Manual para el Software Eficiencia Energética y Costos Sociales en Proyectos de Edificación (ECSE)

Introducción

Este software tiene como objetivo evaluar la rentabilidad social de diversas medidas de eficiencia energética (EE), ya que estudios anteriores (por ejemplo Corfo Innova) han tenido resultados negativos como positivos en la aplicación de diversas técnicas para lograr la EE.

Este software se desarrolló a partir de simulación paramétrica, que consideró la evaluación de indicadores de rentabilidad social de intervenciones en EE en edificios tipo ubicados en las nueve zonas climáticas del territorio nacional. La metodología utilizada es la de análisis de ciclo vida y el edificio tipo utilizado sirve para definir tanto el edificio base como el edificio optimizado que utiliza de referencia el software para establecer los impactos y beneficios marginales de las intervenciones.

El **edificio base** en cada una de las nueve zonas climáticas que considera los Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambienta (TDRe) de la Dirección de Arquitectura (DA) del MOP resulta al considerar sólo con los estándares que especifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. En todas las zonas se conserva la construcción básica en hormigón, no se consideran sistemas de protección térmica en la envolvente, la superficie acristalada considera solo vidrio simple, no se incluyen elementos de sombra o protección solar y el acondicionamiento térmico es provisto en las distintas zona del territorio nacional por sistemas todo frío, todo calor y frío calor según las demandas principales de cada zona. El sistema todo calor, que se utiliza en zonas de las regiones centro sur consiste en una instalación convencional formada por una central térmica en base a una caldera de petróleo, redes de distribución y radiadores de agua caliente. El sistema todo frío consiste en un sistema formado por una unidad generadora de agua helada (chiller) bomba de calor con COP 2,0, manejadoras de aire, serpentines agua aire, redes de distribución de agua fría y sistemas de control en base a termostatos. El sistema frío-calor considera la existencia de ambas instalaciones. Sistema de iluminación en base a luminarias tipo T8.

El **edificio optimizado** en cada una de las nueve regiones, corresponde a una edificación que tiene la misma situación de emplazamiento, orientación y tamaño que la edificación base, pero que incorpora estrategia de EE resultado de mejoras incorporadas al diseño pasivo y activo, de modo de cumplir con los estándares energéticos y ambientales definidos en los TDRe en cada una de las zonas. El acondicionamiento térmico es provisto por una instalación de alta eficiencia energética; por una central térmica en base a un sistema VRV (Variable Refrigerant Volume) bomba de calor con recuperación de calor. El sistema de iluminación es en base a luminarias del tipo LED.
Se consideró además, para definir el tipo de instalación que sirve de referencia en cada zona para calcular consumos y costos, que cuando la demanda de frío o calor supera el 90% de la total, se considera un tipo de instalación único sólo frío o sólo calor. Se analizaron además dos variantes al caso de estudio, la primera cambiando la orientación en 180°, y la segunda reduciendo en un 30% el área de acristalamiento de paramentos verticales de envolvente exterior.

El **edificio mejorado**, permite al usuario elegir qué medidas de los TDRe aplicar para conseguir la EE requerida.
Las estrategias consideradas son las identificadas y clasificadas como muestra la siguiente Tabla :

Estrategia	Tipo	Medida
Pasiva	Térmica	Aislación térmica muro de fachadas
		Aislación térmica de complejo de techumbre
		Aislación térmica de piso
		Aislación térmica de ventanas
		Hermeticidad al aire
	Solar	Celosías exteriores
		Aleros
		Vidrio traslucido
		Ventilación
Activa	Instalación	Calefacción
		Refrigeración
		Calefacción - Refrigeración

Criterios para el Ingreso de Inercia Térmica e Intensidad de Uso

La Inercia térmica es una propiedad que se refiere a la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo absorbe o cede. Por lo tanto, depende de la masa térmica así como del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de ellos.

Para fines del software se de entender lo siguiente:

Inercia edificio Alta: cuando lo que se proyectará será predominantemente con cerramientos de hormigón, con techumbres de hormigón y particiones cerámicas.

Inercia edificio Media: cuando se trata de cerramientos de ladrillo, techumbres metálicas y particiones interiores que incorporan cartón-yeso.

Inercia edificio Baja: techumbre de metálica, fachadas de madera y particiones interiores que incorporan cartón-yeso.

En lo que se refiere a la intensidad de uso, lo cual es importante para estimar la carga térmica del edificio, se debe utilizar el siguiente criterio:

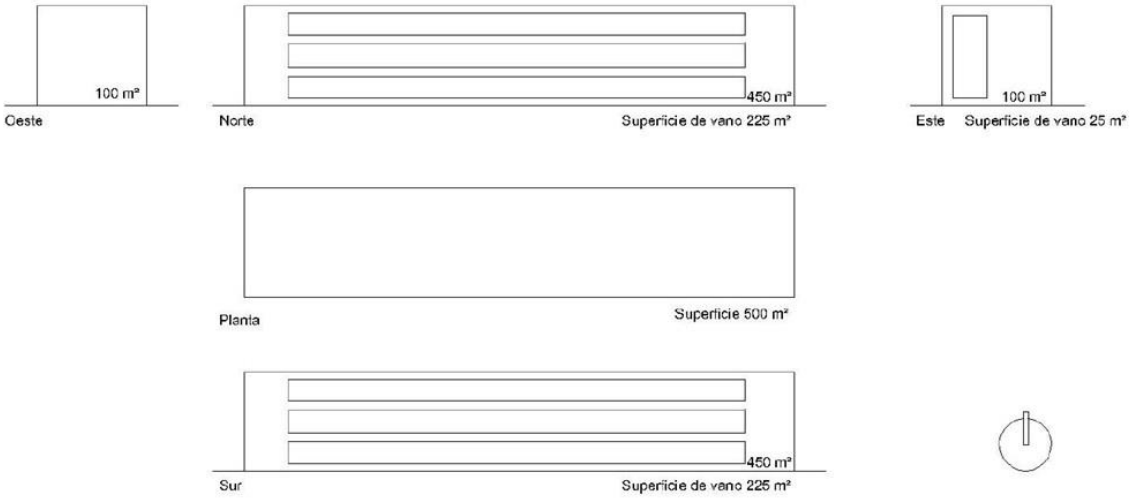
Intensidad Baja: densidad de ocupación menor a 0,10 personas/m²

