

PAPER

## APLICACIÓN DE CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD Y OPERACIONES DE DISEÑO EN VIVIENDA RESUELTA CON MADERA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

**MÜHLMANN, Susana Isabel; CANTIRI, Juan Ignacio**[susanamul@hotmail.com](mailto:susanamul@hotmail.com) ; [jicantiri@hotmail.com](mailto:jicantiri@hotmail.com)

Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE), FADU, UBA

### Resumen

*Desde los años 80, el concepto de Sustentabilidad promueve el equilibrio entre ecología, economía y sociedad en pos de una calidad de vida presente y la preservación del planeta para las futuras generaciones, con vasta aplicación en los campos de la arquitectura, el diseño y la construcción. La informática da cuenta de profusa información proveniente de los más diversos contextos. Un intercambio que amplía horizontes y enriquece el ejercicio profesional, pero que también, pone en evidencia limitaciones provenientes de otros campos, como el normativo, y su reflejo en la realidad local al momento de poner en práctica criterios, por ejemplo, para la selección de materiales sin impacto en ambiente y en salud. En relación al uso de la madera, actualmente considerado uno de los materiales del futuro por su versatilidad y posibilidad de regeneración, la sustentabilidad expresa la preocupación por la tala descontrolada, la forestación intensiva o desmedida, y los tratamientos con sustancias nocivas. Ambos aspectos están en permanente debate en torno a regulaciones locales e internacionales para la protección de bosques, y en el campo de la investigación científica, orientados a eliminar, o al menos reducir, el impacto de esas sustancias. En Argentina el panorama es variado. Si bien hay bosques nativos y plantaciones destinadas a la tala con certificación, la realidad muestra que la madera certificada es de difícil adquisición, sobre todo para proyectos de mediana o pequeña escala. Lo mismo ocurre con los tratamientos para la madera: aunque a nivel nacional existen restricciones y prohibiciones para*

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

*sustancias peligrosas utilizadas en el pasado, aún contienen químicos que distan de ser inocuos. Dentro de esta complejidad, no obstante, surge también, la posibilidad de una mirada positiva y esperanzadora, a través de obras concretas, en las que confluyen variedad de campos, arribando a resultados que verifican el cumplimiento de postulados de la sustentabilidad, como reducción de residuos, reutilización de materiales sobrantes, aprovechamiento de recursos, eliminación o reducción de sustancias tóxicas, al tiempo que una economía favorable al profesional y al comitente. Este trabajo expone problemáticas de la madera y un estudio de caso desarrollado por un arquitecto formado en el CIHE: la intervención de una vivienda y mobiliario resueltos con madera y material reciclado, identificando criterios de sustentabilidad y articulando los campos del diseño y la construcción con el económico, normativo y ambiental, y simultáneamente, el campo académico con la práctica profesional, en concordancia con la propuesta de las jornadas.*

*Palabras clave: áreas urbanas, arquitectura, buenos aires, construcción sustentable, madera*

## Introducción

Encuadrado en los principios de la sustentabilidad<sup>1</sup>, el presente trabajo continúa con la línea de investigación desarrollada en el CIHE<sup>2</sup> sobre Materiales de Construcción, orientada a su impacto en ambiente y salud, en la que se indaga la posibilidad de una Arquitectura con materiales naturales, con diseños y tecnologías actuales en un contexto urbano. Si bien la madera ha estado presente en las construcciones de la Ciudad de Buenos Aires desde su fundación, las tradiciones constructivas europeas, particularmente la española y la italiana, dan cuenta de viviendas cuya estructura portante es de mampuestos, por lo general ladrillos macizos, dejando la madera para estructuras de cubierta, carpinterías y terminaciones. Apreciada por su calidez, calidad y versatilidad, se contraponen a la madera su vulnerabilidad ante agentes químicos, biológicos y climáticos, y el riesgo de arder, razones por las cuales su uso se fue limitando ante otros materiales y tecnologías que no presentaban estos problemas. Sin embargo, lejos de ser dejada de lado, avances tecnológicos del siglo XX arribaron a soluciones mediante tratamientos a los que se somete la madera para su protección, preservación, mantenimiento y ampliación de su ciclo de vida. La contrapartida de esos tratamientos es el impacto en ambiente y en salud de ciertos

1-“Desarrollo sustentable es aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987, en línea)

2-Centro de Investigación Hábitat y Energía

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

componentes, tema en permanente debate en el mundo. Esa situación se intensifica y cobra cada vez más vigencia si se considera que en la actualidad, el agotamiento de recursos, la necesidad de reversión de emisiones GEI<sup>3</sup>-causantes del calentamiento global y el cambio climático- dan un viraje en torno a una selección de materiales criteriosa, con menor impacto, para favorecer el cuidado de agua, suelo y aire, la biodiversidad, la calidad de vida de las personas y la preservación del planeta. En ese sentido, por su capacidad de ser reforestada, la madera ofrece respuestas para el diseño de edificios contemporáneos, en el que como recurso natural renovable, se proyecta como uno de los materiales del futuro (Killough, 2015, en línea). Desde esa perspectiva, el paradigma de la sustentabilidad, enraizado con un sentido de pertenencia a un sistema vivo como lo es la Tierra, hace que en el presente, las formas de diseñar, construir y habitar se encaminen hacia una armonía con la naturaleza, aún en contextos fuertemente condicionados por materiales y tradiciones constructivas de sólido arraigo. Es de destacar, en ese sentido, que la importancia de la selección de materiales naturales en construcciones urbanas contemporáneas, apunta a la posibilidad de contribuir a las necesidades de los usuarios del nuevo milenio, al tiempo que propone repensar marcos normativos que respalden un uso de materiales en condiciones de seguridad, articulando saberes provenientes del diseño, del arte del buen construir, de la historia y de la ciencia, finalidad de este trabajo.

