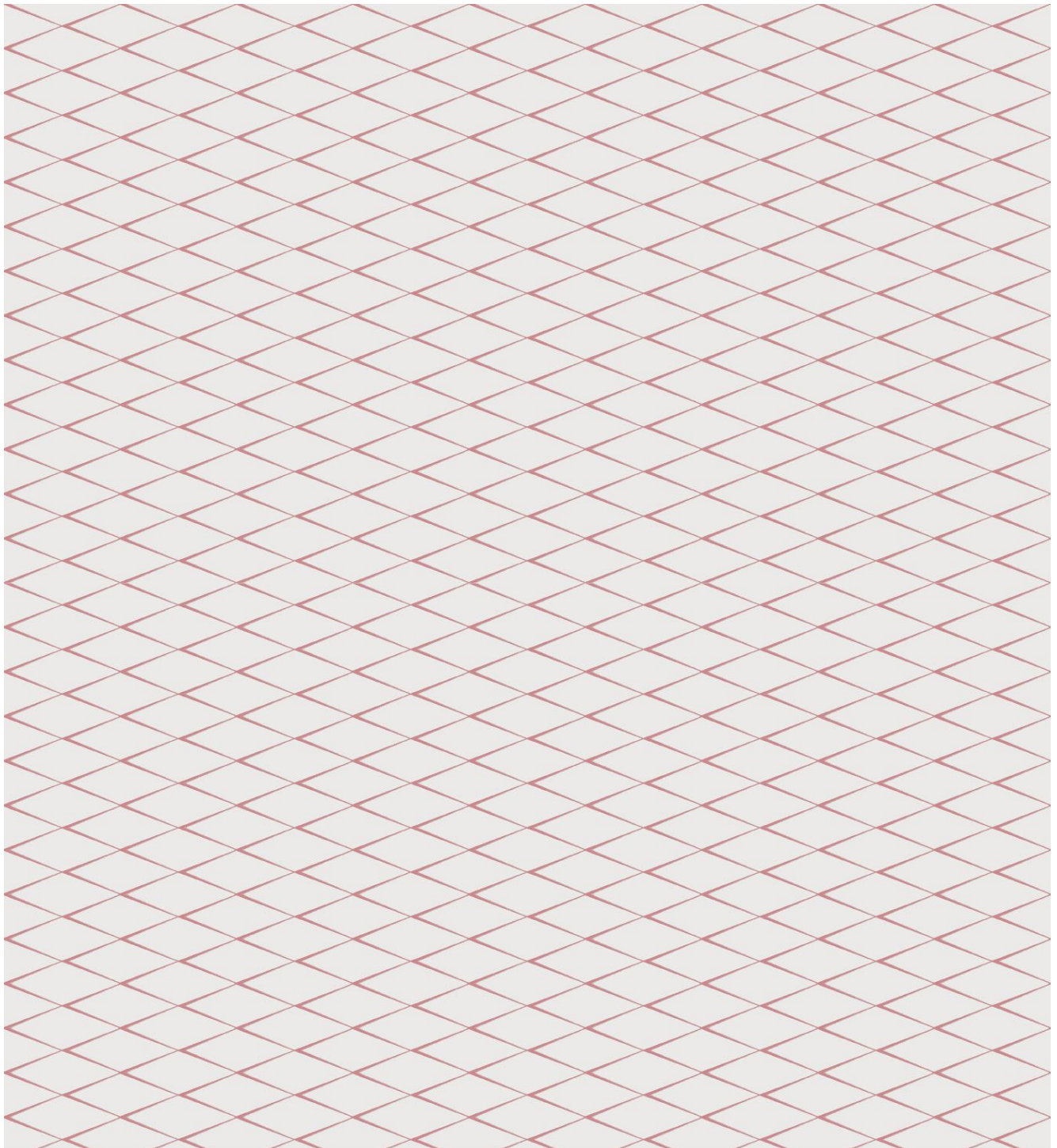


Estudio cálculo de carbono de ciclo de vida completo en piloto de edificación de uso público

Informe N°2 rev 2
Octubre 2021



Equipo del proyecto

Antonio Espinoza
Montserrat Bobadilla
Mauricio Villaseñor

EBP Chile SpA
La Concepción 191
Piso 12, Of. 1201
Comuna Providencia
Santiago de Chile
Chile
Teléfono +56 2 2573 8505
Antonio.espinoza@ebpchile.cl
www.ebpchile.cl

Índice

Contenido

1	Introducción	6
2	Objetivos del proyecto	7
2.1	Objetivos específicos de la etapa	7
3	Estructura del estudio	8
4	Objetivo específico 2: Metodología aplicada y análisis comparativo	9
4.1	Identificación y descripción del Edificio Piloto	9
4.1.1	Materialidad:	12
4.1.2	Consideraciones para la evaluación del edificio	13
4.2	Sistematización del edificio	13
4.3	Herramientas de cuantificación seleccionadas	14
5	Aplicación de herramientas según metodología RICS	19
5.1	Pasos para la aplicación de la metodología RICS	19
5.1.1	Establecer límites	19
5.1.2	Considerar el período de estudio de referencia	20
5.1.3	Rigor en el uso del ACV	21
5.1.4	Unidades y cantidad, de acuerdo con el estándar	22
5.1.5	Medición, utilizando la unidad de kgCO ₂ e o múltiplos adecuados	23
5.1.6	Fuentes de datos, basadas en DAP vigentes y certificadas,	23
5.1.7	Carbono biogénico	24
5.1.8	Plan de Descarbonización	25
6	Aplicación de herramientas de cuantificación metodología CLF	26
6.1	Pasos para la aplicación de la metodología CLF	26
6.1.1	Definición de objetivo y alcance	26
6.1.2	Recopilación de inventario	27
6.1.3	Realizar una evaluación de Impacto	27
6.1.4	Interpretación de resultados	28
6.1.5	Reportar resultados	29
7	Resultados de herramientas de cuantificación	31
7.1	One Click LCA	32
7.2	Rukaru	40

7.3	ABACO - CHILE	45
8	Conclusión y comparación de resultados entre herramientas de cuantificación	49
8.1	Comparación módulos A1-A3	49
8.2	Comparación de resultados totales:	51
9	Apéndices	53
9.1	Apéndice 1	53
1.	Bibliografía	55

Índice de tablas

Tabla 1	Datos generales del proyecto	11
Tabla 2	Valores de transmitancia edificio. Fuente: Antecedentes pre certificación CES	12
Tabla 3	Características One Click LCA	16
Tabla 4	Características herramienta ABACO CHILE	17
Tabla 5	Características calculadora Rukaru	18
Tabla 6	Representatividad en costos por grupos de elementos	19
Tabla 7	herramientas aplicadas y ámbito de evaluación en el ciclo de vida	21
Tabla 8	Módulos incorporados en la evaluación con herramienta ABACO - CHILE	21
Tabla 9	Módulos incorporados en la evaluación con herramienta Rukaru	22
Tabla 10	Módulos incorporados en la evaluación con herramienta One Click LCA	22
Tabla 11	Datos de ingreso de las distintas herramientas de cuantificación	23
Tabla 12	Sistematización de las partidas	24
Tabla 13	Intenciones CLF y definiciones equipo de trabajo	26
Tabla 14	Partidas obra y resultado ABACO - CHILE	47
Tabla 15	Vida útil por elementos. Servicio de Impuestos Internos (SII 2021)	53
Tabla 16	Vida útil referencial para componentes del edificio. RICS Professional Statement	53
Tabla 17	Desglose de materiales, elementos y sistemas de edificio piloto. Propuesta de años de vida útil por elemento constructivo elaborado en base a RICS y SIA 2032:2020. Elaboración propia.	54
Figura 1	Planificación de actividades, objetivos e hitos. Elaboración propia.	8
Figura 2	Emplazamiento del edificio	9
Figura 3	Vista acceso del edificio	10
Figura 4	Planta general del edificio	10
Figura 5	Elevaciones del edificio	11
Figura 6	Cortes edificio	11
Figura 7	imágenes envolvente exterior del edificio. Fuente: informe de evaluación	12
Figura 8	imágenes cubierta edificio. Fuente: Informe de evaluación	12
Figura 9	Reporte de emisiones de carbono incorporado de la calculadora OneClick LCA para el Edificio Centro Día del adulto Mayor.	38
Figura 10	Reporte de OneClick por módulo del ciclo de vida	39
Figura 11	Proceso de cuantificación Rukaru. Fuente: Rukaru, EBP Chile	41
Figura 12	Participación de carbono incorporado vs operacional	42

Figura 13: Participación del carbono incorporado por subcomponente Etapa A.	43
Figura 14: Participación de carbono incorporado por partidas de obra.	43
Figura 15: Desglose de carbono incorporado por elemento constructivo (A1- A3).	44

1 Introducción

El presente documento corresponde al Informe de Etapa 2 del estudio denominado **“Cálculo de carbono de ciclo de vida completo en piloto de edificación de uso público”**, solicitada por el Instituto de la Construcción a través del Sr. Hernán Madrid.

El alcance general del estudio es realizar el levantamiento de los sistemas de cálculo de emisiones incorporadas en la construcción, y realizar una cuantificación de las emisiones incorporadas y operacionales de una edificación desde la cuna a la tumba.

Para lograr lo anterior, EBP Chile pone a disposición un equipo con experiencia en el desarrollo de mediciones de CO₂ en la edificación, tanto a nivel operacional como incorporado en el proceso de construcción de las edificaciones.

El alcance de los requerimientos de este informe es el siguiente:

- Revisión de metodologías
- Cálculo de carbono a lo largo del ciclo de vida de un edificio público
- Comparación de aplicación y resultados de herramientas de cuantificación

2 Objetivos del proyecto

El objetivo general del estudio es realizar una evaluación de intensidad de carbono incorporado y operacional en un edificio de uso público con alcance desde la cuna a la tumba. Esto se realizará utilizando al menos dos metodologías existentes, identificando brechas y/o limitaciones en este proceso. Para la cuantificación del carbono operacional, se utilizan las mediciones que se declaran en el estudio de simulación energética del proyecto, presente en la documentación de los requerimientos de Energía de la Certificación de Edificio Sustentable (CES), desarrollada para el proyecto piloto.

2.1 Objetivos específicos de la etapa

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

1. Aplicar las metodologías de UK y USA a un caso de estudio representativo dado, seleccionado a partir de edificios cuyo diseño y construcción fue gestionado por la DA MOP y certificado CES. Los antecedentes de diseño del edificio son proporcionados por la contraparte técnica de este estudio.
2. Desarrollar un análisis comparativo de las diferentes metodologías consideradas y herramientas de cuantificación utilizadas.
3. Presentar los resultados en [kgCO₂eq/m²-a] anual, global y por partida de acuerdo con lo establecido en los requerimientos de reporte definidos en cada metodología solicitada.

3 Estructura del estudio

La siguiente figura muestra la vista general de las actividades propuestas.

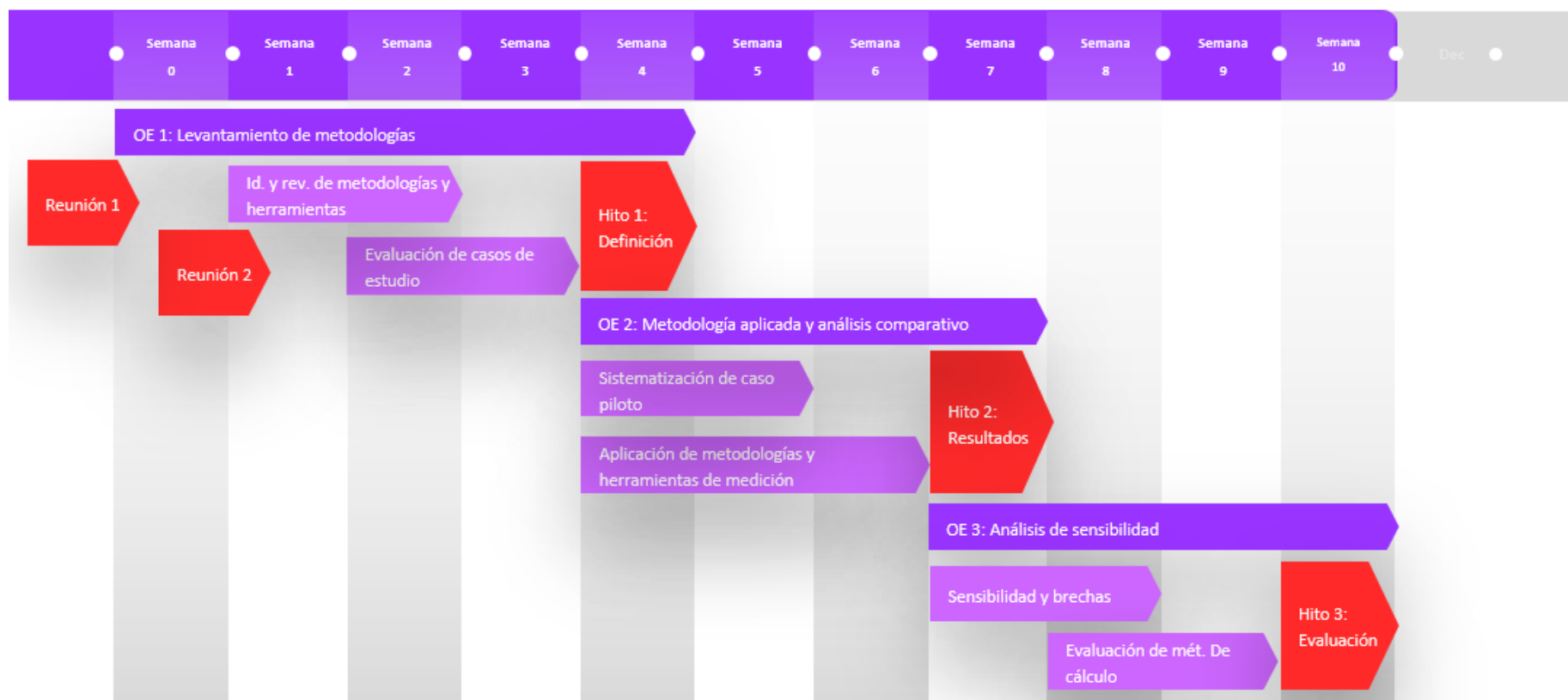


Figura 1 Planificación de actividades, objetivos e hitos. Elaboración propia.

4 Objetivo específico 2: Metodología aplicada y análisis comparativo

Luego de la revisión y comparación de metodologías y herramientas de cuantificación de huella de carbono, presente en el informe 1 de este estudio, se realiza el cálculo para la estimación de carbono completo durante el ciclo de vida de una edificación, a través de 2 herramientas de cuantificación nacionales y una internacional:

ABACO -CHILE (Acceso a Bases Ambientales y de Costos de Chile)

Rukaru

One Click LCA

Inicialmente se presenta el edificio que es evaluado en el marco del proyecto.

4.1 Identificación y descripción del Edificio Piloto

El edificio piloto parte del estudio corresponde a un centro de día de adulto mayor ubicado en la ciudad de Punta Arenas. Este edificio tiene una operación principalmente durante el día. En la siguiente figura se puede ver el emplazamiento del edificio.



