

Buenas Prácticas para la Eficiencia Energética en el Sector Privado



Proyectos nuevos
y remodelaciones

Junio 2023
Paraguay

Buenas Prácticas para la Eficiencia Energética en el Sector Privado

Proyectos nuevos y remodelaciones

Junio 2023

Paraguay

Este documento se ha elaborado, diseñado, diagramado e impreso por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Las opiniones expresadas en esta publicación no representan necesariamente la de las Naciones Unidas, incluido el PNUD, ni los Estados Miembros de la ONU. Este documento no tiene fines de lucro, por lo tanto, no puede ser comercializado en el Paraguay ni en el extranjero. Están autorizadas la reproducción y la divulgación por cualquier medio del contenido de este material, siempre que se cite la fuente: PNUD, 2023. Buenas Prácticas para la Eficiencia Energética en el Sector Privado. Asunción, Paraguay. 199p.

Ficha Técnica

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Silvia Morimoto, Representante Residente
Fernando Adames, Representante Residente Adjunto
Veronique Gerard, Oficial de Programa, Desarrollo Sostenible
Ingrid Villalba, Sector Privado y ODS

Autores

Capítulo 1



Marcelo Sabanes, Gerente de Desarrollo Sostenible

Capítulos 2 al 7



Msc. Ing. Civ. Gabriela Mesquita Larán
Ing. Amb. Jorge Bernal
Ing. Amb. Emilce Cuenca

Capítulos 8 al 10



Fotografías

Estudio Arké
PNUD Paraguay
Freepik

Corrección de estilo

Ricardo Larramiendia

Diseño y diagramación

Andrea Rönnebeck

Apertura

Paraguay se destaca por su producción abundante y excedente de energía limpia, la cual está basada casi exclusivamente en la generación de energía hidroeléctrica renovable y no contaminante. Además, su población tiene acceso casi universal a este recurso, lo que lo convierte en un ejemplo a seguir para otros países y en un destino atractivo para la inversión extranjera y local.

Para mejorar aún más las condiciones del contexto energético nacional, aún existen desafíos importantes a ser superados por el país. La Política Energética de la República del Paraguay reconoce estos desafíos y establece objetivos específicos para abordarlos, como la mejora de los niveles de eficiencia energética y la promoción del uso de la hidroenergía en los procesos de sustitución de fuentes.

Aunque Paraguay produce energía limpia en abundancia, su matriz energética de consumo y demanda está desbalanceada. Según el Balance Energético Nacional (BEN 2021) elaborado por el Viceministerio de Minas y Energías (VMME), la matriz energética nacional se compone de 39% biomasa, 35% hidroenergía y 26% derivados del petróleo en la oferta bruta de consumo de energía; y de 41% derivados del petróleo, 41% biomasa y 18% electricidad en cuanto al consumo final. En consecuencia, la energía limpia que se produce termina siendo exportada y lo que se consume mayoritariamente son hidrocarburos importados, lo que impacta negativamente tanto en la matriz exportadora como en el medio ambiente.

Una serie de documentos y políticas elaboradas por el Gobierno de Paraguay abordan la temática de la Eficiencia Energética, como ser el Plan Nacional de Desarrollo y el Plan Nacional de Eficiencia Energética. Se cuenta además con un Programa de Eficiencia Energética dentro del VMME y con un Comité Nacional de Eficiencia Energética, compuesto por más de 10 instituciones públicas y público-privadas.

Es en este sentido que el PNUD ofrece asistencia técnica en el área de energía, en apoyo a esta priorización nacional. La temática energía es uno de los focos de la acción del PNUD en todo el mundo, siendo una de las seis soluciones propuestas para avanzar en el desarrollo sostenible en su Plan Estratégico 2022-2025.

El último Informe Nacional de Desarrollo Humano (INDH) publicado en 2020 por el PNUD se enfocó en la temática “Desarrollo Humano y Energía” y ofreció una batería de datos, análisis e informaciones respecto a la transición de la matriz energética, la energía como plataforma para diversificar y dar valor agregado a la producción y exportación nacional, la eficiencia energética y fuentes alternativas de energía, entre otros temas.

Una información brindada por el informe y corroborada por investigaciones previas y posteriores, indica que el consumo interno agotará el excedente de energía y el país quedará sin posibilidad de crecimiento en consumo en el período comprendido entre 2031 y 2041. Esto se debe a que el consumo de energía en el país ha aumentado año tras año, mientras que la producción ha estado prácticamente estancada desde hace casi tres décadas, cuando finalizó la construcción de Yacyretá.

En este contexto, se vuelve relevante incentivar la eficiencia energética, ya que su consumo ineficiente implica que un porcentaje de la misma se pierda, evitando así que impacte positivamente en el desarrollo humano ya sea a través de su uso en hogares o de su aprovechamiento para la producción económica. Por ello, el PNUD pone a disposición de las instituciones nacionales su experiencia y conocimiento para contribuir a la transición energética.

Sobre el material

Agradecemos la colaboración y el compromiso del estudio ARKÉ en la realización de este material, al cual aportaron desde su experiencia en elaboración de estudios energéticos y asesoría en certificaciones LEED, EDGE, Norma Paraguaya de Construcción Sostenible, entre otras. Parte del contenido de este material comparte información de asesorías realizadas por ARKÉ para empresas locales.

Además, la empresa Casa Rica ha contribuido a la elaboración de este material a través de su apoyo técnico, así como compartiendo conocimiento e información sobre su propia experiencia en el proceso y resultado exitoso de la certificación LEED. Su sucursal en Los Laureles es el primer supermercado en territorio nacional que cuenta con dicha distinción. Se trata de un claro ejemplo sobre el triple impacto positivo de la sostenibilidad - económico, social y ambiental- y el rol determinante del Sector Privado en el impulso y avance del Paraguay en este camino.

Silvia Morimoto

Representante Residente PNUD Paraguay

Fuentes:

- Viceministerio de Minas y Energías, 2021, Balance Energético Nacional. <https://bit.ly/4186obK>
- Decreto del Poder Ejecutivo No. 6092, 2016, ANEXO Política Energética del Paraguay. Acceso digital: <https://bit.ly/3obEOfi>
- Secretaría Técnica de Planificación 2021, Plan Nacional de Desarrollo 2030 Avances y Actualización <https://bit.ly/417qCSW>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), año, Plan Estratégico, Plan estratégico 2022-2025 | PNUD (undp.org)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) 2020, Informe Nacional de Desarrollo Humano (INDH). <https://bit.ly/3GJ8J4K>

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	8
Capítulo 2. El acceso a la energía en Paraguay.....	16
2.1 Introducción.....	18
2.2. Planteamiento de la situación energética en Paraguay.....	18
2.2.1. Consumo energético en Paraguay. Matriz Energética.....	22
Capítulo 3. Valoración de los beneficios del acceso a certificaciones.....	26
3.1. Introducción.....	28
3.2. Normas Paraguayas de Construcción Sostenible.....	29
3.3. Certificaciones de Construcción Sostenible.....	33
3.3.1 Certificación Arandú Renda.....	34
3.3.2. Certificación LEED.....	34
3.3.3. Certificación EDGE.....	39
Capítulo 4. Análisis del mercado constructivo nacional.....	42
4.1 Introducción.....	44
4.2 Los materiales tradicionales.....	45
4.3 Contenido energético y ciclo de vida de los materiales.....	47
4.4 Cambio de paradigmas.....	50
4.4.1 Uso de recursos locales.....	52
4.4.2 Sistemas de construcción de bajo impacto.....	54
Capítulo 5. Descripción de tipologías de construcción.....	56
5.1. Introducción.....	58
5.2. Tipología Residencial.....	59
5.3. Tipología Oficinas Corporativas.....	61
5.4. Tipología Industrial.....	64
5.5. Tipología Comercial.....	67
Capítulo 6. Análisis de sistemas que influyen en la Eficiencia energética.....	70
6.1 Introducción.....	72
6.2 Sistemas de climatización y ventilación.....	73
6.3. Sistemas de iluminación.....	78
6.4. Sistemas de cargas internas/procesos.....	107
6.5. Sistemas de agua caliente sanitaria (ACS).....	115
6.6. Análisis de estudios de caso: Tipologías convencionales y eficientes en Paraguay.....	115
6.7. Análisis de estudios de caso: Tipologías convencionales y eficientes en Paraguay.....	121
6.7.1. Consumos existentes por tipologías y comparativos de niveles de eficiencia.....	132

6.7.2. Consumos existentes por sistemas y comparativos de niveles de eficiencia.....	138
Capítulo 7. Recomendaciones por tipología y resultados de ahorros en proyectos implementados localmente.....	140
7.1. Recomendaciones por Tipologías analizadas.....	142
7.1.1. Recomendaciones generales para todas las tipologías.....	142
7.1.2. Recomendaciones por tipología.....	144
7.2. Consideraciones generales.....	176
Capítulo 8. Incentivos de mercado para inversiones en eficiencia energética.....	178
8.1. Incentivos de mercado existentes en Paraguay.....	180
8.2 Incentivos de mercado existentes a nivel global.....	184
Capítulo 9. Normativas locales sobre eficiencia energética, y buenas prácticas internacionales.....	188
9.1. Beneficios y retorno de la inversión.....	192
9.2. Situación de América Latina y el Caribe.....	193
9.3. Situación en la Unión Europea.....	194
Capítulo 10. Soluciones tecnológicas para la Eficiencia Energética.....	196



01

Introducción



Por: Marcelo Sabanes, Casa Rica¹

Los últimos siete años han sido los más cálidos registrados. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el cambio climático inducido por la actividad y acción humana está causando una perturbación generalizada y sin precedentes en la naturaleza, todo lo cual afecta a la vida de miles de millones de personas y especies en todo el mundo.

Más que nunca antes hemos ido generando un mayor consenso sobre el hecho de que se requiere un compromiso inmediato y fuerte para reducir nuestras emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), limitando el calentamiento global a 2 °C-. Siendo el sector energético responsable por casi tres cuartas partes de las emisiones globales de GEI, es claro que se necesita un cambio de modelo energético, lo cual es tarea y responsabilidad de todos.

En este sentido, el sector energético global experimenta actualmente una de las mayores transformaciones en la migración de la generación convencional de energía a partir de combustibles fósiles a una proveniente de energías renovables, lo cual implica el enorme desafío de ir concretando un nuevo balance energético y mapa global de la energía que sea capaz de garantizar la demanda presente y futura de un recurso clave para cualquier economía, geo-políticamente muy sensible y que consumimos a diario.

Esta transformación requiere de grandes e importantes esfuerzos a todos los niveles, nacional, regional y global, con un enfoque integrado en la generación, distribución y consumo de la energía.

Y todo esto a su vez se enmarca en una triple dimensión que incluye:

1. El desarrollo económico con un crecimiento sostenible.
2. El acceso y la seguridad energética.
3. El medioambiente y la sostenibilidad del nuevo mix energético que necesita desarrollarse en un entorno propicio para navegar mejor esta transición.

¹Capítulo elaborado tomando datos e informaciones de las siguientes fuentes:
BID 2022, Promoviendo la Eficiencia energética en el sector eléctrico del Paraguay. <https://bit.ly/3Jtfiur>
WMO 2022, Estado de los servicios climáticos 2022: Energía (WMO-No.1301). <https://bit.ly/3Jt74mc>
WEF 2022, Fomentando la transición energética efectiva: Edición 2022, <https://bit.ly/3DwkZnO>
Reuters Event 2022, Mercado de la transición Energética, Reporte de Información 2022. <https://bit.ly/3wQV3PK>

Paralelamente y como medida extra de presión para acelerar la transición, la urgencia de medidas transformadoras para mitigar los efectos del cambio climático se ha intensificado.

Las últimas evaluaciones y reportes del IPCC enfatizan la necesidad ineludible de mitigar nuestras emisiones globales de GEI para evitar que el incremento de la temperatura global se coloque por encima de 1,5 grados, lo cual tendría consecuencias irreversibles en muchos ámbitos y ecosistemas de los cuales dependemos en el día a día de distintas formas.

Sin embargo, una serie de shocks sistémicos en los últimos tres años y sus implicaciones en el sistema de energía destacan los desafíos en la búsqueda de consensos y objetivos de largo plazo, mientras se responde a emergencias y desafíos estratégicos de corto plazo.

Muchos países han demostrado buenos niveles de resiliencia frente a la pandemia del COVID y una muy buena recuperación económica. Sin embargo, más rápido de lo esperado, las bajas inversiones en la renovación del sistema energético, entre otras realidades, generan estrés en el suministro de energía, lo que lleva a precios muy altos y todo esto afecta gravemente a hogares y empresas de todas las latitudes. La guerra en Ucrania ha llevado a muchos países a repensar su paradigma de seguridad energética y reconfigurar metas, objetivos y planes de su transición energética.

Los altos precios de la energía han reabierto el debate entre seguridad energética y sostenibilidad, ya que la actual crisis energética global está afectando severamente a los hogares, empresas e industria, y al mismo tiempo, ha obligado a países como Alemania que ya habían abandonado el carbón, a reabrir numerosas plantas que estaban en desuso, como medida temporal por la emergencia, asegurando el suministro en el corto plazo.

Sin embargo, a largo plazo se espera y confía en que la transición energética ofrezca oportunidades para ambos aspectos, alineando seguridad y sostenibilidad como dos elementos obligados a integrarse a través de más inversiones en energías renovables y otras fuentes de energía limpia, reduciendo la actual y aún elevada dependencia de los combustibles fósiles; en paralelo, desde el lado de la demanda y consumo, poder implementar cada vez con más fuerza medidas de eficiencia energética y una mayor concienciación de los consumidores.

Hoy más que nunca se necesita de una fuerte alianza entre los gobiernos, empresas y consumidores para conjuntamente intensificar los esfuerzos para reducir la citada dependencia de los combustibles fósiles.

Los gobiernos pueden y deben invertir en fuentes de generación más sostenibles a partir de una energía descarbonizada y sistemas que garanticen precios más asequibles, así como el desarrollo de programas con incentivos fiscales que premien la eficiencia energética y sostenibilidad. Por su parte, las empresas necesitan más oportunidades para adoptar y expandir el uso de tecnologías bajas en carbono y procesos energéticamente más eficientes. La disminución de las emisiones de GEI observada durante la pandemia a partir de la reducción en la demanda de energía, ha demostrado las oportunidades que ofrece la gestión sostenible de la demanda.

Considerando el papel crítico de las industrias intensivas en energía en lograr reducciones de emisiones del lado de la demanda, se debe desarrollar y/o implementar en cada país un enfoque claro que determine la contribución de la industria en la transición energética, ya que normalmente es el más grande contribuyente de emisiones antropogénicas.

La industria y las empresas enfrentan importantes obstáculos en su camino a la carbono-neutralidad, el cual está estrechamente ligado a su consumo energético y las fuentes que generan esa energía. Existen también buenos ejemplos actuales de trabajo colaborativo y compromisos para alcanzar una mayor eficiencia y sostenibilidad para acelerar la transición.

De hecho, la reciente edición 2022 del informe de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) sobre el estado de los servicios climáticos, se centra en la energía como uno de los temas claves que sigue dominando la discusión y el debate, ya que afecta a todos por igual: comunidad, empresa, sector público y sector económico, en todas partes del mundo.

La energía a su vez se encuentra en el centro mismo de nuestra respuesta a los desafíos de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) y del Acuerdo de París sobre cambio climático, ambos firmados por el Estado Paraguayo. Dado que el sector energético contribuye a alrededor de las tres cuartas partes de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, migrar a formas de generación más sostenibles y renovables de energía, como la

solar, la eólica, mareomotriz e hidroeléctrica, así como una mejora radical en la eficiencia energética, es absolutamente vital si queremos prosperar en el presente siglo.

La carbono-neutralidad o cero emisiones netas es el objetivo. Pero sólo se llegará allí si se duplica el suministro de electricidad de bajas emisiones en los próximos ocho años.

El tiempo avanza aceleradamente y el clima está cambiando de forma notable. Una seguridad energética sostenible y alcanzar el cero neto para 2050 significará una transformación completa del sistema energético global y los servicios meteorológicos, hídricos y climáticos jugarán un papel crucial en ambos objetivos.

El cambio climático, un riesgo global para la seguridad energética

En medio de la carrera hacia las cero emisiones netas, el aumento de la temperatura global sigue incrementando la preocupación sobre la seguridad energética. Los cambios en el clima plantean riesgos significativos para el sector energético, que afectan directamente a los combustibles y a la resiliencia física de la infraestructura energética presente y futura, así como a una creciente demanda atendiendo a países como China o India que han experimentado una reducción importante de los niveles de pobreza en los últimos años versus un incremento de la demanda.

Olas de calor y sequías asociadas al cambio climático antropogénico ya están poniendo bajo presión la generación presente de energía, haciendo que la transición sea aún más urgente.

En 2020, el 87% de la electricidad mundial generada a partir de energía térmica, las centrales nucleares e hidroeléctricas por supuesto, dependían directamente de la disponibilidad del agua. Por su parte, el 33% de las centrales térmicas que dependen de la disponibilidad de agua dulce para su operativa diaria y la refrigeración ya se encuentran en áreas con un alto estrés hídrico. Este es también el caso del 15% de las centrales nucleares existentes, una proporción que probablemente incremente hasta un 25% en los próximos 20 años.

Contextualización y datos sobre consumo del sector privado en la estructura de consumo final de energía en Paraguay

Tabla 1. Distribución de consumo de energía por sector en Paraguay.

	Residencial	Comercial	Industria	Otros	Total
Consumo en MWh	5,534	2,323	2,391	2,592	12,840
Participación	43.10%	18.09%	18.62%	20.19%	100.00%

Fuente: (VMME 2021b)

De acuerdo con el Balance Energético Nacional publicado por el Viceministerio de Minas y Energía (VMME) en el 2021, la matriz energética del país se distribuyó en dicho año entre un 35% con generación hidroeléctrica, un 39% proveniente de la biomasa (principalmente leña) y un 26% proveniente de derivados del petróleo (importados).

En lo referente al consumo, de acuerdo a un estudio publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en Paraguay el consumo se distribuye de la siguiente manera: el sector Comercial, que incluye al sector Mayorista y Minorista es el subsector que representa la mayor parte del consumo neto de energía comercial con un 43%, seguido por los Hoteles y Restaurantes con un 21%. La energía se utiliza principalmente para el enfriamiento y ventilación de ambientes con un 36.2% del consumo eléctrico del sector; y le siguen iluminación con 25%; conservación de alimentos con 23.8%; y otros artefactos con 15%.

Y en este contexto, aún hay muchas oportunidades para que el sector desarrolle y aplique criterios que contribuyan a una mayor eficiencia energética en sus operaciones, en una combinación de tecnología y acciones de concienciación con los colaboradores/empleados. La eficiencia energética aporta además múltiples beneficios económicos y ambientales a cualquier empresa que decida trabajar en ella, e invierta los recursos necesarios para materializar un ahorro en el consumo de energía que

además genere un impacto positivo en el medioambiente, como parte de su responsabilidad empresarial y contribución positiva al desarrollo sostenible del país.

El presente material, con foco en nuevas construcciones y remodelaciones, analiza y sugiere a su vez estrategias de eficiencia energética a partir de casos de éxito ya implementados en nuestro país. Sin cubrir de manera absoluta todos los ámbitos de la eficiencia energética, los cuales pueden llegar a ser amplios y muy variados sectorialmente hablando, pretende evidenciar la asequibilidad del logro de importantes ahorros energéticos para emprendimientos ya concretados y funcionando en Paraguay, con herramientas y estrategias que se encuentran al alcance del mercado local. Se han tomado ejemplos de implementación en los rubros o tipologías que son presentados, para lo cual se han considerado emprendimientos que han alcanzado el nivel más alto de sostenibilidad, basado en la Certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) otorgado por el Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos (United States Green Building Council), por ser uno de los sistemas de evaluación y certificación mas validado y reconocido a nivel mundial.

Existen otros emprendimientos en el país que han realizado y se encuentran realizando esfuerzos que lograrán reducir el consumo de energía eléctrica en sus edificaciones/industrias/edificios, pero que no se encuentran citados, ya que se ha tomado el criterio de los Proyectos con Certificación LEED, en el convencimiento de que para buscar la sostenibilidad, debe buscarse un enfoque holístico que además de la eficiencia energética, considere los impactos ambientales potenciales de los procesos de construcción y operación, la eficiencia en el uso del agua, la calidad de los ambientes, los criterios de selección de productos a utilizar en la construcción que reduzcan impactos y los criterios de sostenibilidad de los productos consumibles continuos a adquirir para la operación de dichos emprendimientos.

Instamos a los lectores de este material a considerar estrategias en todos los frentes citados, de tal forma a lograr impulsar un cambio holístico en la forma de concebir, construir y operar emprendimientos, que nos lleven como sociedad paraguaya a un desarrollo más respetuoso con el medio ambiente y con la utilización sostenible de nuestros recursos naturales.



02

El acceso a la energía en Paraguay

2.1 Introducción

El consumo eléctrico en el Paraguay se ha caracterizado por años por una abundancia debido a la continua generación de energía eléctrica por parte de las diferentes hidroeléctricas, así como también por las históricas bajas tarifas que se pagaban por el servicio proveído por el ente estatal a cargo. En consecuencia, esto generó poca valoración del recurso, falta de conciencia en los usuarios y la nula necesidad de eficiencia en el consumo.

Actualmente, debido a la continua crecimiento poblacional e industrialización que afronta el país, junto con las nuevas tarifas y las condiciones climáticas cada vez más extremas, que exigen un sobreuso del recurso eléctrico, nuevos objetivos en cuanto eficiencia energética deben ser fijados, tanto para viviendas, edificios residenciales o comerciales e industrias. De manera a poder establecer los criterios de eficiencia energética, es necesario primeramente conocer el consumo por cada tipología, y así encontrar las oportunidades de mejora de eficiencia energética de las edificaciones a nivel país.

2.2. Planteamiento de la situación energética en Paraguay.

Paraguay es uno de los países signatarios del acuerdo de París a través de la Ley N° 5681 “Que aprueba el acuerdo de París sobre el Cambio Climático”, promulgada en el año 2016. En dicho acuerdo, la optimización en el uso de energía es una de las metas globales más importantes y como estrategia de cumplimiento, el Estado ha desarrollado un Plan Nacional de Desarrollo, donde existen objetivos planteados y relacionados con los sectores económicos, sociales y ambientales. Algunos de ellos son:

- Transporte multimodal eficiente.
- Control efectivo de la deforestación.
- Aumentar ingresos por venta de carbono.
- Crecimiento del PIB de 6,8% anual.
- Aumentar los ingresos nacionales por la venta de servicios ambientales (créditos por sumideros de carbono).
- Aumentar la cobertura de áreas forestales y biomasa protegida (% de cobertura forestal y % ponderado por biomasa globales).
- Aumentar en 60% el consumo de energías renovables (% participación en la matriz energética).

- Reducir en 20% el consumo de combustible fósil (% participación en la matriz energética).
- Aumento de la Eficiencia en los sistemas productivos agropecuarios.

Las líneas de acción correspondientes son:

- Desarrollar una matriz energética sostenible.
- Incorporar tecnologías para la explotación de nuevas fuentes de energía sustentable (incluye energía solar, eólica, biomasa).
- Promover el manejo sostenible de los ecosistemas forestales e impulsar actividades de reforestación con fines de protección y de generación de ingreso y disminución del proceso de pérdida y degradación de los bosques nativos.

Además de estas estrategias planteadas que buscan mejorar las matrices energéticas y ser más eficientes en el uso de la energía, se suma una importante cantidad de incentivos internacionales a los que Paraguay tiene la oportunidad de acceder, como ser los financiamientos existentes para emprendimientos sostenibles que reducen los impactos al medio ambiente.

A nivel nacional, el Viceministerio de Minas y Energía (VMME) es el encargado de difundir los usos de Energía, lo cual realiza a través del Sistema de Información Energética Nacional (SIEN). El SIEN es la plataforma oficial donde se puede consultar acerca de la matriz energética y la distribución geográfica de la misma en el Paraguay.

La **Política Energética Nacional**, publicada por el VMME y promulgada a través del Decreto N° 6092/2016, tiene como objetivo específico priorizado: “Mejorar los niveles de eficiencia energética en la oferta y demanda de energía”.

Dentro del Eje Estratégico: Eficiencia y Sustentabilidad, la Eficiencia Energética es una de las líneas de acción. Para mejorar los niveles de eficiencia energética en la oferta y la demanda de energía, las metas de la Política Energética Nacional son:

- Desarrollar un proyecto de ley conteniendo los lineamientos generales para el uso racional y eficiente de la energía reglamentada y en aplicación.

- Líneas de créditos para eficiencia energética, ofrecidas por entidades financieras.
- Fondos estatales para la ejecución de proyectos y estudios sobre eficiencia energética disponibles.
- Programa de capacitación de funcionarios de empresas estatales y privadas en temas de eficiencia y gestión energética, en ejecución.
- Comités Internos de Conservación de Energía (CICE) en las empresas públicas y privadas, creados y en funcionamiento.
- Portfolio de proyectos de cooperación internacional en el ámbito de la eficiencia energética.
- Plan de difusión de la eficiencia energética, a través de campañas de concienciación de la población en temas de eficiencia energética implementadas.
- Mallas curriculares de la educación básica, media y formación profesional con temas de eficiencia energética incluidos.
- Eficiencia energética en edificios (residencial, comercial, industrial y público). El Plan de Fomento a la Eficiencia Energética en Edificaciones contempla:
 - Reglamentos de etiquetado energético obligatorio de productos consumidores de energía aprobado.
 - Reglamentos obligatorios de desempeño energético mínimo de productos consumidores de energía aprobado.
 - Mecanismo para la Certificación Energética y etiquetado de edificios aprobado.
 - Proyecto de Ley de prohibición a la importación y venta de lámparas y equipamientos ineficientes reglamentada y en vigencia.





2.2.1. Consumo energético en Paraguay. Matriz Energética.

Según el Comité Nacional de Eficiencia Energética (2019), el uso eficiente de la energía, es considerada una de las medidas efectivas, a corto y mediano plazo, para lograr en los hogares, bajar los costos sin perder calidad de vida de sus ocupantes; en las empresas, además de reducir costos, mejorar la competitividad; a nivel país, evitar o postergar importantes inversiones en generación de energía. También ayuda a reducir significativamente las emisiones producidas en el Scope 2 de los gases de efecto invernadero, contribuyendo en gran medida con los compromisos globales asumidos por el país.

La capacidad de producción de energía eléctrica del país (próxima a 60.000 GWh/ año), es una de las mayores del mundo en cuanto a generación eléctrica por habitante (9.000 kWh por habitante), y es utilizada en menos del 18% de acuerdo al BEN 2021. La principal empresa eléctrica nacional es la Administración Nacional de Electricidad (ANDE); empresa del Estado verticalmente integrada (participa de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país). Las otras dos empresas

Viceministerio de Minas y Energía. 2019. Balance Energético Nacional 2018. Disponible en <https://n9.cl/kir5h>

IRENA. 2021. Evaluación del Estado de Preparación de las Energías Renovables – Paraguay. Disponible en <https://n9.cl/cx990>

Viceministerio de Minas y Energía. 2021. Reseña Energética - Consumo Final de Energía. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Disponible en <https://n9.cl/wa7mz>

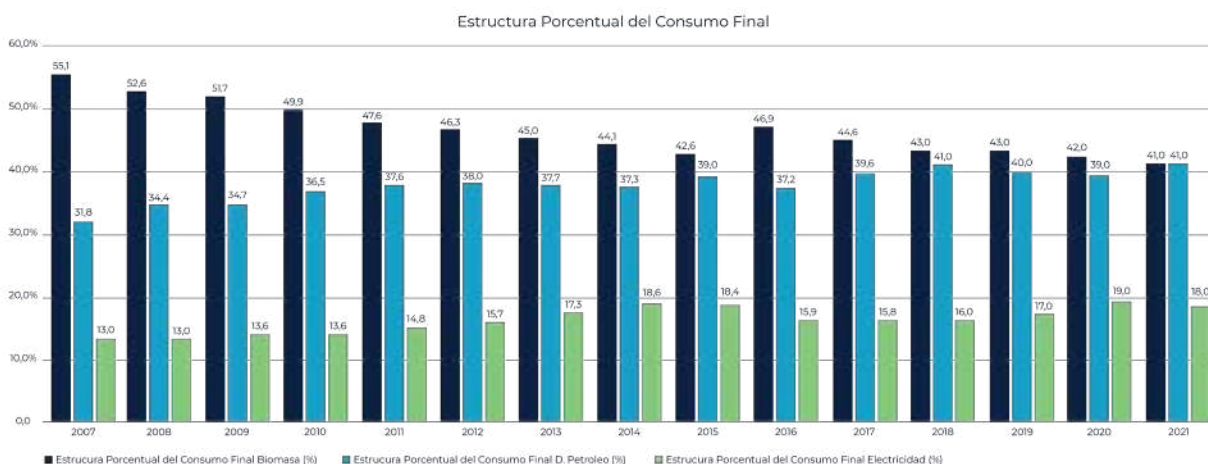
del sector público poseen una naturaleza jurídica binacional puesto que son las empresas que operan las centrales hidroeléctricas de ITAIPÚ (Paraguay/ Brasil) y Entidad Binacional Yacyretá (EBY) (Paraguay/ Argentina) (VMME, 2021).

Suministro de energía.

El suministro de energía en Paraguay está dominado principalmente por las hidroeléctricas y la biomasa, que representaron el 41 %, en ambos casos, del uso de energía en 2021. En el país, el suministro de energía se utiliza principalmente para la generación de energía y para la obtención de carbón vegetal y alcoholes (bioetanol). Durante el periodo 2010-2019, las exportaciones de electricidad representaron un promedio del 75,2 % de la producción total (IRENA, 2021).

En Paraguay, la estructura del consumo final de energía se caracteriza aún por una fuerte participación de la biomasa y productos derivados de la biomasa, mayoritariamente en el sector industrial y en menor medida en el residencial. Le siguen en participación los derivados del petróleo en el sector transporte y finalmente la electricidad en los sectores residencial, comercial, industrial y otros servicios (VMME, 2021).

Figura 1. Estructura porcentual de consumo final.



Fuente: Sistema de Información Energética Nacional (SIEN), de la Dirección de Recursos Energéticos Primarios del Viceministerio de Minas y Energía (2022).

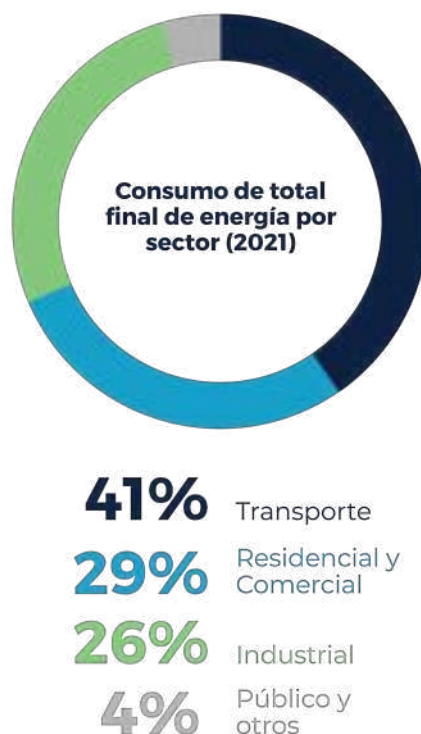
Consumo de energía

Los Balances Energéticos que tradicionalmente se elaboran en Paraguay están planteados en términos de energía final, por tanto, tienen la limitación de no hacer una evaluación de las reservas energéticas y no llegar a la etapa de energía útil. La energía final es aquella energía primaria o secundaria, que es utilizada directamente por los sectores socio – económicos. En resumen, es la energía tal cual “entra” al sector del consumo. Por otra parte, la energía útil es la energía realmente utilizada en los procesos energéticos finales, en razón de que no toda la energía que entra a un sistema consumidor es aprovechada y depende para cada caso de la eficiencia de los aparatos consumidores (VMME, 2019).

Figura 2. Consumo de energía por sectores 2021.

El principal sector consumidor en términos de energía es el sector Transporte con el 41%, en segundo lugar, se ubica el Residencial y Comercial con el 29% del total, seguidamente el sector Industrial con 26% y finalmente con participación mucho menor está el sector Público con 4% (Balance Energético Nacional, 2021).

Bajo el paradigma de que “la energía es un factor de crecimiento económico, desarrollo industrial y de progreso social, se hace indispensable que las políticas de Estado estén orientadas a atender las necesidades de energía de la población y de todos los sectores productivos, con criterios de calidad,



Fuente: Balance Nacional de Energía (2021).

Paraguay. 2016. Decreto N° 6.092/2.016 por el cual se Aprueba la Política Energética de la República del Paraguay. Disponible en <https://n9.cl/ipi30>
 Viceministerio de Minas y Energía. 2022. Balance Energético Nacional 2021. Disponible en <https://n9.cl/dhpol>
 Viceministerio de Minas y Energía. 2019. Balance Energético Nacional 2018. Disponible en <https://n9.cl/kir5h>
 Viceministerio de Minas y Energía. 2021. Anexo 2 Política Energética de la República del Paraguay. Disponible en <https://n9.cl/go443>

responsabilidad socio-ambiental y eficiencia” y se sustenta la necesidad de que el manejo de los datos energéticos se haga bajo un criterio amplio y abarcador en el cual se considere el comportamiento histórico y futuro del resto de los sectores que intervienen en la economía nacional (Balance Energético Nacional, 2021).

Tabla 2. Energía Facturada (MWh).

Energía Facturada					
Sector	Año				
	2014	2015	2016*	2017**	2018
Residencial	4.323.80	4.542.495	4.793.863	4.920.271	5.376.642
Comercial	1.781.483	1.892.526	1.929.452	0	0
Industrial	2.019.926	2.116.997	1.818.777	988.716	749.445
General	835.587	911.180	1.336.237	0	0
Gubernamental	602.124	632.737	643.475	457.253	401.080
Alumbrado Público	232.063	240.669	245.595	164.004	171.448
Otros	0	0	0	3.937.962	4.519.966
Diferencial	0	0	0	123.013	138.168
Alta tensión	0	0	0	554.503	594.360
Muy alta tensión	0	0	0	65.971	135.913
Electrointensivas	0	0	0	26.240	85.678
Total Nacional	9.794.563	10.336.604	10.767.398	11.237.933	12.172.700
Exportación	116.132	113.307	120.179	70.493	26.162
Total Nacional y Exportación	9.910.695	10.449.911	10.887.577	11.308.426	12.198.866

*En Septiembre/2016 aproximadamente 20.000 clientes industriales fueron transferidos al grupo de consumo general

** A partir del 2017, se considera la estructura de los grupos de consumo conforme al Pliego de Tarifas N° 21

Fuente: ANDE Resumen Estadístico 2014-2018.

ANDE, Dirección de Planificación y Estudios, División de Estudios y Gestión de Inversiones Departamento de Estudios Estadísticos. (2019). Resumen Estadístico 2014-2018. Disponible en <https://n9.cl/118vm9>.

Viceministerio de Minas y Energía. 2022. Balance Energético Nacional 2021. Disponible en <https://n9.cl/dhpol>



03

Valoración de los beneficios del acceso a certificaciones



3.1. Introducción

Las certificaciones ambientales son un instrumento que convalida o acredita que productos, servicios, procesos o sistemas se han llevado a cabo respetando las condiciones naturales del medio ambiente y conforme a la normativa ambiental que corresponda.

El principal objetivo de la certificación es educar a las partes interesadas acerca de los impactos ambientales que normalmente intervienen en las cadenas de producción con la finalidad de promover cambios en los patrones de consumo, y por consiguiente la reducción misma de estos impactos.

La importancia de las certificaciones radica en la existencia de una métrica a lograr por el emprendimiento, y una entidad verificadora que verifica y valida que el proyecto haya alcanzado dichas métricas para ser digno de la certificación, con su puntaje correspondiente. Esto previene el *green washing* o las pretensiones falsas, que ocurre en los casos donde el interesado define sus propias métricas y verifica el haberlas logrado, sin haber intervención de terceros evaluadores objetivos e imparciales.