Intensidad Media: densidad de ocupación entre 0,10 y 0,30 personas /m²

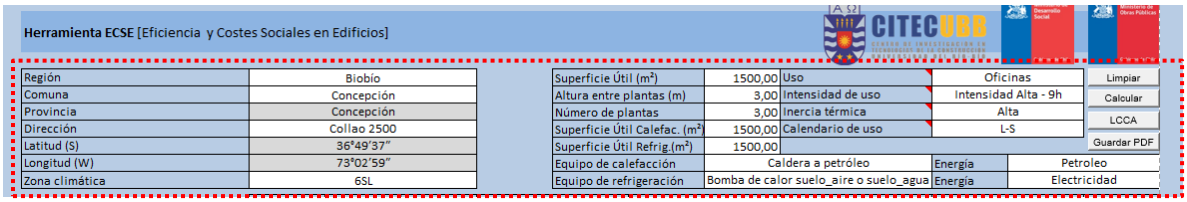
Intensidad Alta: densidad de ocupación superior a 0,30 personas /m²

Uso del Software

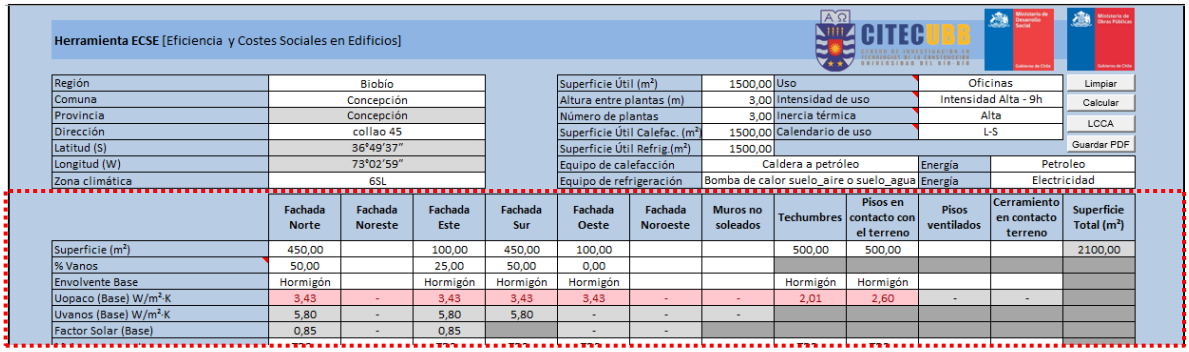
Consideremos el siguiente ejemplo, que es información básica que debiera tener un perfil:



Paso 1: En la parte superior se introducen los datos iniciales, como se observa se ha considerado 3 metros para la altura entre plantas. Cada planta tiene una superficie de 500 m², por lo que la superficie útil es de 3x500= 1.500:



Paso 2: Al introducir todos los datos del paso 1 se desbloquearán las celdas que posibilitan la entrada de datos para la envolvente, tanto base como mejorada. Para la situación base, se llenan las superficies de las fachadas, según su orientación y los campos de Pisos Ventilados, Pisos en Contacto con el terreno y Cerramiento en contacto terreno según se indica en el anexo:

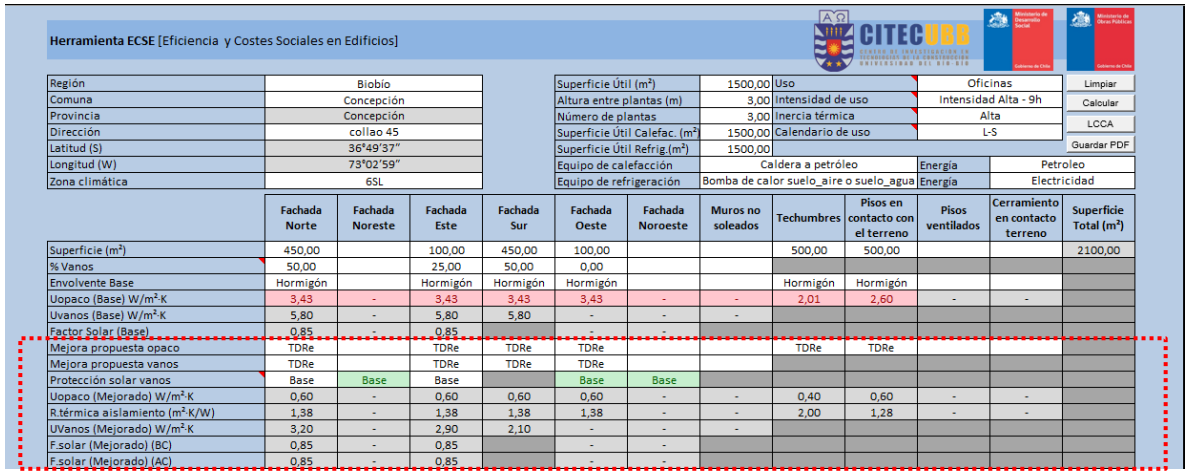


Herramienta ECSE [Eficiencia y Costes Sociales en Edificios]

Región	Biobío	Superficie Útil (m²)	1500,00	Uso	Oficinas	Limpiar
Comuna	Concepción	Altura entre plantas (m)	3,00	Intensidad de uso	Intensidad Alta - 9h	Calcular
Provincia	Concepción	Número de plantas	3,00	Inercia térmica	Alta	LCCA
Dirección	collao 45	Superficie Útil Calefac. (m²)	1500,00	Calendario de uso	L-S	Guardar PDF
Latitud (S)	36°49'37"	Superficie Útil Refrig.(m²)	1500,00			
Longitud (W)	73°02'59"	Equipo de calefacción	Caldera a petróleo	Energía	Petroleo
Zona climática	6SL	Equipo de refrigeración	Bomba de calor suelo_aire o suelo_agua	Energía	Electricidad

	Fachada Norte	Fachada Noreste	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Oeste	Fachada Noroeste	Muros no soleados	Techumbres	Pisos en contacto con el terreno	Pisos ventilados	Cerramiento en contacto terreno	Superficie Total (m²)
Superficie (m²)	450,00		100,00	450,00	100,00			500,00	500,00			2100,00
% Vanos	50,00		25,00	50,00	0,00							
Envolvente Base	Hormigón		Hormigón	Hormigón	Hormigón			Hormigón	Hormigón			
Uopaco (Base) W/m²·K	3,43	-	3,43	3,43	3,43	-	-	2,01	2,60	-	-	
Uvanos (Base) W/m²·K	5,80	-	5,80	5,80	-	-	-					
Factor Solar (Base)	0,85	-	0,85		-	-						

Paso 3: Selección de Medidas para el Aumento de Eficiencia Energética (Edificio Mejorado), según los TDRe (notar como cambia la transmitancia térmica, por ejemplo), si la protección solar vanos tiene color verde no es necesario un mejoramiento:

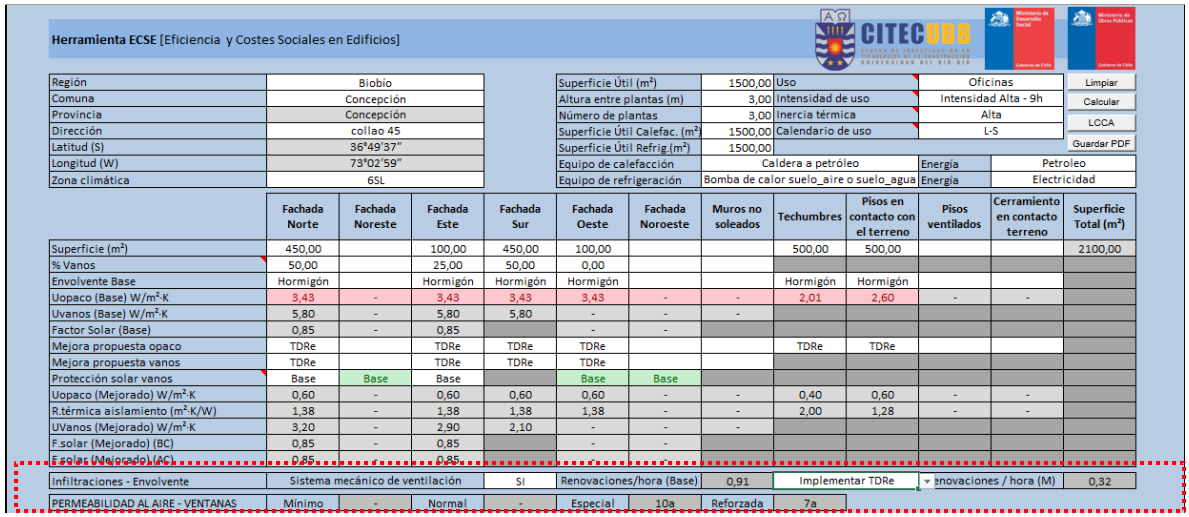


Herramienta ECSE [Eficiencia y Costes Sociales en Edificios]

Región	Biobío	Superficie Útil (m²)	1500,00	Uso	Oficinas	Limpiar
Comuna	Concepción	Altura entre plantas (m)	3,00	Intensidad de uso	Intensidad Alta - 9h	Calcular
Provincia	Concepción	Número de plantas	3,00	Inercia térmica	Alta	LCCA
Dirección	collao 45	Superficie Útil Calefac. (m²)	1500,00	Calendario de uso	L-S	Guardar PDF
Latitud (S)	36°49'37"	Superficie Útil Refrig.(m²)	1500,00			
Longitud (W)	73°02'59"	Equipo de calefacción	Caldera a petróleo	Energía	Petroleo
Zona climática	6SL	Equipo de refrigeración	Bomba de calor suelo_aire o suelo_agua	Energía	Electricidad

	Fachada Norte	Fachada Noreste	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Oeste	Fachada Noroeste	Muros no soleados	Techumbres	Pisos en contacto con el terreno	Pisos ventilados	Cerramiento en contacto terreno	Superficie Total (m²)
Superficie (m²)	450,00		100,00	450,00	100,00			500,00	500,00			2100,00
% Vanos	50,00		25,00	50,00	0,00							
Envolvente Base	Hormigón		Hormigón	Hormigón	Hormigón			Hormigón	Hormigón			
Uopaco (Base) W/m²·K	3,43	-	3,43	3,43	3,43	-	-	2,01	2,60	-	-	
Uvanos (Base) W/m²·K	5,80	-	5,80	5,80	-	-	-					
Factor Solar (Base)	0,85	-	0,85		-	-						
Mejora propuesta opaco	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe			TDRe	TDRe			
Mejora propuesta vanos	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe							
Protección solar vanos	Base	Base	Base		Base	Base						
Uopaco (Mejorado) W/m²·K	0,60	-	0,60	0,60	0,60	-	-	0,40	0,60	-	-	
R.térmica aislamiento (m²·K/W)	1,38	-	1,38	1,38	1,38	-	-	2,00	1,28	-	-	
UVanos (Mejorado) W/m²·K	3,20	-	2,90	2,10	-	-	-					
F.solar (Mejorado) (BC)	0,85	-	0,85		-	-						
F.solar (Mejorado) (AC)	0,85	-	0,85		-	-						

Paso 4: Selección del Sistema de Ventilación:



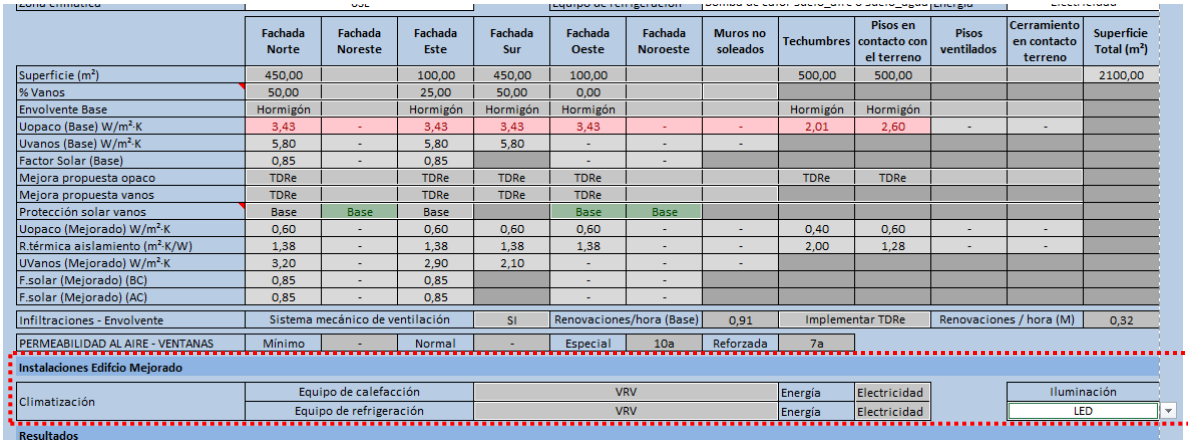
Herramienta ECSE [Eficiencia y Costes Sociales en Edificios]

Región	Biobío	Superficie Útil (m²)	1500,00	Uso	Oficinas	Limpiar
Comuna	Concepción	Altura entre plantas (m)	3,00	Intensidad de uso	Intensidad Alta - 9h	Calcular
Provincia	Concepción	Número de plantas	3,00	Inercia térmica	Alta	LCCA
Dirección	collao 45	Superficie Útil Calefac. (m²)	1500,00	Calendario de uso	L-S	Guardar PDF
Latitud (S)	36°49'37"	Superficie Útil Refrig.(m²)	1500,00			
Longitud (W)	73°02'59"	Equipo de calefacción	Caldera a petróleo	Energía	Petroleo
Zona climática	6SL	Equipo de refrigeración	Bomba de calor suelo_aire o suelo_agua	Energía	Electricidad