Figura 2 Emplazamiento del edificio

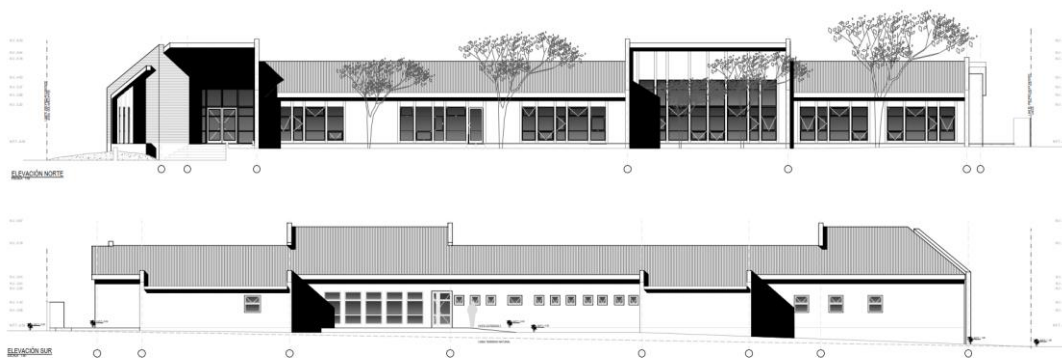


Figura 5 Elevaciones del edificio

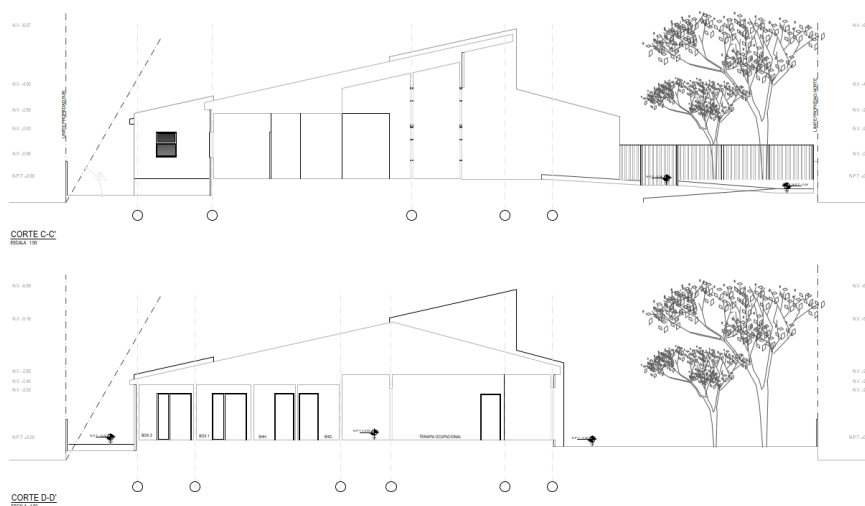


Figura 6 Cortes edificio

Los datos generales del proyecto se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1 Datos generales del proyecto

Nombre del proyecto	Centro de día Adulto Mayor
Ubicación	Punta Arenas, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena
Zona Climática según NCh1079	SE
Destino	Recreación
Superficie útil	843,15 m ²
Superficie de terreno	2013,20 m ²
Arquitectura	Néstor Vásquez B.

En la siguiente figura se muestra el emplazamiento del edificio.

El edificio se presenta como una “institución pública” que cumple con las características funcionales, ambientales y estéticas que permiten el desarrollo de las capacidades y

actividades propias de los adultos mayores, garantizando su autonomía dentro de todos los recintos del proyecto.

Volumétricamente, el edificio se compone de un ala con recintos en doble crujía, evitando la sobre generación de envolvente expuesta al exterior. La cubierta es a 2 aguas y con aleros reducidos para disminuir la resistencia al viento y privilegiar el ingreso de radiación. El acceso está protegido por medio de una chiflonera y contrario a la ubicación de los vientos predominantes.

4.1.1 Materialidad:

La estructura del edificio se compone de perfiles metálicos tipo Metalcón, radier y fundaciones de hormigón armado.

Los muros perimetrales son de tabiquería liviana con paquetes constructivos que incluyen planchas de yeso cartón junto con aislación interior de lana de vidrio, además de aislación exterior continua tipo EIFS.



Figura 7 imágenes envolvente exterior del edificio. Fuente: informe de evaluación

Las particiones interiores se componen de tabiquería de metalcón con placas de yesocartón y lana de vidrio en el interior.

La techumbre está conformada por estructura de metalcón con aislación de lana de vidrio, planchas de OSB y yesocartón en terminación de cielo. La cubierta corresponde a una plancha de Aluzinc PV4.



Figura 8 imágenes cubierta edificio. Fuente: Informe de evaluación

Las ventanas del proyecto son de tipo termopanel con marco de aluminio. En la siguiente tabla se muestran los valores de transmitancia calculados para el edificio de acuerdo con los antecedentes de la certificación CES.

Tabla 2 Valores de transmitancia edificio. Fuente: Antecedentes pre certificación CES

Elemento	Valor de transmitancia
Cubierta	0,16 W/m ² K
Muros	0,22 W/m ² K

Pisos en contacto con terreno	No se informa, sin embargo, no registra aislación térmica bajo el radier en escantillón.
Ventanas	2,85 W/m ² K
Marco aluminio aislado	0,65 W/m ² K

En relación con los sistemas consumidores de energía, el edificio presenta lo siguiente:

Sistema	Detalle
Calefacción y ACS	Caldera a gas con una potencia de 69,2 KW y rendimiento de 88%
Iluminación	Potencia instalada de 5,8 W/m ²
Ventilación mecánica	No presenta

4.1.2 Consideraciones para la evaluación del edificio

Se han tomado las siguientes consideraciones en el proceso de cálculo del edificio

Estándar del edificio	Certificación CES
Vida útil proyectada (evaluación)	60 años*
Horario de operación	08:00 – 20:00
Tipo de edificio	Recreacional / jardín infantil / guardería
Pisos sobre el nivel de terreno	1
Pisos bajo el nivel de terreno	0

*La definición de esta vida útil para el proyecto se explica en el punto 5, aplicación de metodología RICS.

4.2 Sistematización del edificio

Tras la recepción de la información del proyecto, consistente en Presupuesto de obra, Especificaciones Técnicas, Planimetría e Información relativa al Desempeño estimado del edificio, se procede a revisar y preparar los datos para ser cargados a las herramientas de cálculo, en función de las metodologías que se aplican.

En detalle, el proceso inicia con la revisión de la información para el reconocimiento de los aspectos factibles de evaluar. Luego, se procede a identificar los ítems que serán considerados para el cálculo, manteniendo la estructura del Presupuesto para cumplir con criterios solicitados por las metodologías a utilizar. Es así, como se decidió el mantener fuera de evaluación los ítems de Obras Provisionales, Accesorios adicionales en baños y Obras Extraordinarias. Por tanto, todos los demás elementos han de ser incorporados a las herramientas de cuantificación, de acuerdo a la existencia de bases de datos asociadas a ellos.

De este paso, se desprende el nivel de cobertura que ofrecen cada una de las herramientas de cálculo, en función de la disponibilidad de información ambiental vinculada al elemento constructivo cargado (Ver Tabla más adelante TTt).

La identificación y cuantificación de los impactos ambientales asociados al Potencial de Calentamiento Global se resuelve a través de las propias configuraciones de cada

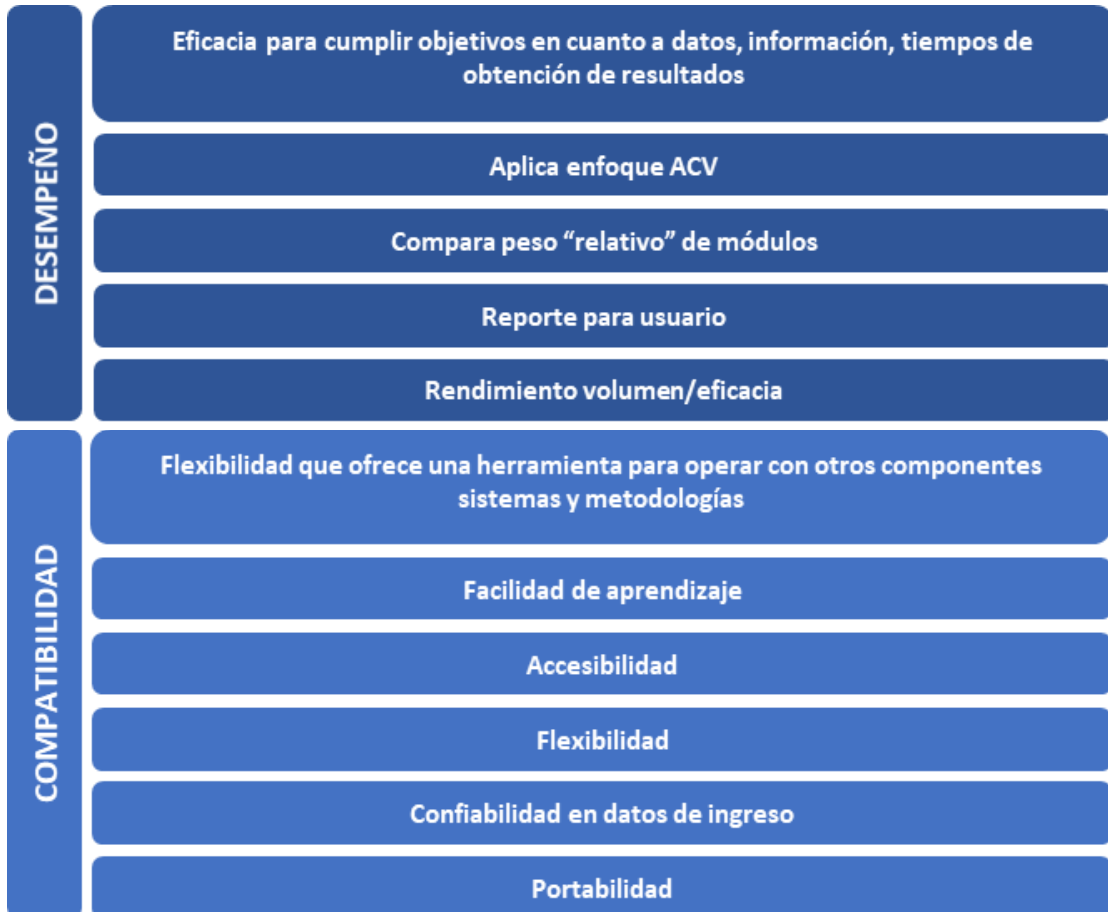
herramienta, proporcionando este indicador ambiental de cada elemento constructivo cargado y contextualizando el consumo de energía mediante factores de emisión del Sistema Eléctrico de Magallanes y del combustible gas.

Paralelamente, se consideran impactos relativos al Transporte de los insumos. En particular, se establece que las emisiones de transporte deben incluir todas las etapas del trayecto de los productos, después de su salida de la planta de fabricación hasta el sitio del proyecto. En este caso, al no contar con información propia de Órdenes de compra, Boletas o Facturas, no resultó factible el identificar el origen de los elementos, por lo que se optó un ajuste representativo para asumir la condición de edificación ubicada en el extremo sur del país.

Finalmente, para el módulo A-5, de Proceso de construcción e instalación, se pudo asumir indicadores referenciales provistos por una de las herramientas de cuantificación. A su vez, el transporte de personas no se han de incluir para los cálculos a razón de que sus emisiones no son parte de los alcances del proyecto.

4.3 Herramientas de cuantificación seleccionadas

En el informe 1, se realizó el proceso de evaluación de 7 herramientas con posibilidades de implementarse en Chile para el cálculo de huella de carbono de las edificaciones en todo su ciclo de vida. Se consideraron 3 categorías de evaluación y dentro de cada una de éstas, diferentes aspectos definidos en conjunto con la contraparte técnica de este estudio, tal como se muestra en la siguiente imagen:





Seguido de este proceso de evaluación se han seleccionado las siguientes 3 herramientas de cuantificación para aplicar en el Caso Piloto:

Tabla 3 Características One Click LCA

One Click LCA (Software / Plug-in / Plataforma online)



Administración & País de origen	Alcance de módulos ACV	Datos de ingreso	Reporte para el usuario	Datos de salida
Bionova Ltda. / Francia	A1-A3, A4-A5, B1-B5, B6-B7, C1-C4, D	-Integración de inventarios, caracterización y cruce con base de datos. Utiliza una amplia base de datos propia con materiales con DAP. -Integración con software de diseño (modelado 3D). -Permite una configuración detallada de materiales y sistemas utilizando la interoperabilidad con diferentes herramientas (BIM)	-Gráficas y Tablas por Categoría de Impacto y Módulos, ajustada a criterios LEED v4, BREEAM, DGNB, Zero Carbon Certification.	-Emisiones y diversas categorías de impacto como: deterioro de la capa de ozono, calentamiento global, smog fotoquímico, acidificación, eutrofización, cáncer, polución con efectos en la salud humana, otros efectos no cancerígenos en la salud humana, ecotoxicidad y agotamiento de las reservas de combustibles fósiles.

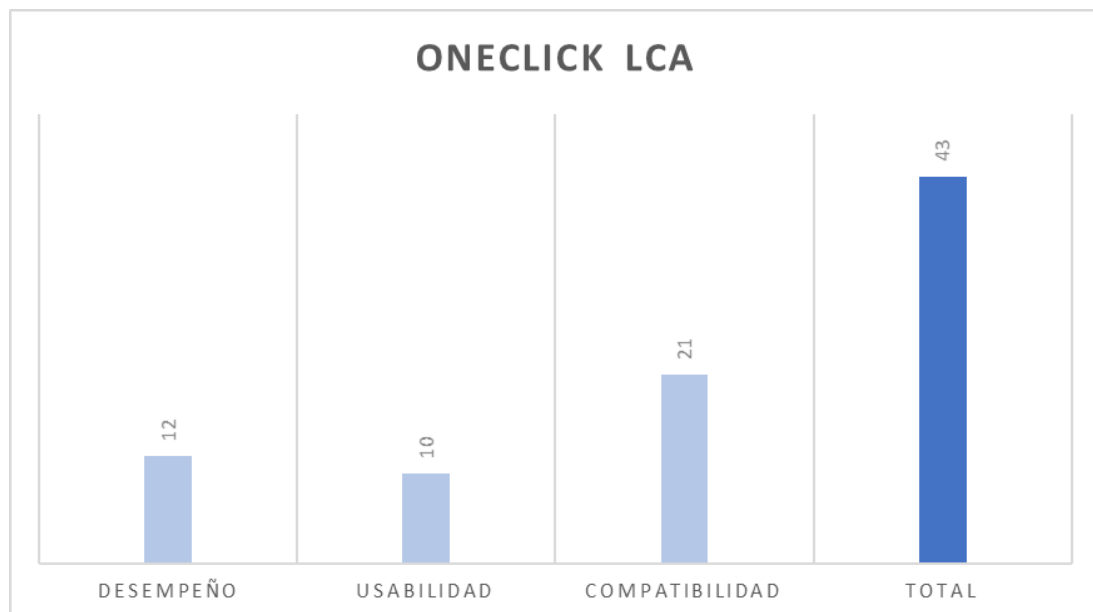


Gráfico 1 Evaluación general One Click LCA Etapa 1

Tabla 4 Características herramienta ABACO CHILE

Proyecto ABACO - CHILE, CORFO-INNOVA 15BP-45346 (Acceso a Bases Ambientales y Costos de Chile)



Administración & País de origen	Alcance de módulos ACV	Datos de ingreso & características generales	Reporte para el usuario	Datos de salida
CITEC UBB / Chile	A1-A3	-Ingreso de datos a través de inventario inicial elaborado por el usuario, ingreso a través de plataforma tipo excel. -Única herramienta que utiliza una amplia base de datos ya adecuada al contexto nacional	-Tablas del ACV (A1-A3) total.	-Emisiones, Energía, Costos, Factor de generación de residuos.