El sector privado ha sido uno de los interesados en la obtención de dichas certificaciones, pues garantiza a las empresas el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales, ya sea por compensaciones de CO₂, reducciones de consumo energético, reducción en la generación de residuos, reducción en el consumo de agua, educación ambiental, cambio climático y otros parámetros ambientales, económicos y sociales.

Las certificaciones ambientales en las empresas representan una importante mejora en la competitividad, ahorro de costos y la protección y cuidado del medio ambiente como política establecida dentro de las empresa o responsabilidad social empresarial.



3.2. Normas Paraguayas de Construcción Sostenible

El Comité Técnico de Normalización CTN 55 “CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE” en conjunto con el Consejo Paraguayo de Construcción Sostenible (PYGBC – Paraguay Green Building Council) en calidad de Comité Técnico Descentralizado, ha elaborado una serie de Normas Paraguayas, que el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología – INTN – como Organismo Nacional de Normalización, tiene en calidad de Normativas Nacionales vigentes a la fecha, como documentos técnicos de aplicación voluntaria.

Este Comité ha desarrollado las Normas de:

- NP 55 001 14 “Construcción Sostenible: Sitio y Arquitectura”
- NP 55 002 15 “Construcción Sostenible: Recursos Materiales”
- NP 55 003 16 “Construcción Sostenible: Eficiencia en el uso del Agua”
- NP 55 004 16 “Construcción Sostenible: Calidad Ambiental Interior”
- NP 55 005 16 “Construcción Sostenible: Energía y Atmósfera”

INTN, Comité CTN 55, y CPyCS, 2016, Normas Paraguayas de Construcción Sostenible, Asunción.

Tomadas como conjunto, estas Normas abarcan todas las áreas que deben considerarse para lograr diseños y construcciones eficientes, teniendo en cuenta el uso racional y responsable de los recursos naturales nacionales, con el objetivo de que estos sean protegidos para las futuras generaciones del Paraguay y que, como generación actual, somos responsables de salvaguardar.

La Norma establece los requisitos generales que se deben cumplir en el campo de la construcción para crear condiciones de sostenibilidad. Los requisitos establecidos en estos documentos deben ser contemplados en todo el proceso de construcción, desde el diseño, la ejecución y la operación.

Con su implementación se busca que la innovación en la construcción represente una oportunidad para incorporar materiales fabricados de manera más respetuosa con el ambiente, permitiendo utilizar mejores técnicas constructivas capaces de conseguir construcciones más económicas o de realizar proyectos que no eran técnica o económicamente viables.

Período de retorno

Los Proyectos que han aplicado y obtenido los Incentivos Municipales a través de la aplicación de las mencionadas Normas, son en su mayoría edificios residenciales y algunos comerciales.

Se ha realizado el análisis detallado de las mejoras que se implementaron a los Proyectos y procesos de Obra de dos edificios residenciales, a fin de determinar las inversiones asociadas, así como los ahorros energéticos y de agua, y el plazo de retorno a la inversión asociada.

En ambos casos, las inversiones estuvieron asociadas a los siguientes factores, que no consideraban los proyectos originales:

- Utilización de materiales de terminación reflectivos en techos en contacto con el exterior
- Aislación térmica de muros exteriores y losas o techos de azotea
- Creación de volúmenes de almacenamiento de aguas pluviales
- Griferías sanitarias de bajo consumo
- Plan de Control de la Contaminación por las actividades de Obra
- Plan de Gestión de Residuos de Obra

- Ventilación para mejora de la calidad del aire interior
- Estacionamientos para bicicletas
- Previsión de alfombras para accesos a los edificios
- Mejora en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, o climatización, o ambos
- Priorización en la utilización de materiales más sostenibles

Estos edificios fueron construidos entre el 2019 y el 2022, a continuación, se presenta un resumen de los principales indicadores de los mismos:

Descripción	Área	Cantidad de unidades habitacionales	Ahorro de energía	Ahorro de agua	Ahorro de energía	Ahorro de agua
Proyecto / Unidad	m2	unidad	KWh/año	l/año	Gs/año	
Aquiles	2.905	18	80.160	5.771,3	34.910.482	30.784
The Station Las Mercedes	2.680	26	97.080	4.086,0	42.279.311	21.795

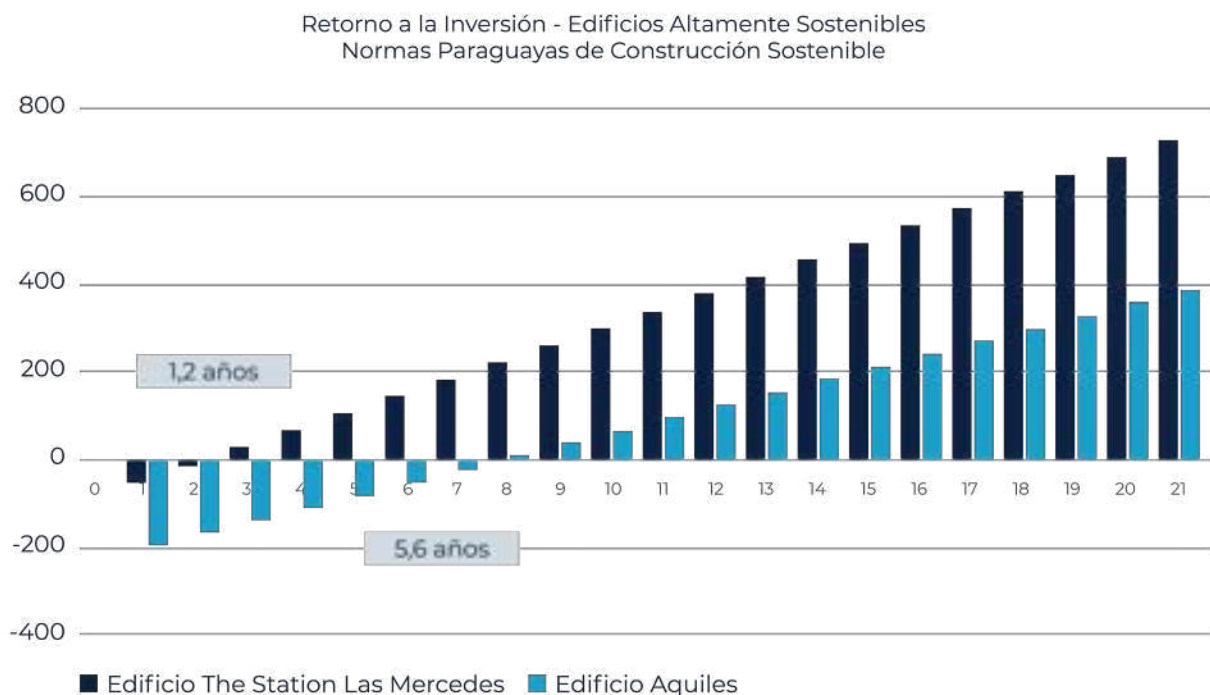
Puede verse que ambos tienen áreas de construcción similares. Los ahorros energéticos y de agua son los considerados en el análisis. Otros beneficios ambientales como la reducción de la huella de carbono, ahorros en inversiones de iluminación y mejora de la calidad ambiental, no han sido considerados.

Descripción	Área	Incidencia costos adicionales en presupuesto de obra	Ahorro en impuesto a la construcción	Inversión inicial - Ahorro en impuesto	Retorno a la inversión
Proyecto / Unidad	m2	%	Gs	Gs	años
Aquiles	2.905	4%	258.146.278	195.876.222	5,61
The Station Las Mercedes	2.680	3%	205.099.858	52.397.142	1,24

Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>

U.S. Green Building Council. 2022. LEED-certified green buildings. Disponible en <https://www.usgbc.org/leed>.

Figura 3. Retorno a la inversión para Proyectos Sostenibles según las Normas Paraguayas de Construcción Sostenible, en años.



Fuente: Elaboración ARKÉ 2022.

Como puede observarse, en ambos casos la incidencia de costos adicionales de las estrategias de sostenibilidad se mantiene entre un 3% y un 4%, y el ahorro en el impuesto a la Construcción en ambos casos es del 88% y 86% respectivamente, ya que ambos han sido Altamente Sostenibles en la categoría Residenciales.

El periodo de retorno es entre 5,6 y 1,2 años respectivamente. Este cálculo ha sido realizado utilizando la tarifa residencial del Pliego de Tarifas ANDE N° 21 vigente.



3.3. Certificaciones de Construcción Sostenible

Las Certificaciones de Construcción Sostenible son una validación de haber alcanzado cierto nivel de sostenibilidad, verificado por un equipo de tercera parte, que valida los logros alcanzados en las distintas áreas.

Existen numerosos sistemas de Certificación de Construcción Sostenible a nivel global que difieren en enfoque, tipo de construcción para el que están diseñados, alcance y áreas que evalúa. Algunas de las más reconocidas a nivel mundial son: BREEAM, LEED, Sites, EDGE, WELL, Fitwell, True, DGNB, entre otras.

Las principales Certificaciones de Construcción Sostenible aplicadas en la actualidad en Paraguay, son:

- Certificación Arandú Renda.
- Certificación LEED.
- Certificación EDGE.

Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>

U.S. Green Building Council. 2022. LEED-certified green buildings. Disponible en <https://www.usgbc.org/leed>.

ANDE. 2022. Pliego de Tarifas N° 21). Disponible en <https://www.ande.gov.py/docs/tarifas/PLIEGO21.pdf>

3.3.1 Certificación Arandú Renda

Fue creada por el Paraguay Green Building Council, a través de un Proyecto de Cooperación Triangular con la GIZ y el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. El esquema Arandú Renda se basa en las 5 Normas Paraguayas de Construcción Sostenible: Sitio y Arquitectura, Eficiencia en el uso del Agua, Recursos Materiales, Calidad Ambiental Interior y Energía y Atmósfera. A estas 5 normas se agregan criterios sociales, para completar el esquema de la Certificación.

La certificación Arandú Renda, está directamente enfocada a emprendimientos habitacionales, tanto a viviendas unifamiliares como edificios residenciales en altura.

Período de retorno

En relación a los Proyectos que han obtenido la Certificación Arandu, el primer proyecto en obtenerla es el Edificio Aquiles, ya que esta Certificación se ha iniciado en el año 2022, año de elaboración del presente material.

El análisis de las inversiones asociadas y periodo de retorno, ha sido desarrollado dentro del apartado anterior, es igualmente válido para la Certificación Arandu Renda, ya que no ha realizado inversiones adicionales para alcanzar la Certificación citada.

3.3.2. Certificación LEED

Las siglas LEED significan Líder en Eficiencia y Diseño Sostenible (Leadership in Energy and Environmental Design), es una certificación reconocida mundialmente, es de característica voluntaria y el sistema más difundido y reconocido de Construcción Sostenible a nivel Mundial. La misma es otorgada por el USGBC (United States Green Building Council) o Consejo de Construcción Verde de los Estados Unidos.

En la certificación LEED se validan los logros en las siguientes áreas: proceso integrado, ubicación y transporte, sitios sustentables, uso eficiente del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, innovación y prioridad regional.

El esquema de certificación presenta 110 puntos opcionales y entre 7 y 12 requerimientos obligatorios denominados prerrequisitos, según el programa a Certificar. Los Programas más utilizados, son: Nueva Construcción, Comercios, Escuelas y Colegios, Interiores Comerciales, Núcleo y Envolvente, Centros de Distribución, Instituciones de Salud, Construcciones Existentes: Operación y Mantenimiento. Para alcanzar los distintos niveles de Certificación, deben cumplirse con los requerimientos obligatorios y entre 40 y más de 80 puntos, según el nivel de Certificación que se busque alcanzar, el cual es voluntario optativo por el Propietario.

La inversión aproximada para hacer una obra mediana (entre 2.500 y 5.000 m² a construir) con Certificación LEED es de entre el 3% y el 7% más que una construcción convencional. Los ahorros que se obtienen con las estrategias indicadas en el esquema de Certificación LEED, hacen que los costos operativos de estos edificios sean menores, recuperándose esa inversión en un lapso de entre 3 y 5 años, luego de los cuales se ganan importantes sumas en ahorros anuales de operación de los emprendimientos.

Los beneficios de los Emprendimientos con Certificación LEED son, principalmente:

- Minimizan los impactos ambientales negativos de las actividades de obra y la utilización de recursos.
- Reducen la huella de carbono de las construcciones.
- Reducen los costos operativos entre un 30% y un 80% de ahorro en energía, entre un 20% y un 80% de ahorro en agua.
- Tienen mayor productividad por calidad del ambiente en los espacios ocupados.
- A nivel comercial, comunica una imagen de responsabilidad corporativa.
- Genera valor en la inversión a lo largo de su vida útil.
- Constituye un elemento diferenciador del mercado.
- Convalida el éxito por una entidad reconocida mundialmente.
- Contribuye a aumentar el conocimiento público, siendo un ejemplo para otros emprendimientos.

Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>

U.S. Green Building Council. 2022. LEED-certified green buildings. Disponible en <https://www.usgbc.org/leed>.

En el esquema LEED se tienen estrategias que contemplan tanto los procesos de obra, como la operación del emprendimiento, por lo que el esquema es muy sólido y holístico en su enfoque.

En Paraguay, los emprendimientos LEED se iniciaron en el año 2008, con un crecimiento exponencial desde el año 2016, debido a que se fueron identificando cada vez más sus grandes beneficios y pequeñas inversiones asociadas, por lo que más emprendimientos buscan que sus construcciones sean más sostenibles.

La Certificación LEED que empezó a implementarse en Paraguay fue la versión 2.2, y actualmente los proyectos en proceso de Certificación se encuentran implementando la versión 4. Existen en Paraguay más de 260.000 m² de áreas Certificadas LEED y en proceso de Certificación LEED, en las tipologías de edificios de oficinas, plantas industriales, emprendimientos comerciales, centros de distribución y edificios residenciales.

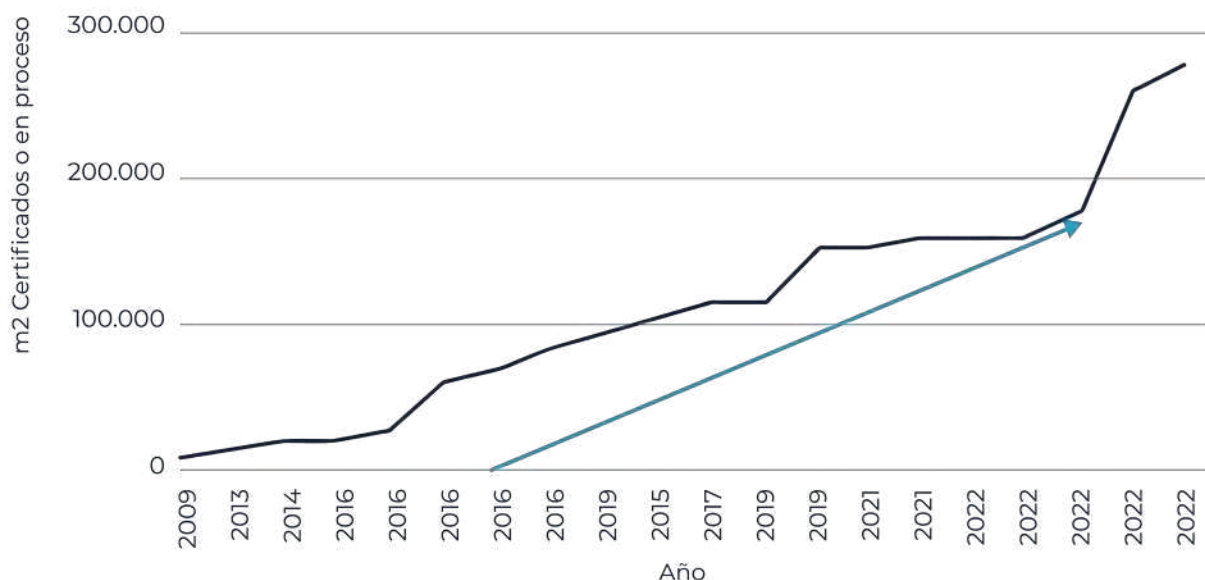


Tabla 3. Evolución de Emprendimientos LEED en Paraguay.

Evolución Emprendimientos LEED en Paraguay							
Emprendimiento	Tipo Certificación	Nivel	Tipo Emprendimiento	Registro	Certificado	Área de construcción	Área acumulada (m2)
Banco BBVA	New Construction v2.2	Certificado LEED Silver	Edificio Comercial	2009	2010	8.000	8.000
Blue Design América	New Construction v3	Certificado LEED Silver	Planta Industrial	2013	2016	6.890	14.890
Casa Matriz Mapfre Seguros Py	New Construction v3	Certificado LEED Silver	Edificio Oficinas	2014	2018	4.700	19.590
Sede de la Unión Europea	New Construction v3	Certificado LEED Gold	Edificio Oficinas	2016	2018	1.380	20.970
Dirección de Coordinación Itaipu	New Construction v3	en proceso LEED Silver	Edificio Oficinas	2016	en proceso	6.200	27.170
Complejo Industrial Guarambaré	New Construction v3	en proceso LEED Silver	Planta Industrial y CD	2016	en proceso	29.846	57.016
Edificio Hotel Holiday Inn Express	New Construction v3	Certificado LEED Platinum	Hotel	2016	2020	9.500	66.516
Centro de Distribución Unilever	New Construction v3	Certificado LEED Gold	Centro de Distribución	2016	2018	15.540	82.056
Casa Rica Mercado Gourmet	New Construction v4	Certificado LEED Certified	Edificio Comercial	2019	2021	8.993	91.049
Embajada de los EEUU	New Construction v3	en proceso LEED Silver	Edificio Oficinas	2015	en proceso	10.764	101.813
MDL Tower	Core and Shell v4	en proceso LEED Certified	Edificio Comercial	2017	en proceso	9.880	111.693
Edificio Residencial Tres Orquídeas	New Construction v4.1	en proceso LEED Silver	Edificio Residencial	2019	en proceso	3.400	115.093
Edificio Go Tower	New Construction v4	en proceso LEED Silver	Edificio Oficinas	2019	en proceso	32.000	147.093
Planta Industrial Indopar	Existing Buildings v4.1	Certificado LEED Platinum	Planta Industrial	2021	2022	1.400	148.493
Edificio Farmazona	New Construction v4	en proceso LEED Silver	Edificio Oficinas	2021	en proceso	6.334	154.627
Estación Enxé Rca. Argentina	New Construction v4	en proceso LEED Certified	Estación Servicio	2022	en proceso	576	155.203
Oficinas Corporativas ITTI	Commercial Interiors v4	en proceso LEED Certified	Oficinas Corporativas	2022	en proceso	4.585	159.788
Germany Packaging Industria Grafica	New Construction v4	en proceso LEED Certified	Planta Industrial	2022	en proceso	14.745	174.533
Aquabrava Barrio Residencial	Neighborhood Development	en proceso LEED Certified	Desarrollo Barrio 631.600	2022	en proceso	75.867	250.400
Torre 1 Distrito Perseverancia	Core and Shell v4	en proceso LEED Certified	Oficinas Corporativas	2022	en proceso	18.398	268.798
M2 LEED en PY:							268.798

Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>U.S. Green Building Council. 2022. LEED-certified green buildings. Disponible en <https://www.usgbc.org/leed>.

Figura 4. Evolución de Emprendimientos LEED en Paraguay.



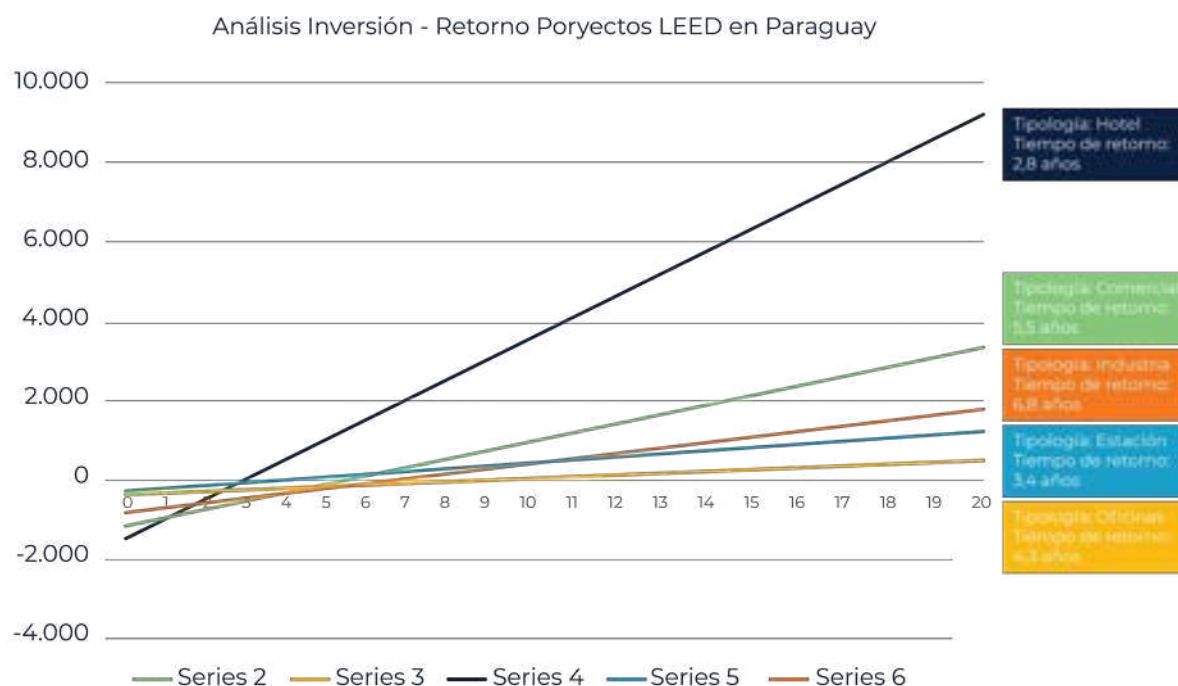
Período de retorno

Los Proyectos que han aplicado y obtenido la Certificación LEED, tienen diferentes programas y usos. Las tipologías de los Proyectos Certificados son: Edificios de oficina, Plantas Industriales, Emprendimientos Comerciales, Centro de Distribución y Hotelería.

Se ha realizado el análisis detallado de las mejoras que se implementaron a los proyectos y procesos de obra, incluyendo también las consultorías y costos de Certificación de los Proyectos, con lo cual se determinó las inversiones asociadas, así como los ahorros energéticos y de agua, y el plazo de retorno a la inversión asociada.

A continuación, se presenta el resumen del tiempo de retorno a la inversión, únicamente considerando el ahorro energético, y no los demás ahorros:

Base de datos ARKÉ, 2022. <https://arke.com.py/>

Figura 5. Retorno de Emprendimientos LEED en Paraguay

En todos los casos, el periodo de retorno oscila entre los 2,8 y 6,8 años. La inversión asociada depende en cada caso de la línea de base planteada para el proyecto, de la meta de nivel de Certificación que el propietario busca en cada caso, y de la selección que realiza cada propietario de las estrategias que considera prioridad para su Proyecto.

3.3.3. Certificación EDGE

La Certificación EDGE es una Certificación de Edificios Sostenibles creada y avalada por el IFC (International Finance Corporation) del Banco Mundial, y el GBCI (Green Business Certification Inc, la misma entidad que certifica LEED). Fue creada para agilizar el proceso de evaluación de proyectos, ya que incluye un software de estimación rápida de ahorros energéticos, de agua y energía incorporada en los materiales.

Base de datos ARKÉ, 2022. <https://arke.com.py/>

Para calificar dentro de la Certificación, un edificio debe lograr una reducción de 20% en el consumo de energía y agua, y en energía incorporada en los materiales, en comparación con un edificio convencional. EDGE funciona en una gran variedad de edificios residenciales y comerciales, nuevos y existentes, en más de 140 países, incluyendo casas y apartamentos, hoteles y centros turísticos, edificios de oficinas, hospitales, establecimientos comerciales, y edificios de educación.

La interfaz de EDGE permite un fácil modelado del rendimiento futuro sin sacrificar la integridad del diseño. EDGE es útil para todas las etapas del ciclo de vida del Proyecto desde su concepción, diseño y construcción.

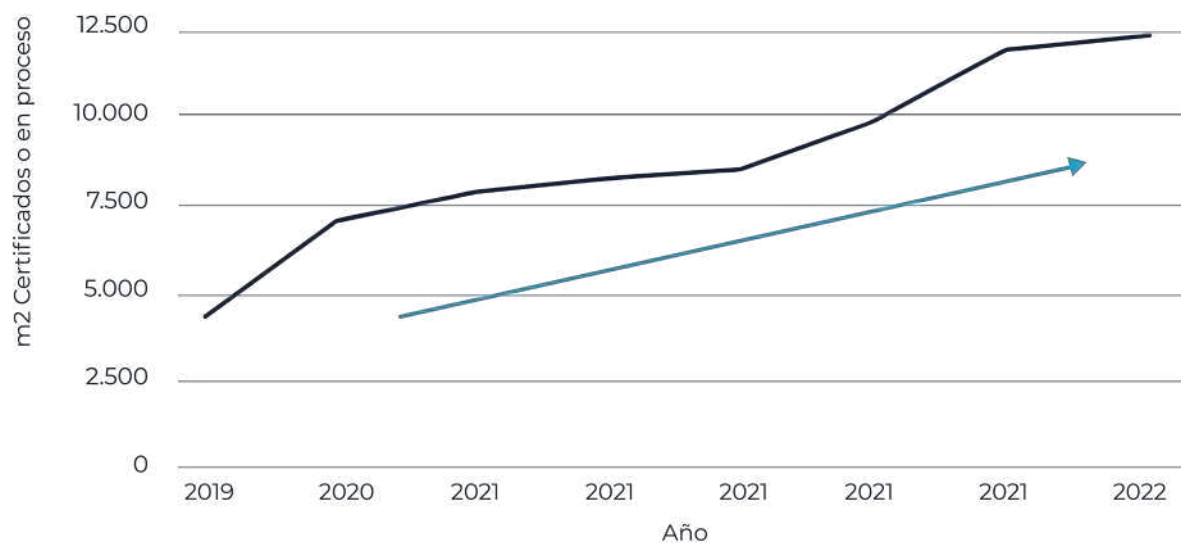
La Certificación EDGE se inició en Paraguay en el año 2019, avanzando rápidamente en poco tiempo, contando actualmente con aproximadamente 15.000 m2 Certificadas EDGE y obras en proceso de Certificación EDGE.

Tabla 4. Evolución de Emprendimientos EDGE en Paraguay.

Evolución Emprendimientos EDGE en Paraguay							
Emprendimiento	Tipo Certificación	Nivel	Tipo Emprendimiento	Registro	Certificado	Construcción m2	m2 acumulados
Supersels Japón	Nueva Construcción	EDGE Certified	Edificio Comercial	2019	Obtenida 2021	4.206	4.206
Edificio The Station Las Mercedes	Nueva Construcción	EDGE Advanced	Edificio Residencial	2020	en proceso	2.673	6.879
Edificio Dumot Construcciones	Nueva Construcción	EDGE Advanced	Edificio de Oficinas	2021	Obtenida 2022	800	7.679
Casa ALMA	Nueva Construcción	EDGE Advanced	Vivienda Unifamiliar	2021	Obtenida 2022	436	8.115
Lapecho Roga	Nueva Construcción	EDGE Certified	Vivienda Unifamiliar	2021	Obtenida 2022	300	8.415
Oficinas Corporativas L'Acerie	Nueva Construcción	EDGE Certified	Edificio de Oficinas	2021	en proceso	1.300	9.715
Edificio Labau	Nueva Construcción	EDGE Certified	Edificio Residencial	2021	en proceso	1.983	11.698
Patachoca MP ECO	Nueva Construcción	EDGE Certified	Salón de ventas	2022	en proceso	220	11.918
Edificio The Station Morra I	Nueva Construcción	EDGE Certified	Edificio Residencial	2022	en proceso	2.456	14.374
Edificio The Station Morra II	Nueva Construcción	EDGE Certified	Edificio Residencial	2022	en proceso	2.410	16.784
M2 EDGE en PY:							16.784

Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>
 Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE). <https://edgebuildings.com/?lang=es>

Figura 6. Evolución de Emprendimientos EDGE en Paraguay.



Base de datos ARKÉ. 2022. <https://arke.com.py/>
 Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE). <https://edgebuildings.com/?lang=es>



04

Análisis del mercado constructivo nacional



4.1 Introducción.

La construcción, como actividad, debido a su alto impacto, consume enormes cantidades de materia prima en todo el mundo. Los materiales utilizados, como el hierro, el cemento, las arcillas y otros, son elementos fundamentales para la base constructiva de las edificaciones y viviendas.

Las actividades de extracción, procesamiento y puesta en obra de los diferentes insumos utilizados en la construcción ocasionan una importante degradación en el medio natural, un alto consumo de energía y de agua potable, generando además como resultado de los procesos, gases de efecto invernadero que contribuyen a aumentar los efectos del cambio climático, así como también cantidades innumerables de residuos que vuelven a la naturaleza, ocasionando contaminación de cursos de agua, aire y suelo.

De manera a reducir los efectos negativos de las actividades constructivas, se debe actuar conscientemente en toda la cadena, desde el momento de la proyección hasta el desmantelamiento. Por lo tanto, la solución no radica en evitar las actividades constructivas, sino en buscar e identificar maneras de reducir o minimizar sus impactos sobre el entorno.



4.2 Los materiales tradicionales.

En los inicios constructivos modernos de Paraguay, era costumbre utilizar de la mejor y más variada manera aquellos recursos que estaban disponibles, de manera a lograr una buena adecuación al clima, y se buscaban también aquellas técnicas que permitían sumar materiales, agua, energías y vegetación a la arquitectura.

Las condiciones favorables de disponibilidad de recursos propiciaron que hasta hoy en día más del 95% de la población se asiente en la región Oriental, ofreciendo hasta hace unas décadas una cubierta boscosa que permitía una selección variada de materia prima para la construcción, entre otras posibilidades.

Por otro lado, las poblaciones del Chaco estaban caracterizados por pueblos indígenas con métodos constructivos ancestrales; sin embargo, la llegada de colonos menonitas alrededor del año 1927, logró un importante desarrollo de nuevas estrategias constructivas, de manera a adecuarse a las condiciones hostiles de clima chaqueño.

Ríos Cabrera Silvio, 2016, Arquitectura y ciudad sostenibles: imitando los ciclos naturales, Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Nacional de Asunción, Serie Cuadernos 7, San Lorenzo, Paraguay.

Así mismo, la composición básica de las construcciones actualmente a nivel país se dividen de la siguiente manera:

- Muro/Pared: compuesto de cerramientos exteriores verticales, cuya función principal consiste en proteger el interior de los agentes externos, ejemplo: temperaturas altas o bajas, el agua (lluvia), el viento y los ruidos. La conformación de los mismos se divide de la siguiente manera:
 - Cara interior: el muro que queda hacia el interior de la construcción.
 - Cara exterior: el muro que queda expuesto al exterior de la construcción y protege a la misma de las inclemencias del clima.

Los muros son usualmente de ladrillos comunes y de tipo hueco, y el interior revocado, terminados por pinceladas de pintura. Así también se utilizan materiales como cemento puzolánico, aislantes térmicos, placas Durlock, arena, entre otros.

- Techo: dependiendo de la construcción, suele estar dividido en partes llamadas “agua”, que consiste en las caídas de techo que se tendrá; éstas tienen la función de hacer que el agua de lluvia se drene. La conformación se expresa de la siguiente manera:
 - Basamento: es la base sobre la cual va montado el resto del techo y que queda visible al interior de la construcción.
 - Cubierta: es la parte superior y visible que queda expuesta al exterior.

Entre los materiales de construcción más utilizados actualmente en Paraguay, para el techo, son:

- Tejas.
- Tejuelones.
- Chapas galvanizadas.
- Losetas de cerámica armada.
- Otros elementos de soporte estructural de madera (ya escasos).
- Prefabricados de hormigón armado o hierro, muy utilizados actualmente. La idea de recurrir a elementos de hormigón armado y/o hierros surge del agotamiento de las maderas autóctonas utilizadas hasta recientemente para los soportes estructurales en las construcciones.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, no todos los materiales disponibles en el mercado actual son idóneos para dar respuesta a las demandas ambientales cada vez más exigentes, sin embargo, con un diseño adecuado de construcción, con los materiales disponibles, se puede lograr un proyecto más económico, confortable y eficiente, aunque se presente como un desafío.

4.3 Contenido energético y ciclo de vida de los materiales.

En el mundo, el 40% de las materias primas son destinadas para la construcción, así como también el 17% del agua potable, 10% de la tierra y el 25% de la madera cultivada. Debido a todos estos consumos, el sector constructivo es el responsable de más de un tercio del consumo de energía en el mundo, incluyendo la etapa de uso del inmueble. Un 20% de la energía es consumida durante el proceso de construcción, elaboración de materiales y demolición de las obras de construcción (Acevedo et al., 2012).

El contenido energético es la cantidad de energía que es necesaria para la fabricación y suministro de un producto, material o servicio desde la extracción de la materia prima hasta su destino final.

Un material con energía incorporada extremadamente alta, es el hormigón armado, por ejemplo, ya que, al fabricarse el cemento, se liberan a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ tanto en la etapa de calcinación como en la quema de combustibles fósiles en los hornos. Además, se le debe agregar la explotación de arenas y piedras, la armadura de hierro y el transporte hasta la obra, todo esto causa un excesivo consumo de energía y un importante impacto en el medio ambiente.

Al igual que el hormigón armado, otros materiales, como la cerámica, los ladrillos y el plástico, también requieren grandes cantidades de energía para fabricarse, ya que para que los mismos puedan ser utilizados en procesos constructivos, primeramente, deben ser extraídos en su etapa mineral y tratarse en procesos energéticamente intensivos.

Ríos Cabrera Silvio, 2016, Arquitectura y ciudad sostenibles: imitando los ciclos naturales, Facultad de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Nacional de Asunción, Serie Cuadernos 7, San Lorenzo, Paraguay.

Acevedo, H.; Vásquez, A.; Ramírez, D. 2012. Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. (En línea). Medellín, CO: Gestión y ambiente, vol. 15, num 1, Febrero – Mayo, 105 – 117p. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101009.pdf>

En Paraguay, uno de los materiales de construcción más utilizados desde hace décadas son los ladrillos comunes, y si bien presenta consumo de energía durante todo su proceso productivo, existe un importante consumo de energía en la etapa de horneado o cocción del ladrillo, sin importar la tecnología aplicada para tal fin.

Como esta etapa consiste en la quema de leña para cocción o uso de energía eléctrica, con una temperatura constante de entre 90 C a 1000 C por 24 a 48 horas, es la etapa en donde mayor energía se consume y, por consiguiente, mayor emisión de gases.

A continuación, un cuadro resumen del consumo energético de diferentes hornos para cocción de ladrillos.

Tabla 5. Parámetros de eficiencia de hornos utilizados en la producción de ladrillos (Action, 2021).

Tipos de hornos	Tipos de energía	Uso de energía (MJ/KG ladrillo cocido)	Eficiencia energética (%)
Horno tradicional	Biomasa	3,0 - 8,0	10 - 28
Horno intermedio	Carbón, coque	2,0 - 4,5	19 - 42
Horno de eje vertical	Carbón	0,8 - 1,4	60 - 100
Horno túnel	Acelte, gas	1,5 - 2,0	45 - 56
Horno escocés	Biomasa	1,5 - 7,0	12 - 59

En el cuadro anterior se observa que la eficiencia energética en la mayoría de los hornos, no alcanza ni el 60%; lo que demuestra que la producción actual de materiales de construcción es bastante ineficiente.

