

TESINA:

POLICARBONATO EN FACHADAS

USO DEL POLICARBONATO EN CERRAMINETOS Y REVESTIMIENTOS DE FACHADA.

ALUMNOS:

HORACIO CARBONE

FEDERICO IRLAND

DOCENTE TUTOR:

PROF. ARQ. MIGUEL ARROSPIDE

FECHA:

FEBRERO, 2016

00. CONTENIDO

01. Resumen y objetivo.....	4
02. Elección del tema e introducción.....	5
03. ¿Qué es?	5
04. Breve reseña histórica.....	6
05. El policarbonato en Uruguay.	9
06. Propiedades y características.....	11
06.1. Propiedades físicas.....	12
06.2. Propiedades mecánicas (a 23°C).....	12
06.3. Propiedades acústicas.....	14
06.4. Propiedades térmicas.....	15
06.5. Propiedades ópticas.....	15
06.6. Propiedades eléctricas.....	16
06.7. Propiedades químicas.	16
06.8. Otras consideraciones.....	17
07. Tipos y formas.	17
07.1. Láminas de policarbonato compactas.	19
07.2. Láminas de policarbonato alveolar (celular o multi-pared).	21
08. Manipulación y cuidados de las placas.....	24
09. Aplicaciones.....	26
10. El policarbonato como sistema.....	26
10.1. Clasificación de sistemas constructivos con paneles.	27
10.2. Sistemas modulares para cerramiento o revestimiento de fachada.....	27
10.2.1. Sistemas modulares con conectores.	28
10.2.1.1. Con conectores no aparentes.....	29
10.2.1.2. Con conectores aparentes.....	31
10.2.1.3. Sistema de revestimiento para fachada.....	33
10.2.1.4. Cerramiento multi-pared.	37

10.2.2. Sistemas modulares machihembrados.....	39
10.2.3. Sistemas modulares con solapamiento.	42
10.3. Ejemplos.....	43
11. Un ejemplo local.....	48
11.1. Datos de la obra.	49
11.2. Espacio polivalente.....	52
11.3. Características de las placas utilizadas.	56
11.4. Montaje.....	56
11.5. Recomendaciones del fabricante en cuanto a limpieza.....	58
11.6. Estructura.....	58
11.7. Aberturas.....	60
11.8. Elementos de fijación.....	63
11.9. Encuentros e interfaces.	66
11.9.1. Encuentros verticales.....	69
11.9.2. Encuentro entre cerramietos fijos y móviles.....	70
11.10. Otras fachadas.	72
11.11. Consideraciones a la hora de toma de partido por esta solución.....	72
11.12. Aspectos considerados al momento de la elección del sistema.....	73
11.13. Análisis de la solución respecto a niveles de confort.	76
11.14. Reporte de la entrevista realizada a la arquitecta.....	78
11.15. Conclusiones de la obra.....	80
12. Conclusiones.....	82
13. Bibliografía consultada, sitios visitados y datos extraídos.	84

01. RESUMEN Y OBJETIVO.

Esta tesina indaga sobre el material en su uso para fachadas desde varios puntos de aproximación. Desde el material en sí mismo, como elemento sintético aislado, hasta como elemento conformador de un sistema, pasando también por utilizaciones más caseras o rudimentarias, a medio camino entre la utilización más simple y las más sofisticadas.

En la primera parte se hace hincapié en el policarbonato como material en sí mismo, su historia, sus cualidades, propiedades y características; poniendo a la vista una base de datos en concreto que den idea al lector de las cualidades del material.

Posteriormente se explican los tipos de placas que se pueden encontrar en el mercado para luego adentrarse en los sistemas que se pueden conformar con las distintas placas, sus cualidades, forma de combinación y utilización. También se utilizan obras construidas reconocidas que ejemplifiquen los sistemas mencionados y explicados anteriormente.

Para terminar, se expone una investigación acerca de la utilización de determinadas placas de policarbonato en un ejemplo del medio local, mostrando y explicando, además de sus ventajas y desventajas; su construcción, su conformación y su estado actual.

El objetivo de esta tesina es exponer el funcionamiento del material (tanto aislado como en un sistema) aplicado dentro del marco de la construcción, y luego a partir de lo expuesto previamente, analizar una solución construida en el medio local, para poder observar el estado de situación actual en el país con respecto a este tipo de soluciones.

02. ELECCIÓN DEL TEMA E INTRODUCCIÓN.

Elegimos el policarbonato debido al interés que nos genera el material en sí mismo, pero principalmente el interés que nos genera como elemento utilizado en la solución de distintos revestimientos y cerramientos de fachadas, tanto a la hora de proyectar como también al momento de integrarlo a la obra durante su construcción, y posteriormente sus resultados en cuanto al uso de los ambientes desde un punto de vista de confort, mantenimiento, plasticidad, imagen, etc. Todo esto acentuado con el aumento de su utilización dentro del campo de la arquitectura y la construcción; utilización que aumenta con el transcurso de los años, a partir de la evolución y el desarrollo de tecnologías que facilitan y masifican la producción, y mejoran las características del material.

La investigación trata de ahondar en el material como elemento constitutivo de la fachada, estudiando su aplicación en la práctica de la construcción; así también como elemento aislado, industrializado y estandarizado (en cuanto a sus propiedades y también en algunos casos en cuanto a sus medidas), conformando un sistema constructivo; sus ventajas e inconvenientes.

03. ¿QUÉ ES?

El policarbonato es un plástico ligero y de excelentes propiedades empleado en muchos productos de uso cotidiano: automóviles, teléfonos celulares, computadoras y otros equipos de oficina, artículos de deporte, electrónica, electrodomésticos, *CDs*, *DVDs*, recipientes para conservar alimentos y envases, etc. Este material robusto, durable, inastillable y resistente al calor es ideal en muchísimas aplicaciones y se utiliza en miles de productos. (PlasticsEurope)

El término policarbonato describe a un polímero que se compone de muchas moléculas de *Bisfenol-A* conectadas por enlaces de carbonato en su cadena principal. Químicamente, un grupo

de carbonato es un *diéster* de un ácido carbónico, cuyo resultado es una cadena polimérica. (PlasticsEurope)

El policarbonato se transforma en la forma necesaria mediante su fusión y presión en un molde o matriz. Existen dos procesos dominantes implicados en la fabricación de productos a partir del policarbonato:

- **Extrusión:** el polímero fundido se presiona constantemente a través de un orificio denominado matriz, que da al polímero fundido su forma definitiva. Este proceso hace posible crear tuberías, perfiles o placas infinitamente largas.
- **Moldeo por inyección:** el polímero fundido, en caliente, se presiona contra un molde; luego el molde se enfría y el polímero se solidifica tomando las características del molde. (PlasticsEurope)

04. BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

El policarbonato fue descubierto en 1928 como el resultado de las investigaciones que se estaban realizando en la rama de los poliésteres, pero no fue hasta 1952 por Bayer, y 1953 por General Electric, que se desarrollaron los procesos de producción. Ambas empresas patentaron el material casi simultáneamente. Bayer lo hizo ocho días antes que General Electric. En 1959 y 1960, respectivamente, estas dos empresas entraron en producción. (Ultra Plas S.A. de C.V.)

El material tardó en colocarse en el mercado. En 1982 surgieron los discos compactos - fabricados de policarbonato - y a partir de los ochentas se comenzó a usar para botellas de agua, en sustitución del vidrio. (Ultra Plas S.A. de C.V.)

El policarbonato apareció en el ámbito arquitectónico de la mano del uso de plásticos en general. Los plásticos tuvieron un auge en la década de los años 60, donde se lo catalogaba como “el material del futuro”. Los materiales plásticos o sintéticos se incluyeron en la vida cotidiana,

primero a partir de lo que es el equipamiento interior de las viviendas y oficinas, y luego con las investigaciones y planteos de los Smithsons (en su “casa del futuro”), y Richard Buckminster Fuller (con sus prototipos de viviendas), entre otros arquitectos e ingenieros como por ejemplo algunos integrantes del grupo Archigram (que también proyectaron sofisticados elementos de “arquitectura utópica” a partir de materiales plásticos). Todos ellos utilizaban el plástico como componentes de la vivienda. Sus propuestas iban de la mano de la producción industrial y con ello de los nuevos materiales producidos industrialmente y los desarrollos tecnológicos, en los que se depositaba gran confianza. En esta imaginería tenía gran protagonismo el plástico, que expresaba la libertad de diseño y la estética del “*pop art*”.

Posteriormente, la crisis del petróleo cargó de connotaciones negativas lo que había sido el material soñado, restringiendo su uso a elementos auxiliares, como por ejemplo a los elementos constitutivos de las instalaciones sanitarias y eléctricas.

Pasada la crisis, el nuevo impulso del uso del policarbonato vino desde la arquitectura industrializada, barata, despojada de toda sofisticación innecesaria.

Dentro de los primeros ejemplos podemos mencionar la Maison Latapie (ver *Ilustración 1*), construida en 1993 en Floirac, en las inmediaciones de Burdeos, por la firma de arquitectos Lacaton y Vassal, en donde utilizan una piel de policarbonato transparente, con un núcleo revestido en contrachapados de madera. La casa en Coutras (ver *Ilustración 2*) construida en el año 2000, también por Lacaton & Vassal, y la Casa Barak en Somières del año 2001, de R&Sien, trasladan la imagen y sistemas materiales de los invernaderos para proponer una arquitectura que acepta la durabilidad del material como contrapartida a su coste y a sus propiedades.



Ilustración 1. Maison Latapie (1993) de Lacaton y Vassal.

[Extraída de: <http://www.lacatonvassal.com>]



Ilustración 2. Maison Coutras (2000) de Lacaton y Vassal.

[Extraída de: <http://www.lacatonvassal.com>]

Lo que evidencia la creciente amplitud de la aplicación de estos materiales, es que hayan entrado en la paleta de posibilidades de un grupo de arquitectos más preocupados por las calidades visuales y perceptivas de los materiales que de desarrollos tecnológicos concretos o de una utilización comprometida o ejemplar como era en la década de los años 60.

La utilización de paneles machihembrados de la Fabrica Ricola en Mulhouse (1993) (ver *Ilustración 3* e *Ilustración 4*) por parte de la firma de arquitectos Herzog & De Meuron, supuso en su momento la apertura de este material a un buen número de obras en Europa. El cerramiento de ETFE del Allianz Arena en Munich (2005), también de los arquitectos suizos, y la incorporación de paneles moldeados y serigrafiados en la tienda de Christian Dior en Omotesando, Tokio (2003) de SANAA, continúan demostrando la amplia aceptación de las cualidades de los policarbonatos, más allá de cualquier preconcepción.



Ilustración 3. Ricola-Europe S.A., Production and Storage Building, Mulhouse-Brunstatt, Francia (1993). [Extraídas de: <http://www.swissmade-architecture.com>]

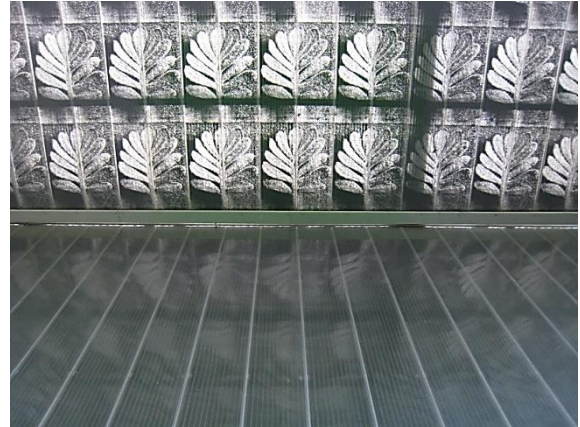


Ilustración 4. Ricola-Europe S.A., Production and Storage Building, Mulhouse-Brunstatt, Francia (1993). [Extraídas de: <http://www.swissmade-architecture.com>]

El creciente interés por las cualidades plásticas, visuales y perceptivas de los plásticos abre de nuevo la puerta a su amplia aceptación como material de construcción. A partir de eso y de la mano de otras cuestiones, como por ejemplo la búsqueda de la economía, los diferentes avances en las tecnologías de producción, y las mejoras en las prestaciones, han aumentado exponencialmente el uso de policarbonato en la arquitectura.

05. EL POLICARBONATO EN URUGUAY.

La empresa Poliglass fue una de las primeras en importar el material en Uruguay. La obra que impulsó el uso del policarbonato a nivel nacional fue el Hotel Las Dunas en Manantiales, Maldonado, en el año 1993. La misma fue realizada por una empresa brasilera, la cual realizó todo el proyecto y el diseño, y a la cual Poliglass proveyó las placas de policarbonato. A partir de esa obra se comenzaron a hacer otras como los patios de juegos de McDonald's de Montevideo Shopping (ya no existe) y el de Punta del Este, el Hipermercado Geant, AFE, la cúpula de la piscina del Hotel Horacio Quiroga en Salto, el invernadero de plantas exóticas del Jardín Botánico, por nombrar las más significativas.

Según lo consultado a la empresa Poliglass, en Uruguay las placas de policarbonato son importadas de múltiples lugares, en general de marcas reconocidas que cumplen con las normas americanas y europeas. La producción mundial de policarbonato depende de un monopolio compartido entre General Electric y Bayer, ya que son las únicas dos empresas proveedoras de la materia prima necesaria para producir el policarbonato. A su vez ambas empresas poseen su propia producción de placas de policarbonato; Bayer con las placas Lexan y General Electric con las placas Makrolon.

Para poder producir placas de policarbonato es necesario lograr que alguna de las dos empresas productoras de la materia prima te provea de la misma. A nivel nacional lo reducido del mercado hace que sea muy poco rentable la fabricación de dichas placas. Como dato estadístico y a modo de referencia, se puede decir que todo Uruguay consume menos policarbonato que la ciudad de Rosario, Argentina.

Los usos más comunes de las placas de policarbonato no han cambiado mucho con el transcurso de los años. El principal uso es como componente translúcido de pérgolas, techos, fachadas y tabiques. A pesar de que en otros países el material tiene múltiples usos, en el mercado uruguayo esos usos aún no se han desarrollado, en parte debido a lo reducido del mercado, y en parte al conservadurismo de los materiales tradicionales por parte de arquitectos y clientes a la hora de proyectar.

El 90% de las placas (vendidas por Poliglass) utilizadas en el Uruguay son del tipo alveolar, posiblemente debido a que por sus características de resistencia, apariencia, translucidez y espesor son las que más se adaptan a los usos anteriormente mencionados.

06. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.

El policarbonato es un material muy estudiado ya que fue descubierto hace ya más de medio siglo. Si bien se conocen multitud de propiedades y características técnicas del mismo, a los efectos de desarrollar el material y producirlo para proyectar en arquitectura, o desde un punto de vista constructivo y de manejo en obra, es de gran utilidad tener en cuenta las diferentes propiedades y características. Por ejemplo, el conocimiento de su resistencia (tanto a la tracción como a la compresión) es clave a la hora de calcular y diseñar revestimientos de fachadas, la resistencia al impacto y la inflamabilidad es necesario conocerlas por razones de seguridad, la resistencia a los rayos UV por temas de mantenimiento, o la transmisión luminosa y la aislación acústica para el correcto diseño de los acondicionamientos y el correcto funcionamiento de los ambientes y el edificio en general, solo por nombrar algunas.

A continuación listamos a grandes rasgos, características del policarbonato, teniendo siempre en cuenta su uso en el contexto de la arquitectura y la construcción. Cabe aclarar que estas características son tomadas a partir del material en su estado original, sin ningún tratamiento ni procedimiento específico más allá del utilizado para crear el propio material. Se especifica también en los casos en los que es posible, la norma bajo la cual se realizaron los ensayos y entre paréntesis los valores para la misma característica para el vidrio (vidrio común o vidrio base, también denominado vidrio de silicato sodocálcico), de manera de mantener cierta referencia comparándolo con un material de uso más frecuente en la actualidad.

06.1. PROPIEDADES FÍSICAS.

En cuanto a las propiedades físicas del material se puede destacar que es **más liviano** que el vidrio.

- Peso específico (densidad) - ASTM D-792: **1,20 g/cm³**¹ (2,50 g/cm³ para el vidrio)²
- Índice de oxígeno límite³: **5 - 27 %**⁴
- Inflamabilidad: **V0-V2**⁵

06.2. PROPIEDADES MECÁNICAS (A 23°C).

Mecánicamente es un plástico que posee **gran dureza**. Según los ensayos de dureza Rockwell por la norma UNE-EN ISO 2039-2:200 el policarbonato posee una dureza en la escala M de 75. Además es **muy resistente** a la tracción, a la compresión y sobre todo al impacto; e inclusive al romperlo posee una gran resistencia a la fragmentación. A pesar de esa gran resistencia, **se raya muy fácilmente** y su rayado no tiene fácil reparación.

¹ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Policarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

² Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

³ El **índice de oxígeno límite** se define como el porcentaje mínimo de oxígeno ambiental necesario para que se mantenga la combustión. (Real Academia de Ingeniería)

⁴ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-policarbonato.htm>

⁵ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-policarbonato.htm>

- Resistencia a la tracción (fluencia – rotura)¹ - ASTM D-638: **650 - -- Kg/cm²** ² (400 – 550 kg/cm² para el vidrio recocido)³
- Resistencia a la compresión ⁴ - ASTM D-695: **160 - 310 Kg/cm²** ⁵ (10.000 Kg/cm² para el vidrio)⁶
- Resistencia a la flexión ⁷ - ASTM D-790: **900 Kg/cm²** ⁸ (400 Kg/cm² para el vidrio)⁹
- Resistencia al impacto sin estalla - ASTM D-256: **No rompe** ¹⁰
- Resistencia al impacto Izod ¹¹: **600-850 J/m** ¹²
- Alargamiento a la rotura ¹³ - ASTM D-638: **80 %** ¹⁴
- Módulo de elasticidad ¹⁵ - ASTM D-638: **23.000 Kg/cm²** ¹⁶ (720.000 Kg/cm² para el vidrio)¹⁷

¹ La **resistencia a la tracción** es el máximo esfuerzo que un material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos con temperatura, humedad y velocidad especificadas. (Mariano, 2011)

² Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

³ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

⁴ La **resistencia a la compresión** es el máximo esfuerzo que un material rígido puede resistir bajo compresión longitudinal. (Mariano, 2011)

⁵ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

⁶ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

⁷ La **resistencia a la flexión** representa el máximo esfuerzo desarrollado en la superficie de la probeta en forma de barra, soportada cerca del extremo y cargada en el centro hasta que ocurra la falla. (Mariano, 2011)

⁸ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

⁹ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

¹⁰ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

¹¹ La **resistencia al impacto** representa la resistencia o tenacidad de un material rígido a la repentina aplicación de una carga mecánica. Se le llama Izod debido al nombre de la máquina que hace el ensayo. (Mariano, 2011)

¹² Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polycarbonato>

¹³ El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. El **alargamiento a la rotura** es el incremento de longitud que ha sufrido la probeta sometida al ensayo. (Wikipedia, 2015)

¹⁴ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

¹⁵ El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina **módulo de elasticidad**. (Wikipedia, 2015)

¹⁶ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

¹⁷ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

- Dureza – Rockwell ¹: **M70** ²
- Dureza - ASTM D-2240: **80 – 82 Shore D** ³
- Coeficiente de fricción ⁴: **0,31** ⁵
- Coeficiente de Poisson ⁶: **0,37** ⁷ (0,22 para el vidrio)⁸
- Resistencia a la abrasión ⁹ - ASTM D-1044: **10-15 mg/1000 ciclos** ¹⁰

06.3. PROPIEDADES ACÚSTICAS.

- Aislamiento acústico (4mm de espesor): **27 dB** ¹¹

¹ La **dureza Rockwell** o ensayo de dureza Rockwell es un método para determinar la resistencia de un material a ser penetrado, determinándose la dureza en función de la profundidad de la huella.

² Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polycarbonato>

³ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

⁴ El coeficiente de rozamiento o **coeficiente de fricción** expresa la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. (Wikipedia, 2015)

⁵ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁶ El **coeficiente de Poisson** es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento. (Wikipedia, 2015)

⁷ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁸ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

⁹ Se llama **resistencia a la abrasión** a la habilidad de un material para resistir acciones mecánicas como frotamiento, raspado, molienda, arenado o erosión que tiende progresivamente sacar material de su superficie. (Mariano, 2011)

¹⁰ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

¹¹ Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polycarbonato>

06.4. PROPIEDADES TÉRMICAS.

- Calor específico ¹ - ASTM C-351: **0,28 Kcal/Kg.°C** ² (1,72 Kcal/Kg.°C para el vidrio)³
- Temperatura máxima de utilización: **115 - 130 °C** ⁴
- Temperatura mínima de utilización: **-135 °C** ⁵
- Coeficiente de conductividad térmica ⁶ - ASTM C-177: **0,18 Kcal/m.h.°C** ⁷ (0,86 Kcal/Kg.°C para el vidrio)⁸

06.5. PROPIEDADES ÓPTICAS.

Presenta **elevados índices de transmisión luminosa** por lo que es ideal para utilizar la luz natural aunque el vidrio trasmite de mejor manera la luz.

- Transmisión luminosa total de luz (3 mm) - ISO 489: **87%** ⁹
- Índice de refracción ¹⁰: **1,584 ± 0,001** ¹¹
- Índice de transmisión lumínica ¹²: **90% ± 1%** ¹³

¹ El **calor específico** es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad. (Wikipedia, 2016)

² Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

³ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

⁴ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁵ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁶ El **coeficiente de conductividad térmica** es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. (Wikipedia, 2015)

⁷ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

⁸ Extraído de: <http://www.bia.com.uy/index.php/composicion-y-caracteristicas-generales>

⁹ Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polycarbonato>

¹⁰ Se denomina **índice de refracción** al cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula. (Wikipedia, 2015)

¹¹ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

¹² Se denomina **índice de transmisión lumínica** al cociente entre el flujo de radiación visible transmitida al atravesar el material y la radiación visible incidente. (BIA, 2014)

¹³ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

- Número Abbe ¹: **34,0** ²

06.6. PROPIEDADES ELÉCTRICAS.

Es **aislante eléctrico** a diferencia del vidrio que es considerado un semiconductor cuya resistividad disminuye rápidamente a medida que aumenta la temperatura.

- Constante dieléctrica a 1 MHz ³- ASTM D-150: **3** ⁴
- Resistencia dieléctrica ⁵: **15 - 67 kV/mm** ⁶
- Resistividad superficial ⁷: **1015 $\Omega \cdot m$** ⁸
- Resistividad de volumen ⁷: **1014 - 1016 Ω/cm^3** ⁹

06.7. PROPIEDADES QUÍMICAS. ¹⁰

- Resistencia a hidrocarburos: **Deficiente**
- Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente: **Muy buena**
- Resistencia a bases débiles a temperatura ambiente: **Regular**
- Comportamiento ante la combustión: **Arde con dificultad**

¹ El **número de Abbe** de un material transparente es una cantidad adimensional que surge al comparar el índice de refracción del material a distintas frecuencias. Los números de Abbe se usan para clasificar vidrios y otros tipos de materiales transparentes. (Wikipedia, 2014)

² Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

³ La **constante dieléctrica** de un medio continuo es una propiedad macroscópica de un medio dieléctrico relacionado con la permisividad eléctrica del medio. (Wikipedia, 2015)

⁴ Extraído de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

⁵ Se denomina **resistencia dieléctrica** al valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el cual un material pierde su propiedad aislante y pasa a ser conductor. (Wikipedia, 2014)

⁶ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁷ La **resistividad** es la resistencia eléctrica específica de un determinado material. (Wikipedia, 2015)

⁸ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

⁹ Extraído de: <http://www.tvplasticos.com/producto-polycarbonato.htm>

¹⁰ Extraídos de: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polycarbonato/dtecnicos/dtecnicos.htm>

- Propagación de la llama: **Auto-extinguible**
- Comportamiento al quemarlo: **Se descompone**

06.8. OTRAS CONSIDERACIONES.

Además de las propiedades mencionadas anteriormente, el policarbonato también **permite ser curvado en frío y requiere poco mantenimiento**. Desde un punto de vista químico, se dice que generalmente **no es sensible a ácidos orgánicos e inorgánicos** en condiciones normales de temperatura y concentración, y que **su resistencia a los demás compuestos orgánicos es baja**. En cuanto a la radiación solar, **posee óptima estabilidad a las radiaciones UV**, los tipos normales de policarbonato poseen una cierta estabilidad natural.

El policarbonato permite superar estas propiedades para casos particulares. Se pueden obtener policarbonatos que aguanten hasta 220°C, que impidan el paso de gran parte de los rayos UV, que soporten la abrasión, que tengan un excelente comportamiento frente a compuestos químicos, etc. Estas modificaciones se consiguen mediante aleaciones con otros polímeros como el ABS, mediante recubrimientos exteriores con otros materiales, por medio de tratamientos tras su conformado con rayos UV y otras técnicas principalmente ingenieriles. (Mariano, 2011)

07. TIPOS Y FORMAS.

Existen actualmente más de 20 tipos diferentes de policarbonato de *Bisfenol-A*. Muchos de estos tipos tienen agregados para mejorar las propiedades originales del policarbonato para una determinada aplicación; como por ejemplo fibra de vidrio, absorbentes de UV, aditivos anti-llama, desmoldantes, antioxidantes, etc. Todos estos materiales pueden ser comercializados en

transparente o en colores traslucidos (excepto los paneles con fibra y algunos paneles anti-llama) u opacos.

Más allá de los diferentes tipos y variantes, el policarbonato como material se puede adquirir de dos formas: **en forma de placas o en forma de película o film**. Desde el punto de vista de la arquitectura y la construcción nos interesa el producido en placas. Dentro de las formas de placa podemos encontrar dos variantes: **compacto y alveolar (o celular)**.

El policarbonato **compacto** es aquel formado por una (policarbonato compacto simple) o más capas (policarbonato multicapa o multi-pared) fabricado a partir de un proceso de extrusión. Posee una gran transparencia en las superficies independientemente de si son verticales, horizontales o curvas. Tiene una gran elasticidad que nos permite adaptarlo para conseguir formas determinadas.

El policarbonato **celular o alveolar** es aquel formado por diferentes capas de policarbonato compacto espaciadas entre si y unidas mediante pequeñas “paredes” formando celdas de diferentes formas y tamaños según el tipo de policarbonato a obtener. Es utilizado cuando la superficie no tiene que ser transparente necesariamente, ya que debido a su conformación no permite tanta transparencia como las placas de policarbonato compactas.

Cualquier tipo de placa, de los dos tipos de policarbonato (compacto o alveolar), se puede adquirir tanto en placas planas como perfiladas (ver *Ilustración 5*).

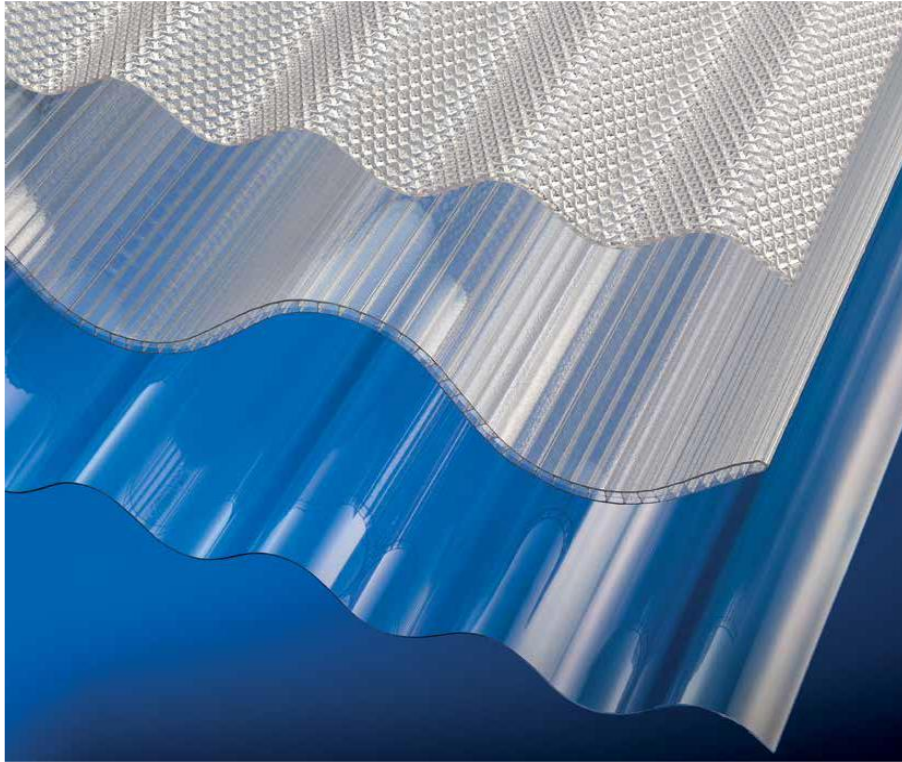


Ilustración 5. Placas compactas y alveolares de policarbonato, perfiladas curvas. [Extraída de: <http://www.brettmartin.com/es-es/plastic-sheets/products/polycarbonate.aspx>]

07.1. LÁMINAS DE POLICARBONATO COMPACTAS.

Las láminas de policarbonato compactas se destacan por su alta resistencia a los impactos sin comprometer la transparencia del material a la luz. Son una solución para cerramientos cuando es importante la seguridad y la resistencia al impacto. Además se han desarrollado productos de revestimiento para mejorar la resistencia química y a la abrasión.

Teniendo la mitad de peso que el vidrio, son más fáciles de manejar e instalar y al ser lo suficientemente flexibles para ser termo-formadas o doblada en frío, posibilitan variedad de diseños. Dependiendo del fabricante y los fines de uso, se le agrega una capa protectora UV co-extruida en ambos lados de la lámina para la protección de las radiaciones UV. Por medio de la incorporación de protecciones es aplicable a condiciones climatológicas adversas, aumentando las expectativas de vida y la duración del material.

La fuerza y rigidez del policarbonato hacen que la lámina sea auto-portante, lo que tiene como resultado la reducción de requisitos para estructuras de soporte y un incremento de la eficacia de recursos. El material puede cortarse in situ a la longitud y forma requerida.

Dependiendo del espesor de la lámina se logran controles solares mediante la incorporación de tintes, logrando diferentes tonos de iluminación en los espacios. Hay disponibilidad en el mercado de diferentes opciones de tinta: transparente, translúcida, opalina, en relieve y color (ver *Ilustración 6*), que ofrecen distintos niveles de transmisión y difusión de luz. El acabado en relieve impide el resplandor debido a la dispersión uniforme de luz sobre una zona grande, oscurece la visión para añadir privacidad y reduce la visibilidad de rayas. La lámina transparente proporciona claridad óptica, convirtiéndola en la opción de cerramiento ideal para las aplicaciones que requieren altos niveles de transmisión de luz.

Las placas compactas pueden instalarse en la mayoría de tipos de estructura incluyendo PVC, madera, acero y aluminio.



Ilustración 6. Placas compactas con diferentes texturas. [Extraída de: <http://www.brettmartin.com/es-es/plastic-sheets/products/polycarbonate.aspx>]

07.2. LÁMINAS DE POLICARBONATO ALVEOLAR (CELULAR O MULTI-PARED).

Las placas de polycarbonato alveolar están formadas por múltiples capas con propiedades de aislamiento y alta resistencia al impacto. Una buena transmisión de la luz y un aspecto atractivo hacen que sea la solución adecuada para una amplia gama de aplicaciones para cerramientos. La gran variedad de productos incluye láminas de comportamientos especiales de eficiencia energética, curvado en frío, tintados dobles, control de condensación y control de temperatura, entre otras cosas.

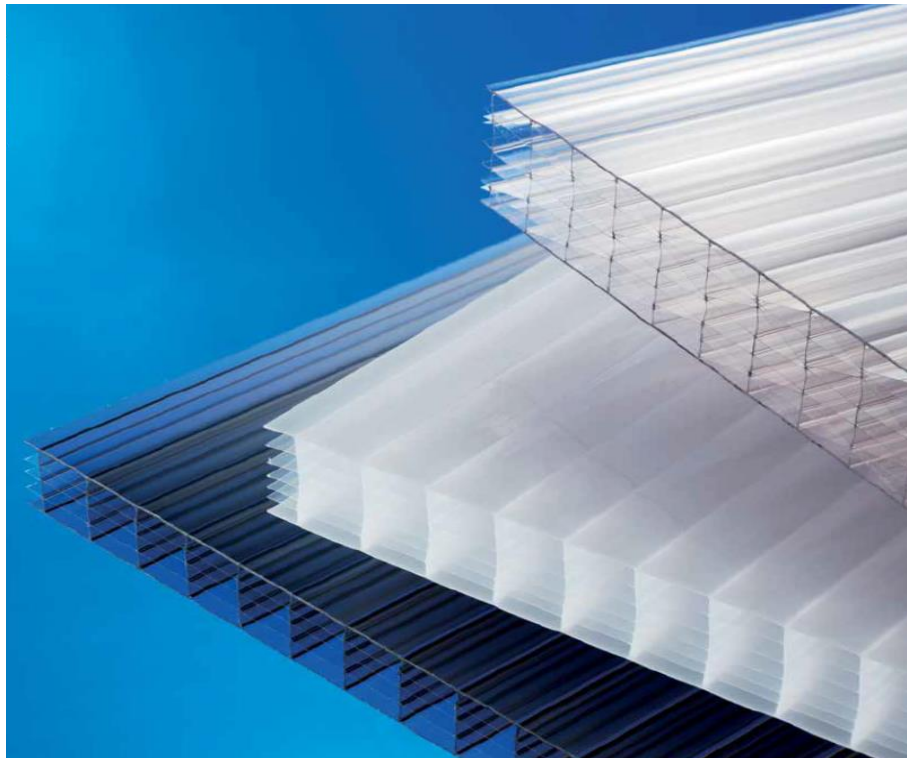


Ilustración 7. Placas de diferentes colores de polycarbonato alveolar. [Extraída de: <http://www.brettmartin.com/es-es/plastic-sheets/products/polycarbonate.aspx>]

A continuación se muestran algunos ejemplos de placas con diferentes espesores y combinación de paredes, extraída del Manual técnico de polycarbonato alveolar de la empresa Eternit:



Ilustración 8. Placa de doble pared. Espesores de 4, 6, 8, 10 y 30 mm.

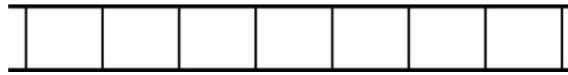


Ilustración 9. Placa de cuatro paredes, se puede conseguir con espesores de 8 y 10 mm.



Ilustración 10. Placa de triple pared. Espesor de 16 mm.

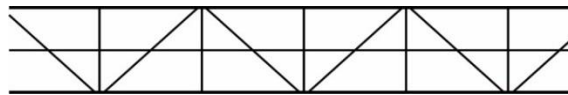


Ilustración 11. Placa de pared M. Espesor de 16 mm.



Ilustración 12. Placa de pared M 16x32 mm con claridad mejorada.

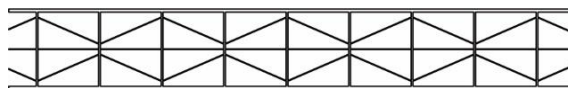


Ilustración 13. Placa de pared X. Espesor de 16 mm.

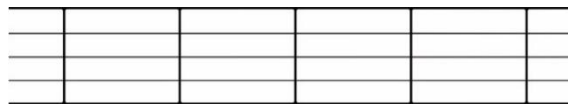


Ilustración 14. Placa de cinco paredes. Espesores de 16 y 25 mm.

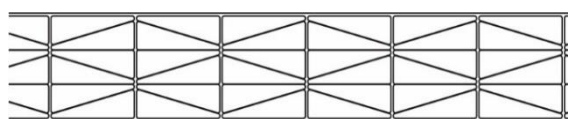


Ilustración 15. Placa de pared 7X. Espesores de 20 y 25 mm.

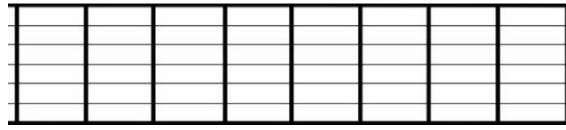


Ilustración 16. Placa de siete paredes. Espesores de 32 y 35 mm.

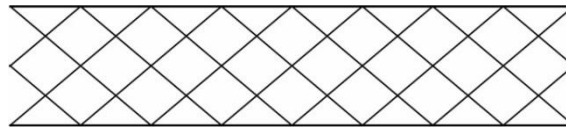


Ilustración 17. Placa de pared XX. Espesores de 32 y 35 mm.

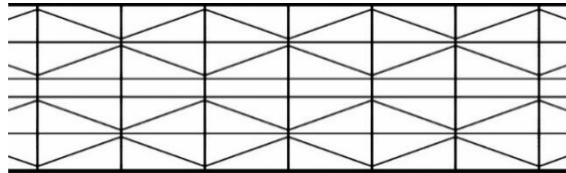


Ilustración 18. Placa de diez paredes. Espesores de 32, 35, 40 y 55 mm.