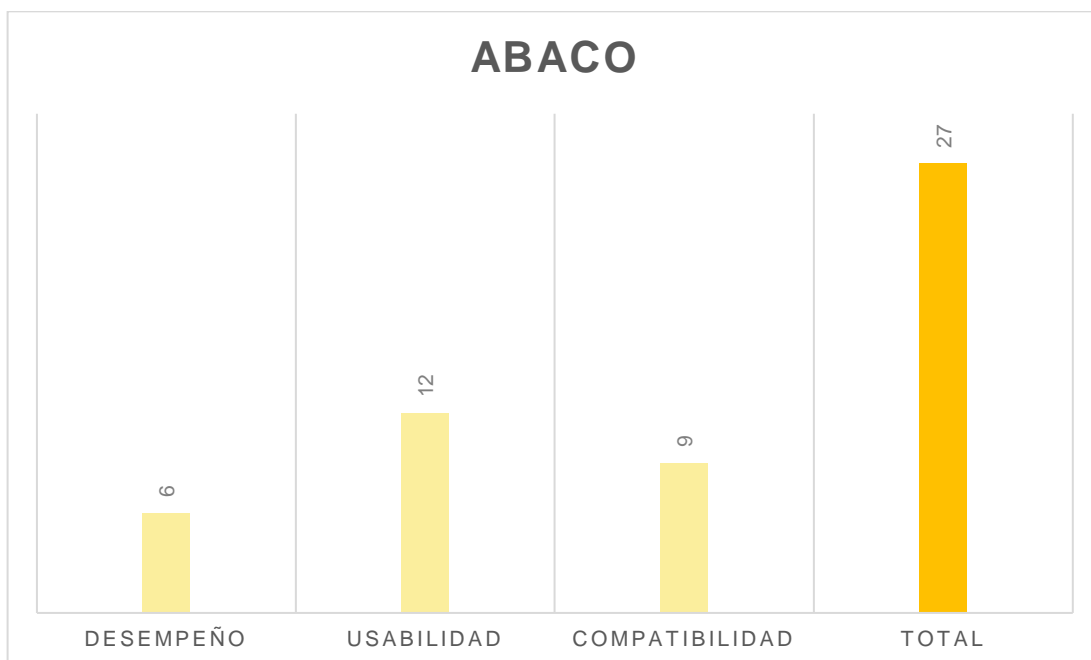


Gráfico 2 Evaluación Plataforma de Costos e Indicadores Medio Ambientales en Edificios con EE ABACO - CHILE

Tabla 5 Características calculadora Rukaru

Rukaru (plataforma online)



Administración & País de origen	Alcance de módulos ACV	Datos de ingreso & características generales	Reporte para el usuario	Datos de salida
EBP Chile SpA / Chile	A1-A3, A4, A5, B6, B7	-Capacidad de configurar el perfil del proyecto junto al inventario elaborado por el usuario, ingreso de datos a través de plataforma tipo excel. -Puede utilizar bases de datos diversas y DAP.	-Gráficas y Tablas por Categoría de Impacto y Módulos.	-Emisiones de CO2 y diversos indicadores

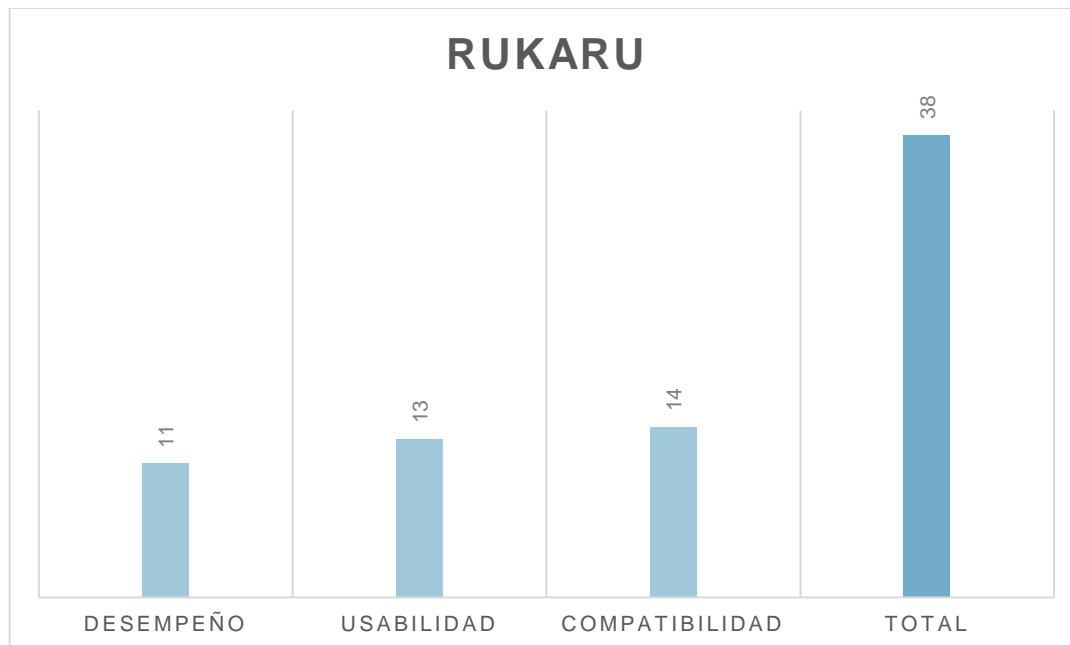


Gráfico 3 Evaluación calculadora Rukaru

El cálculo de carbono en el ciclo de vida a través de las 3 herramientas de cálculo evaluadas, se presenta en los siguientes puntos.

5 Aplicación de herramientas según metodología RICS

De manera general para la utilización de las 3 herramientas de cuantificación se han definido los siguientes aspectos, de acuerdo con los pasos a seguir establecidos por la metodología **Whole life carbon assessment for the built environment. RICS professional statement**, Londres, Reino Unido (en adelante RICS):

5.1 Pasos para la aplicación de la metodología RICS

5.1.1 Establecer límites

Considerando todos los aspectos, materiales y procesos del edificio a evaluar, considerando al menos el 95% del costo asignada a cada categoría de elementos constructivos siguiendo la forma estándar de análisis de costos que define la guía (según EN 15804)

La posibilidad de ingreso de datos de partidas del itemizado de obra, varía según el tipo de herramienta. Tomando en cuenta la representatividad de cantidad de elementos de un edificio recomendada por RICS, se considera el mayor número posible de datos de ingreso por cada herramienta, ya sea de acuerdo con la cantidad de elementos respecto al total de partidas del itemizado de obra, como al costo asociado a cada elemento respecto al total del presupuesto de obras.

Se detecta que la herramienta de cuantificación que más cantidad de elementos del itemizado ha incorporado, es OneClick. Esto debido principalmente a la disponibilidad de una amplia diversidad de alternativas en las bases de dato que utiliza cada instrumento. En One Click esta diferencia es relevante, ya que posee bases de datos que sirven para cálculos de más módulos en el ciclo de vida de una edificación. Además, esta herramienta permite incluir estimaciones de reutilización de material, vida útil e incluso consumos energéticos asociados al funcionamiento de una obra en una zona climática específica. De este modo, es posible incorporar promedios de potenciales de calentamiento global para actividades o procedimientos del ciclo de vida, como módulo A5 y módulos C4 y D.

Nº total de partidas del itemizado de obra: 244

Costo total de partidas del itemizado de obras: \$961.990.348

Tabla 6 Representatividad en costos por grupos de elementos

Grupo de elementos según RICS	One Click LCA	Rukaru	ABACO - CHILE	% costo recomendado por RICS
Obras previas:				
Contenciones temporales a estructuras colindantes, trabajos de especialistas de suelo, trabajos previos temporales de desvíos, investigación extraordinaria del sitio.	0%	0%	0%	95

Subestructura: Fundaciones de muros y columnas, vigas de fundaciones, pilas, aislación, barrera de humedad, pilotaje. Todo lo referido a lo que está bajo el edificio.	62%	64%	95%	95
Super estructura: Marcos, pisos superiores, techos, escaleras, rampas, muros exteriores, ventanas, puertas exteriores, muros y divisiones interiores, puertas interiores	89%	97%	70%	95
Terminaciones	97%	53%	73%	95
Equipamiento, mobiliario	21%	10%	9%	95
Servicios del edificio / MEP	34%	17%	3%	95
Construcciones prefabricadas y unidades de construcción	93%	6%	6%	95
Trabajos en edificio existente (renovaciones, remodelaciones)	N/A	N/A	N/A	95

5.1.2 Considerar el período de estudio de referencia

Con el fin de la comparación, pudiendo establecer estándares de 60, 75 o 100 años, como también, periodos de vida útil variables, creando escenarios.

Se ha establecido una vida útil de 60 años para las herramientas OneClick LCA y Rukaru. En el caso de ABACO - CHILE, esta considera únicamente etapa de construcción, por lo que no se le asigna a la herramienta una vida útil del edificio. Se debe tener presente, que en el caso de la plataforma ABACO - CHILE, esta no es una herramienta solo acotada a cuantificar el carbono en la edificación, sino que es un instrumento de estimación de costos sociales y ambientales el cual tiene la capacidad de cuantificar el carbono incorporado en las etapas A1 a A5, junto con otras funciones como es la cuantificación de costos, generación de residuos, huella hídrica y huella ecológica entre otras.

Es importante mencionar que, para este estudio, se considera una vida útil de referencia igual a la vida útil requerida del edificio piloto (de acuerdo con lo establecido en la norma EN15978) y se define un período de análisis de la cuna a la tumba de 60 años, de acuerdo con lo indicado para edificios no residenciales en la metodología de RICS y que se alinea con los períodos de referencia indicados por las tablas de "Vida útil de los Bienes Físicos del Activo Inmovilizado" del Servicio de Impuestos Internos (SII) y la

tabla de referencia de vida útil de componentes del edificio de la metodología RICS (Apéndice 1). Es importante mencionar que el período de vida útil de los edificios de 60 años, es considerado en muchas certificaciones internacionales (LEED, BREEAM, Minergie) como lineamiento para los Análisis de Ciclo de Vida. De esta manera, los edificios evaluados bajo diferentes certificaciones aumentan su posibilidad de comparación.

La vida útil de los materiales de un edificio en una herramienta de cálculo como ABACO - CHILE, podría estimarse, sumando la cantidad de materiales a renovar en la cuantificación de inicio. La herramienta permite operativamente realizar esta operación, sin embargo, como indicación base, las normas y metodologías de cálculo de ciclo de vida, llaman a no manipular datos de ingreso para no distorsionar la veracidad de cada procedimiento.

5.1.3 Rigor en el uso del ACV

Considerando todas las etapas del ciclo de vida definidas por EN 15978, para lograr análisis integrales y holísticos, declarando de manera apartada los beneficios de la reutilización y el reciclaje, por su característica de incerteza e impredecibilidad.

Se consideran las etapas del ciclo de vida definidas en EN15978, según los alcances que permite cada herramienta:

Tabla herramientas aplicadas y ámbito de evaluación en el ciclo de vida⁷

Herramienta	Ámbito de evaluación
ABACO - CHILE- Chile, Corfo Innova 15BP-45446	A1-A3
Rukaru	A1-A4 / B6
OneClick	A1-A5 / B4-B7 / C3, C4 / D

Tabla Módulos incorporados en la evaluación con herramienta ABACO - CHILE 8

Información de la evaluación de la edificación															
Información del Ciclo de Vida de la Edificación													Información adicional más allá del ciclo de vida de la edificación		
Etapa de producto			Etapa de proceso de construcción		Etapa de uso					Etapa de fin de vida				Beneficios y cargas más allá del límite del sistema	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	
Suministro de materias primas	Transporte	Fabricación	Transporte	Proceso construcción e instalación	Uso	Mantenimiento	Reparación	Sustitución	Rehabilitación	Deconstrucción	Demolición	Transporte	Tratamiento de residuos	Disposición Eliminación	Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje
					B6	Uso de energía operacional									
					B7	Uso de agua operacional									

incluido
 no incluido

Tabla Módulos incorporados en la evaluación con herramienta Rukaru9

Información de la evaluación de la edificación														
Información del Ciclo de Vida de la Edificación													Información adicional más allá del ciclo de vida de la edificación	
Etapa de producto			Etapa de proceso de construcción		Etapa de uso					Etapa de fin de vida				Beneficios y cargas más allá del límite del sistema
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Suministro de materias primas	Transporte	Fabricación	Transporte	Proceso construcción e instalación	Uso	Mantenimiento	Reparación	Sustitución	Rehabilitación	Deconstrucción Demolición	Transporte	Tratamiento de residuos	Disposición Eliminación	Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje
					B6	Uso de energía operacional								
					B7	Uso de agua operacional								

incluido
 no incluido

Tabla Módulos incorporados en la evaluación con herramienta One Click LCA10

Información de la evaluación de la edificación														
Información del Ciclo de Vida de la Edificación													Información adicional más allá del ciclo de vida de la edificación	
Etapa de producto			Etapa de proceso de construcción		Etapa de uso					Etapa de fin de vida				Beneficios y cargas más allá del límite del sistema
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Suministro de materias primas	Transporte	Fabricación	Transporte	Proceso construcción e instalación	Uso	Mantenimiento	Reparación	Sustitución	Rehabilitación	Deconstrucción Demolición	Transporte	Tratamiento de residuos	Disposición Eliminación	Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje
					B6	Uso de energía operacional								
					B7	Uso de agua operacional								

incluido
 no incluido

5.1.4 Unidades y cantidad, de acuerdo con el estándar

Esto que a su vez derivan del listado que propone, a partir de la lógica de respetar la tasa de costos recomendada.

Las unidades de medida y cantidades se han respetado del itemizado de obras “Presupuesto Final”. Es importante señalar que no siempre el DAP hace referencia al producto específico que se declara y más bien se considera la referencia más cercana tomando en cuenta las características del elemento.

En la evaluación de este proyecto y para las 3 herramientas de cuantificación, algunas cantidades se han adecuado para poder asociarlas a una DAP (Declaración Ambiental de Producto) o EPD (Environmental Product Declaration) específica. Por ejemplo,

partidas que en obra generalmente se cuantifican en metros lineales (ml), fueron transformadas a metros cuadrados (m²) para hacer la operación con las unidades disponibles para cálculo en las bases de datos de cada herramienta.

Sin embargo, la representatividad por categoría de elemento recomendada por RICS (95% de representatividad respecto a costos de cada categoría de elementos), no se ve afectada con los ajustes antes señalados, ya que los costos se mantienen intactos para cada elemento independiente de su unidad de cuantificación.

5.1.5 Medición, utilizando la unidad de kgCO₂e o múltiplos adecuados

Esto como toneladas, considerando el reportar unidades equivalentes mediante kgCO₂e/m² o kgCO₂e/m³ para volúmenes de unidades.

Las 3 herramientas de cuantificación que se consideran en este informe reportan emisiones en kgCO₂e de acuerdo con la unidad de medida en la que se ingresaron los datos cuantificables de cada partida del itemizado de obra.

En las herramientas de cuantificación Rukaru y OneClick es posible verificar de manera inmediata cantidades asociadas a una unidad de medida y el impacto que genera dicho elemento. En ABACO - CHILE, los reportes indican impactos en kgCO₂e asociado a una unidad de medida, pero la cantidad de material considerado no aparece directamente en el reporte, por lo que se hace más difícil la revisión y verificación de datos de egreso.

En las bases de dato utilizadas en OneClick, a su vez, se consideran potenciales de calentamiento global (GWP) en kgCO₂e asociados a diferentes unidades de medida.

En este punto se detecta una ventaja respecto a la calculadora OneClick, ya que facilita el trabajo de ingreso de datos, si se utilizan datos que asocien las emisiones de CO₂e a diferentes alternativas de unidades de medida. Esto, además disminuye la posibilidad de errores, al no tener que transformar una cantidad del itemizado de obra a otra unidad de medida.

5.1.6 Fuentes de datos, basadas en DAP vigentes y certificadas,

Bajo normas EN 15804, ISO 21930, ISO 14067, ISO 14025, ISO 14040, ISO 14044 y PAS 2050. Las bases de datos utilizadas se rigen por las normas establecidas por la metodología RICS. Por cada instrumento de cuantificación, se ha considerado lo siguiente:

Tabla 11 Datos de ingreso de las distintas herramientas de cuantificación

Herramienta	Datos de ingreso
ABACO - CHILE	<p>Base de datos construida en base a Ecoinvent contextualizado a Chile (mediante factores de emisión locales). No se puede tener acceso a los potenciales de calentamiento global que considera la base de datos.</p> <p>Ecoinvent se construye en base a las normas EN 15804, PAS 2050, ILCD handbook y ISCC Certification.</p>

Rukaru	DAP locales e Internacionales en base a EPD System (construido en base a normas ISO 21930 y EN 15804).
One Click	EPD Hub de One Click (construidas en base a las normas EN 15804 o ISO 21930). Cada EPD entrega potenciales de calentamiento global indicando 1, 2 o más alternativas de unidad de medida para el ingreso de datos)

5.1.7 Carbono biogénico

Como un aspecto clave para promover el uso de productos basados en madera y producidos bajo formas sostenibles certificadas por FSC, PEFC u otra equivalente, de manera de asegurar el ciclo natural del carbono.