### Estado de la cuestión

La madera, recurso natural renovable disponible en todo el planeta, ha sido usada por todas las culturas de todos los continentes y da cuenta de un manejo que requiere conocimientos, habilidad y la aplicación de estrategias para lograr calidad, rendimiento, protección y durabilidad. Presente en todo el país, cuenta con exponentes edilicios en provincias del Norte y del Litoral, y primordialmente en la Patagonia, donde continúa posicionada como uno de los materiales de construcción por excelencia. No ocurre lo mismo en la región central, sobre todo en áreas urbanas, donde el uso de la madera disminuyó, particularmente en la Ciudad de Buenos Aires. Las razones de esta disminución atraviesan la historia, las tradiciones constructivas y los movimientos arquitectónicos, cuya evolución, a pesar del surgimiento de nuevos materiales y tecnologías, no modificó la predominancia de la mampostería combinada con H° A°, como sistema constructivo de la ciudad. Además, a esta reticencia se suma, que en relación a la seguridad, existe el temor ante la posibilidad de incendio, plasmado esto en prohibiciones y restricciones que hasta el momento figuran en códigos de edificación, y también, que diseñar y construir con madera requiere una capacitación específica, que en la facultades no suele formar parte de los planes de estudio en general. Paralelamente, las nuevas tendencias de diseño procuran una agilidad y liviandad que la obra húmeda no ofrece, y la madera puede proveer, sobre todo en el caso de intervenciones de escala pequeña, en las que el aprovechamiento de tiempos y optimización integral de recursos es mandatorio. En este contexto, el marco de la sustentabilidad propone una mirada renovada, a través de la cual un material natural puede sobrepasar su desempeño y lograr resultados significativos.

---

3-Gases de Efecto Invernadero

## Objetivos

- Promover el debate sobre las posibilidades de aplicación de criterios y estrategias de sustentabilidad en arquitectura a través del diseño y la construcción con materiales naturales con tecnologías actuales.
- Presentar casos construidos que incorporan criterios de sustentabilidad en la selección de materiales a nivel local.
- Introducir procesos innovadores en el diseño y la producción de materiales a partir del reúso de materiales recuperados y reciclado de residuos in situ.

## Marco teórico – Criterios

Se toma como punto de partida la línea de investigación del CIHE sobre Materiales de Construcción (Mühlmann, 2012, pp 1008-1018), orientada a sus impactos en ambiente y salud, que arribó a resultados que permitieron establecer pautas generales desde ángulos tales como:

- Diseño (de edificios y materiales)
- Ciclo de vida útil (obtención de materias primas, traslados y procesamientos, instalación en obra, uso y mantenimiento, y desecho, este aplicado a todos los puntos)
- Huella a través del tiempo (cuidado de la energía y preservación de los recursos)
- Atributos (calidad y rendimiento, composición química, comportamiento ante el fuego, calidad de aire interior y biodegradabilidad o compostaje).

En la misma línea se inscribe la Certificación Alemana de Construcción Sustentable-Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB GmbH, 2016) que en lugar de realizar mediciones individuales se centra en el rendimiento general de edificios o distritos sobre la base de criterios, entre los que acorde a este trabajo se destacan:

- La incorporación de los conceptos de conversión y deconstrucción de edificios y un plan de reciclaje de componentes en los proceso de diseño para proteger recursos y materias primas, y mejorar la productividad.
- El desarrollo de un plan de deconstrucción y desensamblaje para reducir el volumen de flujo de materiales que produce la construcción y redirigirlo a un ciclo de producción permanente, evitando el desperdicio como así también, procurando la reducción de su nivel de nocividad.

Dado el papel protagónico de la madera, el presente trabajo amerita, además, contemplar estándares de manejo sustentable. Entre las certificadoras internacionales se destaca la canadiense FSC - Forest Stewardship Council<sup>4</sup> (Consejo de Manejo Forestal) que apunta a la sanidad de los bosques, tanto nativos (espontáneos, originales, poseen resistencia propia, no necesitan agroquímicos y conforman

---

4-<https://us.fsc.org/en-us>

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

ecosistemas con biodiversidad natural) como de cultivo (de una misma especie, plantados para ser talados, requieren agroquímicos, pueden impactar en el ecosistema original, afectando sustrato, agua y biodiversidad), de los que en el marco de esta investigación sobresalen (Killough, 2014, en línea):

-Cosecha y Tala: Requiere que el crecimiento sea igual o exceda la tala en un nivel de unidad de planificación (área de tierra forestal) durante un período de diez años, excepto en ciertas situaciones, como un incendio grande o especies invasoras.

-Crecimiento original: Requiere la protección de áreas de crecimiento histórico, incluyendo su restauración cuando no es predominante en un área.

-Protección de especies amenazadas: Requiere la protección de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción, ampliando la definición de estas especies más allá de los requisitos estatales y federales, identificando aquellas especies que pronto serán raras, amenazadas o en peligro de extinción.

-Protección de la calidad del agua: Requiere la protección de la calidad del agua, superando los requisitos estatales y voluntarios, cuando es necesario, de los impactos directos de la tala, erosión y escorrentía química.

-Protección del Hábitat: Requiere la protección del hábitat natural para ecosistemas sub-representados, incluyendo aquellos reconocidos por programas federales y estatales.