Este tipo de placas son sumamente resistentes a daños por impactos, lo que le convierte en un material adecuado para una amplia gama de aplicaciones en las que la placa pueda estar expuesta a riesgos de daños. Además también mantiene su condición resistente en un amplio rango de temperaturas.

Al igual que las placas compactas, la incorporación de una capa de protección frente al UV de alto rendimiento, co-extruida en una o ambas caras de la placa impide que los rayos UV penetren la misma. Además generan una protección para la placa contra los efectos del envejecimiento. En condiciones climatológicas extremas las placas no pierden sus propiedades ni su color.

Una de las principales características es su estructura que proporciona un material de cerramiento aislante térmicamente que permite el pasaje de luz natural a los espacios al tiempo que reduce las pérdidas de calor a través del propio cerramiento, contribuyendo a una mayor

eficiencia energética. La estructura de capas combina la rigidez y el bajo peso de la lámina y proporciona una capacidad de carga mejorada para conseguir mayores luces entre apoyos.

Las placas transparentes logran más de un 80% de transmisión de luz, reduciendo la necesidad de iluminación artificial. Al igual que las placas compactas, se encuentran disponibles una gran gama de colores, que ofrecen un mayor control en la transmisión de la luz.

08. MANIPULACIÓN Y CUIDADOS DE LAS PLACAS.

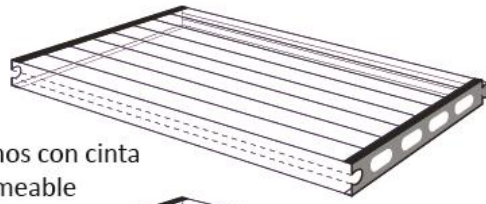
Al trabajar con placas de policarbonato hay que tener en cuenta ciertos cuidados.

Las placas vienen de los proveedores con un film adhesivo de protección. El mismo no debe ser retirado hasta luego de colocadas y fijadas las placas, para evitar que las mismas se dañen.

Para el acopio, las mismas no deben ser colocadas al rayo directo del sol ni de la lluvia, para evitar un deterioro temprano y así prolongar su vida útil. Existe un límite de placas que pueden ser acopiadas una encima de la otra, sobrepasado este límite las placas pueden sufrir daños debido a su peso propio. Los límites varían entre los distintos tipos de placas y los diferentes fabricantes.

Para el sellado de los bordes de las placas solamente se deben utilizar selladores compatibles, incluyendo silicona, EPDM, neopreno o materiales de cloropreno (sin plastificantes) que tengan un rendimiento probado. Para el caso de placas alveolares también se utilizan cintas adhesivas en ambos finales (comienzo y final de la cara conformada por el conjunto de placas). Las cintas que se utilizan son de dos tipos. Una permeable al vapor de agua, permitiendo la salida de la humedad que puede llegar a quedar dentro de la placa; y la otra con huecos que permite la salida del vapor de agua directamente. La primera cinta hace a la placa alveolar totalmente estanca y la segunda es para utilizar en aquellos casos en donde se está completamente seguro de que no es posible que el agua entre a la placa (ver *Ilustración 19*).

Extremos con cinta
para ventilación



Extremos con cinta
impermeable

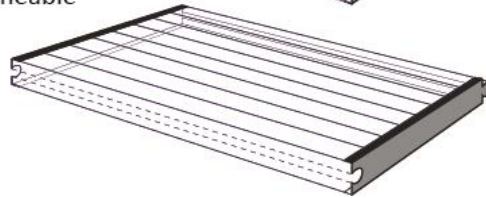


Ilustración 19. Diferentes tipos de cinta adhesiva para bordes de placas. [Extraída de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan® Thermoclick® sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008]

Y por último, en todos los casos que se coloca policarbonato hay que prestar especial cuidado en dejar los espacios para la dilatación, recomendados por los fabricantes, para garantizar la durabilidad del material. En caso de usar un sistema de marcos, este debe retener la placa pero permitir el movimiento térmico. Se debe tener en cuenta que las juntas de PVC no son compatibles con policarbonato (ver *Ilustración 20*).



Ilustración 20. Esquema en corte de placa de policarbonato con sistema de marcos. [Extraída de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan® Thermoclick® sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008]

09. **APLICACIONES.**

Por su practicidad, facilidad de manipulación y adquisición, en la actualidad es utilizado en diversas soluciones “domesticas” con multiplicidad de combinaciones y aplicaciones. Dentro de los cuales podemos mencionar: cerramientos para piscinas, pérgolas techadas, aleros, etc.

Además de estas aplicaciones “domesticas”, existen otras posibilidades más sofisticadas a partir del material, con las que el arquitecto puede trabajar a la hora de proyectar.

10. **EL POLICARBONATO COMO SISTEMA.**

Cuando nos referimos a un sistema constructivo, nos referimos a un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de construcción en particular, en este caso la construcción de los distintos cerramientos o revestimientos.

Desde un punto de vista arquitectónico en el momento de proyectar, si bien el tipo y la forma del polycarbonato pueden ser elegidos a partir de las características y propiedades antes mencionadas; el mismo puede ser utilizado en sustitución de otros materiales (como por ejemplo en sustitución del vidrio en una ventana), o bien considerado como un sistema constructivo en paneles. Como sistema constructivo, ya que funciona en conjunto con otras piezas (como perfilería de diferentes metales o aleaciones, cintas u otros tipos de plásticos, etc.), y en paneles, debido a la forma de las placas y su ensamblaje. La combinación de los diferentes accesorios y placas conforman el sistema.

10.1. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON PANELES.

En la actualidad en el campo de la arquitectura y la construcción, se están utilizando y desarrollando sistemas de paneles que permiten un montaje rápido. Ésta manera de construcción permite hacer el mantenimiento de los distintos cerramientos de manera más sencilla al igual que su sustitución. Los sistemas en paneles permiten generar diferentes aspectos a partir de las terminaciones, dimensiones y modulaciones, que dan en su conjunto una variedad casi infinita de posibilidades.

Estos sistemas pueden ser utilizados de manera auto-portante o bien fijados a una estructura auxiliar ligera que en general es de aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, madera, etc. Según el artículo de Rodríguez Cheda y Raya de Blas publicado en la revista Tectónica 1, existen dos grandes tipos de paneles: los metálicos y los no metálicos (madera, fibra de celulosa reforzada, materiales plásticos). También hace una diferenciación según el tipo de junta en permeable o impermeable. Según esta clasificación, los paneles de policarbonato pueden ser considerados como paneles no metálicos plásticos, con la posibilidad de utilizar cualquiera de los dos tipos de juntas dependiendo del objetivo que se le quiera dar al mismo, tanto si se utiliza como revestimientos de fachadas meramente decorativo o si se utiliza como cerramientos. (La imposible levedad del muro, 1996)

10.2. SISTEMAS MODULARES PARA CERRAMIENTO O REVESTIMIENTO DE FACHADA.

Los sistemas modulares de placas de policarbonato alveolar no necesitan de perforaciones en la placa (exceptuando un sistema de placas grecadas solapadas con accesorios específicos), ya que están pensados para que, mediante el encastre o la combinación de accesorios puedan resistir las exigencias tanto como cerramiento o como revestimiento continuo, sin límites de dimensiones. Los accesorios de fijación de cada solución vinculan las placas a la estructura sustentante.

Estos sistemas modulares se pueden dividir básicamente en tres tipos: sistemas modulares con conectores, sistemas modulares machihembrados y sistemas modulares con solapamiento.

10.2.1. SISTEMAS MODULARES CON CONECTORES.

Se trata de un sistema de placas de policarbonato alveolar, auto-portante para cerramientos translúcidos. Los sistemas modulares con conectores utilizan omegas (u otro tipo de perfilería similar) adheridos a la estructura en donde se calzan las diferentes placas, cubriendo las uniones con diferentes accesorios tanto de policarbonato como del mismo material que la perfilería. Debido a sus cualidades de transmisión de luz, resistencia y estética, resulta una adecuada solución para la instalación en fachadas.

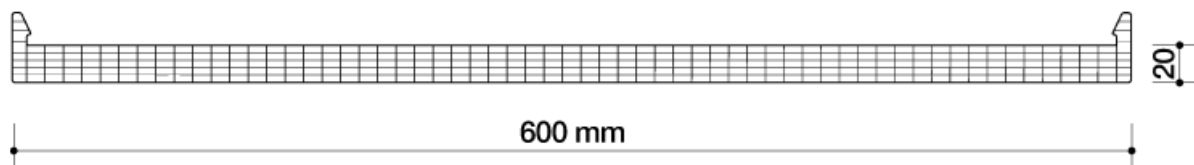


Ilustración 21. Dibujo en planta de una placa para sistemas modulares con conectores. En la ilustración se aprecian las dimensiones y la forma de las pestañas que facilitan el encastre. En esta imagen se muestra la placa arcoPlus Reverso626® de la empresa dot.gallina. [Extraída de: <http://www.simet2.it/policarbonato/coperture-reverso>]

El sistema se compone de placas de policarbonato con pestañas en sus laterales (ver *Ilustración 21* e *Ilustración 22*), de tal manera que éstas quedan unidas entre sí mediante conectores u omegas de policarbonato o aluminio con las que se consigue la unión y estanqueidad del cerramiento.

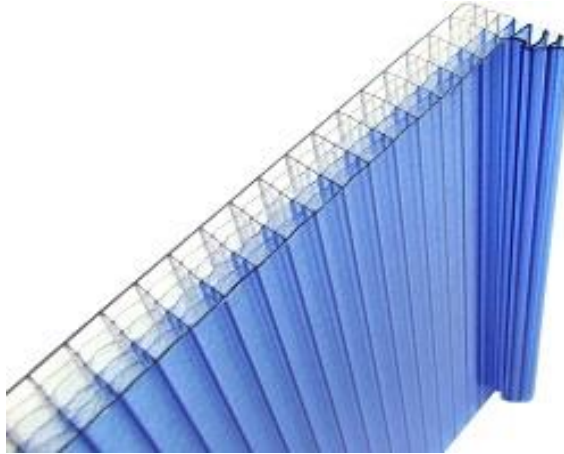


Ilustración 22. Imagen parcial de la placa Reverso626® arcoPlus de la empresa dot.gallina. [Extraída de: <http://www.gallina.it>]

Como requisito general para todo sistema de revestimiento para fachadas, es necesario que la estructura de apoyo tenga una perfecta planimetría. En caso de no ser así, podríamos tener problemas debido a la dilatación del policarbonato.

Podemos tomar como admisible un desnivel máximo de ± 5 milímetros entre apoyos para longitudes mayores a 10 metros tanto vertical como horizontalmente. Si las longitudes son inferiores a 10 metros, la tolerancia máxima de desnivel sería de $\pm 2,5$ milímetros.

Además, es muy importante montar el sistema con un módulo de guía para asegurar que las distancias entre omegas son constantes y a las medidas exactas que requiere el sistema.

El montaje se puede realizar de dos formas: con conectores no aparentes (perfilería interior, generalmente de aluminio) o con conectores aparentes (conectores exteriores de policarbonato o aluminio).

10.2.1.1. CON CONECTORES NO APARENTES.

El sistema con conectores no aparentes consta de un omega colocada por el interior, amurado directamente a la estructura. Este sistema es el más utilizado para fachadas.

Requiere de mayores cuidados a la hora del montaje ya que al estar el conector u omega sujeto a la estructura principal sin pata de fijación, limitamos más las dilataciones del policarbonato. Por ello, la estructura debe estar perfectamente nivelada tanto en sentido vertical como horizontal.

En esta posición se debe colocar bien el conector u omega de aluminio. Éstos se atornillan al sistema de nivelación utilizando módulos guías de tal forma que obtengamos una planimetría perfecta. Los conectores pueden ser de diferentes características respondiendo a diferentes tipos de placas o a requerimientos de otro tipo (ver *Ilustración 23*).



Ilustración 23. Diferentes tipos de perfiles. A la izquierda un perfil de aluminio reforzado, al centro un perfil tubular de aluminio de 32 mm. y a la derecha un perfil tubular de aluminio de 62 mm. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

Al ser las placas de un ancho determinado, para poder ajustar las mismas a otros módulos determinados por el edificio, se cortan y se utiliza un accesorio de cierre, también de policarbonato, que mantiene en posición la placa cortada (ver *Ilustración 24* e *Ilustración 25*).



Ilustración 24. Detalle de perfiles de comienzo (para conectores). [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]



Ilustración 25. Detalles de perfiles de final (para conectores). [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

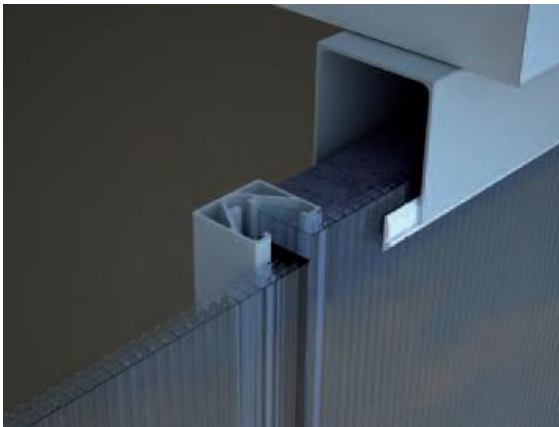


Ilustración 26. Accesorios de fijación para el sistema, perfil superior con burlete. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

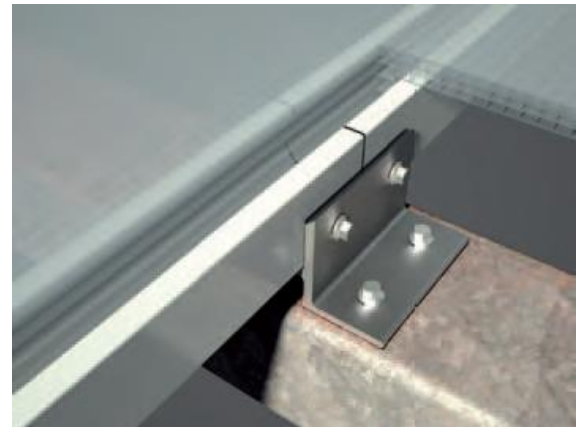


Ilustración 27. Accesorios de fijación para el sistema, platina de fijación de aluminio. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

10.2.1.2. CON CONECTORES APARENTES.

El sistema con conectores aparentes es muy similar al anterior en cuanto al armado de la estructura, si bien es necesario terminar el montaje desde afuera (lo que puede ocasionar dificultades si no se prevé adecuadamente) debido a las características propias del tipo de sistema.

En esta modalidad, se colocan las patas de aluminio al sistema de nivelación (o correa en caso de no ser necesario dicho sistema) (ver *Ilustración 28*), y la unión de las placas se realiza clipando

el perfil omega, bien de policarbonato o aluminio (ver *Ilustración 31* e *Ilustración 32*), dependiendo de las distancias entre apoyos.

Al igual que en el sistema no aparente se utilizan accesorios de comienzo y final para ajustar los módulos de las placas de policarbonato a las medidas necesarias (ver *Ilustración 29* e *Ilustración 30*).

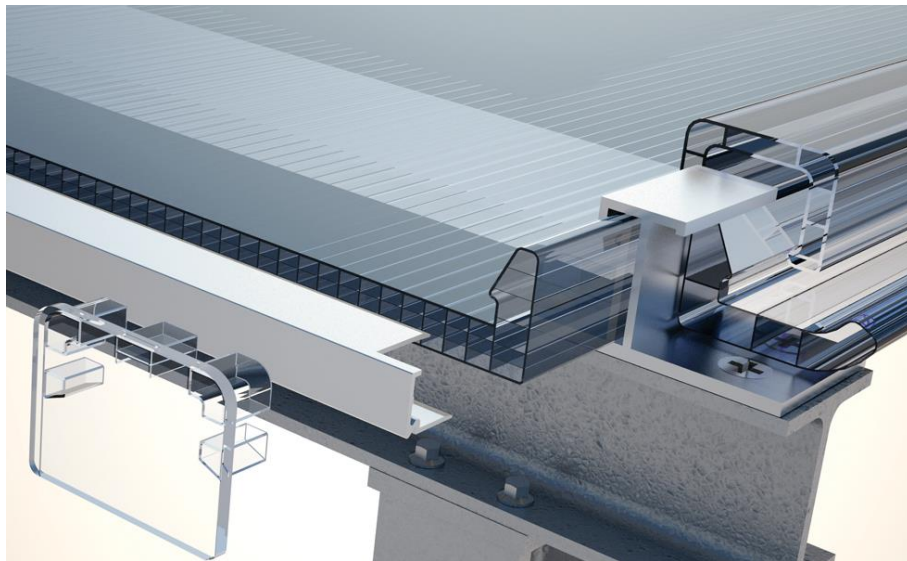


Ilustración 28. Detalle completo del sistema, con conector aparente de policarbonato. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]



Ilustración 29. Detalle de piezas de policarbonato (con conectores de policarbonato), de comienzo. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

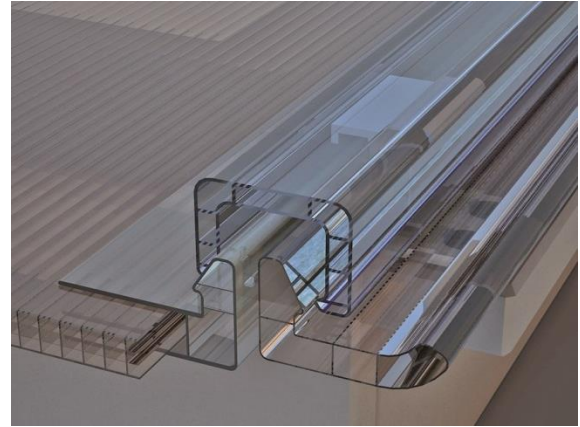


Ilustración 30. Detalle de piezas de policarbonato (con conectores de policarbonato), de final. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

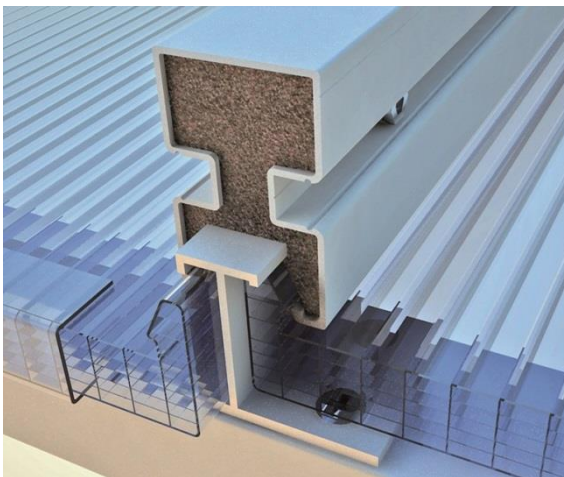


Ilustración 31. Detalle completo del sistema con conector aparente de aluminio. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

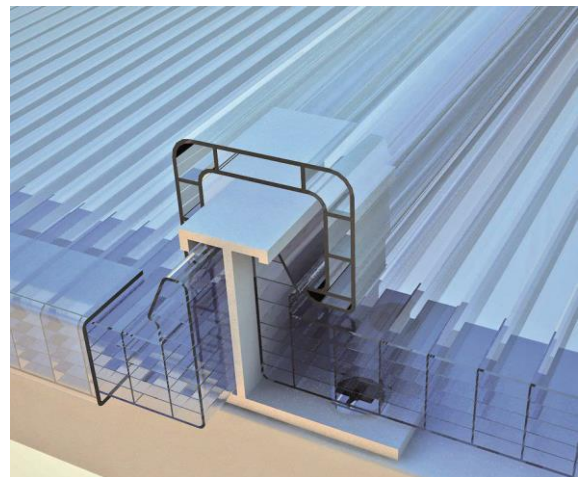


Ilustración 32. Detalle completo del sistema con conector aparente de policarbonato. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

10.2.1.3. SISTEMA DE REVESTIMIENTO PARA FACHADA.

Se utiliza para revestimiento de fachadas tanto para edificios nuevos como ya construidos. Los accesorios y perfilería se fijan a la estructura del edificio.