Las partidas que contienen madera como material u otro elemento considerado como carbono biogénico, no son muchas en este proyecto piloto. Éstas corresponden a:

Tabla 12 Sistematización de las partidas

Partida	Datos de ingreso	Cantidad
Superestructura (elementos verticales y horizontales)	Placa de OSB 9,5 mm	1394 m2
Terminaciones (molduras)	Guardapolvos, cornisas y contramarcos	1912 ml
Superestructura (Puertas)	Puertas de madera terciada	26 unidades
Subestructura (moldajes)	Madera MDF	712 m2

Estos materiales han sido incorporados para el cálculo total de huella de carbono del edificio y las diferencias entre herramientas de cuantificación se detectan en la manera de reportar el carbono biogénico asociado a estos elementos. En la calculadora One Click LCA se descuenta este dato en el alcance A1-A3 y luego se vuelve a considerar en el alcance C3-C4 “Biogenic Waste Processing” (procesamiento de residuos biogénicos). Se considera, por lo tanto un enfoque “-1/+1”, en el que se observa el beneficio del carbono biogénico en los módulos A1-A3, pero luego, en los módulos C3-C4 de fin de ciclo de vida, se considera la liberación del carbono biogénico por combustión, apareciendo como un número que se agrega al final de ciclo de vida. Esta categoría de impacto es independiente de la contabilización del GWP fósil. Es importante recordar que elementos de madera, como las puertas, van aportando beneficios por carbono biogénico en módulos de la etapa de uso del edificio, debido a que, en período total de ciclo de vida del edificio, se irán renovando, asumiendo que las nuevas puertas también serán de madera.

En Rukaru, el carbono biogénico tiene un enfoque “0/0”, es decir, no se considera su impacto como GWP negativo en los módulos A1-A3, asumiendo que se netea con las emisiones en su proceso de final de ciclo (módulos C1-C4).

En ABACO - CHILE, podría considerarse un enfoque “0/0”, tal como lo hace Rukaru para el carbono biogénico. Sin embargo, esta herramienta no reporta la cantidad de carbono biogénico contabilizado en los módulos A1-A3, por lo que su liberación al final

de ciclo de vida (pensando en una proyección de la herramienta en la que alcance la evaluación de módulos C1-C4), no sería posible sin esta información disponible.

5.1.8 Plan de Descarbonización

Producto del aumento de tecnologías y sistemas menos contaminantes, la guía propone enfoques moderados para calcular las emisiones proyectadas ante diferentes escenarios futuros, considerando tasas de renovación y mejora de las matrices energéticas y procesos industriales.

Ninguna de las 3 herramientas de cuantificación evalúa un escenario proyectado de cambio climático o modernización de tecnologías y matriz energética. La metodología invita a considerar posibles cambios en el impacto generado por cada elemento del ciclo de vida del edificio, pero no es un requerimiento obligatorio.

De manera independiente, podría realizarse una estimación de efectos producidos por un plan de descarbonización cruzando con objetivos y metas contenidas en estrategias nacionales y hojas de ruta que se están definiendo en Chile. Esto podría realizarse de manera separada a partir de los datos obtenidos de cada herramienta de cuantificación, o alterando cantidades iniciales o factores de emisión considerando escenarios futuros. Esta última alternativa sería posible sólo en la calculadora Rukaru que permite cambiar factores de emisión. Sin embargo, en estos aspectos cobra relevancia una norma o metodología como RICS, que indica que los datos de ingreso no deben manipularse y de esta manera sustenta la posibilidad de comparación y la veracidad de los resultados.

6 Aplicación de herramientas de cuantificación metodología CLF

Las 3 herramientas de cuantificación han considerado los siguientes aspectos, de acuerdo con los pasos a seguir establecidos por la metodología *Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide. Washington, USA, de Carbon Leadership Forum* (en adelante CLF):

La metodología CLF estructura la realización de la evaluación de impactos ambientales mediante cinco pasos:

6.1 Pasos para la aplicación de la metodología CLF

6.1.1 Definición de objetivo y alcance

Comprendiendo las intenciones de la evaluación como también las inclusiones y exclusiones del sistema a analizar, considerando unidad funcional, periodo de estudio y límites, en tanto sus alcances físicos, etapas de la evaluación y los impactos a determinar.

Para las 3 herramientas de cuantificación se ha definido como objetivo alcanzar reportes representativos de la tipología de edificación del caso piloto, de la zona climática y geográfica en la que se encuentra y también representativos de las capacidades de las 3 herramientas de cálculo testeadas. Se busca contar con datos de egreso que indiquen los impactos en emisiones de CO₂e de carbono incorporado y operacional totales y también los impactos de Gases de Efecto Invernadero (GEI) parciales en la mayor cantidad de módulos del ciclo de vida posibles de incluir por las distintas herramientas.

Otro de los objetivos de esta etapa del estudio, es comparar los resultados que es entregando cada instrumento. De este modo, ha sido clave definir los siguientes aspectos, siguiendo la metodología CLF, para aplicar en todas las evaluaciones:

Tabla 13 Intenciones CLF y definiciones equipo de trabajo

Definición de intenciones CLF	Acuerdos equipo consultor
Inclusiones y exclusiones del sistema	<p>Se toma el itemizado de obras "Presupuesto Final" como documento base de elementos para la evaluación. En este itemizado se descartan elementos que no contengan información de cantidades o costos asociados. También se llega a acuerdo en la agrupación de grupos de elementos para evaluar con una misma DAP.</p> <p>Para la evaluación de los módulos de operación, se toman como base los resultados de los requerimientos de energía de la documentación de Certificación de Edificio Sustentable CES desarrollada para este edificio. Se revisan los consumos reportados y se definen entre el equipo consultor los datos de ingreso a considerar.</p>
Unidad funcional	<p>Se establece que siempre que sea posible, se mantendrá la unidad de medida del itemizado original (kg, m², m³). Para los cálculos de carbono operacional, se utilizan como unidades KWh y Lts.</p>

Período de estudio	Se ha definido una vida útil de 60 años para la evaluación del edificio.
Límites (alcances físicos)	Se ha definido con el equipo consultor que no se considerarán empaques o envoltorios de productos en esta evaluación. También se ha definido que la mayoría de los materiales son manufacturados y producidos en la Región Metropolitana, Región del Bío Bío o Región de Los Lagos. Para el transporte de materiales en territorio nacional se ha definido ruta por tierra con distinto tipo de vehículo a diésel. Para materiales importados se considera el transporte en barcos de contenedores.
Límites (etapas de evaluación)	Se consideran todas las etapas que permita el uso de la herramienta, siguiendo los módulos de ciclo de vida de acuerdo con la norma EN15978.
Tipo de impacto deseable	Impacto de Gases de Efecto Invernadero (GEI) carbono incorporado y carbono operacional.

6.1.2 Recopilación de inventario

Incluyendo el listado de materiales, actividades, procesos y consumos asociados y que estén establecidos por el alcance definido previamente. Su nivel de detalle y consideraciones hará la necesidad de contar con escenarios que se han de declarar para futuras mediciones y/o comparaciones.

Las actividades indicadas en este punto han sido descritas dentro del punto 1. De manera adicional se ha definido ingresar de manera clara y fácil de identificar, los datos relacionados con madera y con elementos que posean aportes en cuanto a carbono biogénico. Esto para poder hacer seguimiento a la etapa en la que se considera dicho aspecto en cada herramienta, y la manera en que se aplica dentro del cálculo (aporte nulo y reporte por separado, sumatoria en alcances de inicio de vida y descuento al final del ciclo o descuento en las etapas iniciales del ciclo y sumatoria al final del ciclo de vida.

6.1.3 Realizar una evaluación de Impacto

Desarrollar una evaluación de impactos, mediante herramientas y/o bases de datos, velando por su representatividad y consistencia con los objetivos y alcances. Se recomienda el utilizar una única fuente de información o bien, declarar las múltiples referencias. A la vez, se sugiere realizar cálculos desglosados, para favorecer la interpretación de los resultados, tanto en sus fases como en las categorías de impacto. Hace mención respecto del Carbono Biogénico, desde un enfoque conservador al no considerarla o bien, asumir sus beneficios potenciales debiendo informarlas como un valor negativo separado en cada módulo del ACV para sus tres clasificaciones, de acuerdo con la ISO 21930, incluyendo las certificaciones asociadas para su verificación.

Se define de manera transversal que las bases de datos que se utilicen en las 3 herramientas de cuantificación deben provenir de fuentes confiables que cuenten con DAP reconocidos y basados en las normas EN 15804, ISO 14025 y/o ISO 21930. En el caso de OneClick y ABACO - CHILE, éstas tienen sus propias bases de datos muy

amplias. En el caso de Rukaru, la herramienta es flexible al ingreso de datos desde diferentes fuentes.

Herramienta	Datos de ingreso
ABACO - CHILE	Base de datos construida en base a Ecoinvent contextualizado a Chile (mediante factores de emisión locales). No se puede tener acceso a la base de datos de los potenciales de calentamiento global que considera. Ecoinvent se construye en base a las normas EN 15804, PAS 2050, ILCD handbook y ISCC Certification.
Rukaru	DAP locales e Internacionales en base a EPD System (construido en base a normas ISO 21930 y EN 15804).
One Click LCA	EPD Hub de One Click LCA (construidas en base a las normas EN 15804 o ISO 21930). Cada EPD entrega potenciales de calentamiento global indicando 1, 2 o más alternativas de unidad de medida para el ingreso de datos)

Se han revisado y comparado los potenciales de calentamiento global para la aplicación en cada herramienta con el objetivo de considerar datos similares dentro de lo posible.

De manera conjunta se han recogido datos de egreso de todas las herramientas de cuantificación en cada etapa del ciclo de vida y por grupo de elemento constructivo con el fin de ir realizando comparaciones parciales entre herramientas de cuantificación. Se puede observar más detalle sobre estos resultados en el capítulo 7 de resultados de herramientas de cuantificación.

Respecto al carbono biogénico se ha decidido mostrar 3 escenarios diferentes de consideración, aprovechando que las 3 herramientas de cuantificación evaluadas toman este aspecto de manera distinta, tal como se menciona en la aplicación de la metodología RICS:

One Click LCA, enfoque “-1/+1”, en el que se observa el beneficio del carbono biogénico en los módulos A1-A3, pero luego, en los módulos C3-C4 de fin de ciclo de vida, se considera la liberación del carbono biogénico por combustión, apareciendo como un número que se agrega al final de ciclo de vida.

Rukaru, enfoque “0/0”, es decir, no se considera su impacto como GWP negativo en los módulos A1-A3, asumiendo que se netea con las emisiones en su proceso de final de ciclo (módulos C1-C4).

En ABACO - CHILE, no se reporta el carbono biogénico, por lo que se contabiliza su impacto dentro de los módulos A1-A3.

6.1.4 Interpretación de resultados

La interpretación a partir de los resultados, es factible analizarlos desde el desglose y agrupación por impactos, materiales, etapas, etc., tomando en consideración que la iteración es una característica fundamental de esta metodología y realizando una correcta comprobación de ingreso y carga de datos, posibles errores en el análisis,

comprensión de los resultados desglosados y agrupados, entre otros. Toma, también, en consideración, la comparación con referencias similares que permitan establecer rangos de aceptación y/o validación de los resultados obtenidos. Análisis de sensibilidad o de incertidumbre son recomendados, al igual que la normalización y ponderación de los resultados.

Como se menciona anteriormente, el ingreso de datos en las herramientas de cuantificación se realiza por grupos de elementos de la edificación y en base al itemizado de obras o a los datos de consumo de la documentación CES. En las 3 herramientas de cuantificación se identifican además en cada grupo de elementos, los materiales o sistemas que conforman el grupo. Esto ha permitido ir comparando datos y corregir errores entre las 3 herramientas de cuantificación a medida que se realiza el cálculo.

6.1.5 Reportar resultados

El tipo de reportes que genera cada instrumento ha sido un aspecto diferenciador que ha facilitado o dificultado la revisión y detección de alertas de posibles fallas. En este sentido, la calculadora OneClick genera automáticamente gráficos que permiten una lectura rápida del escenario de evaluación, además tiene un contador automático de emisiones por grupo de elementos que permite corroborar el impacto de cada material en su mismo ingreso y entrega un reporte detallado de emisiones por módulo del ciclo de vida y por grupo de elemento resaltando los puntos en los que hay mayor cantidad de emisiones. Todas estas, son facultades que han facilitado la comprensión del uso de la calculadora y han permitido corregir errores de manera rápida.

El informe de resultados se plasma mediante un reporte que declare los pasos anteriores incluyendo supuestos, metodologías, observaciones y conclusiones, pudiendo seguir la Taxonomía que incluye y que se estructura como sigue:

- Objetivo y alcance
 - o Declaración de la meta de LCA
 - o Público objetivo
 - o Descripción funcional equivalente del edificio
 - o Periodo de estudio de referencia
 - o Descripción de los límites del sistema: alcance físico del edificio, alcance del ciclo de vida, exclusiones y categorías de impacto ambiental a evaluar.
- Inventario de edificios
 - o Tipos de materiales, cantidades y vida útil
 - o Descripciones de escenarios para cada material, fuente de energía y flujo de agua para las etapas del ciclo de vida A4 - C4
- Resultados de impacto ambiental para cada módulo del ciclo de vida para las categorías de impacto identificadas en el paso de objetivo y alcance del ACV.
- Interpretación de resultados

- o Una descripción narrativa de su interpretación de los resultados y conclusiones que pudo extraer del análisis.
- o Un resumen de las evaluaciones cuantitativas, tales como impactos por componentes o categorías de edificios, y análisis de sensibilidad e incertidumbre.
- o Sugerencias para mejorar el diseño del edificio o perfeccionar el LCA.

Por último, la metodología propone una etapa opcional de verificación, dependiente de un profesional u organización externa que vele por la coherencia de los objetivos, límites y escenarios; calidad de los datos y su tratamiento; Integridad y relevancia.

El detalle de la Taxonomía elaborada para el Caso Piloto en base a la metodología CLF, se incluye en documento anexo “Evaluación de intensidad de carbono de ciclo de vida completo en piloto de edificación de uso público – Reporte CLF”.

7 Resultados de herramientas de cuantificación

Los resultados del ACV de las 3 herramientas de cuantificación han sido plasmados en reportes de acuerdo con cada metodología estudiada. Se entregan a modo de anexo a este documento bajo los nombres: **Reporte RICS** y **Reporte CLF**.

A continuación, se expresan los impactos obtenidos por cada herramienta de cuantificación para el ACV completo dentro de su alcance de módulos del ciclo de vida de la edificación:

	<p>1.793.748 Kg CO₂e</p>	<p>A1-A3: Materiales / Producto A4: Transporte A5: Sitio de construcción B4-B5: Reemplazo / rehabilitación B6: Consumo de energía B7: Consumo de agua C4: Disposición final/eliminación de residuos</p>
	<p>1.394.216 Kg CO₂e</p>	<p>A1-A3: Materiales / Producto A4: Transporte B6: Consumo de energía</p>
	<p>101.417 Kg CO₂e</p>	<p>A1-A3: Materiales / Producto</p>

En la siguiente tabla resumen se observan los resultados indicados en los reportes de la metodología RICS, incluyendo las componentes del edificio y módulos de ACV comparables entre las 3 herramientas de cuantificación:

	A1 - A2 - A3 (T CO ₂ e)		
	Abaco	Rukaru	One Click
Subestructura	54,4	115,65	67,481
Super estructura	30,29	71,86	317,247
Terminaciones	10,34	23,23	7,315
Totales (T CO ₂ e)	101,38	228,68	392,04
Totales normalizados (Kg CO ₂ e/m ²)	120,24	271,22	464,97

	Todos los módulos considerados T CO ₂ e		
	Abaco	Rukaru	One Click
Demolición	-	-	-
Obras previas	-	7,38	-
Subestructura	54,4	353,12	225,144
Super estructura	30,29	146,96	735,043
Terminaciones	10,34	41,66	49,755
Mobiliario	0,64	12,41	39,178
Servicios (MEP)	-	830,11	815,009

Edificaciones y unidades predeterminadas	0,04	2,56	-
Trabajos en edificaciones existentes	-	-	-
Obras exteriores	5,25	-	-
Totales (T CO ₂ e)	101,38	1394,2	1824,95
Totales normalizados (Kg CO ₂ e/m ²)	120,24	1653,56	2164,44

A continuación, se describe el proceso de aplicación de herramientas de cuantificación para el Análisis de Ciclo de Vida de la Edificación, además de algunos resultados e interpretaciones respecto a los datos de salida obtenidos.

