

# EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA, EDIFICIO ELQUI, UNIVERSIDAD DEL ALBA, SEDE LA SERENA

## ENERGETIC SUSTAINABILITY EVALUATION, ELQUI BUILDING, UNIVERSIDAD DEL ALBA, LA SERENA CAMPUS

---

**Ricardo Zamarréño\*<sup>1,2</sup>, Anne Bizien<sup>1</sup>, Daniel Arancibia<sup>1</sup>, José Bolados<sup>1</sup>**

(1) Escuela de Ingeniería, Universidad del Alba, sede La Serena, Av. Cuatro esquinas #060, La Serena-Chile

(2) Programa de Investigadores Asociados, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de La Serena, Colina El Pino s/n, La Serena-Chile

(\*e-mail: rzamarreno@udalba.cl)

*Recibido: 12/08/2023 - Evaluado: 02/09/2023 - Aceptado: 25/09/2023*

---

### RESUMEN

Se presentan los primeros resultados de la evaluación Energética del edificio Elqui, Universidad del Alba, sede La Serena. Edificio de cinco pisos, donde se ubica la biblioteca, oficinas de académicos, sala de profesores y 30 salas de clases, con una capacidad de 50 personas cada una. La metodología consistió en un análisis del consumo energético del edificio, un inventario de los equipos presentes, una encuesta realizada a los funcionarios que desarrollan sus actividades en el edificio, y por último una propuesta para mejorar la eficiencia energética. Con la evaluación y las propuestas entregadas, la Universidad se podría ahorrar anualmente una suma superior a los \$8.410.248 (USD \$8.910,75), implementando sistemas de energía sustentable y cambio de hábitos del personal. Se calcula un VAN (Valor Actual Neto) de \$103.401.863 (USD \$109.555,60), un TIR (Tasa Interna de Retorno) de -0,31% y un PRI (Período de Recuperación de la Inversión) de 7 años 1 mes y 4 días con una tasa del 8%, haciendo que este tipo de proyecto sea muy rentable y sustentable en el tiempo, ya que además se generan beneficios medioambientales y sociales.

### ABSTRACT

The first results of the energetic evaluation of the Elqui building, Universidad del Alba, La Serena campus, are presented. It is a five-floor building, where the library, academic offices, teachers' lounge and 30 classrooms, with a capacity of 50 people each, are located. The methodology consisted of an analysis of the building's energy consumption, an inventory of the equipment present, a survey of the employees who work in the building, and finally a proposal to improve energy efficiency. With the evaluation and the proposals submitted, the University could save more than \$8,410,248 (USD \$8,910.75) annually by implementing sustainable energy systems and changing staff habits. A NPV (Net Present Value) of \$103,401,863 (USD \$109,555.60), an IRR (Internal Rate of Return) of -0.31% and an IRR (Investment Recovery Period) of 7 years 1 month and 4 days with a rate of 8%, making this type of project very profitable and sustainable over time, since it also generates environmental and social benefits.

Palabras Claves: eficiencia energética, sustentabilidad, energías renovables, gestión ambiental

Keywords: energetic efficiency, sustainability, renewable energy, environmental management

## INTRODUCCIÓN

El concepto de eficiencia energética (EE), se asocia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos.

La EE, nos permite reducir el consumo de cualquier tipo de energía y con ello los posibles impactos ambientales asociados. Esto es aplicable desde la generación de dicha energía hasta su consumo final. Con la eficiencia energética se trata por tanto de mantener el mismo rendimiento de una actividad, pero incorporando una serie de modelos de gestión sostenibles, hábitos responsables e inversiones en innovación tecnológica (<https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/cambio-climatico/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/index.cshhtml>).

La Eficiencia Energética es la fuente de energía más importante del futuro. Esta se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir la calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. Constituye un gran sistema que involucra negocio, responsabilidad medio ambiental y sentido de realidad social, donde pueden convivir energías convencionales con las renovables o limpias. Producto de todo lo anterior se genera ahorro de energías. La Eficiencia Energética tiene que ver con la optimización de las energías convencionales, aspecto que requiere algunas veces una reingeniería simple en los procesos donde intervienen dichas energías, sin representar grandes costos, recuperando lo invertido en un corto y mediano plazo (<http://www.anescochile.cl/que-es-eficiencia-energetica/>).

La utilización de la energía influye en todas las actividades antrópicas que favorecen el desarrollo de las actividades industriales y de la vida diaria de la humanidad, lo que ha conducido un progreso económico a los habitantes de nuestro planeta, pero a la vez ha provocado un alto costo ambiental (Spiro & Stigliani, 2004).

El concepto de EE, no solo se aplica a la reducción del consumo de energía a través de buenas prácticas, incluye además el concepto de confort térmico interior y eficiencia energética de las edificaciones, ya que al tener viviendas que puedan conservar el calor en su interior, sobre todo en los meses de invierno, se genera un importante ahorro energético y económico a las familias (Tituana & Guillén, 2024).

La eficiencia de fuentes alternativas de energías sustentables es reconocida en distintos trabajos, por ejemplo; Iturralde *et al.* (2024), pudieron demostrar que, al ocupar espacios sin uso, con paneles solares, podía generar el 107,65% de la demanda de la empresa evaluada.