	Fachada Norte	Fachada Noreste	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Oeste	Fachada Noroeste	Muros no soleados	Techumbres	Pisos en contacto con el terreno	Pisos ventilados	Cerramiento en contacto terreno	Superficie Total (m²)
Superficie (m²)	450,00		100,00	450,00	100,00			500,00	500,00			2100,00
% Vanos	50,00		25,00	50,00	0,00							
Envolvente Base	Hormigón		Hormigón	Hormigón	Hormigón			Hormigón	Hormigón			
Uopaco (Base) W/m²·K	3,43	-	3,43	3,43	3,43	-	-	2,01	2,60	-	-	
Uvanos (Base) W/m²·K	5,80	-	5,80	5,80	-	-	-					
Factor Solar (Base)	0,85	-	0,85		-	-						
Mejora propuesta opaco	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe			TDRe	TDRe			
Mejora propuesta vanos	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe							
Protección solar vanos	Base	Base	Base		Base	Base						
Uopaco (Mejorado) W/m²·K	0,60	-	0,60	0,60	0,60	-	-	0,40	0,60	-	-	
R.térmica aislamiento (m²·K/W)	1,38	-	1,38	1,38	1,38	-	-	2,00	1,28	-	-	
UVanos (Mejorado) W/m²·K	3,20	-	2,90	2,10	-	-	-					
F.solar (Mejorado) (BC)	0,85	-	0,85		-	-						
F.solar (Mejorado) (AC)	0,85	-	0,85		-	-						

Infiltraciones - Envolvente	Sistema mecánico de ventilación		SI	Renovaciones/hora (Base)	0,91	Implementar TDRe		enovaciones / hora (M)	0,32
PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	Mínimo	-	Normal	-	Especial	10a	Reforzada	7a		

Paso 5: Selección de instalaciones de climatización e iluminación del edificio mejorado:



	Fachada Norte	Fachada Noreste	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Oeste	Fachada Noroeste	Muros no soleados	Techumbres	Pisos en contacto con el terreno	Pisos ventilados	Cerramiento en contacto terreno	Superficie Total (m²)
Superficie (m²)	450,00		100,00	450,00	100,00			500,00	500,00			2100,00
% Vanos	50,00		25,00	50,00	0,00							
Envolvente Base	Hormigón		Hormigón	Hormigón	Hormigón			Hormigón	Hormigón			
Uopaco (Base) W/m²·K	3,43	-	3,43	3,43	3,43	-	-	2,01	2,60	-	-	
Uvanos (Base) W/m²·K	5,80	-	5,80	5,80	-	-	-					
Factor Solar (Base)	0,85	-	0,85		-	-						
Mejora propuesta opaco	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe			TDRe	TDRe			
Mejora propuesta vanos	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe							
Protección solar vanos	Base	Base	Base		Base	Base						
Uopaco (Mejorado) W/m²·K	0,60	-	0,60	0,60	0,60	-	-	0,40	0,60	-	-	
R.térmica aislamiento (m²·K/W)	1,38	-	1,38	1,38	1,38	-	-	2,00	1,28	-	-	
UVanos (Mejorado) W/m²·K	3,20	-	2,90	2,10	-	-	-					
F.solar (Mejorado) (BC)	0,85	-	0,85		-	-						
F.solar (Mejorado) (AC)	0,85	-	0,85		-	-						
Infiltraciones - Envolvente	Sistema mecánico de ventilación			SI	Renovaciones/hora (Base)		0,91	Implementar TDRe		Renovaciones / hora (M)		0,32
PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	Mínimo	-	Normal	-	Especial	10a	Reforzada	7a				

Instalaciones Edifcio Mejorado

Climatización	Equipo de calefacción	VRV	Energía	Electricidad	Iluminación
	Equipo de refrigeración	VRV	Energía	Electricidad	LED

Resultados

Paso 6: Calcular

Una vez cumplimentados todos los datos anteriores se irá a la parte superior derecha de la herramienta y se pulsará el botón "**Calcular**", con el cual se obtendrán los resultados. Los datos obtenidos guardan relación con los siguientes escenarios:

Edificio Base: edificación que cumple sólo con los estándares que especifica la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.

Edificio Mejorado: Edificación que tiene la misma situación de emplazamiento, orientación y tamaño que la edificación base, pero que incorpora las medidas de mejoras de EE de diseño pasivo que el postulante ha encontrado oportuno incorporar en su postulado, de modo que cumple con algunos de los estándares energéticos de los TDRe de la DA-MOP según zona geográfica del país y tipología del edificio.

Edificio Optimizado: Edificación que tiene la misma situación de emplazamiento, orientación y tamaño que la edificación base, pero que incorpora los estándares energéticos de EE de diseño pasivo y activo de los TDRe de la DA-MOP, según zona geográfica del país y tipología del edificio.

Se obtienen los siguientes **Resultados**:

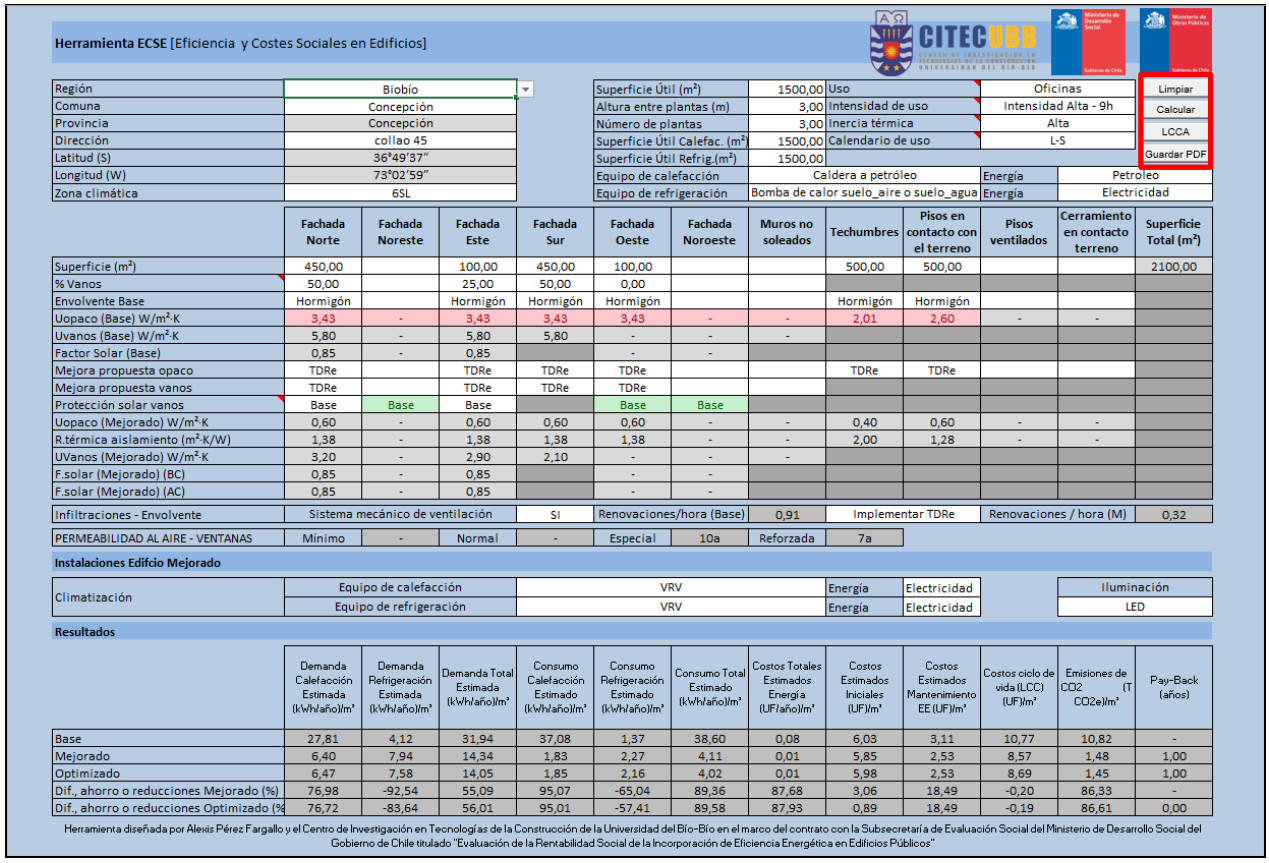
Resultados

	Demanda Calefacción Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Refrigeración Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Total Estimada (kWh/año)/m²	Consumo Calefacción Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Refrigeración Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Total Estimado (kWh/año)/m²	Costos Totales Estimados Energía (UF/año)/m²	Costos Estimados Iniciales (UF)/m²	Costos Estimados Mantenimiento EE (UF)/m²	Costos ciclo de vida (LCC) (UF)/m²	Emisiones de CO2 (T CO2e)/m²	Pay-Back (años)
Base	27,81	4,12	31,94	37,08	1,37	38,60	0,08	6,03	3,11	10,77	10,82	-
Mejorado	6,40	7,94	14,34	1,83	2,27	4,11	0,01	5,85	2,53	8,57	1,48	1,00
Optimizado	6,47	7,58	14,05	1,85	2,16	4,02	0,01	5,98	2,53	8,69	1,45	1,00
Dif., ahorro o reducciones Mejorado (%)	76,98	-92,54	55,09	95,07	-65,04	89,36	87,68	3,06	18,49	-0,20	86,33	-
Dif., ahorro o reducciones Optimizado (%)	76,72	-83,64	56,01	95,01	-57,41	89,58	87,93	0,89	18,49	-0,19	86,61	0,00

Herramienta diseñada por Alexis Pérez Fargallo y el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío en el marco del contrato con la Subsecretaría de Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo Social del Gobierno de Chile titulado "Evaluación de la Rentabilidad Social de la Incorporación de Eficiencia Energética en Edificios Públicos"

Cálculo de Indicador Requerido para el Sistema Nacional de Inversiones (SNI)

Para calcular el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Actual de los Costos (VAC), se debe apretar el botón **LCCA** y además considerar los **Resultados**:



Herramienta ECSE [Eficiencia y Costes Sociales en Edificios]

Región	Biobío	Superficie Útil (m²)	1500,00	Uso	Oficinas	Limpiar	
Comuna	Concepción	Altura entre plantas (m)	3,00	Intensidad de uso	Intensidad Alta - 9h	Calcular	
Provincia	Concepción	Número de plantas	3,00	Inercia térmica	Alta	LCCA	
Dirección	collao 45	Superficie Útil Calefac. (m²)	1500,00	Calendario de uso	L-S	Guardar PDF	
Latitud (S)	36°49'37"	Superficie Útil Refrig.(m²)	1500,00				
Longitud (W)	73°02'59"	Equipo de calefacción	Caldera a petróleo	Energía	Petroleo		
Zona climática	6SL	Equipo de refrigeración	Bomba de calor suelo_aire o suelo_agua	Energía	Electricidad		

	Fachada Norte	Fachada Noreste	Fachada Este	Fachada Sur	Fachada Oeste	Fachada Noroeste	Muros no soleados	Techumbres	Pisos en contacto con el terreno	Pisos ventilados	Cerramiento en contacto terreno	Superficie Total (m²)
Superficie (m²)	450,00		100,00	450,00	100,00			500,00	500,00			2100,00
% Vanos	50,00		25,00	50,00	0,00							
Envolvente Base	Hormigón		Hormigón	Hormigón	Hormigón			Hormigón	Hormigón			
Uopaco (Base) W/m²·K	3,43	-	3,43	3,43	3,43	-	-	2,01	2,60	-	-	
Uvanos (Base) W/m²·K	5,80	-	5,80	5,80	-	-	-					
Factor Solar (Base)	0,85	-	0,85		-	-						
Mejora propuesta opaco	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe			TDRe	TDRe			
Mejora propuesta vanos	TDRe		TDRe	TDRe	TDRe							
Protección solar vanos	Base	Base	Base		Base	Base						
Uopaco (Mejorado) W/m²·K	0,60	-	0,60	0,60	0,60	-	-	0,40	0,60	-	-	
R.térmica aislamiento (m²·K/W)	1,38	-	1,38	1,38	1,38	-	-	2,00	1,28	-	-	
UVanos (Mejorado) W/m²·K	3,20	-	2,90	2,10	-	-	-					
F.solar (Mejorado) (BC)	0,85	-	0,85		-	-						
F.solar (Mejorado) (AC)	0,85	-	0,85		-	-						

Infiltraciones - Envolvente	Sistema mecánico de ventilación			SI	Renovaciones/hora (Base)		0,91	Implementar TDRe		Renovaciones / hora (M)		0,32
PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	Mínimo	-	Normal	-	Especial	10a	Reforzada	7a				

Instalaciones Edifcio Mejorado

Climatización	Equipo de calefacción	VRV	Energía	Electricidad	Iluminación	
	Equipo de refrigeración	VRV	Energía	Electricidad	LED	