Así también, diferentes tipos de materiales presentan consumos energéticos variados; a continuación, se presenta un cuadro resumen del consumo de energía por m² de algunos de los materiales de construcción más utilizados a nivel país actualmente:

Díaz-Lezcano, Maura Isabel, Mendieta-Agüero, Reinaldo Andrés, Aparicio-Meza, María José, & Ramírez-Ortega, Jorge David. 2021. Consumo de leña en olerías durante la etapa de cocción de ladrillos en el distrito de Tobatí, Paraguay. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2021.008.03.075>. Action, P. 2012. Producción de ladrillo a pequeña escala: Cuestión de energía. Disponible en www.practicalaction.org. Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE). 2018. Guía de materiales referenciales. Disponible en <https://n9.cl/y0bkk>.

Tabla 6. Consumo energético por material.

Consumo energético de los materiales convencionales	
Material	Consumo energético (MJ/m ²)
Muro de ladrillo de 15 cm.	1616
Muro de ladrillo de 30 cm.	725
Losa de H ¹ A ² de 20 cm de espesor	1148
Techo de chapa	812
Techo de tejuelonos y tejas	574
TOTAL	4875

Fuente: Manual Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE), 2018.

Así mismo, y a manera de contrastar la diferencia de consumo se presenta un cuadro resumen del consumo de energía de algunos materiales sostenibles:

Tabla 7. Consumo energético por material.

Consumo energético de los materiales convencionales	
Material	Consumo energético (MJ/m ²)
Bloque de Hormigón celular	174
Muros de tapial	43
Losa de hormigón en formato casetonado	568
Techo de chapa tipo sándwich	268
Suelo cemento	125
Tejas de cemento prefabricadas	110
TOTAL	1288

Fuente: Manual Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE), 2018.

Como se observa en los cuadros comparativos, existe una diferencia importante entre el consumo energético de los materiales convencionales y los sostenibles, en este caso de hasta 3587 MJ/m².

Los impactos ambientales asociados al uso de energía para la fabricación de materiales, el transporte, la puesta en obra de los mismos, el uso de las construcciones y la demolición son significativos y diversos, desde generación de residuos de todo tipo, contaminaciones de recursos

Excellence in Design for Greater Efficiencies (EDGE). 2018. Guía de materiales referenciales. Disponible en <https://n9.cl/y0bkk>.
SEAM/PNUD. 2017. Plan Nacional de Mitigación ante el Cambio climático y los programas de acción. Disponible en <https://n9.cl/6c08a>.

naturales y alteraciones irreversibles al medio natural, por estos motivos es que continuamente se están buscando nuevas alternativas, tecnologías y métodos constructivos cada vez más sostenibles.

4.4 Cambio de paradigmas.

Desde hace unas décadas los efectos del cambio climático y la degradación ambiental se han hecho cada vez más evidentes, por lo que se reformularon una serie de conceptos en el ámbito constructivo, desde el diseño, la materia prima y su método de extracción, el transporte, la puesta en funcionamiento y el desempeño ambiental de las construcciones.

Se empezaron a considerar el proceso como un todo y la influencia de los materiales y el diseño, teniendo en cuenta el consumo de energía, el uso del agua, el ingreso de luz natural, la incidencia en la calidad del aire en base a la vegetación que se preserva o aquella que es incorporada y las reducciones de CO₂, como medidas mitigativas al cambio climático.

Este cambio de visión o paradigma se basa en considerar lo que antes eran residuos resultantes de la construcción y operación del edificio, hoy en día deben ser tratados de forma a que los mismos pasen a integrar de nuevo los elementos originales, aproximándose a un modelo que se denomina de “cero” emisiones de CO₂.

De manera a comparar las emisiones de CO₂ de los diferentes tipos de materiales expuestos anteriormente, se realiza un análisis mediante una metodología cuantitativa, en donde resultados numéricos reflejan el impacto que produce la utilización de los mismos en la construcción. Está metodología es la huella de carbono, la cual se traduce en la cuantificación de los distintos gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera durante la producción y puesta en obra de los materiales de construcción, medidos en kilogramos o toneladas de emisiones de CO₂ equivalentes producidas, que incluye los 6 gases de efecto invernadero del Protocolo de Kioto.

De acuerdo a esas emisiones se puede determinar qué tan grande es el impacto que ocasiona la utilización de materiales constructivos y optar por otros mejorados que ayuden a disminuir ese impacto.

A continuación, se presenta los resultados del análisis realizado:

Tabla 8. Emisiones de CO₂ eq. por material.

Materiales convencionales		
Material	Kg de CO ₂ eq.	Observación
Muro de ladrillo de 15 cm.	3,1	Para 1m ² de material
Muro de ladrillo de 30 cm.	6,2	Para 1m ² de material
Losa de H ² A ² de 20 cm espesor	40	Para 1m ² de material
Techo de chapa	20	Para 1m ² de material
Tejas y tejuelones	31,8	Para 1m ² de material (16 a 28 unidades por m ²) (francesas 16 unidades y teja española 28 unidades por m ²).

Materiales sostenibles		
Material	Kg de CO ₂ eq.	Observación
Ladrillos de H ² celular	20	Para 1m ² de material
Muros de tapial	50	Para 1m ² de material. Se consideraron ladrillos de tierra comprimida o extrusionada de 150mm de espesor.
Losa de hormigón en formato casetonado	40	Para 1m ² de material. Losa hueca de hormigón/concreto de 165mm de espesor.
Techo de chapa tipo sándwich	1,6	Para 1m ² de material. Paneles sándwich con núcleo EPS.
Suelo cemento	0,2	Para 1m ² de material. Se consideró mortero de cemento portland + arena blanca + arena calcio.

Fuente: Análisis realizado en Software OneClick.

Como se observa en el cuadro comparativo, las emisiones iniciales de CO₂ para algunos de los materiales sostenibles es mayor a los convencionales, sin embargo, se debe considerar que para alcanzar una construcción sostenible no se consideran solo los materiales, sino también un conjunto de prácticas, formas, recursos y técnicas que al juntarse alcanzan el objetivo en común, un proyecto eficiente desde todos los aspectos. A continuación, se detallan algunos.



4.4.1 Uso de recursos locales.

Una de las estrategias para optimizar el desempeño y reducir los impactos de la construcción, es la utilización de materiales de fabricación local. La importancia de utilizarlos radica en que se reduce no solo una importante cantidad de energía en el transporte, sino también las emisiones de CO₂, ya que, a mayor distancia, mayor uso de combustibles y aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además de lo anterior, otra ventaja de contar con materiales regionales a disposición es el ahorro económico que esto significa, al reducirse costos de traslado y la utilización de mano de obra regional preparada y con conocimientos sobre los materiales locales, no hay necesidad de realizar inversiones extras.

En nuestro país, los materiales hechos a partir de arcilla, como las tejas y los ladrillos, son producidos en gran cantidad debido a la demanda de los mismos, por lo que existe también una cantidad importante de fábricas dedicadas a la producción de los mismos.

Tobatí (Departamento de Cordillera), por ejemplo, es un distrito cuya economía gira en torno a la producción y comercialización de ladrillos, siendo la principal fuente de trabajo para pobladores locales y aledaños. También se tiene en Chaco í y en Itauguá reconocidas fábricas de cerámica que se

SEAM/PNUD. 2017. Plan Nacional de Mitigación ante el Cambio climático y los programas de acción. Disponible en <https://h9.cl/6c08a>.

Díaz-Lezcano, Maura Isabel, Mendieta-Agüero, Reinaldo Andrés, Aparicio-Meza, María José, & Ramírez-Ortega, Jorge David. 2021. Consumo de leña en olerías durante la etapa de cocción de ladrillos en el distrito de Tobatí, Paraguay. Disponible en <https://dx.doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2021.008.03.075>.

ocupan de la fabricación de tejas, tejuelones, ladrillos y otros materiales constructivos.

Como se analizó anteriormente, los hornos de cocción tradicionales utilizados en el país, solo alcanzan un máximo de 28% de eficiencia energética; sin embargo, el Proyecto de Eficiencia Energética en ladrilleras artesanales de América Latina para Mitigar el Cambio Climático (EELA, 2011), ha demostrado que a la tecnología de hornos tradicionales, si se realizan acciones de mejoramiento de proceso, conformación de la pasta, en la eficiencia de la combustión, en la introducción de nuevos elementos en su diseño para disminuir las pérdidas de calor y con una capacitación de todo el personal que opera la misma; se puede incrementar la eficiencia energética en no menos de un 30%, lo que equivaldría al ahorro de toneladas de combustible anuales y la no emisión de gases de efecto invernadero.

Esto demuestra que, existe la disponibilidad de fábricas productoras y proveedoras de materiales que pueden renovar y mejorar los sistemas que actualmente utilizan para la fabricación de materiales. Así mismo, la localización de las mismas en zonas aledañas a la capital y otros puntos del país es ideal cuando se tiene en cuenta la reducción de costos y energía consumible en lo que a traslado a obra se refiere.



4.4.2 Sistemas de construcción de bajo impacto.

Una estrategia importante y cada vez más utilizada es la incorporación de construcciones de bajo impacto, que es básicamente un sistema que no genera un impacto negativo al medio natural. Por lo tanto, se lo puede definir como un sistema modernizado que se enfoca en procesos, materiales y diseños sostenibles, sin dejar una huella negativa en los ecosistemas naturales, o en todo caso, reducirla al mínimo posible.

La visión de un sistema de construcción de bajo impacto se sustenta en los siguientes criterios:

- Elección adecuada para la localización de los proyectos constructivos de manera general.
- El diseño, basado en la obtención de confort y disminución del consumo energético mediante la adecuación de la edificación al medio donde será construido.
- La implementación de ecotecnologías.
- La elección de los materiales, desde su extracción hasta su demolición.

A su vez, los criterios mencionados anteriormente, se basan en las siguientes vías:

a. Disponibilidad de materia prima: Contar con la cantidad de materiales necesarios y a la vez que sean los adecuados para la tarea de construcción de bajo impacto. En este contexto, los mismos deben poseer las siguientes características:

EELA. 2011. Eficiencia energética en ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático. Disponible en https://www.cooperacionsuiza.pe/wp-content/uploads/2019/03/fc_eela.pdf

- Maderas certificadas: provenientes de bosques certificados y gestionados sustentablemente.
- Bioplásticos: elaborados a partir de polímeros naturales.
- Materiales biodegradables (en un periodo corto de tiempo): cartón, corcho, bambú, etc.
- Materiales de baja energía incorporada: desde su extracción, transporte, manufactura, uso y fin de vida.
- Materiales producidos localmente, mencionado en el apartado anterior.
- Materiales reciclables.
- Traslado a obra: para reducir el consumo energético, transportar materiales desde centros cercanos al sitio de la obra o en casos alejados, trasladar los mismos en lo posible en un solo viaje.

b. La vuelta a la tradición constructiva: conservada en muchas comunidades rurales, con base en los procesos artesanales tradicionales ya arraigados en las sociedades. Los materiales y sistemas constructivos de bajo impacto se centrarían en construcciones con materiales locales aprovechados en su forma natural. Se centra en el contexto social y el uso de técnicas en la producción de materiales con base en la reutilización y conservación de los recursos:

- Máximo provecho a la vegetación: crear espacios más verdes, ecológicos y saludables.
- Uso racional del agua: durante la etapa de construcción, el agua es aprovechada de manera responsable, sin desperdicios, cuidando pérdidas en las canillas y/o mangueras, etc.
- Recursos materiales naturales: aprovechados en su estado natural, como la roca, o mejorados mediante procesos mecánicos, como la arcilla.

c. La gestión del proceso a partir de sistemas constructivos prefabricados: estos deben ser ligeros y modulares, que permitan el montaje, desmontaje y reutilización de los materiales. De esta forma se reduce la producción de residuos durante el proceso de construcción de la obra.

Si bien estas estrategias pueden verse de manera inalcanzables en algunos casos, la idea es ir aplicándolas de manera gradual hasta alcanzar los niveles de sostenibilidad aceptables y deseables.



05

Descripción de tipologías de construcción

5.1. Introducción

La condición climática del Paraguay tiene características de los climas sub tropicales, donde las condicionantes principales son:

- La importante incidencia solar, con un promedio de 300 días de sol al año, y una radiación anual promedio de 1725 kWh/m², y
- Las altas temperaturas, donde el promedio es de 25°C, con temperaturas máximas medias que rondan los 32°C a 34°C, y mínimas medias que rondan los 20 a 23 °C.

La construcción tradicional en Paraguay usualmente ha tenido en cuenta las condiciones citadas, considerando amplias galerías y aleros para evitar la radiación solar directa sobre los espacios ocupados, las paredes exteriores de gran espesor para mejorar el acondicionamiento pasivo y reducir el ingreso de calor a los espacios interiores, los techos altos con ventanas altas, para favorecer la salida de aire caliente en las zonas superiores, y la estratificación del aire con las capas más frías de aire en las zonas inferiores que son las zonas ocupadas. De esta forma, se garantizaba el confort térmico del ocupante, sin la necesidad de recurrir a sistemas de climatización mecánica o inclusive en los casos donde se colocaban sistemas mecánicos, lograr que los mismos requieran ser encendidos pocas horas al día.

En los últimos años, la construcción en Paraguay ha ido adoptando características de Proyectos de otros sitios del mundo (con otras características climáticas), los cuales no han sido adaptados a las condiciones climáticas paraguayas. Es así que pueden observarse hoy en día construcciones con enormes fachadas vidriadas orientadas hacia las disposiciones más desfavorables, sin protecciones de sombras o vidrios de control solar. Estas características corresponden a Proyectos de climas del Hemisferio Norte, donde se busca aumentar la incidencia solar y absorción de calor del sol hacia el interior. Existen también otros ejemplos de edificaciones que, contruidos en Paraguay, sin ser adaptados a las características climáticas locales, no son agradables de ocupar por el bajo nivel de confort térmico, y no son sostenibles de mantener por los altos costos operativos que implica mantener permanentemente climatizados dichos espacios.

Fuente: Arké, 2022.

La Construcción Sostenible busca adaptar los proyectos y obras a las características locales, priorizando la utilización de materiales locales de bajo impacto ambiental, con bajo impacto en cuanto al uso de energía y agua en su proceso de fabricación, y bajo impacto en la distancia y forma de transporte de los materiales desde su fabricación hasta los sitios de obra.

Un análisis de las características de materiales a utilizar, así como los sistemas activos de iluminación, ventilación, climatización, agua caliente sanitaria, motores y bombas, puede resultar en un emprendimiento con un importante ahorro energético, y su consiguiente reducción en los costos operativos, que pueden representar el 75% del costo total de un emprendimiento.



5.2. Tipología Residencial

Los espacios residenciales, ya sean unifamiliares o multifamiliares, tienen un enorme potencial de mejora en cuanto a eficiencia energética.

Usualmente, las viviendas convencionales consideran en sus paredes exteriores muros de ladrillo común, con espesor de 11 cm más revoques, con transmitancias térmicas de alrededor de 3,5 W/m².°K (vatios), lo cual

hace que el factor dimensionante – el calor- ingrese en muy poco tiempo a los espacios ocupados, y genere condiciones de discomfort térmico a los usuarios de las viviendas o espacios residenciales. Este valor puede bajar a aproximadamente $1 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{K}$, mediante material aislante o cambio de tipo de material, reduciendo en forma importante la ganancia de calor a través de las paredes de la vivienda o departamento.

Los techos usualmente son de tejuelones y tejas, apoyadas en tirantes y vigas de madera u H°A° (Hormigón Armado), con valores de transmitancia térmica de alrededor $3,2 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{K}$. En los edificios residenciales se utilizan generalmente techos de losa sin aislación térmica o techos de chapa en algunos casos con aislación térmica. Este valor puede bajar a aproximadamente $0,6 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{K}$, mediante material aislante o cambio de tipo de material, reduciendo de forma importante la ganancia de calor a través de los techos de la vivienda, hotel o edificio residencial.

Es usual la falta de presencia de elementos de sombra como aleros, galerías, pieles u otros elementos que reduzcan la incidencia directa del calor sobre la vivienda o edificio residencial.

La iluminación artificial convencional tiene una densidad promedio de $7,3 \text{ W/m}^2$ con lámparas convencionales de alto consumo que además generan calor en los espacios. Como referencia, una iluminación residencial eficiente tiene una densidad promedio de $3,4 \text{ W/m}^2$, por lo que, con cambios en la distribución y tipología de luminarias y lámparas, se tiene una oportunidad de mejora en el consumo energético de 53% (aprox.).

Los sistemas de climatización convencionales son del tipo split, los cuales tienen la desventaja que trabajan al 100% de su capacidad o se apagan, por lo cual los compresores tienen corta vida útil por los constantes ciclos de arranque-parada, además de consumir más energía eléctrica, ya que tienen un coeficiente de eficiencia de aproximadamente 2,8 COP (Coefficient of Performance, por sus siglas en inglés). Los sistemas de climatización individuales eficientes, tienen la posibilidad de trabajar según necesidad, a porcentajes de su carga completa, con lo cual se evitan los arranques y paradas constantes, y se puede ahorrar en el consumo de energía eléctrica, con coeficientes de eficiencia de aproximadamente 5,0 COP.

Fuente: Arké, 2022.

Es usual la falta de sistemas naturales o mecánicos de ventilación. La ventilación efectiva, ocurre debido a las filtraciones de aberturas al exterior, tanto puertas como ventanas. Esto puede generar tasas de ventilación mayores a las necesarias y discomfort térmico por la entrada de corrientes de aire caliente en verano o aire frío en invierno.

Un elemento de uso importante de energía en la tipología residencial es el agua caliente. Se consume una importante cantidad de energía en el calentamiento del agua, por lo que, en esta tipología, es relevante tener en cuenta el tipo de equipamiento que realizará el calentamiento de agua. Los sistemas convencionales consideran duchas eléctricas y calefones eléctricos. Los sistemas más eficientes energéticamente son los calefones solares, ciertos calentadores instantáneos eficientes y calefones eléctricos de alta eficiencia.



5.3. Tipología Oficinas Corporativas

En los espacios de oficina, el principal uso de energía se da en: la climatización de los espacios, la iluminación de los mismos, y el uso de equipamiento eléctrico como computadoras, pantallas, televisores, impresoras y otros

Fuente: Arké, 2022.

equipos de oficina. El consumo principal usualmente es el de climatización de espacios.

En Paraguay, es usual que los espacios de oficina tengan sistemas de climatización con gran potencia, la cual puede reducirse entre un 20 y un 50% con un cuidadoso análisis y aislación de la envolvente. La envolvente son las paredes, techos y pisos en contacto con el exterior. Las superficies en contacto con el exterior en las oficinas convencionales son con baja o nula aislación térmica. Usualmente, se consideran en sus paredes exteriores muros de ladrillo hueco de espesores de 20 cm o 30 cm, con transmitancias térmicas de alrededor de $3 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{K}$, lo cual hace que el factor dimensionante – el calor- ingrese en muy poco tiempo a los espacios ocupados, y genere condiciones de discomfort térmico a los usuarios de los espacios de oficinas usualmente ocupados. Este valor puede bajar a aproximadamente $1 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{K}$, reduciendo en forma importante la ganancia de calor a través de las paredes de los espacios de oficina.

Los techos usualmente son losas de Hormigón Armado, sin aislaciones térmicas, con valores de transmitancia térmica de alrededor $2,1 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{K}$. En los edificios de oficinas, este valor puede bajar a aproximadamente $0,4 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{K}$, mediante material aislante o cambio de tipo de material, reduciendo de forma importante la ganancia de calor a través de los techos del edificio.

Es usual la falta de presencia de elementos de sombra en superficies vidriadas, que permitan el ingreso de luz natural, pero limiten el acceso de la incidencia directa y el calor asociado. Es importante considerar en los proyectos elementos de sombra como ser aleros, galerías, pieles u otros elementos que reduzcan la incidencia directa sobre las fachadas más desfavorables como la oeste, norte y este.

La iluminación artificial convencional es en promedio de $6,7 \text{ W/m}^2$, con lámparas convencionales de alto consumo que además generan calor en los espacios. Como referencia, una iluminación eficiente, tiene una densidad promedio de 5 W/m^2 , por lo que, con cambios en la distribución y tipología de luminarias y lámparas, se tiene una oportunidad de mejora en el consumo energético de 26% (aprox.).

Fuente: Arké, 2022.

Los sistemas de climatización convencionales son del tipo split, los cuales tienen la desventaja que trabajan al 100% de su capacidad o se apagan, por lo cual los compresores tienen corta vida útil por los constantes ciclos de arranque-parada, además de consumir más energía eléctrica, ya que tienen un coeficiente de eficiencia de aproximadamente 2,8 COP (Coefficient of Performance, por sus siglas en inglés). Los sistemas de climatización individuales eficientes, tienen la posibilidad de trabajar según necesidad, a porcentajes de su carga completa, con lo cual se evitan los arranques y paradas constantes, y se puede ahorrar en el consumo de energía eléctrica, con coeficientes de eficiencia de aproximadamente 5,0 COP.

Es usual la falta de sistemas naturales o mecánicos de ventilación. Es de vital importancia considerar la inyección de aire exterior filtrado a los espacios ocupados usualmente, ya que los niveles de oxígeno bajan dramáticamente cuando los funcionarios o empleados se encuentran en un mismo aire sin renovación durante 8 horas que dura en promedio la jornada laboral. La ventilación puede darse en forma natural o mecánica, pero es importante considerarla y regularla, para tener un buen balance entre calidad de aire interior y consumo de energía.

Un uso importante de energía en la tipología de oficinas se da en los equipamientos. Estos equipamientos pueden ser computadoras, pantallas de salas de reuniones, cargadores de teléfonos, micrófonos o parlantes, cafeteras, heladeras, microondas, sistemas de calentamiento de agua para consumo y otros. Es fundamental que se tenga en cuenta la eficiencia energética de estos equipamientos, ya que forman parte importante del consumo total, y si no se tienen en cuenta sus consumos, estos pueden llegar inclusive a ser más importantes que los de climatización o iluminación. En caso de que las oficinas tengan equipamientos pre-existentes, debe considerarse una planificación de reemplazo gradual, para asegurar que a medida que vayan llegando al final de su vida útil, sean reemplazados por equipos de alta eficiencia.

Fuente: Arké, 2022.



5.4. Tipología Industrial

Las Plantas Industriales tienen un balance muy diferente en el consumo de energía, donde la carga de procesos industriales consume aproximadamente entre el 50 y el 60% de la energía total, los sistemas de climatización consumen aproximadamente el 30%, y la iluminación consume aproximadamente el 10% restante.

En Paraguay, es usual que los espacios ocupados por los empleados de fábricas y emprendimientos industriales no estén climatizados y tampoco tengan aislación térmica, con lo cual los mismos trabajan en verano a temperaturas mayores a los 40°C, en condiciones de discomfort térmico y con un bajo rendimiento laboral.

Los techos de los emprendimientos industriales usualmente son de chapa sin aislación térmica, por lo tanto, tienen valores de transmitancias térmicas cercanos a promedios de 5,4 W/m²K, con el enorme ingreso de calor que esto significa. Un techo con aislación de poliestireno expandido (tipo placa

Fuente: Arké, 2022.

sándwich), puede bajar el valor de transmitancia térmica en un promedio de $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Las condiciones interiores de los espacios con aislación térmica requerirán mucha menos energía para ser climatizados, y aunque no sean climatizados, tendrán como promedio 5 o más grados Celsius de diferencia interior, que en el caso de techos de chapa sin aislación térmica.

Adicionalmente, es importante considerar que la terminación exterior en contacto con el sol sea reflectiva, con colores blancos o claros, para asegurar la reflexión de las ondas del sol, evitando el efecto isla de calor y reduciendo aún más el calor que ingresa a las áreas interiores.

En el caso de las paredes al exterior, es usual la utilización de muros exteriores de ladrillo hueco con espesor de 20 cm, con valores de transmitancia térmica cercanos a los $3 \text{ W/m}^2\text{K}$, y el consiguiente ingreso de calor. Estos muros, de contar con una aislación térmica, pueden bajar su transmitancia térmica a aproximadamente $1 \text{ W/m}^2\text{K}$, reduciendo el calor que ingresa a las zonas ocupadas.

La iluminación artificial convencional tiene una densidad promedio de $13,7 \text{ W/m}^2$, con lámparas convencionales de alto consumo que además generan calor en los espacios. Como referencia, una iluminación eficiente tiene una densidad promedio de $3,7 \text{ W/m}^2$, por lo que, con cambios en la distribución y tipología de luminarias y lámparas, se tiene una oportunidad de mejora en el consumo energético de 73% (aprox.).

De contar con ellos, los sistemas de climatización convencionales son del tipo individual, Rooftop, o sistemas de agua fría tipo Chillers. Varios de estos sistemas tienen potencia fija y algunos pueden variar según el requerimiento y las condiciones térmicas tanto exteriores como interiores. Al momento de dimensionar los sistemas de climatización debe tenerse en cuenta la ganancia de calor desde el exterior, la generación de calor de los funcionarios trabajando, así como el calor liberado por los equipamientos industriales, los cuales en algunos casos pueden llegar a ser altos. En las plantas industriales convencionales el factor de eficiencia puede variar bastante según el sistema que utilicen.

Fuente: Arké, 2022.

En algunos emprendimientos convencionales del tipo industrial se tienen criterios de extracción de aire, con lo cual la inyección ocurre naturalmente por diferencia de presión. Es importante que haya renovación de aire, sobre todo en los casos donde se manejen productos químicos, para asegurar un buen nivel de oxígeno y bajo nivel de contaminantes. Los criterios de calidad del aire establecidos por la Legislación Nacional deben asegurarse.

Un uso importante de energía en los emprendimientos Industriales, es por parte de los equipamientos. Estos equipamientos pueden ser maquinarias industriales, cortadoras, lavadoras, centrifugadoras, etc., según el tipo de industria al que se refiere. Es fundamental que se tenga en cuenta la eficiencia energética de los equipamientos industriales, ya que forman parte importante del consumo total, y si no se tienen en cuenta sus consumos, no podría alcanzarse la eficiencia energética. En caso que las industrias tengan equipamientos adquiridos anteriormente, debe considerarse una planificación de reemplazo gradual para asegurar que a medida que vayan llegando al final de su vida útil, sean reemplazados por equipos de alta eficiencia.

Fuente: Arké, 2022.



5.5. Tipología Comercial

En la tipología comercial se incluyen los supermercados, mercados, shoppings center y otros comercios de grandes superficies. Los análisis energéticos se tendrán en cuenta principalmente para la sub tipología de supermercados.

Los emprendimientos comerciales tipo supermercados, tienen como consumidor principal los sistemas de frío industrial para la climatización de alimentos frescos y congelados; y en los casos en los que hay producción de alimentos, la energía utilizada en procesos productivos como hornos, freidoras, planchas, parrillas, entre otros. El principal consumo de energía eléctrica se da en la producción de alimentos, y en forma secundaria en los sistemas de frío industrial y de climatización.

En Paraguay es usual que los espacios ocupados por los comercios no cuenten con aislación térmica, con lo cual se utiliza una gran cantidad de energía para refrigerar los espacios y mantenerlos dentro de rangos de confort térmico.

Las paredes en contacto con el exterior están constituidas por muros de ladrillo hueco con espesor de 20 cm, con valores de transmitancia térmica cercanos a los 3 W/m²°K, y el consiguiente fácil ingreso de calor al interior de la edificación. Con una aislación térmica, pueden bajar su transmitancia térmica a aproximadamente 1 W/m²°K, reduciendo drásticamente el calor que ingresa a las zonas ocupadas.

Los techos de los emprendimientos comerciales usualmente son de chapa y no cuentan con aislación térmica, por lo tanto, tienen valores de transmitancias térmicas cercanos a promedios de 5,4 W/m²°K, con un enorme ingreso de calor. Un techo con aislación de poliestireno expandido (tipo placa sándwich), puede bajar el valor de transmitancia térmica en un promedio de 0,7 W/m²°K. Las condiciones interiores de los espacios con aislación térmica requerirán mucha menos energía para ser climatizados, y aunque no sean climatizados, tendrán como promedio varios grados Celsius menos que en el caso de techos de chapa sin aislación térmica.

Adicionalmente, es importante considerar que la terminación exterior en contacto con el sol sea reflectiva, con colores blancos o claros, para asegurar la reflexión de las ondas del sol, evitando el efecto isla de calor y reduciendo aún más el calor que ingresa a las áreas interiores.

La iluminación artificial convencional tiene una densidad promedio de 8,5 W/m², con lámparas convencionales de alto consumo que además generan calor en los espacios. Como referencia, una iluminación eficiente, tiene una densidad promedio de 6,7 W/m², por lo que, con cambios en la distribución y tipología de luminarias y lámparas, se tiene una oportunidad de mejora en el consumo energético de 21% (aprox.).

Los sistemas de climatización convencionales son usualmente del tipo Rooftop, algunas veces dimensionados según un balance térmico adecuado que considera las aislaciones térmicas de la envolvente, las fuentes internas de calor y la ocupación fija y variable del emprendimiento comercial. En los comercios, el factor de eficiencia puede variar bastante según el sistema que utilicen.

Fuente: Arké, 2022.

En los emprendimientos convencionales del tipo comercial, usualmente no se tienen criterios de inyección de aire desde el exterior, lo cual se da en este tipo de emprendimientos en forma natural y no controlada a través de puertas abiertas al exterior y otras aberturas.

Un uso importante de la energía en los emprendimientos comerciales se da por parte de los equipamientos para producción de alimentos. Es fundamental que se tenga en cuenta la eficiencia energética de los equipamientos comerciales, ya que forman parte importante del consumo total; si no se tienen en cuenta sus consumos no podría alcanzarse la eficiencia energética. En caso de que los comercios tengan equipamientos adquiridos anteriormente, debe considerarse una planificación de reemplazo gradual, para asegurar que a medida que vayan llegando al final de su vida útil, sean reemplazados por equipos de alta eficiencia.



06

Análisis de factores que influyen en la eficiencia energética



6.1 Introducción

La eficiencia se define como: “nivel de logro en la realización de objetivos por parte de un organismo con el menor coste de recursos o máxima consecución de los objetivos para un nivel dado de recursos”.

La energía es un recurso indispensable para promover el desarrollo humano: es imprescindible para crear capacidades y aprovechar las oportunidades que trae consigo el desarrollo. La energía hace posibles las inversiones, la innovación y las nuevas industrias que son los motores de la creación de empleo y del crecimiento para economías enteras. Así mismo, el ODS 7, energía asequible y no contaminante, uno de los 17 ODS que conforman la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, plantea metas en relación a esfuerzos enfocados a el uso de fuentes de energía sostenibles y limpias, de manera a hacer frente al cambio climático (Banco Mundial, 2018; PNUD, 2020).

La transformación del sector energético es uno de los grandes retos a los que se enfrenta el mundo teniendo en cuenta que se trata del sector que más emite gases de efecto invernadero y principal responsable del cambio climático.

Los científicos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), alertan de la peligrosidad del calentamiento global producto de la actividad humana. La mitigación del cambio climático, en especial el antropogénico, está en la agenda de todos los gobiernos.

En este contexto en el que los países han dado un paso al frente para luchar contra el cambio climático se destaca una serie de factores y datos que ayudan a entender las tendencias del sector energético mundial:

- El sector energético representa alrededor del 60% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- La demanda de energía aumentará, debido fundamentalmente al crecimiento de la población y de la actividad económica.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

- Los precios bajos del petróleo, que han ayudado a reducir los subsidios a los combustibles fósiles, aumentarán paulatinamente a medida que se absorba la sobreoferta actual.
- Crecen las energías renovables. Casi la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica mundial es renovable. La Agencia Internacional de Energía estima que en 2040, la generación basada en energías renovables alcanzará una proporción del 50% en la UE, en torno al 30% en China y Japón, y más del 25% en Estados Unidos y la India.
- Se incrementa la presión regulatoria en materia de eficiencia energética.

Los sistemas de energía que representan el mayor porcentaje de consumo y consecuentemente mayor impacto tienen en la eficiencia energética de cualquier obra edilicia, están representados por los siguientes:

- Acondicionamiento pasivo de la envolvente
- Sistemas de climatización y ventilación.
- Sistemas de iluminación.
- Sistemas de cargas internas y/o procesos.
- Sistemas de agua caliente sanitaria.

A continuación, se describen detalladamente cada uno de los sistemas arriba mencionados:

6.2 Acondicionamiento pasivo de la envolvente

La envolvente de cualquier construcción es la superficie que divide el exterior, de los espacios interiores. La envolvente de cualquier edificación, es un factor clave para lograr la eficiencia energética, ya que es la que permite el intercambio de calor entre los espacios exteriores y los espacios interiores, usualmente ocupados.

La envolvente está conformada por distintos elementos, como ser:

- Elementos de sombra, tales como “pieles” arquitectónicas, parasoles, persianados, aleros, y otros dispositivos arquitectónicos que arrojen sombras a la superficie exterior.

Fuente: Arké, 2022.

- Muros exteriores, superficies vidriadas, aberturas al exterior.
- Techos en contacto con el exterior, tragaluces en los techos, otras superficies exteriores planas o con pendientes.

Según la configuración que se considere para los elementos de la envolvente, depende en gran medida la eficiencia energética que logre una edificación, cualquiera sea su tipología.

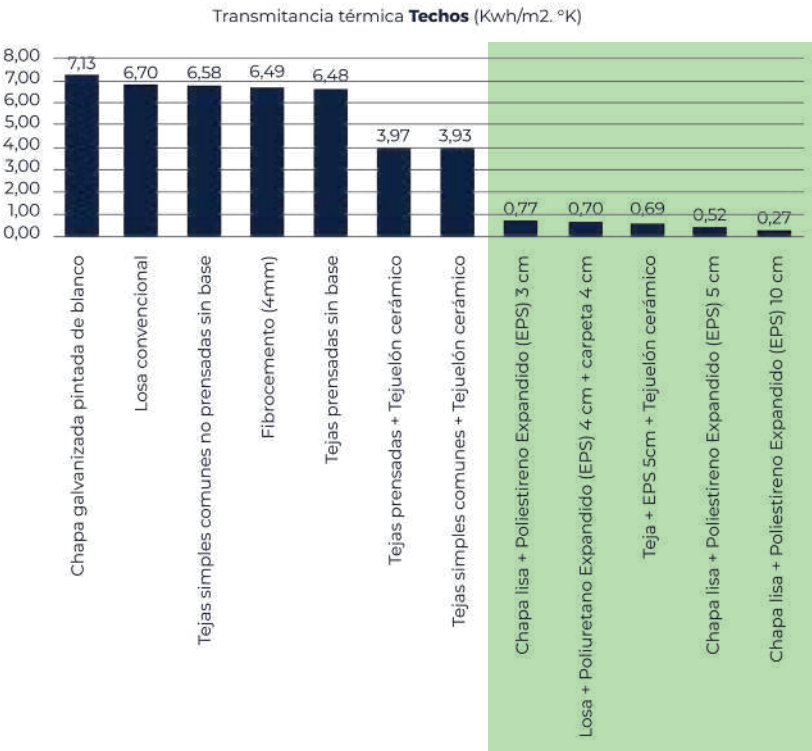
La construcción convencional en nuestro país, no considera específicamente la envolvente como un factor determinante a analizar, ya que usualmente solo se cumplen con los criterios mínimos requeridos por los Municipios respectivos, sobre todo en cuanto a espesores mínimos y resistencia mecánica, sin analizar la enorme importancia de la envolvente en las condiciones térmicas y acústicas de los interiores.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Se ha realizado un análisis comparativo entre los elementos más comunes de envolventes utilizados en el Paraguay, donde pueden verse las enormes diferencias en niveles de transmisión de calor o transmitancia térmica, como puede verse a continuación:

Análisis comparativo de valores de transmitancia de configuraciones de Techo:

Figura 6



Fuente: Arké, 2022.

Los valores de la tabla anterior muestran el enorme espectro de opciones que existen y lo grandes que son las diferencias entre unos materiales de techos y otros, ya que los menos aislantes, transmiten casi 30 veces más calor que los materiales aislantes.