-Corte limpio / tala uniforme: Establece límites regionales para el tamaño de las áreas de desbroce. No se permite la tala indiscriminada ni la tala de árboles cuando amenaza la integridad ecológica.

-Uso de plaguicidas: Prohíbe el uso de algunos pesticidas reconocidos como peligrosos, incluso si se utilizan comúnmente en la industria forestal. Hay excepciones, basadas en la justificación específica del sitio, sin otras opciones viables. Los trabajadores que apliquen pesticidas deben ser entrenados en su uso.

-Organismos Genéticamente Modificados: Prohíbe el uso de OGM<sup>5</sup>

## Tratamientos de la madera

Acorde a su uso y su destino, la madera ya retirada de los bosques puede recibir tratamientos para evitar el ataque de agentes químicos, biológicos y climáticos, y prevenir proliferación de microorganismos (hongos/putrefacción) e insectos. Los tratamientos tradicionales son por pincelado, y ya hay sustancias que por su probada peligrosidad han sido prohibidas (pentaclorofenol-mutágeno, y lindano-carcinógeno) y figuran en el listado de Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina que anualmente actualiza el Ministerio de Salud de la Nación<sup>6</sup>. Estos tratamientos están en continua evolución y hay disponibles, aunque no inocuas, alternativas más

5-Organismos Genéticamente Modificados

6-Res. SAGPyA 513/98 y Res. SAGPyA N° 750/00, Plaguicidas Prohibidos o Restringidos en la República Argentina, Depto. de Salud Ambiental, Dir. Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación, Químicos prohibidos y restringidos, Min. de Salud de la Nación, 2016

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

benignas. En relación al presente trabajo, se enuncia información provista por uno de los tratamientos aplicados. Según Ficha Técnica de Penta Exterior LPU, 2018 <sup>7</sup>:

*Preservador/Curador con aguarrás (base oleosa)*

- Características: Protección total: Fungicida+insecticida+hidrorrepelente+imprimante+alguicida.
- Protección integral para todo tipo de maderas, formulado especialmente para proteger la madera del ataque de insectos, hongos y algas.
- Posee alta acción residual<sup>8</sup>

La presentación de las ventajas a nivel constructivo se complementa con un elemento de carácter obligatorio para todo material o producto que se comercialice en el territorio nacional, de manufactura local o importado, que es la Hoja de Datos de Seguridad, de la que se extrajo la siguiente información (Penta Exterior LPU, 2011<sup>9</sup>):

*Identificación de los Peligros - Peligros para la Salud*

- Toxicidad aguda. Oral: Puede ser nocivo si se ingiere
- Toxicidad aguda. Piel: Puede ser nocivo en contacto con la piel
- Toxicidad aguda. Inhalación (polvo/niebla): Puede ser nocivo si se inhala
- Piel. Corrosión/irritación: Causa leve irritación de la piel
- Serio daño a los ojos / irritación: Causa irritación ocular

*Medidas de lucha contra Incendio*

- Productos de descomposición/combustión peligrosos: En caso de incendio pueden formarse gases de combustión peligrosos.

*Medidas en caso de Derrames*

- Precauciones personales: Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Evite el contacto con ojos y piel.
- Precauciones ambientales: No tirar residuos por el desagüe. No contaminar cursos de agua.

*Control de exposición / Protección personal*

---

7-Penta LPU. Ficha Técnica

8-Significa que los efectos de sus componentes permanecen en el tiempo

9-Penta LPU. Hoja de Datos de Seguridad

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

- Respiratorio: En ambientes cerrados, utilizar filtro para vapores orgánicos.
- Manos: Guantes impermeables (PVC entelado, nitrilo)
- Ojos: Protección de ojos / cara (anteojos /antiparras/ protector acial)
- Piel y cuerpo: Indumentaria adecuada.

*Estabilidad y Reactividad*

- Productos de descomposición peligrosa: Formación de gases tóxicos por incineración, anhídrido carbónico, monóxido de carbono, incluyendo ácido cianhídrico, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre.

*Informaciones Toxicológicas – Irritación*

- Piel: Irritante
- Ojos: muy irritante
- Respiratorio: Irritante

*Informaciones Ecológicas*

- Producto Tóxico para organismos acuáticos. Efluentes no tratados no deben ser arrojados en drenajes hacia arroyos, lagos, ríos.

*Consideraciones relativas a la Eliminación*

- Producto: No permitir que entre en desagües o cursos de agua. La eliminación de residuos debe hacerse de acuerdo a reglamentaciones vigentes para productos especiales.
- Embalaje contaminado: Eliminar de acuerdo a reglamentaciones vigentes para productos especiales o peligrosos.

En virtud de esta información es menester mencionar, no obstante, que a pesar de los inconvenientes mencionados, el riesgo más alto que estos productos revisten, está en su etapa de producción, en la aplicación en obra y destino de los sobrantes y envases contenedores, y en caso de incendio, pero no en la etapa de uso, que es cuando hay más contacto con los usuarios. Acorde a su disponibilidad a nivel local, hay dos aspectos que se contraponen en las decisiones de diseño: Si dejar la madera al natural para que se cumpla el concepto De la Cuna a la Cuna (McDonough & Braungart, 2002, pp. 53-63), que aboga por un ciclo virtuoso en el que todo material extraído de la Tierra retorne sin consecuencias negativas significativas, reeditando el ciclo biológico de la naturaleza, o aplicarle un tratamiento que la proteja pero impida

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

este ciclo. El concepto/certificación “De la Cuna a la Cuna-C2C<sup>10</sup>” promueve, también, la posibilidad de reciclaje de todo material y el cuidado del agua como recurso precioso.