7.1 One Click LCA

One Click LCA es una plataforma que permite evaluar el carbono de los edificios en base a una serie de parámetros que se deben completar de acuerdo a los datos del proyecto, dichos datos se pueden agregar de forma manual o por medio de la importación de un modelo BIM. El método utilizado para la evaluación de este proyecto fue manual, debido a que los datos entregados corresponden a planos de CAD, Especificaciones Técnicas, itemizado de obras y documentación de requerimientos para la Certificación CES.

Los parámetros para el ingreso de datos de la plataforma se dividen en las siguientes categorías:

- fundaciones y sub estructura,
- estructuras verticales y fachada,
- estructuras horizontales,
- otras estructuras
- materiales,
- escenarios del sitio de construcción,
- uso de electricidad,
- uso de combustible
- consumo de agua total.

Para desarrollar el cálculo, en cada categoría mencionada se deben identificar los materiales específicos señalados en el itemizado del proyecto, indicando la cantidad de material, la distancia de traslado de este, lugar de procedencia, tipo de transporte, etc. La base de datos de la plataforma tiene una amplia variedad de EPD incorporadas, que permiten encontrar materiales similares a los utilizados en el proyecto. Todas estas consideraciones y límites han sido definidos de manera conjunta en el equipo consultor en base a lo indicado en las metodologías RICS y CLF.

Posterior a este ingreso de datos, se obtiene como resultado el carbono asociado a distintas etapas del ciclo de vida de un edificio. Cabe destacar que One Click LCA

permite identificar cómo aumenta o disminuye la cantidad del carbono del proyecto cada vez que se agrega un material o un dato adicional, lo cual es de gran utilidad para evaluar el impacto paso a paso de los cambios que se están generando sin necesidad de tener la totalidad de los datos ingresados.

En ciertos casos, dentro del ingreso de datos fue necesario ajustar las unidades de medida con respecto al itemizado original para poder cruzar la información con la base de datos de la plataforma, por ejemplo: en algunos ítems, la cuantificación de metros lineales debió ser complementada con ancho estándar supuesto, para obtener un ingreso de datos en metros cuadrados. Lo anterior con el objetivo de lograr tener el dato de área de material y así poder agregar a la plataforma de acuerdo con la solicitud de cada dato.

Es importante mencionar que cuando no se contaba con datos reales del proyecto en algunas etapas del ciclo de vida, como vida útil de materiales o energía utilizada, desechos generados o agua consumida en el sitio de construcción, se tomaron los valores por defecto propuestos por la base de datos de las distintas herramientas.

Suposiciones y escenarios:

Consideraciones:

1. Se descartan elementos que no contengan información de cantidades o costos asociados.
2. Para la evaluación de los módulos de operación, se toman como base los resultados de los requerimientos de energía de la documentación de Certificación de Edificio Sustentable CES desarrollada para este edificio.
3. Se revisan los consumos reportados y se ajustan según criterio de equipo consultor.
4. Se ha privilegiado el uso de materiales con DAP nacionales, pero en su ausencia, se han utilizado DAP extranjeros, tomando alternativas con GWP promedio.
5. Para la electricidad se ha considerado el factor de emisión de la red nacional de Chile.
6. Para el gas se ha considerado un factor mundial, ya que la base de datos de la calculadora no contaba con un valor nacional y la versión del software no permite ajustar manualmente el factor.

Unidad Funcional:

1. Se establece como unidad funcional las declaradas en el itemizado original, según capacidad de la calculadora.
2. Los elementos declarados en el itemizado de obras con "ml" como unidad de medida, han sido transformados a m² considerando un espesor estándar típico para dicho elemento
3. El consumo de energía se mide en unidades de kWh y L.
4. En el módulo A5, además de las aproximaciones de desechos y transporte de materiales de construcción; se considera un estimado de residuos de construcción, consumo eléctrico y consumo de diésel, según propuesta de One Click LCA que clasifica de manera general según tipo de clima e

interpreta junto a superficie construida en piso 1 del edificio y si existen o no subterráneos. Impactos promedio en el sitio- clima templado (Sur) (por GFA). Se asume:

5. Producción de residuos de construcción promedio de 5kg/m² (GFA).
6. Uso de electricidad 25 kWh/m² (GFA).
7. Uso total de diésel 3.5 l/m² (GFA)
8. La vida útil de materiales se ha definido de acuerdo con la recomendación de RICS adoptada por OneClick.

Limitaciones:

1. No se consideran residuos provenientes de empaques o envoltorios de productos.
2. No se consideran redes de instalaciones sanitarias, agua, electricidad, etc.
3. Se generaliza la producción de materiales, localizando su manufactura y producción en Región Metropolitana, Región del Bío Bío o Región de Los Lagos.
4. Se generaliza el transporte de materiales en territorio nacional vía terrestre con distinto tipo de vehículo a diésel.
5. Para materiales importados se considera el transporte en barcos de contenedores, como Marcos de aluminio y sistemas del edificio (extractores, iluminación, sistema de clima).

Alcance:

Vida útil del proyecto	60 años
Alcance de la evaluación	Partes del edificio: Subestructura, Superestructura, Terminaciones, Equipamiento y Mobiliario en el edificio, Servicios (MEP) en el edificio Módulos: A1-A3, A4-A5, B4-B7, C3-C4, D

Proceso de cuantificación:

OneClick ofrece una plataforma de fácil lectura, en donde se hace la creación de un proyecto y se establecen sus características generales, ubicación, superficie, entre otros. La herramienta permite crear diferentes casos de evaluación, entre los cuales es posible realizar comparaciones posteriormente. Además, ofrece la alternativa de tomar datos referenciales (por ejemplo, vida útil de productos) desde alguna certificación, estándar o metodología en específico. El ingreso de datos se realiza integrando un inventario desarrollado externamente en Excel, integrando un modelo BIM o directamente en la plataforma mediante menús desplegables. Para este estudio se ha optado por esta última opción.

Las pestañas de ingreso de datos se dividen en: materiales de construcción, consumo de energía anual, consumo de agua anual, escenarios de obra, períodos de cálculo, emisiones y absorciones y superficie de estudio. En cada una de éstas, existen secciones que corresponden a las componentes del edificio (cimentaciones, estructuras verticales y fachada, estructuras horizontales, tecnología de instalaciones, entre otros). La herramienta ofrece en estas secciones menús desplegables para seleccionar un producto en específico proveniente de la base de datos. El producto proviene de una

DAP o de diferentes bases de datos internacionales verificadas y posee información detallada incluyendo potenciales de calentamiento global, masa, consideraciones de fabricación, producción, fin de vida útil, etc.

El evaluador luego especifica cantidades en diferentes alternativas de unidad de medida y puede calibrar distancias de transporte, el tipo de transporte considerado, entre otros, ingresando datos directamente o desde menús desplegables.

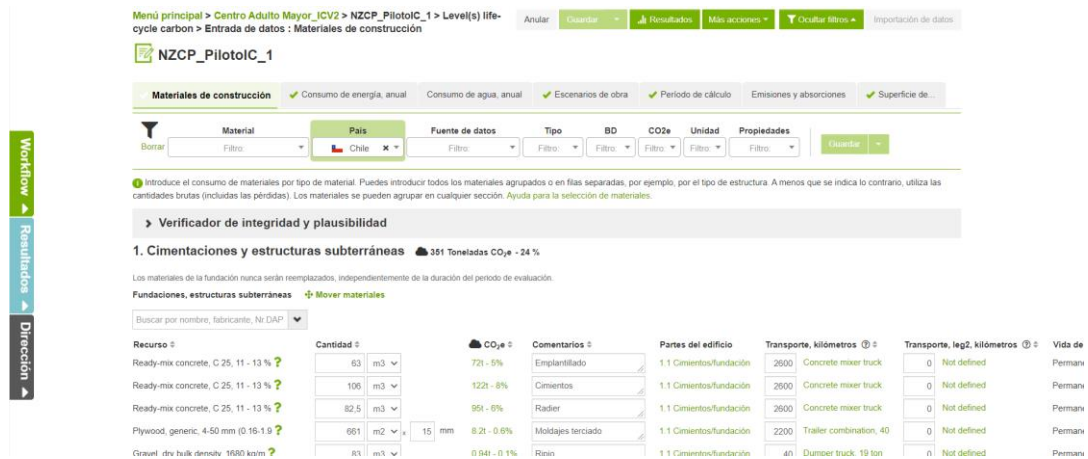


Figure 1 Proceso de cuantificación OneClick LCA. Fuente: www.oneclicklcaapp.com

En el presente informe, se ha apuntado a analizar la máxima capacidad de ingreso de datos disponibles y procesamiento de cada herramienta. Anexo a este informe se entregan, además, los reportes de resultados para cada herramienta utilizando las metodologías RICS y CLF. Con el objetivo de contar con evaluaciones más comparables, dichos reportes, han considerado el ingreso de información mínima y suficiente, de acuerdo con cada metodología, para contar con un análisis de ciclo de vida representativo.

Inventario:

Fuentes de datos	<u>Información Edificio:</u> Planimetría
	Itemizado de Obra/Presupuesto final
	Documentación de Certificación CES
	<u>Potencial de calentamiento global:</u> EPD Hub de One Click (construidas en base a las normas EN 15804 o ISO 21930). Detalle en anexo

Impactos e interpretación:

Los resultados generales de la evaluación se muestran en los siguientes gráficos.

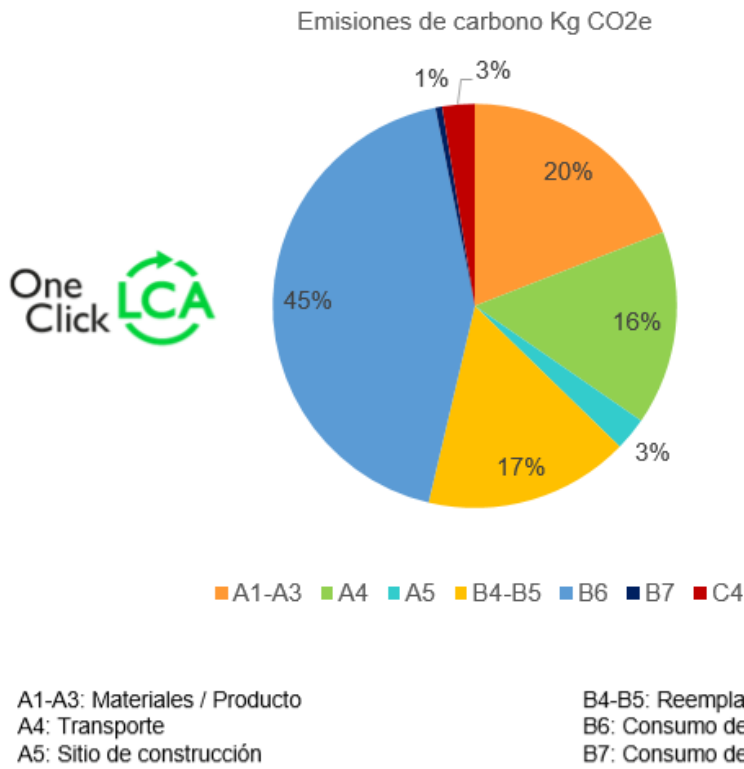


Gráfico 4 Emisiones por etapa del ciclo de vida según norma EN 15978. Elaboración propia en base a gráficos y resultados reportados por OneClick.

En esta primera aproximación general de la evaluación, se puede ver que los resultados muestran los mayores impactos en cuatro etapas principales: 1. Producción (A1 a A3), lo que equivale a un 21% de las emisiones, 2. Transporte al sitio (A4) con un 15% de las emisiones (en este caso se consideró el transporte de materiales a Punta Arenas, incluyendo distancias por sobre los 2000km para la mayoría de los elementos), 3. Energía operacional (B6) con un 43%, altamente influenciado por el consumo en iluminación, y 4. Reemplazo y remodelaciones (B4 – B5) con un 17% de las emisiones.

En el siguiente gráfico se presenta la comparación porcentual de distintos tipos de materiales y su intensidad de emisiones dentro del total del ciclo de vida del edificio:

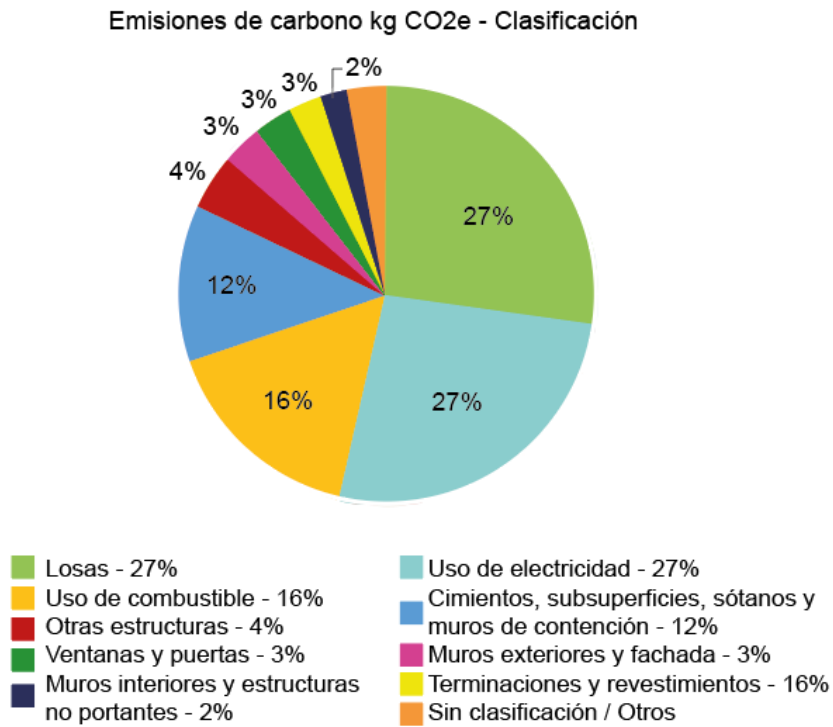


Gráfico 5 Emisiones asociadas a grupos de elementos. Elaboración propia en base a gráficos y datos reportados por OneClick.

Se observa que la componente de uso de electricidad genera el mismo porcentaje de impactos que parte de la superestructura del edificio (losas, techos, cubiertas, vigas) y además que, en suma, la componente de electricidad junto a la componente de uso de combustible, representan más de un 40% de las emisiones del ciclo de vida. En la zona climática en dónde se emplaza el proyecto es esperable tener un alto porcentaje de carbono operacional, condicionado al consumo de equipos de climatización, el uso de agua caliente sanitaria y el apoyo de iluminación artificial. En este caso es relevante indicar que la matriz eléctrica de la región de Magallanes es altamente dependiente de energía fósil, por lo que esta componente se podrá revisar en la etapa de análisis de sensibilidad.