Rodríguez *et al.* (2024), demostraron que la inversión en instalación y puesta en funcionamiento de un sistema de generación de energía solar a través de paneles, en viviendas de la ciudad de La Habana, se recuperaría en 7 años, siendo más independientes de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

En la actualidad en nuestro país existe una alta demanda de energía, lo que implica la necesidad de optimizar el uso de energía. Desde la visión de la industria esta optimización cumple con dos objetivos, el primero es de reducir el consumo energético para disminuir los costos de operación y la segunda es disminuir la demanda de los recursos naturales (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2015).

Para poder cumplir con estos objetivos se hace necesaria la implementación de la eficiencia energética, que consiste en reducir el uso de energía sin impactar el nivel productivo, ni su calidad o producir más con la misma cantidad de energía. Producto de esto se obtiene lo que se denomina Energía Disponible, para otros procesos industriales (Brown *et al.*, 2024).

La primera etapa en la implementación de un proceso de eficiencia energética es realizar la medición, en el cual se obtienen los primeros datos para proceder con las primeras medidas de la evaluación energética, para ello es

necesario contar con información no sólo a partir del suministro de energía (datos de las facturas), si no también es esencial analizar y caracterizar los sistemas consumidores de energía. Para esto, una opción es revisar los antecedentes con los cuales se dimensionó y construyó la institución, pero esta información suele no estar disponible, por lo que es fundamental realizar un catastro detallado de los diferentes equipos consumidores de energía. Todo equipo suele tener su "placa", en la cual se indica la potencia de éste, el consumo por unidad de tiempo, la marca, las condiciones de operación, entre otros parámetros (Giuliano *et al.*, 2022).

Un elemento importante en la evaluación energética es el uso de los factores, que en algunas publicaciones se denominan indicadores, estos se definen de varias maneras, según si se refiere a ingeniería o química, a la vida o la ciencia. En términos muy sencillos, se podría decir que un indicador es algo que nos da algún indicio. En sentido más sofisticado, un indicador podría ser uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio de la realidad (Castaño *et al.*, 2020).

Es importante considerar los estudios realizados en las distintas áreas, para poder cumplir con las metas de EE y un concepto fundamental, que hasta el momento no se ha mencionado en este documento es la sustentabilidad (Piñeres *et al.*, 2022).

Según García & Gonzalez (2020), el término "desarrollo sustentable" surge con el afán de velar por la preservación del medio ambiente que afecta a todo el planeta, siendo un concepto válido, pero abierto a distintas interpretaciones, que en algunas ocasiones son hasta contradictorias.

El análisis realizado por Acosta & Maldonado (2024), en los planes de estudio del área tecnológica de educación superior en México, pudo reconocer como propias aquellas actividades profesionales que contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, la principal causa del calentamiento global busca su justificación bajo los preceptos del discurso de la sustentabilidad, que busca la prosperidad económica siempre y cuando las actividades encuadren en un punto de equilibrio entre la disminución de estos gases y la conservación de algunos recursos para las generaciones futuras.



Fig. 1: Edificio Elqui, que fue evaluado energéticamente su funcionamiento.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un total de 17 objetivos globales con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años, entre los objetivos podemos mencionar; Fin de la pobreza; Educación de calidad; Energía asequible y no contaminante; Ciudades y comunidades sostenibles, entre otras, (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>).

El principal objetivo de la investigación es; Evaluar y planificar un desarrollo de la eficiencia y sostenibilidad energética, aplicado al Edificio Elqui de Universidad del Alba sede La Serena, ya que se realizan la mayoría de las actividades académicas, como clases de las distintas carreras que se dictan en la universidad, actividades de extensión, hay oficinas administrativas y de académicos. En la figura 1, se aprecia la vista frontal del edificio Elqui.

## **MÉTODO Y MATERIALES**

La metodología empleada consistió en cuatro etapas.

*Análisis documentación:* Esta es entregada por el encargado administrativo de la Universidad del Alba, sede La Serena, y consiste en los datos de los últimos doce meses del consumo de energía tanto eléctrica como de gas licuado.

*Inventario de equipos:* Se realiza una visita a las distintas instalaciones presentes en el edificio Elqui, donde se observa en forma visual las dependencias físicas, realizando un catastro de los equipos que consumen los distintos energéticos. Además, se analiza la información técnica que presenta cada equipo en su placa. En este punto, se evalúa la potencia del equipo. Para ello se utiliza la siguiente tabla de encuesta de equipos, que se muestra en la tabla 1.

En forma paralela se obtiene de los usuarios de estos equipos la información del tiempo de uso durante el día, la semana y el mes, para calcular el consumo promedio mensual de energía expresado en Joules y en KWh. Esto se realizó a través de una encuesta abierta que se les realiza a los encargados de los equipos y al supervisor.

Dado que en algunos casos hay inconsistencias entre lo observado y la información entregada por los encuestados, se empleó un factor de uso.

El factor de uso se determina en forma cualitativa y para ello fue necesario realizar entrevistas a los usuarios de los artefactos que consumen energía.

Este factor se evaluó en usuarios de equipos de otras entidades que emplean energía y desarrollan actividades similares a las actividades que se realizan en el edificio Elqui, por ejemplo para determinar el factor de uso de los computadores e impresoras en oficinas, se realizó entrevistas tanto a los funcionarios de las oficinas evaluadas y funcionarios de otras instituciones públicas, como por ejemplo las secretarías del Departamento de Química, señora Ximena Cortes, la secretaria de la Vice rectoría Académica la señora Patricia Zapata, de la universidad de La Serena, la señora María Inés Cortés, secretaria de la Carrera de Ingeniería en Minas. Con la finalidad de obtener un factor de uso, que sea lo más cercano a la realidad.

