS CARACTERÍSTICAS

- Habilitado para estar en contacto con agua potable.
- Buenas resistencias mecánicas.
- Resistente a la abrasión.
- Permeable al vapor de agua.
- Pintable con pinturas al agua.





CONSUMO RECOMENDADO

Ambos morteros consumen aproximadamente 2 kg/m² para una capa de 1 milímetro de espesor. El consumo total depende del tipo y rugosidad del sustrato y de la presión de agua existente.

SOBRE SU APLICACIÓN

- En caso de aplicación a pinceleta se debe mezclar el total del componente líquido con el total del componente en polvo. Se utiliza en superficies con baja exposición de agua.

- En caso de aplicación a llana se debe mezclar el 80% del componente líquido con el total del componente en polvo. Se utiliza en superficies con alta exposición de agua.



- En superficies con fisuras o alta exposición al agua se recomienda reforzar la aplicación con Tejido 107.

Este producto es una malla de poliéster reforzada con fibra de vidrio que le aporta mayor resistencia a las tensiones y durabilidad.



Sika Uruguay S.A.
Av. José Belloni 5514
CP 12200 - Manga
Montevideo, Uruguay
Tel: (+598) 2220 2227*



“Campo de Experimentación de Materiales y Tecnologías para la Construcción”

campo@ligaconstruccion.org



AMF ECOMIN Orbit

Es una placa de fibra mineral biosoluble para cielorrasos modulares, económicos, con superficie texturizada, indicados para áreas que no requiere una absorción acústica.

Reflexión lumínica alta (85%)
Ideal para pequeños negocios y comercio minorista



CUANDO SE HABLA
DE MORTERO CEMENTICIO
FLEXIBLE, SE HABLA DE

SIKATOP® SEAL-107



EL MORTERO IMPERMEABLE DE CONFIANZA MUNDIAL

SikaTop Seal-107 es un mortero impermeable desarrollado para la prevención de filtraciones de agua a presión.

Está específicamente indicado para el tratamiento de áreas húmedas tales como baños y especialmente la zona de ducha, SikaTop Seal-107 permite la colocación posterior de los revestimientos cerámicos con adhesivos de la línea Binda.

Tanto en obras nuevas como reparaciones o reformas, SikaTop Seal-107 es el impermeabilizante cementicio sinónimo de practicidad y confianza a nivel mundial.

- **Alta impermeabilidad a presión de agua positiva o negativa, aún en inmersión permanente**
- **No altera la potabilidad del agua** (Aprobado por la IMM resol. 3353/02).
- **Alta adherencia sobre soportes porosos húmedos.**
- **Aplicable a llana o pinceleta.**
- **Buenas resistencias mecánicas.**
- **Mínima retracción.**

SIKA URUGUAY S.A.
Tel: 2220 2227*
www.sika.com.uy

CONSTRUYENDO CONFIANZA