No hay materiales ni tratamientos perfectos, pero sí algunos mejores que otros y hasta la fecha, los tratamientos para la protección de la madera con bajo o nulo impacto en ambiente y en salud son un gran tema a resolver a nivel internacional.

A partir de este encuadre, sin llegar a resultados provenientes de procesos de certificación, los criterios de sustentabilidad, el enfoque C2C y su correlación con los estándares DGNB y FSC, pueden ser aplicados y verificados en construcciones concebidas y cristalizadas bajo el mismo espíritu.

*Estudio de Caso*

Vivienda mínima resuelta en la refuncionalización de un galpón, utilizando madera como material protagonista, y otros materiales y elementos recuperados de la demolición parcial in situ

*Metodología de trabajo*

Proceso de diseño y ejecución de obra, aplicando criterios de sustentabilidad mediante distintas estrategias y operaciones de diseño.

*Hipótesis de trabajo*

Es posible materializar un proyecto en el contexto urbano, de bajo impacto, con lineamientos de diseño contemporáneos, aplicando criterios de arquitectura sustentable, aprovechando los recursos disponibles, materiales y económicos, reciclando y reutilizando materiales y elementos recuperados, de demolición y del mismo proceso de obra, proponiendo la madera como principal protagonista.

*Contexto geográfico y antecedentes (Figuras 1 y 2)*

-En una parcela ubicada en la calle Camarones en el barrio Villa Santa Rita, CABA, en la que existen tres unidades funcionales en propiedad horizontal, se trabajó en el encargo de los propietarios de la UF3 para refuncionalizar un galpón, ubicado en el fondo de la parcela, utilizado como taller mecánico de motocicletas por los propietarios anteriores. (F

-La parcela, de 8m de frente y 58,13m de largo, tiene una superficie total de 465m<sup>2</sup> distribuidos entre tres UF.

-La UF3, que posee aproximadamente la mitad de la superficie total de la parcela, consta de una vivienda mínima, apareada a la UF2, deteriorada y de baja calidad constructiva e irrecuperable pensando en una hipotética futura reforma o ampliación.

---

10-De sus siglas en inglés Cradle to Cradle

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

-Al fondo de la parcela se ubicaba el galpón objeto del encargo, de 70m<sup>2</sup> dispuestos en dos plantas, entre las tres medianeras, en todo el ancho de la parcela.

-La PB era un gran espacio libre con un pequeño pañol de herramientas separado por el único muro interno, de mampostería.

-La PA, un entepiso de estructura de madera, era usado como lugar de acopio al que se accedía con una escalera móvil, desde el pañol. No poseía ningún tipo de instalación sanitaria ni de gas, y la instalación eléctrica era trifásica. Entre ambas construcciones de la UF3 existe un espacio verde de gran calidad espacial y arbórea.



Figura 1: Parcela (Foto Google Earth). Fachada (Foto GobBA). Fachada galpón a reformar (Foto propia de los autores)

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

*Proyecto de reforma y refuncionalización (Fig.2)*

La fachada proyectada, con modificaciones mínimas sobre el muro original, contempla su orientación norte y el hecho de ser el único muro que permite iluminar y ventilar, dado que los otros tres son medianeros. La inclusión de una ventilación eólica y chapas translúcidas en la cubierta permitieron complementar la iluminación natural y cierto grado de ventilación cruzada.

Las necesidades de los clientes fueron resueltas con un espacio en PB de uso flexible como comedor y cocina integrada, vinculados al espacio exterior y parrilla, además de un baño. Y una PA libre de uso privado, que permita ser utilizada como dormitorio, estar y lugar de trabajo. Pero también una hipotética transformación futura, subdividiendo el espacio y generando dos habitaciones