Tabla 1: Encuesta aplicada a los usuarios de equipos que consumen energía eléctrica.

Área del edificio:						
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (hrs)	Días de utilización	Consumo mensual	Costo mensual (CLP)

Fuente: Elaboración propia.

El factor de uso se calcula según la siguiente ecuación:

$$F_c = T_r / T_t \quad (1)$$

Donde  $F_c$ : Factor de uso.

$T_r$ : Tiempo real de uso del equipo.

$T_t$ : Tiempo total de funcionamiento diario del equipo.

El factor de uso varía de 0 a 1.

*Análisis de consumo:* Con los datos entregados por los usuarios de los equipos, más la información recogida de los datos técnicos de los equipos se procede a realizar el cálculo del consumo promedio mensual de cada equipo. El consumo de energía de cada equipo se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$E = P \times h_d \times d \times F_c \quad (2)$$

Dónde:

$E$  = Energía en KWh,  $P$  = Potencia en W,  $h_d$  = Horas de uso en el día (horas/día),  $d$  = Días de uso en el mes (día/mes) y  $F_c$  = Factor de uso

Al aplicar la ecuación 2, obtenemos el consumo promedio mensual de energía del equipo en KWh.

El consumo promedio mensual de la institución se calcula por la sumatoria del consumo de todos los equipos que están presentes en la institución evaluada.

Este valor promedio de consumo mensual calculado se compara con el consumo promedio real de energía que consume la institución a través de las últimas doce facturas del consumo de energía eléctrica y/o de gas.

*Propuesta de mejoras:* A partir del cálculo de energía, la información entregada por los usuarios de los equipos, la inspección visual de las instalaciones, se puede determinar los sectores con mayor consumo de energía, el uso y estado de los equipos, para poder entregar algunas recomendaciones para que sea más eficiente el uso de la energía.

Para realizar las transformaciones y cálculos asociados se emplean los datos obtenidos y usados por Zamarreño (2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la investigación al evaluar las distintas áreas que se encuentran en el edificio Elqui.

En la figura 2, se presenta el consumo de energía eléctrica total de la Universidad del Alba, sede La Serena, en los últimos 10 meses del presente año 2022.

Al analizar la figura 2, se puede observar que los meses de mayor consumo son los de mayo, junio y agosto.

El valor promedio de consumo de electricidad de los últimos 10 meses en la universidad es de \$1.471.050 pesos mensuales.

### *Uso salas de clases Edificio Elqui*

Con el apoyo del personal de recepción en la sala de profesores se pudo tener acceso al horario de clases de las distintas salas que están presentes en el edificio Elqui. Esta información se entrega en la tabla 2.

### *Consumo eléctrico en salas de clases de Edificio Elqui*

Con los antecedentes obtenidos en la encuesta realizada, más los datos presentados en la tabla 2, se obtiene el consumo de energía de las salas de clases del Edificio Elqui correspondientes a los pisos tres, cuatro y cinco. Estos resultados se muestran en la tabla 3.

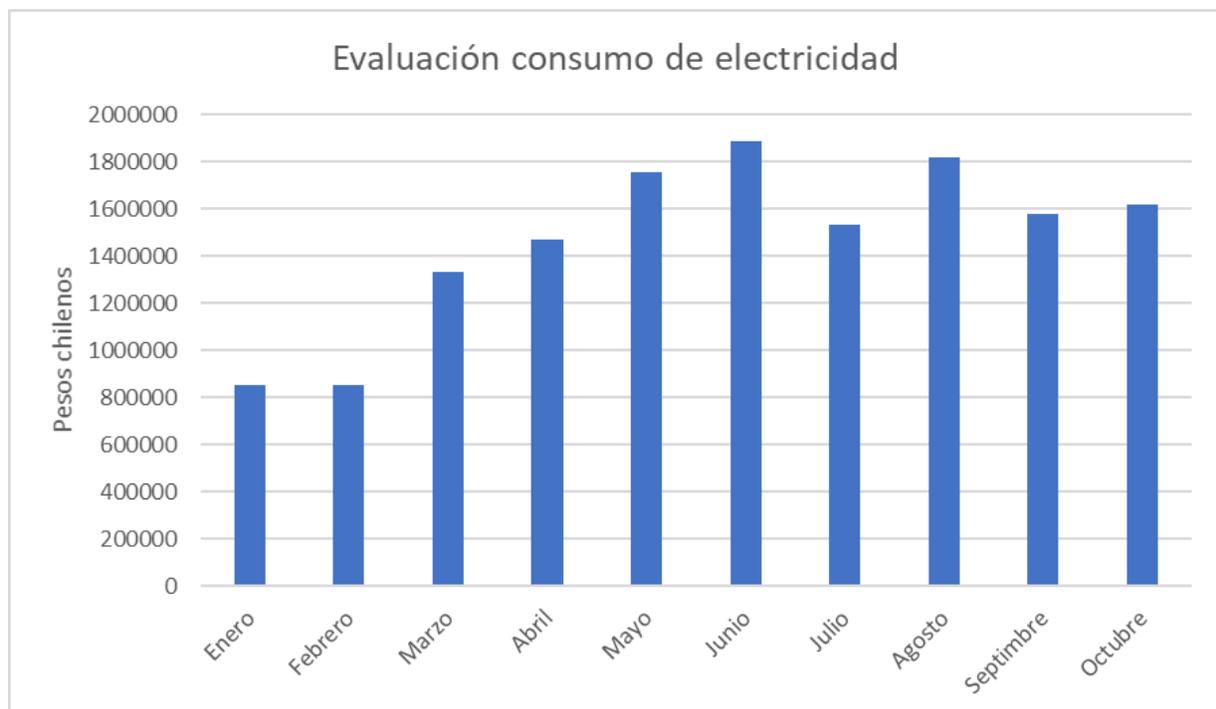


Fig. 2: Consumo de energía eléctrica de la universidad del Alba, sede La Serena en el año 2022. Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Horas de uso semanal de las salas de clases en el Edificio Elqui