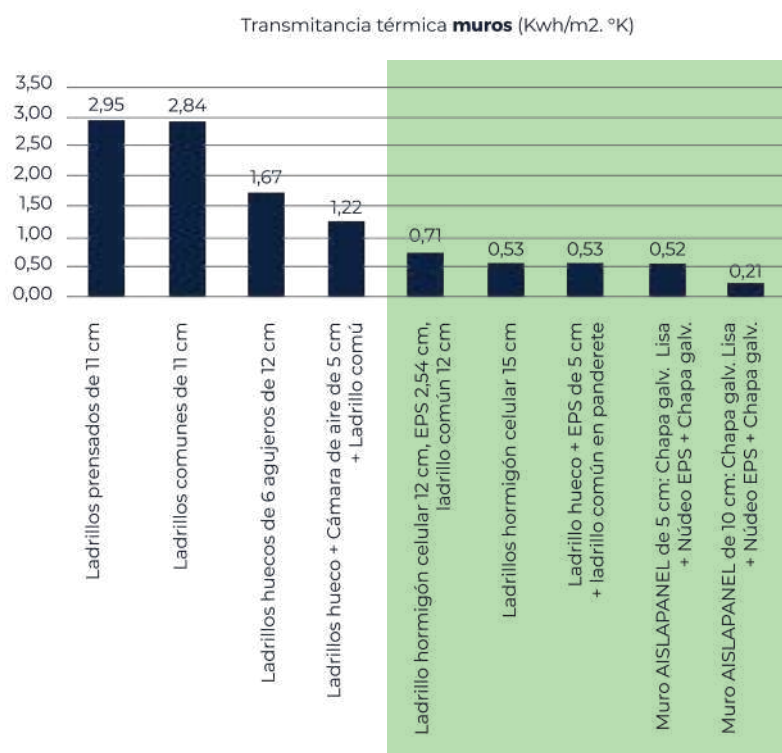
Para comparar con valores referenciales, se tiene que la Norma Paraguaya de Construcción Sostenible NP 55 005 16 “Energía y Atmósfera”, establece

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

un valor máximo de 0,83 kWh/m².°K, para la transmitancia de techos. La Certificación LEED compara las edificaciones con los valores referenciales de la Normativa ASHRAE 90.1-2010, con valores de transmitancia de 0,36 kWh/m².°K para superficies de techo. De la tabla anterior, puede verse que solo los valores marcados, estarían cumpliendo con el criterio de transmitancia de los respectivos sistemas referenciales.

Análisis comparativo de valores de transmitancia de configuraciones de muros:

Figura 7



Fuente: Arké, 2022.

Los valores de la tabla anterior muestran la enorme variación existente entre distintos materiales usuales de construcción, ya que los menos aislantes, transmiten más de 14 veces el calor que los materiales aislantes.

Para comparar con valores referenciales, se tiene que la Norma Paraguaya

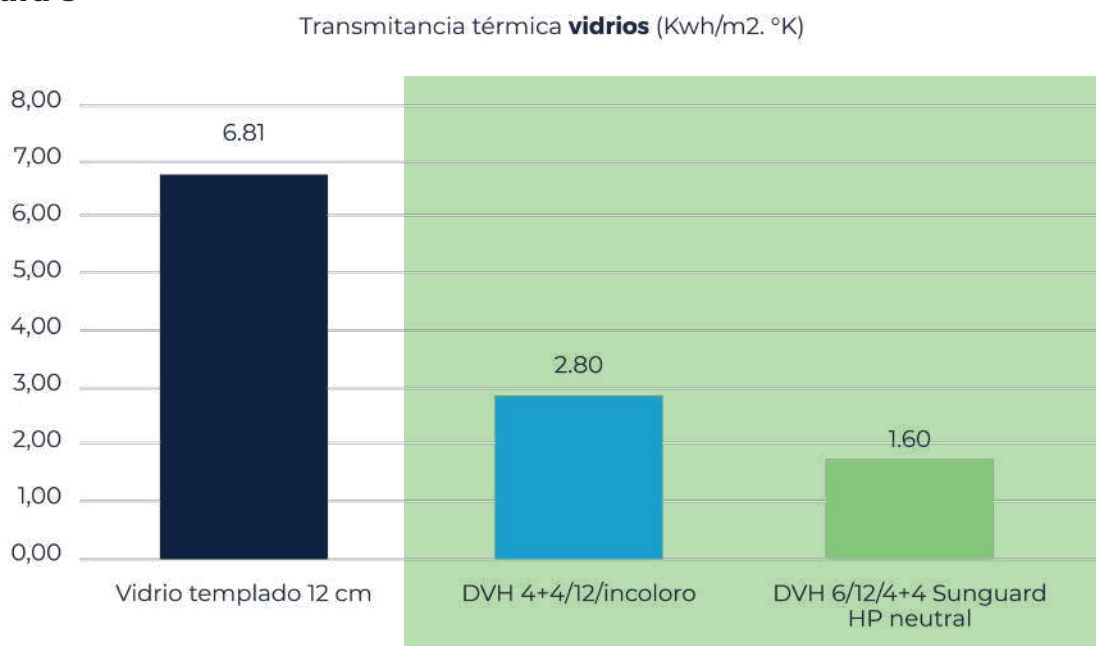
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC, pp 27.

de Construcción Sostenible NP 55 005 16 “Energía y Atmósfera”, establece un valor máximo de 1 kWh/m².°K, para la transmitancia de muros exteriores. La Certificación LEED compara las edificaciones con los valores referenciales de la Normativa ASHRAE 90.1, con valores de transmitancia de 0,705 kWh/m².°K para superficies de muros exteriores. De la tabla anterior, puede verse que solo los valores marcados en verde, estarían cumpliendo con el criterio de transmitancia de los respectivos sistemas referenciales.

Análisis comparativo de valores de transmitancia de configuraciones de vidrios:

Figura 8



Fuente: Arké, 2022.

Para comparar con valores referenciales, se tiene que la Certificación LEED compara las edificaciones con los valores referenciales de la Normativa ASHRAE 90.1, con valores de transmitancia de 2,8 kWh/m².°K para superficies vidriadas. De la tabla anterior, puede verse que solo los valores marcados, estarían cumpliendo con el criterio de transmitancia de los respectivos

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

sistemas referenciales.

Realizando un análisis exhaustivo del impacto de la envolvente en la Eficiencia Energética, se tiene que una buena envolvente, reduce drásticamente la demanda en climatización lo que conlleva a ahorros de entre un 44% (análisis viviendas unifamiliares) y un 87% (análisis edificio hotel) de energía requerida para la climatización de los espacios, según emprendimientos paraguayos analizados con Simulaciones Energéticas, construidos y en operación. Estos resultados se obtienen analizando únicamente distintas opciones de envolventes, sin considerar todavía las medidas de eficiencia energética que se desarrollan en los siguientes ítems (sistemas activos).

6.3 Sistemas de climatización y ventilación

Un sistema de calefacción, refrigeración y ventilación (HVAC, por sus siglas en inglés) lo forman los siguientes componentes:

a. Un generador de calor que puede estar formado por:

- Agua caliente de distrito (Una red de District heating).
- Una caldera eléctrica o de combustible para generar agua caliente.
- Unos radiadores eléctricos.
- Una Bomba de Calor (BdC) aire/agua o aire/aire o una BdC Geotérmica.
- Una Bomba de calor aire/refrigerante sistemas multisplit o de tipo VRV o VRF.
- Una bomba de calor compacta tipo Roof-Top o similar.
- Unos paneles solares térmicos.

b. Un generador de frío que puede estar formado por:

- Agua fría de distrito (Una red de District cooling).
- Una enfriadora de agua (Chiller) condensada por agua de torre o condensada por aire para dar agua fría a las unidades terminales y climatizador de aire primario.
- Una Bomba de Calor (BdC) aire/agua o aire/aire o una BdC Geotérmica.
- Una Bomba de calor aire/refrigerante sistemas multisplit o de tipo VRV

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

o VRF.

- Una bomba de calor o planta enfriadora compacta tipo Roof-Top.
- Una máquina de absorción acoplada a una instalación de Paneles solares térmicos.

c. Circuitos hidráulicos para los sistemas de agua, compuesto de bombas para el movimiento del agua, tuberías para el transporte y baterías de intercambio.

d. Un circuito de aire en sistemas todo aire y aire de ventilación, compuesto por un climatizador, conductos de distribución y difusores.

f. Circuito de tuberías de refrigerante en sistemas Split y VRV.

g. Unidades terminales que pueden estar formadas por:

- Radiadores/suelo radiante en sistemas de calefacción y suelo “refrescante” en sistemas de refrigeración.
- Difusores de aire de techo, suelo.
- Fan-Coils, Inductores, vigas frías.
- Unidades interiores. Evaporadoras/Condensadoras.

1.1. Diseño de los sistemas de HVAC

1.1.1. Sistemas todo aire

Las instalaciones para el acondicionamiento de aire tienen una gran incidencia en el diseño y la explotación del edificio debido por un lado a los espacios que ocupan y por otro a los costes tanto de instalación como de explotación que suponen.

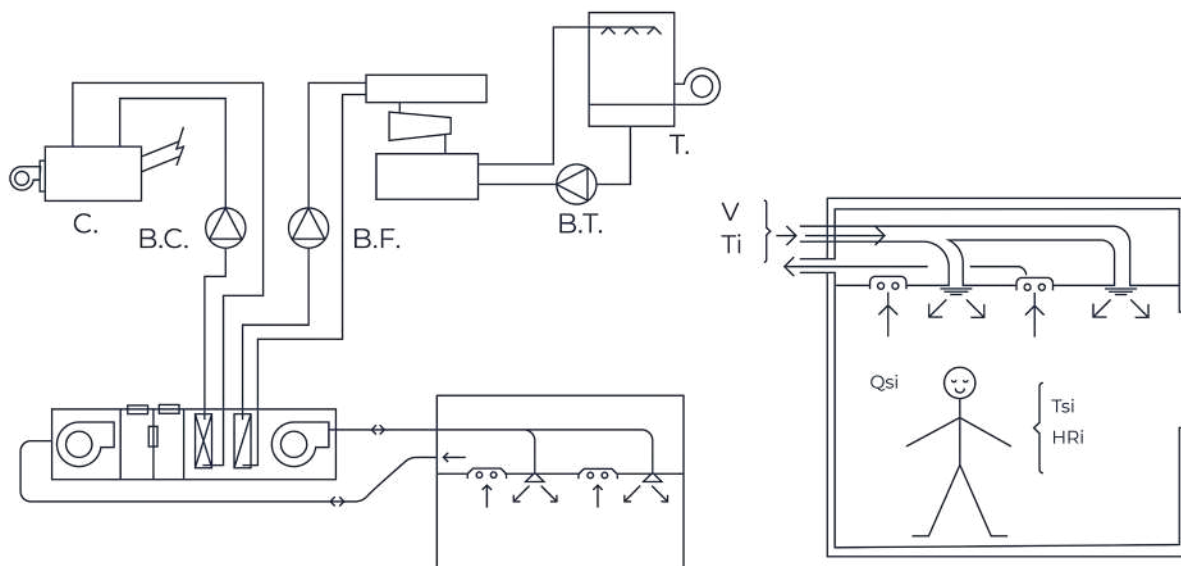
Sin atender a clasificaciones, en este apartado vamos a describir el diseño de los sistemas más utilizados en la actualidad.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
 Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Sistema todo aire VTCV (Caudal de aire constante)

Los sistemas todo-aire reciben ese nombre debido a que todas las necesidades de refrigeración y calefacción se consiguen exclusivamente mediante aire impulsado al local.

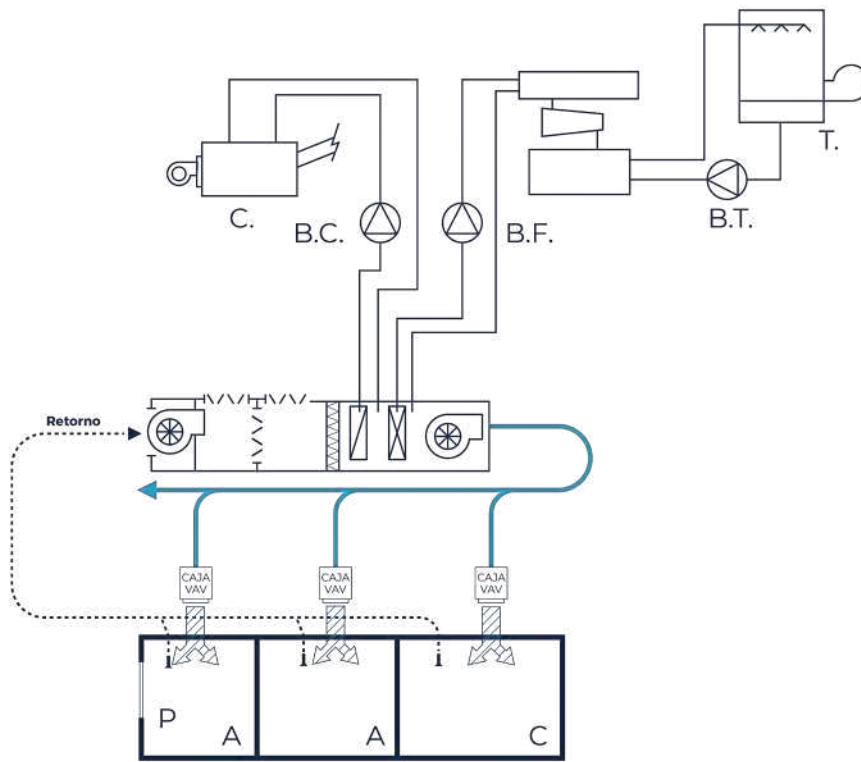
Habitualmente están constituidos por una unidad de tratamiento de aire central, (U.T.A.) donde se prepara el aire a las condiciones adecuadas para la climatización, una red de conductos hacia los locales, y un sistema de difusión o emisión de aire a los locales. También existe una red de conductos de retorno hacia la UTA, para tratar el aire de los locales, que se ha viciado por la actividad humana fundamentalmente.



Sistema todo aire caudal constante

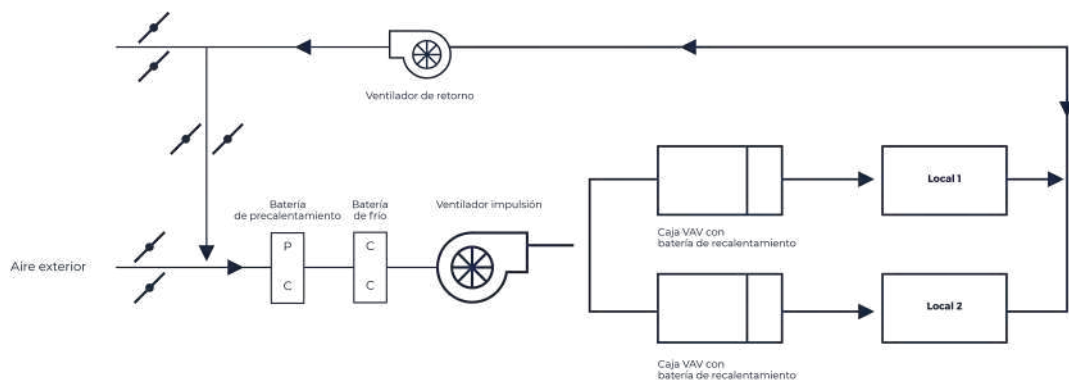
Sistema todo aire VAV (caudal de aire variable)

Las cajas de distribución de caudal variable se disponen en cada uno de los locales con cargas diferentes.



Sistema todo aire caudal variable

Las cajas de volumen variable pueden disponer de un sistema de recalentamiento en las cajas de distribución.



Sistema todo aire caudal variable con recalentamiento

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Sistema todo aire tipo rooftop

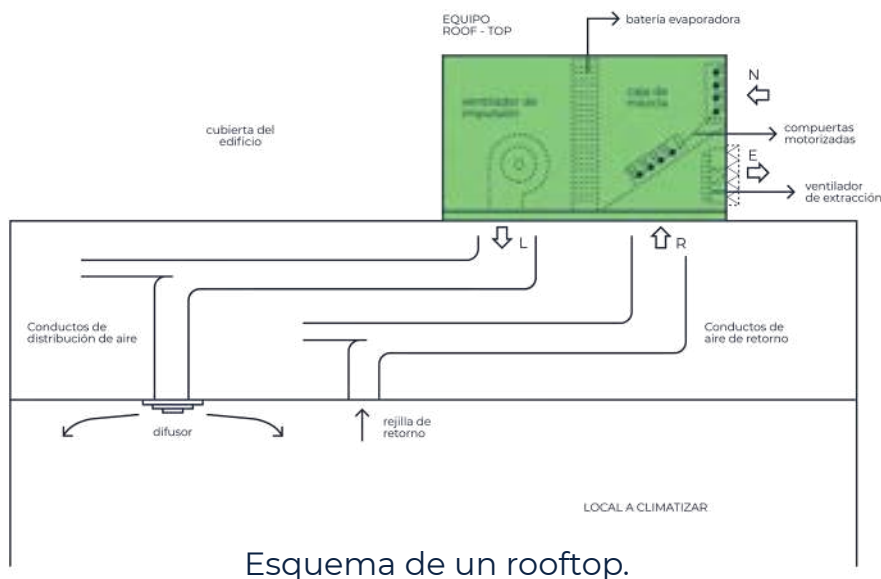
El rooftop es compacto e integra todos los componentes para el sistema de calefacción, de refrigeración y de ventilación para la renovación del aire con una sola toma de electricidad.

El aire preparado se transporta a los locales a través de un solo conducto de aire de impulsión y el caudal de aire de extracción se extrae de los locales y recircula a través de conductos de retorno.

En caso de que la zona esté formada por varios locales, el termostato que regula el aporte de calor o frío se ubicará en el retorno de aire del local más importante o representativo. Si el retorno se realiza por plenum, se ubicará en el propio local, alejado de los elementos de impulsión y protegido de la radiación directa.

El rooftop integra las últimas tecnologías para garantizar la máxima eficiencia energética: compresor scroll, ventilador de alta eficiencia, módulo de conmutación electrónica, free-cooling (aprovechamiento de la temperatura exterior), modo de calefacción con bomba de calor, las lámparas de UV para reforzar la calidad del aire.

Su uso se centra en edificios comerciales e industriales.



Esquema de un rooftop.

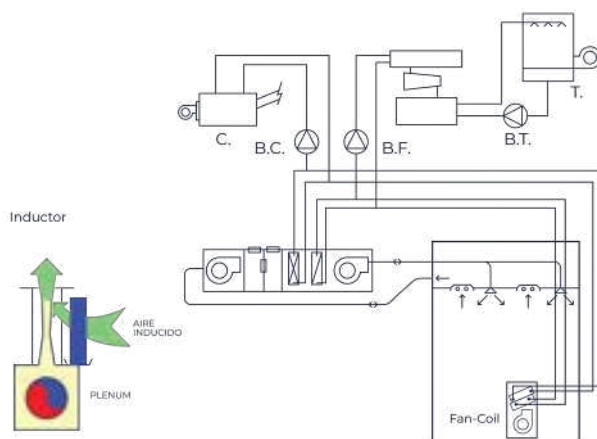
1.1.2. Sistemas aire y agua

Estos sistemas de acondicionamiento distribuyen aire y agua a las unidades terminales que están instaladas en los espacios a acondicionar. El aire y el agua se enfrían o calientan separadamente en centrales de frío o calor situadas generalmente en la sala de máquinas. El aire suministrado, necesario para la ventilación, se denomina aire primario y a veces el calentamiento se produce por resistencias eléctricas en lugar de utilizar una batería de agua caliente en la unidad terminal.

En rigor, deberían incluirse aquí los sistemas de inducción como vigas frías, de fan-coils con aire de ventilación y los de paneles radiantes con ventilación. En tanto se suprimiera el aire de ventilación y hasta su efecto refrigerante, los sistemas de fan-coil o de paneles serían todo agua.

Como criterio general, los sistemas de aire y agua se aplican para acondicionar espacios exteriores en edificios con una alta carga sensible y en general donde no se requiere un control rígido de la humedad. Por tanto es aplicable a edificios de oficinas y apartamentos, hospitales, hoteles y escuelas.

Un sistema de aire y agua está compuesto por unas centrales de producción de agua fría y caliente, una o más centrales de tratamiento de aire, unas redes de conductos y de distribución de agua, y unas unidades terminales.



Sistema HVAC tipo FC/inducción Aire y Agua

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

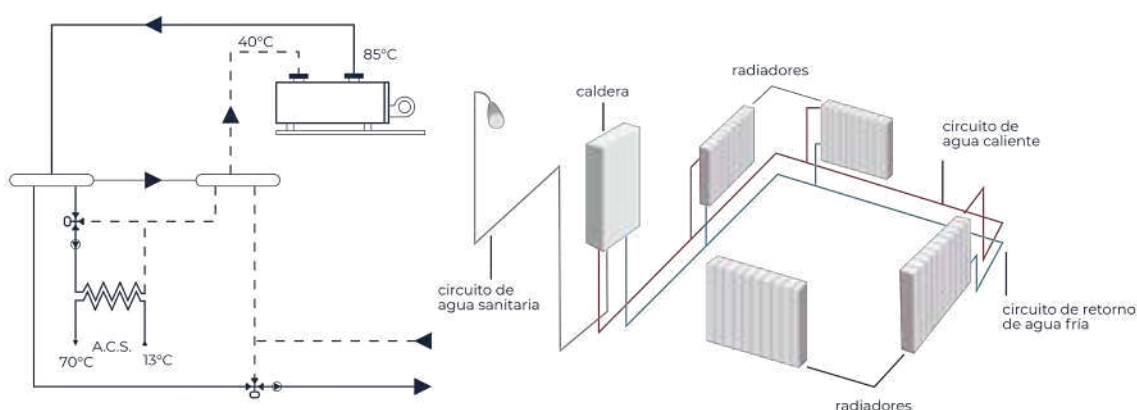
Las unidades terminales pueden ser unidades de inducción o Fan-coils.

El climatizador de aire primario suministra aire limpio de ventilación. En verano el aire exterior se deshumidifica convenientemente para alcanzar las condiciones de confort de humedad en el local. Como la deshumidificación requiere un enfriamiento, este aire participa también en combatir la carga sensible del local. Este aire puede ser en la totalidad aire exterior o una mezcla con aire de retorno, aunque el sistema siempre debe estar preparado para operar con el 100% de aire exterior para reducir los costes de operación durante algunas estaciones. La cantidad de aire primario a suministrar a cada local es función de los requisitos de ventilación.

1.1.3. Sistemas todo agua

Los sistemas de calefacción y refrigeración todo agua utilizan agua caliente o agua enfriada para el acondicionamiento del aire de los locales mediante los mecanismos de transferencia, conducción, convección o radiación según la unidad terminal utilizada. Así, los tipos más utilizados de sistemas todo agua son:

- Radiadores o convectores.
- Paneles radiantes en suelo o techo.



Sistema de calefacción y ACS con caldera de combustible

La mayor ventaja de los sistemas todo agua es la reducción del espacio ocupado por las tuberías de distribución frente al sistema de conductos con los beneficios de un sistema centralizado, además que permite apagar una unidad terminal en caso de ausencia.

Son muy indicados para la rehabilitación de edificios existentes, es más fácil instalar una red de tuberías que una red de conductos que requeriría un sistema todo aire.

Pueden incluirse en este grupo los sistemas fan-coils sin aire exterior, aunque cuentan con un ventilador para el movimiento de aire a través de la batería de frío o calor. En este caso, la calidad del aire del local se controla por filtración del aire recirculado del local y en algunos casos introduciendo aire exterior mediante una rendija abierta al exterior sin que exista un sistema separado de tratamiento de aire exterior.

La aplicación más adecuada de los sistemas todo agua es en aquellos edificios que requiera un control individual de espacios. Los sistemas de fan-coils y bomba de calor evitan la contaminación de una habitación con otra, por lo que son indicados en hoteles, moteles, edificios de apartamento y oficinas. El uso generalizado en hospitales es menos deseable, debido a las exigencias en la calidad del aire y filtración ineficiente y las dificultades de mantener la limpieza necesaria en la unidad.

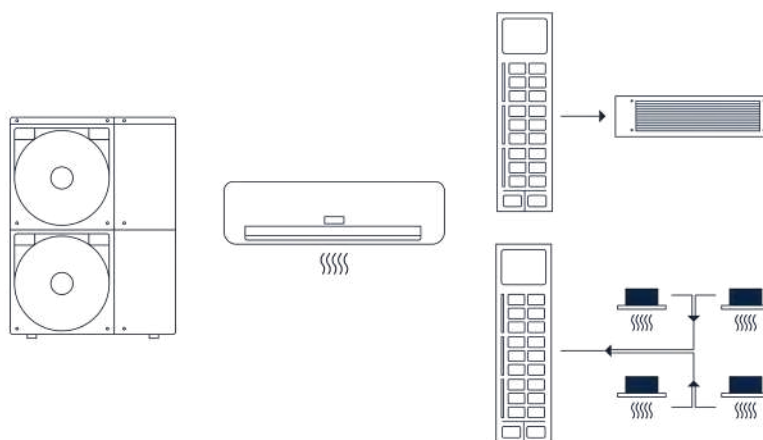
1.1.4. Sistemas de expansión directa

Sistemas Split y Multisplit

Los sistemas partidos se componen en su configuración más simple de dos unidades, la unidad condensadora (donde se sitúa el compresor) y la unidad evaporadora, de menor dimensión con múltiples configuraciones de suelo, pared, techo, etc. Por todo ello es un sistema muy adecuado en el sector doméstico.

Los sistemas multisplit tienen una unidad central en la que el gas refrigerante se condensa. Luego, en estado líquido y a la alta presión de condensación, se reparte a múltiples unidades interiores en donde se evapora, enfriando el ambiente servido por cada unidad.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC, pp 27.



Equipo partido de expansión directa mono y multisplit

Una (o varias) de las unidades evaporadoras, en vez de recircular el aire de la habitación a la que sirve, puede destinarse a preparar aire primario, que sirva para ventilar los espacios.

Estos sistemas multisplit han ido mejorando con la incorporación del sistema inverter y que el control de cada uno de los aparatos interiores se realizara variando el caudal de líquido a la unidad. Por lo tanto, la unidad exterior tiene que suministrar un caudal de refrigerante variable (de ahí el nombre del sistema, V.R.V.).

Caudal de refrigerante variable VRV (Variable Refrigerant Volume) o VRF (Variable Refrigerant Flow) con y sin recuperación de calor.

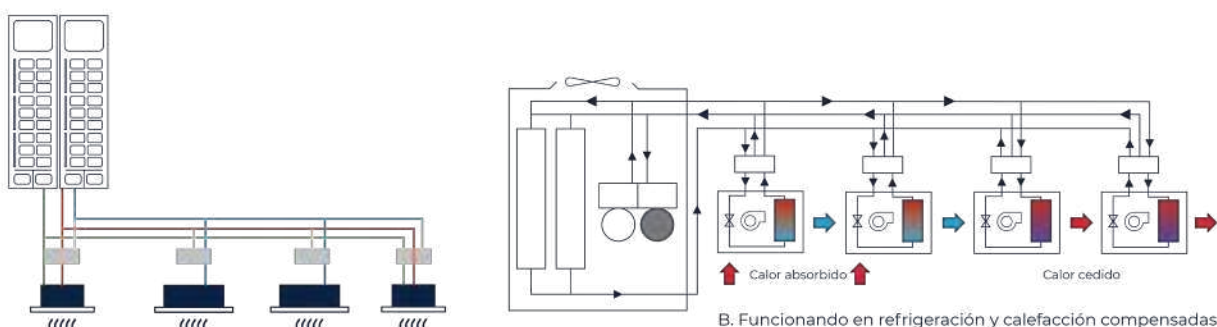
Son sistemas de climatización de gran eficiencia idóneos para la climatización de edificios y grandes locales comerciales ya que permiten regular el flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores utilizando la tecnología Inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas adaptándose a la demanda de cada unidad interior.

La tecnología del VRF nació en los años 80 en Japón y se ha venido desarrollando desde entonces consiguiendo uno de los sistemas más

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

eficientes del mercado. Se trataría de un tipo de sistema multi-split en el que cada unidad interior opera individualmente según demanda de temperatura, aunque con un principio de funcionamiento diferente y más complejo.

En este tipo de sistemas, las unidades exteriores se instalan generalmente en las azoteas de los edificios para su correcta ventilación. Tienen capacidad para climatizar hasta un edificio completo gracias a la posibilidad de conectar múltiples unidades interiores de diferentes tipos con una gran flexibilidad y regulación independiente.



Sistema VRV con recuperación de calor

Los sistemas de recuperación de calor proporcionan una oportunidad para la conservación de la energía mediante la recuperación del calor de las zonas interiores, calor de desecho o utilizando durante la noche el calor almacenado durante el día por la producción de frío.

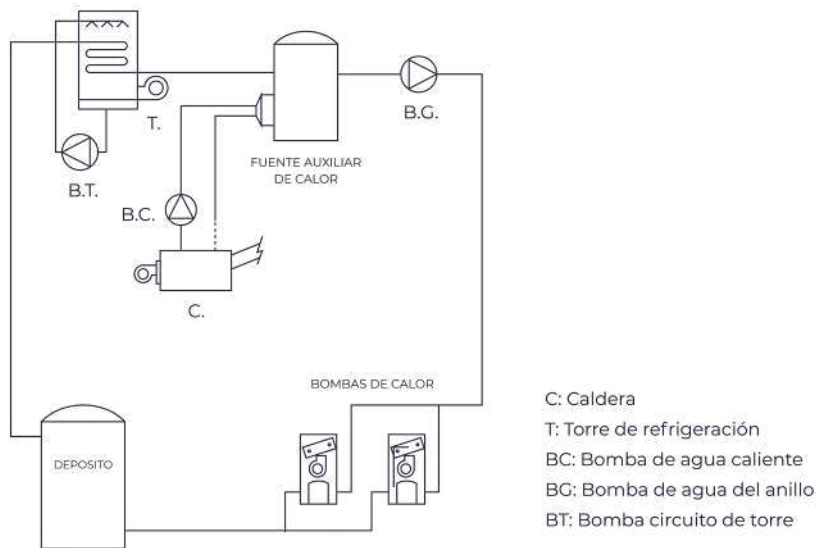
1.1.5. Sistemas de anillo de agua con bomba de calor agua-aire (WSHP, siglas en inglés)

Un esquema representativo de un sistema de bomba de calor de condensación por agua en un anillo se presenta en la imagen de abajo. En cada local o habitación se coloca una unidad conectada al anillo de agua, que recorre todas las unidades que actúan en modo calefacción o refrigeración, dependiendo de la carga del local. Si la temperatura del agua del anillo baja por debajo del punto de diseño de la bomba de calor, se conecta una caldera

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

auxiliar que proporciona la energía necesaria para su funcionamiento. Si la temperatura del agua sube por encima del punto de diseño se ponen en marcha la torre de enfriamiento para eliminar el calor generado en exceso en el anillo de agua por parte de las bombas de calor funcionando en modo refrigeración.

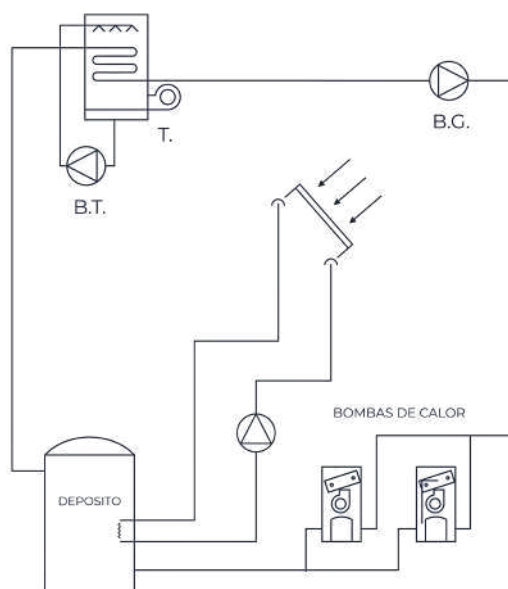
La temperatura del anillo de agua se mantiene en un rango de 16 a 32 °C por lo que el aislamiento en tuberías resulta innecesario.



Esquema de un sistema WSHP

La baja temperatura permite diseñar una variante del sistema mediante la incorporación de un acumulador acoplando un sistema de energía solar.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.



Esquema de un sistema WSHP con energía solar

1.2. Equipos de generación de frío y calor

La mayoría de los grandes edificios disponen de salas de máquinas para producción de calor y frío. La selección de dichos equipos de producción de calor y frío depende de los siguientes parámetros:

- Potencia requerida y tipo de uso.
- Coste y tipo de energía disponible.
- Localización de la sala de máquinas.
- Tipo de sistema de distribución de aire en sistemas todo aire.
- Costes de los equipos y su mantenimiento.

La búsqueda de ahorro energético nos lleva, en caso de grandes edificios, a sistemas de cogeneración o a los llamados 'sistemas de energía total' en los que al proyecto de calefacción y aire acondicionado se le añade el de generación de energía eléctrica. El beneficio de esa doble función estará basado en la relación coste calor/coste electricidad.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
 Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

1.2.1. Producción de frío

Los métodos utilizados para el enfriamiento del aire se basan en los intercambios de calor que se producen por alguno de los mecanismos siguientes:

- Haciéndolo pasar por baterías de expansión directa, que presentan las ventajas de utilización del calor latente del fluido.
- Haciéndolo pasar por baterías de agua enfriada, donde la diferencia de temperatura entre el fluido de la batería y del aire producen un intercambio energético de características similares al proceso de expansión directa.
- Por pulverización de agua en la corriente de aire, en la que se produce un proceso adiabático utilizando el calor latente de evaporación del agua.

Dependiendo de la aplicación, la producción de frío se realiza mediante un sistema centralizado o equipos localizados en los puntos de demanda. La mayoría de los grandes sistemas con varios climatizadores (UTAS) utilizan una planta enfriadora centralizada. Los pequeños sistemas de tratamiento de aire utilizan o bien una enfriadora de agua, o bien un sistema de expansión directa con un sistema de condensación centralizada, o incluso unos sistemas compactos de condensación por aire.

Los equipos de refrigeración utilizan los ciclos termodinámicos para trasvasar calor de un foco frío a un foco caliente. Los ciclos utilizados en el acondicionamiento de aire son del tipo compresión de vapor con un doble cambio de fase por parte del líquido refrigerante, o bien del tipo absorción que utiliza el calor de solución y la avidéz de un absorbente, como el agua, por un refrigerante como es el caso del amoniaco, para sustituir la compresión mecánica del ciclo vapor compresión.

a. Enfriadoras y Bombas de calor de agua

Las enfriadoras y bombas de calor de agua, llamadas hidrónicas, enfrían o calientan agua, y utilizan las baterías o intercambiadores de calor del sistema de climatización para acondicionar el aire.

Las enfriadoras de agua se pueden separar en dos grupos:

- **Condensadas por aire:** el calor que debe evacuarse por el condensador se incorpora al aire ambiente.



Enfriadora aire-agua con condensación por aire y ventiladores axiales

-
- **Condensadas por agua:** el calor que debe evacuarse por el condensador se incorpora a una corriente de agua, que se enfriará por algún medio externo.



Planta enfriadora con condensación por agua

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Condensación por Aire:

El calor extraído del interior se disipa al exterior mediante un ventilador que mueve aire a través de una batería de refrigerante. Se dice, por tanto, que la condensación es por aire. Es un sistema muy utilizado debido a su simplicidad en la instalación, pues no es necesaria la instalación de sistemas complementarios y no consumen agua. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la capacidad calorífica del aire no es muy alta, con lo cual su poder de transferencia tampoco lo es. Esto implica que los rendimientos que se obtienen siempre serán menores que los que se obtienen usando fluidos con mayor capacidad calorífica como el agua.

La tecnología Inverter aplicada a enfriadoras. Tradicionalmente las enfriadoras de agua no han incorporado la tecnología Inverter de regulación de velocidad del compresor.

La regulación de capacidad se realizaba bien por etapas en función del número de compresores (generalmente tipo Scroll) o bien por regulación continua a través de válvula de corredera en el caso de compresores de tornillo. Actualmente el Inverter se incorpora en las unidades de baja potencia para compresores tipo Scroll como regulación de capacidad.