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

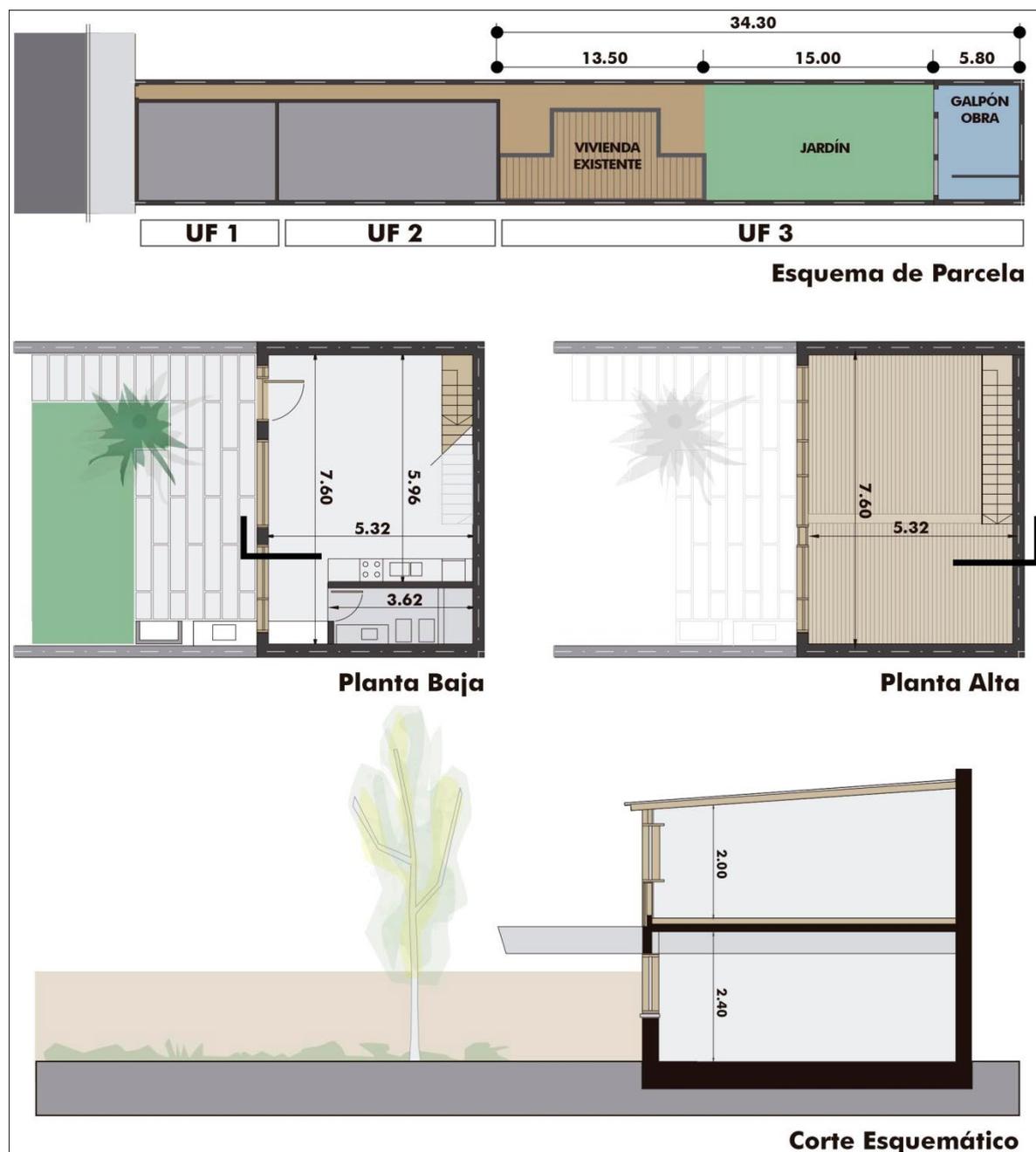


Figura 2: Esquema de parcela. Proyecto en PB y PA. (Documentación de los autores)

### Trabajos preliminares y demolición parcial (Figura 3)

-Los primeros trabajos fueron dedicados a mejoras en contrapisos de ingreso a la UF, conexión eléctrica para el sector descubierto y obra, extensión de desagües cloacales y extensión de cañería para provisión de agua corriente.

-Comenzando con la demolición parcial necesaria se conservaron para uso futuro las dos hojas de puerta original, y se demolieron ventanales de hormigón premoldeado, dinteles y antepechos, para reducir su altura y generar vanos más grandes.

**UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL**

-Se recuperaron ladrillos comunes enteros, que fueron reutilizados gracias al estado envejecido de los morteros de la fachada del galpón. La cubierta original fue desarmada por completo en etapas, según necesidad.

-Las vigas y tirantes de la estructura de madera fueron reutilizados en obra como puntales y refuerzos de encofrados. Las chapas de fibrocemento fueron revendidas por el cliente. Los escombros obtenidos de la demolición de revoques, revestimientos, solados y mampostería, fueron acopiados para ser reutilizados; una parte fue utilizada como relleno en sectores transitables exteriores y para hormigón pobre en contrapisos.

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL



Figura 3: Demolición parcial en fachada original y relleno con escombros obtenidos. (Fotos propias de los autores)

*Estructura, cubierta, cerramientos y carpinterías (Figura 4)*

-Definido el proyecto y el uso protagonista de madera como elemento constructivo e insumo, se pidieron presupuestos por madera aserrada de eucaliptus grandis o saligna en CABA, Escobar (Buenos Aires) y Pedernal (Entre Ríos).

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

- El presupuesto del aserradero de Pedernal, incluyendo el costo de flete a la obra, resultó ser aproximadamente el 50% del presupuesto de la maderera de CABA.
- Se computaron cantidades y escuadrías de tablonos, vigas, tablas y listones de madera para diversos usos en la totalidad de la obra.
- Agregando un porcentaje excedente que pudiera cubrir desperdicio por cortes, defectos y que pudiera cubrir el armado de algún tipo de mobiliario, se logró completar la carga total de un chasis de camión para optimizar el costo del flete, compartido con otro cliente ubicado en AMBA, cuya carga comprada pudiera ser ubicada en el acoplado.
- La fecha de entrega quedó librada a la coordinación de ambos pedidos, con ambos clientes.
- Una vez recibida la carga, descargada manualmente, se acopió en el sector descubierto, protegida con film de polietileno de 200 micrones, recuperado al final de obra para ser reutilizado.
- Los dinteles originales fueron reemplazados por una viga continua, a una altura menor de medianera a medianera, que recibe la carga de la viga interna y losa.
- Se cepilló toda la madera utilizada para el armado de encofrados en sus caras vistas, tratadas con desencofrante de base acuosa aplicado con pinceleta. Las armaduras fueron dobladas en obra y colocadas con separadores plásticos dentro del encofrado.
- La viga interna remata con una ménsula al exterior que contiene iluminación y que soportará la estructura de un semicubierto, previsto para un futuro: una estructura de madera tipo pérgola, que provea sombra en verano como soporte de vegetación caduca y permita el asoleamiento en invierno, de la expansión exterior.
- Luego del curado con riego por diez días, se colocaron vigas de madera como estructura de entepiso sobre PB de sección 2"x10" cepilladas, con una mano aplicada de preservador/curador<sup>11</sup>, amuradas en medianera y apoyadas sobre viga interna de h°a°.
- Se colocó un entablonado rigidizador con tablas cepilladas recuperadas del uso en encofrado. Con escombros acopiados se realizó el contrapiso de relleno en entepiso, sobre losa, dejando insertas tablas como clavaderas para solado de madera.
- La estructura de techo fue armada con vigas dobles de 2"x5", apoyadas sobre viga de frente de 4"x10"y entablonado sin cepillar de 1" de espesor. Toda la madera fue tratada con preservador/curador.
- Las aislaciones, de manta de polietileno de 10mm y lana de vidrio de 50mm, fueron colocadas sobre membrana hidrófuga/barrera de vapor. La cubierta, de chapas trapezoidales, contiene dos entradas de luz de chapa plástica blanca opaca y una ventilación con extractor eólico galvanizado.
- La puerta de acceso y las carpinterías de PB fueron colocadas dentro de un premarco perimetral de tablonos de 2"x8" cepillados.