Horas de utilización por jornada educacional.										
Sala	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Total	$\bar{x}$ sala	$\bar{x}$ piso	$\bar{x}$ total
301	11:40	10:10	13	10:10	07:20	-	52 H 20 min	08:43	08:35	
302	11:30	08:50	08:50	10:10	08:40	-	48 H	08:00		
303	08:50	10	11:40	13	08:40	-	52 H 10 min	08:42		
304	05:50	10:10	11:40	08:30	10:10	3	49 H 20 min	08:13		
305	11:30	11:30	11:40	08:50	10:10	01:30	55 H 10 min	09:12		
306	08:40	10	08:40	07:10	10:10	3	47 H 40 min	07:57		
307	11:30	10	08:40	08:30	10	04:30	53 H 10 min	08:52		
308	11:30	13	11:30	08:30	11:10	04:30	59 H 10 min	09:52		
309	10:10	07:20	10:10	08:50	6	3	45 H 30 min	07:35		
310	11:40	07:10	13	08:50	10	01:30	52 H 10 min	08:42		
401	3	07:10	08:50	10:20	9	01:30	39 H 50 min	06:38	05:55	
402	07:30	11:40	07:30	9	9	-	44 H 40 min	07:26		
403	9	07:30	6	6	3	-	31 H 30 min	05:15		
404	05:50	6	6	07:30	07:30	-	32 H 50 min	05:28		
405	6	9	07:30	04:30	01:30	-	28 H 30 min	04:45		
406	9	01:30	6	6	3	-	25 H 30 min	04:15		
407	9	6	08:50	04:30	08:50	-	37 H 10 min	06:11		
408	9	04:30	08:50	6	08:40	04:30	41 H 30 min	06:55		
409	6	07:30	10	07:30	6	-	37 H 10 min	06:11		
410	7	07:30	9	07:30	05:50	-	36 H 50 min	06:08		
501	9	6	9	07:30	07:30	-	39 H	06:30	05:21	
502	3	04:30	6	3	01:30	-	18 H	3		
503	3	07:30	6	04:30	3	-	24 H	4		
504	07:30	07:30	9	9	04:30	-	37 H 30 min	06:15		
505	9	6	6	-	07:30	-	28 H 30 min	04:45		
506	04:30	6	3	04:30	07:30	-	25 H 30 min	04:15		
507	04:30	9	04:30	9	6	3	36	6		
508	07:30	6	07:30	6	07:30	04:30	37 H 30 min	06:15		
509	9	6	9	07:30	07:30	04:30	43 H 30 min	07:15		
510	3	07:30	6	9	6	-	31 H 30 min	05:15		

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 3: Consumo promedio total de energía en las salas de clases del tercer, cuarto y quinto piso.

Área del edificio:	Piso tres, cuatro y cinco. (30 Salas)				
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario (hrs)	Días de utilización	Consumo mensual (KWh)
Monitor PC	1 (30)	15	6:37 (6,616)	6	71,45
CPU	1 (30)	240	6:37 (6,616)	6	1143,24
Proyector	1 (30)	234	6:37 (6,616)	6	1114,66
Luces sala	18 (30)	18	6:37 (6,616)	6	1543,38
Luces pasillo	8 (3)	36	14	6	290,3
Luces pasillo escalera	2 (3)	18	14	6	36,29
Luces pasillo escalera	6 (3)	36	14	6	217,73

Fuente: Elaboración propia, 2022

*Consumo eléctrico en primer y segundo piso de Edificio Elqui*

Con los antecedentes obtenidos al realizar la encuesta, utilizando los datos de la tabla 1, se obtiene el consumo de energía de las oficinas y espacios que se encuentran en el primer y segundo piso del Edificio Elqui mediante las entrevistas con las personas que utilizan dichos espacios. Estos resultados, se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Consumo promedio semanal de energía en primer y segundo piso Edificio Elqui.

Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Hora diaria de uso (hrs)	Días semanales de uso	Consumo (kW/hrs)	Costo del consumo (\$)
<b>Área del edificio</b>						
<b>Oficina 212</b>						
CPU	1	240	6	5	7.2	\$ 979
Pantalla	1	26	6	5	0.8	\$ 106
Dispensador de agua	1	530	24	7	89.0	\$ 12,109
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Noteboock	1	100	2	5	1.0	\$ 136
Termo electrico	1	1200	1	2	2.4	\$ 326
Cargador	2	3.2	2	5	0.1	\$ 9
Ampolletas	2	24	27	6	7.8	\$ 1,058
<b>Área del edificio</b>						
<b>Oficina 213 &gt; Julio Inda Fuenzalida</b>						
CPU	1	240	6	3	4.3	\$ 588
Pantalla	1	26	6	3	0.5	\$ 64
Noteboock	1	100	6	3	1.8	\$ 245
Cargador	1	3.2	6	3	0.6	\$ 78
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Ampolleta	2	24	6	3	0.9	\$ 118
<b>Área del edificio</b>						
<b>Dirección de fonoaudiología &gt; Carolina Contreras</b>						
CPU	1	240	11	4	10.6	\$ 1,436
Pantalla	1	26	11	4	1.1	\$ 156
Noteboock	1	100	11	4	4.4	\$ 598
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Ampolleta	2	24	11	4	2.1	\$ 287
cargador	1	3.2	2	1	0.1	\$ 9
<b>Área del edificio</b>						
<b>Dirección técnico medico &gt; Patricia Cataldo</b>						
CPU	1	240	7	5	8.4	\$ 1,142
Pantalla	1	26	7	5	0.9	\$ 124
Noteboock	1	100	1	7	0.7	\$ 95
Cafetera	1	1000	0.5	1	0.5	\$ 68
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Cargador	1	3.2	1	7	0.2	\$ 30
Ampolleta	2	24	12	5	2.9	\$ 392
<b>Área del edificio</b>						
<b>Oficina 205 &gt; Salud &gt; Nicole Carmona</b>						
CPU	1	240	10	5	12.0	\$ 1,632
Pantalla	1	26	10	5	1.3	\$ 177
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Parlante	1	4	10	5	0.2	\$ 27
Cargador	1	3.2	1	3	0.1	\$ 13
Ampolleta	2	24	10	5	2.4	\$ 326
<b>Área del edificio</b>						
<b>Oficina 206 &gt; Psicología &gt; Marco Valverde</b>						
CPU	1	240	9	5	10.8	\$ 1,469
Pantalla	1	26	9	5	1.2	\$ 159
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Cafetera	1	1000	0.5	5	2.5	\$ 340
Noteboock	1	100	0.5	2	0.1	\$ 14
Cargador	1	3.2	1.5	5	0.02	\$ 3
Ampolleta	2	24	9	5	2.2	\$ 294
<b>Área del edificio</b>						
<b>Dirección de kinesiología</b>						
Noteboock	2	100	2.5	1	0.5	\$ 68
Pantalla	1	26	0.36	1	0.9	\$ 127
CPU	1	240	0.36	1	86.4	\$ 11,750
Cargador	2	3.2	3	5	0.1	\$ 13
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
<b>Área del edificio</b>						
<b>Dirección de Odontología</b>						
CPU	1	240	5	4	4.8	\$ 653
Pantalla	1	26	5	4	0.5	\$ 71
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Cargador	1	3.2	5	4	0.1	\$ 9
Estufa	1	1200	4	4	19.2	\$ 2,611
Ampolleta	12	40	5	4	9.6	\$ 1,306

Tabla 4: Continuación.

Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Hora diaria de uso (hrs)	Días semanales de uso	Consumo (kWh)	Costo mensual (CLP)
<b>Área del edificio Oficina 209 &gt; Dirección de Derecho</b>						
CPU	1	240	6	5	7.2	\$ 979
Pantalla	1	26	6	5	0.8	\$ 106
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Cafetera	1	1300	1	5	6.5	\$ 884
Dispensador de agua	1	530	24	7	89.0	\$ 12,109
Ampolleta	4	24	6	5	2.9	\$ 392
<b>Área del edificio Oficina 210 &gt; Secretaria</b>						
Ampolleta	2	24	6	5	1.4	\$ 196
CPU	1	240	6	5	7.2	\$ 979
Pantalla	1	26	6	5	0.8	\$ 106
telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Parlante	1	10	6	5	0.3	\$ 41
<b>Área del edificio Oficina &gt; Carrera de Enfermería</b>						
CPU	1	240	6	5	7.2	\$ 979
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Cargador	1	3.2	2	5	0.03	\$ 4
<b>Área del edificio Oficina 211 &gt; María Ines Cortes</b>						
CPU	1	240	6	5	7.2	\$ 979
Pantalla	1	26	6	5	0.8	\$ 106
Impresora	1	1500	1	5	7.5	\$ 1,020
Estufa	1	1200	5	5	30.0	\$ 4,080
Parlante	2	10	5	5	0.5	\$ 68
Ampolleta	2	24	5	5	1.2	\$ 163
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
<b>Área del edificio Oficina 216 &gt; Ricardo Alvarez</b>						
CPU	1	240	2	4	1.9	\$ 261
Ampolleta	2	24	2	4	0.4	\$ 52
Estufa	1	1200	2	4	9.6	\$ 1,306
Lupa Binocular	1	20	0.5	2	0.02	\$ 3
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
<b>Área del edificio Oficina 215 &gt; Ricardo Zamarreño</b>						
Notebook	2	100	5	4	4.0	\$ 544
Hervidor	1	1200	0.5	5	3.0	\$ 408
CPU	1	240	5	2	2.4	\$ 326
Pantalla	1	26	5	2	0.3	\$ 35
Ampolleta	2	24	6	5	1.4	\$ 196
Impresora	1	3.17	0.33	5	0.5	\$ 71
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
<b>Área del edificio Sala de Profesores</b>						
CPU	7	240	10	5	84.0	\$ 11,424
Pantalla	7	26	15	5	13.7	\$ 1,856
Impresora	2	1500	5	5	75.0	\$ 10,200
Maquina café	1	1000	24	7	168.0	\$ 22,848
Ampolleta	20	24	24	7	80.6	\$ 10,967
Dispensador Agua	1	565	24	7	94.9	\$ 12,909
Telefono fijo	1	6	24	7	1.0	\$ 137
Notebook	5	100	3	6	9.0	\$ 1,224
Cargador	5	3.2	3	6	0.3	\$ 39
CPU Recepcion	1	240	16	5	19.2	\$ 2,611
Pantalla Recepcion	1	26	16	5	2.1	\$ 283
<b>Área del edificio Sala de estudio</b>						
Ampolleta	20	24	12	5	28.8	\$ 3,917
Notebook	5	100	4	5	10.0	\$ 1,360
Cargador	5	3.2	4	5	0.3	\$ 44
<b>Área del edificio Biblioteca</b>						
Ampolletas	116	24	10	5	139.2	\$ 18,931
Pantallas	32	26	5	5	20.8	\$ 2,829
CPU	32	240	5	5	192.0	\$ 26,112
CPU Recepcion	1	240	11	5	13.2	\$ 1,795
Pantalla Recepcion	1	26	11	5	1.4	\$ 194
<b>TOTAL</b>					<b>1,465</b>	<b>199,240</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Al realizar el análisis de los equipos que consumen mayor consumo, estos se presentan en la figura 3.