Para mayores potencias se incorporan compresores del tipo tornillo. Las últimas novedades en regulación incorporan la válvula de corredera y además Inverter. Puede parecer redundante la inclusión de ambas regulaciones, sin embargo, se hace así para asegurar un correcto control de capacidad (a través de la válvula de corredera) y además garantizar la potencia incluso en las condiciones más extremas a través de la utilización del Inverter.

El comportamiento de cualquier instalación implica que a menor temperatura exterior aumentan las necesidades de calefacción en el interior, sin embargo, es en ese momento cuando las bombas de calor de condensación por aire disminuyen la potencia aportada.

Para garantizar el suministro aún en las condiciones más desfavorables, se hace girar el compresor a mayores revoluciones (desde 30 a 80 Hz a través del

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Inverter). De esta forma se comprime más refrigerante y por tanto aportamos más potencia a la instalación, asegurando así 50o C de agua incluso a -10/-12o C exteriores.

Como se puede comprobar, por tanto, las unidades con tecnología Inverter suponen no sólo una gran mejora en cuanto a eficiencia energética sino también en cuanto a fiabilidad del sistema.

En ocasiones también se incorpora el sistema Inverter, además de al compresor, a otros componentes de las enfriadoras, como ventiladores. Esto hace que el comportamiento a cargas parciales sea óptimo, alcanzándose valores de EER (Eficiencia Energética de Refrigeración) al 30% de cargas superiores a 5,5. Es fácil suponer que la inversión inicial en este tipo de unidades es más elevada, pero sin embargo la amortización es muy rápida en instalaciones que funcionen prácticamente todo el tiempo a un bajo nivel de carga.

Para enfriadoras de mayores potencias (superiores a 600 kW) aparecen en el mercado nuevos compresores tipo monotornillo que incorporan válvula de corredera asimétrica y permiten mover un 20% más de refrigerante con el mismo consumo. Esto hace que aumente de forma espectacular el rendimiento, pudiéndose alcanzar valores de ESEER superiores a 4,5, reservados hasta ahora a la condensación por agua.

Pero, aunque el compresor es uno de los componentes más importantes en la obtención de altos rendimientos, el resto de los componentes de la enfriadora también influyen en la obtención de mejoras globales del COP/EER. Condensadores con la posición óptima para minimizar la pérdida de carga en las baterías y así disminuir el gasto en ventiladores. Ventiladores con los álabes y rejillas mejorados para también disminuir las pérdidas.

Condensación por Agua:

El calor del interior que se debe disipar no se evacua directamente al aire, sino que se pasa a una corriente de agua. El agua incrementa su temperatura y el refrigerante la rebaja. En este caso será necesario que esta agua tenga

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

unas condiciones de temperatura determinadas. Por tanto, será necesaria la instalación de otros sistemas que aseguren estas condiciones, como torres de refrigeración. Como ya se ha comentado, en este caso se obtienen mayores rendimientos debido a la característica de mayor capacidad calorífica del agua. No obstante, también hay que tener en cuenta la pérdida de rendimiento del sistema debido a las bombas de circulación y los sistemas de recuperación de las condiciones óptimas del agua (torres de refrigeración). Son estas últimas las que más incidencia tienen en el sistema y por tanto vamos a incidir en los diferentes tipos disponibles y sus características a nivel energético.

Como ya se ha comentado anteriormente, la condensación por agua es siempre más beneficiosa a nivel de eficiencia que la condensación por aire. Sin embargo, también hay mejoras dentro de los sistemas para hacer que ésta sea máxima.

Por una parte, por supuesto el compresor: el más utilizado por sus grandes prestaciones es el monotornillo, siempre con válvula de corredera para ajustar la capacidad a la demanda. Además, como novedad dentro de este tipo de compresores aparece el refrigerante R410a, hasta ahora reservado a menores potencias dentro de la condensación por aire.

Gracias al empleo del refrigerante R410 se llegan a alcanzar valores de EER por encima de 5.

Gracias a la mayor eficiencia volumétrica de este refrigerante (con el mismo volumen de compresión, la capacidad frigorífica se incrementa en más de un 120%), se puede llegar a mayores potencias con menor número de compresores, consiguiendo así equipos muy compactos y competitivos.

Otro de los aportes a la mejora de la eficiencia energética son los compresores centrífugos. Éste ya no es un tipo de compresor volumétrico (varían el volumen del refrigerante contenido comprimiéndolo) sino rotativo, que utiliza la energía cinética del refrigerante lanzado a gran velocidad para transformarla, una vez estrellado éste contra la voluta, en energía estática en forma de presión.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Son los compresores que presentan una mayor eficiencia energética de todos los existentes en el mercado; no obstante, para aumentarla aún más se utilizan variadores de velocidad en el giro de los mismos. De este modo conseguimos que se ajusten mucho mejor a las cargas demandadas y que por tanto el comportamiento a cargas parciales mejore también, obteniendo EER puntuales superiores a 10.

La novedad dentro de los compresores centrífugos son los de levitación magnética. Se utilizan cojinetes magnéticos que permiten que el eje motor se mantenga levitando y por tanto libre de rozamiento. Esto permite eliminar el aceite en el motor, lo cual, además de hacer mucho más sencillas las labores de mantenimiento, aumenta la capacidad de intercambio térmico de evaporador y condensador aumentando así los rendimientos. Incorpora también variador de frecuencia de manera que, como ya se ha comentado, se adapta perfectamente a las cargas parciales.

De este modo se consiguen valores de ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) superiores a 9. Otra ventaja que incorpora es su bajo nivel sonoro comparado con los centrífugos tradicionales.

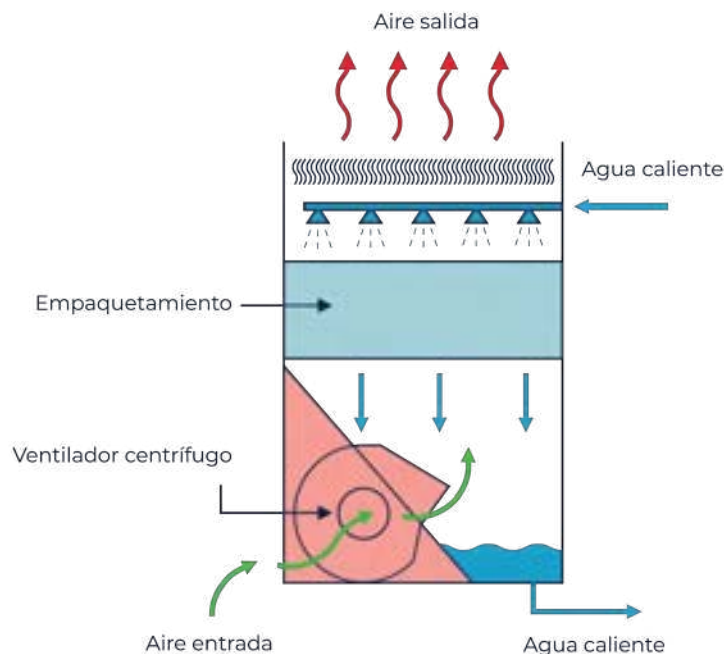
b. Torres de refrigeración

Las torres de refrigeración son sistemas mecánicos destinados a enfriar masas de agua en procesos que requieren una disipación de calor. El principio de enfriamiento de estos equipos se basa en la evaporación, el equipo produce una nube de gotas de agua bien por pulverización, bien por caída libre que se pone en contacto con una corriente de aire. La evaporación superficial de una pequeña parte del agua inducida por el contacto con el aire, da lugar al enfriamiento del resto del agua que cae en la balsa a una temperatura inferior a la de pulverización.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

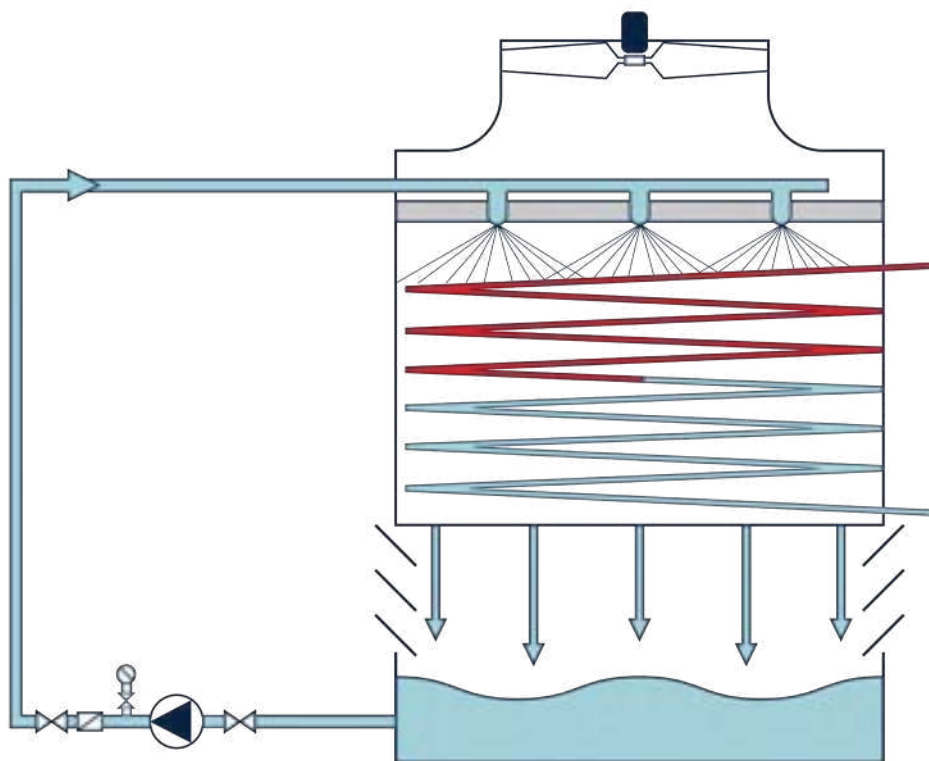
Existen dos tipos de sistemas:

Abiertas: son aquellos que enfrían el agua del circuito de condensación mediante la pulverización de la misma en el interior de una torre que está en contacto directo con el exterior. Es decir, el aire del exterior pasa por el agua pulverizada y evapora parte de ésta robando calor al resto; de esta forma se enfría y retorna al circuito de condensación a menor temperatura. Son torres de mejor rendimiento que las cerradas y por tanto más compactas. Sin embargo, tienen riesgo de legionela (enfermedad que produce infección de las vías respiratorias); esto hace que su uso se trate de limitar a instalaciones de gran potencia donde las torres cerradas implicarían un espacio de instalación excesivo. Además, es necesario un correcto mantenimiento tanto de la torre (para evitar la proliferación de la legionela), como del circuito de condensación ya que se produce fácilmente corrosión e incrustaciones en las tuberías debido a que al estar el agua en contacto con el aire se produce contaminación de la misma. El agua proveniente de un proceso que se ha de refrigerar, cae por unos difusores que la pulverizan sobre un relleno. El agua se distribuye sobre este, intercambiando temperatura con el aire y cae a una balsa donde unas bombas la recogen y vuelve a impulsarla al proceso que tiene que refrigerar.



Esquema de torre de refrigeración abierta

Cerradas: En este caso el agua del circuito de condensación se hace pasar por una batería sobre la que se pulveriza agua y a través de la cual pasa el aire; de este modo, la evaporación de esa agua hace que se enfríe la contenida en la batería. En este caso la eficiencia del sistema es menor ya que hay que mover mayor caudal de aire y por tanto los ventiladores serán más potentes. Además ocupan mayor espacio en planta. Como ventaja no se produce contaminación del agua del circuito de condensación y por tanto no hay riesgo de corrosión e incrustaciones. Además el riesgo de legionela es menor que en el caso de torres abiertas. Este tipo de torres de refrigeración llevan un serpentín por donde pasa el agua que sustituye al relleno de las torres de circuito abierto. En las torres de refrigeración de circuito cerrado el agua no entra en contacto con el aire.

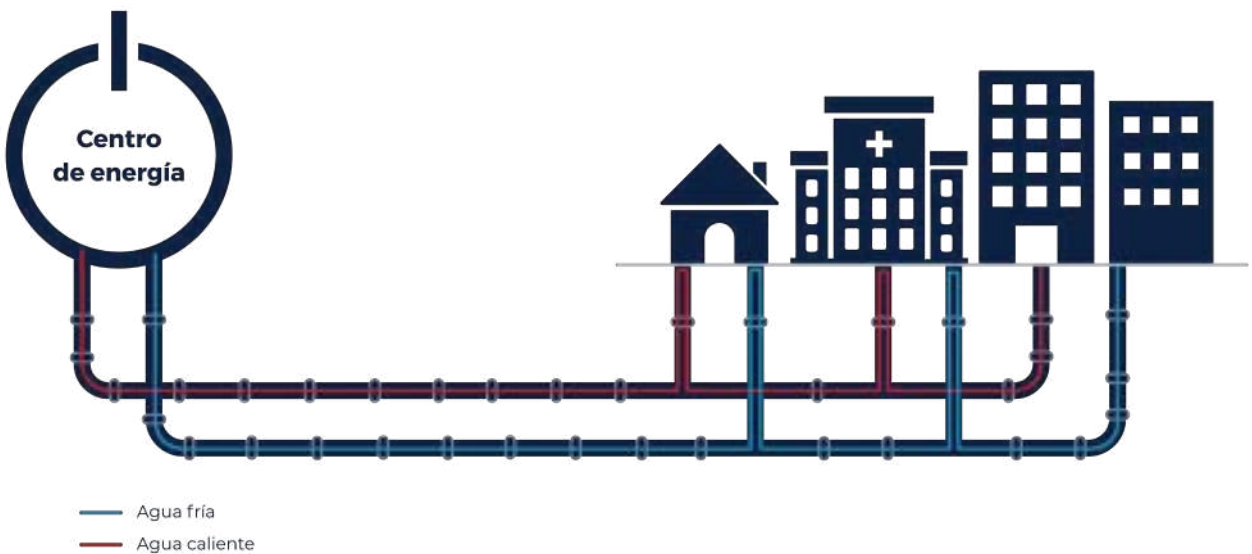


Esquema de torre de refrigeración cerrada

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC, pp 27.

c. Redes de calor (District cooling y District heating)

Es un sistema de distribución de agua caliente generado en una central, y que se distribuye por una red urbana del mismo modo en que se hace con el gas o el agua.



Esquema de una red de calor

La central de producción puede ser de cogeneración, Residuos Sólidos Urbanos (RSU), biomasa, bomba de calor, etc. Este sistema de generación y distribución de energía presenta importantes ventajas frente a los convencionales.

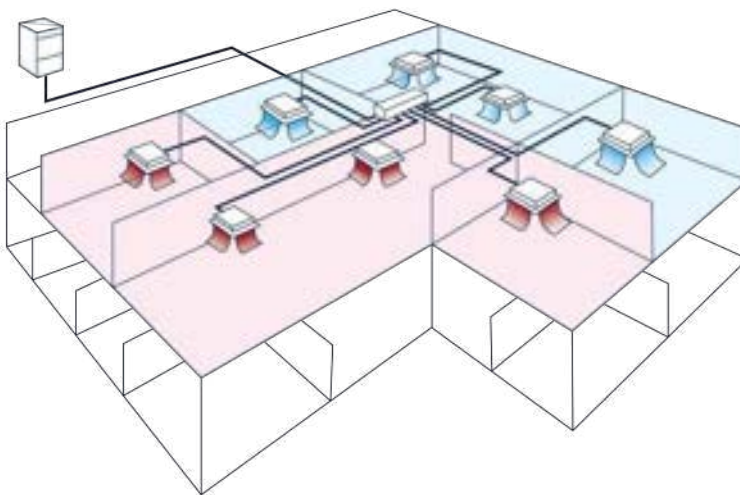
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

d. Equipos de frío y Bombas de calor de expansión directa

Dentro de los sistemas VRV existen dos gamas diferenciadas por el tipo de condensación que utilizan. Pueden ser de condensación por aire o por agua, los primeros intercambian calor con el aire a través de un ventilador y los segundos intercambian calor con un circuito de agua a través de un intercambiador de placas. Como ya se ha comentado al inicio, el sistema de condensación por agua implica una mayor eficiencia energética, aunque también sistemas adicionales para disipar el calor del agua de condensación (torres de refrigeración).

Dentro de estos sistemas podemos encontrar unidades VRV de condensación por aire de sólo frío, bomba de calor y recuperación de calor, siendo estos últimos los que proporcionan una eficiencia energética óptima. Son sistemas que permiten, con la misma unidad exterior, que cada una de las unidades interiores trabajen en frío o calor indistintamente en función de la demanda, pero con la ventaja que las unidades que se encuentran en régimen de frío no disipan el calor sobrante en la unidad exterior, sino que lo desvían hacia las unidades que demandan calefacción haciendo que los rendimientos aumenten de manera muy notable.

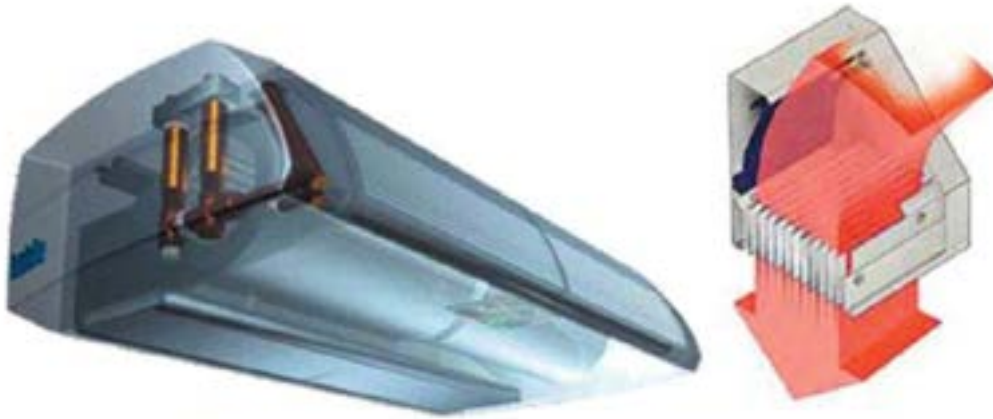
Además, optimizan también el confort, dado que cada usuario puede elegir el modo de funcionamiento de su unidad en función de sus necesidades y de la orientación de la estancia.



Sistema VRV en una planta con varias orientaciones

Otra de las ventajas del sistema VRV es la posibilidad de sustituir las cortinas de aire tradicionales de efecto Joule, por otras de expansión directa, permitiendo además de la mejora energética, dar una solución global a los locales con salida directa al exterior que se ven muy afectados por las corrientes de aire. Es posible tanto en sistemas de bomba de calor, como en recuperación de calor.

Además, dichas cortinas incorporan los últimos avances de rectificación de la vena de aire para permitir un flujo lo más laminar posible que impida la entrada de aire desde el exterior, evitando un caudal excesivo que resultaría molesto.



Cortina de aire en sistema VRV

El ahorro en este caso en consumo eléctrico es indudable gracias a los altos COPs del sistema VRV.

La versión VRV Condensada por Agua, que aúna las ventajas de versatilidad y eficiencia energética máxima, existe en dos versiones: bomba de calor y recuperación de calor. La condensación por agua es siempre más beneficiosa a nivel energético debido a la mayor capacidad calorífica del agua. El sistema es exactamente igual que el de condensación por aire, salvando que en lugar

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

de los ventiladores y la batería exterior habrá un intercambiador de placas refrigerante agua, en el cual se producirá la condensación/evaporación en función del modo de funcionamiento.

La instalación de refrigerante desde la unidad de producción a las interiores es exactamente igual que la anteriormente citada del VRV convencional.



Unidad de VRV condensada por agua

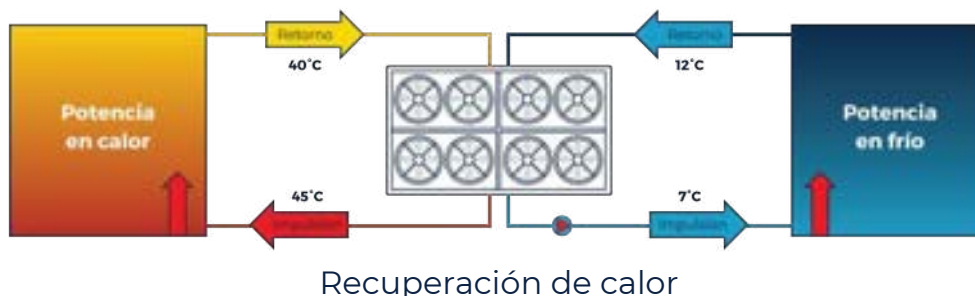
En general el sistema se conecta con un bucle de agua para conseguir el mayor rendimiento de la instalación.

Este sistema generalmente se realiza con unidades VRV de recuperación de calor ya que es una clara apuesta por la eficiencia energética. De este modo se consigue una doble recuperación: la propia del VRV al desviar el calor sobrante de las unidades en frío hacia las que están en calor y la producida en el bucle. Si las unidades de producción están unas en frío y otras en calor, o si están equilibradas de forma interna, la temperatura del bucle se compensa sin necesidad de poner en funcionamiento ni torre ni caldera. En esos momentos el rendimiento de la instalación es óptimo.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Recuperación de calor

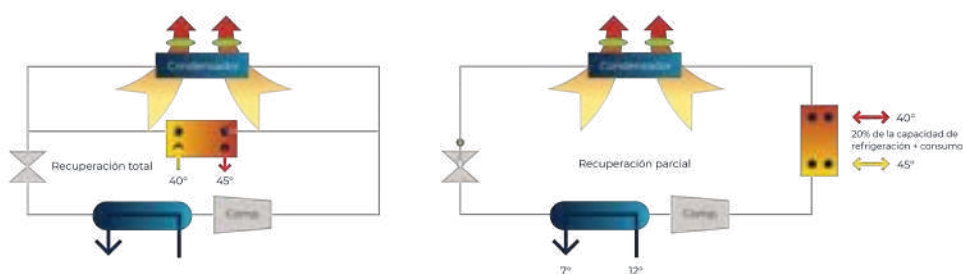
Otro de los sistemas más utilizados para aumentar la eficiencia energética de los sistemas cuando hay necesidad simultánea de frío y calor, es la recuperación de calor. Esencialmente, se trata de aprovechar el calor desprendido en la condensación para zonas que necesiten calor o para apoyo a la producción de agua caliente sanitaria.



La recuperación puede ser total o parcial. En caso de recuperación parcial se aprovecha el calor desprendido por el compresor; es posible recuperar aproximadamente un 25% de la potencia total del sistema. Para ello se conecta una batería en serie con el compresor a la que llega gas a alta temperatura (sobrecalentamiento del evaporador + calor de compresión) y se intercambia ese calor con un circuito de agua para su aprovechamiento en zonas con demanda de calor o para apoyo a ACS.

En caso de recuperación total se recuperan tanto el calor de sobrecalentamiento y compresión como el de condensación. Para ello, se coloca una batería adicional, esta vez en paralelo con el condensador. De esta forma, la condensación del refrigerante se realiza al intercambiar calor con el circuito de agua y en esos momentos el condensador de aire no estaría en funcionamiento. En estos casos es evidente que el rendimiento aumenta casi al doble.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC, pp 27.



Esquemas de recuperación total y parcial

Como es evidente, tanto en el caso de recuperación total como parcial, para poder aprovechar el calor de recuperación, siempre es necesario tener demanda de frío. No es posible producir calor si no estamos produciendo frío.

1.2.2. Producción de calor

Los métodos más utilizados para la calefacción son los siguientes:

- Vapor que utiliza el calor latente del fluido.
- Batería de agua que utiliza la diferencia de temperatura entre el agua caliente de la batería y la corriente de aire frío.
- Calefacción eléctrica, que también utiliza la diferencia de temperatura de la resistencia eléctrica y el aire frío para intercambiar la energía.
- Condensador de la bomba de calor.
- Combustión de gas o gasóleo en cámara cerrada.

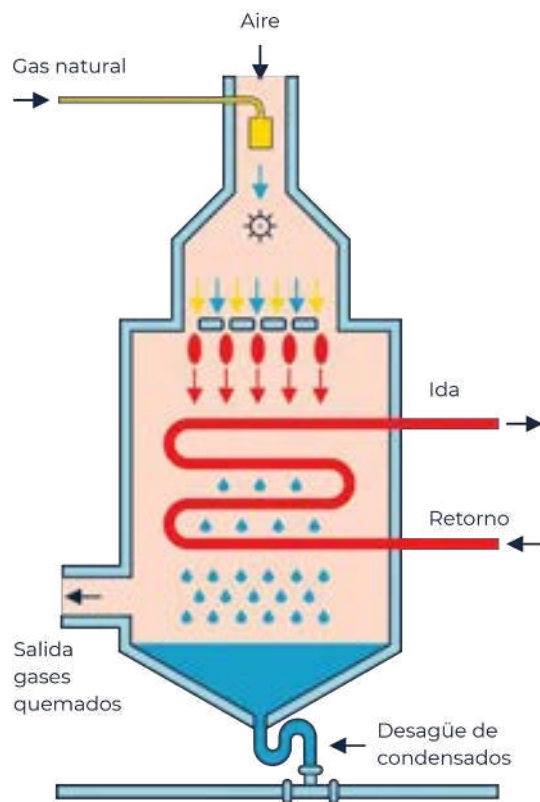
A nivel país, la calefacción no es un sistema de utilización masiva por las condiciones climáticas existentes, y su mayor demanda y/o uso solo viene relacionada a los usos productivos en industrias y sistemas de alta demanda de agua caliente sanitaria.

Por lo descrito anteriormente y lo más adelante a ser observado en los proyectos analizados en el país, la calefacción no representa un valor alto en la demanda y consumo energético a nivel nacional. Sin embargo, su existencia no puede dejarse de lado, por ello a continuación también se hace una descripción de los sistemas más representativos en la calefacción.

En las calderas convencionales, el vapor de agua no debe condensar durante el funcionamiento normal. Por lo tanto, los gases de salida salen con una temperatura de 150–200°C.

En el caso de las calderas de condensación, se instala un intercambiador de calor que permite un funcionamiento con condensación. Por ello se pueden aprovechar las extracciones de calor por condensación, produciéndose una posterior refrigeración de los gases de salida (a aprox. 5-20°C por encima de la temperatura de retorno).

Para un buen aprovechamiento del efecto de condensación, es oportuno que el circuito de la calefacción funcione a una temperatura baja. Ésta se deberá regular dependiendo de la carga de calefacción (por ejemplo, mediante una centralita con sonda exterior). Además, es oportuno tener circuitos de calefacción bitubo, ya que la división entre circuito de ida y circuito de retorno garantiza una baja temperatura de retorno. Las temperaturas máximas del circuito de calefacción para una caldera de gas no deberán estar por encima de 75/55°C (Temperatura de ida/de retorno con la máxima carga de calefacción).



El principio de la condensación

Esquema de una caldera de condensación

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

Calderas de biomasa

A continuación, se mencionan las principales tipologías de calderas para la combustión de biomasa, aplicada a la calefacción de usuarios pequeños y medianos.

Actualmente existen varios tipos de recursos que pueden ser utilizados como biomasa:

- Forestal:

Residuos de explotaciones forestales, residuos industriales (fábricas de muebles, carpinterías, etc.), cultivos energéticos.

- Agrícola:

Residuos de cultivos agrícolas, residuos industriales (cáscaras de cocos, maní, etc.)

- Pellet:

El pellet tiene forma de pienso y está hecho de serrín prensado. El pellet no debe contener ningún tipo de aditivos ya que éstos pueden dañar las calderas.

Básicamente hay tres tipologías de calderas, según las tres principales categorías de combustibles vegetales:

- Leña.
- Astillas (chipeado).
- Pastillas de madera molida y prensada (pellet).

Calderas de Pellets

El pellet es un combustible de madera virgen seca y prensada en pequeños cilindros, sin aditivos. El peso específico del pellet a granel es de aproximadamente 6-700 kg/m³, mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (astillas). El poder calorífico alcanza las 4.200 kcal/kg, con una densidad energética de 3000 – 3.400 KWh/m³.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

A causa de la forma cilíndrica y lisa y del tamaño pequeño, el pellet tiende a portarse como un fluido, lo que facilita el movimiento del combustible y la carga automática de las calderas. El transporte puede realizarse con camiones cisterna, desde los cuales se bombea directamente en el depósito de almacenamiento del sistema. La alta densidad energética y la facilidad de movimiento hacen del pellet el combustible vegetal más indicado para sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. El pellet de madera puede utilizarse en las calderas de astillas o en calderas proyectadas especialmente para pellet. Es posible incluso utilizar el pellet en algunos modelos de calderas de gasóleo, a través de quemadores especiales.



Caldera de pellet

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

6.4. Sistemas de iluminación

El impacto de la iluminación dentro de los edificios en el gasto energético global pueden llegar a representar enormes porcentajes, con consumos cercanos al 40% dentro del desglose total de consumos por tipo en los diferentes proyectos. Estos números obtenidos a escalas mundiales, también se reflejan en la realidad paraguaya, donde se han evaluado proyectos en donde la demanda y consumo energético debido a la iluminación representa la carga principal dentro de un proyecto. Por lo mencionado anteriormente, el porcentaje es alto, suficiente para que sea un esfuerzo que merece la pena. Y hay algunos usos y tipologías donde su impacto es aún mayor, como en el pequeño comercio o en los edificios educativos, por ejemplo.

El marco de la eficiencia energética en iluminación se mueve entre tres fuerzas divergentes: por una parte, tenemos las cuestiones estrictamente energéticas, por otra las exigencias prestacionales de luz de calidad, y por último tenemos los aspectos económicos y de amortizaciones. En esta situación las opciones que más éxito tienen son aquellas más equilibradas. Evidentemente que se pueden obtener ahorros extremadamente altos, superiores al 70% en algunos casos si partimos de soluciones convencionales, pero a costa de inversiones excesivas y a menudo sin garantías de calidad. Margenes del tipo 30 al 50% de ahorros son más razonables con retornos de inversión de hasta cinco años. Y si el periodo de retorno se reduce, y por tanto la inversión, estaremos hablando de ahorros aún menores. Por otra parte, hay un acuerdo generalizado en que la mejora de las condiciones de iluminación mejora el rendimiento de los trabajadores y, en general aumenta la valoración ambiental por parte del usuario.

Por lo tanto, se propone accionar siempre desde una perspectiva de equilibrio entre estos tres factores: ahorro, prestaciones e inversión. Esta será una iluminación eficiente entendiendo la eficiencia en sentido amplio. Eficiencia energética, eficiencia visual, y eficiencia económica. Desde esta perspectiva ampliada veamos los beneficios de una iluminación eficiente.

Mejora de la calidad de la iluminación: este es probablemente el mayor beneficio y el más difícil de cuantificar. Cuestiones básicas como el control del deslumbramiento, la reducción del parpadeo de las luminarias o ajustar los niveles a las tareas no tienen que suponer incremento en las inversiones necesarias.

Reducción del gasto energético: es el objetivo primario de las estrategias de eficiencia. Los efectos de esta reducción son directos en cuanto que disminuye la factura e indirectos en cuanto que baja la demanda de energía a la red. Otras consecuencias favorables son la reducción de cargas térmicas y un menor consumo en climatización.

Reducción del impacto ambiental: es una magnitud lineal con la anterior para un modelo de generación determinado. Adicionalmente estas acciones se pueden publicitar a través de sellos de calidad.

Menores costes de mantenimiento: el mantenimiento programado de las instalaciones de iluminación es casi inexistente y se suele actuar de modo reactivo cuando hay un fallo total de alguna unidad. En estas condiciones hay multitud de edificios en los que la mayor parte del parque de luminarias instalado tiene lámparas que han sobrepasado su vida útil, luminarias y equipos obsoletos. En un proyecto de iluminación eficiente, se detalla el programa de mantenimiento previsto y se aportan soluciones con periodos de mantenimiento más prolongados, con el consiguiente ahorro que ello supone.

Beneficios económicos: si el edificio es existente y lo que se plantea es una reforma de su instalación de iluminación, estos ahorros se pueden monetarizar para financiar toda o parte de la inversión. En edificios productivos la reducción en los costes operativos repercute en un incremento de la productividad.

Hasta aquí los beneficios de una iluminación eficiente. Pero, ¿es posible encontrar oportunidades para plantear proyectos de iluminación eficiente con un buen retorno de inversión?

Si pensamos en edificios existentes, serán buenos candidatos a un proceso de mejora eficiente en la instalación de iluminación:

- **Edificios sobreiluminados:** los edificios sobreiluminados en proyecto, esto es, con una dotación claramente excesiva.
- **Tecnologías obsoletas:** situaciones en las que el salto tecnológico

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: Iluminación y BMS. pp 26.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: Sistemas de iluminación. pp 63.

hacia los estándares actuales supone un diferencial tan grande en eficiencia que puede financiar la inversión. Por ejemplo, la sustitución de downlights halógenos dicróicos por sus equivalentes LED.

- **Edificios sin mantenimiento:** El mantenimiento dominante reactivo produce que en muchos casos los valores lumínicos sean incluso inferiores a los normativos. Y, desde luego, se gasta la misma energía.
- **Muchas horas de uso:** los costes energéticos serán elevados, de modo que incluso pequeñas mejoras en eficiencia suponen ahorros significativos, lo que permite acometer inversiones mayores y se abre una oportunidad para la mejora.
- **Edificios con iluminación deficiente:** en estos casos en que la reforma de la instalación es imprescindible hay siempre margen para la eficiencia, en un entorno con una inversión ya decidida.

En cuanto a edificios de nueva planta, las ocasiones para implementar una iluminación eficiente se producen en estas circunstancias:

- Proyectos con un estudio detallado de luz natural como iluminación técnica del interior. Es la primera oportunidad de eficiencia en edificios de nueva planta. En estos casos es importante establecer un protocolo que asuma e incorpore el análisis energético de la envolvente optimizando huecos, transmisiones, y protecciones.
- Tipologías que suponen usos muy intensivos con grandes demandas de iluminación: oficinas, centros comerciales, supermercados.
- Tipologías que suponen usos concentrados en horario diurno: centros educativos y determinados edificios administrativos.

1.1. Iluminación natural

La optimización en el empleo de la luz natural conlleva un ahorro energético importante, sobre todo en el sector terciario, y concretamente en los edificios de oficinas, y, por otra parte, su utilización contribuye de manera fundamental al confort lumínico y por tanto a la calidad ambiental de los edificios.

La presencia de luz natural depende de la profundidad de la habitación, el tamaño y localización de las ventanas y techos de luz, el sistema de

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

acristalamiento y cualquier obstrucción externa. Normalmente estos factores se fijan en la etapa inicial de diseño del edificio. Una planificación y diseño apropiados en esta primera etapa pueden producir un edificio que será más eficiente energéticamente.

La orientación de los huecos en fachada es importante. Los más adecuados son los orientados hacia los puntos en los que se capte exclusivamente radiación difusa. Si penetra radiación directa en zonas donde se pretende aprovechar como iluminación natural, los efectos de deslumbramiento que conllevará serán muy negativos y no será posible su aprovechamiento.

Se debe encontrar un equilibrio entre los aspectos térmicos y lumínicos, entre captación pasiva, protección solar, e iluminación natural. En este sentido, es interesante desde el punto de vista arquitectónico diseñar dispositivos de transformación de la radiación directa en difusa. Un modo de evitar la entrada de la radiación directa es proteger el hueco con un elemento que al tiempo actúe reflejando la radiación hacia el interior del local, pero en forma difusa.