Resultados

	Demanda Calefacción Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Refrigeración Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Total Estimada (kWh/año)/m²	Consumo Calefacción Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Refrigeración Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Total Estimado (kWh/año)/m²	Costos Totales Estimados Energía (UF/año)/m²	Costos Estimados Iniciales (UF)/m²	Costos Estimados Mantenimiento EE (UF)/m²	Costos ciclo de vida (LCC) (UF)/m²	Emisiones de CO2 (T CO2e)/m²	Pay-Back (años)
Base	27,81	4,12	31,94	37,08	1,37	38,60	0,08	6,03	3,11	10,77	10,82	-
Mejorado	6,40	7,94	14,34	1,83	2,27	4,11	0,01	5,85	2,53	8,57	1,48	1,00
Optimizado	6,47	7,58	14,05	1,85	2,16	4,02	0,01	5,98	2,53	8,69	1,45	1,00
Dif., ahorro o reducciones Mejorado (%)	76,98	-92,54	55,09	95,07	-65,04	89,36	87,68	3,06	18,49	-0,20	86,33	-
Dif., ahorro o reducciones Optimizado (%	76,72	-83,64	56,01	95,01	-57,41	89,58	87,93	0,89	18,49	-0,19	86,61	0,00

Herramienta diseñada por Alexis Pérez Fargallo y el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío en el marco del contrato con la Subsecretaría de Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo Social del Gobierno de Chile titulado "Evaluación de la Rentabilidad Social de la Incorporación de Eficiencia Energética en Edificios Públicos"

Herramienta ECSE [Eficiencia y Costes Sociales en Edificios]

						CANTIDAD (m²)	BASE			MEJORADO			OPTIMIZADO		
Tasa descuento			6%												
Periodo estudio			20												
	ELEMENTOS		INICIAL	MEJORADO	OPTIMIZADO		Costo UF/m²	Costo estimado	Valor presente	Costo UF/m²	Costo estimado	Valor presente	Costo UF/m²	Costo estimado	Valor presente
Inversión inicial	INVERSIÓN INICIAL														
	Cerramientos	FachadaNorte	Hormigón	EIFS-5cmsXPS	EIFS-5cmsXPS	225,00	-	-	-	0,82	184,14	184,14	0,82	184,14	184,14
		FachadaNoreste	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00
		FachadaEste	Hormigón	EIFS-5cmsXPS	EIFS-5cmsXPS	75,00	-	-	-	0,82	61,38	61,38	0,82	61,38	61,38
		FachadaSur	Hormigón	EIFS-5cmsXPS	EIFS-5cmsXPS	225,00	-	-	-	0,82	184,14	184,14	0,82	184,14	184,14
		FachadaOeste	Hormigón	EIFS-5cmsXPS	EIFS-5cmsXPS	100,00	-	-	-	0,82	81,84	81,84	0,82	81,84	81,84
		FachadaNoroeste	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00
		Muros no soleados	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00
		Techumbres	Hormigón	EIFS-8cmsXPS	EIFS-8cmsXPS	500,00	-	-	-	0,16	82,45	82,45	0,16	82,45	82,45
		Pisos en contacto con el terreno	Hormigón	EIFS-3cmsXPS	EIFS-3cmsXPS	500,00	-	-	-	0,06	30,94	30,94	0,06	30,94	30,94
		Pisos ventilados	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00
		Cerramiento en contacto terreno	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Vanos	FachadaNorte	PVC y vidrio de 5 mm	PVC y DVH 6/12/6	PVC y DVH 6/12/6	225,00	7,09	1596,28	1596,28	7,96	1791,06	1791,06	7,96	1791,06	1791,06
		FachadaNoreste	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		FachadaEste	PVC y vidrio de 5 mm	PVC y DVH 6/12/6	PVC y DVH 6/12/6	25,00	7,09	177,36	177,36	7,96	199,01	199,01	7,96	199,01	199,01
		FachadaSur	PVC y vidrio de 5 mm	PVC y DVH Low E 6/12/6	PVC y DVH Low E 6/12/6	225,00	7,09	1596,28	1596,28	8,59	1932,61	1932,61	8,59	1932,61	1932,61
		FachadaOeste	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		FachadaNoroeste	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Muros no soleados	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Protecciones solares	FachadaNorte	Base	Base	C.S. vidrio	225,00	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,79	176,63	176,63
		FachadaNoreste	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		FachadaEste	Base	Base	C.S. vidrio	25,00	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,79	19,63	19,63
		FachadaOeste	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		FachadaNoroeste	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Hermeticidad	Hermeticidad	Hormigón -	Hormigón_Optimizado Sellos de carpinterías y felpas	Hormigón_Optimizado Sellos de carpinterías y felpas	475,00	-	-	-	0,05	23,32	23,32	0,05	23,32	23,32
	Instalaciones	Calefacción	Caldera a petróleo	VRV	VRV	1500,00	1,48	2220,00	2220,00	1,34	2002,90	2002,90	1,34	2002,90	2002,90
		Refrigeración	de calor suelo_aire o sue	VRV	VRV	1500,00	2,27	3405,00	3405,00	1,34	2002,90	2002,90	1,34	2002,90	2002,90
		Iluminación	T8	LED	LED	1500,00	0,03	49,84	49,84	0,13	191,57	191,57	0,13	191,57	191,57
	TOTAL COSTOS INICIALES Y COLATERALES								9044,77			8768,25			8964,51
	DIFERENCIA COSTOS (Mejorado-Base)(Optimizado-Base)											-276,52			-80,26
Mantenimiento	MANTENIMIENTO														
	Cerramientos (Muros)					625,00	0,09	116,96	870,06	0,09	175,45	1244,77	0,09	175,45	1244,77
	Instalaciones	Calefacción				1500,00	0,12	177,6	2037,06	0,03	40,06	459,46	0,03	40,06	459,46
		Refrigeración				1500,00	0,07	102,2	1171,65	0,03	40,06	459,46	0,03	40,06	459,46
		Iluminación				1500,00	0,01		579,61	0,13		1633,56	0,13		1633,56
	TOTAL COSTOS REEMPLAZO Y VIDA RESIDUAL								4658,39			3797,25			3797,25
	DIFERENCIA COSTOS (Mejorado-Base)(Optimizado-Base)											-861,13			-861,13
Consumo	Costos Anuales Consumo Energético						UF/m²	UF/año	UF/20años	UF/m²	UF/año	UF/20años	UF/m²	UF/año	UF/20años
	Instalaciones	Calefacción	Petroleo	Electricidad	Electricidad	1500,00	0,08	118,37	2351,60	0,00	6,80	127,52	0,00	6,88	128,98
		Refrigeración	Electricidad	Electricidad	Electricidad	1500,00	0,00	5,12	95,87	0,01	8,44	158,22	0,01	8,05	150,90
		Iluminación	Electricidad	Electricidad	Electricidad	1500,00	0,00	0,54	10,04	0,00	0,03	0,63	0,00	0,03	0,63
	TOTAL COSTOS ANUALES CONSUMO ENERGÉTICO							124,02	2457,51		15,28	286,36		14,97	280,49
	DIFERENCIA COSTOS CONSUMO ENERGÉTICO (Base-Mejorado) (Base-Optimizado)										108,74	2171,15		109,05	2177,02
LCCA	COSTOS DE CICLO DE VIDA (LCCA)								16160,67			12851,87			13042,25
	Diferencia LCCA (Mejorado-Base)(Optimizado-Base)											-3308,80			-3118,42
	Variación LCCA (Mejorado-Base)(Optimizado-Base)											-20,5%			-19,3%
	Payback (Años)											1,00			1,00

Las columnas que importan son Costos ciclo de vida LCC y Emisiones de $C0_2$. LCC significa Life Cycle Cost y es el valor presente de la sumatoria de costos durante un periodo de 20 años en inversión, operación, mantenimiento, reparación y reemplazos necesarios en esos 20 años.