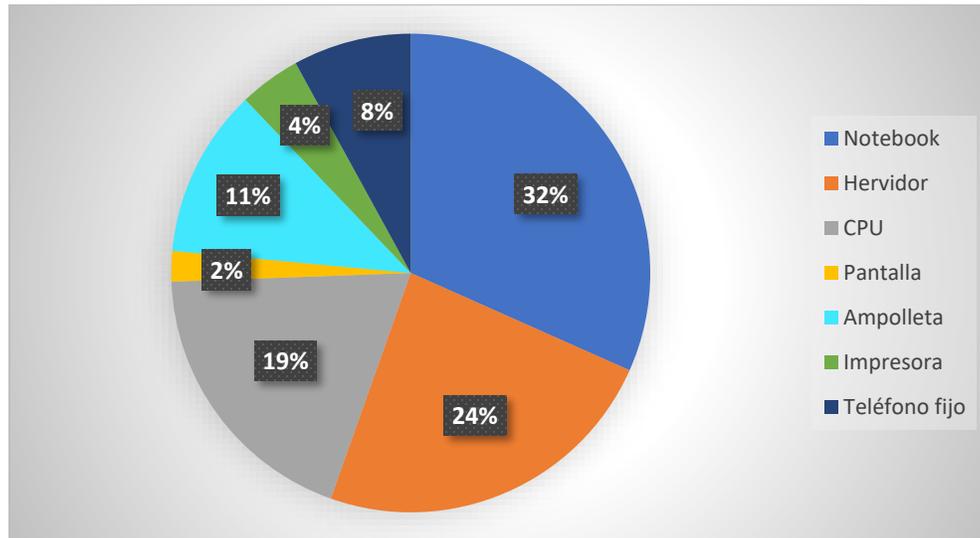


Fig. 3: Equipos, presentes en el primer y segundo nivel del edificio Elqui, con los consumos de energía. (Fuente: Elaboración propia, 2022)

Los equipos que generan un mayor consumo de energía son los notebooks, con un 32%, seguido de los hervidores eléctricos, con un 25% y en tercer lugar las ampolletas eléctricas.

#### *Consumo eléctrico Edificio Elqui*

Analizando las Tabla 4 y la figura 3, se puede deducir que el consumo total del Edificio Elqui es de 5.882 KWh mensuales lo que da un costo mensual por conceptos de electricidad de \$799.927 pesos en los meses académicos de marzo a diciembre. En los meses con actividad académica parcial o nula de enero y febrero se registra un consumo de 2.165KWh con un costo mensual de \$294.440 pesos.

#### *Porcentaje de repercusión en la institución*

Si se comparan los consumos mensuales de electricidad, de la Universidad del Alba, sede La Serena, con el Edificio Elqui se puede estimar que este último representa un 47,6% de los gastos de electricidad totales de la institución educacional siendo \$8.410.248 pesos anuales sobre los \$17.652.600 del total de gastos eléctricos de la Universidad. Esto se puede apreciar en forma gráfica en la figura 4.

#### *Gases de efecto invernadero*

La huella de carbono es como se mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmosfera establece, según el SEN (Sistema Eléctrico Nacional presente desde Arica hasta Chiloé. Interconexión del antiguo SING/Sistema Eléctrica del Norte Grande con el antiguo SIC/Sistema Interconectado Central). La matriz energética está diversificándose hacia las energías renovables, por lo que la emisión promedio de CO<sub>2</sub> a lo largo de los años ha ido bajando. Hoy en día el SEN presenta un promedio que en Chile 1 KWh equivale a emisiones de 0,3834 Kg de CO<sub>2</sub> aproximadamente.

Con los datos de las tablas 4, 5 y figura 3, se pueden establecer que el Edificio Elqui de la Universidad del Alba, sede La Serena, con sus 5.882KWh promedio mensuales emite 2,255 toneladas de CO<sub>2</sub> solamente por concepto de consumo eléctrico, lo que anualmente equivale a 27,06 toneladas de CO<sub>2</sub>.