Sistema de aprovechamiento de la luz natural: conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a regular de forma automática el flujo luminoso de una instalación de iluminación, en función del flujo luminoso aportado a la zona por la luz natural, de tal forma ambos flujos aporten un nivel de iluminación fijado en un punto, donde se encontraría el sensor de luz. Existen 2 tipos fundamentales de regulación:

a. regulación todo/nada: la iluminación se enciende o se apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado;

b. regulación progresiva: la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz natural hasta conseguir el nivel de iluminación prefijado.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS, pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

1.2. Iluminación artificial

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

1.2.1. Sistema de control y regulación

Conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática o manual el encendido y apagado o el flujo luminoso de una instalación de iluminación. Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- regulación y control bajo demanda del usuario, por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia;
- regulación de iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas;
- control del encendido y apagado según presencia en la zona;
- regulación y control por sistema centralizado de gestión.

1.2.2. Sistema de detección de presencia

Conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática, el encendido y apagado de una instalación de iluminación en función de presencia o no de personas en la zona. Existen 4 tipos fundamentales de detección:

- infrarrojos;
- acústicos por ultrasonido;
- por microondas;
- híbrido de los anteriores.

2.2.3. Sistema de temporización:

Conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática, el apagado de una instalación de iluminación en función de un tiempo de encendido prefijado.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

1.3. Tecnología eficiente en lámparas y luminarias

Las tecnologías en iluminación de interiores son:

- Halógenas: lámparas incandescentes que operan en una atmósfera de gas halógeno; la más eficiente consiste en añadir revestimientos selectivos en la cara interna de la cápsula de cuarzo que reflejan el infrarrojo hacia el interior.
- Fluorescentes lineales: se basa en establecer y estabilizar un arco entre dos electrodos en una atmósfera de vapor de mercurio a muy baja presión; usan poco mercurio y facilitan la descarga.
- Fluorescentes compactos (CFL): son de reducido diámetro plegados en dos presentaciones: integradas y no integradas; se basa en establecer la descarga alimentando en voltajes muy altos.
- Halogenuros metálicos: tienen un arco muy corto, flujo elevado, y prestaciones elevadas; tienen curvas de depreciación de flujo muy planas.

Otras de las tecnologías en iluminación de interiores que ocupan el mercado es la tecnología LED cuya implantación en la última década es masiva. Ejemplo, en europa en el 2020 su uso llego a ser del 76% (Fuentes: ANILED). Las principales ventajas de esta tecnología es su eficiencia y su durabilidad.

La eficiencia de una lampara se define como la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por esta. Se expresa en lm/w. Este aspecto es muy importante ya que muchos fabricantes marcan en sus fichas técnicas la eficiencia del CHIP aislado, que puede llegar, incluso a 250 lm/w en laboratorio pero que no es real en el producto final, donde hay que tener en cuenta que tenemos pérdidas de eficacia por el drive, las lentes, etc.

Las pérdidas de eficacia de la luminaria completa se distribuyen en:

- Pérdidas térmicas: 10 – 15%.
- Pérdidas ópticas: 10 – 30%.
- Pérdidas driver: 10 – 30%.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.
Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

La eficacia del producto final varía dependiendo del formato, por ejemplo, un tubo o bombilla LED de calidad, tiene una eficacia en torno a los 100 lm/w, en cambio una dicroica o un Dawnlight con las mismas características estaría en 80 lm/w.

Comparadas con otras tecnologías la tecnología LED duplica a la siguiente más eficiente y alcanza en algunos diseños los 200 lm/w que comparados con los valores de la tabla queda muy lejos ya de estas tecnologías.

Tecnología	Eficacia
Incandescente	10 - 15 lm/W
Halógena	15 - 20 lm/W
Fluorescente compactas	45 - 80 lm/W
Fluorescentes lineales	80 - 100 lm/W
Lamparas de descarga	70 - 140 lm/W

Los parámetros que caracterizan las luminarias se pueden resumir en:

- Rendimiento: porcentaje entre el flujo emitido por las lámparas y el flujo que finalmente sale de la luminaria. El indicador más utilizado es el LOR (Light Output Ratio), subdividido en ULOR (Upper Light Output Ratio) y DLOR (Down Light Output Ratio).
- Las Fotometrías: son las gráficas de las secciones por los planos que pasan por el eje transversal y longitudinal de la luminaria y que proporcionan sendas curvas del sólido fotométrico. Se pueden clasificar:
 - En función de la dirección del flujo emitido: Difusa/Omnidireccional, Indirecta, Indirecta-Directa, Directa-Indirecta, Directa;
 - En función de la apertura del haz principal: Superintensivas < 10°, Intensivas < 20°, Haz medio 20°-40°, Extensivas > 40°, Superextensivas > 60°;
 - En función de la geometría interna del sólido fotométrico: De simetría rotacional, Con dos planos de simetría, Asimétrica.

- Factor de mantenimiento de la luminaria (LMF): depende de la suciedad ambiental del entorno, del periodo entre los intervalos de limpieza y de la estanqueidad.

2.4. Eficiencia de las fuentes. Parámetros relevantes

- **Flujo luminoso (lúmenes):** magnitud escalar. Es la cantidad de luz que emite una fuente, y se define como la potencia que radia una determinada fuente dentro del espectro visible, y afectada por la curva de sensibilidad espectral. En otras palabras, es aquella fracción de potencia radiante (W) que entra dentro de las longitudes de onda que somos capaces de ver, y que ponderamos según nuestra capacidad de visión para cada longitud de onda.
- **Eficacia:** es una relación lm/W. Es la magnitud más directa para evaluar la eficiencia energética de una fuente.
- **Depreciación de flujo:** el flujo que emite una fuente no es constante a lo largo de su vida. De modo típico se produce una caída inicial de flujo en las primeras horas de funcionamiento y después se inicia una curva de depreciación de flujo en relación con el tiempo que depende de las condiciones de funcionamiento de la lámpara. Cada tipo de lámpara tiene una curva de depreciación de flujo propia para las condiciones establecidas en los ensayos normativos.
- **LLMF (Lumen Lamp Maintenance Factor):** desde el punto de vista de la gestión de la eficiencia estas curvas de depreciación de flujo son muy importantes: pasado cierto tiempo todas las lámparas emiten menos luz y consumen los mismos vatios.
- **Vida de la lámpara:** hay muchas definiciones de vida para una lámpara. De modo habitual se distingue entre vida media, periodo de tiempo en el que un 50% de las unidades instaladas habrán fallado, y vida útil, periodo de tiempo tras el que se registra una pérdida de flujo acumulada del 20%-30%. Estos datos son facilitados habitualmente por los fabricantes.
- **Fallo prematuro / LSF (Lamp Survival Factor):** estadísticamente dentro de cualquier población de lámparas instaladas pueden encontrarse unidades que den fallo prematuro. Si la instalación dispone de un mantenimiento correctivo inmediato, no hay mayor problema. Pero si el mantenimiento es programado o, aun cuando sea correctivo,

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS. pp 53.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: HVAC Y ACS - Sistemas HVAC. pp 27.

no es inmediato, deberemos compensar este efecto en nuestros cálculos minimizando convenientemente el flujo de la instalación. Esta compensación se realiza en base a lo establecido por el LSF (Lamp Survival Factor). Este factor también debe ser facilitado por el fabricante de las lámparas.

6.5. Sistemas de cargas internas/procesos

Las cargas de proceso vienen representadas por las demandas de procesos internos, así como de sistemas de bombas y motores externos.

La demanda y consumo correspondiente a este tipo de sistemas depende principalmente del tipo de proyecto. No es lo mismo comparar el consumo existente de sistemas de cargas internas/procesos en una vivienda, oficina u retail. Así mismo, los tipos de cargas a presentarse varían de acuerdo al tipo de proyecto ya que cada tipología tiene sus propias demandas e instalaciones especiales. Las cargas de proceso pueden representar entre el 25% hasta inclusive el 60%, según estudios de caso ya realizados a proyectos en el país.

A continuación, se citan las cargas internas que pueden presentarse:

- Tomas de corriente.
- Pc's, laptops, teléfonos, impresoras, fax, fotocopadoras.
- Televisores, equipos de cocina, refrigeradores, ventiladores, extractores.
- Congeladoras, visicoolers, vitrinas, exhibidoras.
- Motores de bombas de abastecimiento de agua, bombas de desagote pluvial, bombas de desagote cloacal, bombas de PCI.
-

6.6. Sistemas de agua caliente sanitaria (ACS)

Los sistemas de ACS cuentan habitualmente con depósitos de acumulación, desde donde se distribuye el agua hasta el uso final que se le dará, mediante tuberías exclusivas para este servicio, las cuales generalmente discurren paralelas a las de calefacción.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: Iluminación y BMS. pp 26.

Structuralia. S.f. Los Sistemas Energéticos en el Edificio: Sistemas de Iluminación. pp 63.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

Generación de ACS

La generación de ACS se puede dividir en producción instantánea y producción con acumulación; debido a la importancia de las instalaciones de calentamiento del ACS con energía solar térmica, se estudian con especial detalle la integración de las mismas en los sistemas de producción.

El componente básico de los sistemas de producción instantánea es el intercambiador, siendo los más habituales los intercambiadores de placas de acero inoxidable; a los mismos se conecta en el primario el circuito de calderas y en el secundario el de agua de consumo.

En los sistemas con acumuladores, además de los intercambiadores, los elementos básicos son los depósitos de acumulación, que pueden ser también interacumuladores, que incorporan el intercambiador.

El agua acumulada habitualmente se mantiene a una temperatura superior a la de consumo, por lo que a la salida de los depósitos se efectúa una regulación, mediante una válvula motorizada de tres vías que mezcla agua de acumulación con agua fría.

Situación en Paraguay

El sector Residencial es el segundo sector consumidor de energía neta, con el 28% del total. En lo que se refiere al calentamiento de agua hay una preponderancia de la electricidad en el consumo útil del uso, seguida en menor medida por la leña y el carbón vegetal.

El uso de calefacción tiene muy poca relevancia en el país, y el mismo es atendido mayoritariamente por electricidad en el 45,1% y leña en el 49,4% de su consumo útil. En términos de energía útil, la cocción de alimentos sigue siendo el principal uso con el 39,8% del consumo útil.

Más del 95% de las viviendas en Paraguay cuentan con algún equipo convencional para el calentamiento de agua sanitaria, mientras que un 4,5% no utiliza agua caliente o calienta el agua con otro artefacto, como una jarra eléctrica.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

La gran mayoría de las viviendas utilizan ducha eléctrica ya que es el principal artefacto para calentar agua a nivel residencial, mientras que solo un 6% tiene un equipo de agua sanitaria con acumulación, principalmente hallados en viviendas de nivel socioeconómico alto.

Tabla 9

Equipos de ACS	Total
Calefón/Termotanque eléctrico	5,9%
Ducha eléctrica	90,3%
Jarra eléctrica	2,6%
Otro	1,2%

Fuente: Proyecto de cooperación triangular “energía asequible y sustentable para el Paraguay: implementando la política energética nacional” (2021)

Energía solar térmica como alternativa más eficiente y sustentable

Calefones solares:

Paraguay, con una radiación solar promedio de 1.725 kWh/m²/a, presenta un nicho considerable para el uso de la energía solar, particularmente en equipos de baja temperatura del sector residencial. En diversos países del mundo las tecnologías solares, como los sistemas fotovoltaicos y los calefones solares de agua (ambas aplicaciones residenciales), han crecido a un ritmo asombroso.

El elemento central de cualquier sistema que utilice energía solar térmica es un colector o captador solar, el cual es un tipo especial de intercambiador de calor que capta la radiación solar incidente para convertirla en calor. La aplicación más difundida en el mundo de la energía solar térmica es el calentamiento de agua para uso sanitario, y en las zonas de clima frío a moderado también para la calefacción de las edificaciones. Los artefactos diseñados para este fin se llaman calefones o calentadores solares. Existe una gran cantidad de diseños y modelos diferentes.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

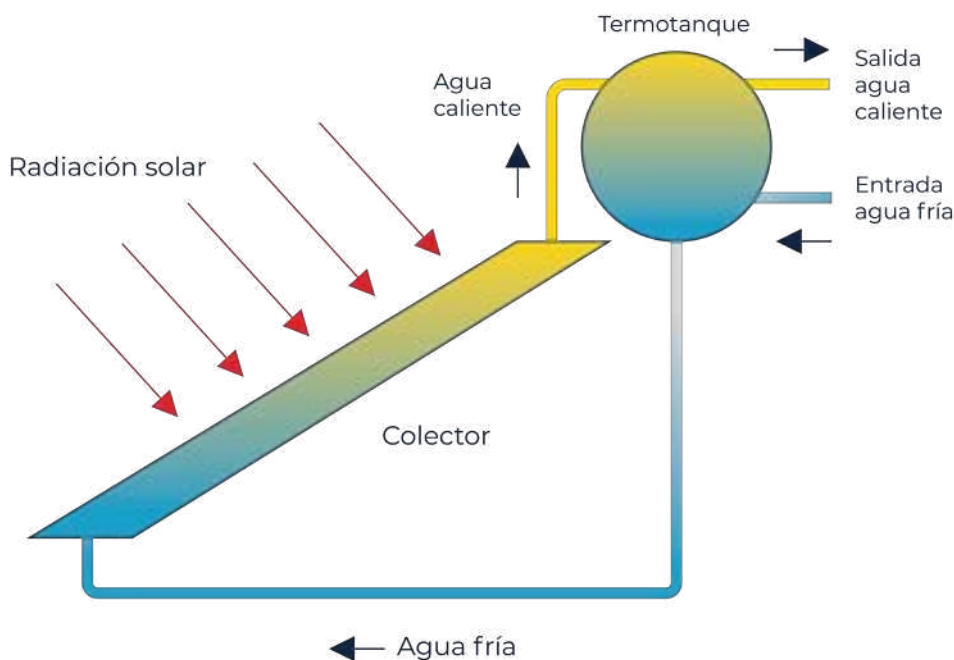
Un calefón solar es un aparato que utiliza el calor del sol para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en piscinas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes), tanto en ambientes domésticos como comerciales. Está formado por aletas captadoras y tubos por donde circula el agua, los cuales capturan el calor proveniente de los rayos del sol y lo transfieren al agua que circula en su interior. Hay dos tipos de instalaciones, las de circuito abierto y las de circuito cerrado. En las primeras, el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares, El agua que circula por los colectores se usa directamente para el consumo, la aplicación de este tipo de circuito es limitada por la baja calidad del agua caliente o las heladas en invierno. En las instalaciones de circuito cerrado se distinguen dos sistemas: flujo por Termosifón y flujo forzado.

Termo sifones	El movimiento de agua se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito, actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja al agua caliente del colector, menos pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del tanque. Tiene la ventaja de ser más sencillo ya que no necesita de una bomba de circulación.
Circulación forzada	Disponen de una bomba que hace circular el agua entre el tanque y los colectores en un circuito cerrado. Un regulador electrónico por diferencia de temperatura permite que la bomba funcione solamente, cuando sea necesario, es decir, cuando el agua en el colector es más caliente que la del tanque. En este caso, el tanque puede ser ubicado en cualquier parte de la edificación, inclusive en el sótano y solo los colectores se colocan en el techo.

Los calefones con termosifón son más bien manejados para viviendas unifamiliares teniendo capacidades de hasta 300 litros y los de circulación forzada son más bien destinados a edificios, hoteles, industrias, etc. con capacidades que alcanzarían varios miles de litros.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

A pesar del clima mayormente favorable en Paraguay, se debe tener en cuenta que el abastecimiento solar puede ser intermitente, los sistemas solares requieren de equipos complementarios que usan energía convencional para calentar el agua, a estos sistemas combinados se los denominan sistemas híbridos o mixtos. Actualmente la mayoría de los calefones solares en el mercado cuentan también con un sistema de calefacción auxiliar, mediante una resistencia eléctrica, lo cual permite disponer de agua caliente incluso en casos de insuficiencia temporal de radiación solar.



Calefón solar de agua doméstico por Termosifón.

Fuente: Evaluación de potenciales de energía renovable en Paraguay, estudio de cuatro casos. 2013. MOPC-VMME-GIZ

Como se mencionaba anteriormente, en la mayoría de las viviendas de Paraguay es considerable el uso de la ducha eléctrica, la cual representa un alto consumo energético, llegando a significar en algunos casos hasta el 50% del consumo eléctrico de una vivienda. Es por ese motivo que el potencial del uso de calefones solares en Paraguay es muy considerable no sólo a nivel residencial ya que se podría incluir otros sectores como: el de servicios

(hoteles, campos deportivos), servicio público (hospitales, escuelas, edificios gubernamentales, etc.), industria (procesos que involucren calentamiento de agua a baja temperatura).

Conforme varios estudios de caso, considerando el costo–beneficio de utilizar calefones solares en Paraguay, se puede decir que, si se tiene un consumo de agua caliente durante todo un año, la inversión puede ser amortizada en un periodo de 3 a 5 años con el ahorro de la energía eléctrica sobre la base de la tarifa residencial. El precio de colectores solares es, dependiendo de la calidad, entre 400 US\$/m² hasta 1.000 US\$/m². Considerando nuestro clima, en promedio al año, casi el 80% de la energía necesaria para calentar agua podría ser sustituida por energía solar.

El uso de calefones solares podría contribuir, significativamente, a la disminución del pico de consumo de electricidad que se produce al final del día, durante unas cuatro horas, dado que es el horario durante el cual la mayoría de la gente en nuestro país se baña utilizando, en su mayoría, duchas eléctricas, que tienen muy elevada potencia (4 a 5 kW). Dicho pico tiene un elevado costo para la ANDE tanto en capacidad de transmisión como en contratación de energía eléctrica en las usinas donde se generan.

Se proyecta que un gran parte de la electricidad consumida en el país y la biomasa para la generación de energía térmica en la industria, podrían ser fácilmente sustituidos por la energía solar. Por consiguiente, al lograr disminuir ese consumo de energía eléctrica en el país por medio de esta alternativa, se evitarían costos de producción, operación, mantenimiento y transmisión de electricidad, así como pérdidas técnicas importantes.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

6.7. Análisis de estudios de caso: Tipologías convencionales y eficientes en Paraguay

A continuación, se describen las condiciones típicas observadas en los sistemas anteriormente descritos, para cada una de las tipologías en estudio dentro del presente material, y las condiciones mejoradas que pueden plantearse para cada una.

Se hará una breve descripción de cada sistema, para luego presentar las condiciones analizadas en las mismas, tanto para la condición convencional como para la eficiente.

a. Sistema de climatización

Atendiendo las condiciones ya antes mencionadas sobre el alcance y la importancia de la generación de frío, por sobre la calefacción, debido a las condiciones climáticas en el país, se muestran valores de referencia de nivel de eficiencia declarada en EER, la cual corresponde a los sistemas de frío propiamente. Es importante también aclarar que un equipo de climatización lleva a la par sus niveles de eficiencia, por lo cual el declarar un nivel elevado o bajo de EER, también representa un nivel similar para la situación de la calefacción y su COP respectivo.

b. Sistema de iluminación

Para el caso de la iluminación, observaremos la importancia en la relación de densidad de iluminación (W/m^2), a fin de igualar bajo una misma métrica los diferentes proyectos existentes, independientemente al tamaño de los mismos.

c. Sistema de cargas internas y/o procesos

Para el caso de las cargas internas y/o de procesos se da una situación particular ya que las mismas representan una demanda y consumo constante de energía dentro de cualquier proyecto, varían su alcance dependiendo del tipo de operación que se desarrolle dentro de cada uno.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Habitualmente, dentro del proceso de simulación energética y medida de eficiencia energética, sus cargas se realizan de forma similar entre el proyecto propuesto y el comparativo de base, por lo cual, de forma general no representan ahorros sustanciales de energía, a no ser que se utilicen sistemas avanzados de control.

A modo de resguardar su impacto sobre el nivel de eficiencia energética, se establecen condiciones básicas que deben de cumplir las instalaciones o equipamientos que estén representados en este sistema. Actualmente se adopta que los motores y bombas que pueden ser catalogados y aprobados para su uso por el nivel de eficiencia en los mismos, sean de la categoría IE 3 necesariamente.

d. Sistema de agua caliente sanitaria (ACS)

El uso del agua caliente sanitaria varía sustancialmente dependiendo del tipo de proyecto. Los principales usos en el país se dan en las duchas, cocinas y en el lavado de ropas.

El método tradicional de representación de la calefacción de agua se da por la resistencia eléctrica, ya sea almacenando agua en un termotanque o haciéndola pasar por la corriente.

El país tiene un potencial enorme de aprovechamiento de ACS por generación solar a partir de termocalefones solares, por esta razón, se considera a esta alternativa a la más eficiente para ser implementada en los proyectos que buscan este objetivo. También se disponen de estrategias y tecnologías alternas que permitirían una obtención eficiente de ACS de otros procesos, como ser el que puede obtenerse del aprovechamiento de calor generado en los sistemas de climatización, aspecto ya mencionado en el apartado de los sistemas de climatización y ventilación tocados en este capítulo. Así también se disponen de tecnologías nuevas, como los calentadores puntuales, que dependiendo de la finalidad del ACS demandada pueden ser utilizados como fuentes de generación de este sistema, con valores de eficiencia superiores al 90%.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.

Configuración de envolvente

Otro apartado importante como se vio en los capítulos iniciales, es la configuración de la envolvente y el acondicionamiento pasivo que otorga las cualidades otorgadas a la misma.

A continuación, para cada tipología, se muestran ciertas condiciones presentes tanto para los casos convencionales como para los eficientes.

Edificio Residencial

a. Configuración del sistema de climatización

Edificio residencial convencional	U (W/m ² .K)
Sistema tipo split	2,9
Edificio residencial eficiente	U (W/m ² .K)
VRV multisplit inverter	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Edificio residencial convencional	7,33
Edificio residencial eficiente	3,44

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

c. Configuración de envolvente

Edificio residencial convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 15 cm	3,5
Techo de losa	2,1

Edificio residencial eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de losa con aislación o chapa sandwich	0,4

Supermercados

a. Configuración del sistema de climatización

Supermercado convencional	EER
Sistema tipo rooftop	2,9

Supermercado eficiente	EER
Sistema tipo rooftop	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Supermercado convencional	8,54
Supermercado eficiente	6,78

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Supermercado convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de chapa	5,4

Supermercado eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo chapa sandwich	0,7

Hotel

a. Configuración del sistema de climatización

Hotel convencional	EER
Sistema tipo VRV	2,9

Hotel eficiente	EER
Sistema tipo VRV con recuperación de calor	5

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Hotel convencional	5,37
Hotel eficiente	2,99

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envoltente

Hotel convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de losa	2,1

Hotel eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de losa con aislación	0,4

Estación de servicio

a. Configuración del sistema de climatización

EES convencional	EER
Sistema tipo rooftop	2,9

EES eficiente	EER
Sistema tipo rooftop	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
EES convencional	12,19
EES eficiente	4,8

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

EES convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 15 cm	3,5
Techo de losa y/o chapa sandwich	2,5

EES eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de losa con aislación y/o chapa sandwich	0,6

Centro de Distribución

a. Configuración del sistema de climatización

Centro de distribución convencional	EER
Sistema tipo rooftop	2,9

Centro de distribución eficiente	EER
Sistema tipo rooftop	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Centro de distribución convencional	11,4
Centro de distribución eficiente	8,85

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Centro de distribución convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de chapa	5,4

Centro de distribución eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de chapa sandwich	0,7

Vivienda Unifamiliar

a. Configuración del sistema de climatización

Vivienda unifamiliar convencional	EER
Sistema tipo split y multisplit	2,9

Vivienda unifamiliar eficiente	EER
Sistema tipo split y multisplit inverter	5

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Vivienda unifamiliar convencional	5,3
Vivienda unifamiliar eficiente	2,51

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Vivienda unifamiliar convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 15 cm	3,5
Techo de teja cerámica	3,2

Vivienda unifamiliar eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de teja cerámica con aislación	0,6

Industria textil

a. Configuración del sistema de climatización

Industria textil convencional	EER
Sistema tipo rooftop	2,9

Industria textil eficiente	EER
Sistema tipo rooftop	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Industria textil convencional	13,73
Industria textil eficiente	3,73

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28. Análisis realizado por Arké, 2022.

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Industria textil convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de chapa	5,4

Industria textil eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de chapa sandwich	0,7

Industria gráfica

a. Configuración del sistema de climatización

Industria gráfica convencional	EER
Sistema tipo rooftop	2,9

Industria gráfica eficiente	EER
Sistema tipo rooftop	4

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Industria gráfica convencional	21,33
Industria gráfica eficiente	17,48

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Industria gráfica convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de chapa	5,4

Industria gráfica eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de chapa sandwich	0,7

Oficinas corporativas

a. Configuración del sistema de climatización

Oficinas corporativas convencional	EER
Sistema tipo rooftop o fancoils	2,9

Oficinas corporativas eficiente	EER
Sistema tipo VRV con recuperación de calor	5

b. Configuración del sistema de iluminación

	Densidad de iluminación (W/m ²)
Oficinas corporativas convencional	6,74
Oficinas corporativas eficiente	5,26

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Como se mencionó a inicios de este subcapítulo, las condiciones de cargas de proceso se representan de forma similar en los casos de simulación energética, con la consideración de utilizar los equipamientos con una categoría IE3 o similares obligatoriamente.

Para el caso de las ACS se consideran demanda en duchas y cocinas, abastecidas desde calentadores solares para el caso eficiente y de resistencia eléctrica para los casos convencionales.

c. Configuración de envolvente

Oficinas corporativas convencional	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo simple de 20 cm	3
Techo de losa	2,1

Oficinas corporativas eficiente	U (W/m ² .K)
Muros de ladrillo hueco esp. 20 cm con aislación	1
Techo de losa con aislación	0,4

6.7.1. Consumos existentes por tipologías y comparativos de niveles de eficiencia

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones energéticas, para cada una de las tipologías estudiadas, bajo las condiciones ya descritas anteriormente.

Además de los resultados globales de ahorro energético a ser mostrados para cada uno, se hará un desglose del nivel de eficiencia alcanzado en cada uno de los sistemas estudiados de forma separada.

Structuralia. S.f. Simulación Energética de Edificios - Designbuilder. Herramienta de Simulación. Parte I. pp 28.
Análisis realizado por Arké, 2022.

Edificio residencial

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	272.997	
Sistema de iluminación	57.488	
Sistema de cargas internas	241.574	
Sistema de agua caliente sanitaria	9.986	
Consumo total	582.045	173,61

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	182.627	
Sistema de iluminación	19.851	
Sistema de cargas internas	241.574	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	444.052	132,45

Ahorro (% kWh)	24%
-----------------------	------------

Supermercado Casa Rica

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	480.156	
Sistema de iluminación	302.964	
Sistema de cargas internas	790.399	
Sistema de agua caliente sanitaria	4.468	
Consumo total	1.577.986	158,27

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	367.669	
Sistema de iluminación	144.266	
Sistema de cargas internas	790.399	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	1.302.334	130,63

Ahorro (% kWh)	17%
-----------------------	------------

Análisis realizado por Arké, 2022.

Hotel Holiday Inn Express Aviadores

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	947.004	
Sistema de iluminación	246.104	
Sistema de cargas internas	491.014	
Sistema de agua caliente sanitaria	1.051	
Consumo total	1.685.174	195,41

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	337.676	
Sistema de iluminación	112.278	
Sistema de cargas internas	491.014	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	940.969	109,11

Ahorro (% kWh)	44%
-----------------------	------------

Estación de servicio Enx Manuel del Castillo

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	346.025	
Sistema de iluminación	15.196	
Sistema de cargas internas	888.544	
Sistema de agua caliente sanitaria	788	
Consumo total	1.250.553	2.524,58

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	171.303	
Sistema de iluminación	8.567	
Sistema de cargas internas	888.544	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	1.068.413	2.156,88

Ahorro (% kWh)	15%
-----------------------	------------

Análisis realizado por Arké, 2022.

Centro de distribución Unilever

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	324.192	
Sistema de iluminación	445.543	
Sistema de cargas internas	45.191	
Sistema de agua caliente sanitaria	815	
Consumo total	815.741	31,85

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	119.020	
Sistema de iluminación	342.237	
Sistema de cargas internas	45.191	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	506.448	19,78

Ahorro (% kWh)	38%
-----------------------	------------

Vivienda unifamiliar

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	1.665	
Sistema de iluminación	184	
Sistema de cargas internas	123	
Sistema de agua caliente sanitaria	81	
Consumo total	2.054	40,73

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	1.009	
Sistema de iluminación	85	
Sistema de cargas internas	123	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	1.217	24,14

Ahorro (% kWh)	41%
-----------------------	------------

Análisis realizado por Arké, 2022.

Industria textil Blue Design

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	391.376	
Sistema de iluminación	272.971	
Sistema de cargas internas	260.077	
Sistema de agua caliente sanitaria	7.086	
Consumo total	931.510	136.39

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	295.091	
Sistema de iluminación	210.402	
Sistema de cargas internas	260.077	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	765.570	112.09

Ahorro (% kWh)	18%
-----------------------	------------

Industria gráfica Germany

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	520.105	
Sistema de iluminación	36.404	
Sistema de cargas internas	1.785.000	
Sistema de agua caliente sanitaria	11.090	
Consumo total	2.352.599	101.51

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	160.615	
Sistema de iluminación	24.363	
Sistema de cargas internas	1.785.000	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	1.969.978	85.00

Ahorro (% kWh)	16%
-----------------------	------------

Análisis realizado por Arké, 2022.

Oficinas corporativas Mapfre

Consumo convencional		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	194.882	
Sistema de iluminación	83.619	
Sistema de cargas internas	30.241	
Sistema de agua caliente sanitaria	788	
Consumo total	309.530	13,36

Consumo eficiente		
	Electricidad (kWh/año)	kWh/año/m2
Sistema de climatización	142.015	
Sistema de iluminación	71.454	
Sistema de cargas internas	29.791	
Sistema de agua caliente sanitaria	0	
Consumo total	243.260	10,50

Ahorro (% kWh)	21%
-----------------------	------------

Análisis realizado por Arké, 2022.

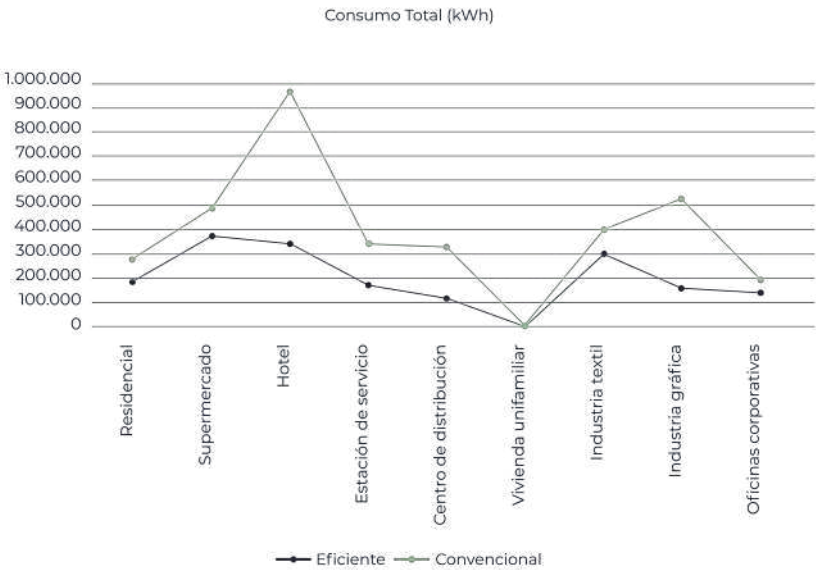
6.7.2. Consumos existentes por sistemas y comparativos de niveles de eficiencia

A continuación, se muestran los consumos y ahorros existentes por los principales sistemas analizados de demanda y consumo energético, la climatización y la iluminación.

Sistema de climatización

Sistema de climatización			
Consumo total (kWh/año)			Ahorro en %
Tipología	Convencional	Eficiente	
Residencial	272.997	182.627	33%
Supermercado	480.156	367.669	23%
Hotel	947.004	337.676	64%
Estación de servicio	346.025	171.303	50%
Centro de distribución	324.192	119.020	63%
Vivienda unifamiliar	1.665	1.009	39%
Industria textil	391.376	295.091	25%
Industria gráfica	520.105	160.615	69%
Oficinas corporativas	194.882	142.015	27%

Figura 9. Consumo total de energía vs. consumo eficiente de energía en instalaciones.

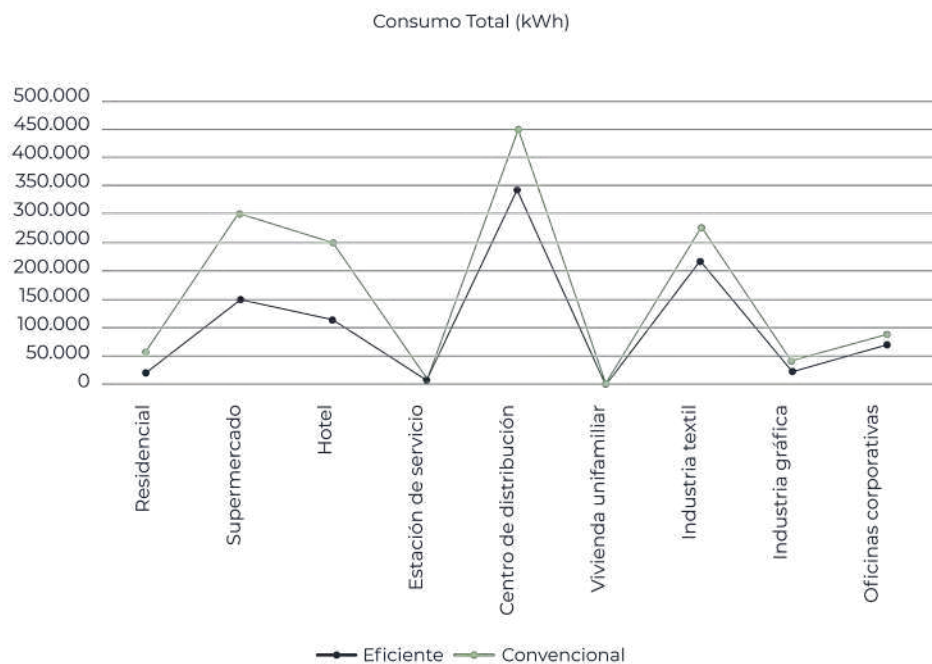


Sistema de iluminación

Tabla 11

Sistema de iluminación			
Tipología	Consumo total (kWh/año)		Ahorro en %
	Convencional	Eficiente	
Residencial	57.488	19.851	65%
Supermercado	302.964	144.266	52%
Hotel	246.104	112.278	54%
Estación de servicio	15.196	8.567	44%
Centro de distribución	445.543	342.237	23%
Vivienda unifamiliar	184	85	54%
Industria textil	272.971	210.402	23%
Industria gráfica	36.404	24.363	33%
Oficinas corporativas	83.619	71.454	15%

Figura 10. Consumo total de energía versus consumo eficiente en instalaciones.



Análisis realizado por Arké, 2022.



07

Recomendaciones por tipología y resultados de ahorros en proyectos implementados localmente





En el presente capítulo desarrollaremos, en base a los resultados obtenidos, recomendaciones para cada tipología estudiada, permitiendo fortalecer el desarrollo de proyectos más eficientes en el consumo de energía.

7.1. Recomendaciones por tipologías analizadas

7.1.1. Recomendaciones generales para todas las tipologías.

A continuación, se presentan las recomendaciones generales a ser aplicadas en todos los proyectos que desean alcanzar una eficiencia energética óptima:

- Para el apartado de la iluminación, se evidencia la importancia de la utilización de artefactos LED's, que son por lo menos el doble de eficientes.
- De manera a garantizar la eficiencia en los artefactos y el dimensionamiento adecuado, se recomienda el uso correcto de la tecnología, evitando el encendido innecesario de luces en periodos no ocupados de ambientes, pudiéndose implementar la tecnología de sensores que activen y desactiven el uso de iluminación, solamente cuando los espacios estén ocupados.
- Se observa que el estudio de densidad de iluminación, según las áreas

Análisis realizado por Arké, 2022.

requeridas permite un mejor aprovechamiento de la iluminación por zonas, reduciéndose la sobrecarga de iluminación y reduciendo la generación de deslumbramiento.