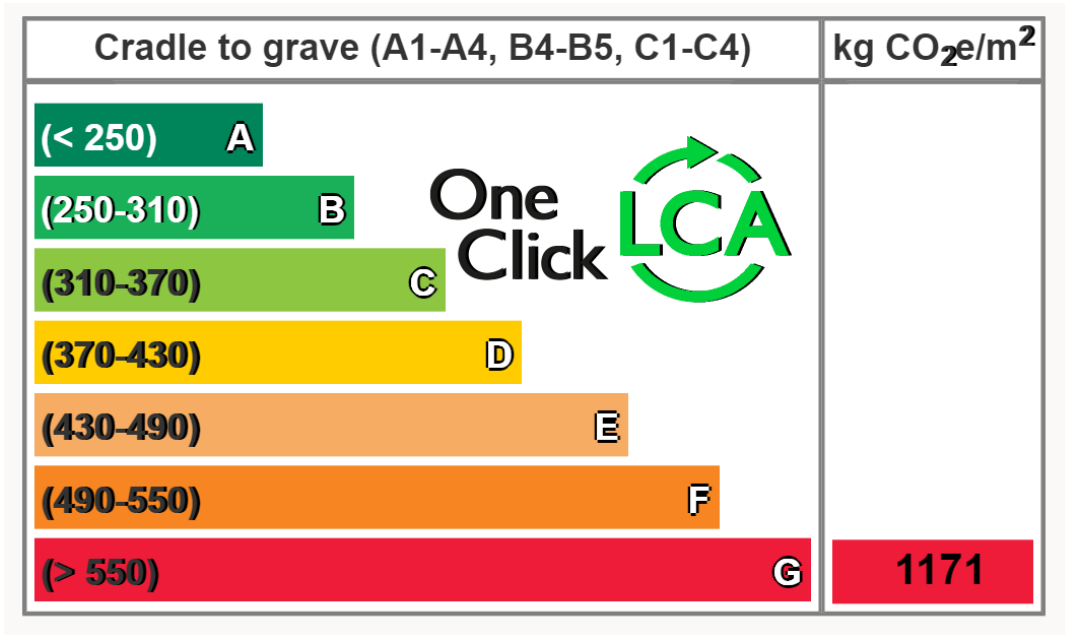


Figura 9 Reporte de emisiones de carbono incorporado de la calculadora OneClick LCA para el Edificio Centro Día del adulto Mayor.

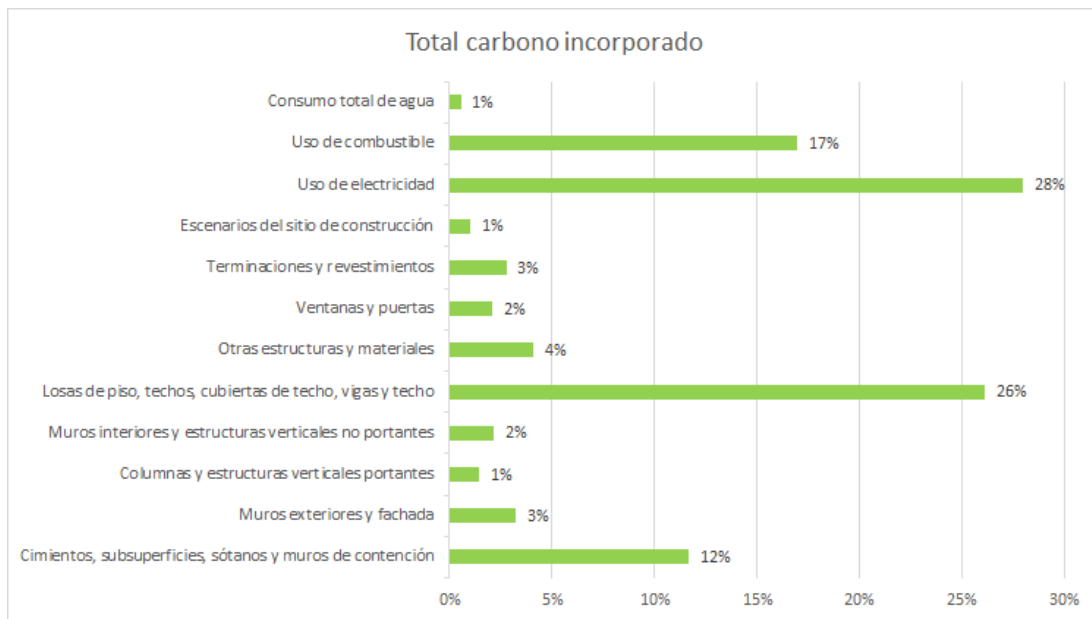


Gráfico 6 Total carbono incorporado por grupos de elemento

Finalmente, a través de la herramienta OneClick LCA se obtiene un resultado general de intensidad de carbono que se encuentra en una relación donde el carbono incorporado es un 10% superior al carbono operacional en el edificio.

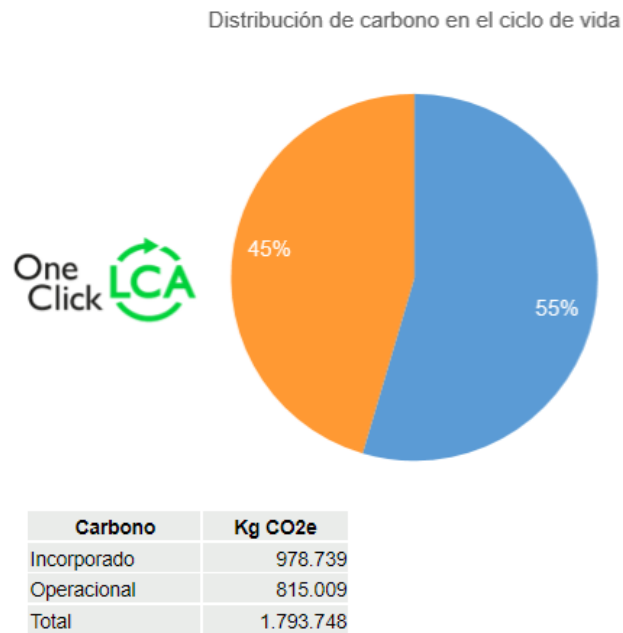


Gráfico 7 Relación carbono operacional y carbono incorporado de acuerdo con One Click LCA

Net Zero Carbon [Download Results Summary](#)

Result category	Carbon emissions kg CO ₂ e	Biogenic carbon kg CO ₂ e bio ①	Carbon savings from materials reuse kg CO ₂ e	Carbon savings from exported energy kg CO ₂ e	Carbon offsets kg CO ₂ e	Net Carbon kg CO ₂
A1-A5 Upfront carbon	734 561	-36 873	-3 193			694 495 Details
B1-B7 Operating carbon	1 134 508		-13 471			1 121 037 Details
C-D End of life	11 444	36 873	-70 102			-21 784 Details
C4 Waste disposal	11 444	36 873				48 317 Details
D External impacts			-70 102			-70 102 Details
Total	1 880 514	0	-86 766			1 793 748
Results per denominator						
Gross Internal Floor Area (IPMS/RICS) 843.15 m ²	2 230	0	-103			2 127

Copyright © Pedro Torres, 2022. All rights reserved. Dec 19, 2022

Figura 10 Reporte de OneClick por módulo del ciclo de vida

En el reporte entregado por OneClick es posible identificar detalles, como la etapa en la que se resta y luego se suma el carbono biogénico en la evaluación del proyecto.

7.2 Rukaru

La plataforma Rukaru considera una evaluación del carbono de la edificación en base a 120 parámetros de entrada (input), que responden a información del proyecto a ser evaluado. Estos parámetros de entrada activan el trabajo del motor de cálculo para estimar tanto el carbono incorporado como operacional, de las etapas A1-A3; A4; A5; B6-B7. La plataforma aún se encuentra en fase de desarrollo, con miras a incorporar las etapas B1-B5; y C1-C4. En el caso del proyecto piloto, la información principal utilizada corresponde al itemizado del proyecto y al reporte de la certificación CES.

Debido a que Rukaru ha sido pensada inicialmente como una plataforma para edificación residencial, se identificaron durante la aplicación del piloto algunas limitaciones en cuanto a la posibilidad de ingresar ciertos datos del proyecto, como por ejemplo los sistemas de climatización en la partida de instalaciones, o la estructura de cielo falso. En el caso de la etapa A5, el cálculo de Rukaru considera ingreso de datos asociados al programa de obra, información que no se tuvo a la vista para el proyecto, y que impidió generar una estimación de emisiones en dicha etapa.

Suposiciones y escenarios:

Consideraciones:

1. Se descartan elementos que no contengan información de cantidades o costos asociados.
2. Para la evaluación de los módulos de operación, se toman como base los resultados de los requerimientos de energía de la documentación de Certificación de Edificio Sustentable CES desarrollada para este edificio.
3. Se revisan los consumos reportados y se ajustan según criterio de equipo consultor.
4. Se ha privilegiado el uso de materiales con DAP nacionales, pero en su ausencia, se han utilizado DAP extranjeros, tomando alternativas con GWP promedio.
5. Para la electricidad se ha considerado el factor de emisión de la red nacional de Chile.

Unidad Funcional:

1. Se establece como unidad funcional las declaradas en el itemizado original, según capacidad de la calculadora.
2. En caso contrario, se ajusta según cubicación.
3. El consumo de energía se mide en unidades de kWh y L.

Limitaciones:

1. No se consideran residuos provenientes de empaques o envoltorios de productos.
2. No se consideran redes de instalaciones sanitarias, agua, electricidad, etc.

3. Se generaliza la producción de materiales, localizando su manufactura y producción en Región Metropolitana, Región del Bío Bío o Región de Los Lagos.
4. Se generaliza el transporte de materiales en territorio nacional vía terrestre con distinto tipo de vehículo a diésel.
5. Para materiales importados se considera el transporte en barcos de contenedores, como Marcos de aluminio y sistemas del edificio (extractores, iluminación, sistema de clima).

Alcance:

Vida útil del proyecto	60 años
Alcance de la evaluación	<u>Partes del edificio:</u> Subestructura, Superestructura, Terminaciones, Equipamiento y Mobiliario en el edificio, Servicios (MEP) en el edificio <u>Módulos:</u> A1-A3, A4, B6

Proceso de cuantificación:

Rukaru permite la elección de alternativas de materiales y de sistemas individuales, así como algunos paquetes constructivos previamente configurados, desde una base de datos interna elaborada a partir de DAP nacionales, internacionales, factores de emisión nacionales. El ingreso de datos se realiza por familia de elemento (fundaciones, muros y pilares, losas, tabiquería, cubierta y hojalatería, ventanas, consumos, etc). Se selecciona una alternativa de la base de datos, se ingresan las cuantías de productos, de acuerdo con una unidad de medida específica y la calculadora va realizando la operación para entregar los resultados de emisiones de CO2 totales, por etapas del ciclo de vida y por familia de elementos.

Fundaciones		Muros		Losas		Vigas	
A1-A3: 175791.5 [kgCO2eq] A4: 6059.42 [kgCO2eq]		A1-A3: 20576876.1 [kgCO2eq] A4: 226837.50 [kgCO2eq]		A1-A3: 270809.47 [kgCO2eq] A4: 6467.78 [kgCO2eq]		A1-A3: 50801.56 [kgCO2eq] A4: 1102.74 [kgCO2eq]	
Entibación Y Movimiento De Tierra +		Enfierradura Muros +		Enfierradura Losas +		Enfierradura Vigas +	
Pilas Socializado		Alambre 0.641 [ton]		Enfierradura 73.017 [ton]		Enfierradura 14.084 [ton]	
Hormigón 126.6 [m³]		Enfierradura 67.33 [ton]		Alambre 0.695 [ton]		Alambre 0.134 [ton]	
Enfierradura 10.87 [ton]		Moldaje Muros +		Moldaje Losas +		Moldaje Vigas +	
Fundaciones Grúa		Desmoldante 1262.4 [kg]		Desmoldante 1018.8 [kg]		Tubo PVC 1868.8 [kg]	
Enfierradura 0.214 [ton]		Moldaje 24.3 [m³]		Moldaje 27.3 [m³]		Moldaje 5.6 [m³]	
Hormigón 6 [m³]		Tubo Pvc 9231.6 [kg]		Tubo PVC 133.7 [kg]		Desmoldante 261 [kg]	
Rellenos-emplantillados-mejoramientos +		Hormigón Muros +		Hormigón Losas +		Hormigón Vigas +	
Mejoramiento-emplantillado		Hormigón 0 [m³]		Hormigón 759 [m³]		Aditivo 0 [kg]	
Hormigón 47.2 [m³]		Ladrillo Cerámico 65282 [ton]		Aditivo 0 [kg]		Hormigón 119 [m³]	
Rellenos		Aditivo 0 [kg]					
Sub-base 418.6 [ton]							

Figura 11 Proceso de cuantificación Rukaru. Fuente: Rukaru, EBP Chile

En el presente informe, se ha apuntado a analizar la máxima capacidad de ingreso de datos disponibles y procesamiento de cada herramienta. Anexo a este informe se entregan, además, los reportes de resultados para cada herramienta utilizando las metodologías RICS y CLF. Con el objetivo de contar con evaluaciones más comparables, dichos reportes, han considerado el ingreso de información mínima y suficiente, de acuerdo con cada metodología, para contar con un análisis de ciclo de vida representativo.

Inventario:

Fuentes de datos	<p><u>Información Edificio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Planimetría Itemizado de Obra/Presupuesto final Documentación de Certificación CES <p><u>Potencial de calentamiento global:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> DAP locales e Internacionales en base a EPD System (construido en base a normas ISO 21930 y EN 15804)
------------------	---

Impactos e interpretación:

El resultado total del proyecto fue de 1.394 [tonCO2eq], de las cuales un 59% corresponde a carbono operacional y un 41% a carbono incorporado. El carbono operacional está asociado principalmente al consumo de energía, tanto de electricidad como de gas natural para la calefacción y agua caliente sanitaria.

Distribución de carbono en el ciclo de vida

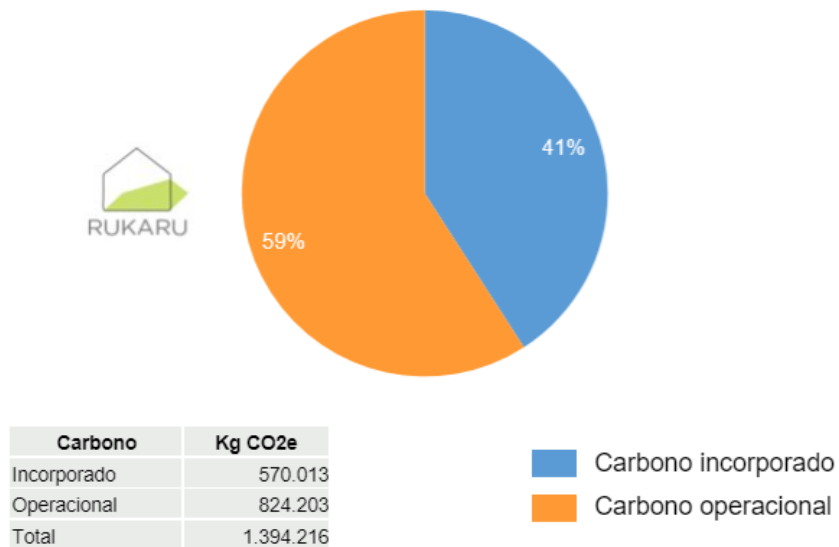
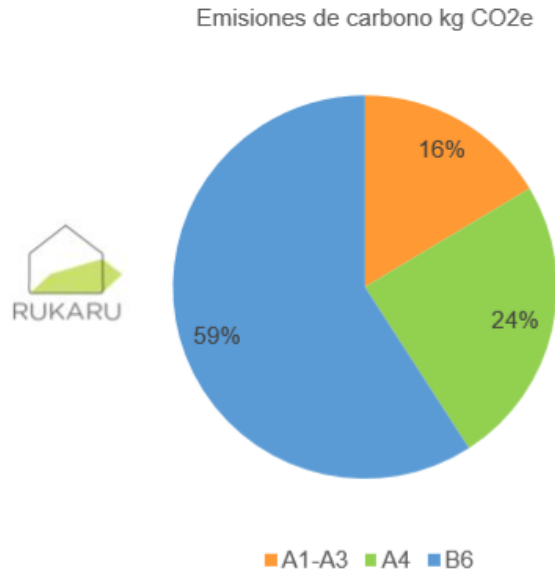


Figura 12: Participación de carbono incorporado vs operacional

Al analizar el carbono incorporado en las etapas A1-A5, se observa que la componente A4 de transporte tiene un alto valor (341,3 [tonCO₂eq]). Esto se debe principalmente al emplazamiento del proyecto y las distancias de la obra a los centros de almacenamiento de los materiales de construcción.