Este sistema genera entre la estructura o el cerramiento del edificio un espacio a modo de cámara de aire y así mejorar la aislación, lo que mejora sustancialmente el acondicionamiento del edificio en términos de aislación térmica y acústica además de posibilitar dar una cierta imagen al edificio en su conjunto o a determinadas zonas del mismo.

Para montarlo se comienza fijando unos accesorios en forma de “L” a la estructura del edificio. Sobre esas platinas se fija otro accesorio también en forma de “L” que reciben luego a los perfiles verticales dentro de los cuales se encastran las “orejas” de las placas de policarbonato, pero también reciben a los perfiles horizontales de cierre inferior que funcionan a modo de riel sobre el cual se deslizan las placas e policarbonato al momento del montaje. Esa pieza tiene forma también de “L” acanalada para permitir el anclaje de los diferentes accesorios de fijación (ver *Ilustración 33 a Ilustración 37*).

En las esquinas el sistema funciona de forma similar, con accesorios de fijación que permiten el anclaje del sistema al ángulo requerido (ver *Ilustración 38 e Ilustración 39*).

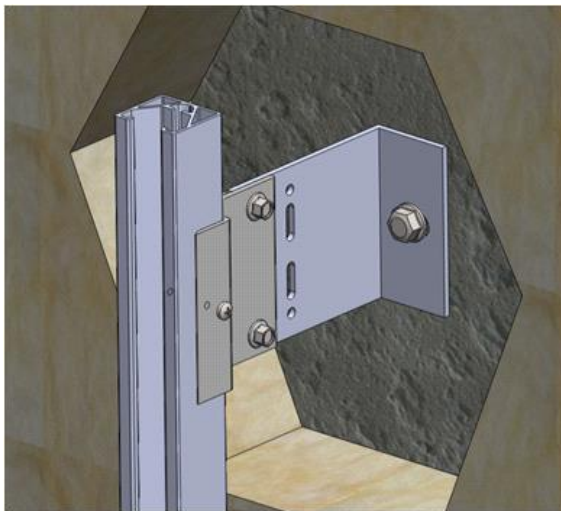


Ilustración 33. Accesorios de fijación de la estructura para revestimiento con placas de policarbonato. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

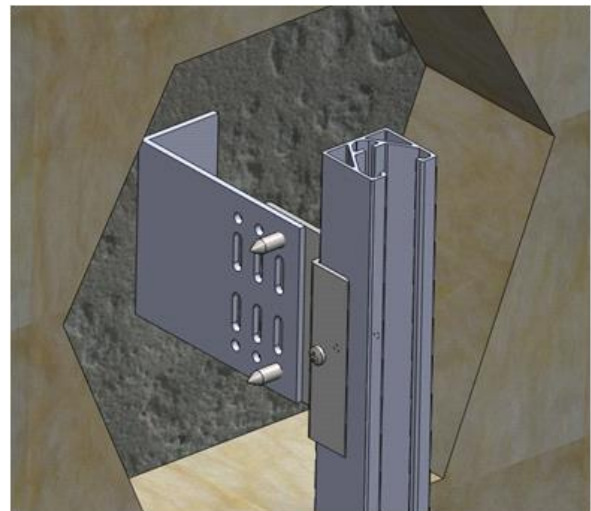


Ilustración 34. Accesorios de fijación de la estructura para revestimiento con placas de policarbonato. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

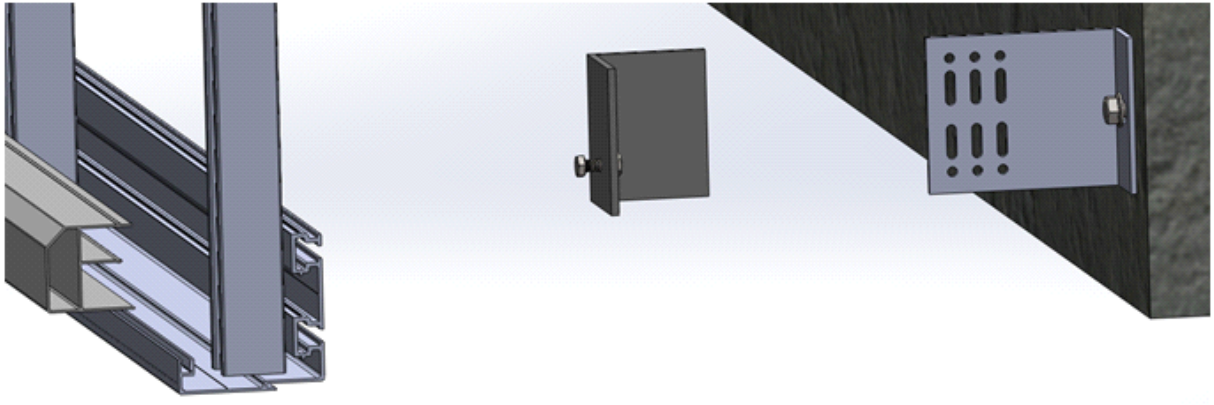


Ilustración 35. Elementos del sistema de fijación. [Extraídas de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

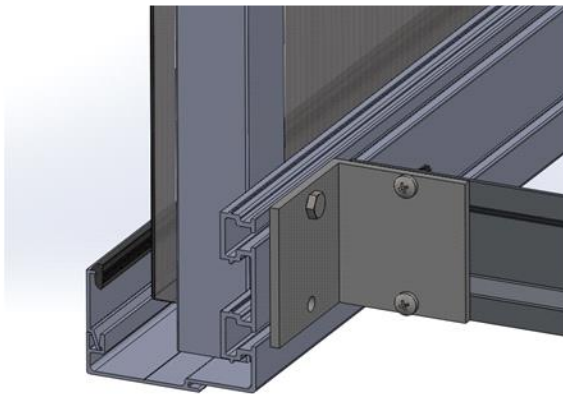


Ilustración 36. Accesorios de fijación inferiores de la estructura para revestimiento con placas de policarbonato. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

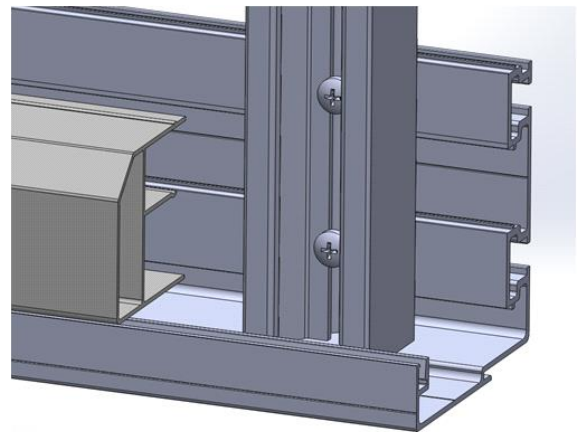


Ilustración 37. Accesorios de fijación inferiores de la estructura para revestimiento con placas de policarbonato. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

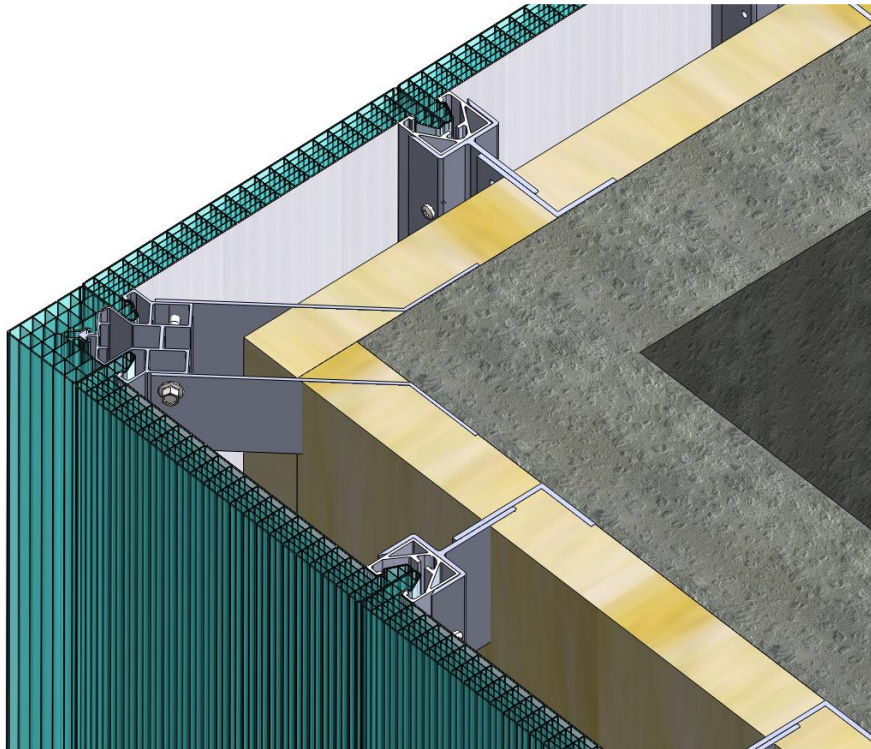


Ilustración 38. Accesorios de fijación y placa para esquinas rectas con arista viva. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

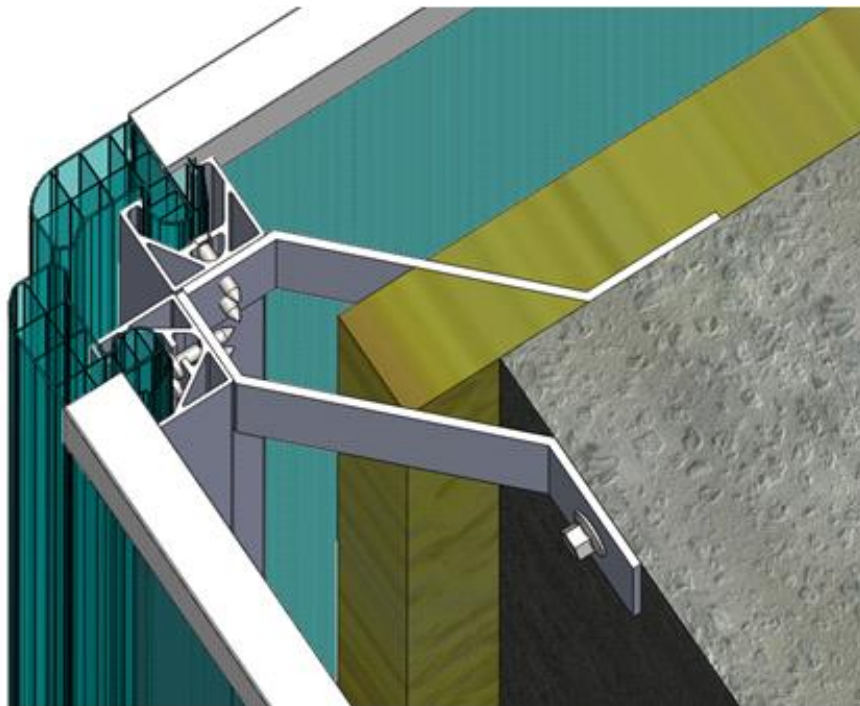


Ilustración 39. Accesorios de fijación y placa para esquinas sin arista viva. [Extraída de: dott.gallina. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT. 2014.]

10.2.1.4. CERRAMIENTO MULTI-PARED.

Este sistema es otra de las aplicaciones de las placas auto-portantes conectables, que mediante el uso de un perfil específico para el mismo permite la conexión de dos placas modulares paralelas y además permite interponer otra placa de policarbonato plana entre estas últimas dos (ver *Ilustración 40* e *Ilustración 41*). De esta manera se genera un cerramiento multi-pared traslucido, continuo, y con altos niveles de aislación térmica y acústica.

El montaje es similar al sistema modular ya descrito, ya que cuenta con conectores de policarbonato que quedan incluidos en el cerramiento. En los bordes se utilizan perfiles adheridos a la estructura del edificio, que fijan las diferentes placas de manera perimetral (ver *Ilustración 42* e *Ilustración 43*).

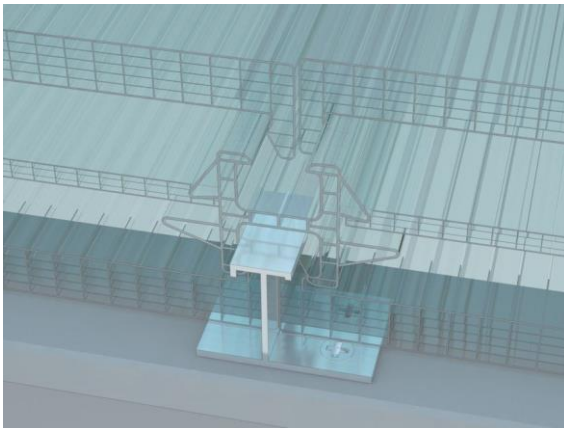


Ilustración 40. Sistema multi-pared con conector de policarbonato. [Extraída de: <http://www.gallina.it>]

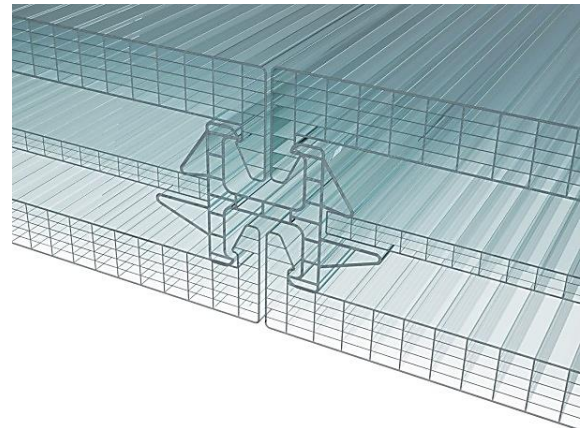


Ilustración 41. Sistema multi-pared con conector de policarbonato. [Extraída de: <http://www.gallina.it>]

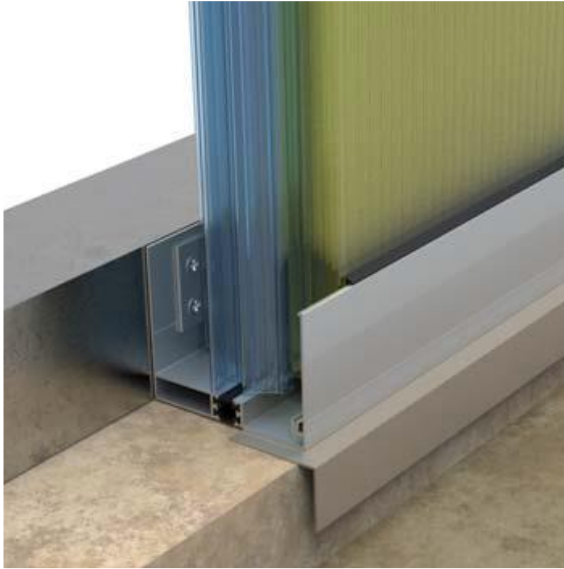


Ilustración 42. Accesorios y perfiles de fijación de cierre inferior, del sistema multi-pared. [Extraída de: dott.gallina. arcoPlus 626 Double Connector System. [Catálogo]].



Ilustración 43. Accesorios y perfiles de fijación de cierre lateral, del sistema multi-pared. [Extraída de: dott.gallina. arcoPlus 626 Double Connector System. [Catálogo]].

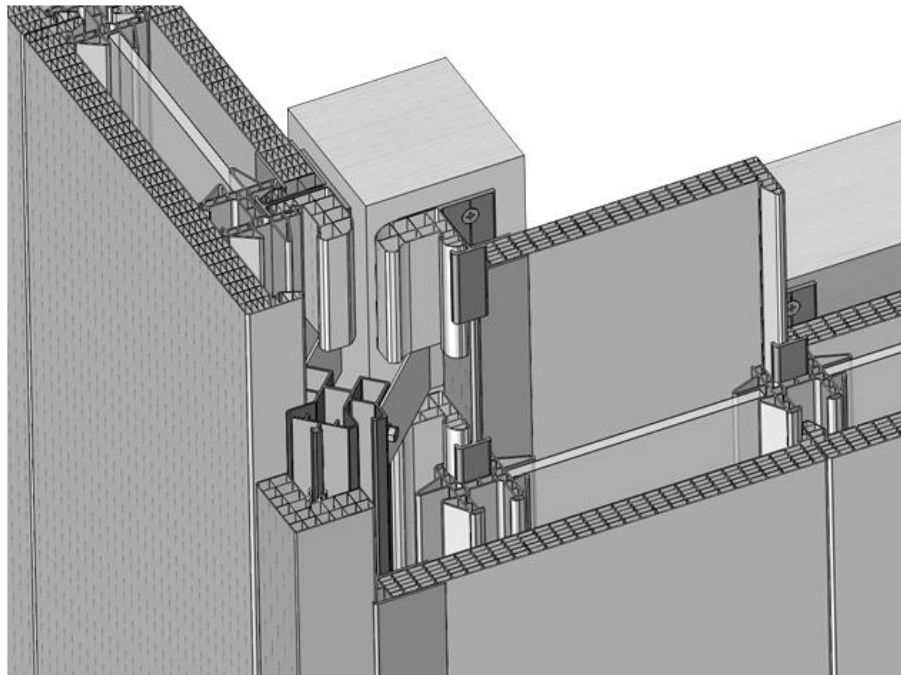


Ilustración 44. Accesorios de fijación y placa para esquinas en sistema multi-pared. [Extraída de: dott.gallina. 2013. Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoTherm® Bardage translucide à isolation renforcée. 2013.]