---

11-Penta LPU – Penta Concentrado

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

-La puerta de madera de álamo, comprada por el cliente, incluyó una raja vidriada para iluminación lateral. Los ventanales son paños fijos (DVH laminado) y sobre el sector de baño se colocó una ventana de apertura proyectante de aluminio anodizado natural y vidrio (DVH laminado).

-La fachada de PA se desarrolla sobre un tabique bajo de estructura de madera de sección 3"x3" y tablas, con membrana hidrófuga/barrera de vapor, revestido con listones cepillados 1"x2". Todos los elementos fueron tratados con preservador/curador e hidrolaca impregnante para uso exterior.

-La carpintería fue modulada entre tres paños fijos vidriados, DVH laminados, y tres ventanas de apertura proyectante, de aluminio anodizado natural y vidrio DVH laminado.

-Las divisiones entre paños y un premarco perimetral completo fueron armados con tablones de 2"x8". Un paño ciego intermedio revestido con listones, permitirá vincular un futuro tabique divisor del espacio interior, o bien, ser reemplazado por un paño fijo vidriado.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL



## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

Figura 4: Acopio y usos de madera. Cubierta, aislantes y ventilación eólica. Cerramientos, premarcos y carpinterías. Revestimiento exterior de listones. (Fotos propias de los autores)

*Interiores y terminaciones (Figura 5)*

-La fachada de mampostería fue revestida con revoque acrílico autotexturable mineral de base acuosa.

-Con tablonces de 2"x10" se armaron los escalones y estructura de la escalera, además del escalón interno en PA.

-Junto con el solado de PA de tablas recuperadas del uso como encofrado, fueron pulidos y tratados con hidrolaca poliuretánica semimate.

-La puerta del baño fue confeccionada con la recuperación de una hoja de la puerta original del galpón, recuperada de la demolición y revestida con tablas de 1" de espesor.

-El vanitory se armó con puntales 3"x3" recuperados del uso en el apuntalamiento del encofrado.

-En la PA, el tabique de fachada fue revestido del lado interno con tablas de 1" de espesor recuperadas del uso en encofrado.

-En el exterior, utilizando escombros acopiados de granulometrías chicas, se elaboró hormigón armado con malla 15x15 para la ejecución de losetas de 0,40 x 1,20 y 0,40 x 1,60, y 0,05 m de espesor. Al final de la obra fueron colocadas como solado en el exterior, simplemente apoyadas sobre el terreno consolidado con relleno de escombros y con junta de separación de 5 cm, conservando la permeabilidad y el drenaje de agua de lluvia.

-Las condiciones deficientes de la instalación de gas de la UF y la imposibilidad de extenderla hasta el fondo de la parcela, al lugar de la obra, determinaron la decisión de instalar un termotanque eléctrico para calentar agua de consumo, quedando para un futuro la posibilidad de adicionar un colector solar, sobre la cubierta. Para calefaccionar se adquirió una salamandra de bajo consumo de leña y alto rendimiento.

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL



Figura 5: Solados, revestimientos, escalera y mueble de baño. Fachada. (Fotos propias de los autores)

## Verificación de Criterios

### *Clasificación de materiales*

Nuevos: Madera, cemento, arena, cal, adhesivos cementicios, ladrillos comunes, bloques cerámicos, piedra partida, hierro, chapas y zinguerías galvanizadas, aislaciones de lana de vidrio y espuma de polietileno, membrana hidrófuga/barrera de vapor, vidrios, carpinterías y perfilaría de aluminio, materiales eléctricos, materiales sanitarios, puerta principal de madera, revestimientos cerámicos, juntas de dilatación de goma, revoques acrílicos, hidrolacas y preservantes para madera.

Usados: Escombros, ladrillos comunes.

Reciclados: Puerta de baño, escombros, madera recuperada, madera reutilizada, film de polietileno.