$TC0_2e$ corresponde a toneladas de $C0_2$ equivalente asociadas al consumo de energía destinada a los servicios de calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación durante el ciclo de utilización del edificio.

Entonces interesa calcular la diferencia entre el caso base (que corresponde a un edificio que sólo cumple con la OGUC) y el mejorado u optimizado. En este caso se tomará el mejorado:

Resultados

	Demanda Calefacción Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Refrigeración Estimada (kWh/año)/m²	Demanda Total Estimada (kWh/año)/m²	Consumo Calefacción Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Refrigeración Estimado (kWh/año)/m²	Consumo Total Estimado (kWh/año)/m²	Costos Totales Estimados Energía (UF/año)/m²	Costos Estimados Iniciales (UF)/m²	Costos Estimados Mantenimiento EE (UF)/m²	Costos ciclo de vida (LCC) (UF)/m²	Emisiones de CO2 (T CO2e)/m²	Pay-Back (años)
Base	27,81	4,12	31,94	37,08	1,37	38,60	0,08	6,03	3,11	10,77	10,82	-
Mejorado	6,40	7,94	14,34	1,83	2,27	4,11	0,01	5,85	2,53	8,57	1,48	1,00
Optimizado	6,47	7,58	14,05	1,85	2,16	4,02	0,01	5,98	2,53	8,69	1,45	1,00
Dif., ahorro o reducciones Mejorado (%)	76,98	-92,54	55,09	95,07	-65,04	89,36	87,68	3,06	18,49	-0,20	86,33	-
Dif., ahorro o reducciones Optimizado (%)	76,72	-83,64	56,01	95,01	-57,41	89,58	87,93	0,89	18,49	-0,19	86,61	0,00

Herramienta diseñada por Alexis Pérez Fargallo y el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío en el marco del contrato con la Subsecretaría de Evaluación Social del Ministerio de Desarrollo Social del Gobierno de Chile titulado "Evaluación de la Rentabilidad Social de la Incorporación de Eficiencia Energética en Edificios Públicos"

La diferencia de LCC en UF/m² es de 10,77 – 8,57 = 2,2 UF/m²

La diferencia en emisiones de $TC0_2e$/ m² es de 10,82-1,48= 9,34 $TC0_2e$/ m²

Ya que el edificio tiene una superficie de 1.500 m² útiles el beneficio por ahorro en LCC es de 2,2*1.500= UF 3.300

Para calcular el beneficio por $C0_2$ se multiplica 9,34*1.500= 14.010 Ton $C0_2e$ y luego por su valor social de 0,746 UF/Ton $C0_2$, lo que da un resultado de 14.010 *0,746= UF 10.451,46

Estos valores se suman al VAN o VAC en el periodo 0. **No se deben incluir los costos de inversión y mantenimiento de las medidas de EE**. Las inversiones requeridas, así como sus costos de mantención se pueden consultar en la hoja LCCA.

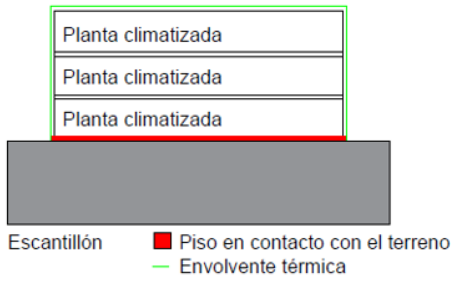
ANEXO

Criterios para el Ingreso de Cerramientos, Pisos en Contacto con el Terreno, Pisos Ventilados

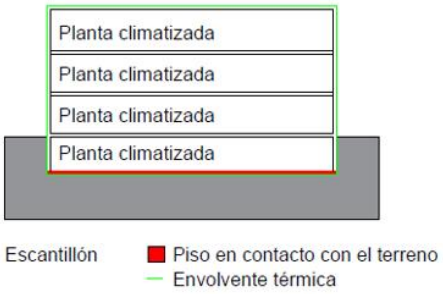
Para llenar correctamente los campos correspondientes a pisos en contacto con el terreno, pisos ventilados y cerramiento en contacto con el terreno se debe considerar la envolvente térmica del edificio.

El criterio está principalmente referido a las áreas climatizadas. Si el edificio no tiene sótano y el primer piso está climatizado, se debe incluir la superficie de planta útil bajo el concepto piso en contacto con el terreno. Si el edificio tiene un sótano climatizado, debe considerarse también la superficie ya mencionada más cerramiento de este. Si el sótano no está climatizado (por ejemplo, estacionamientos) sólo se registra como piso ventilado.

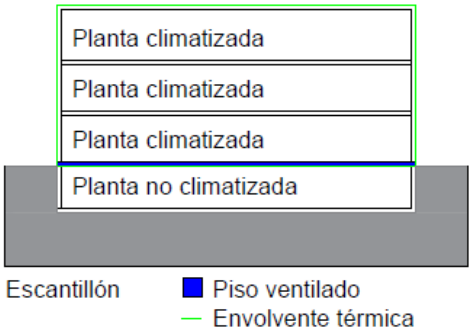
Si una planta está climatizada en este caso está en contacto con el terreno se tiene la siguiente situación:

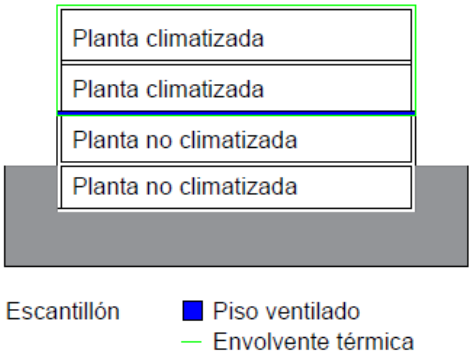


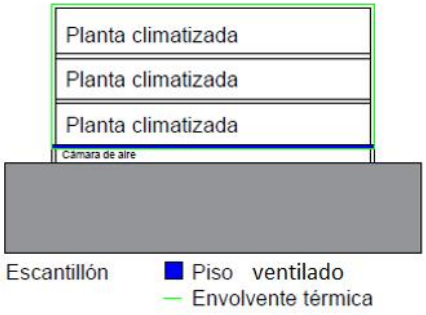
En este caso tenemos el mismo escenario, pero además tenemos un cerramiento en contacto con el terreno (las paredes en contacto con el terreno).