10.2.2. SISTEMAS MODULARES MACHIHEMBRADOS.

Los sistemas modulares machihembrados constan de placas alveolares que se pueden encastrar entre sí mediante el posicionamiento y encastre lateral de las mismas (ver *Ilustración 45* e *Ilustración 46*). El diseño modular se compone de paneles conectados entre sí que se encajan y fijan con facilidad para una instalación rápida, consiguiéndose unas fachadas totalmente continuas. Con este sistema se prescinde de la perfilera vertical, reduciendo los costos y tiempos de montaje, y obteniendo mayor libertad de diseño. Este sistema permite la posibilidad de montaje tanto desde el interior como desde el exterior. La clave del mismo es la conexión que está oculta en el panel. Esta conexión permite colocar y fijar los paneles en su sitio con facilidad, lo que permite obtener una fachada totalmente continua. El montaje no emplea adhesivos, la conexión es mecánica y en seco.

Este sistema cuenta con muy pocos accesorios para su instalación, lo que hace que sea menos complejo y fácil de montar. Los accesorios necesarios son dos, dependiendo de cómo se quiera (o se necesite) realizar la fijación. Ambas son patas metálicas que se fijan a la estructura, y en las cuales posteriormente se encastran las placas de policarbonato, haciendo coincidir el machihembrado con la posición de las mismas. La diferencia entre las dos patas es la posición. Una se utiliza para fijar la placa desde un plano vertical (ver *Ilustración 47*) y la otra desde un plano horizontal (ver *Ilustración 48*).

Posee también perfiles perimetrales para las diferentes opciones de colocación (ver *Ilustración 50* e *Ilustración 51*) con respecto a la estructura de amure además de las patas metálicas que vinculan las placas con la estructura sustentante.

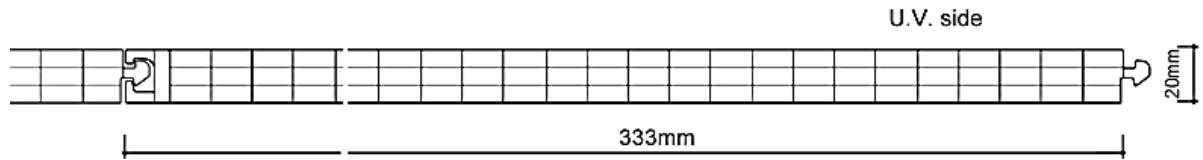


Ilustración 45. Dibujo en planta de una placa para sistemas machihembrados. En la ilustración se aprecian los machihembrados. En este caso se muestra la placa arcoPlus 324 de la empresa dot.gallina. [Extraída de: <http://www.gallina.it>]

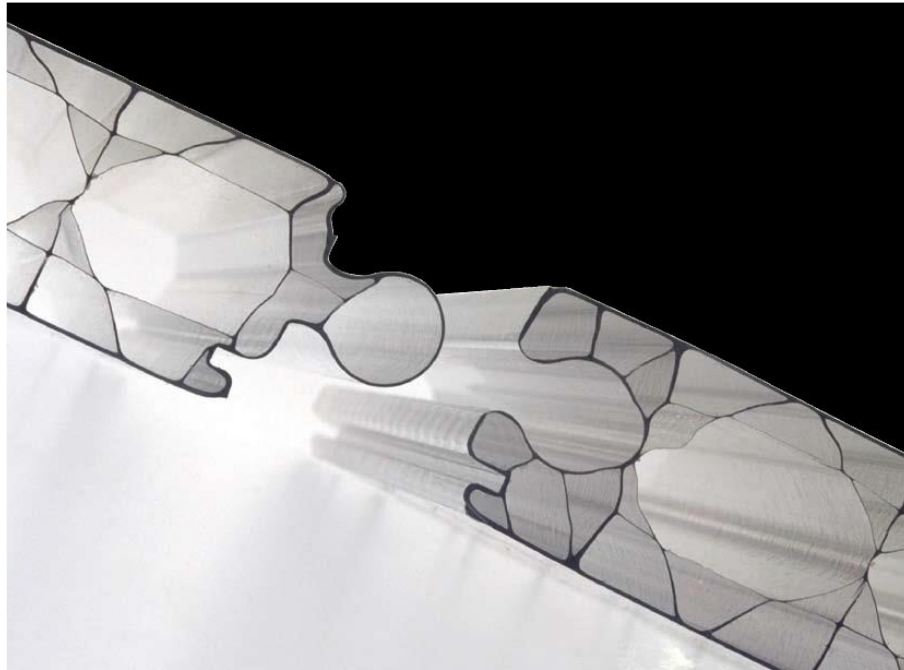


Ilustración 46. Placas machihembradas de policarbonato. [Extraída de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan Thermoclick* sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008]*

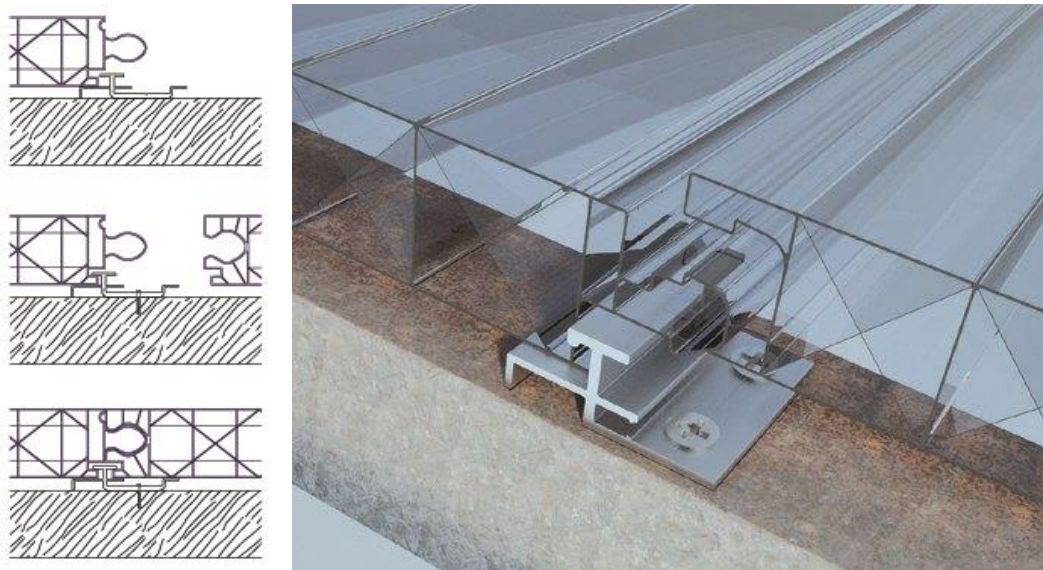


Ilustración 47. Esquema en planta e imagen de accesorio de fijación vertical a la estructura para un sistema modular machihembrado. [Extraídas de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan® Thermoclick® sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008 y General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

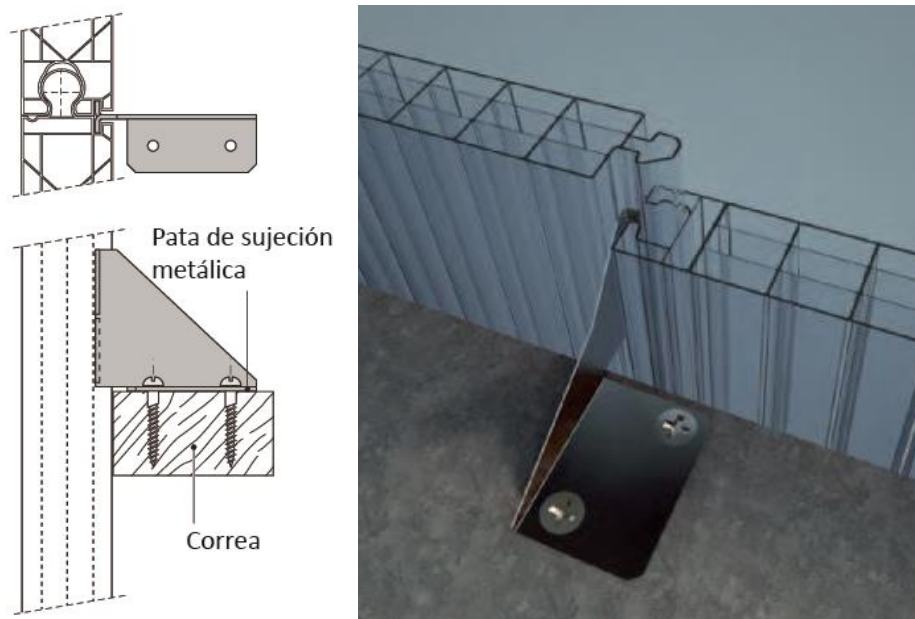


Ilustración 48. Esquema en planta e imagen de accesorio de fijación horizontal a la estructura para un sistema modular machihembrado. [Extraídas de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan® Thermoclick® sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008 y General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

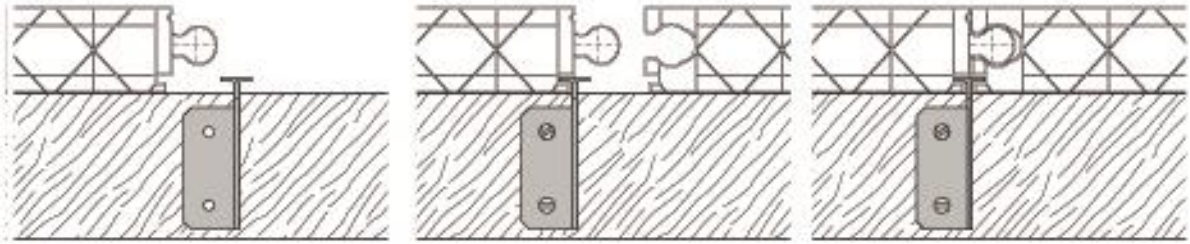


Ilustración 49. Esquema en planta del armado de un sistema modular machihembrado con fijación horizontal a la estructura. [Extraída de: Sabic Innovative Plastics. 2008. Specialty Film & Sheet. Lexan® Thermoclick® sheet. LTC404X4000 product technical manual. 2008]



Ilustración 50. Detalles de perfiles perimetrales para distintos tipos de colocación. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]



Ilustración 51. Detalles de perfiles perimetrales para distintos tipos de colocación. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

10.2.3. SISTEMAS MODULARES CON SOLAPAMIENTO.

Los sistemas modulares con solapamiento podrían considerarse los menos sofisticados de los tres sistemas acá presentados. Son sistemas en donde se solapan las diferentes placas y mediante el uso de accesorios se fijan a una estructura sustentante. Las placas más utilizadas en

la construcción de este tipo de sistemas son las perfiladas, ya que se utilizan las curvas o los pliegues del perfilado para solapar las placas.

Al igual que en sistemas anteriores, contamos con accesorios aparentes y no aparentes (ver *Ilustración 52* e *Ilustración 53*). El uso de los mismos depende del tipo de placa utilizada. Para el uso de accesorios no aparentes es necesario utilizar una placa con conectores interiores que permitan el encastre en puntos determinados. El uso de accesorios aparentes implica agujerear la placa en donde las mismas se solapan. El anclaje cuenta con un “sombrero” y con un tornillo auto-perforante con capuchón plástico.

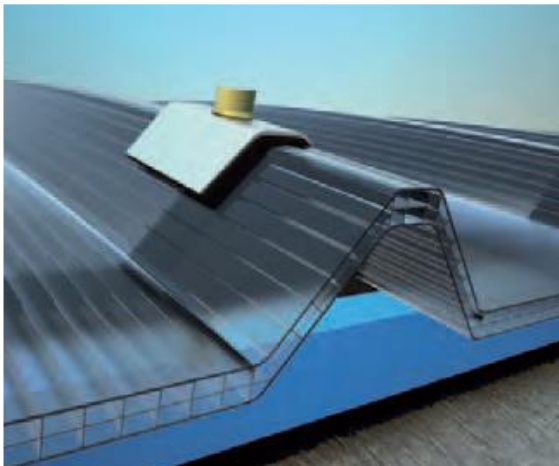


Ilustración 52. Accesorios de fijación aparentes. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]



Ilustración 53. Accesorios de fijación no aparentes. [Extraída de: General catalogue plastic building product, dott.gallina, [Catálogo], 16 de Mayo de 2011.]

10.3. EJEMPLOS.

A continuación presentamos algunos edificios, con diferentes características de implantación, forma y función, en donde se han utilizado sistemas modulares de placas de policarbonato.

El centro de formación AMRC (Centro de Investigación de Manufactura Avanzada), parte del grupo de AMRC Universidad de Sheffield, ubicado en Off Highfield Spring, Catcliffe, Rotherham. Construido en asociación con Boeing, Rolls Royce y otros socios industriales de primer nivel, es

considerado un centro de referencia mundial en investigaciones de maquinaria y materiales para el sector aeronáutico y otros sectores de alto valor. Este edificio formado por 1.800 m² de placas de policarbonato machihembrado de 40 milímetros utilizados como revestimiento y piel interna (ver *Ilustración 54*), diseñado por Bond Bryan Architects, cuenta con una piel exterior de paneles de policarbonato bicolor *Opal/Kristall* de RODECA (con una garantía de protección UV de 20 años) utilizado como un sistema modular de pantalla totalmente ajustable a una cuadrícula de aluminio. La piel interna detrás de la fachada principal es de paneles *Opalised Yellow/Kristall Bi-color* como una piel individual translúcida a modo de pared (con las cámaras exteriores del panel transparente y la cara posterior de color amarillo). Las elevaciones compuestas por las placas de policarbonato contrastan con el edificio de talleres en el fondo del predio en reminiscencia a los edificios originales de la revolución industrial. El edificio ha obtenido muy buenas calificaciones BREEAM.¹

El estudio Bond Bryan Architects percibió al policarbonato como una manera de realizar el encargo de un edificio de entrenamiento y práctica, flexible y con instalaciones que alojaran los talleres necesarios para el programa requerido, además de dotar al edificio de un diseño innovador y altamente llamativo.

INCUBOXX es un edificio destinado a jóvenes licenciados que quieren iniciar un negocio dentro del sector IT & C. El edificio está equipado para servir a empresas dentro de dos etapas de su vida: empresas en estado de formación y empresas en estado de desarrollo y evolución.

¹ BREEAM® (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) es el método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación técnicamente más avanzado y líder a nivel mundial. Favorece una construcción más sostenible que se traduce en una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio; la reducción de su impacto en el medio ambiente; y un mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio. Evalúa impactos en 10 categorías (gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso ecológico del suelo, contaminación, innovación) y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. Comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio.

Para ello el edificio cuenta con espacios de exhibición, salas de conferencias, cafetería, gimnasio, terrazas. El diseño del edificio está basado en dos conceptos: la juventud y la sustentabilidad.

La piel translúcida azul de sus fachadas de placas de policarbonato machihembrado doble, cambia de color durante el día y brilla durante la noche. La misma está montada sobre una grilla estructural horizontal que se denota también a través de la horizontalidad de las ventanas (ver *Ilustración 55*).

El Volo Aviation Hangar FBO, en el Igor I. Sikorsky Memorial Airport, es un proyecto en donde el policarbonato genera también una imagen característica de liviandad y transparencia. Para este proyecto, el arquitecto quería una gran pared translúcida que cubriera toda una fachada, permitiendo ventanas individuales dentro de esa pared (ver *Ilustración 56*). El sistema por el cual se optó fue el de placas conectables multipared.

El edificio Laban Dance Centre, del estudio de arquitectos Herzog & de Meuron está ubicado al sureste de Londres, en las afueras de Deptford Creek, rodeado de bloques de apartamentos, y galpones industriales. Es la facultad de danza contemporánea más grande del mundo y una de las instituciones de entrenamiento de artistas de danza contemporánea líderes en Europa.

Las fachadas curvas (ver *Ilustración 57*) están revestidas de paneles de vidrio transparente o translúcido, dependiendo de si los espacios detrás de ellos requieren de una vista. Los paneles de policarbonato machihembrado son de color lima, turquesa y magenta semi-translúcidos, marcados por grandes ventanales, montados sobre la parte delantera de los paneles de vidrio, dando al edificio un resplandor multicolor. Los colores del sistema de revestimiento de policarbonato fueron elegidos en colaboración con el artista visual Michael Craig-Martin.



Ilustración 54. Centro de formación AMRC (Centro de Investigación de Manufactura Avanzada), parte del grupo de AMRC Universidad de Sheffield, ubicado en Off Highfield Spring, Catcliffe, Rotherham (2013). [Extraída de: <http://www.amrc.co.uk/about/amrc-training-centre>]



Ilustración 55. INCUBOXX The Business Incubator, en Timisoara, Rumania (2014). [Extraída de: <http://www.archdaily.com/543783/incubox-the-business-incubator-andreescu-and-gaivoronschi>]



Ilustración 56. Volo Aviation Hangar FBO, Igor I. Sikorsky Memorial Airport, Stratford, Connecticut (2010), aeropuerto que sirve a la ciudad de Bridgeport. [Extraída de: <http://www.extechinc.com/extech-exterior-technologies-photo-galleries/translucent-walls-gallery/sikorsky-memorial-airport-volo-aviation-fbo.html>]



Ilustración 57. Laban Dance Centre, al sureste de Londres, en las afueras de Deptford Creek (2002). [Extraída de: <http://www.e-architect.co.uk/london/labán-centre>]

11. UN EJEMPLO LOCAL.

En nuestro medio, por lo reducido del mercado y la dificultad de acceder a variedad de productos (sobre todo aquellos que no se fabrican en variedad en el medio local, como los policarbonatos), es difícil encontrar construcciones con revestimientos de fachada o cerramientos de fachadas contruidos con algunos de los sistemas modulares antes mencionados. Como contrapunto a esto, la arquitectura local se adapta al uso de las placas de policarbonato principalmente en remplazo de las superficies vidriadas aunque también adaptando estructuras livianas de madera y chapa o perfiles metálicos a las placas que encontramos hoy por hoy en el mercado local.