A continuación, verificaciones acordes a criterios del CIHE y Certificaciones FSC, DGNB y C2C:

-Utilización de materiales renovables (FSC) con tratamientos y revestimientos ambientalmente amigables. (salud del material–se cumple parcialmente)

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

- Las especies utilizadas provienen de bosques forestados de eucaliptus grandis (FSC)
- Esta especie es resistente al ataque de hongos e insectos, necesitando muy poca protección adicional (salud del material—se cumple parcialmente, sería totalmente si no se le hubiera aplicado preservante)
- Aprovechamiento de material renovable con óptimas propiedades de aislación térmica, reciclable y biodegradable (hasta llegar a obra). (renovabilidad, eficiencia energética, biodegradabilidad de sobrantes sin pincelar, reciclabilidad)
- Estructura de fachada en sistema Balloon Frame con maderas de cultivo. (FSC)
- Análisis del ciclo de vida, que mide el impacto total del producto en el ambiente, originado en la demanda de energía, desde su extracción, transformación y utilización, hasta su eliminación o reciclaje. Debido a la aplicación de preservante, el concepto “C2C” se cumple hasta la etapa de obra.
- Reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas principal en producción de efecto invernadero: 1 m<sup>3</sup> de madera = 1 tonelada de CO<sub>2</sub> almacenado. (reducción emisiones GEI - baja huella de carbono)
- Elementos sin madera: Utilización de materiales de bajo impacto ambiental y fácilmente reciclables al final de su ciclo de vida. (C2C, DGNB)
- Aplicación de revestimientos pétreos al agua, de bajo mantenimiento (salud del material, durabilidad)
- Tratamiento de terminaciones de madera con pinturas y barnices de base acuosa. (salud del material—se cumple parcialmente)
- Aislaciones térmicas calculadas para reducir necesidad de acondicionamiento artificial frío-calor. (eficiencia energética, diseño bioambiental)
- En etapa posterior, pérgolas para dar sombra sobre aberturas en verano, con posibilidad de convertirlas en jardines de invierno con captación solar. (eficiencia energética, diseño bioambiental)
- Acondicionamiento natural en verano a través de adecuado aislamiento térmico, protección solar y ventilación cruzada (eficiencia energética, diseño bioambiental).
- Los ambientes principales cuentan con carpinterías interiores de ventilación para recirculación de aire y facilitar el acondicionamiento térmico en invierno y verano. (eficiencia energética, diseño bioambiental)
- Mínima necesidad de calefacción en invierno debido a buena aislación térmica. Se prevé instalación de salamandra de alto rendimiento y filtrado de humos. (eficiencia energética, reducción emisiones GEI)
- Carpintería de aluminio con doble vidriado hermético (eficiencia energética)
- Captación de radiación solar en invierno a través de aberturas orientadas al recorrido del sol. (eficiencia energética)
- Iluminación natural en todos los ambientes. (eficiencia energética)

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

- Direccionamiento de agua de lluvia hacia jardín para riego. Se prevé inclusión de canaleta para mejor canalización. (gestión del agua)
- Paisajismo con mayoría de especies preexistentes. (FSC)
- Debido al aprovechamiento de material recuperado no fue necesario contratar volquetes. (C2C, DGNB, eficiencia energética (ausencia de transporte))
- Utilización de escombros para fabricación de losetas, contrapisos, y rellenos y consolidación de terreno. (C2C, DGNB)

**Aplicación de criterios de sustentabilidad como concepto de obra**

- El proceso de definición del programa de necesidades del cliente se desarrolló en paralelo a un cronograma tentativo de obra, que organizara la provisión y acopio de materiales, nuevos y recuperados, en función de las necesidades de cada etapa.
- El recurso económico disponible implicaba la necesidad de optimizar el rendimiento de los recursos restantes, tanto materiales, que se decidieran usar y comprar, como de los materiales y elementos que se pudieran recuperar y reciclar o reutilizar.
- El hecho de ubicarse la obra en el fondo de la parcela, a 50m del acceso a la vía pública, mediante un pasillo angosto y sobre una calle de tránsito constante, ameritaba una simplificación del ingreso de materiales y el egreso de residuos.
- Este tipo de aspectos condicionantes y la convicción de desarrollar el rol profesional aplicando criterios de sustentabilidad cada vez que sea posible, fueron determinantes para establecer una serie de objetivos y tomar algunas decisiones, en sintonía con la arquitectura que le daría respuesta y soluciones al encargo original.
- Una de ellas, fue determinar que no se iban generar residuos que necesitaran ser descartados mediante volquetes. De esta forma se evitarían tiempos de mano de obra, trasladando el material de descarte, por la distancia a la vía pública y los costos de alquiler de los volquetes. Y se pudo cumplir, ideando distintas estrategias y operaciones de diseño y ejecución; todo el volumen de escombros se utilizó como relleno, consolidación de terreno, contrapisos de nivelación y como insumo en hormigón armado, para la fabricación de losetas que se usaron como solado exterior.
- Otra decisión importante fue descartar el uso de hormigón elaborado de planta, entregado en camión, por la incómoda accesibilidad y la gran distancia para el bombeo, desde la vía pública a la obra. También la compra de losetas o viguetas, para el armado de la única losa que necesitaba el proyecto. Se decidió elaborar hormigón armado in situ, cuyos elementos componentes podían ser ingresados y trasladados con mayor comodidad.
- Y quizás la decisión que determinó la identidad de la obra, fue la de generar una única compra de madera, de gran volumen, calculando todos los posibles usos y reúsos en el proceso de obra, signando un rol protagonista al material, tanto en la ejecución como en el diseño de los detalles constructivos y en la arquitectura de la obra terminada.

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

-La puerta original se reutilizó, las chapas de la cubierta original fueron revendidas por el cliente, la madera de la estructura de techo y entrepiso original se reutilizó en los encofrados y su apuntalamiento. Los recortes de madera y los trozos de madera obtenidos de la poda de las especies del jardín, fueron acopiados como leña. Los escombros de demolición, reutilizados por completo. Los ladrillos comunes que pudieron recuperarse enteros de la demolición debido a los morteros envejecidos de la construcción original, fueron reutilizados en mamposterías nuevas.