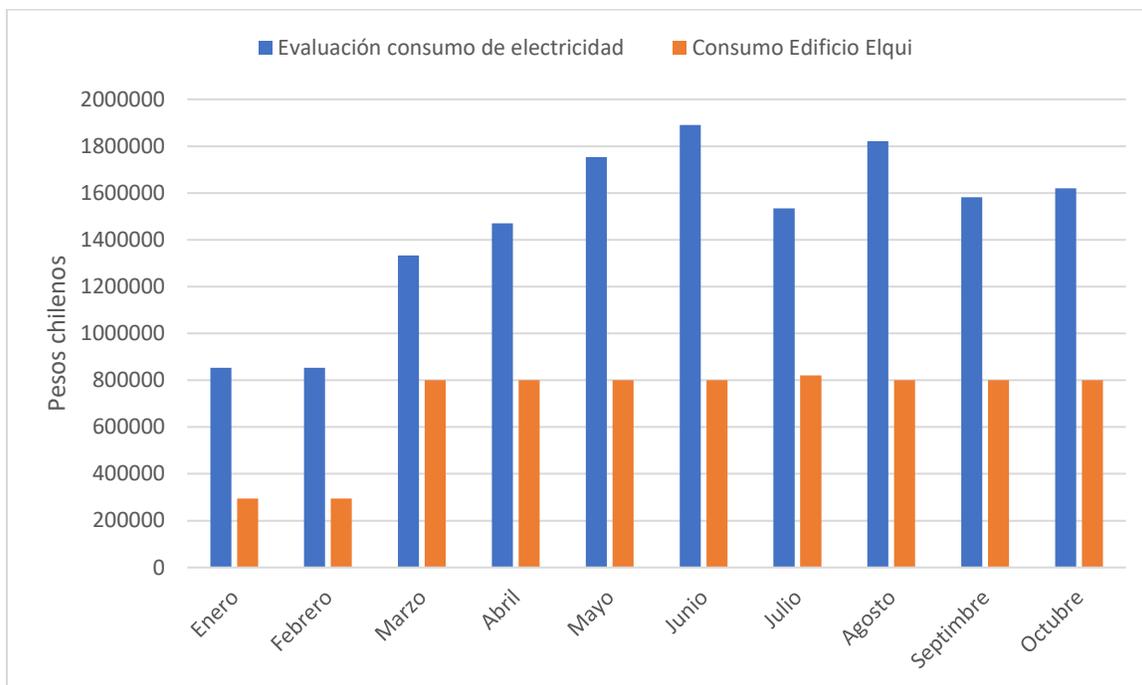


Fig. 4: Consumo eléctrico Universidad v/s Edificio Elqui. (Fuente: Elaboración propia, 2022)

Se establece universalmente que para aprovechar la energía solar no hace falta ningún proceso químico, por lo que no se expulsan sustancias contaminantes a la atmósfera por lo que un servicio de suministro eléctrico de origen 100% renovable, como lo es el solar fotovoltaico las emisiones de CO<sub>2</sub> serán cero.

#### Implementación energía solar fotovoltaica

Según valores obtenidos en distintas cotizaciones realizadas, para un consumo eléctrico de 58883 KWh requeridos para el Edificio Elqui mensualmente, tendría un costo de \$59.615.000 IVA Incluido. Ver tabla 5.

Tabla 5: Valorización de instalación de un sistema fotovoltaico en el edificio Elqui.

<b>Potencia del Inversor:</b> 12.9 KW Potencia de servicio de la instalación.	<b>Cantidad de paneles Mono-Perc 450W:</b> 100 Paneles
<b>Cantidad de baterías 250Ah Gel:</b> 42 baterías.	<b>Costo estimado instalación incluida:</b> \$59.615.000 Iva Inc.

(Fuente: <https://enersoste.com/por-que-debemos-optar-por-la-sostenibilidad-y-la-eficiencia-energetica>)

### Evaluación Económica

Al realizar las evaluaciones económicas del proyecto respecto de la inversión generada (tabla 6). Los resultados muestran que los índices económicos son positivos y la inversión se puede recuperar en ocho años. Coincidiendo con los resultados del estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2024).

Tabla 6: Índices económicos

VAN	\$103.401.863
TIR	-0,31
PRI	7 años, 1 mes y 4 días

(Fuente: Elaboración propia, 2022)

### CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos, presentados en la tabla 4, el promedio de consumo mensual de energía eléctrica del edificio Elqui asciende 5.882 KWh, que corresponden al 47,6% del consumo total de la Universidad y, que en términos monetarios significan \$799.927 pesos mensuales. Este porcentaje de incidencia disminuyó a partir del año 2018 cuando la Universidad decide reemplazar la iluminación de todo el edificio por iluminación LED, alcanzando, hoy en día, a obtener más del 95% de dicho objetivo, lo que llevo al edificio a ser un ejemplo de eficiencia energética.

En busca de nuevas tecnologías e implementando la filosofía de la mejora continua es que hoy se plantea no solo la eficiencia energética como tal, sino que añadiendo sostenibilidad al proceso educativo proponiendo la utilización de energías renovables no convencionales.

La implementación de energía solar fotovoltaica se ve realizada por las características geográficas de la región, una alta radiación solar, sobre todo para los valles, una amplia oferta de tecnologías para la generación de energía eléctrica, usando recursos naturales, generando la sustentabilidad ambiental de la institución, generando beneficios económicos, sociales y medio ambientales.

Sin ir más lejos la disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la medición de la huella de carbono se verían notoriamente reducidas alcanzando las 27,06 toneladas de CO<sub>2</sub> que dejaría de emitir la universidad (1KWh = 0,3834 Kg CO<sub>2</sub>).

Los costos asociados a la nueva implementación de tecnologías según muestra la tabla 5 son bastante elevados ya que el monto alcanza los \$59.615.000 pesos, aunque los beneficios percibidos son de igual forma muy elevados, ya que abriría un importante ahorro en las cuentas de la luz, además se tiene que considerar la energía que se podría aportar al sistema de distribución central de la ciudad de La Serena, donde se encuentra inserta la universidad. Considerando estos dos factores, los gastos se cubrirían por completo en poco más de 7 años, considerando ingresos por más de \$8.410.248 anuales a partir del octavo año.