Este punto de la tesina plantea el estudio y evaluación de una solución de cerramiento vertical de policarbonato, que consideramos no habitual para el medio local, debido a la importancia que cobra el cerramiento en el conjunto total de la construcción y a la imagen y los ambientes que genera el mismo, tanto exteriormente como interiormente. Es también de destacar que esta solución se podría haber realizado a partir de sistemas modulares, como podemos observar en la mayoría de lugares en donde este tipo de sistemas son de más fácil acceso; lugares en donde el uso y la construcción este tipo de cerramientos está más extendida.

El ejemplo estudiado trata de una obra de remodelación y ampliación de un programa educativo. A continuación transcribimos una breve síntesis de la memoria de los autores acerca del proyecto:

“El proyecto de ampliación y obra nueva del Liceo Federico García Lorca se inscribe en un proceso de varios años de intervenciones en arquitectura y paisaje en la institución, con el propósito de llevar al espacio la propuesta pedagógica, de acondicionar los espacios exteriores e interiores de modo que reflejen las necesidades y búsquedas de esta comunidad educativa.

La obra realizada en el Liceo entre el 2013 y el 2014, atendió la necesidad de nuevos salones de clase, así como la creación de un espacio polivalente para actividades culturales y deportivas.

En el espacio polivalente se buscó optimizar el desarrollo de las actividades recreativas, apostando a elementos como la iluminación natural a través de dos fachadas traslúcidas y el piso de tablas de madera de grapia prelaqueada colocado sobre una cámara de aire suspendida con clavadores y separadores de goma. La estructura de hierro, en particular una viga de 1.60 de altura y 16 metros de largo, nos permitió salvar la luz del edificio logrando una nave sin pilares intermedios, lo que redundó en un espacio libre, sin obstrucciones.

El esqueleto de hierro queda totalmente visible y hace a la búsqueda estética: los pilares de planchuela, vigas reticuladas y cerchas de metal plegado y el cielorraso de panel térmico, contrastan con los testeros traslúcidos de las fachadas, con su doble piel de policarbonato grecado, por el que bajan a su vez los caños estructurales que sostienen las puertas giratorias del acceso. Para el mejor aprovechamiento del padrón, se gestionó el permiso para poder usar todo su ancho, acordando la altura hacia el lado de las construcciones vecinas más bajas.

Para potenciar la impronta verde, las fachadas este y oeste cuentan cada una con un juego de puertas giratorias que permiten comunicar visualmente los patios generados delante y detrás del espacio interior, permitiendo que la mirada atravesase el edificio.” (Arquitectura celeste, 2015)

11.1. DATOS DE LA OBRA.¹

- *Obra:* Reforma y ampliación en Liceo Federico García Lorca, Malvín, Montevideo.
- *Proyecto y Dirección:* Arq. Mariana Ures, Ing. Jean Hercher Pasteur
- *Colaboradores:* LadoB Arquitectura, Arq. Santiago Albín
- *Empresa Constructora:* TARGA CONSTRUCCIONES, Gustavo Haiek, Arq. Pablo Vidal
- *Fecha:* 2013-2014
- *Área proyectada:* 450 m²
- *Presupuesto:* 1100 USD/m² aproximadamente.
- *Asesor de Estructura:* Piña-Ham Ingenieros

¹ Extraídos de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>

- *Estructura Gimnasio*: TELCAM
- *Acondicionamiento Sanitario*: Pablo Richero, Arq. Mauro Zunino
- *Red de Bomberos*: Ing. Hidráulico Martín Bertocchi
- *Eficiencia Energética*: Ing. Jean Hercher Pasteur
- *Instalación Eléctrica*: Robert Solano
- *Acondicionamiento Térmico*: KAVE
- *Gestión de Obra*: Leonardo Lorient
- *Policarbonato*: POLIGLASS
- *Sistema de Paneles*: URUTERM
- *Carpintería*: Arq. Raúl Abella
- *Piso del Área Polivalente/Escalera/Deck*: Luciano Martínez
- *Pintura*: Gys Sprayers



Ilustración 58. Planta general del liceo, en la zona más al noreste el espacio polivalente con fachadas de policarbonato.
 [Extraída de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]

11.2. ESPACIO POLIVALENTE.



Ilustración 59. Fotografía interior de 180 grados del espacio polivalente. [Fotografía propia]

Lo que nos interesa en concreto de esta obra es el espacio polivalente, donde se optó como solución para el cerramiento vertical de las fachadas este y oeste, de placas de policarbonato opal perfiladas de ambos lados (interior y exterior), fijadas a una estructura metálica (ver *Ilustración 60*).

Esta solución se hizo extensiva también a las aberturas; ambos cerramientos cuentan con aberturas pivotantes revestidas en policarbonato (ver *Ilustración 61*), percibiéndose cuando están cerradas, como un cerramiento continuo.

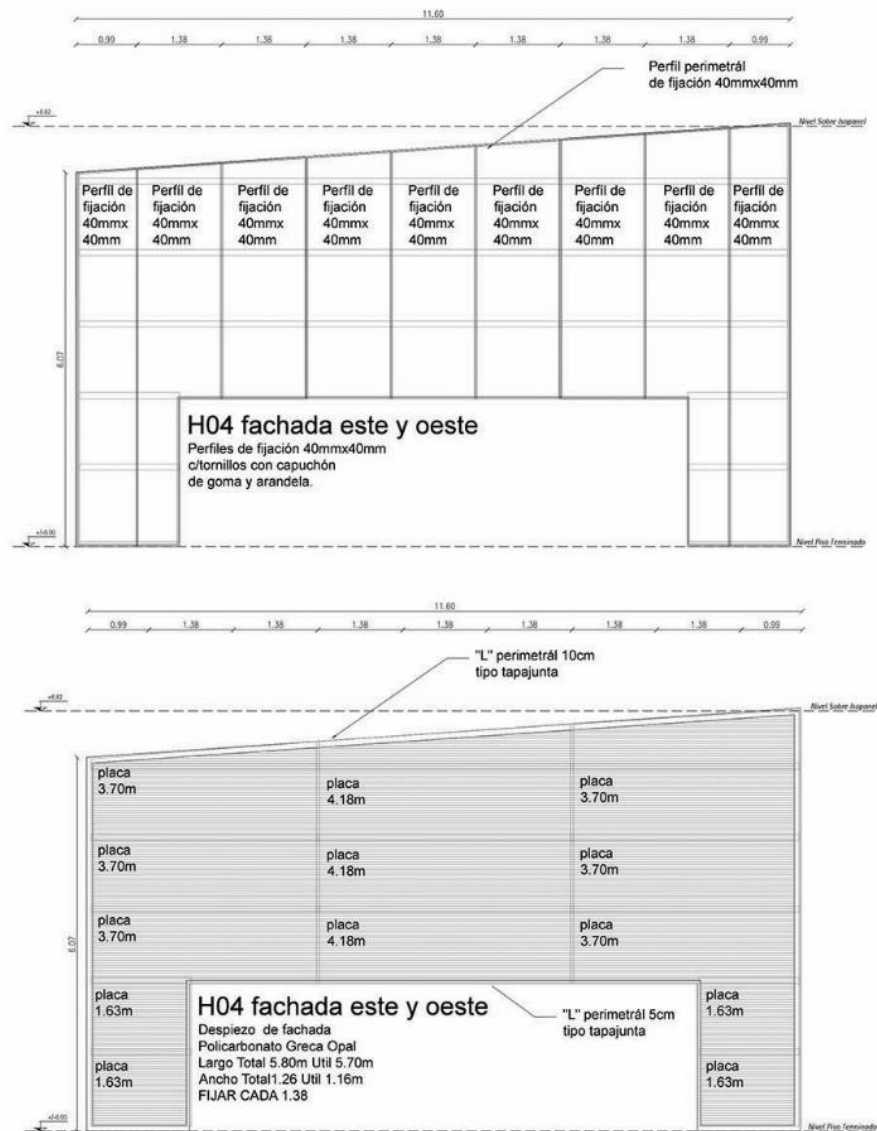


Ilustración 60. Despiezo de las fachadas constituidas por las placas de policarbonato. [Extraída de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]

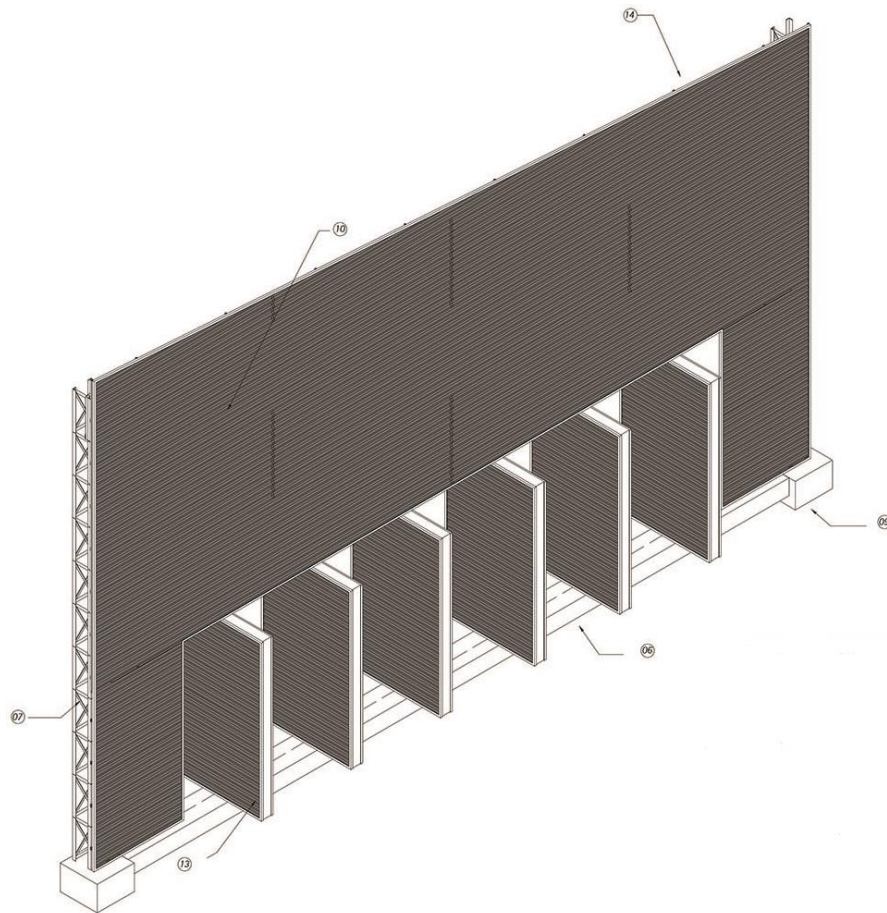


Ilustración 61. Esquema axonómico de la fachada relizada con placas de policarbonato. [Extraída de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]

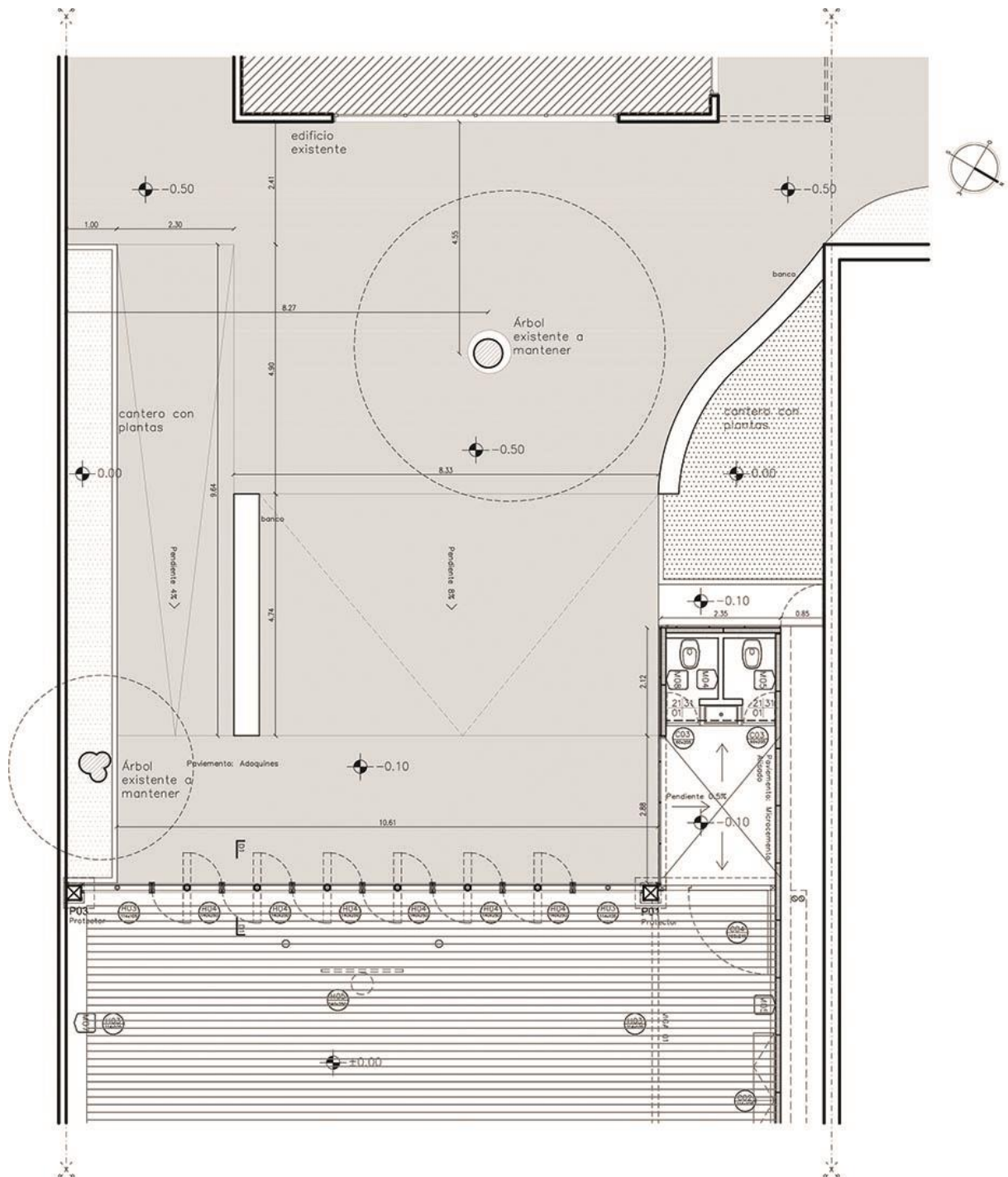


Ilustración 62. Planta parcial del acceso al espacio polivalente. [Extraída de: <http://arquitecturaceste.com/tag/federico-garcia-lorca>]

11.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLACAS UTILIZADAS.

Las placas utilizadas en el proyecto son placas greca de policarbonato trapezoidal compacto color opal, con protección para rayos UV. Estas placas miden 5,80 metros de largo por 1,26 metros de ancho, aunque sus dimensiones útiles son 5,70 metros de largo y 1,16 metros de ancho. Tienen un espesor de 1 milímetro.

Estas placas son un producto importado y distribuido por la empresa Poliglass, fabricado mediante un proceso de extrusión (lo que permite generar largos continuos).

Su resistencia al impacto es 200 veces superior al vidrio tradicional y cuenta con una capa co-extruida de filtro UV que bloquea el 98% de la radiación. La placa es auto-extinguible y no gotea en caso de incendio. Resiste condiciones climáticas extremas como viento y granizo, y además resiste cambios bruscos de temperatura, fluctuaciones entre los -40° y los 100°C.

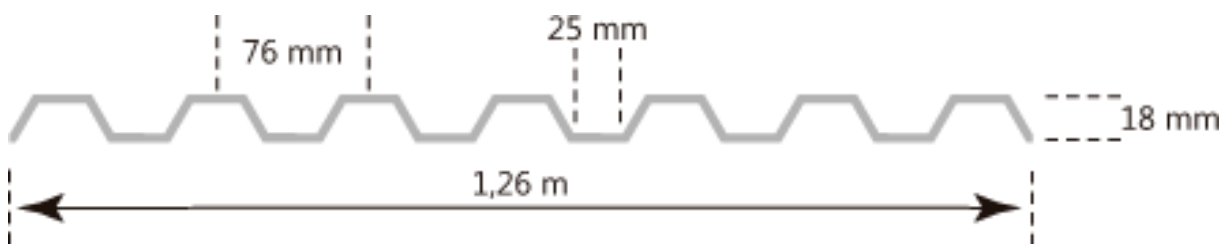


Ilustración 63. Esquema con medidas de una placa de policarbonato trapezoidal de 1mm de espesor. [Extraída de: <http://www.gallina.it>]

11.4. MONTAJE.

Al no tratarse de un sistema modular donde se deben seguir determinados pasos para realizar el montaje adecuadamente, asegurando el correcto funcionamiento del revestimientos o fachada, la secuencia debe ser determinada por el proyectista atendiendo los fines que persigue su idea arquitectónica. En este caso en particular estamos frente a una adecuación de las placas

de policarbonato para conformar una fachada, pero no un sistema, como mencionábamos anteriormente.

El montaje se realiza de acuerdo a lo que idea el proyectista teniendo en cuenta la imagen del producto final y el correcto funcionamiento del mismo.

En este caso el montaje se realizó fijando las placas directamente a la estructura metálica, usando como elemento de terminación una “L” perimetral.

Para garantizar el adecuado funcionamiento de la fachada, el solape vertical entre placas se realizó en sentido contrario a los vientos predominantes para evitar la entrada de agua a través del mismo. Se colocaron las placas desde abajo hacia arriba, comenzando por la fila inferior, luego la segunda fila, y así sucesivamente hasta la última fila; para un adecuado escurrimiento del agua. Es de especial cuidado el correcto sellado de los puntos de fijación ya que están ubicados en el valle de la chapa.



Ilustración 64. Imagen de una placa de policarbonato fijada a un perfil por la parte de atrás mediante tornillos.

11.5. RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE EN CUANTO A LIMPIEZA.

Es necesaria una limpieza periódica para mantener la transmisión de luz. Debe limpiarse con cuidado ya que no es resistente a todos los limpiadores y pueden hacerse fácilmente marcas en la superficie.

El fabricante recomienda utilizar agua tibia para enjuagar la placa y ablandar los desechos endurecidos. Lavar las placas utilizando una solución de agua tibia y un limpiador doméstico no abrasivo corriente o un jabón suave y esponja o paño suave.

Las indicaciones precisas son:

- No utilizar limpiadores abrasivos o bases fuertes.
- No restregar las placas con cepillos o instrumentos cortantes.
- No limpiar al vapor, utilizar presiones bajas para lavado a presión.
- No utilizar acetona, gasolina, bencina o disolventes que contengan butilo cellosolve o isopropanol.