En los siguientes casos sólo hay pisos ventilados:







Glosario

AA (Ahorro de Agua): Todas las medidas e intervenciones pasivas y activas destinadas a recuperar, aprovechar, reutilizar y reducir el consumo de agua en los edificios e incrementar el rendimiento y control de los dispositivos e instalaciones de agua.

Bomba de Calor: Máquina térmica capaz de transferir calor desde una fuente de baja temperatura a otra de temperatura mayor suministrándole un trabajo externo.

COP (Coeficiente de Performance): Eficiencia de la bomba de calor, representa la razón entre el calor suministrado al ambiente a calefaccionar y el trabajo suministrado a la máquina.

CO2e (CO2 equivalente): Medida universal de medición utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global de cada uno de los gases con efecto invernadero.

Calderas de Condensación: Calderas que suministran energía disminuyendo la temperatura de los gases de combustión por debajo del punto de rocío. La condensación del vapor de agua presente en los gases podría aumentar el rendimiento de la caldera por sobre el 100%, referido al poder calorífico inferior.

Demanda energética: La cantidad de energía (en $kW \cdot h/m^2 \cdot$año) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, para compensar el efecto de las cargas térmicas y mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada espacio.

Demanda energética de calefacción: Medida de la eficiencia energética ponderada, en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para calefacción.

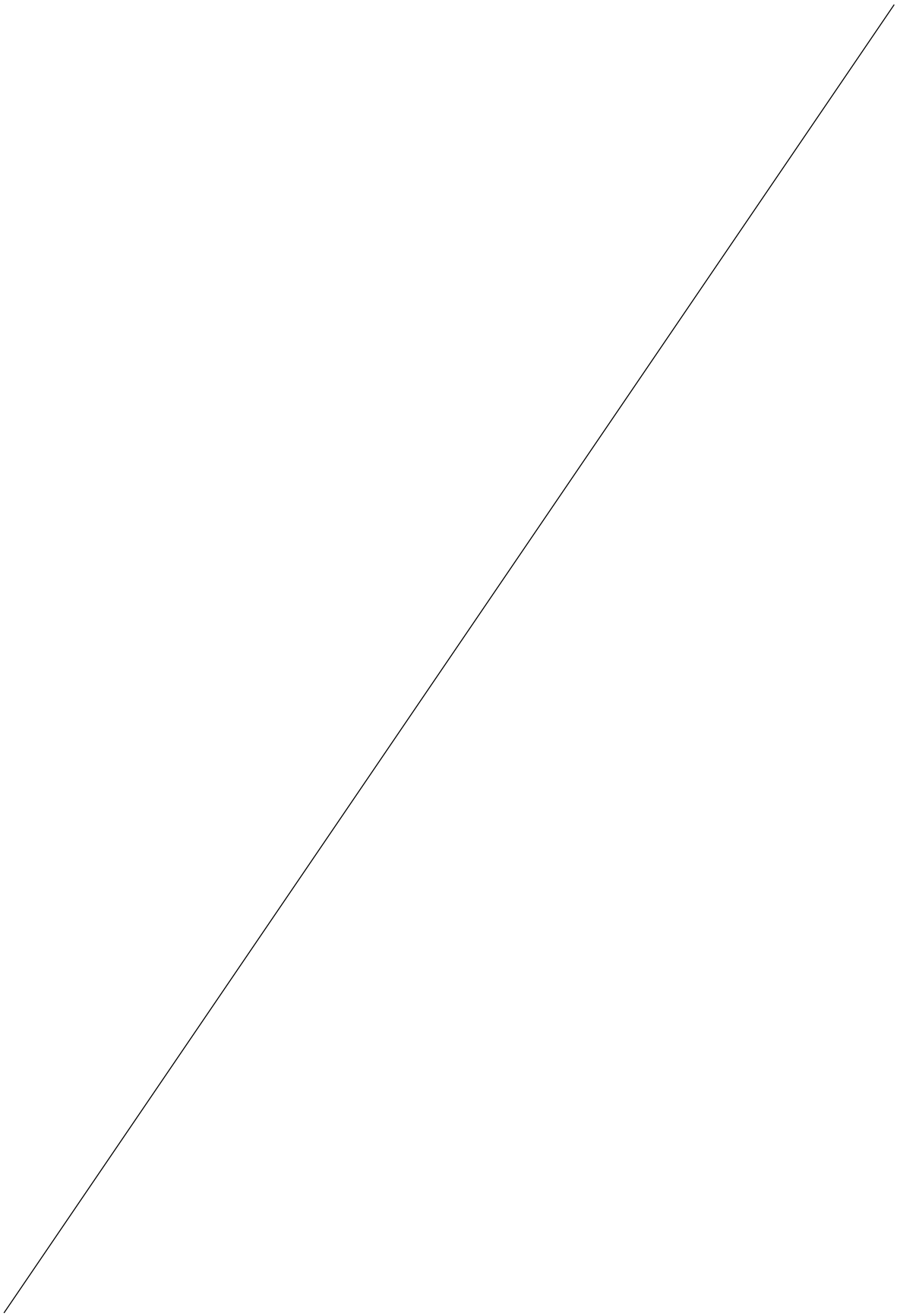
Demanda energética de refrigeración: Medida de la eficiencia energética ponderada en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para refrigeración.

DVH (Doble vidriado hermético): Solución de acristalamiento para ventanas compuesto por una cámara de aire estanca encerrada entre dos cristales.

Edificio pasivo: Edificio que no dispone de un sistema de calefacción y refrigeración, por lo que el control térmico lo realizan los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas.

Envolvente térmica: El conjunto de elementos y componentes constructivos que limitan térmicamente los espacios interiores de las condiciones del ambiente exterior de un edificio, definiendo el grado y forma de interacción entre ellos. Está constituida principalmente por los elementos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

EER (Energy Efficiency Ratio): Eficiencia de las máquinas frigoríficas, representa la razón entre el calor extraído de la fuente fría y el trabajo suministrado a la máquina

EE (Eficiencia Energética): es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.

Hermeticidad: La calidad de estanqueidad de un cerramiento o componente al paso del aire, lograda por medio de su sellado o fusión.