- La implementación de iluminación natural, vuelve aún más eficiente el uso de la energía, permitiendo reducir la demanda de iluminación artificial en espacios interiores. Los análisis de iluminación natural en ambientes, según el tipo de proyecto y/o ubicación, evitan la dependencia de iluminación artificial en gran parte del día, ya sea de forma completa o parcial.
- Será posible generar ACS de fuentes alternativas, como la solar, y almacenarla en un termotanque a una temperatura superior de la existente en la red de agua potable, por lo cual, al momento de su uso, el gradiente térmico que se necesitará para la temperatura de uso del agua requerirá un menor uso de energía para este fin.
- En cuanto a la utilización de ACS mediante calefones, un factor importante a tener en cuenta es la sombra, por lo cual debe considerarse la ubicación del proyecto y la exposición de la cubierta o techo del mismo, ya que la eficiencia de los calefones solares está directamente relacionada a la incidencia solar recibida por los paneles, así como el área útil de cubierta o superficie disponible para poder generar el volumen de ACS demandada en el proyecto.
- Muchos proyectos optan también por mejoras en otras áreas, como ser ahorros en consumo de agua por selección de griferías eficientes, gestión integral de sus residuos y reciclaje, opciones de transporte alternativo entre otros. De esta manera, no solo existe una mejora limitada al sector energético, sino que al adquirir prácticas sustentables el entorno del proyecto, de los colaboradores, de los clientes, usuarios y la sociedad en general, aumenta de manera considerable.

Fuente: Arké, 2022.



7.1.2. Recomendaciones por tipología

A. Residencial, Residencial vertical y Hotelería

- **Vivienda unifamiliar.**

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los sistemas Splits y Multisplits con la inserción de la tecnología Inverter en los equipos.

El nivel de EER (Ratio de Eficiencia Energética) mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 4. En cuanto a la referencia de los niveles de COP (Coeficiente de rendimiento), se recomienda un valor de por lo menos 4,3. O valores de SEER (Ratio de eficiencia energética estacional) de 7,1 como mínimo y valores de SCOP (Coeficiente de rendimiento estacional) de 4,4.

Las cargas de densidad de iluminación diurnas son bajas, por el grado de ocupación de la vivienda, por lo cual el consumo debido a la iluminación es menor en relación a otros usos edilicios, sin embargo, por la vida útil y el grado de eficiencia de artefactos de lámparas LED, su utilización es indispensable.

Por la condición de ocupación mencionada anteriormente, para los casos de vivienda unifamiliar, el estudio de la incidencia de la iluminación natural es

Análisis realizado por Arké, 2022.

mucho menor, dependiendo del grado de ocupación diurna de la misma. Será importante para cada caso tener en cuenta esta consideración para el hecho de si se puede aumentar la eficiencia con el aporte de la iluminación natural, o por el tipo de ocupación la misma no tendrá incidencia. Sin embargo, su análisis será primordial, y el caso de referencia a ser considerado debe ser siempre el de cumplir con el requerimiento mínimo de Iluminación artificial nocturna para el uso espacio de cada área.

En lo que respecta al Agua Caliente Sanitaria (ACS), ésta puede constituir en una residencia un grado de consecución de eficiencia elevado, ya que la misma podría abastecer toda la demanda existente mediante calefones solares. Si bien dentro de la distribución de la demanda y consumo de energía, el uso de ACS ocupa posiblemente el menor escalón, su consumo no deja de ser importante a la hora de migrar a tecnologías más eficientes y lograr alcanzar un ahorro energético dentro de la vivienda. El aprovechamiento para el caso de las viviendas, por su horario de ocupación será principalmente mediante la reducción en la demanda de energía para calentar el agua, ya que es poco probable el uso directo contra su generación.

Del mismo modo, es importante conocer con exactitud la demanda de ACS a presentarse dentro del edificio residencial a fin de poder dimensionar correctamente la cantidad de calefones y área requerida para la generación de ACS.

Las cargas de proceso para el caso de una vivienda unifamiliar vienen representadas principalmente por los electrodomésticos. Los mismos deben contar con etiquetas de eficiencia energética en proyectos que buscan ser eficientes energéticamente. Es posible que estas cargas lleguen a representar entre el 25 a 40% del consumo total de energía. Por ello, al momento de seleccionar este tipo de sistemas se recomienda seleccionar equipos con un etiquetado energético A o superior, según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes y para el caso de bombas y motores, que los mismos sean de clase IE3.

Realizando configuraciones alternativas a las propuestas, permitiendo distintas posibilidades de configuración, se dejan a continuación

Fuente: Arké, 2022.

conformaciones de envolventes con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se presentan 3 configuraciones diferentes, obtenidas como los valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

1. Valores mínimos:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
2.2	97.42	0.3	0.72	9.18	0.3	0.82	5.7	0.1	0.1	No	0.45

2. Valores medios:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
1.22	142.56	0.3	0.72	9.18	0.55	0.82	5.7	0.2	0.1	Si	0.9

3. Valores óptimos:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
0.53	142.56	0.3	0.59	29.42	0.3	0.3	5.6	0.2	0.1	No	0.45

A modo de referencia para el caso de vivienda unifamiliar se ha tomado el proyecto de la vivienda ALMA, la cual ha sido la primera vivienda a nivel nacional en obtener la certificación EDGE.

Casa Alma ha obtenido un nivel de eficiencia en el uso de la energía del 47%, un ahorro en el uso del agua del 90% y ahorro en el uso de energía incorporada en los materiales del 52%, obteniendo el nivel de certificación EDGE ADVANCED.

- **Edificio residencial.**

Los edificios residenciales son aquellos cuyo principio se basa en brindar un servicio habitacional a los hogares y familias, que actualmente se están consolidando como proyectos indispensables para el desarrollo urbano. Por esta razón, están en la búsqueda constante de adoptar prácticas sustentables, en los cuales se incluye el ahorro de energía y la eficiencia energética.

En ese contexto, un edificio proyectado para su construcción en la ciudad de Lambaré, ha tomado medidas para optimizar su eficiencia energética y actualmente el proyecto posee un 8,08% de eficiencia, esto gracias a el mejoramiento de sus proyectos de climatización, adopción de techos verdes, utilización de vidrios DVH y otras medidas contempladas a continuación.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los todos aires (tipo rooftop), sistema de aire y agua con unidades terminales tipo Fan coils, sistemas de VRV (Volumen de Refrigerante Variable) o sistemas de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 4. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,3. O valores de SEER de 7,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,4.

Para el apartado de la iluminación, así como en la tipología anterior, se recomienda la utilización de artefactos LED's. Los estudios de densidad de iluminación por tipos de espacios permiten reducir hasta un 20% la potencia total instalada en espacios.

Además de la reducción mencionada arriba, la consideración de la iluminación natural, y el aporte de la misma a las zonas internas de un proyecto, permite reducir la demanda de iluminación artificial en espacios interiores de ocupación, volviendo aún más eficiente el uso de la energía. Los análisis de iluminación natural en ambientes, según el tipo de proyecto y/o ubicación, evitan la dependencia de iluminación artificial en gran parte del

Fuente: Arké, 2022.

día, ya sea de forma completa o parcial. Otro complemento ya mencionado anteriormente, es la implementación de tecnología de sensores que activen y desactiven el uso de iluminación, evitando el encendido innecesario de luces en periodos no ocupados. Los ahorros posibles en el consumo derivado de la iluminación interior en un proyecto varían entre el 15 y el 60%.

El apartado de agua caliente sanitaria (ACS) en un edificio residencial es de importancia por la alta demanda que en la misma puede llegar a presentarse. Para el caso de nuestro país y los días de soleamiento disponible, utilizar los calefones solares es una aplicación de eficiencia energética muy potable, aún poco explorada o aprovechada en el país. Ya sea de aprovechamiento directo o indirecto mediante acumulación, la generación de ACS permite ahorros importantes de consumo de energía, permitiendo una disminución entre el 30 al 60% de la energía consumida por este tipo de sistema.

Es importante conocer con exactitud la demanda de ACS a presentarse dentro del edificio residencial a fin de poder dimensionar correctamente la cantidad de calefones y área requerida para la generación de ACS. Un factor importante a considerarse es el factor de la sombra, por lo cual debe analizarse la ubicación del proyecto y la exposición de la cubierta o techo del mismo, ya que la eficiencia de los calefones solares está directamente relacionada a la incidencia solar recibida por los paneles, así como al área disponible para la implementación de los paneles según la demanda de ACS a ser satisfecha.

Las cargas de proceso para el caso de un edificio residencial vienen representadas principalmente por los electrodomésticos en las unidades habitacionales. Por ello es obligatorio contar con etiquetas de eficiencia energética es obligatorio en proyectos que buscan ser eficientes energéticamente. Es posible que estas cargas lleguen a representar el 25% del consumo total de energía. Al momento de seleccionar este tipo de sistemas se recomienda elegir equipos con un etiquetado energético A o superior, según etiquetas de aprobación de la Energy Star, o equivalentes, y para el caso de bombas y motores, que los mismos sean de clase IE3.

A continuación, se presentan también las conformaciones de envolventes

Análisis realizado por Arké, 2022.

con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se detallan 3 configuraciones diferentes, valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

1. Valores mínimos:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
1,22	142,56	0,55	0,72	9,18	0,3	0,3	5,6	0,2	0,2	No	0,9

2. Valores medios:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
0,89	28,63	0,3	0,69	33,91	0,55	0,3	3	0,1	0,2	No	0,9

3. Valores óptimos:

Resultados											
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en la sala	Porcentaje de aberturas en dormitorios	Aleros del techo	Factor de apertura de los elementos transparentes
0,53	142,56	0,3	0,59	29,42	0,3	0,3	2,2	0,1	0,2	Si	0,9

A modo de referencia para el caso del edificio residencial se ha tomado un proyecto que aspira a ser el primer edificio Residencial bajo la categoría LEED v4.1 Residential: Multifamily en certificar LEED a nivel país.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 11,28% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la ASHRAE 90.1-2016, lo cual viene a representar un ahorro de más del 40% para edificios convencionales a nivel nacional.

Fuente: Arké, 2022.

- **Hotelería.**

Los hoteles representan un papel fundamental en la economía del turismo, ya que estos definen algunos aspectos relacionados con la satisfacción del cliente, concretamente: conformidad con el viaje, atractivo del destino turístico, alta apreciación de la organización durante la estancia, entre otros.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los todos aires (tipo rooftop), sistema de aire y agua con unidades terminales tipo Fan coils, sistemas de VRV o sistemas de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 4. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,3. O valores de SEER de 7,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,4.

Los estudios de densidad de iluminación en Hotelerías por tipos de espacios, permiten reducir hasta un 30% la potencia total instalada en espacios. A diferencia de un edificio residencial, la carga de uso de un Hotel durante el día es mayor, por lo cual el ahorro que puede lograrse con la implementación de sistemas eficientes es un poco más elevado, y al igual que los anteriores, se recomienda los artefactos de tipo LED.

Igualmente, la consideración de la iluminación natural y el aporte de la misma a las zonas internas de un hotel, permite reducir la demanda de iluminación artificial en espacios interiores de ocupación, volviendo aún más eficiente el uso de la energía. Los ahorros posibles en el consumo derivado de la iluminación interior en un proyecto varían del 20 al 60%.

En cuanto al sistema de agua caliente sanitaria (ACS), en un hotel representa un apartado de importancia por la alta demanda que puede llegar a presentarse. Ya sea de aprovechamiento directo o indirecto mediante acumulación, la generación de ACS permite ahorros importantes de consumo de energía, permitiendo una disminución de entre el 50 al 80% de la energía consumida por este tipo de sistema.

Análisis realizado por Arké, 2022.

La demanda de ACS a presentarse dentro de un hotel es una información vital, sobre todo atendiendo que además de los usos tradicionales en los baños y usos de cocinas, el lavado de prendas textiles requiere un alto consumo de ACS, el cual, en caso de lograr satisfacer por medio de fuentes alternativas, maximiza el ahorro en el consumo energético.

Los hoteles, al estar contruidos en altura, generalmente disponen de una radiación solar mayor y directa aprovechable al evitar el efecto sombra que ciertas estructuras puedan generar sobre el edificio. Gracias a esto, la implementación de tecnología de calefones solares es bastante apta para su aprovechamiento en los mismos. Debido a que la demanda dentro del edificio misma puede ser muy fluctuante, se recomienda almacenar en tanques el ACS generado, a fin de mantenerlo a una temperatura mayor que el agua de la red, y disponible para su uso inmediato cuando el fin así lo requiera, requiriendo ya un uso mucho menor de energía para calentar el agua a la temperatura de uso.

Las cargas de proceso para el caso de un hotel vienen representadas principalmente por los electrodomésticos en las unidades habitacionales, la recepción o lobby. A fin de permitir una mayor eficiencia energética del hotel es necesario dotar de equipamiento con artefactos etiquetados energéticamente en los cuales se observe un nivel alto de eficiencia de nivel A o superior, según etiquetas de aprobación de la Energy Star, o equivalentes, y para el caso de bombas y motores, que los mismos sean de clase IE3.

En los hoteles, es posible que estas cargas lleguen a representar el 25% del consumo total de energía.

A continuación, se presentan también las conformaciones de envolventes sugeridas para hotel, con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se detallan 3 configuraciones diferentes, valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

Fuente: Arké, 2022.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en dormitorios
1,22	160	0,55	0,72	9,18	0,3	0,3	5,6	0,3

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en dormitorios
0,89	140	0,3	0,69	33,91	0,35	0,3	3	0,3

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m².K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en dormitorios
0,53	130	0,3	0,59	26	0,3	0,3	2,2	0,2

A continuación, se presenta un resumen de las tipologías mencionadas anteriormente:

Tipología	Residencial vertical y hotelería		
	Vivienda unifamiliar	Edificio Residencial	Hotelería
Sist. Climatización	Split / Multisplit	Rooftop / Fan Coils / VRV Caudal de refrigerante variable	Rooftop / Fan Coils / VRV Caudal de refrigerante variable
Nivel EER	4	4	4
Nivel COP	4,3	4,3	4,3
Nivel SEER	7,1	7,1	7,1
Nivel SCOP	4,4	4,4	4,4
Iluminación	Artefactos LED	Artefactos LED	Artefactos LED
Electrodomésticos	Etiquetado Energético A	Etiquetado Energético A	Etiquetado Energético A
Bombas / motores	IE3	IE3	IE3

	Residencial/vertical y hotelería	Hotelería
Carga de proceso (electrodomésticos)	25 a 40%	25%

Ahorros	Edificio Residencial	Hotelería
Estudio de densidad de iluminación por tipo de espacio	20%	30%
Iluminación interior	15 al 60%	20 al 60%
Agua Caliente Sanitaria	30 al 60%	50 al 80%

A modo de referencia para el caso del hotel se ha tomado el proyecto del Hotel Holiday Inn Express, primer proyecto paraguayo en alcanzar el nivel Platinum en la certificación LEED a nivel país, y único proyecto a la fecha en alcanzar dicho estatus bajo la versión BD+C NC.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 40,6% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la ASHRAE 90.1-2007, lo cual viene a representar un ahorro de más del 70% para edificios convencionales a nivel nacional.

B. Oficinas corporativas en altura

Las oficinas corporativas consisten en espacios de trabajo que reflejan los valores y proyectan la imagen de la empresa. Las oficinas corporativas se caracterizan por disponer de comodidades para los trabajadores y por ser ergonómicas.

Al ser uno de los espacios en donde mayor tiempo se convive diariamente, es también donde se da un mayor consumo de energía, por lo tanto, son cada vez más las empresas que se comprometen a adquirir prácticas que no

Fuente: Arké, 2022.

solo reduzcan sus costos operacionales, sino que también contribuyan en la construcción de una sociedad más sustentable.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los todos aires (tipo rooftop), sistemas de fan coils y bombas de calor, así como sistemas de VRV o de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 4,3. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,5. O valores de SEER de 7,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,4.

Para el apartado de la iluminación, es bastante importante la correcta combinación entre la iluminación natural y la artificial por los horarios de uso de un proyecto de este tipo. Los estudios de densidad de iluminación por tipos de espacios permiten reducir hasta un 45% la potencia total instalada en espacios, lo cual se traduce en un importante aporte al ahorro energético.

Atendiendo que el uso de un edificio de oficinas corporativas se da principalmente en horario diurno, el aprovechamiento de la iluminación natural es una opción indispensable al momento de planificar un proyecto eficiente energéticamente.

Los ahorros posibles en el consumo derivado de la iluminación interior en un proyecto de oficinas corporativas varían entre un 25 al 65%. El aporte de los sensores de encendido/apagado a este tipo de ocupación se da principalmente al evitar que las luces innecesariamente queden encendidas durante la noche, o fines de semana, por descuido de los ocupantes, que suele ser algo común en las oficinas.

Para el apartado de agua caliente sanitaria (ACS), en un edificio de oficinas corporativas puede ser relativamente bajo, dependiendo generalmente del grado de uso de duchas en las mismas o de la existencia de una cocina. Sin embargo, la demanda y consumo final de este tipo de sistemas es bajo. Se recomienda de todas formas, que cualquier edificio corporativo que plantee ser eficiente, implemente el aprovechamiento de la generación de ACS desde termocalefones solares, pudiendo esta tecnología abastecer el 100%

Análisis realizado por Arké, 2022.

de la demanda de ACS existente en el proyecto.

Las cargas de proceso para el caso de un edificio corporativo, vienen representadas principalmente por los equipos informáticos, ya sean PC's, notebook's, impresoras, scanners, sala de datos, y en menor medida por los teléfonos, faxes y en caso de poseer kitchenettes, los equipos del mismo, como cafeteras, microondas y refrigeradores o mini coolers. Como se ha observado, este tipo de cargas puede llegar a representar el 25% del consumo de energía en un edificio corporativo, por lo cual es relevante el establecer una política de selección de equipamientos con un etiquetado energético alto, A o superior según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes. De la misma forma se deben establecer parámetros de eficiencia mínima para las bombas y motores de impulsión de agua potable y no potable, de control de incendios y otros que pudieran ser utilizados en este tipo de emprendimientos, para los cuales, el nivel requerido es el de un IE3.

Para oficinas corporativas, se presentan opciones de conformaciones de envolventes con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se detallan 3 configuraciones diferentes, valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m2K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m2K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0,09	28,63	0,3	0,59	29,42	0,3	0,82	3	0,6

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m2K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m2K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0,7	97,42	0,3	0,59	31,67	0,3	0,53	2,8	0,45

Fuente: Arké, 2022.

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0,53	179,11	0,3	0,59	29,42	0,3	0,3	2,2	0,3

A continuación, se presenta un resumen de la tipología mencionada anteriormente:

Tipología	Oficinas corporativas en altura
Sist. Climatización	Rooftop / Fan Coils / bombas de calor / VRV Caudal de refrigerante variable
Nivel EER	4,3
Nivel COP	4,5
Nivel SEER	7,1
Nivel SCOP	4,4
Iluminación	Artefactos LED
Electrodomésticos	
Bombas / motores	IE3

	Oficinas corporativas en altura
Carga de proceso (electrodomésticos)	25%

Ahorros	Oficinas corporativas en altura
Estudio de densidad de iluminación por tipo de espacio	45%
Iluminación interior	25 al 65%
Agua Caliente Sanitaria	100%

A modo de referencia para el caso de las oficinas administrativas se ha tomado el proyecto del Edificio Casa Matriz Mapfre Paraguay. Primeras oficinas administrativas en obtener la certificación LEED a nivel país, alcanzando el nivel Silver.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 24,5% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la ASHRAE 90.1-2007, lo cual viene a representar un ahorro de más del 70% para edificios convencionales a nivel nacional.

C. Industrias

- **Textiles**

Las industrias textiles representan un sector importante de la economía, ya que la misma se ocupa principalmente de confeccionar los elementos que luego se utilizarán para la realización de distintos tipos de prendas. Los materiales más utilizados se componen de diferentes hilos, fibras y telas que son generadas justamente por este grupo manufacturero.

Lo primero a tener en cuenta es que el uso de sistemas de climatización industrial es de vital importancia para asegurar la salud de los trabajadores. Al reforzar la ventilación de una nave industrial, se garantizan unas condiciones óptimas para el desarrollo de las funciones laborales: calidad del aire, control de humedad, control térmico de la nave, reduce las partículas o gases contaminantes, reduce la transmisión de virus y bacterias, y se extraen humos que puedan surgir durante la producción o en un hipotético caso de incendio.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los sistemas todo aire (tipo rooftop), sistemas de agua con fan coils.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 3,2. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 3,6. O valores de SEER de 5,1 como mínimo y valores de SCOP de 3,4.

Análisis realizado por Arké, 2022.

Para el apartado de la iluminación, por requerimientos propios de la industria, la regulación existente condiciona mucho la posibilidad de un ajuste dependiendo de la demanda o labor específica en la misma. Para el caso de las industrias textiles y en específico por el requerimiento de la visualización del color, la buena iluminación es requisito innegociable. Sin embargo, se establece la necesidad de una utilización de artefactos LED's por la eficiencia presente en las mismas en cuanto al uso de la energía, y también el menor daño ambiental en su contenido como potencial residuo. El apartado del deslumbramiento y aporte de la iluminación natural queda muy condicionado por lo antes expuesto, sin embargo, en los sectores de administración, comedores, y espacios para usos sin requerimientos específicos, se recomienda realizar los estudios de incidencia y reducción de la densidad de iluminación, a fin de maximizar la eficiencia.

Para el apartado de agua caliente sanitaria (ACS), dependiendo del lavado de prendas, el uso de duchas o cocinas existentes dentro del proyecto- en ese orden de importancia- la demanda de este servicio puede variar. Por el tipo de industria, también puede preverse su uso desde el aprovechamiento de calderas en caso sean utilizadas, o del calor remanente del sistema de aire acondicionado, toda esta definición ya viene condicionada sobre el diseño y la operación de la planta, que ya sea desde el aprovechamiento desde una fuente renovable o de la reutilización de una energía remanente dentro del sistema, promoverán la eficiencia en la generación de ACS, y consecuentemente en el proyecto en general.

Las cargas de proceso para el caso de una industria textil pueden ser elevadas. Los procesos internos existentes en las mismas elevan la demanda y consumo de energía provenientes de los sectores de lavandería (en caso existan), costura, corte, bordado, planchado, etc. Las mismas, dependiendo de la envergadura del proyecto, pueden llegar a representar fácilmente hasta un 45% del consumo energético total. Por tal motivo, utilizar una selección de equipamientos con un etiquetado energético alto, A o superior según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes, es de importancia trascendente en la eficiencia de la operatividad. De la misma forma se deben establecer parámetros de eficiencia mínima para las bombas y motores a ser utilizados en este tipo de emprendimientos, para los cuales, el nivel requerido es el de un IE3.

Fuente: Arké, 2022.

Como alternativas a las propuestas, se dejan a continuación conformaciones de envolventes con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se presentan 3 configuraciones diferentes, obtenidas como los valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
2.2	97.42	0.3	0.72	31.67	0.55	0.82	5.6	0.6

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1.22	142.56	0.3	0.69	33.91	0.3	0.3	3	0.45

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m².K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m².K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m²K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m².K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0.89	142.56	0.3	0.59	29.42	0.3	0.3	2.4	0.3

A modo de referencia para el caso de las plantas textiles se ha tomado el proyecto de la planta Industrial Blue Design. Primera planta textil y primera planta industrial a nivel país en obtener la certificación LEED, logrando la obtención del nivel Silver.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 14,09% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de

Análisis realizado por Arké, 2022.

la ASHRAE 90.1-2007, lo cual viene a representar un ahorro de más del 40% para proyectos similares convencionales a nivel nacional.

- **Gráficas**

Las industrias gráficas se caracterizan por los procesos sensibles que desarrollan para la reproducción, grabado, impresión o publicación, en uno o más colores y por cualquier otra materia, de toda clase de caracteres, dibujos o imágenes en general.

En una industria gráfica al reforzar los sistemas de climatización industrial, se adquiere un doble de importancia, tanto por el proceso de producción y los requerimientos específicos de humedad en el ambiente y calidad del aire, así como las renovaciones necesarias para la eliminación de partículas y gases dispersos en el ambiente, garantizando la salud de los ocupantes.

Con los requerimientos anteriormente citados, los dimensionamientos de ventilación y los sistemas de climatización son muy importantes. Por tal motivo, el establecer equipos con niveles elevados de eficiencia se torna fundamental, ya que en este caso los equipos requerirán estar sobredimensionados para satisfacer no solo las tasas de renovación de aire por persona o la temperatura de confort del ambiente interior, sino para dotar de condiciones óptimas al sector de imprentas, la cual es la zona con mayores requerimientos en cuanto a renovación de aire y climatización, para la calidad del aire interior (control de temperatura, humedad y materiales particulados).

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los sistemas todo aire (tipo rooftop), sistemas de agua con fan coils.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 4,1. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,6. O valores de SEER de 6,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,6.

Para el apartado de la iluminación, para el caso de las industrias gráficas, al igual que las textiles, por el requerimiento existente en la visualización del

Fuente: Arké, 2022.

color y los grados de terminación de los productos, la incidencia de calidad de luces es requisito innegociable. El apartado del deslumbramiento y aporte de la iluminación natural queda muy condicionado por lo antes expuesto, sin embargo, en los sectores de administración, comedores, y espacios para usos sin requerimientos específicos, se recomienda realizar los estudios de incidencia y reducción de la densidad de iluminación, a fin de maximizar la eficiencia.

Para el apartado de agua caliente sanitaria (ACS), dependiendo del uso de duchas, o cocinas existentes dentro del proyecto, la demanda de este servicio puede variar. Para cualquiera de los usos, la fuente de generación de la misma como primera opción debe ser desde una fuente de generación renovable, como los termo calefones solares; también puede preverse el aprovechamiento de calderas en caso sean utilizadas, o del calor remanente del sistema de aire acondicionado. Toda esta definición ya viene condicionada sobre el diseño y la operación de la planta.

Las cargas de proceso para el caso de una industria gráfica, pueden ser elevadas. Los procesos internos existentes en la misma elevan la demanda y consumo de energía proveniente de los sectores de la imprenta y las diferentes maquinarias, ya sea en las áreas de producción o de terminación. Las cargas de proceso dependiendo de la envergadura del proyecto pueden llegar a representar fácilmente hasta un 60% del consumo energético total. Por tal motivo, especificar la selección de equipamientos con un etiquetado energético alto A o superior según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes, es de importancia trascendente en la eficiencia de la operatividad. De la misma forma se deben establecer parámetros de eficiencia mínima para las bombas y motores a ser utilizados en este tipo de emprendimientos, para los cuales, el nivel requerido es el de un IE3.

A continuación, se presentan las conformaciones de envolventes para industrias gráficas, con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se detallan 3 configuraciones diferentes, valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

Análisis realizado por Arké, 2022.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
2.2	97.42	0.3	0.72	31.67	0.55	0.82	5.6	0.6

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1.22	142.56	0.3	0.69	33.91	0.3	0.3	3	0.45

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0.89	142.56	0.3	0.59	29.42	0.3	0.3	2.4	0.3

Fuente: Arké, 2022.

A continuación, se presenta un resumen de la tipología mencionada anteriormente:

Tipología	Industrias	
	Textiles	Gráfica
Sist. Climatización	Rooftop / sist. de agua con Fan Coils	Rooftop / sist. de agua con Fan Coils
Nivel EER	3,2	4,1
Nivel COP	3,6	4,6
Nivel SEER	5,1	6,1
Nivel SCOP	3,4	4,6
Iluminación	Artefactos LED	Artefactos LED
Electrodomésticos	Etiquetado Energético A	Etiquetado Energético A
Bombas / motores	IE3	IE3

	Industria Textil	Industria Gráfica
Carga de proceso (electrodomésticos)	45%	60%

A modo de referencia para el caso de las industrias gráficas se ha tomado el proyecto de la planta Industrial Germany. Primera industria gráfica a nivel país en busca de la obtención de la certificación LEED, apuntando al nivel certificado.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 12,48% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la ASHRAE 90.1-2010, lo cual viene a representar un ahorro de más del 30% para proyectos similares convencionales a nivel nacional.

Fuente: Arké, 2022.

D. Comercial

El supermercadismo es como tal uno de los sectores que consume energía 24 horas, y en ese contexto, toda acción que permita alcanzar una mayor eficiencia energética cobra aún más relevancia.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los todos aires (tipo rooftop), sistemas tipos multisplits y VRV (Volumen de Refrigerante Variable) o VRF (Variable Refrigerant Flow) con o sin recuperación de calor, prefiriéndose la utilización del sistema con recuperación de calor.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 3,6. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,1. O valores de SEER de 6,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,6.

El estudio de densidad de iluminación por tipos de espacios permite reducir hasta un 35% la potencia total instalada, lo cual se traduce en un importante aporte al ahorro y eficiencia energética. Es importante también considerar que, por el tipo de proyecto, no se puede reducir al punto ideal el uso de luces ya que, por requerimientos comerciales propiamente, ciertas zonas requieren de una iluminación puntual un poco más acentuada.

Además de la reducción mencionada arriba, se debe considerar que la iluminación natural y el aporte de la misma a las zonas internas de un proyecto permite reducir la demanda de luz artificial en espacios interiores de ocupación. Atendiendo a que el uso de un edificio comercial se da principalmente en horario diurno, el aprovechamiento de la iluminación natural es una opción indispensable al momento de planificar un proyecto eficiente energéticamente. Es importante considerar que además del o los salones comerciales, las salas de oficinas administrativas internas dispongan de una ubicación y orientación adecuada, que les permita, una iluminación natural en sus áreas de ocupación, y reducir con ello la dependencia a la iluminación artificial, además de dotar de vistas hacia el exterior y un mayor confort en la ocupación interna de estos espacios, promoviendo la salud en la ocupación de edificios.

Análisis realizado por Arké, 2022.

También es de vital cuidado el mantener controlada la iluminación en las zonas de trastienda, producción y los servicios sanitarios, los cuales tienen una ocupación no continua a lo largo del día, y con lo que dotarlos de controles según ocupación reduce significativamente su consumo energético.

Para el apartado de Agua Caliente Sanitaria (ACS), en un edificio comercial la demanda y consumo existente pueden ser nulos, bajos o altos, dependiendo del grado de uso de cocinas, panaderías u producción en trastienda principalmente, así como al eventual uso de duchas en las mismas, o el lavado de utensilios o artefactos de cocina. Dependiendo de la demanda existente, es posible paliar entre el 35 al 60% del consumo de energía eléctrica utilizando fuentes alternativas de generación de ACS.

Las cargas de proceso para el caso de un comercio pueden ser elevadas. Los procesos internos existentes en el mismo elevan la demanda y consumo de energía provenientes de los sectores de la cocina, hornos, panadería, confitería, y principalmente del sistema de las cámaras de frío y congelados que dispongan. Este tipo de consumo puede llegar a representar más del 50% del consumo de energía dentro del sector comercial, incluso si ya funcionan de forma eficiente. A raíz de esto, se vuelve mucho más valioso el poder maximizar las eficiencias en los sistemas de climatización, ventilación iluminación y ACS, según las condiciones y recomendaciones dadas anteriormente.

Se presentan 3 configuraciones diferentes, obteniendo valores mínimos, valores medios y valores óptimos para cumplimiento eficiente de conformaciones de envoltentes.

Fuente: Arké, 2022.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1,22	97,42	0,55	0,72	29,42	0,55	0,3	3	0,4

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0,89	142,56	0,3	0,59	33,91	0,3	0,3	2,6	0,3

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
0,53	142,56	0,3	0,59	33,91	0,3	0,3	2,2	0,2

A continuación, se presenta un resumen de la tipología mencionada anteriormente:

Tipología	Comercial
Sist. Climatización	Rooftop / Multisplit / VRV o VRF con recuperación de calor
Nivel EER	3,6
Nivel COP	4,1
Nivel SEER	6,1
Nivel SCOP	4,6
Iluminación	Artefactos LED
Electrodomésticos	Etiquetado Energético A
Bombas / motores	IE3

	Comercial
Carga de proceso (electrodomésticos)	50% +

Ahorros	Comercial
Estudio de densidad de iluminación por tipo de espacio	35%
Agua Caliente Sanitaria	35 al 60%

A modo de referencia para el caso de los comercios se ha tomado el proyecto de Casa Rica Los Laureles. Primer proyecto en el rubro en lograr la obtención de la certificación LEED a nivel nacional.

Dentro del proyecto se han desarrollado medidas de ahorro energético pasivas como buena aislación en muros, techos, vidrios y activas como iluminación

Fuente: Arké, 2022.

eficiente, sistemas de climatización inteligente, dimensionamiento adecuado de los sistemas de ventilación y eficiencia en sistemas de refrigeración industrial. Todas las estrategias de ahorro energético representan el 37% de ahorro en energía en relación a los emprendimientos anteriormente ejecutados sin considerar los criterios LEED.

E. Centros de Distribución

Los centros de distribución son diseñados para recibir y despachar diversas mercancías, cumpliendo la función de almacenarlas entre uno y otro proceso, por lo que son primordiales en la cadena de suministro.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los aires (tipo rooftop), sistemas tipos VRV o VRF con o sin recuperación de calor, prefiriéndose la utilización del sistema con recuperación de calor.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 3,6. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,1. O valores de SEER de 6,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,6.

En los Centros de Distribución, los consumos activos principales están representados por los sistemas de climatización y de iluminación, por la baja demanda que generalmente tienen en los apartados de ACS y las cargas internas, al ser grandes centros de acopio y usos de espacios sin actividades internas específicas.

Por el tipo de uso de estos espacios y las tareas internas realizadas, la ocurrencia de deslumbramiento es poco probable, siendo maximizable el aporte de iluminación natural, para principalmente reducir el uso de iluminación artificial durante el día, ya que por el tipo de uso la densidad instalada deberá de todas formas considerar el uso nocturno.

Con lo anterior se resalta la importancia de realizar un estudio de aporte de iluminación natural y un control de horario de encendido de luminarias, a fin de reducir al máximo la necesidad del encendido diurno de luces, y

Análisis realizado por Arké, 2022.

utilizarlas solo en horarios nocturnos. Considerando que realizar encendidos y/o apagados parciales contribuye bastante al logro de la eficiencia interna en el espacio, se recomienda por lo menos proveer controles de 3 tipos de encendidos: 1) Total; 2) parcial entre el 30% al 70% de luminarias existentes; y 3) y el apagado completo.

Para el apartado de agua caliente sanitaria (ACS), como se mencionó al inicio de esta sección, para los centros de distribución la demanda y consumo de los mismos es muy baja, con muy poca incidencia en la distribución final de consumo de energía de un proyecto. Sin embargo, como venimos manejando, el aprovechamiento de fuentes alternativas existentes y la generación de un bajo impacto ambiental como consecuencia de la operatividad de un proyecto, vuelve necesario buscar implementar alternativas eficientes respecto a las tradicionales. Para ello se recomienda conocer la demanda de ACS que existirá en el proyecto, proveniente principalmente de su requerimiento en duchas, y con ello dimensionar la utilización de termo calefones solares que según sea el caso, permitirá una reducción de hasta el 100% en el consumo de energía proveniente del ACS.

Las cargas de proceso, al igual que el consumo proveniente del uso de ACS, es muy baja en proyectos de Centro de Distribución, por lo cual su impacto sería como máximo hasta un 25% en proyecto con alta carga, a diferencia de todo lo anterior considerado. Sin embargo, como venimos manejando, la necesidad de contar con EETT (Especificaciones Técnicas) que nos permita establecer un nivel eficiente en el uso de equipamientos, motores y bombas, nos contribuye a lograr una reducción en el consumo final de energía. De la misma forma que las consideraciones anteriores, establecer requerimientos de equipamientos con un etiquetado energético alto A o superior según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes, es obligatorio. De la misma forma se deben establecer parámetros de eficiencia mínima para las bombas y motores a ser utilizados en este tipo de emprendimientos, para los cuales, el nivel requerido es el de un IE3.

Se presentan las conformaciones de envolventes para centros de distribución, con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se detallan 3 configuraciones diferentes, valores mínimos, valores medios y valores óptimos para el cumplimiento eficiente.