Antes de nada, es aconsejable que se compruebe si el limpiador es apropiado en una muestra. Después de la instalación, se pueden quitar las etiquetas, utilizando éter de petróleo que seguidamente pueda lavarse utilizando el método de limpieza anteriormente descrito.

11.6. ESTRUCTURA.

La estructura del cerramiento queda oculta dentro del muro definido por el doble aplacado. Esto genera una cámara de aire que funciona como aislamiento, y además hace que la superficie sea continua, definida por la geometría de la placa.

La misma es metálica de caños de aceros verticales, fijados a la viga de fundación de hormigón armado y a la cercha superior metálica, costillas de tubulares de acero de 40 x 40 milímetros, a las que se fijan las placas de policarbonato. Todos los elementos metálicos están

pintados de color blanco, combinando con el blanco predominante de las placas de policarbonato de color opal.



Ilustración 65. Espacio polivalente en construcción, en donde se observan algunos de los elementos metálicos de la estructura, como por ejemplo las cerchas. [Extraída de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]



Ilustración 66. Fachada oeste en construcción, y esquema axonométrico del despiece de fachada y movimiento de aberturas. [Extraídas de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]

11.7. ABERTURAS.

El edificio cuenta con 6 aberturas pivotantes en cada fachada de 1,38 metros de ancho por 2,40 metros de alto, todas con doble aplacado (un aplacado interior y uno exterior). Las dimensiones de los vanos son: 8,28 metros de largo por 2,40 metros de alto. La cara interior cuenta por detrás de las placas trapezoidales con una placa de policarbonato alveolar transparente de 5 milímetros, para darle mayor rigidez al revestimiento, esto impide la deformación de las placas por golpes (ver *Ilustración 67*). Esta placa alveolar adicional no solo se agregó a las placas compactas de las aberturas, sino que también a las placas compactas contiguas a las aberturas; ya que los vanos no van de medianera a medianera sino que se interponen entre el vano y la medianera de un lado, y el vano y el acceso del otro lado, dos módulos fijos de la estructura con las mismas placas de policarbonato. En los dos módulos fijos laterales, la placa alveolar que rigidiza a la placa compacta perfilada solo está colocada hasta la altura de la abertura (o sea en la parte inferior del cerramiento); por encima de la altura de la

abertura el cerramiento está constituido solamente por la placa de policarbonato compacto perfilado opal, exterior e interiormente.



Ilustración 67. Respaldo de policarbonato alveolar, sobre placa trapezoidal. [Fotografía propia]

La estructura de las aberturas se conforma por un bastidor de perfiles “C” de acero galvanizado de 20 centímetros soldados con costillas de tubulares de acero, que permiten fijar las placas además de rigidizar la abertura, todo pintado color blanco.

La terminación perimetral que sujeta a las placas de policarbonato contra el bastidor, está formada por una “L” de chapa pintada color blanco, de 10 centímetros de ala, tipo tapajuntas. Para sellar el encuentro entre las aberturas, y entre las aberturas y el cerramiento fijo, se colocó un burlete de goma, sostenido por el perfil “L” de chapa, pintado color blanco, de cierre exterior.

La terminación perimetral de los vanos también está conformada por un perfil en forma de “L”, de chapa pintada color blanco, de 10 centímetros de ala, tipo tapajuntas, fijado mediante remaches y tornillos auto-perforantes, a la estructura de las aberturas.

Todas las aberturas son del mismo ancho que el cerramiento fijo, por lo que no genera cambio de plomos, logrando la continuidad aparente del cerramiento, tanto interior como exteriormente.

En cuanto al movimiento, las aberturas están fijadas en la parte central a la estructura de caños circulares del cerramiento mediante un sistema de pivot (ver *Ilustración 68*), permitiendo que las hojas se puedan girar logrando diferentes grados de apertura. El movimiento de las aberturas genera un área de servidumbre que avanza algunos centímetros pero no interfiere con las actividades interiores ya que la delimitación de la cancha está más adentro. Con la apertura de dos aberturas se genera un espacio de paso de 1 metro aproximadamente.



Ilustración 68. Sistema pivot de las aberturas. [Fotografía propia]

Como elemento de cierre, las aberturas poseen un pasador tipo Máuser, vertical, en la parte inferior (ver *Ilustración 69*). Solución que presenta algunos problemas ya que en algunos casos presentan deformaciones por falta de resistencia frente a las exigencias del uso, y puede

tornarse peligroso para los usuarios ya que queda aparente y sobresale del plomo del cerramiento.



Ilustración 69. Herraje de cierre, pasador tipo Máuser vertical, en la parte inferior. [Fotografía propia]

11.8. ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

Las placas se disponen horizontalmente, fijadas cada 1,38 metros (distancia entre los montantes de la estructura) con tornillos auto-perforantes galvanizados, cabeza redonda Philip plana, arandelas y capuchones de PVC, color gris “Safe Top Pat N° 89-3573” (ver *Ilustración 71*, *Ilustración 72* e *Ilustración 73*).

Los perfiles “L” perimetrales exteriores de las aberturas se remachan entre sí en los ángulos y a las costillas en los puntos medios de la abertura (ver *Ilustración 70*).

Esto ha sido una solución adecuada para el fácil acceso y posibilidad de desarme para la sustitución de placas.



Ilustración 70. Detalle de encuentro superior de una de las aberturas pivotantes. Se observan los remaches que unen los perfiles de chapa galvanizada pintada de blanco de las aberturas entre sí, y los tornillos que unen el marco bastidor con las placas de policarbonato. [Fotografía propia]



Ilustración 71. Detalle de tornillo auto-perforante con cabeza redonda Phillips plana a la izquierda, y remache pop a la derecha. [Extraídas de: www.directindustry.es]



Ilustración 72. Detalle de capuchón de PVC gris "Safe Top Pat N° 89-3573". [Fotografía propia]



Ilustración 73. Detalle de capuchón de PVC gris "Safe Top Pat N° 89-3573". [Fotografía propia]

Los elementos de fijación, si bien son de colores claros y cuentan con elementos de protección para evitar la filtración de agua y evitar la corrosión de los elementos metálicos, son de plástico rígido lo que no permite el movimiento de las placas pudiéndose generar roturas o deformaciones en las mismas. De acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes los orificios deben tener una sobredimensión para permitir el movimiento térmico; deben taladrarse los mismos con un diámetro de 6 milímetros mayor que el tornillo de fijación para longitudes de lámina de hasta 2 metros y 3 milímetros adicionales por metro adicional de longitud de placa. Presumimos que los orificios fueron realizados directamente al colocar la tornillería punta de mecha, no considerando las recomendaciones de los fabricantes. A su vez, los tornillos no deben estar muy apretados ya que impedirían el movimiento térmico de la placa con los cambios de temperatura, no siendo este el caso, debido a que generalmente este tipo de tornillería son colocados con atornilladoras hasta hacer tope en el material.

Se tomó la precaución de proteger la tornillería que sostiene las placas, no haciéndose extensiva a los elementos de fijación de las "L" que hacen de terminación perimetral, lo que puede generar problema de presencia de corrosión entre los diferentes elementos metálicos.

11.9. ENCUENTROS E INTERFACES.

La estructura general es metálica reticulada. Los pilares de ángulos y planchuelas de acero pintado en color blanco, aparentes, tienen 3 laterales cubiertos con policarbonato alveolar, transparente de 5 milímetros (ver *Ilustración 74* e *Ilustración 75*).

La base del dintel que encontramos por encima del vano de las aberturas, también se cerró con policarbonato alveolar, transparente de 5 milímetros (ver *Ilustración 76*).

En el encuentro superior, la cubierta de ISOPANEL sobresale del plomo del cerramiento de policarbonato. Para resolver el encuentro entre ambos planos se colocó una “L” de chapa plegada, pintada de color blanco. La misma fue sellada con silicona en el encuentro con la parte inferior del ISOPANEL y atornillada a la estructura del cerramiento vertical (ver *Ilustración 77*).

Para el escurrimiento del agua se colocó una babeta exterior sobre dintel (ver *Ilustración 78*).

En el encuentro del cerramiento con el pavimento exterior, tanto en la parte fija como en las partes móviles, se resolvió mediante la colocación de una “L” de chapa plegada pintada color blanco, con el ala inferior hacia afuera, y la otra ala atornillada a la estructura del cerramiento vertical (ver *Ilustración 79*).

Esto genera el inconveniente de que se acumulen cosas entre el ala vertical y la chapa así como en la “L” misma, lo que hace que pensemos que no es del todo adecuada la solución de terminación inferior.



Ilustración 74. Pilares reticulados cubiertos con policarbonato alveolar. [Fotografía propia]



Ilustración 75. Pilares reticulados cubiertos con policarbonato alveolar. [Fotografía propia]



Ilustración 76. Dintel de policarbonato alveolar. [Fotografía propia]



*Ilustración 77. Detalle del encuentro superior entre la cubierta de ISOPANEL y la estructura de chapa plegada.
[Fotografía propia]*



Ilustración 78. Babeta exterior sobre abertura. [Fotografía propia]



Ilustración 79. Encuentro de aberturas con pavimento exterior. [Fotografía propia]

11.9.1. ENCUENTROS VERTICALES.

En el encuentro del cerramiento en cuestión con el muro medianero de mampostería preexistente, se colocó una “L” de chapla plegada color blanco como terminación del encuentro cóncavo entre las placas de policarbonato y el muro revocado (ver *Ilustración 80*).

El encuentro entre las placas del cerramiento de los testeros, con doble aplacado, y la parte superior de los cerramientos largos, con aplacado simple, no llega a materializarse, ya que ambos terminan antes, en el plomo exterior del pilar, y ambos se resuelven de manera independiente con una “L” perimetral ídem a las anteriormente mencionadas (ver *Ilustración 81*).

En la parte inferior de los cerramientos laterales de policarbonato, se instaló una babeta de chapa plegada para el adecuado escurrimiento del agua.



Ilustración 80. Encuentro vertical de muro medianero y fachada de polycarbonato. [Fotografía propia]



Ilustración 81. Encuentro de fachadas sobre testero. [Fotografía propia]

11.9.2. ENCUANTRO ENTRE CERRAMINETOS FIJOS Y MÓVILES.

El encuentro entre los cerramientos fijos y móviles se resuelve mediante la colocación de un burlete de goma fijado a los perfiles laterales en las aberturas y fachadas (ver *Ilustración 83* e *Ilustración 84*), o a la entrepuerta en el caso del piso (ver *Ilustración 82*).

Este sistema presenta algunos inconvenientes. Por ejemplo no genera un adecuado cierre estanco, lo que puede producir infiltraciones, que pueden tornarse molestas en invierno, no siendo un problema mayor, debido a la finalidad de uso del espacio.



Ilustración 82. Burlite inferior atornillado directamente al piso, en el encuentro del pavimento exterior de adoquines y el umbral de las aberturas de hormigón. [Fotografía propia]



*Ilustración 83. Encuentro lateral entre aberturas.
[Fotografía propia]*



Ilustración 84. Encuentro entre aberturas y cerramiento fijo. [Fotografía propia]

11.10. OTRAS FACHADAS.

En la parte superior de los otros dos muros que conforman el salón se optó por implementar el mismo cerramiento, con simple aplacado de policarbonato al exterior, dejando la estructura metálica aparente hacia el interior, generando una entrada de luz que separa la cubierta de ISOPANEL de los cerramientos verticales opacos. También se optó por dejar la estructura metálica que sostiene la cubierta totalmente aparente. El simple aplacado, con este tipo de presentación de placa, tiene un muy bajo índice aislamiento, pero como decíamos anteriormente puede no considerarse como un tema grave por la finalidad del recinto.

En el caso de la fachada Norte, se debe tener precaución por la entrada de sol directo; en caso de no contar con una buena protección frente a las radiaciones UV y difusión de la luz puede generar un exceso de iluminación y encandilamientos que se tornan molestos para el desarrollo de actividades en determinado horario, no siendo el caso de estas placas.

11.11. CONSIDERACIONES A LA HORA DE TOMA DE PARTIDO POR ESTA SOLUCIÓN.

El arquitecto desempeña un papel fundamental como promotor de la utilización de nuevas técnicas y productos. Este sistema forma parte una solución global de construcción en seco, con materiales que permiten el montaje de todos los elementos constitutivos sin obra húmeda, lo que permite una optimización de los tiempos, atendiendo a los requerimientos de los acotados plazos de obra actuales, redundando en economía, en mano de obra y en otros aspectos propios de obra.

Por otra parte exige una mayor planificación, coordinación y seguimiento por parte de la jefatura y dirección de obra ya que es necesario controles más rigurosos en la recepción y aceptación de los materiales y en el montaje, además de una mano de obra calificada para obtener un producto final aceptable. Las tolerancias en estos casos son casi inadmisibles ya que los errores son muy difíciles de disimular porque cada material forma parte de la terminación.

11.12. ASPECTOS CONSIDERADOS AL MOMENTO DE LA ELECCIÓN DEL SISTEMA.

- **Rapidez de ejecución y montaje.** El tipo de programa donde se desarrolla la obra hace imposible la coexistencia de la misma con la actividad del colegio, lo que implica un desarrollo y finalización en un plazo acotado.
- **Costos.** Este cerramiento es parte de una solución global de construcción en seco, lo que tiene implicancias en la facilidad y velocidad, lo que redundará en abaratamiento de la obra por menos aportes de leyes sociales.
- **Seguridad en el montaje.** Al ser un sistema liviano, existe un menor riesgo de lesiones o accidentes. El sistema tradicional trabaja con elementos (maquinaria, grúas, etc.) de gran tamaño y peso que pueden ser determinantes a la hora de producir lesiones a un trabajador.
- **Seguridad para los usuarios.** En el sector inferior se colocó una placa de policarbonato alveolar, que otorga mayor resistencia frente a golpes y pelotazos, este material llega a deformarse, sin presentar roturas ni fragmentación que puedan ser un peligro para los usuarios.
- **Desperdicios.** La racionalización de este sistema y la disponibilidad de placas de diferentes medidas, que se adecuen al proyecto, hace que la generación de desperdicios sea bastante menor que en otros sistemas constructivos. Obteniendo un proceso de obra más limpio, y al ser una construcción en seco los desperdicios que se producen son secos y de relativa facilidad de disposición.
- **Reparaciones o sustituciones.** Las placas son muy fáciles de sustituir, de forma rápida y limpia.
- **Estética.** El aspecto que tiene el edificio a lo largo del día es cambiante. Durante el día presenta un aspecto sólido y opaco (ver *Ilustración 86*); en cambio durante la noche cuando se ilumina desde el interior da la sensación de transparencia, casi como una lámpara encendida (ver *Ilustración 85*). Este es uno de los aspectos que hace tan interesante el uso del policarbonato, la posibilidad de que un mismo material tenga ese tipo de variaciones de

aspecto frente a la diferencia de iluminación, lo que le da al edificio la posibilidad de mutar bajo los fenómenos atmosféricos y a lo largo del día.

- **Aislamiento.** Térmicamente se genera una cierta aislación por la cámara de aire que queda determinada por el doble aplacado del cerramiento. De todas maneras las condiciones en días soleados se tornan calurosas, situación que se soluciona con la ventilación cuando se abren las puertas de ambos cerramientos.
- **Impermeabilidad.** El cerramiento ofrece muy buenas prestaciones, ya que el material en si es impermeable, y al respetarse los solapes y el correcto sellado de encuentros y puntos de fijación no se producen filtraciones hacia el interior.
- **Aislamiento acústico.** El comportamiento del material como aislante es adecuado para los fines para los cuales se proyectó el edificio.
- **Iluminación.** El salón/gimnasio presenta una muy buena iluminación. Según lo que pudimos apreciar en la mañana de un día soleado, no se percibieron deslumbramientos ni encandilamientos. El color opal del policarbonato genera un control de la iluminación haciendo que esta sea difusa, adecuada para los diferentes fines para los que se proyecta el edificio. Las placas de policarbonato opal ofrecen un 77% de transmisión de luz, un 84% de transmisión solar, un 79% de transmisión directa y un 0,97% de coeficiente de sombra.
- **Peso propio.** Livianidad representada en economía de estructura. Las placas de policarbonato opal de 1 mm pesan 1,344 kg/m² lo que nos da que cada placa pesa: $5,80 \times 1,26 \times 1,344 = 9,82$ kg. Esto facilita la manipulación al momento del montaje, y no tiene mayor incidencia en el peso propio del cerramiento al momento de dimensionar la estructura de soporte.
- **Comportamiento frente al fuego.** De acuerdo a los detalles de fabricación las placas son auto-extinguibles y no gotean lo que da cierta garantía frente al fuego, no siendo así el cerramiento de ISOPANEL.
- **Durabilidad.** Las placas tienen una garantía de por lo menos 10 años por parte del fabricante, siempre y cuando se respete las condiciones de montaje del proveedor.

- **Adaptable a diferentes tipos de estructura.** En el caso en estudio tenemos una estructura metálica, pero este tipo de cerramiento es adaptable a diferentes tipos de estructura, ya sea madera, metálica u hormigón, siempre y cuando se respete las recomendaciones y especificaciones del fabricante.



Ilustración 85. Vista de fachada suroeste de noche. [Extraídas de: <http://arquitecturaceleste.com/tag/federico-garcia-lorca>]



Ilustración 86. Vista de fachada suroeste a la luz del día. [Fotografía propia]

11.13. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN RESPECTO A NIVELES DE CONFORT.

Percepción de los usuarios:

Durante la visita al liceo Federico García Lorca, tuvimos la oportunidad de preguntar a un grupo de estudiantes y administrativos de la institución que se encontraban en el espacio de la administración, acerca de sus opiniones (desde su punto de vista como usuarios) sobre el espacio polivalente. A continuación resumimos los conceptos obtenidos en esa ocasión:

- **Iluminación.** Muy luminoso, adecuado para las actividades.
- **Térmicamente.** En verano al comienzo de la jornada, cuando utilizan el salón luego de haber permanecido mucho tiempo cerrado hace calor, pero abriendo las puertas se genera corriente de aire y se torna agradable la temperatura, en invierno se genera por el contrario, cuando hay viento infiltraciones a través de la junta entre las aberturas.
- **Acústicamente.** El principal problema acústicamente es el cerramiento superior de ISOPANEL, en caso de lluvia fuerte se genera mucho ruido en el interior.

- **Condensación interior.** No se constatan.
- **Terminación/imagen.** Muy conformes con la imagen del edificio en general, se destaca cuando se desarrollan actividades nocturnas y se ilumina el salón.
- **Impermeabilizaciones.** No ha habido ingreso de agua.