C4: Disposición final/eliminación de residuos

Figura 13: Participación del carbono incorporado por subcomponente Etapa A.

Si se analiza el carbono incorporado de los elementos principales del edificio, se observa que la Superestructura (u obra gruesa) es la de mayor peso, seguido por la envolvente (que es alta debido a la inclusión de sistema EIFS y los termo paneles]).

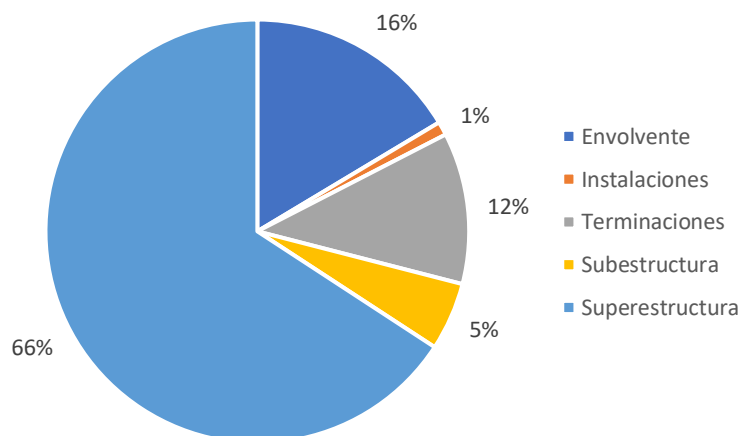


Figura 14: Participación de carbono incorporado por partidas de obra.

Al realizar un análisis más detallado del carbono incorporado de A1-A3 a nivel de elementos constructivos, se observa que los elementos de suelo (intensivos en concreto) asociados a fundaciones y Radier son los de mayor peso relativo, representando ambas partidas el 50% de las emisiones. En un nivel de impacto secundario se encuentra la tabiquería con un 9%, las fachadas con un 7% y las cubiertas/hojalatería y terminaciones de muro ambos con un 6%.

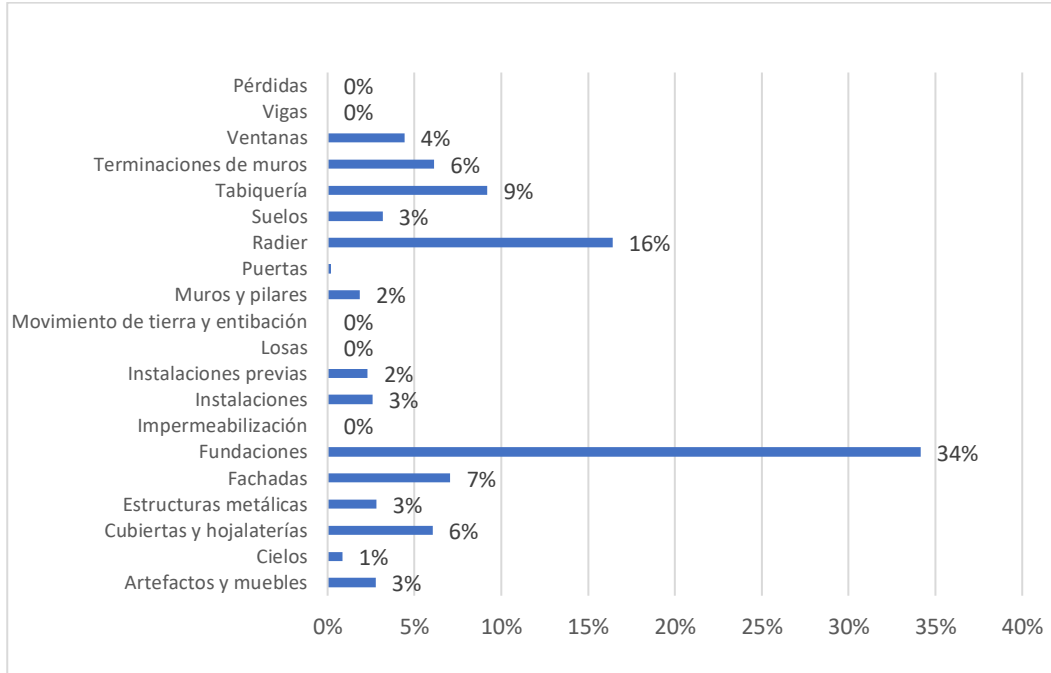


Figura 15: Desglose de carbono incorporado por elemento constructivo (A1-A3).

7.3 ABACO - CHILE

La plataforma ABACO - CHILE es un proyecto desarrollado por la Universidad del Bío Bío, en el marco de un proyecto CORFO – Innova. El principal objetivo de ABACO es el diseño y desarrollo de una plataforma de gestión digital, pública y de libre acceso, con un banco de costos e indicadores medioambientales, orientado a hacer más eficiente el proceso de presupuestación, evaluación y seguimiento de proyectos de edificación pública en Chile, desde el punto de vista económico, social y ambiental.

En la herramienta ABACO, las actividades son agrupadas por partidas y posteriormente se ingresan sus cantidades para así, declarar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y la Energía Contenida de cada uno de los elementos cargados, indicadores ajustados para el contexto nacional, en función de factores de emisión del año 2017 y la base de datos de ciclo de vida Ecoinvent 3.0. Así, finalmente, ABACO - CHILE logra cuantificar el carbono incorporado en la etapa de producto, correspondiente a los módulos A-1, A-2 y A-3.

En tanto, los demás módulos no son factibles de tratar con esta herramienta, dado que está enfocada en la evaluación del diseño de las edificaciones en etapas tempranas, perdiendo la posibilidad de cuantificar carbono operacional.

Cabe mencionar que el reporte generado por ABACO - CHILE asignó tasas de emisión de GEI excesivamente mayores a 16 de los 42 elementos integrados. Tras verificar tales valores con Declaraciones Ambientales de Productos similares, se reconoció un posible error en las órdenes de magnitud que utiliza la herramienta. Por tanto, a criterio del equipo consultor, se decidió por realizar la corrección en la orden de magnitud correspondiente.

Suposiciones y escenarios:

Consideraciones:

1. Se descartan elementos que no contengan información de cantidades o costos asociados.
2. Se ajustan valores reportados por herramienta, según criterio de equipo consultor, como emisiones de hormigón y madera.

Unidad Funcional:

1. Se establece como unidad funcional las declaradas en el itemizado original, según capacidad de la herramienta.
2. En caso contrario, se ajusta según cubicación.
3. La partida de tabiquería, la herramienta la considera completa o global, por lo que se ha realizado la cubicación para lograr la cantidad efectiva que contempla el proyecto.

Limitaciones:

1. No se consideran residuos provenientes de empaques o envoltorios de productos.
2. No se consideran redes de instalaciones sanitarias, agua, electricidad, etc.

Alcance:

Vida útil del proyecto	60 años
Alcance de la evaluación	<u>Partes del edificio:</u> Subestructura, Superestructura, Terminaciones, Equipamiento y Mobiliario en el edificio, Servicios (MEP) en el edificio
	<u>Módulos:</u> A1-A3

Proceso de cuantificación:

ÁBACO CHILE entrega una amplia base de datos clasificada en recursos ambientales, económicos y sociales. Además, ofrece variadas opciones de configuraciones de materiales, maquinaria, mano de obra, herramientas e incluso, subcontratos, las cuales son seleccionadas por el evaluador por rango, clarificación, entre otros. Una vez elegida cada alternativa, la herramienta de cuantificación realiza la operación para entregar información sobre impactos ambientales, tomando presupuestos de proyectos de referencia, datos de proveedores o factores de emisión.



Figure 2 Proceso de cuantificación ABACO CHILE. Fuente: www.abacochile.cl

En el presente informe, se ha apuntado a analizar la máxima capacidad de ingreso de datos disponibles y procesamiento de cada herramienta. Anexo a este informe se entregan, además, los reportes de resultados para cada herramienta utilizando las metodologías RICS y CLF. Con el objetivo de contar con evaluaciones más comparables, dichos reportes, han considerado el ingreso de información mínima y suficiente, de acuerdo con cada metodología, para contar con un análisis de ciclo de vida representativo.

Inventario:

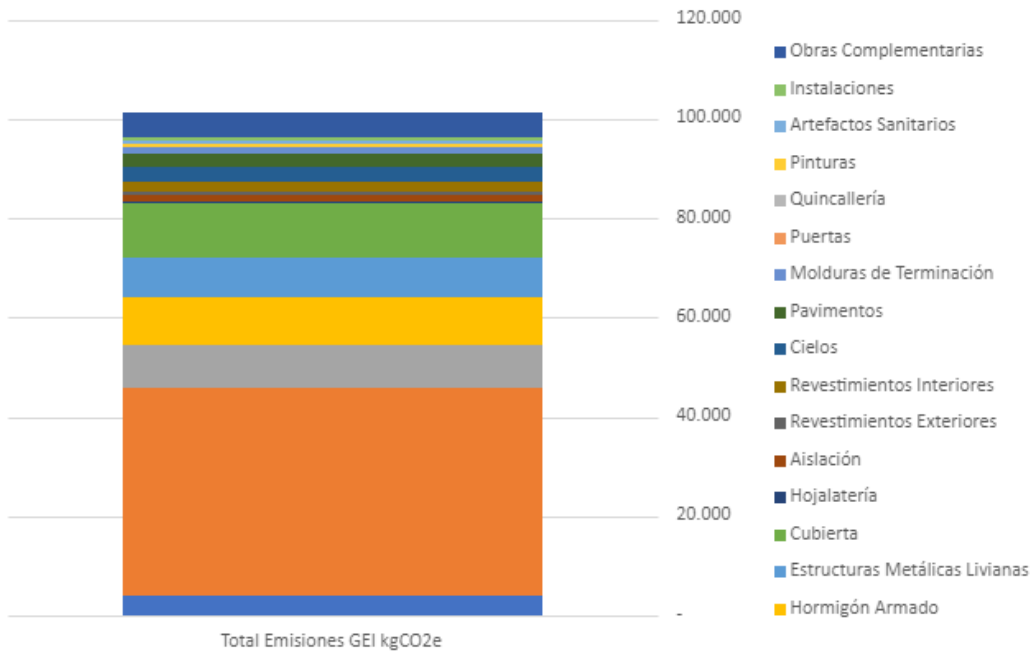
Fuentes de datos	<u>Información Edificio:</u>
	<ul style="list-style-type: none"> • Planimetría

	<ul style="list-style-type: none"> • Itemizado de Obra/Presupuesto final • Documentación de Certificación CES <p><u>Potencial de calentamiento global:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Base de datos construida en base a Ecoinvent contextualizado a Chile (mediante factores de emisión locales). No se puede tener acceso a los potenciales de calentamiento global que considera la base de datos. Ecoinvent se construye en base a las normas EN 15804, PAS 2050, ILCD handbook y ISCC Certification.
--	--

Impactos e interpretación:

Tabla 14 Partidas obra y resultado ABACO - CHILE

Partidas de Obras	Total Emisiones GEI kgCO2e
Rellenos	4.127
Fundaciones	41.737
Radier	8.577
Hormigón Armado	9.558
Estructuras Metálicas Livianas	7.950
Cubierta	11.172
Hojalatería	174
Aislación	1.434
Revestimientos Exteriores	468
Revestimientos Interiores	2.170
Cielos	2.865
Pavimentos	2.664
Molduras de Terminación	1.281
Puertas	39
Quincallería	0
Pinturas	890
Artefactos Sanitarios	636
Instalaciones	420
Obras Complementarias	5.254



Del gráfico anterior, destaca el alto peso de las partidas de fundaciones, radier, Hormigón Armado, Estructuras Metálicas Livianas y Cubierta, lo que se debe al uso intensivo de materiales de alta tasa de emisión de GEI, como lo es el cemento y el acero.

El siguiente gráfico muestra la proporción de las partidas de acuerdo a la herramienta ABACO CHILE.

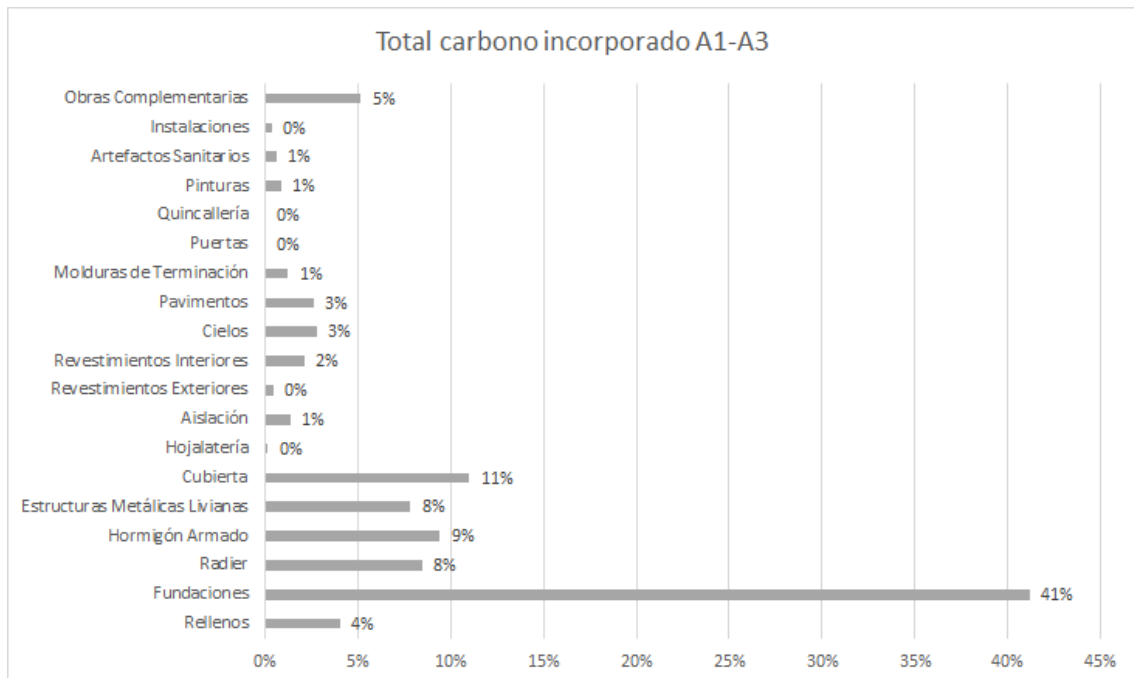


Gráfico 8 Partidas y relación herramienta ABACO CHILE

8 Conclusión y comparación de resultados entre herramientas de cuantificación

8.1 Comparación módulos A1-A3

Para evaluar las tres herramientas utilizadas, es necesario que éstas sean comparadas en las etapas en que coinciden en su ámbito de aplicación. De este modo, se extrae el resultado de los módulos del ciclo de vida A1 a A3 y se presentan en el siguiente gráfico:

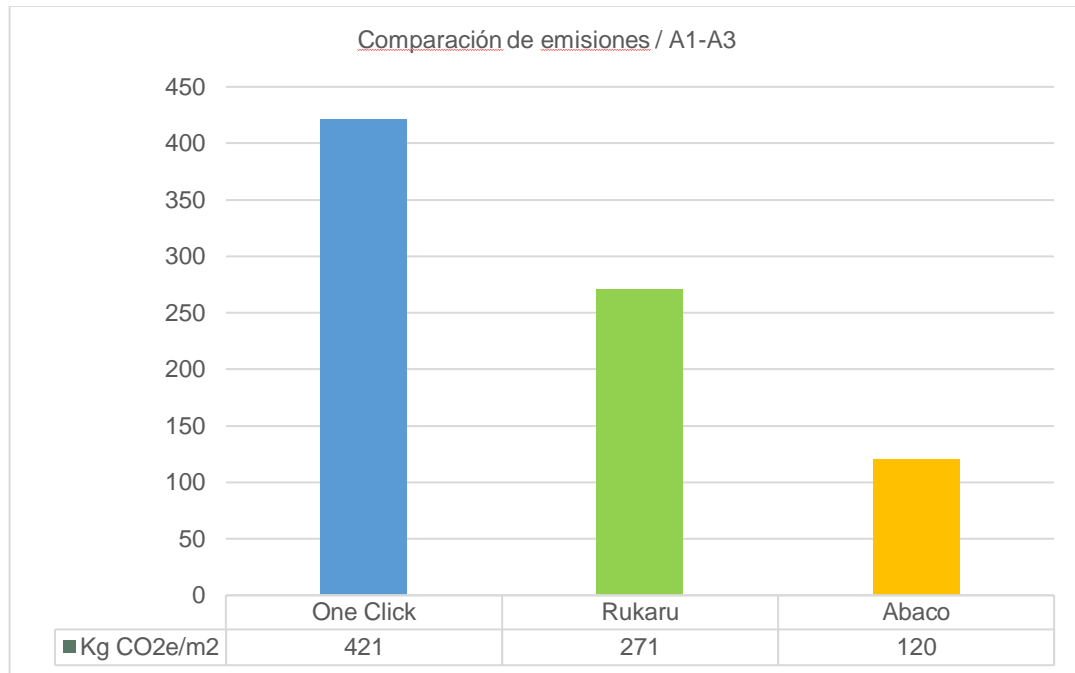


Gráfico 9 Comparación de las herramientas de cuantificación en etapas A1 – A3

Es importante tener como referencia que, en promedio, los edificios tienen una cantidad de emisiones de carbono incorporado de entre **350-950 kgCO2e/m2** para el módulo A1A3 (CLF, 2017). Podemos confirmar de este modo, que los impactos obtenidos por la calculadora OneClick LCA son los que se encuentran dentro del rango esperado. Esto se debe principalmente a que esta calculadora considera la mayor cantidad de materiales y elementos de obra gruesa, terminaciones e instalaciones, lo que explica su mayor impacto en emisiones de CO2 en los módulos A1-A3.