Fuente: Arké, 2022.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1.2	97.42	0.3	0.69	33.91	0.3	0.53	2.8	0.3

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1.2	97.42	0.3	0.69	33.91	0.3	0.53	2.8	0.3

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
5.3	142.56	0.3	0.59	33.91	0.3	0.3	2.2	0.3

A continuación, se presenta un resumen de la tipología mencionada anteriormente:

Tipología	Centros de Distribución
Sist. Climatización	Rooftop / VR o VRF con recuperación de calor
Nivel EER	3,6
Nivel COP	4,1
Nivel SEER	6,1
Nivel SCOP	4,6
Iluminación	Artefactos LED
Electrodomésticos	Etiquetado Energético A
Bombas / motores	IE3

	Centro de Distribución
Carga de proceso (electrodomésticos)	25%
Ahorros	Centro de Distribución
Agua Caliente Sanitaria	100%

A modo de referencia para el caso de los centros de distribución se ha tomado el proyecto del Centro Logístico de Unilever Paraguay. Primer centro logístico a nivel país en obtener la certificación LEED, lográndolo en nivel Gold.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 36% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la ASHRAE 90.1-2007, lo cual viene a representar un ahorro de más del 65% para proyectos similares convencionales a nivel nacional.

Fuente: Arké, 2022.

F. Estaciones de servicio (EESS)

Como las estaciones de servicio son establecimientos dedicados a la venta al público de productos derivado del petróleo, así como también otros productos que se encuentran en los minimarkets. Por esta razón, la gran mayoría de ellos trabajan en un régimen de 24 horas los 7 días de la semana, por lo que sus requerimientos energéticos son medianamente altos.

Los sistemas de climatización ideales para esta tipología son los tipos VRV o VRF con o sin recuperación de calor, prefiriéndose la utilización del sistema con recuperación de calor, sistemas multisplits inverter y sistemas del tipo rooftop.

El nivel de EER mínimo recomendado para cada equipo de climatización es de 3,6. En cuanto a la referencia de los niveles de COP, se recomienda un valor de por lo menos 4,1. O valores de SEER de 6,1 como mínimo y valores de SCOP de 4,6.

En las Estaciones de servicio, y en especial en las tiendas de conveniencia de las mismas, el consumo se ve representado principalmente por los consumos activos de las cargas de proceso, los sistemas de climatización y de iluminación, en ese orden. Dependiendo del grado de desarrollo o presencia en las tiendas, las ACS pueden representar un consumo relevante, sin embargo, las mismas, a diferencia de la mayoría de las tipologías analizadas anteriormente, son mínimas por la baja demanda que generalmente las mismas presentan.

Se resalta la importancia de realizar un estudio de aporte de iluminación natural y un control de horario de encendido de luminarias, a fin de permitir reducir al máximo la necesidad del encendido diurno de luces, y utilizarlas solo en horarios nocturnos. Se recomienda por lo menos proveer controles de 3 tipos de encendidos: 1) Total; 2) Parcial entre el 30% al 70% de luminarias existentes, y 3) Apagado completo.

Para el apartado de Agua Caliente Sanitaria (ACS), para las estaciones de servicio la demanda y consumo de las mismas es muy baja, con muy poca incidencia en la distribución final de consumo de energía de un proyecto.

Análisis realizado por Arké, 2022.

Se recomienda conocer la demanda de ACS que existirá en el proyecto, proveniente principalmente de su requerimiento en duchas, y con ello dimensionar la utilización de termo calefones solares que según sea el caso permitirán una reducción de hasta el 100% en el consumo de energía proveniente del ACS.

Las cargas de proceso dentro de las tiendas de conveniencia, al igual que lo que sucede con la tipología de comercio, pueden representar consumos importantes dentro de una estación de servicio, superando incluso el 40% de la misma. Esto se debe principalmente al aporte del sistema de frío y/o cocinas y hornos que una EESS podría llegar a tener. Sin embargo, su representatividad es relativa atendiendo la envergadura del proyecto y a la existencia o no de este tipo de servicios. De todas formas, al igual que las consideraciones anteriores, establecer requerimientos de equipamientos con un etiquetado energético alto A o superior según etiquetas de aprobación de la Energy Star o equivalentes, es obligatorio. De la misma forma se deben establecer parámetros de eficiencia mínima para las bombas y motores a ser utilizados en este tipo de emprendimientos, para los cuales, el nivel requerido es el de un IE3.

De manera a presentar otras alternativas, que permitan distintas opciones de configuración, se dejan a continuación conformaciones de envolventes con las cuales se logran un nivel adecuado de confort interno. Se presentan 3 configuraciones diferentes, obtenidos como los valores mínimos para cumplimiento eficiente, valores medios y valores óptimos.

Fuente: Arké, 2022.

1. Valores mínimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
2,2	97,42	0,55	1,2	9,18	0,55	0,82	5,6	0,4

2. Valores medios:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1,22	142,56	0,55	1	29,42	0,3	0,53	3	0,4

3. Valores óptimos:

Resultados								
U pared (W/m ² .K)	Capacidad calorífica de la pared (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar de la pared	U techo (W/m ² .K)	Capacidad calorífica del techo (kJ/m ² K)	Absorción de la radiación solar del techo	Factor solar del vidrio	U vidrio (W/m ² .K)	Porcentaje de aberturas en envolventes exteriores
1,89	142,56	0,3	0,72	29,42	0,3	0,3	2,6	0,4

A continuación, se presenta un resumen de la tipología mencionada anteriormente:

Tipología	Estaciones de Servicio
Sist. Climatización	VRV o VRF con recuperación de calor / Multisplit inverter / Rooftop
Nivel EER	3,6
Nivel COP	4,1
Nivel SEER	6,1
Nivel SCOP	4,6
Iluminación	Artefactos LED
Electrodomésticos	Etiquetado Energético A
Bombas / motores	IE3

	Estaciones de Servicio
Carga de proceso (electrodomésticos)	40%
Ahorros	Estaciones de Servicio
Agua Caliente Sanitaria	100%

A modo de referencia para el caso de las estaciones de servicio se ha tomado el proyecto de la EESS Enex Rca. Argentina y Del Castillo. Primera estación de servicios a nivel país en busca de la obtención de la certificación LEED, apuntando al nivel certificado.

Dentro de las fortalezas del proyecto se destacan un ahorro del 13,6% en el uso de energía en comparación con un proyecto similar al caso base de la

Fuente: Arké, 2022.

ASHRAE 90.1-2010, lo cual viene a representar un ahorro de más del 35% para proyectos similares convencionales a nivel nacional.

7.2. Consideraciones generales

1. Antes de considerar las estrategias de ahorro energético con el uso de sistemas eficientes, es importante reconocer la importancia del acondicionamiento pasivo en cualquier proyecto. Como parte del principio fundamental de la eficiencia, y la política sustentable, es mejor evitar que reducir, por lo cual, con la implementación de un acondicionamiento pasivo, ya dotamos desde el origen un proyecto que apunta a ser energéticamente eficiente, de dichas características.
2. Los resultados finales demostrados en las planillas con valores mínimos, medios y óptimos, son referenciales para obtener resultados de confort y buen acondicionamiento pasivo en los proyectos que buscan ser sostenibles. Sin embargo, es importante considerar realizar estudios específicos y simulaciones energéticas puntuales a cada proyecto a construirse, por la localización propia de cada uno, la orientación del terreno y de la construcción a desarrollarse, así como el microclima local. Si bien, los resultados arrojan parámetros de eficiencia para cualquier emprendimiento que se construya con las condiciones otorgadas, es mejor estudiarlas por separado, pues ciertas estrategias capaz requieran algún refuerzo puntual o, por el contrario, ciertas condiciones pueden considerarse como menos exigentes, lo que conllevará en un ahorro económico al momento de la construcción.
3. Es necesario siempre analizar cada proyecto como nuevo. Por más que las tipologías puedan ser las mismas, cada proyecto tendrá factores externos e internos propios, únicos para el mismo, que pueden afectar su nivel de eficiencia y operatividad. Por ello, no es recomendable replicar sistemas de un proyecto a otro sin antes desarrollar un estudio de caso en específico para el nuevo proyecto. Los estudios de dimensionamiento permiten obtener grandes logros en materia de eficiencia al establecer desde el diseño los requerimientos de energía que se presentarán en el mismo. Relacionado con la premisa del párrafo anterior, es mejor diseñar un proyecto desde sus inicios de forma eficiente, que tener que corregirlo sobre su funcionamiento,

Análisis realizado por Arké, 2022.

y para ello, el dimensionamiento previo es vital.

4. Relacionado al punto anterior y muy importante a la hora de la búsqueda de proyectos eficientes, es la utilización de herramientas o softwares que nos permitan conocer la demanda y consumo proyectado de nuestro proyecto, así como el dimensionamiento adecuado de los mismos. En la actualidad se disponen de varios programas que nos ayudan con este requerimiento, y el proceso de realizar una simulación energética se ha convertido en un aliado clave e indispensable a la hora del desarrollo de proyectos que apuntan a la sustentabilidad y por sobre todo a la eficiencia energética.

5. Existe también una gran importancia en el compromiso de los usuarios para alcanzar una mayor eficiencia energética, los mismo deben estar integrados desde el inicio, así mismo es primordial que reciban capacitación constante al respecto, y como ellos desde su puesto de trabajo pueden ser parte de las soluciones y contribuir al ahorro energético.

6. Otro punto que se debe destacar es el mantenimiento preventivo de todos los sistemas. Un buen plan de mantenimiento preventivo es indispensable para anticipar fallos, consumos elevados a partir del fallo o el mal funcionamiento de algunos equipos. Esta medida garantizara que la eficiencia sea duradera durante toda la vida del proyecto.

Fuente: Arké, 2022.



08

Incentivos de mercado para inversiones en eficiencia energética



Lograr avances en eficiencia energética significa beneficios tanto para las empresas, como para los hogares, y también para los Estados. Esto, debido a que se genera un ahorro en el consumo de energía, estando así directamente relacionada con acciones de mitigación del cambio climático. Otros elementos que motivan a la inversión en eficiencia energética son la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, la reducción de las importaciones, la conservación de recursos escasos, la mejora de la competitividad de los sectores productivos, el aumento de la seguridad y acceso a energía, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la oportunidad de acceder a financiamiento internacional, ente otros.

Una de las formas a través de la cual se podría estimular la inversión en eficiencia energética, sea por parte del Sector Privado así como por otros actores de la sociedad, es la generación de incentivos de mercado para facilitar los mismos. Globalmente hay una amplia variedad de ejemplos de este tipo de incentivos, los cuales podrían ser aplicados por parte de diversos actores del mercado local con el objetivo de apalancar las inversiones en eficiencia e innovación energética.

En Paraguay también contamos con algunos ejemplos. Por mencionar solo algunos, un banco de plaza ofrece préstamos con mejores condiciones para inversiones en eficiencia energética; la Agencia Financiera de Desarrollo (AFD) ofrece un producto con beneficios específicos para inversiones de este tipo; la Dirección Nacional de Contrataciones Públicas (DNCP) cuenta con lineamientos de sostenibilidad para la adquisición de algunos bienes. A continuación, ofrecemos más detalles sobre estas iniciativas y, luego, compartimos incentivos de mercado ofrecidos en otros países, que podrían ser aplicados en Paraguay.

8.1. Incentivos de mercado existentes en Paraguay

Regional vivienda sustentable ²

Se trata de un préstamo ofrecido por Banco Regional, exclusivo para la adquisición/construcción de edificios/casas amigables con el medio ambiente, con condiciones diferenciadas a los demás financiamientos.

² Banco Regional

Abarca el diseño, construcción y operación que cumpla con ser responsable con el medio ambiente, económicamente beneficioso y saludable para trabajar y vivir.

Para que la casa o edificio sea considerado como sustentable deberá cumplir mínimamente con un ahorro del 20% (certificable) en:

- Energía (aislamiento);
- Gestión de agua;
- Materiales utilizados (energía aplicada para extracción / fabricación / traslado).

Los beneficios que ofrece este producto son:

- Tasas de interés más bajas del mercado hasta 30 años de plazo.
- Beneficios tributarios relativos a la liquidación y pago de impuestos a la construcción.
- Beneficios en tasas municipales relativos a la recolección de residuos y desagüe pluvial.
- Inversión eficiente relativa a contar con mayor durabilidad de las obras ejecutadas.
- Eficiencia de gastos futuros relativa a contar con ahorros en servicios públicos, tales como agua y energía eléctrica.

Financiamiento de Proyectos de Inversión en Eficiencia Energética para Pymes ³

La Agencia Financiera de Desarrollo (AFD), con el apoyo del Banco Iberoamericano de Desarrollo (BID), ofrece un producto para que las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) puedan financiar Proyectos de Inversión en Eficiencia Energética dentro del país.

Personas físicas o jurídicas que tengan residencia en Paraguay, que tengan al menos tres años de experiencia y que facturen anualmente como máximo Gs. 15.000 millones o su equivalente en dólares podrán acceder a este producto.

³ <https://bit.ly/3T5cKUZ>

Los recursos podrán ser utilizados para financiar inversiones (activos tangibles o intangibles) en tecnologías orientadas a una mayor eficiencia energética, reduciendo al mismo tiempo emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). También se podrán financiar obras, equipos y maquinarias no vinculadas a eficiencia energética pero que sean necesarias para el proyecto, siempre que el valor de estas inversiones no exceda el 40% del monto total del préstamo.

Los plazos para este producto van de un mínimo de un año, a un máximo de 15 años, incluido un periodo de gracia de hasta 2 años, con un nivel de participación de hasta el 100% del valor del proyecto con un monto máximo de inversión de USD. 1.500.000 o su equivalente en guaraníes.

Algunos de los subproyectos elegibles podrían ser:

1. Inversiones en Eficiencia Energética:

- Calentadores de agua solar
- Aire acondicionado/cámaras y sistemas de refrigeración
- Calderas/hornos/sistemas de calefacción
- Sistemas de aislación
- Sistemas de iluminación
- Recambio de motores, entre otros.

2. Proyectos de energía renovable por Biomasa o biogás, a partir de:

- Residuos animales (biogás)
- Residuos agrícolas (Bagazo, rastrojo, etc.)

3. Residuos de forestación cultivada propia (biomasa forestal)

- Proyectos de Cogeneración: Generación de energía y calor.

Compras Públicas Sostenibles

Paraguay cuenta con una Política de Compras Públicas Sostenibles plasmada en la Resolución N° 922/2020, la cual declara expresamente el compromiso de la Dirección Nacional de Contrataciones Públicas (DNCP), como institución reguladora de las compras estatales, de potenciar el desarrollo sostenible en las dimensiones ambientales, sociales y económicas.

Además de contemplar las tres dimensiones de la sostenibilidad -social, económica y ambiental-, la DNCP incluye el principio de valor por dinero y conceptos como economía circular, compras públicas innovadoras y conducta empresarial responsable.

Aborda la eficiencia energética en lo que refiere a los criterios para la compra a través de su tienda virtual⁴ de aires acondicionados, los cuales deberán cumplir con los criterios de eficiencia energética y ambientales:

- Tecnología Inverter (permite que el equipo se adapte a las necesidades del ambiente en el momento, haciendo que se consuma solamente la energía que realmente se necesita).
- Uso de un tipo de gas de bajo potencial de calentamiento atmosférico.
- Aplicación de buenas prácticas en la instalación y el manejo de sustancias refrigerantes.

Además, la tienda virtual cuenta con requerimientos de sostenibilidad para la adquisición de muebles (incentivando el uso de madera tipo MDF o MDP) alimentos (fomentando la compra de productos provenientes de la agricultura familiar), productos indígenas, resmas de papel, productos nacionales e innovadores y elementos de limpieza con criterios sostenibles⁵.

⁴ DNCP | Tienda Virtual (contrataciones.gov.py)

⁵ <https://bit.ly/3g7L3MZ>

8.2 Incentivos de mercado existentes a nivel global

Desde la Banca

A nivel global existen cientos de productos de mercado que incentivan la eficiencia energética. En lo que tiene que ver con productos de la banca para personas podemos mencionar los ofrecidos por el Banco BBVA, los cuales por un lado benefician a personas, y por otro, a empresas. Entre los que benefician a personas se puede mencionar la hipoteca casa eficiente, el préstamo eficiencia energética para hogares con un tipo de interés reducido y el préstamo eficiencia energética para comunidad de propietarios (viviendas en altura). También se ofrecen créditos específicos para solamente mejoras y reformas, e incluso la compra de electrodomésticos eficientes⁶.

Para empresas ofrecen una variedad que va desde el alquiler o renting de equipos de iluminación led o paneles fotovoltaicos, a préstamos para financiar infraestructura que logre ahorros energéticos⁷. Existen productos financieros lanzados en conjunto entre bancos privados y bancos de desarrollo que ofrecen, además de los préstamos propiamente dichos, beneficios sin costo para las inversiones del sector privado como ser validaciones y certificaciones técnicas sin costo, asesorías técnicas gratuitas en el proceso de elaboración de documentación, acompañamiento comercial, entre otros⁸.

Otro tipo de oferta ofrece Bancóldex de Colombia, el cual en alianza con el Banco Interamericano de Desarrollo – BID, en el marco del Programa Seguro de Ahorros de Energía – ESI pusieron a disposición del sector empresarial incentivos para el desarrollo de proyectos tanto de eficiencia energética como de generación de energía fotovoltaica.

Desde proveedores de servicios

Existen por otro lado proveedores de servicios de energía/gas que ofrecen programas de préstamos con facilidades para la inversión en equipamientos de eficiencia energética. Se trata de empresas que ayudan a los clientes que reúnan los requisitos, a pagar proyectos de mejoramiento de la eficiencia

⁶ <https://bit.ly/3VBKHOS>

⁷ <https://bit.ly/3EPNQ7Y>

⁸ <https://bit.ly/3D6ZXwJ>

en el consumo de energía, sin intereses y sin multas en los préstamos. Se ocupan de gestionar beneficios otorgados por los gobiernos para incentivar la inversión en eficiencia energética, reduciendo así la inversión, y permiten que los pagos se hagan a través de los abonos mensuales de los servicios, sin requerir una inversión inicial⁹.

Caso de éxito - Proveedores de energía verde alrededor del mundo

Octopus Energy - Reino Unido

Octopus Energy es parte del Octopus Energy Group, un grupo de 10 empresas que abarcan 6 países en 3 continentes, que incluyen Kraken Technologies, Octopus Energy Generation, Kraken Flex, Octopus Electric Vehicles y Octopus Center for Net Zero. Cuentan con una fuerza de trabajo de más de 3.000 personas.

Octopus energy provee a sus más de 3 millones de hogares y empresas del Reino Unido con electricidad 100 % ecológica galardonada y a un precio más accesible que la energía convencional. Comenzaron en el 2016 como un pequeño proveedor de energía y en 2022, alimentaron hogares en el Reino Unido, Alemania, EE. UU., Japón, España, Italia, Francia y Nueva Zelanda con energía verde. El grupo se considera un colectivo global de transición energética en casi todos los frentes.

Una de sus innovaciones es la tarifa inteligente, que recompensa al usuario por mover su consumo de energía a las horas 'más verdes' del día e integrando con dispositivos inteligentes para crear el plan para una baja emisión de carbono.

- Son uno de los mayores inversores de Europa en energías renovables, gestionando más de 400 generadores ecológicos, predominantemente parques eólicos y solares.
- Instalan bombas de calor asequibles, cargadores de vehículos eléctricos, medidores inteligentes y más hardware de energía inteligente para construir los hogares del futuro.
- Cuentan con el Centro Octopus para Net Zero, un centro de investigación

⁹ <https://bit.ly/3VDHDCe>

dedicado a promover la transición energética mundial con bajas emisiones de carbono

- Compran energía de más de 190 productores de energía verde del Reino Unido
- Calculan las emisiones de carbono generadas por el gas de sus clientes y apoyan proyectos para compensar esa cantidad de CO₂, equilibrando efectivamente las emisiones.

Iberdrola - España

Iberdrola, S. A. es un grupo empresarial español dedicado a la producción, distribución y comercialización de energía. Es la cuarta eléctrica más valiosa del mundo y se sitúa a la cabeza del sector eólico mundial. Suministra energía a cerca de 100 millones de personas en varios países y desarrolla sus actividades de renovables, redes y comercial en Europa, Estados Unidos, Brasil, México y Australia.

En 2015 se comprometió a reducir las emisiones de CO₂ en un 50% para 2035 y a finales de 2017 anunció su intención de cerrar todas las centrales térmicas de carbón que tenía en el mundo.

El área de Renovables del grupo Iberdrola se encarga de la generación y comercialización de energía eléctrica a partir de fuentes renovables: eólica (terrestre y marina), hidráulica, fotovoltaica, biomasa, etc. Hoy, Iberdrola es líder en energías limpias y destaca como la primera productora renovable entre las utilities europeas y en Estados Unidos.

Soluciones inteligentes e innovadoras para clientes

Gracias a la digitalización y la inversión en I+D+i, Iberdrola comercializa una amplia gama de productos y servicios que favorecen la eficiencia, el ahorro energético y el cuidado del medio ambiente, al tiempo que sitúan al cliente en el centro dotándolo de mayor conectividad y capacidad de decisión:

- Smart Mobility: solución integral para vehículos eléctricos que incluye la instalación y gestión de la infraestructura de recarga, así como un contrato personalizado para el suministro de energía limpia 10 veces más barato que el combustible.

- Smart Solar: solución integral para el autoconsumo fotovoltaico con instalación a medida de paneles solares, mantenimiento integral y facilidades en el pago de los mismos.
- Smart Home: servicios destinados a mejorar la eficiencia y el ahorro energético, con acceso al consumo de forma desagregada para gestionarlo óptimamente.
- Smart Clima: soluciones de calefacción y refrigeración mediante distintos sistemas, entre ellos, la aerotermia.
- Smart Services: servicios de electricidad para un hogar Smart (atención de urgencias eléctricas, reparación de electrodomésticos, bricolaje eléctrico, etcétera).



09

Normativas locales sobre eficiencia energética, y buenas prácticas internacionales

En muchos casos, el camino hacia la eficiencia energética de una empresa o de un país se encuentra con varias barreras, las cuales pueden ser de naturaleza económica, regulatoria, política, institucional, cultural, tecnológica, de información o de financiamiento. En este sentido, existen alrededor del mundo países con normativas que apuntan a facilitar avances en cuanto a eficiencia energética, a través del levantamiento de estas barreras presentes en cada mercado, permitiendo convertir a la eficiencia energética en una política de Estado, sin que su desarrollo esté sujeto a la voluntad de la administración de turno, permitiendo generar beneficios directos a consumidores, proteger los recursos disponibles y velar por el medio ambiente.

Es sin embargo importante considerar que una ley de eficiencia energética no es el fin en sí mismo, y que no será exitosa si se desarrolla sin el reclamo del sistema político, de las empresas y de los consumidores.

Ordenanza Municipal de Asunción

El Paraguay no cuenta aún con una normativa nacional vinculada a la eficiencia energética. Sin embargo, la Municipalidad de Asunción cuenta con la Ordenanza Municipal No. 128/17, la cual “regula y establece normas sobre construcción sostenible para la ciudad de Asunción, como los incentivos para impulsar este tipo de construcciones en la ciudad”.

La misma busca mejorar las actividades edilicias con criterios de sostenibilidad, estableciendo incentivos para estimular a desarrolladores de proyectos, constructores y propietarios interesados en innovar y beneficiarse de una manera diferente de construir en Asunción.

Puntualmente, los Incentivos Municipales a la Construcción Sostenibles son 4 e implican importantes beneficios, tanto económicos como de reconocimiento público.

Económicamente implican ahorros en impuestos a la construcción de entre un 38% y un 90%, y en tasas especiales hasta un 50%. Además, los beneficios directos de las construcciones sostenibles reducen los costos de operación, aumentan el valor inmobiliario de las propiedades y reducen los impactos al medio ambiente.

Incentivos de la ordenanza:

• Tributarios

Impuesto a la Construcción: Aplicación de las menores escalas porcentuales establecidas para liquidar el impuesto a la construcción correspondiente a las obras de construcción sostenible.

Presupuesto de Obra ejemplo: 2.500.000 US\$ o 15.000.000.000 Gs

Tipología	Impuesto a la Construcción						Ahorro	
	De lujo		Considerablemente Sostenible		Altamente Sostenible		Monto Gs	Monto US\$
	en %	Monto Gs	en %	Monto Gs	en %	Monto Gs		
Edificios Residenciales	3,5 %	525.000.000	1,2 %	180.000.000	0,5 %	75.000.000	450.000.000	75.000
Viviendas Unifamiliares	3,0 %	450.000.000	0,8 %	120.000.000	0,3 %	45.000.000	405.000.000	67.500
Edificios Comerciales	4,0 %	600.000.000	2,5 %	375.000.000	2,5 %	375.000.000	225.000.000	37.500
Negocios y restaurantes	4,0 %	600.000.000	2,0 %	300.000.000	1,2 %	180.000.000	420.000.000	70.000
Hoteles	4,0 %	600.000.000	1,5 %	225.000.000	1,2 %	180.000.000	420.000.000	70.000

Tipología	Ahorro		Porcentuales	
	Monto Gs	Monto US\$	Minimos	Máximos
Edificios Residenciales	450.000.000	75.000	66%	86%
Viviendas Unifamiliares	405.000.000	67.500	73%	90%
Edificios Comerciales	225.000.000	37.500	38%	38%
Negocios y restaurantes	420.000.000	70.000	50%	70%
Hoteles	420.000.000	70.000	63%	70%

Impuestos anuales: Reducción de la alícuota aplicable a la liquidación de las tasas por recolección, disposición y tratamiento final de residuos sólidos urbanos, por limpieza de la vía pública, y por mantenimiento de desagüe pluvial, correspondientes a inmuebles con construcciones sostenibles.

• De trámites

Prelación de trámite de los expedientes de construcción sostenible. Tratamiento preferencial ante las demás solicitudes.

- **Reconocimiento**

Placa identificadora de las construcciones sostenibles erigidas conforme a las normas de esta ordenanza.

Requisitos fundamentales:

1. Selección del sitio
2. Prevención y control de la contaminación
3. Sistema de gestión de escorrentías pluviales
4. Gestión integral de residuos sólidos en la construcción
5. Reducción del uso de agua potable
6. Ventilación para una aceptable calidad de aire interior
7. Parámetros de diseño pasivo

9.1. Beneficios y retorno de la inversión

Beneficios directos:

- Ahorros de consumo de energía entre 30% y 75% en las edificaciones sostenibles
- Ahorros de consumo de agua de entre 20% y 70%
- Responsabilidad ambiental y social al tener en cuenta el impacto en el entorno
- Aumento en el valor inmobiliario de la propiedad, tanto venta como renta.
- Retornos de la inversión entre 3 y 7 años
- Mejor calidad de aire en el interior de espacios como consecuencia de las estrategias incluidas
- Ambientes más confortables y saludables para los usuarios, funcionarios y habitantes de edificaciones sostenibles
- Reducción del impacto ambiental nacional e internacional
- Elemento diferenciador en relación a la construcción convencional

Beneficios indirectos:

- Incentivos Municipales a la Construcción Sostenible:
- Hasta un 90% de reducción de impuestos a la construcción
- Hasta un 50% de reducción de impuestos de tasas inmobiliarias

- Posibilidad de inicio anticipado de Obras de construcción
- Galardón Municipal

9.2. Situación de América Latina y el Caribe

De acuerdo a la Organización Latinoamericana de Energía (Olade, 2022), en América Latina y el Caribe hay un avance muy dispar en lo referente al marco normativo aplicable a la promoción de la eficiencia energética: 12 países ya tienen leyes vigentes de eficiencia energética o de uso racional y eficiente de energía, y hay otros cinco países (Paraguay, Bolivia, Guyana, Surinam y Belice) que no cuentan con legislación nacional sobre eficiencia energética, ni con un proyecto de ley respectivo en discusión.

En los gráficos siguientes se puede observar los sectores de consumo abordados por las diversas legislaciones nacionales existentes en la región, así como la disposición de renuncias fiscales y/o subsidios implementados por dichas normativas.

Figura 11. Sectores de consumo mencionados en las leyes, proyectos de ley y decretos, por cada uno de los países

País	Sectores de consumo
Argentina	   
Brasil	  
Chile	   
Colombia	
Costa Rica	  
Cuba	 
Ecuador	  
Nicaragua	    
Panamá	   
Perú	   
República Dominicana	  
Uruguay	  
Venezuela	  

Leyenda

-  Edificaciones
-  Residencial
-  Transporte
-  Comercial
-  Industrial
-  Educación
-  Hidrocarburo
-  Público

Tabla 12. Resumen de países que utilizan renuncias fiscales y/o subsidios

País	Subsidios	Renuncias Fiscales
Argentina		✓
Costa Rica		✓
Cuba		✓
Ecuador*	✓	✓
República Dominicana		✓
Panamá		✓
Uruguay		✓
Venezuela		✓
*No especifica si el incentivo será por medio de subsidios o renuncias fiscales.		

Fuente gráfico: Olade¹⁰

9.3. Situación en la Unión Europea

En la Unión Europea (UE) por otro lado, la situación es distinta y más homogénea. En 2007 la UE estableció el objetivo de reducir para el 2020 su consumo anual de energía en 20%. En 2018 estableció un nuevo objetivo: la reducción del consumo en al menos 32,5% para el 2030. Para ello se implementaron medidas de eficiencia energética que además de permitir un abastecimiento de energía sostenible, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejoramiento de la seguridad del suministro y reducción de costos de importaciones, fomenta la competitividad de la UE.

Actualmente se encuentra vigente la Directiva (UE) 2018/2002 relativa a la eficiencia energética y su revisión realizada en el marco de un paquete llamado “Cumplir el Pacto Verde Europeo”. Estas incluyen objetivos como:

- Ahorro anual de energía de hasta el 1,5 % del consumo de energía final entre 2024 y 2030;
- Reducción anual del consumo de energía en el sector público del 1,7 %;
- Renovación de al menos 3 % de la superficie total de los edificios de las administraciones públicas;
- Aliviar la pobreza energética dando prioridad a los clientes vulnerables;

¹⁰ Olade, 2021. Leyes de eficiencia energética en Latinoamérica y el Caribe. LEYES-espanol-digital.pdf (olade.org)

- Obligación de auditoría y requisitos en materia de competencia técnica, especialmente en el caso de los grandes consumidores de energía.

Algunos temas relevantes de la normativa de la UE

1. Eficiencia energética en edificios

La UE cuenta en este sentido con normativas vinculadas a la eficiencia energética de los edificios, la cual obliga a los Estados miembro a contar con un parque inmobiliario altamente eficiente desde el punto de vista energético y descarbonizado antes de 2050, incluyendo la renovación de sus parques nacionales de edificios públicos y privados, y la transformación de edificios existentes en «edificios de consumo de energía casi nulo» a más tardar en 2050, con la obligación de que todos los nuevos edificios sean de este tipo a partir de 2021.

Cuentan asimismo con una estrategia relativa a la calefacción y la refrigeración (COM (2016)0051), que incluye planes para impulsar la eficiencia energética de los edificios, mejorar la conexión entre los sistemas eléctricos y los de calefacción urbana, fomentando la reutilización del calor y el frío residuales generados por la industria.

2. Cogeneración

Mediante la Directiva (UE) 2018/2002 relativa a la eficiencia energética se exige que los Estados miembro valoren y notifiquen a la Comisión el potencial de la cogeneración de alta eficiencia y sistemas urbanos de calefacción y refrigeración en su territorio, y que lleven a cabo un análisis de costos y beneficios basados en las condiciones climáticas, la viabilidad económica y la sostenibilidad técnica.

3. Medidas para la eficiencia energética de los productos

Los productos relacionados con el uso de energía deben contar con indicaciones, mediante el etiquetado y una información normalizada, del consumo de energía, así como otros recursos. Asimismo, existen requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía¹¹.

¹¹ Parlamento Europeo 2022. Fichas técnicas sobre la Unión Europea. Eficiencia Energética. La eficiencia energética (europa.eu)



10

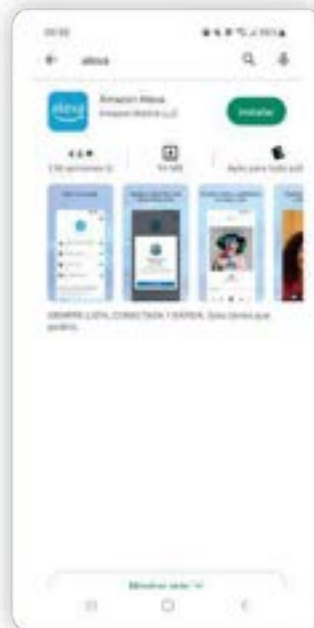
Soluciones tecnológicas para la Eficiencia Energética



Existe una variedad de aplicaciones tecnológicas que ayudan a tomar -mejores- decisiones con el objetivo de lograr una mayor eficiencia energética en hogares y oficinas. A continuación, un breve listado de algunas de ellas:

Amazon - Alexa¹²

Al conectar dispositivos a **Alexa** se puede monitorear la energía que utilizan. Funciona tanto si se conecta un solo dispositivo -ejemplo, luces-, como si se conecta una variedad mayor -aires acondicionados, televisor, equipos de sonido, lavarropas, etc.-. Funciona con una variedad de luces inteligentes, enchufes, interruptores, calentadores de agua, termostatos, televisores y dispositivos Echo. Además de brindar información sobre el consumo de energía, la aplicación puede apagarlos si considera que ya no están siendo utilizados.



JouleBug¹³

JouleBug es una aplicación de eficiencia energética que permite a los usuarios seguir sus hábitos diarios de uso de energía, incentivando las conductas que pueden reducir los costos de energía con pines, insignias y puntos. La aplicación funciona al vincularse a la cuenta de servicios públicos para controlar el uso de energía y da consejos sobre cómo ahorrar, desde prácticas de ducha que ahorran agua hasta consejos para reducir la energía para lavar la ropa.

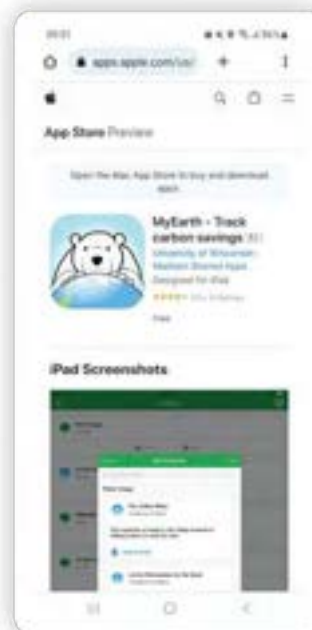


¹² <https://amzn.to/3UuUTIn>

¹³ <https://bit.ly/3G99Wmw>

MyEarth¹⁴

Se trata de una aplicación que tiene como objetivo vincular las oportunidades de ahorro de energía y otros recursos con la emisión de unidades de carbono. Fue creada por un profesor universitario, y permite a los usuarios rastrear su energía de acuerdo a cinco categorías: electricidad, uso de energía, reciclaje, viajes y alimentos. Cuando el usuario comienza a usar la aplicación, son recibidos por una imagen de un solo oso polar en un iceberg cada vez más pequeño. Sin embargo, a medida que toma más y más decisiones de ahorro de energía, el iceberg crece y el oso polar está feliz.



Mi Casa Eficiente¹⁵

Es una aplicación de uso gratuito desarrollada por el Gobierno de Chile. Ofrece claridad sobre conceptos como el consumo eléctrico denominado consumo vampiro o en espera, maneras de proteger las edificaciones de las temperaturas externas, y derribar mitos de la energía descubriendo las respuestas a preguntas cotidianas como: ¿Mi refrigerador está bien ubicado en la cocina?; ¿Qué son los aireadores en duchas y lavaplatos?; ¿Realmente puedo ahorrar mi consumo de gas o agua?; ¿Puedo consumir mi propia energía?



¹⁴ Idem anterior

¹⁵ <https://bit.ly/3UxSPFg>