Nuestra percepción durante la visita:

- **Iluminación.** Adecuado para la finalidad del salón, cómodo.
- **Térmicamente.** Al acceder al local se percibió cierto calor, pero al abrir una de las aberturas ya cambia la percepción de la temperatura (la evaluación corresponde a una mañana soleada de principios de diciembre).
- **Acústicamente.** El inconveniente acústico se presenta durante los días de lluvia fuerte debido a que el cerramiento superior es de ISOPANEL y no presenta buena aislación frente a los ruidos de impacto.
- **Condensación interior.** De acuerdo a lo que pudimos ver y a la respuesta de los usuarios no se producen condensaciones ya que no hay grandes fuentes de humedad (ventilación cruzada que permiten las aberturas en ambas fachadas).
- **Terminación exterior.** Protección UV, no se constataron diferencias de color en las placas, ni decoloraciones en los pavimentos.
- **Imagen general.** De acuerdo a imágenes podemos apreciar la diferencia del edificio que se genera durante el día y la noche, lo que genera un valor agregado a la imagen del edificio. En cuanto al uso presenta algunos detalles, por falta de un correcto mantenimiento o previsión frente a pelletazos en la parte superior del aplacado interior (en ese lugar no cuenta con aplacado alveolar interior para rigidizar).
- **Impermeabilización.** El solape de las placas, las arandelas y capuchones plásticos generan la impermeabilización del cerramiento.

11.14. REPORTE DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LA ARQUITECTA.

Para culminar exponemos una breve entrevista con la Arq. Mariana Ures del estudio Atelier MC2, encargada del proyecto y construcción del espacio polivalente, además de otros espacios del liceo Federico García Lorca. La entrevista la dividimos en tres temas, para clarificar y darle cierto orden a la misma: experiencia constructiva; dificultad de montaje y colocación; manual de usuario, mantenimiento y limpieza.

Experiencia constructiva:

- ¿A qué se debió la elección del policarbonato como cerramiento vertical?

Elegimos policarbonato como cerramiento vertical para lograr un espacio liviano y luminoso. Y para acelerar tiempos de obra.

- ¿Y la elección de esa chapa en particular?

Nos gustaron las posibilidades técnicas de la geometría y el color blanco traslúcido.

- ¿Hay disponibilidad de materiales y accesorios en el mercado?

En general no tuvimos problemas o falta de materiales porque el proveedor presentó distintas opciones cuando hubo que resolver detalles.

- ¿Cómo fue la experiencia y asesoramiento por parte del proveedor?

Carlos Perilo de Poliglass tiene mucha experiencia y nos asesoró continuamente durante la obra.

- ¿Cuál fue la disposición del cliente ante el planteo del uso del material?

Presentó las reacciones típicas respecto a un material liviano; no le convencía, pensaba que no sería lo suficientemente sólido -estructuralmente-. Los renders facilitaron la visualización.

- ¿Cómo es la ecuación: durabilidad vs costo?

El costo del proyecto en policarbonato era competitivo frente a la opción de materiales tradicionales. Respecto a la durabilidad, pensamos que probablemente haya que cambiar alguna chapa, pero no fue el caso por ahora.

- ¿Cuáles eran los requerimientos a los que debía dar solución?

Iluminación: sí.

Protección UV: *sí*.

Aislación térmica: *no*.

Aislación acústica: *no*.

Seguridad por el programa en particular: *no*.

- ¿Cómo fue la experiencia del uso de este material como cerramientos vertical?

Por ahora es muy buena la experiencia según comentan los usuarios.

- ¿Hubo que tener alguna consideración particular a la hora del montaje y colocación del material?

No lo recuerdo.

Dificultad de montaje y colocación:

- ¿Fue necesario emplear mano de obra calificada?

Sí, la de la empresa que proveyó el material.

- ¿Cómo fueron los tiempos de ejecución y montaje?

Según estimados en cronograma de obra.

- ¿Cuál fue tu impresión luego de realizada la obra, producto final?

Creo que fue una buena apuesta, estéticamente es muy agradable, cumple con los requerimientos espaciales respecto a generar la sensación de luminosidad y espacialidad buscada.

Creemos a su vez que el programa -liceo- va a poner a prueba al material.

Manual de usuario, mantenimiento y limpieza:

- ¿Cómo fue la receptividad del cliente y usuario por las consideraciones y cuidados que se debe tener para este material en particular?

Tuvimos muy buena receptividad por parte de la dirección y el mantenimiento del liceo. El uso de nuevos materiales implica aprender su mantenimiento y es indispensable que exista la voluntad de querer mantenerlo en buen estado.

- ¿Existe alguna previsión frente a la disposición final de las placas frente a posibles sustituciones, reciclaje de las mismas?

No lo pensamos.

- ¿Cuál es tu percepción luego de dos años de culminada la obra?

Pienso que fue un acierto trabajar con este material. Se logró mantener en buen estado, con la participación de las personas de mantenimiento.

- ¿Has recibido reclamos por el comportamiento del material a lo largo de estos dos?

Sí. En la zona del revestimiento que no protegimos con placas de policarbonato alveolar detrás de las placas grecadas, se han hundido en algunos puntos. Logramos “desabollar” las chapas con golpes.

- ¿Te dejó alguna enseñanza en particular, cambiarías algo?

En el proceso de obra notamos que las planchas de policarbonato grecado que colocaríamos eran menos resistentes a los impactos de lo que pensamos, por lo que tuvimos que reforzar las puertas con policarbonato alveolar detrás del grecado, lo cual potenció enormemente la resistencia.

- ¿Usarías este material nuevamente?

Sí.

11.15. CONCLUSIONES DE LA OBRA.

Esta ha sido una aplicación y solución novedosa, ciertamente adecuada para un programa de estas características, cumpliendo con todos los requerimientos y otorgando un valor agregado al conjunto en general.

Esto contrasta con el resto del conjunto por su aspecto contemporáneo y más sofisticado en dialogo con los otros materiales (como por ejemplo el pavimento de adoquines, los espacios verdes y los árboles que se eligieron mantener). Por otro lado el dialogo entre elementos como

pueden ser el plástico y la madera, que a priori podrían considerarse como “opuestos” o difícil de combinar, generan un aspecto e imagen atractiva del conjunto.

La condición cambiante del cerramiento frente a la iluminación le aporta un valor agregado a la imagen del conjunto, y genera distintos tipos de ambientes que enmarcan distintos tipos de actividades.

Este material presenta la dualidad de que cuando se observa desde cierta distancia se percibe como un material homogéneo y uniforme, pero al acercarse el observador puede constatar que el mismo está conformado por la combinación de múltiples elementos.

Para este tipo de materiales el correcto mantenimiento y uso de accesorios adecuados optimiza su comportamiento y vida útil. Por ejemplo, para mantener las condiciones de aislación y de transmisión de luz es conveniente limpiar las placas periódicamente. Esto implica la participación activa del usuario para el correcto mantenimiento y cuidado de los elementos que se usan para la higiene y para el mantenimiento en general. Se debe prestar especial atención a las recomendaciones del fabricante ya que no son adecuadas todas las formas de limpieza. Por ejemplo, en caso de limpiar con hidro-lavadora, esta no debe pasar de determinada presión para no dañar las placas. Tampoco es posible utilizar cualquier tipo de detergente ya que pueden alterar los colores y generar manchas.

Los aspectos de mantenimiento y cuidado antes mencionados, así como por ser una solución novedosa exigen un mayor seguimiento por parte del arquitecto proyectista, para así evitar posibles inconvenientes y daños.

En cuanto a la elección de esta placa en particular, y teniendo en cuenta el tiempo transcurrido de uso; tal vez debería de haberse optado por una placa con mayor rigidez y resistencia a los golpes, haberse hecho extensivo el uso de un respaldo de policarbonato alveolar sobre todo el aplacado interior del cerramiento para evitar la deformación, o haber considerado mayor cantidad de apoyos.

Algunas cuestiones que se plantean en los detalles observados, pueden obedecer a la falta de disponibilidad de accesorios y elementos para una solución de estas características, ya que las decisiones terminan siendo tomadas entre el proyectista y el constructor (y en algunos casos con participación del proveedor) lo que hace que el producto final dependa de la experiencia e invención de estos actores.

En algunos puntos de fijación se constatan algunos inconvenientes ya que los tornillos no están en el centro de los valles de las placas generando apoyos diferenciales, lo que no es correcto para el movimiento de la placa, generando deformaciones y en algunos casos roturas.

En cuanto a cuestiones de reparación del cerramiento y la necesidad de sustitución de las placas, el sistema armado brinda facilidad de recambio y reparación. Las mismas se pueden sustituir o reparar en cuestión de horas y con una mínima cantidad de operarios. Esto implica asegurarse la disponibilidad de placas para recambios futuros al finalizar la obra, ya sea debido a la disponibilidad ininterrumpida en el mercado o asegurándose determinado stock de placas iguales a las colocadas, al igual que se hace con los revestimientos en general.

12. CONCLUSIONES.

Este tipo de soluciones permiten una racionalización de todo el proceso constructivo, lo que redundará en optimizar cada proceso en particular, acortar plazos, mejorar los controles de calidad y con ello lograr muy buenos resultados, ya sea estéticos y de prestaciones. Esto implica una especialización mayor y una mayor receptividad tanto del profesional como de la sociedad en general, al uso y oportunidades que generan este tipo de materiales.

Además se destaca frente a otros materiales ya que el policarbonato es un plástico muy duradero con un ciclo de vida largo, condición necesaria para la construcción de edificios y más en nuestro medio. Los cerramientos fabricados con policarbonato tienen un peso por unidad más bajo que el vidrio, lo que permite ahorros de transporte y estructuras portantes, cuestión

muy importante si consideramos el uso eficiente de los recursos. Además cuentan con la ventaja frente al vidrio, que al igual que este, dejan pasar la luz y dependiendo de la placa utilizada aíslan mejor el calor.

Se hace necesario realizar una normalización del sistema (por ejemplo lo que realiza UNIT con los hormigones) garantizando un adecuado comportamiento del material frente a los diferentes requerimientos, para de esta manera obtener un dato claro y preciso, ya que la mayor parte de la información disponible proviene del fabricante, mostrando una visión parcial del mismo. Mucha de la información sobre malas experiencias con este material se obtienen analizando los resultados obtenidos con el paso del tiempo, ensayos con ejemplos contruídos. Los aspectos desfavorables podrán ser mejorados con la práctica que se efectúe en las distintas construcciones.

Debemos mencionar también que si bien es un material no bio-degradable (ya que el principal degradante es la radiación UV y la mayoría de las placas cuentan con protección frente a esta para mejorar su durabilidad y mejorar las prestaciones) es un material fácil y completamente reciclable.

13. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA, SITIOS VISITADOS Y DATOS EXTRAÍDOS.

AMRC. The University of Sheffield Advance Manufacturing Research Centre Boeing. [En línea] [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.amrc.co.uk>.

ArchDaily. 2014. ArchDaily. *Incuboxx The Business Incubator / Andreescu & Gaivoronschi*. [En línea] 13 de Setiembre de 2014. [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.archdaily.com/543783/incuboxx-the-business-incubator-andreescu-and-gaivoronschi>.

arcspace.com. 2005. arspace.com. *arcspace.com*. [En línea] 17 de Enero de 2005. [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.arspace.com/features/herzog--de-meuron/laband-dance-centre>.

Arquitectura celeste. 2015. Arquitectura celeste. [En línea] 10 de Octubre de 2015. [Citado el: 20 de Noviembre de 2015.] <http://arquitecturaceleste.com/2015/08/10/liceo-federico-garcia-lorca>.

BIA. 2014. BIA Los cristales del mundo. [En línea] 2014. [Citado el: 13 de Diciembre de 2015.] <http://www.bia.com.uy/>.

BREEAM® Internacional. BREEAM® Internacional. *el certificado de la construcción sostenible*. [En línea] [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://breeam.es>.

Brett Martin. *Diseño de iluminación*.

—. *marlon. Acristalamiento de policarbonato multipared*.

—. *marlon. Acristalamiento de policarbonato perfilado*.

—. *marlon. Lámina de policarbonato compacta*.

—. Plásticos de primera calidad. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2015.] <http://www.brettmartin.com/es-es.aspx>.

Building Products. 2014. Building Products. *Construction news, comment & analysis for UK specifiers*. [En línea] 10 de Setiembre de 2014. [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.buildingproducts.co.uk/specifiers-guides/rodeca-a-proven-rival-for-glass-09-2014/>.

Corporación Miyasato. *revestimiento de fachadas y coberturas traslúcidas. Policarbonato*.

Direct Industry. Direct Industry. [En línea] www.directindustry.es.

dott.gallina. arcoPlus 626 Double Connector System. [Catálogo].

—. 2014. *Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Absolut AR Bardage, rapporté 626 VT*. 2014.

—. *Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Bardages translucides 626 6.12.4 6.10.4 684*.

—. *Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoPlus® Connectable, Couvertures translucides. 626 6.12.4 6.10.4 684*.

—. 2013. *Cahier Technique, Architectures Polycarbonate, arcoTherm® Bardage translucide à isolation renforcée*. 2013.

—. dott.gallina. [En línea] [Citado el: 10 de Enero de 2016.] <http://www.gallina.it/>.

—. 2011. General catalogue plastic building product. [Catálogo]. 16 de Mayo de 2011.

dvp. Catálogo de cubiertas de policarbonato y PVC. [Catálogo].

Eternit. *Manual técnico. Policarbonato alveolar.*

EXTECH. 2014. EXTECH Exterior Technologies, Inc. *Creative Design & Manufacturing.* [En línea] 2014. [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.extechinc.com/extech-exterior-technologies-photo-galleries/translucent-walls-gallery/sikorsky-memorial-airport-volo-aviation-fbo.html>.

Industrias JQ. Plásticos de Ingeniería. [En línea] [Citado el: 20 de 12 de 2015.] <http://www.jq.com.ar>.

La imposible levedad del muro. **Rodríguez Cheda, José Benito y Raya de Blas, Antonio. 1996.** 1, Madrid : ATC Ediciones S.L., Enero-Abril de 1996, Tectónica, Vol. Fachadas ligeras. Envolvertes (I), págs. 10-21. 1136-0062.

Lacaton & Vassal. Lacaton & Vassal. [En línea] [Citado el: 20 de Diciembre de 2015.] <http://www.lacatonvassal.com>.

Mariano. 2011. Tecnología de los Plásticos. [En línea] 13 de Junio de 2011. [Citado el: 28 de Octubre de 2015.] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.uy/2011/06/policarbonato.html>.

Miravete, Antonio. 1995. *Los nuevos materiales en la construcción.* Segunda Edición. Barcelona : Editorial Reverté, S.A., 1995. 84-605-0823-4.

Pal Plastic S.A. Danplon Sistemas de policarbonato, luz y arquitectura. *Sistema Autoportante Policarbonato Aplicación Fachadas.*

PlasticsEurope. 2011. *Applications of Bisphenol A.* 2011.

—. PlasticsEurope Association of Plastics Manufacturers. [En línea] [Citado el: 15 de Diciembre de 2015.] <http://www.plasticseurope.es>.

polyù. Sistemas en policarbonato alveolar. [Catálogo].

Real Academia de Ingeniería. Real Academia de Ingeniería. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2015.] <http://www.raing.es/es>.

Sabic Innovative Plastics. 2008. *Specialty Film & Sheet. Lexan* Thermoclick* sheet. LTC404X4000 product technical manual.* 2008.

—. *Specialty Film & Sheet. Nuevos horizontes gracias a la libertad y la imaginación en el diseño.*

Simet2. Simet2. *Coperture / arcoPlus reversò.* [En línea] [Citado el: 10 de Enero de 2016.] <http://www.simet2.it/policarbonato/coperture-reverso/>.

sma's best of the web. sma's best of the web. *Herzog & de Meuron Photosite.* [En línea] [Citado el: 20 de Diciembre de 2014.] <http://www.swissmade-architecture.com>.

TVP. TVP Tecnología y vanguardia en plásticos. [En línea] [Citado el: 28 de Diciembre de 2015.] <http://www.tvplasticos.com>.

Ultra Plas S.A. de C.V. [acrilico-y-policarbonato.com](http://www.acrilico-y-policarbonato.com). [En línea] [Citado el: 29 de Diciembre de 2015.] <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/policarbonato.html>.

Welch, Adrian. 2014. e-architect. *Laban Centre : Deptford Building.* [En línea] 8 de junio de 2014. [Citado el: 8 de Enero de 2016.] <http://www.e-architect.co.uk/london/labon-centre>.

- Wikipedia. 2016.** Calor específico. *Wikipedia*. [En línea] 1 de Enero de 2016. [Citado el: 7 de Enero de 2016.] https://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico.
- . **2015.** Coeficiente de conductividad térmica. *Wikipedia*. [En línea] 24 de Noviembre de 2015. [Citado el: 19 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_conductividad_t%C3%A9rmica.
- . **2015.** Coeficiente de Poisson. *Wikipedia*. [En línea] 11 de Abril de 2015. [Citado el: 18 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_Poisson.
- . **2015.** Coeficiente de rozamiento. *Wikipedia*. [En línea] 17 de Diciembre de 2015. [Citado el: 18 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_rozamiento.
- . **2015.** Constante dieléctrica. *Wikipedia*. [En línea] 26 de Junio de 2015. [Citado el: 22 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Constante_diel%C3%A9ctrica.
- . **2015.** Ensayo de tracción. *Wikipedia*. [En línea] 17 de Diciembre de 2015. [Citado el: 20 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_tracci%C3%B3n.
- . **2015.** Índice de refracción. *Wikipedia*. [En línea] 12 de Setiembre de 2015. [Citado el: 21 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_refracci%C3%B3n.
- . **2014.** Número de Abbe. *Wikipedia*. [En línea] 30 de Abril de 2014. [Citado el: 20 de Diciembre de 2014.] https://es.wikipedia.org/wiki/N%C3%BAmero_de_Abbe.
- . **2015.** Policarbonato. *Wikipedia*. [En línea] 13 de Diciembre de 2015. [Citado el: 15 de Diciembre de 2015.] <https://es.wikipedia.org/wiki/Policarbonato>.
- . **2015.** Resistividad. *Wikipedia*. [En línea] 26 de Diciembre de 2015. [Citado el: 20 de Diciembre de 2015.] <https://es.wikipedia.org/wiki/Resistividad>.
- . **2014.** Rigidez dieléctrica. *Wikipedia*. [En línea] 15 de Octubre de 2014. [Citado el: 20 de Diciembre de 2015.] https://es.wikipedia.org/wiki/Rigidez_diel%C3%A9ctrica.