Es importante que las autoridades de la universidad comprendan que las ganancias, en el largo plazo, son más importantes que los gastos económicos. Por otro lado, existen a nivel gubernamental programas que apoyan estas iniciativas como lo son el "*Programa Techos Solares Públicos del Ministerio de Energía*", (Ministerio de energía, 2024), lo que podría servir de incentivo para postular a este tipo de beneficios o profundizar un poco más en su implementación a nivel de institución de enseñanza superior.

Al aplicar las mejoras expuestas en este documento, la universidad del Alba, sede La Serena, estaría cumpliendo los objetivos de Desarrollo Sostenible: números 7, Energía asequible y no contaminante, 4 Educación de calidad y 11 Comunidades y ciudades sostenibles.

Es importante generar una educación y cultura del conocimiento de eficiencia y sostenibilidad energética; tanto en los alumnos, funcionarios y académicos para generar una sustentabilidad en la Universidad del Alba.

Para generar esta cultura de la sustentabilidad, se recomienda que se sociabilicen las acciones a todos los actores presentes en la sede de La Serena y posteriormente se masifique a las otras sedes a nivel nacional de la institución.

Se hace necesaria la planificación de charlas y reuniones que complementen las iniciativas ya implementadas de eficiencia energética y encontrar el mejor camino para hacerlo sostenible con la participación de toda la comunidad de la Universidad. Dentro de la Universidad existen docentes capacitados al respecto y con la disposición de compartir sus conocimientos con los demás.

## REFERENCIAS

Acosta Flores, E. & Maldonado González, A.L. (2024). Análisis de contenido sobre Educación Ambiental Energética. *Acta univ.* [revista en la Internet]. [citado 2024 Sep 27]; 34: e3929. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662024000100102&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662024000100102&lng=es). Epub 06-Sep-2024. <https://doi.org/10.15174/au.2024.3929>.

Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2016). "Guía Metodológica de Eficiencia Energética en Proyectos de Inversión". Primera edición, Santiago de Chile. 5-6 pp.

Brown-Manrique, O., Hernández-Rodríguez, A., Guerra-Hernández, G., Melo-Camaraza, B., Beltran-Perez, Y. & Carmenates-Hernandez, D. (2024). General Energy Yield in the Furrows Irrigation System. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 33 (1), Epub 01 de enero de 2024. Recuperado en 26 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542024000100002&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542024000100002&lng=es&tlng=en).

Castaño Rosa, R., Solís Guzmán, J. & Marrero, M. (2020). MIDIENDO LA POBREZA ENERGÉTICA. UNA REVISIÓN DE INDICADORES. *Revista hábitat sustentable*, 10 (1), 9-21. <https://dx.doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.01>

García Vázquez, E. & González Santos, A.I. (2020). Solución de iluminación eficiente energéticamente para una vivienda sustentable. *Ingeniería Energética*, 41 (2), Epub 31 de agosto de 2020. Recuperado en 26 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012020000200001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000200001&lng=es&tlng=es).

Giuliano, G., Ortega, M. & Garzón, B. (2022). Diagnóstico energético en la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 12 (2), e302. Epub 01 de diciembre de 2022. <https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.2.3253>

Iturralde Carrera, L.A., Jiménez Borges, R., Santiago Romero, D., Cortés Cuán, M.A., Constantino Robles, C.D. & Hernández Hernández, R. (2024). Efficient implementation of solar photovoltaic systems in Caribbean buildings: Case study. *Revista Universidad y Sociedad*, 16 (2), 244-255. Epub 30 de abril de 2024. Recuperado en 26 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202024000200244 &lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202024000200244 &lng=es&tlng=en).

Ministerio de Energía, (2024). "Programa Techos Solares Públicos 2.0". <https://energia.gob.cl/techosolarespublicos2> (visto septiembre 2024).

Rodríguez Antúnez, E., Concepción Díaz, O., Filgueiras Sainz de Rozas, M.L. & Santos Fuentefrias, A. (2024). Análisis del costo/beneficio para prosumidores de energía solar. *Ingeniería Energética*, 45 (1), 15-24. Epub 30 de marzo de 2024. Recuperado en 26 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012024000100015&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012024000100015&lng=es&tlng=es).

Spiro, T & W. Stigliani (2004). "*Química Medioambiental*". Madrid, Prentice Hall.

Piñeres Castillo, A., Cabello Eras, J.J. & Hinojosa Rivera, M. (2022). Factores determinantes para la evaluación de la eficiencia energética en las organizaciones: una visión desde las condiciones de Colombia. *Revista Universidad y Sociedad*, 14 (2), 509-520. Epub 02 de abril de 2022. Recuperado en 26 de septiembre de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202022000200509&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200509&lng=es&tlng=es).

Tituana-Tituana, K.T. & Guillén-Mena, V.F. (2024). Análisis de percepción del confort térmico de edificaciones residenciales en la ciudad de Loja basado en la Norma Ecuatoriana de Eficiencia Energética. *Revista Técnica energía*, 21 (1), 122-132. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v21.n1.2024.647>

Zamarreño, R. (2016). *Evaluación energética a 10 instituciones públicas y privadas. Plan Mejoramiento Institucional en Eficiencia Energética y Sustentabilidad Ambiental*. Informe Final. Universidad de La Serena, 20-35 pp.