-El diseño de fachada contempló la necesidad de una gran superficie vidriada, pero sólo la mínima necesaria resuelta con carpintería de aluminio, simplificando el resto con paños fijos, insertos en la estructura general de madera de la fachada. El ahorro económico en carpinterías fue invertido en el encargo y compra de todos los paños vidriados con DVH (3+3/9/4) generando junto a las aislaciones de techo, una inversión inicial en la eficiencia energética de la obra.

-El resultado fue satisfactorio para todas las partes, las necesidades funcionales han sido cumplidas y las expectativas de la aplicación de criterios de sustentabilidad, como concepto de obra, han sido superadas.

## Conclusiones

Dado el exiguo margen para la toma de decisiones en obras de escala mínima, se ponderan las siguientes consideraciones:

-El desarrollo de un proyecto a través del proceso de definición del programa de necesidades del cliente, en función de los requerimientos de cada etapa, con aplicación de criterios de sustentabilidad como concepto de obra.

-El uso de materiales naturales de bajo impacto ambiental, contemplando también el reúso, tanto de materiales como de edificaciones existentes, para minimizar los impactos negativos asociados a las construcciones.

-La valorización de soluciones arquitectónicas y constructivas vinculadas al desarrollo sustentable, en sus ejes ambiental, económico y social, para satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras.

-Dada la dificultad para adquirir madera certificada, la posibilidad de obtención de lotes que cumplen con criterios de sanidad de bosques.

-La investigación y promoción del uso de tratamientos para la madera con bajo o nulo impacto en salud y en ambiente, a lo largo del ciclo de vida de materiales y edificios, y también, en contacto con fuego y agua.

-Esta investigación verifica que es posible materializar un proyecto de escala pequeña en el contexto urbano, de bajo impacto, con lineamientos de diseño contemporáneos, aprovechamiento de los recursos disponibles, materiales y económicos, reciclando y reutilizando materiales y elementos recuperados, de demolición y del mismo proceso de obra, proponiendo la madera como principal protagonista, exponiendo sus problemáticas y las dificultades que presentan sus tratamientos en general, articulando los campos del diseño y la construcción con el económico, normativo y ambiental, y simultáneamente, el campo académico con la práctica profesional, en el

## UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

marco de la sustentabilidad, en concordancia con la línea propuesta para estas jornadas.

## Bibliografía

MCDONOUGH, W. & Braungart, M. (2002) *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, 1st Edition, New York.

MÜHLMANN S. (2012) *La Selección de Materiales de Construcción con Criterios de Sustentabilidad como Interfase en el Proceso Proyectual*, XXV Jornadas de Investigación y VII Encuentro Regional, si+amb, Proyecto y Ambiente, SI-FADU-UBA, coordinado por G. Sorda, edición literaria, I. Mignaqui, 1º ed., Aulas y andamios, Buenos Aires, pp 1008-1018

Material online

BRUNTLAND, G. H. (1987) *UN Documents, Gathering a Body of Global Agreements, The Report of the Brundtland Commission, Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development*, Oxford University Press. Recuperado el 13/7/16 de <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen DGNB (2016) Recuperado el 19/7/16 de [http://www.dgnb-system.de/en/system/certification\\_system/](http://www.dgnb-system.de/en/system/certification_system/)

KILLOUGH, D. (2014) *Which Is More Green – SFI or FSC Lumber?*, GBE–Green Building Elements, Recuperado el 5/7/17 de <https://greenbuildingelements.com/2014/10/16/which-is-greener-sfi-fsc-lumber/>

KILLOUGH, D. (2015) *Building Material of the Future – Wood?*, Green Building Elements, Recuperado el 5/7/17 de <https://greenbuildingelements.com/2015/03/05/building-material-future-wood/>

MCDONOUGH Braungart (2012) *Overview of the Cradle to Cradle Certified CM Product Standard – Version 3.0 - 2.2 Standard Categories and Their Scope*, page 7. Recuperado el 9/9/16 de [http://epea-hamburg.org/sites/default/files/Certification/C2CCertified\\_V3\\_Overview\\_121113.pdf](http://epea-hamburg.org/sites/default/files/Certification/C2CCertified_V3_Overview_121113.pdf)

Penta Exterior LPU (2018) *Ficha Técnica*, Recuperado el 4/6/18 de [http://www.penta.com.ar/c\\_ita/9718fb5c3764870965b854cd904f9c99.pdf](http://www.penta.com.ar/c_ita/9718fb5c3764870965b854cd904f9c99.pdf)

Penta exterior LPU SGA ONU 1306 (2011), *Hoja de Datos de Seguridad*, Recuperado el 4/6/18 de [http://www.penta.com.ar/c\\_ita/5777721570f53f1a47fa4403dda1a670.pdf](http://www.penta.com.ar/c_ita/5777721570f53f1a47fa4403dda1a670.pdf)

Ministerio de Salud de la Nación (2016) *Químicos Prohibidos y Restringidos en Argentina*, Departamento de Salud Ambiental, Dirección Nacional de Determinantes de la Salud, Buenos Aires, Recuperado el 30/6/18 de [http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000939cnt-quimicos\\_prohibidos\\_y\\_restringidos\\_2016.pdf](http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000939cnt-quimicos_prohibidos_y_restringidos_2016.pdf)