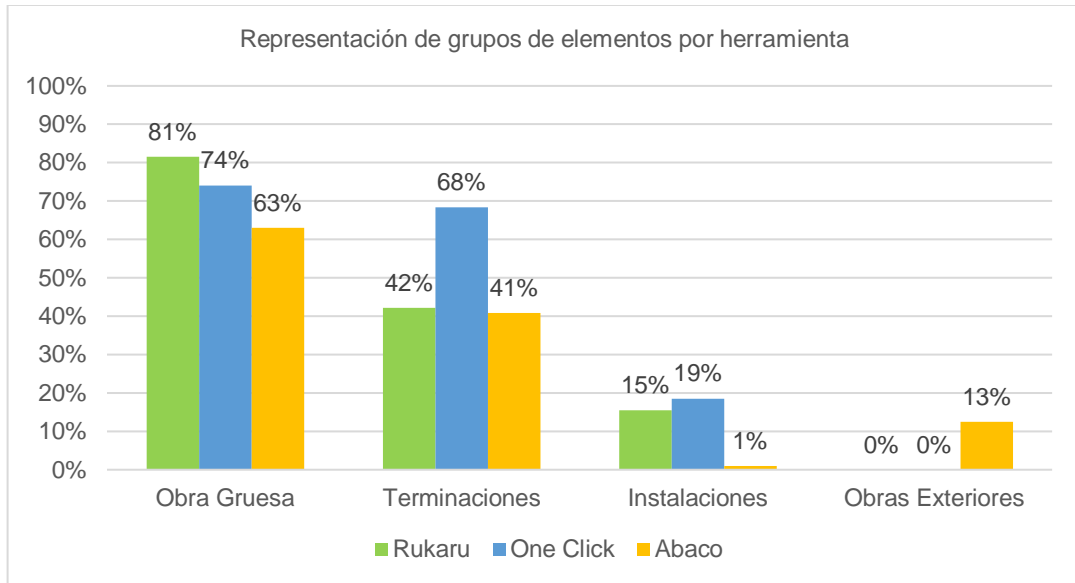


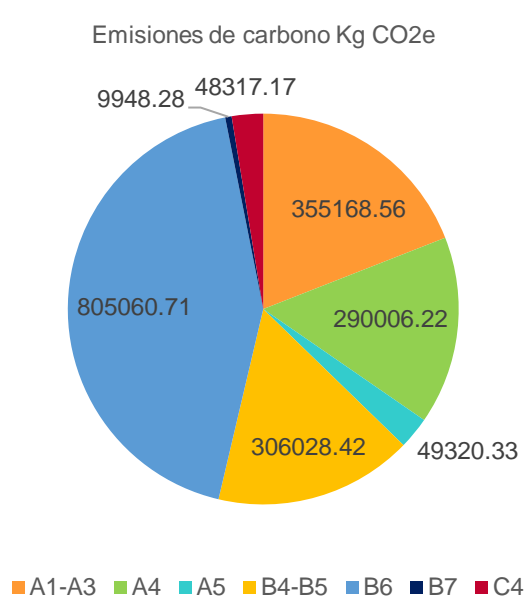
Gráfico 10 Representación de grupos de elementos por cada herramienta (cantidad de elementos)

Como se puede observar, existe una diferencia ente los resultados, si se considera OneClick LCA como referencia, se tiene que Rukaru presenta una huella inferior en un 34%, mientras que Abaco presenta una huella que es un 77% inferior a la identificada en OneClick LCA. Además, se observa que Rukaru tiene una mayor representatividad en Obra Gruesa, debido principalmente a la consideración de algunas partidas extra (como por ejemplo el ripio) en su cálculo.

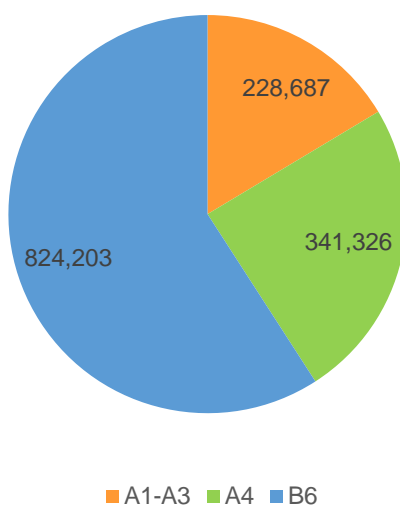
Por otro lado, One Click LCA tiene una componente de mayor detalle en la sección de terminaciones, mostrando una mayor intensidad en este punto. En paralelo, en la herramienta ABACO CHILE se identifica que esta puede avanzar en más información en relación a las instalaciones (sanitarias, climatización y electricidad). Esta sección de instalaciones sí es considerada tanto en One Click LCA como Rukaru.

Es importante mencionar que la comparación de representatividad del ACV de las herramientas de cuantificación varía si se toma como base de comparación la cantidad de elementos del itemizado de obras incorporados en la evaluación o los costos de los materiales incorporados en el ACV respecto al valor total de construcción. Si se analiza en consideración que la cantidad de cierto material determina junto al potencial de calentamiento global un mayor o menor impacto y que, por otro lado, materiales costosos, que pudiesen aportar a la representatividad con base económica del ACV de un edificio, no tendrán necesariamente un alto impacto, pareciera ser más adecuada una evaluación de representatividad del ACV con respecto a la cantidad o volumen de materiales o elementos incorporados.

8.2 Comparación de resultados totales:



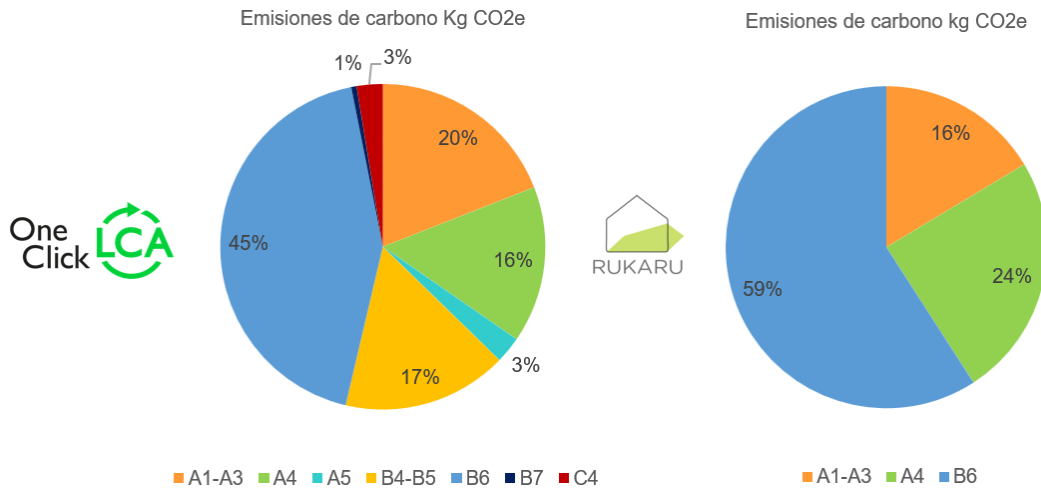
Emisiones de carbono Kg CO2e



A1-A3: Materiales / Producto
 A4: Transporte
 A5: Sitio de construcción

B4-B5: Reemplazo / rehabilitación
 B6: Consumo de energía
 B7: Consumo de agua

C4: Disposición final/eliminación de residuos



A1-A3: Materiales / Producto
 A4: Transporte
 A5: Sitio de construcción

B4-B5: Reemplazo / rehabilitación
 B6: Consumo de energía
 B7: Consumo de agua

C4: Disposición final/eliminación de residuos

Por último, es importante mencionar que en la calculadora One Click LCA y en conjunto con las bases de datos utilizadas, se han presentado aportes para reducir impactos en el ciclo de vida de la edificación. Estos beneficios se calculan por módulo de la siguiente manera:

Módulo	Beneficio	Ton CO ₂ e	En cálculo total
A1_A3	Carbono biogénico	-36,873	Incorporado como valor negativo
A5	Reutilización de materiales	-3,194	Incorporado como valor negativo
B4	Reutilización de materiales	-13,47	Incorporado como valor negativo
C4	Carbono biogénico	+36,873	Incorporado como valor positivo
D	Reutilización y reciclaje de materiales	-70,103	No incorporado en el cálculo

9 Apéndices

9.1 Apéndice 1

Tabla 15 Vida útil por elementos. Servicio de Impuestos Internos (SII 2021)

VIDA ÚTIL ESTIMADA	Años de Vida Útil	
	Normal	Acelerada
Edificaciones		
Oficinas y casa Habitación	80	26
Construcciones de hormigón armado	60	20
Estructura metálica	25	8
Redes de agua potable		
Cañerías PVC	30	10
Válvulas	40	13
Cámara Cemento D.O.S	50	16
Grifos	30	10
Redes de alcantarillado		
Fierro galvanizado	20	6
Acero	15	5
PVC	20	6
Hormigón armado	30	10
Cemento comprimido	20	6
Cámaras de concreto	50	16
Instalaciones de infraestructura		
Instalaciones generales	10	3
Redes telefónicas telecomunicaciones, plantas eléctricas	10	3
Muebles y enseres		
De oficina	10	3
De casino	10	3

Tabla 16 Vida útil referencial para componentes del edificio. RICS Professional Statement

Parte del edificio	Componentes/elementos del edificio	Promedio de vida
Techumbre	Cubiertas de techo	30 años
Super estructura	Tabiques internos y revestimientos secos	30 años
Terminaciones	Terminaciones de muro: Pinturas	10 a 30 años
	Terminaciones de piso: Piso técnico elevado y capas de terminación	30/10 años respectivamente
	Terminaciones de cielo: Substratos y pinturas	20/10 años respectivamente
Mobiliario	Mobiliario suelto y accesorios	10 años
Servicios e instalaciones	Fuentes de calor, calderas y calentadores	20 años
	Calentadores de espacios y tratamiento de aire	20 años
	Ductos	20 años

	Instalaciones eléctricas	30 años
	Iluminación	15 años
	Instalaciones de controles y comunicaciones	15 años
	Instalaciones de agua	25 años
	Artículos sanitarios	20 años
	Instalaciones elevadoras y transportadoras	20 años
Fachada	Revestimiento de fachada modular opaco: ej. Paneles de madera, pantallas de lluvia	30 años
	Revestimiento acristalado/muro cortina	35 años
	Ventanas y puertas exteriores	30 años

Tabla 17 Desglose de materiales, elementos y sistemas de edificio piloto. Propuesta de años de vida útil por elemento constructivo elaborado en base a RICS y SIA 2032:2020. Elaboración propia.

Grupo	Sub grupo	Detalle de materiales	Años de vida útil
Sub estructura	Corresponde al grupo desde las fundaciones en subterráneos	1.	+60
		2.	—
		n.	—
Super estructura	Corresponde a los elementos estructurales como vigas, muros y pilares superior a los subterráneos	1.	+60
		2.	
		n.	
Fachadas	Elementos exteriores de la estructura y cierre de paños entre elementos estructurales exteriores	Estructura fachada	60
		Terminación fachada	30
Instalaciones y artefactos	Iluminación, calefacción/refrigeración y ventilación, artefactos	Sistema calefacción y ACS	20
		luminarias	15
		artefactos	10
Terminaciones	Interiores	Pinturas	15
		Puertas, ventanas	30
Artefactos	Equipos instalados de cocina, baño, sanitarios. Adicionalmente se pueden estimar los implementos no instalados fijos como camas, mesas, etc	cañerías	25
		Artefactos sanitarios	20
		mobiliario	10
Obras exteriores	Obras como pavimentos, paisajismo	pavimentos	30

1. Bibliografía

- C. Muñoz, M. Vega, A. Rocha, G. Cereceda, A. Molina and P. González. «Eco-efficiency tool for the decrease of the environmental load in the life cycle of buildings ABACOChile".» Santiago de Chile, 2020.
- Carbon Leadership Forum. «Life Cycle Assessment of Buildings : Technical Guidance.» 2018.
- Dalla Valle, A. «LCA Tools and BIM-Based LCA Methods to Support Decision-Making Process.» En *Change Management Towards Life Cycle AE(C) Practice*, de A. Dalla Valle. 2021.
- ENCORD. «Construction CO2e Measurement Protocol.» 2012.
- GHG Protocol. «Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard.» 2011.
- GHG Protocol. «Estandar Corporativo De Contabilidad Y Reporte.» 2019.
- GHG Protocol. «Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.» 2011.
- GHG Protocol. «Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.» 2011.
- GHG Protocol. «Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria.» 2012.
- International Living Future Institute. <https://living-future.org/zero-energy/certification/>. s.f.
- International Living Future Institute. Living Building Challenge 4.0, A Visionary Path to a Regenerative Future. «livingbuildingchallenge.org.» June de 2019.
- ISO. *ISO 14067:2018(en)*. s.f. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:en> (último acceso: 20 de agosto de 2021).
- ISO. «ISO/TS 14067 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication.» 2013.
- London Energy Transformation Initiative LETI. «LETI Climate Emergency Design Guide.» 2020.
- Minergie AG. *minergie.ch*. 2020. <https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-a/>.
- . *minergie.ch*. 2020. <https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/minergie-a/> (último acceso: 2021).
- RICS. «Whole life carbon assessment for the built environment: RICS professional statement, UK.» 2017.
- U.S. Green Building Council. «Leed Zero Program Guide.» Abril de 2020. <https://www.usgbc.org/resources/leed-zero-program-guide>.
- Wang, Shanshan, Weifeng Wang, y Hongqiang Yang. «Comparison of product carbon footprint protocols: Case study on medium-density fiberboard in China.» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018: 1-15.
- Wu, Peng, Bo Xia, y Xiangyu Wang. «The contribution of ISO 14067 to the evolution of global greenhouse gas standards - A review.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015: 142-150.